

<b>Zeitschrift:</b>	Eclogae Geologicae Helvetiae
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Geologische Gesellschaft
<b>Band:</b>	30 (1937)
<b>Heft:</b>	1
 <b>Artikel:</b>	Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein
<b>Autor:</b>	Renz, Hans H.
<b>Kapitel:</b>	F: Regionale Übersicht über die Tektonik und Stratigraphie
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-159720">https://doi.org/10.5169/seals-159720</a>

### **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:** 17.02.2026

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

und zu vermuten, dass — unter gewissen noch unbekannten Voraussetzungen — die Umwandlung Biotit-Glaukonit anstelle des üblichen Verwitterungsvorganges Biotit-Chlorit auch im Süßwasser vor sich gehen könnte, wenn nur eine genügend grosse Umwandlungszeit zur Verfügung steht. Allerdings ist gerade die Forderung nach langsamer Sedimentation speziell für die s. M. kaum aufrecht zu erhalten, eine Schwierigkeit, die aber auch von der üblichen Erklärungsweise nach HUMMEL nicht umgangen wird.

Diese vielleicht nicht unmittelbar zum Thema gehörenden Bemerkungen sollen einzig darlegen, dass die Frage nach dem Ablagerungsmedium der untern Süßwassermolasse sehr komplexer Natur und heute noch nicht ohne weiteres zu entscheiden ist. Immerhin aber muss die Möglichkeit einer ganz oder teilweise marin bis brackischen Entwicklung der untern Süßwassermolasse (und vielleicht auch der oberen Süßwassermolasse) für weitere Studien ernsthaft berücksichtigt werden, umso mehr, als von BERSIER (Lit. 23) im Aquitanien unweit Lausanne kürzlich sichere Zeugen marin Milieus (*Ostrea*, Haizähne) beigebracht worden sind. Das Fehlen mariner Makrofossilien in unserer subalpinen untern Süßwassermolasse, sowie die im allgemeinen spärliche Verbreitung von Land- und Süßwassermollusken könnte schliesslich durch die Annahme eines raschen kurzperiodischen Wechsels des Ablagerungsmediums einigermassen plausibel gemacht werden.

## F. Regionale Übersicht über die Tektonik und Stratigraphie.

### 1. Das Vierwaldstätterseegebiet.

#### Wichtigste Literatur:

1825: B. STUDER	Lit. 146 p. 60—64, 75—76, 377—380
1853: „ „	„ 147 p. 364, 380—383, 426, 448—449
1860: F. J. KAUFMANN	„ 81
1872: „ „ „	„ 82
1887: „ „ „	„ 84
1899: E. LETSCH	„ 98 p. 1—9
1910: A. BUXTORF	„ 29
1914: E. BAUMBERGER	„ 2
1916: A. BUXTORF	„ 31
1925: E. BAUMBERGER	„ 6
1925: „ „	„ 5
1929: „ „	„ 9
1934: „ „	„ 55 Fasc. X. Nr. 54
1934: „ „	„ 12
1934: J. KOPP	„ 89
1934: A. BUXTORF	„ 55 Fasc. X, Nr. 53, 55
1936: „ „	„ 33

## Geologische Karten:

Geol. Karte 1:100.000, Bl. VIII, Aufl. 1 und 2

Geol. Vierwaldstätterseekarte 1:50.000 (1916)

Geol. Karte der Rigi-Hochfluhkette 1:25.000 (1913)

Eine regionale Betrachtung der s. M. zwischen Rhein und Aare geht zweckmässig vom Vierwaldstätterseegebiet aus. Entstanden doch gerade hier die ersten klassischen Arbeiten KAUFMANN's, die für seine späteren Studien gegen W und E richtunggebend wurden. Und andererseits gelangte auch BAUMBERGER in diesem selben Gebiet zu jenen neuen Erkenntnissen, die eine Umwälzung in der tektonisch-stratigraphischen Interpretation der gesamten s. M. bedeuteten. So darf denn das Vierwaldstätterseegebiet für die Molassegeologie als klassischer Boden bezeichnet werden, nicht zuletzt auch darum, weil in seinen Querschnitt das einfachste übersichtlichste Profil durch die s. M. zwischen Rhein und Aare fällt.

Nach dem Vorgange von BAUMBERGER gliedert man das Vierwaldstätterseeprofil in eine äussere gefaltete und in eine innere überschobene Zone.

a) Die äussere Zone umfasst 3 durch Synkinalen getrennte Gewölbe. Es sind dies von N nach S:

## Horizontale Molasse

- |                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| 1. Würzenbach-Gewölbe  | I. Allmendli-Mulde = Birregg-Mulde |
| 2. Birregg-Gewölbe     | II. Krämerstein-Synklinale         |
| 3. Krämerstein-Gewölbe |                                    |

## Rigiüberschiebung.

Die Allmendli- oder Hauptsynklinale hat KAUFMANN — nach Hinweisen von MOUSSON — zuerst „als eine unumstössliche Tatsache“ erkannt, die für ihn zum „Schwerpunkt für das Verständnis der Lagerung der subalpinen Molasse“ (Lit. 82, p. 203) wurde. Die 3 genannten Antikinalen können nicht als Gewölbe im eigentlichen Sinne bezeichnet werden, da mit diesem Begriff die Vorstellung eines horizontalen Gewölbescheitels verbunden ist. Die ihnen statt dessen eigene saigere Kernzone ist uns, worauf an anderer Stelle zurückzukommen sein wird, ein Hinweis dafür, dass diese Gebilde als bereits recht stark deformierte, in sich verstellte und verschobene Antikinalen zu deuten sind. Tektonische Scheitelstörungen machen wir daher in erster Linie für den starken Abtrag der antikinalen Kernzone verantwortlich, wie er sich zum Beispiel im Verlauf der Würzenbach-Antiklinale morphologisch so deutlich manifestiert: Würzenbachtal, Niederung von Kriens. Übrigens sieht sich neuerdings auch KOPP veranlasst, im Kern der Würzenbach-Antiklinale eine Überschiebung anzunehmen. Eine solche hat BAUMBERGER (Lit. 4) bereits 1924 in seinen Exkursionsprofilen vertreten, später aber offenbar wieder fallen

gelassen. Ganz abgesehen von unserer Auffassung der Molasse-antikinalen als relativ bereits stark in sich verstellten tektonischen Elementen legt das Stadium der E-Fortsetzung der Würzenbach-Antiklinale (siehe p. 130) die Vermutung nahe, dass dieses „Gewölbe“ auch bei Luzern bedeutend komplexer gebaut sein könnte, als man im allgemeinen annimmt.

In stratigraphischer Hinsicht umfasst diese äussere Zone bei Luzern vorwiegend das Aquitanien. Seine Mächtigkeit kann nicht angegeben werden, da seine Unterlage nirgends zutage tritt. Am Aufbau der Würzenbach-Antiklinale bzw. am Aufbau ihres N-Schenkels ist die obere Meeresmolasse mit einer Mächtigkeit von 1400 m (Burdigalien 800 m, Helvétien 600 m) nicht unwesentlich beteiligt. Das hangende, schwach aufgerichtete Tortonien leitet rasch über zur flachen Molasse des Mittellandes. Die mutmassliche Grenze zwischen dislozierter und flachliegender Molasse ist von KAUFMANN auf Bl. VIII (1. Aufl.) eingetragen worden: Rote Linie Cham-Malters. Eine mit der Feststellung der Bramegg-Synklinale nötig gewordene Korrektur wird in Lit. 82, pag. 238 erwähnt.

Aus dem Umstand, dass bei Luzern und weiter gegen SW in die Synkinalen kein Miozän mehr einsticht und in den Antiklinalkernen kein Stampien zutage tritt, hat BAUMBERGER gefolgert, dass das Aquitanien dieser äusseren Zone erst nach dem Abtrag des miozänen Sedimentmantels von seiner stampischen Unterlage abgeschürft, zusammengestaut und emporgepresst worden sei. Dieser Ansicht, wonach das Stampien nicht in die Faltung der äussern Zone mit einbezogen worden sei (vgl. Profile BAUMBERGER Lit. 11 und BUXTORF Lit. 55, Fasc. X, p. 705), können wir uns, wie an anderer Stelle (p. 125) dargelegt wird, nicht anschliessen.

b) Die innere Zone besteht am Vierwaldstättersee aus einer einzigen, mächtigen Molasseschuppe, derjenigen der Rigi-Rossberg-Zone. Mit den basalen Horwermergeln als Gleitmittel ist dieser Nagelfluhklotz in einer Mächtigkeit von 3—4 km auf das aquitane Vorland überschoben worden, zu diesem nicht nur lithologisch-stratigraphisch, sondern auch morphologisch in scharfem Gegensatz stehend. Das Rigiprofil ist von BAUMBERGER und BUXTORF folgendermassen gegliedert worden:

4. Kalknagelfluh der Scheidegg . . . . .	400—600 m
3. „Bunte“ Riginagelfluh . . . . .	1400—1500 m
2. Kalknagelfluh von Weggis . . . . .	800 m
1. Horwerschichten (Grisigermergel + Horwersandsteine . . . . .	400—500 m
Rigischuppe . . . . .	3000—3400 m

Die stratigraphische Zuordnung, wie sie beispielsweise noch auf der Vierwaldstätterseekarte vertreten ist (Komplexe 1 + 2 = Burdi-

galien, 3 = Helvétien, 4 = Tortonien) musste mit der Erkenntnis vom unterstampischen Alter der Horwerschichten (Rupélien) fallen gelassen werden. Die hangenden Riginagelfluhen rückten damit in der stratigraphischen Skala automatisch bedeutend tiefer hinab. Horwerschichten (1) und Weggiser Kalknagelfluh (2) stellt BAUMBERGER (vgl. Lit. 55, Fasc. I, Tabelle) ins Rupélien (untere Meeresmolasse), jene mit der Tonmergelstufe, diese mit der Bausteinzone der schon lange bekannten Gliederung der unteren Meeresmolasse Bayerns und Vorarlbergs in Parallele setzend. Die höhern Schichtglieder 3 und 4 müssen dann dem oberen Stampien = Chattien zugeteilt werden. Da jedoch die Einrangierung der Weggiser Schichten in das Rupélien bis heute jeder sicheren Begründung entbehrt, haben wir auf unserer Karte die gesamte Riginagelfluh zum Oberstampien gezogen. Wenn gegen das stampische Alter eines derart mächtigen Komplexes prinzipielle Bedenken laut geworden sind (R. STAUB, Lit. 141, p. 34), und man wenigstens für die bunten Riginagelfluhen aquitanes Alter postulieren wollte, so kann hiezu folgendes bemerkt werden: Die stratigraphisch höchsten Fossilbelege beziehen sich auf eine Molluskenfauna des Chattien aus der Ausbruchsnische des Goldauer Bergsturzes (Gnippen; bunte Nagelfluh). Der darüber noch folgende Nagelfluhkomplex in einer Mächtigkeit von ca. 2000 m hat bisher keine Fossilien geliefert. Die Existenz aquitaner Schichtglieder ist darnach, wie auch BUXTORF betont, nicht ohne weiteres abzustreiten. Gegen eine solche Annahme spricht aber ein gewichtiger Grund: Die dem Rigifächer vorgelagerten Aquitannagelfluhen der äusseren Zone müssten dann nämlich als dessen nördlichste, äusserste Randteile betrachtet werden. Der Umstand aber, dass diese aquitanen Nagelfluhen der granitischen Molasse in ihrer Geröllführung sich von der „bunten“ und kalkigen Rigi-Nagelfluh grundsätzlich unterscheiden und niemals auseinander abgeleitet werden können, spricht gegen die Existenz aquitaner Nagelfluhkomplexe im höhern Rigiprofil.

In tektonischer Beziehung stellt die zentrale Rigi-Rossberg-Zone eine äusserst einfach gebaute, einheitlich gegen SSE einfallende Schuppe dar. Schwachwellige Deformationen sind bekannt: Am Rossberggipfel fallen die Schichten mit ca. 30°, bei Goldau nur mehr mit ca. 12—20° nach S ein (bei einem mittleren Streichen von N 70° E). Sie beschreiben einen nach oben schwach konkaven Bogen (siehe Profil in Lit. 2). Das Gegenteil konstatieren wir an der Rigi selber, wo das Schichtfallen von N nach S zunimmt. Hier macht sich offenbar der verstärkte, gestaffelte N-Vorstoss der Rigihochfluh-Vitznauerstock-Bürgenstock-Kette geltend. Auf die Verhältnisse am Molasse-Alpenkontakt kommen wir indes in einem besonderen Kapitel zu sprechen.

Obwohl bereits über das Vierwaldstätterseegebiet hinaus greifend, sei die räumliche Ausdehnung des Rigi-Nagelfluhfächers zweckmässig bereits an dieser Stelle besprochen. Über Rossberg, Wildspitz und

Kaiserstock zieht die Rigizone in abnehmender Nagelfluhentwicklung gegen NE, über Morgarten und Rotenturm in die Gegend von Einsiedeln, wo die Konglomerate primär auskeilen und damit wohl auch die Rigischuppe s. l. als solche zu existieren aufhört. Man beobachtet dabei folgendes: Die tieferen Horizonte der Weggiser Kalknagelfluh reduzieren sich gegen NE sehr rasch. Am Zugersee, von Gängigen bis über St. Adrian hinaus, fehlen Nagelfluhinelagerungen vollständig. Ähnliche Verhältnisse gelten für die hangende Scheideggagnagelfluh. Wenn auch ihre Fortsetzung jenseits des Lowerzersees zum grossen Teil unter dem Flyschkomplex des Haggen zu suchen wäre, so weist doch die starke Mergelentwicklung im Gebiet der Steiner Aa z. B. auf ein primäres Auskeilen hin. Die auffallend starke Mergelverbreitung hat R. STAUB (Lit. 50) sogar dazu verführt, hier die Existenz einer höheren, der Hilferschuppe des W entsprechenden Deckschuppe, einer Steiner Schuppe, zu postulieren. Nach der geologischen Karte und eigenen Beobachtungen (es handelt sich etwa keineswegs um unterstampische Mergel) liegen dafür aber keine Anhaltspunkte vor. Aus der Gegend von Sattel-Einsiedeln erwähnt auch R. FREI (Lit. 49), dass sich namentlich die südlicheren Konglomeratbänke gegen NE rasch verlieren. Es sind somit vor allem die mittleren Komplexe der (bunten) Riginagelfluh, die am weitesten gegen NE aushalten. Wenn auch am Morgarten und bei Rotenturm noch deutlich eine untere Kalknagelfluh und eine obere „polygene“ Nagelfluh unterschieden werden können, so zeigt sich im ganzen doch deutlich eine Verarmung an kristallinen Komponenten von der Rigi gegen NE. Solches beobachtete R. FREI zwischen Morgarten und dem Gebiet östlich Rotenturm, BUXTORF (Lit. 31) bereits an der Rigi selber, wo die „bunte“ Nagelfluh nördlich Scheidegg gegen E (Lowerz) deutlich in Kalknagelfluh übergeht. Da andererseits die oberste Kalknagelfluhbank der Scheidegg gegen W (Dossen-E-Grat) in bunte Nagelfluh übergeht, werden von BAUMBERGER und BUXTORF wenigstens für die jüngere Phase der Rigi-Nagelfluhschüttung 2 verschiedene Flussarme als Schotterlieferanten angenommen: ein östlicher, vorwiegend Kalknagelfluh liefernder, und ein westlicher, reichlich bunte Konglomerate fördernder Strom. Von ganz andern Voraussetzungen ausgehend, ist übrigens auch R. STAUB (siehe unten) zur Annahme zweier differenter, sich überschneidender Stromarme gelangt. Jedenfalls wird das zukünftige Studium des Rigifächers anhand geröllstatistischer Auszählprofile wertvolle Ergebnisse zeitigen können. Vorderhand müssen wir uns mit der Wiedergabe einer einzigen Geröllzählung begnügen, aus der wenigstens hervorgeht, dass auch die sogenannte bunte Riginagelfluh keineswegs den Bedingungen entspricht, die nach dem (p. 96) Gesagten an ein wirklich polygenes Konglomerat gestellt werden müssen. Auch die „bunte“ Rigi-Nagelfluh ist auf Grund unserer Zählung (siehe auch die Statistik von ESCHER-HESS Lit. 47, p. 9 und 38) als eine kristallinführende Kalknagelfluh zu bezeichnen. (Siehe Tabelle II.)

Tabelle II.Nagelfluh-Auszählung auf Rigi-Kulm  
(„Bunte“ Riginagelfluh).

Gezählte u. untersuchte Komponenten: 440

	Anzahl	%
a) Rote Granite, grobkörnig . . . . .	19	4
„        „    feinkörnig-porphyrisch . . . . .	7	2
b) Rote Quarzporphyre (kleine Gerölle) . . . . .	2	
Graue      „    . . . . .	2	
Granodiorit, feinkörnig . . . . .	1	
Basische Eruptiva, mürbe . . . . .	2	
Dunkle Glimmerquarze bis Gneise . . . . .	2	
c) Gelbe Flyschkalke, z. T. kieselig . . . . .	122	28
d) Flyschbrekzien u. -konglomerate, fein bis sehr grob, eigentliche Nagelfluhen mit Kalk-Dolomitkomp. . .	33	8
e) Flyschsandsteine, z. T. glimmerreich, und Flysch- mergelkalke, gelblich . . . . .	14	3
f) Fleckenmergelkalke, wohl meist Flysch, z. T. Lias— Kreide . . . . .	19	4
g) Helle, weisslich-graue Kalke, meist dicht, in 2 Fällen hornsteinführend, Klippenmalm, Biancone, Flysch .	39	8
h) Dunkelgraue, bräunliche u. schwarze Kalke, dicht bis körnig, Lias, Klippenmalm, Flysch, ev. Rhät .	60	14
i) Mergelkalke, Kalkschiefer u. andere atypische Sedi- mente . . . . .	32	7
k) Kieselkalke, hell u. dunkel, Neocomtypus, selten .	24	5
l) Übrige Brekzien u. Konglomerate, Lias, ev. Tristel- brekzie? . . . . .	6	1
m) Ölquarzite . . . . .	7	2
n) Hornsteine, Radiolarite z. T., bis Hornsteinkalke, meist grau-grün, z. T. rot . . . . .	12	3
o) Dolomite, Dolomitbrekzien, stark dolomitische Kalke	31	7
p) Verschiedenes: 1 roter Kalk (Adnether Lias oder rotes Tithon) . . . . .		
1 roter, körniger Sandkalk (Lias?) . . . . .	6	2
1 Krinoidenbrekzie . . . . .		
3 weisse Marmore, dolomitisch . . . . .		

440 Komp. 100%

Im SW sucht man umsonst nach einer würdigen Fortsetzung der Rigi-Nagelfluhzentren. Es folgt der gewaltige Abbruch des Rigiklotzes zum Vierwaldstättersee, und erst jenseits des Sees, im Gebiet des Horwer Hohwaldes und am Höchberg sind wieder vereinzelte Konglomeratbänke aufgeschlossen (kopfgrosse Nagelfluhen an der Kännel-egg). Sie entsprechen den Weggiser Schichten, während die „bunte“ Riginagelfluh unter dem Pilatus zu suchen wäre. Wenn auch, worauf noch zurückzukommen sein wird, die plötzliche, gewaltige Reduktion der Rigizone gegen SW zur Hauptsache auf das Konto alter Erosionsvorgänge zurückzuführen ist und eine starke quartäre Überschüttung im fraglichen Gebiet manche Nagelfluhhorizonte verhüllen mag, so scheint uns doch auch ein primäres seitliches Auskeilen der Konglomerate mitzuspielen. Den Rümlig erreichen nach der Vierwaldstätterseekarte noch ganze 3 Nagelfluhhorizonte. Das erneute Anschwellen von Nagelfluhen im Schwarzflühli-Heuboden-Gebiet entspricht offenbar einem neuen selbständigen Schüttungsvorstoß, so dass wir den Rigifächer als solchen im SW vorderhand im Eigental, d. h. ca. 45 km von seinem E-Rande bei Einsiedeln entfernt, endigen lassen. Immerhin sei zugegeben, dass die Beziehungen zwischen Rigi- und Schwarzflühli-Nagelfluh punkto Geröllführung ziemlich enge sind, was auf gewisse Zusammenhänge hindeutet. (Siehe auch p. 163.)

Die Rigi-Nagelfluhzone gehört, zusammen mit den gleichaltrigen Pélerin-Nagelfluhen, zu jenen Schuttfächern der s. M., die nicht mehr vor heute noch erkenn- bzw. rekonstruierbaren Axendepressionen des Alpengebirges liegen. Dennoch erscheint es R. STAUB nicht unabweisbar, in den Rigi-Nagelfluhen „unter Umständen die Verschmelzung der aus der Maggia-Hasli-Senke und der Septimer-Depression herausquellenden Schuttkegel“ (Lit. 141, p. 61) zu erblicken. Auch denkt er (p. 63—64) an die mögliche Existenz einer der nördlichen Maggiasenke entspringenden Ur-Reuss, die, allein oder sich im Raume des heutigen Schwyzer Beckens vereinigend mit einer dem Knickungswinkel zwischen lepontischem und rhätischen Deckenbogen etwa über dem Bleniotal entströmenden Ur-Linth, den Rigifächer geschüttet hätte. Da solche Talanlagen sich höchstens bis zum Aufstieg der Zentralmassive etwa im Oberoligozän halten konnten, wäre das Vorhandensein oberst-oligozäner (aquitäner) oder gar miozäner Sedimente in der Rigizone schon aus diesem Grunde wenig wahrscheinlich. Seine grösste noch erhaltene und wahrscheinlich auch primär maximale Mächtigkeit erreicht der Rigifächer etwa im Querschnitt von Arth. Es ist offenbar mehr als ein Zufall, dass er gerade hier durch das Quertal Oberer Zugersee-Goldau-Lowerzersee in zwei ungefähr gleichwertige Teile zerschnitten worden ist. Umsomehr als z. B. auch die Speerzone eine analoge Zweiteilung in bezug auf das Linthtal zwischen Walensee und Zürichsee aufweist. Man muss sich daher fragen, ob hier eventuell eine primäre zentrale Schüttungsrinne für spätere

Talanlagen von Bedeutung war, oder ob die trennenden Quertäler — worauf der Fall des Linthtales (p. 172) oder der des Entlendurchbruches (siehe p. 177) hinweisen könnte — auf Knickungen in der allgemeinen Streichrichtung zurückzuführen sind (Knickungsfurchen). (Vgl. hiezu auch: R. STAUB, Lit. 141.)

## 2. Zwischen Zugersee und Sihlsee.

Wichtigste Literatur:

1853	B. STUDER	Lit. 147 p. 383, 426—428
1860	F. J. KAUFMANN	„ 81 „ 78—87
1872	„ „ „	„ 82 „ 199—239
1899	E. LETSCH	„ 98 „ 10—25
1914	E. BAUMBERGER	„ 2
1914	R. FREI	„ 49
1935	W. HOEHN-A. OCHSNER	„ 80
1936	K. KLEIBER	„ 88

Geolog. Karten:

Geol. Karte 1:100.000 Bl. VIII und IX

„ „ des Lorzentobel-Sihlsprung-Gebietes 1:25.000 (1912)

„ „ „ Gebietes zwischen Zürichsee und Zugersee 1:25.000 (1894)

Das Gebiet der s. M. zwischen Zugersee und Sihlsee ist geologisch noch heute recht schlecht bekannt. Die starke quartäre Überschüttung mag zu einem grossen Teil daran schuld sein. Neue Untersuchungen sind zurzeit von Zürich aus im Gange. Die Analyse dieses Sektors hat auf jeden Fall anzuknüpfen an die relativ einfachen und klaren tektonisch - stratigraphischen Verhältnisse des Vierwaldstätterseegebietes. Die von dort her bekannten tektonischen Elemente gilt es gegen E weiter zu verfolgen und zu lokalisieren.

Der Verlauf der Riginagelfluhzone bis zu ihrem Ausklingen bei Einsiedeln ist bereits besprochen worden. Die basalen Horwerschichten des Vierwaldstättersees lassen sich gleichfalls noch weit gegen NE verfolgen, allem nach in abnehmender Mächtigkeit, entsprechend der Reduktion der hangenden Nagelfluhen und der dadurch zweifellos bedingten Abnahme der Überschiebungsbreite der Rigi-Schuppe. Sie weisen in der Gegend von Katzenstrick ob Walchwil nicht unbeträchtliche Stauchungen auf, welche zuerst von KAUFMANN beobachtet und von BAUMBERGER bestätigt und in einem Profil (Lit. 2, p. 5) dargestellt wurden. Eine exakte Lokalisierung der Rigi-Überschiebung von Walchwil bis Einsiedeln muss künftigen Detailstudien vorbehalten bleiben. Doch besteht auf Grund unserer Beobachtungen kein Zweifel darüber, dass diese wichtige tektonische Leitlinie immer wenig nördlich der Rigi-Nagelfluhen durchzieht, um etwa im Raume von Willerzell irgendwie zu endigen oder von einer neuen Schubfläche abgelöst zu werden.

Die Grenze zwischen dislozierter und flachliegender Molasse, die nördliche Grenzlinie der alpinen Hebung, wie sie KAUFMANN nennt, verläuft ungefähr von Baar über Hirzel gegen Wädenswil. Zwischen ihr und der Rigiüberschiebung im S liegt somit die äussere Zone im Sinne BAUMBERGERS, in der wir nach den Erfahrungen am Vierwaldstättersee einen ziemlich einfachen Antiklinalen- und Synkinalenbau erwarten sollten. Sehen wir näher zu:

Die Region der Hohrone und des Gottschalkenberges, zusammen mit dem ihr direkt nördlich vorgelagerten Streifen Hütten-Menzingen-Zug, ist von jeher mit Recht als die direkte Fortsetzung, als das tektonische und stratigraphische Äquivalent der Würzenbach-Antiklinale angesprochen worden. An diesem Zusammenhang ist trotz fazieller und baulicher Unterschiede nicht zu zweifeln.

Der S-Schenkel der Würzenbach-Antiklinale enthält, beispielsweise im Gebiet des Meggenwaldes, nur wenige und unbedeutende Nagelfluhinelagerungen. Gegen NE (Halbinsel Kiemen, Zugerberg) gewinnen dieselben sowohl an Zahl wie an Mächtigkeit. Wir nähern uns einem aquitanen Nagelfluhbezirk, der zwischen Lorze und Sihl-Alpfluss in der Hohrone seine grösste Bedeutung erlangt (siehe unten). Diese zunehmende Einlagerung von Nagelfluh in den Antiklinal-S-Schenkel (der N-Schenkel bleibt vom Vierwaldstättersee bis zum Zürichsee so gut wie geröllfrei) bedeutete von Anfang an eine nicht zu unterschätzende Versteifung desselben und wurde für die Mechanik der Dislokation in erster Linie massgebend: Ungefähr vom Zugersee an beginnt der starre S-Schenkel als flach S-fallende Nagelfluh-Sandsteinplatte die vorgelagerte antiklinale Kernzone diskordant zu überfahren, bis diese Überschiebung etwa im Profil von Hütten ein Maximum erreicht, aber gegen den Etzel hin rasch wieder an Bedeutung verliert. Diese Hohrone-Überschiebung ist zuerst von R. FREI (siehe Lit. 66, Taf. VI, Profil III) postuliert worden. Neueste Detailuntersuchungen von K. KLEIBER (Zürich) haben sie nicht nur bestätigt, sondern haben vor allem auch ergeben, dass die ziemlich flach S-fallende Überschiebungsfläche zugleich eine ganz bedeutende, die unter sie hinein streichende, komplex gebaute antiklinale Kernzone (siehe p. 130) glatt abschneidende Diskordanzfläche darstellt. Wir glauben indessen wegen des Zurücktretens kleintektonischer Erscheinungen nicht, dass diese Amputation rein tektonisch erfolgt ist. So wie die Verhältnisse heute rekonstruierbar sind, scheint es uns mehr als wahrscheinlich, dass die Antiklinalzone s. str. zusammen mit dem N-Schenkel vor der später erfolgten Überschiebung des S-Schenkels bereits weitgehend abgetragen und erniedrigt worden, die Amputation somit zur Hauptsache auf erosive Ursachen zurückzuführen sei. Der primär fazielle Unterschied zwischen Antiklinal-S- und N-Schenkel einerseits, sowie der infolge erosiver Schwächung fehlende Widerstand im N andererseits gaben so Anlass zur Entwicklung der Hohrone-Überschiebung. Der Ausstich der Über-

schiebungsfläche fällt nach KLEIBER ziemlich genau mit dem Verlauf der auf Bl. IX eingezeichneten „Antiklinalaxen“ zusammen. Ein Überschiebungskontakt ist leider nirgends direkt erschlossen. Der von FREI und HÖHN erwähnte „Kontakt“ beim Kreuzbrunnen existiert nicht (Verwechslung von Schichtung und Längsklüftung).

Die Akzentuierung einer Überschiebung im Hohrone-Gebiet entspricht erwartungsgemäss einem Hochstau, einer Axenkulmination. Das axiale Gefälle von der Hohrone zur Lorze ist nach KLEIBER im S-Flügel erkennbar und beträgt 8—10°.

Am S-Rand der dem Würzenbach-Gewölbe entsprechenden, baulich aber modifizierten Hohrone-Antiklinale erwarten wir, gemäss den Verhältnissen am Vierwaldstättersee, eine Synklinale. Die Birregg-Synklinale, bei Luzern als normale symmetrische Mulde mit horizontaler Muldenbiegung entwickelt, erreicht bei Immensee den Zugersee. Jenseits des Sees, im Bereich des Sagenbaches nördlich Walchwil, ist sie als überkippte Mulde wiederum deutlich erkennbar: Die flach S-fallenden Hohroneschichten stossen unvermittelt gegen saigere oder gar steil S-fallende Schichtkomplexe ab. Ein Muldenschluss ist nicht mehr erkennbar, die Synklinale dürfte schon hier in ihrer Muldenaxe geknickt und gebrochen sein. Analoge Verhältnisse trifft man auch östlich des Aegerisees: Am Aufstieg nach St. Jost kannte bereits KAUFMANN saigere bis steil N-fallende Aufschlüsse. Neu hinzu kommt eine von KLEIBER entdeckte, imposante Steilzone beim „Ländli“ am Aegerisee, wenig südöstlich Ober-Aegeri, die als direkte Fortsetzung derjenigen von St. Jost betrachtet werden muss. Die zu dieser Steilzone synkinalen hangenden Hohroneschichten weisen am untern Aegerisee, sowie im Gebiet von Allosen, ein starkes Verflachen auf. Vom Kirchbühl bei Unter-Aegeri erwähnt KAUFMANN horizontale granitische Molasse, die zusammen mit den äusserst flach S-fallenden granitischen Sandsteinen und Mergeln bei Ober-Aegeri gegen die erwähnten Steilzonen abstösst. An einer der Birreggmulde von Luzern entsprechenden synkinalen Schichtstellung ist also auch zwischen Aegerisee und Biber nicht zu rütteln. Aber die durch die Überkippung verursachte Knickung des ursprünglichen Muldenschlusses nimmt nun infolge zunehmender Übertreibung etwa vom Aegerisee an den Charakter einer eigentlichen steilen Schubfläche an, längs welcher der ursprüngliche Synkinal-S-Flügel (und mit ihm das ganze südlich anschliessende Gebiet bis zur Rigiüberschiebung) in bezug auf den Synkinal-N-Flügel (Hohroneschichten) eine bedeutende „Hochschiebung“ erfahren haben muss. Zu dieser Deutung zwingen uns vor allem stratigraphisch-fazielle Gründe: Am Vierwaldstätter- und Zugersee gehört das gesamte Gebiet zwischen der Burdigalien-Transgression im N und der Rigiüberschiebung im S dem Aquitanien an (granitische Molasse!). Aquitanen Alters bzw. aquitaner „Facies“ ist sicher auch die gesamte Hohronezone (wie nicht zuletzt die Fossilfunde von Greit beweisen)

im S bis zu einer Linie „Ländli“-St. Jost-Biberbrücke. Mit dem Übertritt in die genannten Steilzonen und in das Gebiet südlich derselben ändert sich nun östlich des Aegerisees plötzlich das Bild. An Stelle der bei einem normalen Muldenbau zu erwartenden rückwärtigen Fortsetzung der Hohrone-Nagelfluhen, an Stelle der typischen aquitanen Faciesverhältnisse treffen wir hier bis zur Rigi-überschiebung allenthalben Aufschlüsse in ausgesprochenen Kalksandsteinen (speziell Kalksandsteine fehlen der Hohrone so gut wie völlig!) und gelblich-grauen Mergeln. Die lithologisch-facielle Übereinstimmung dieser Serien mit oberstampischen Gesteinsfolgen der Ostschweiz ist überraschend. Entsprechen manche Kalksandsteine (z. B. Steinbruch an der Grindelegg), auch nach der Meinung R. STAUBS, durchaus den Appenzeller-Sandsteinen des Chattien östlich der Linth, so lassen sich Schichtprofile, wie wir sie z. B. am Alpfluss nördlich Einsiedeln oder an den E-Hängen der Samstagern antreffen, ohne weiteres stratigraphischen Profilen, z. B. aus dem Gebiet der Teufelsmauern, gleichsetzen. Wenn auch das geologische Alter dieser Schichtfolge südlich der Hohrone erst noch durch Fossilien zu belegen sein wird, so zögern wir doch schon jetzt nicht, diese von den aquitanen Serien so verschiedenen Sandstein- und Mergelkomplexe ins oberste Stampien zu stellen. Wir kommen somit dazu, aus der gebrochenen Birregg-Synklinale des Vierwaldstättersees gegen NE eine Überschiebung — die Überschiebung von St. Jost — abzuleiten, durch welche die südlich anschliessenden Teile der sogenannten äusseren Zone eine derartige Höherhebung erfuhren, dass unter dem abgetragenen Aquitanen heute die oberstampische Unterlage zutage tritt. Mit dieser Feststellung erheben sich sofort zwei Fragen. Zunächst einmal die: Wo beginnen, wenn wir vom Vierwaldstättersee herkommen, oberstampische Schichtkomplexe unter dem Aquitan hervorzutreten?

Obwohl hierüber noch keine Detailuntersuchungen vorliegen, so darf etwa gelten, dass ungefähr bis zum Aegerisee die granitische Molasse noch die gesamte äussere Zone aufbaut. Insbesondere zeigt noch die Kohlerhöhe mit ihren granitischen Sandsteinen und bunten Nagelfluhen vom Hohronetypus durchaus aquitanes Gepräge. Dass ihre basalsten Horizonte vielleicht schon dem Chattien angehören, ist möglich. Östlich des Aegerisees hat sich der faziell-stratigraphische Wechsel bereits vollzogen. Einzig an der Grindelegg kennen wir noch zwei gegen N rasch auskeilende Bänke bunter Hohrone-Nagelfluh, die den ersten Vorstössen des Hohrone-Fächers entsprechen, wegen der sie begleitenden Kalksandsteinhorizonte (Steinbruch Grindelegg) wohl aber bereits ins oberste Chattien gestellt werden müssen. Die Hohrone-Schüttung hätte demnach also bereits im Oberstampien zaghafteingesetzt.

Von prinzipieller Bedeutung ist auch ein zweiter Punkt: Aus dem Fehlen älterer als aquitaner Sedimente in der äussern Zone des

Vierwaldstättersees haben BAUMBERGER und BUXTORF geschlossen, dass das Aquitanien von seiner stampischen Unterlage abgeschürft und selbständig in sich gefaltet worden sei. Nachdem nun aber nach den gemachten Bemerkungen östlich des Aegerisees, in der Fortsetzung des Aquitanstreifens am Vierwaldstätter- und Zugersee infolge Intensivierung der dislozierenden Vorgänge auch geröllfreies Oberstampien die Oberfläche erreicht, so müssen wir doch weit eher annehmen, dass zum mindesten die hangendsten Komplexe des Chattien bereits bei Luzern in den Faltenbau der äussern Zone mit inbegriffen seien, ohne dort allerdings in den Antiklinalkernen zutage zu treten.

Wir haben uns schliesslich noch zu fragen, ob das Chattiengebiet südlich der Überschiebung von St. Jost als eine einheitliche Zone aufzufassen sei oder nicht. Dass dem kaum so ist, ergibt sich schon aus der Überlegung, dass diese Zone aus einem auch am Vierwaldstättersee komplex gebauten Streifen (Birregg-Antiklinale, Krämerstein-Mulde und -Antiklinale) hervorgegangen ist. Obwohl die Gliederung dieses Chattenzuges wegen starker Bedeckung sehr erschwert und noch keineswegs geklärt ist, so steht doch schon soviel fest, dass es sich nicht um eine einheitliche Schuppe handelt. Südlich der Grindelegg-zone hat KLEIBER bereits Anzeichen einer saigeren Steilzone festgestellt. Auch die Verhältnisse am Hang NW Einsiedeln weisen nichts weniger als auf einheitlich S-fallende Serien hin. Ohne den kommenden Untersuchungen voreilen zu wollen, sei die Vermutung geäussert, dass wir es hier mit wenigstens zwei Teilschuppen zwischen Hohrone und Morgarten-Rotenturm zu tun haben: Einer nördlichen St. Jost-Grindelegg-Schuppe und einer südlichen, wegen der starken Mergelentwicklung wahrscheinlich etwas tieferen, Samstagern-Schuppe. Merkwürdig ist der Umstand, dass allem nach im Hangenden dieser Samstagern-Zone im Gegensatz zur Kohlerhöhe keine grantiische Molasse mehr festzustellen ist. Sollte sie vor der Überschiebung der Rigizone durch Erosion abgetragen worden sein?

Wir dürfen die s. M. zwischen dem Zuger- und dem zukünftigen Sihlsee nicht verlassen, ohne noch mit ein paar Worten auf die Bedeutung und Ausdehnung der Hohrone-Nagelfluhschüttung zurückzukommen. Diese Nagelfluhzone, charakterisiert durch ihre äusserst bunten Konglomerate<sup>16)</sup>), gelangt zwischen Lorze und Alp-Sihl zur

<sup>16)</sup> Eine Statistik als Mittel aus 6 Zählungen von KLEIBER (Lit. 88) ergibt folgendes Bild:

Rote Granite . . . . .	23%	Quarzite . . . . .	10%
Helle „ . . . . .	15%	Helle u. dunkle Kalke	22%
Grüne „ . . . . .	2%	Kieselkalke . . . . .	7%
Übrige Eruptiva . . . . .		Sandsteine (< 1%) . . . . .	+
(Porphyre, Diorite) . . . . .	2%	Hornsteine . . . . .	2%
Gneise . . . . .	16%		

Der mittlere Kristallingehalt beträgt somit 58%, die Hohrone-Nagelfluh ist als extrem bunte, dolomitfreie e-m-Quarzit-Kalk-Nagelfluh zu bezeichnen.

stärksten Entwicklung. Indessen handelt es sich hiebei keineswegs um eine Schüttung etwa von der Art der Rigi mit maximaler Ausbildung kompakter, mächtiger, geschlossener Konglomeratbänke in rythmischer Aufeinanderfolge. Der Hohronefächer muss vielmehr grösstenteils als eine intensive Einstreuung von Konglomeraten in eine Sandsteinfolge bezeichnet werden. In dieser Beziehung erweckt die Darstellung auf Blatt IX einen falschen Eindruck. Nur wenige Nagelfluhhorizonte bilden wirklich zusammenhängende Bänke gröserer Ausdehnung. So wie die Hohrone-Nagelfluhen heute in Erscheinung treten, müssen wir sie als randliche Teile eines grösseren, weiter südlich gelegenen, heute abgetragenen Schüttungszentrums oder aber — was wahrscheinlicher ist — als primär schwach entwickelte Nagelfluhvorstösse betrachten, was indessen eine relativ bedeutende räumliche Ausstrahlung nicht auszuschliessen braucht.

Vom Gottschalkenberg aus verfolgen wir die Nagelfluh-Horizonte der Hohrone, oft verdeckt, über das Lorzental und den Zugerberg an den Zugersee (S-Schenkel der 1. Antiklinale). In der Gegend von Eyola hat der Strassenbau einige recht gute Aufschlüsse geschaffen. Die Nagelfluh, hier z. T. in starken Bänken entwickelt, scheint im Mittel gröber als an der Hohrone zu sein; Maxima von 15 bis 20 cm Länge sind nicht selten. Da auch KLEIBER gegen das W-Ende der Hohrone eine schwache Vermehrung der Nagelfluhhorizonte konstatiert hat, dürfte die Hauptschüttungssachse des Hohronefächers nicht an der Hohrone selber — trotz ihrer morphologisch dominierenden Stellung —, sondern eher etwa im Bereich des Lorzetales gelegen haben. Über die Kiemen-Halbinsel ziehen die Hohrone-Konglomerate in zunehmender Auflockerung an den Vierwaldstättersee. Hier — z. B. an der Birregg-Halbinsel — wie übrigens am Zugerberg und auch an der Kohlerhöhe<sup>17)</sup>, sind ausserdem ihre südlicheren Wurzelteile noch vorhanden. „Bei Luzern gestattet der Schuttfächer der Aquitanzeit, den Übergang des alpenwärts liegenden, zentralen Teils in seine geröllfreie Randfacies, die im N normalerweise unter die marin burdigalen Sedimente des Mittellandes taucht, lückenlos zu verfolgen“ (BAUMBERGER, Lit. 55, Fasc. I, p. 63).

Vom Vierwaldstättersee an gegen SW treten im Aquitanien der äussern Zone noch da und dort bis ins Entlebuch hinein bunte Konglomeratlagen auf, die in ihrer Geröllführung durchaus den eigentlichen Hohrone-Nagelfluhen zu entsprechen scheinen<sup>18)</sup>. In wieweit wir in diesen südwestlichsten Vorkommen aquitaner Nagelfluhen die frontalen Teile selbständiger Konglomeratvorstösse zu erblicken haben,

<sup>17)</sup> Von Naashof am Aegerisee erwähnt FREI (Lit. 49, p. 3) auch Kalknagelfluhen, die, falls sich ihre Existenz und Zugehörigkeit zum Hohronefächer bestätigt, besondere Aufmerksamkeit verdienen.

<sup>18)</sup> Eine Zählung aus der Gegend von Escholzmatt ergab nach FRÖHLICHER (Lit. 52) einen Kristallingehalt bis zu 60%, worunter bis 25% rote Granite.

wird erst eine genaue Kartierung und geröllanalytische Untersuchung erweisen.

Im Hohronegebiet selber hat die bereits besprochene Überschiebung eine Nagelfluhserie (Antiklinal-S-Schenkel) direkt mit einem nagelfluhfreien Sandsteinmergelkomplex (aquitainer Antiklinal-N-Schenkel) zur Berühring gebracht. (Faciessprung!). Immerhin erkennen wir in den lokalen Nagelfluhvorkommen des N-Schenkels bei Schindellegi und bei Lidwil am Zürichsee noch deutlich die nördlichsten Vorposten und Ausläufer der Hohroneschüttung. Bei Wurmspach u. a. O. greifen sie sogar nach E über den Zürichsee hinaus. Auch südlich der Hohrone, zwischen Aegerisee und Sihl, besteht infolge der Überschiebung von St. Jost kein normaler Facieszusammenhang. Das hier zu erwartende, infolge seiner alpennähern Lage geröllreiche Aquitanien ist völlig abgetragen worden. Auf das an der Grindelegg liegende Nagelfluhvorkommen ist bereits hingewiesen worden.

### 3. Zwischen Sihl und Linth.

Wichtigste Literatur:

1825	B. STUDER	Lit. 146, p. 64—65
1853	„ „	„ 147, „ 383
1860	F. J. KAUFMANN	„ 81, „ 87—93
1877	A. GUTZWILLER	„ 59
1899	E. LETSCH	„ 98, „ 210—212
1907	O. HERBORDT	„ 79
1911	L. ROLLIER	„ 132, Prof. pl. II
1914	R. FREI	„ 49
1918	ARN. HEIM	„ 72
1924	H. SCHARDT u. A.	„ 193
1927	E. BAUMBERGER	„ 8
1928	ARN. HEIM	„ 77, p. 74—76, Fig. 1
1934	R. RUTSCH-J. HÜRZELER	„ 137
1935	E. BAUMBERGER	„ 14
1935	A. OCHSNER	„ 121
1936	K. KLEIBER	„ 88

Geologische Karten:

Geol. Karte 1:100.000, Bl. IX

- „ „ des Gebietes zwischen Zürichsee und Zugersee 1:25.000 (1894)
- „ „ der Umgebung von Rapperswil 1:25.000 (1907)
- „ „ der Glarner Alpen 1:50.000 (1910)
- „ „ des Wäggitals und seiner Umgebung 1:25.000 (1924)
- „ Atlas der Schweiz 1:25.000 Nr. 7 (1934)

Zwischen der marinen Burdigalien-Molasse von Bäch-Wollerau im N und einer ungefähr von Siebnen gegen die Sturmhöhe nördlich Einsiedeln verlaufenden Überschiebungslinie im S erstreckt sich das Verbreitungsgebiet der aquitanen granitischen Molasse, diese ist im

Gegensatz zu den Verhältnissen westlich der Sihl konglomeratfrei. In dieser Zone sind von N nach S folgende tektonische Elemente zu unterscheiden:

a) Die Antiklinale Feusisberg-Lidwil: Eine symmetrisch gebaute, stark zusammengedrückte Molasseantiklinale von der gewohnten Form (nach unten geöffneter Fächer, keine Gewölbebiegung). Das Querprofil im Bahneinschnitt bei Lidwil, wo im Gegensatz zum Geologischen Führer (Lit. 55, Fasc. IV, p. 275) nur der, der geometrischen Antiklinalachse benachbarte steil S-fallende S-Schenkel entblösst ist, weist verschiedene Störungen auf und zeigt, dass auch bei dieser Antiklinale der Schichtzusammenhang im Kern weitgehend zerrissen ist, so dass man auch hier die geometrische Antiklinalachse zweckmäßig durch eine Aufschiebungslinie ersetzt.

b) Eine Synklinale, durch eine ausgeprägte synklinale Schichtstellung zwischen Lidwil und Altendorf schon von der Eisenbahn aus deutlich erkennbar. Der Unterwasserkanal des Etzelwerkes, bei Winkel in den Zürichsee mündend und bemerkenswerterweise bis fast an den See hin ganz in anstehende granitische Sandsteine und Mergel eingelassen, verläuft ganz wenig südlich der Synklinalachse in nur  $20-10^{\circ}$  N-fallenden Schichten. Dieser Umstand spricht für die Existenz eines normalen ungebrochenen Muldenschlusses, wofür die oberflächlichen Beobachtungen keine Anhaltspunkte liefern.

c) Eine Antiklinale, deren geometrische Achse südlich des Etzels von der Sihl (Teufelsbrücke) gegen Lachen streicht. Wir nennen sie, obschon der Etzel selber dem N-fallenden Flügel angehört, zweckmäßig die Etzel-Antiklinale. Sie ist insofern etwas asymmetrisch gebaut, als im N-Schenkel (speziell am N-Hang des Etzels) eine auffallende Verflachung mit Fallwinkeln von nur  $15-20^{\circ}$  auftritt, während im S-fallenden Teil im allgemeinen die Fallwinkel nicht unter  $30-35^{\circ}$  sinken. Diese Situation scheint uns auf eine schwache Unterschiebung der Etzel-Antiklinale hinzuweisen.

Die antiklinale Kernzone und der gesamte S-Flügel dieser Antiklinale sind vom Druckstollen des Etzelwerkes durchfahren worden. Es existiert hierüber ein vom Zürcher Geol. Institut aufgenommenes geol. Detailprofil im Maßstab 1:100. Es gibt in einzigartiger Weise Aufschluss speziell über die tektonisch-mechanischen Zustände im Innern einer Molasseantiklinale. In stratigraphisch-lithologischer Hinsicht ergab sich eine monotone Wechsellagerung von granitischen Sandsteinen, Mergelsandsteinen und nicht unbedeutenden Komplexen graufleckiger, oft massiger Mergel von grobmuscheligem Bruch. Sehr grobkörnige Sandsteine, sowie seltene Nester bunter Nagelfluh oder auch bloss vereinzelte rote Granitgerölle weisen auf die Nähe der Hohroneschüttung hin, deren Ausklingen gegen den Etzel hin allerdings überraschend schnell erfolgt. Die gesamte im Stollen durchfahrene Serie darf aus faziell-lithologischen Gründen unbedenklich ins Aquitanien gestellt werden. Gesteinskomplexe

chattischen Charakters wurden auch im Antiklinalkern nicht ange-  
troffen.

In kleintektonisch-mechanischer Beziehung war das Auftreten von Hunderten von Gleitflächen und -horizonten (Ruschelzonen) parallel zur Schichtung von höchstem Interesse. Diese zum Teil wasserführenden Gleitniveaux installierten sich naturgemäß überall dort, wo schon primär oft messerscharfe Mergel-Sandstein-Schichtkontakte als eigentliche Unstetigkeitsflächen bei geringster mechanischer Beanspruchung zu Gleitbahnen prädestiniert waren. Diese translativen Verschiebungen einzelner Schichtblätter (Differentialgleitung) war nicht nur im Antiklinalkern, sondern auch im gesamten S-Flügel die normale Erscheinung, während Verstellungen quer zur Schichtung eine durchaus untergeordnete Rolle spielten. Von einer Gewölbebiegung in der zentralen Antiklinalzone war keine Spur zu finden.

d) Südlich an die Etzel-Antiklinale schliesst sich, immer noch innerhalb der granitischen Molasse, eine kleine Synklinale an, deren Muldenbiegung nach OCHSNER am Spreitenbach südlich Lachen sichtbar ist. Ihr dürften ähnliche, noch nicht ganz abgeklärte synklinale Schichtstauchungen entsprechen, die im Etzelstollen etwa auf der Höhe von Egg angetroffen wurden. Der saigere S-Flügel dieser Synklinale weist am Spreitenbach eine Breite von nur 250 m auf, gegenüber einem N-Schenkel von ca. 1500 m Breite. Unmittelbar südlich dieser kleinen, offenbar nur lokal entwickelten Spreitenbach-Mulde folgt schliesslich die Aufschiebung der stampischen Pfiffegg-Schuppe, die Spreitenbach-Aufschiebung.

Beim Versuch, die genannten tektonischen Einheiten mit solchen westlich der Sihl in Beziehung zu setzen, gelangten ROLLIER (Lit. 132, p. 72 und Fig. 7) und FREI (Lit. 49, p. 4) zur Annahme von Querstörungen (Querverschiebungen), allerdings gerade von entgegengesetztem Verstellungssinn. Dass eine solche Annahme nicht haltbar ist, zeigt schon der Verlauf der einigermassen genau feststellbaren Aquitanien-Burdigalien-Grenze zwischen Hütten und Freienbach. Vom Zugersee, wo das untere Burdigalien im überkippten, ca.  $70^{\circ}$  S-fallenden N-Schenkel der Würzenbach-Antiklinale bei Guggital-Zug schon lange bekannt ist, fehlen bis zur Sihl Aufschlüsse in der oberen Meeresmolasse. Erst nördlich Finstersee quert die Sihl, wie KAUFMANN schon 1860 wusste, wieder steil gestelltes bis überkipptes, von Scherflächen durchsetztes Unterburdigalien. Die Aquitanien-Burdigalien-Grenze verläuft darnach von Oberwil S Zug über Gubel nach Hütten. Konstruieren wir unter Zugrundelegung des mittleren Streichens von N  $80^{\circ}$  E die östliche Fortsetzung dieser Grenzlinie, so gelangen wir zwangslässig an den S-Rand der Bächer Plattensandsteinzone, wo die Oligo-Miozän-Grenze in dem (durch die auch anderweitig bekannte Vermergelung des obersten Aquitanien bedingten) Tälchen des Fulen- und Sarenbaches verläuft. Eine Querstörung ist somit schon aus diesen Gründen nicht aufrecht zu erhalten, zumal sich auch die tek-

tonischen Elemente östlich und westlich der Sihl durchaus entsprechen.

Die Hohroneüberschiebung biegt am E-Ende der Hohrone südlich Schindellegi stark gegen S zurück. Dieses zunächst rein topographisch bedingte Zurückbiegen wird noch verstärkt durch die Erscheinung, dass in diesem Sektor auch das Schichtstreichen im überschobenen S-Flügel in die W—E-Richtung einschwenkt, bei einem sonst allgemeinen Axenstreichen von ca. N 80° E. Unter solchen Umständen gelangen wir mit der gegen E sich steiler stellenden Hohrone-Überschiebungsfläche zwanglos in die Antiklinalzone s. str. des Etzels bei der Teufelsbrücke, bzw. in deren S-fallende Partien hinein, wo sie sich allem Anschein nach in den aus dem Etzel-Stollen bekannten Gleithorizonten verliert oder besser gesagt aufsplittert. Der überschobene S-Schenkel der Hohrone-Antiklinale entspricht somit dem normalen S-Schenkel der Etzel-Antiklinale, mit dem einzigen Unterschied, dass die Nagelfluhbänke der Hohrone gegen E rasch auskeilen und geröllfreien Sandstein-Mergel-Serien Platz machen. Der N-Flügel der Etzelzone, die Feusisberg-Antiklinale und die dazwischen liegende Synklinale bilden gegen SW, mehr oder weniger isoklinal steil geschaart und schwer auseinander haltbar, — die Feusisberg-Antiklinale wird am Rossberg sogar unterschoben und täuscht eine normal N-fallende Serie vor —, jene komplex gebaute Antiklinalzone s. str., die zwischen dem Sihl-Alp-Zusammenfluss und Schindellegi-Rossberg diskordant unter die Hohrone-Überschiebung hineinsticht. Die Hohrone-Antiklinale im weitesten Sinne ist daher sehr komplexer Natur und entspricht einerseits östlich der Sihl der Etzel- + Feusisberg-Antiklinale + der sie trennenden Synklinale, gegen W geht sie andererseits in die anscheinend einfach gebaute Würzenbach-Antiklinale über. Wenn daher die Feusisberg-Antiklinale während ihres Verlaufes unter der Hohrone-Überschiebung nicht erlöscht und ausklingt, so ist die Möglichkeit einer eng geschaarten Gewölbedoppelung der Würzenbach-Antiklinale auch bei Zug und Luzern ins Auge zu fassen.

Angesichts des Hineinstreichens der Feusisberg-Antiklinale und der ihr südlich angeschlossenen Synklinale unter die Hohrone-Überschiebung im W und der dadurch entstehenden, oben bereits erwähnten Diskordanz bzw. Amputation, schliesslich auch im Hinblick auf das randliche Zurückbiegen des überschobenen Hohrone-S-Schenkels an dessen E-Ende, kann man sich nur schwer der Vorstellung entziehen, der ursprünglich normale Hohrone-Antiklinal-S-Flügel sei zwischen Sihl und Lorze in eine durch alte Erosion bereits stark erniedrigte Lücke (Abtragung des N-Schenkels!) vorgeschoben worden, wobei der vom Abtrag verschonte N-Schenkel am Etzel selber diesen Vorschub seitlich abbremste und zurückhielt.

In der Spreitenbach-„Synklinale“ zwischen Siebnen und Egg und der ihr unmittelbar südlich sich anschliessenden Stampienauf-

schiebung erkennen wir unschwer das getreue Abbild der Verhältnisse von St. Jost. Die so randlich gelegene, asymmetrische Spreitenbach-Mulde entspricht aber — wie wir aus Analogie mit den östlich der Linth noch zu besprechenden klaren Verhältnissen anzunehmen gezwungen sind — nicht etwa der Birregg-Synklinale. Sie ist vielmehr als durchaus sekundäre Schleppung an der Basis der von OCHSNER erkannten Spreitenbach-Überschiebung aufzufassen, die ihrerseits vollständig mit der aus der Birregg-Synklinale hervorgegangenen, südlich Biberbrücke-Egg durchstreichenden St. Jost-Überschiebung in Parallele zu setzen ist.

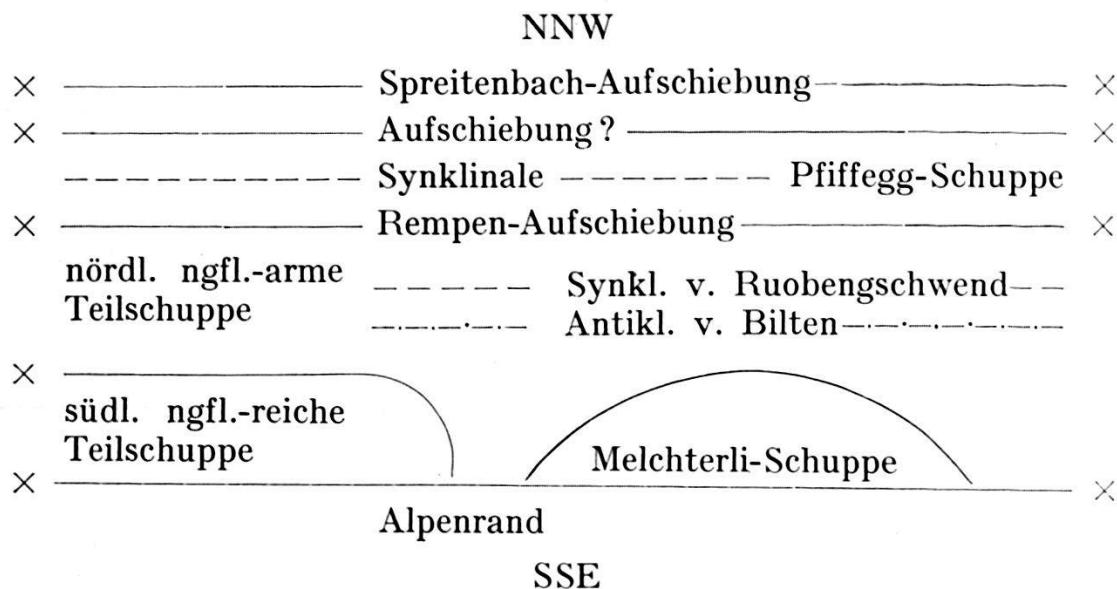
Das Gebiet südlich der Spreitenbach-Überschiebung bis zum Alpenrand (Pfiffegg-Wäggital-Hirzli-Region) hat kürzlich durch OCHSNER (Lit. 121) eine Neuuntersuchung erfahren. In seiner Gesamtheit den W-Teil des stampischen Speerschuttfächers repräsentierend, erweist es sich in tektonischer Hinsicht von (für Nagelfluhgebiete) sehr komplexem Bau, der uns noch nicht restlos abgeklärt scheint. Nach OCHSNER hat man folgende Elemente zu unterscheiden:

Als erste, nördlichste Stampienfolge ist auf das aquitane Vorland längs der Spreitenbachüberschiebung die Pfiffegg-Schuppe aufgeschoben. Sie erscheint im grossen ganzen als eine über 2000 m mächtige S-fallende Serie von Chattien-Mergeln und -Sandsteinen (namentlich unten) und Kalknagelfluhen (im Hangenden), die am S-Rande synklinal aufgestülppt ist (Breite dieses steil gestellten Synklinal-S-Flügels ganze 150 m!). OCHSNER hat diese Pfiffegg-Schuppe als eine allerdings sehr asymmetrische Synklinale mit stark reduziertem S-Flügel aufgefasst. Auf Grund unserer Interpretation der Spreitenbach-Überschiebung müssen wir aber die basalen Teile der S-fallenden Pfiffegg-Serie noch als S-Flügel jener Synklinale betrachten, aus der die Spreitenbach-St. Jost-Überschiebung hervorgegangen ist. Damit aber erscheint der mächtige N-Flügel der Pfiffegg-Synklinale zwangsläufig als gedoppelt, d. h. von Antiklinalstruktur. Dass die „Antiklinalachse“ wiederum als Überschiebungslinie zu deuten sein wird, ist angesichts des Überliegens und des anscheinend isokinalen Schichtfallens ohne weiteres anzunehmen. Mit dieser Deutung der Verhältnisse wird nicht nur die gewaltige Mächtigkeitsdifferenz der Pfiffegg-Synklinalflügel auf ein vernünftiges Mass zurückgeführt, sondern damit steht auch das Strukturbild östlich der Linth (Antiklinalzone A<sub>2</sub>) in Einklang. Ebenso passen die am Schlusse dieses Kapitels zu erörternden Erscheinungen auch nicht schlecht in den Rahmen dieser Vorstellung.

Südlich der Pfiffeggzone folgt die Rempen-Aufschiebung (Rempen an der Wäggitaler Strasse), an die sich bis zum Alpenrand, eine weitere, komplex gebaute, in ihrer Struktur noch keineswegs restlos geklärte Stampienzone anschliesst. An der Wäggitaler Aa und westlich davon werden zwei Teilschuppen ausgeschieden, die sich nach Facies und allgemeiner Streichrichtung unterscheiden lassen:

sollen. Die südliche, nagelfluhreiche Teilschuppe biegt östlich der Aa im Streichen nach SSE um, ihre Nagelfluhbänke laufen am Spitzberg senkrecht auf den Alpenrand zu (siehe p. 172). Die nördliche, nagelfluhärme Teilschuppe verbreitert sich gegen NE rasch, in ihrem Bereich entstehen neue tektonische Gebilde, und zwar: Im N die Synklinale von Ruobengschwend, im S die Antiklinale von Biltens = dritte Molasseantiklinale von GUTZWILLER mit unterstampischen Biltener (= Horwer) Schichten im Kern.

Im Gelbberg-Melchterli-Gebiet, knapp am Alpenrand, kommt es nochmals zur Ausbildung einer merkwürdig bogenförmigen Teilschuppe, die, wie auch die Spitzbergzone, als lokal verstelltes Teilstück des Biltener Antiklinal-S-Schenkels zu deuten ist (siehe p. 172). Zusammengefasst lassen sich die komplexen tektonischen Verhältnisse im Stampiengebiet zwischen Spreitenbach-Überschiebung und Alpenrand durch folgendes tektonisches Schema darstellen:



Während sich nach den Ausführungen dieses Kapitels die tektonischen Elemente innerhalb des Aquitanien mit solchen westlich der Sihl in Beziehung bringen lassen, und insbesondere die Überschiebung des Spreitenbachs in jene von St. Jost fortzusetzen ist, ist dies für die südlicheren, stampischen Einheiten bis jetzt nicht möglich. Einerseits, weil östlich der Sihl, beim Eintritt in die Peripherie des Wäggital-Speerfächers neue tektonische Gebilde entstehen, die dem Gebiet westlich der Sihl durchaus fehlen können, da jedem Schuttfächer bis zu einem gewissen Grade seine eigene Tektonik zukommt, andererseits aber auch deshalb, weil in dem fraglichen, gerade auch für die Frage nach dem E-Ende der Rigizone so wichtigen Anschlüssgebiet nördlich und östlich Einsiedeln neuere Untersuchungen fehlen. Zukünftige Studien werden besonders auf eine allfällige direkte Fortsetzung der Rigizone gegen E zu achten haben. Schon GUTZWILLER

(Lit. 59, p. 12) erwähnt nördlich der Pfiffegg „einige Nagelfluhbänke mit roten Graniten und Porphyren“. Auch OCHSNER beschreibt innerhalb der S-fallenden Pfiffeggserie eine von W nach E abnehmende Zone „pseudogranitischer“ Sandsteine neben relativ „bunten“, rote Granite führenden, ihre Geröllgrösse gegen E reduzierende Nagelfluhhorizonte. Er sieht in diesen „bunten Bildungen“ wohl mit Recht östliche Ausläufer der Ur-Reuss (Rigizone!). Wenn dem so ist, so wäre auch in tektonischer Hinsicht die Möglichkeit eines direkten Zusammenhangs zwischen der Pfiffegg-Schuppe (im Sinne OCHSNERS) und der Rigizone in Betracht zu ziehen. Da aber die Rigi-Überschiebung selber nach unseren Ausführungen nicht in die Aufschiebungsfäche der Pfiffegg-Schuppe (im Sinne OCHSNERS), also in die Spreitenbach-Überschiebung, fortgesetzt werden kann, so würde man also auch auf diesem Wege zur Annahme einer (von uns oben aus andern Gründen bereits postulierten) western Schubfläche innerhalb der Pfiffeggserie gedrängt.

#### 4. Zwischen Linth und Rhein.

##### Wichtigste Literatur:

1825	B. STUDER	Lit. 146, p. 155—157
1847	A. ESCHER V. D. LINTH	„ 45
1853	B. STUDER	„ 147 p. 364—365, 385—387, 429—432, 449—451
1854	J. C. DEICKE	„ 41
1859	„ „	„ 42
1860	F. J. KAUFMANN	„ 81, p. 93—106
1871	A. GUTZWILLER	„ 58
1877	„	„ 59
1881	„	„ 60
1881	J. FRÜH	„ 153
1883	A. GUTZWILLER	„ 61
1903/4	A. LUDWIG-C. FALKNER	„ 155
1910/17	ARN. HEIM	„ 71, Teil I, p. 23—35, Teil II, p. 634—639
1922	A. LUDWIG	„ 103
1923	J. CADISCH	„ 34
1923	ARN. HEIM	„ 74 und 75
1925	A. LUDWIG	„ 104
1925	E. BAUMBERGER	„ 7
1926	E. KESSELI	„ 86
1926	A. LUDWIG	„ 105, 106 und 107
1930	„ „	„ 108 und 109
1930	E. BAUMBERGER	„ 10
1930	J. CADISCH	„ 37
1931	A. LUDWIG	„ 110
1932	„ „	„ 111
1934	„ „	„ 112
1934	H. EUGSTER	„ 48
1935	H. FRÖHLICHER	„ 53
1935	A. OCHSNER	„ 121
1936	H. RENZ	„ 124

## Geologische Karten:

- Geol. Atlas 1:100.000, Bl. IX und IV
- Geol. Karte von St. Gallen und Umgebung 1:25.000 (1904)
- Geol. Atlas der Schweiz 1:25.000 Nr. 4 (1930)
- Geol. Karte der Gebirge am Walensee 1:25.000 (1907)
- Geol. Karte vom W-Ende der Säntisgruppe 1:25 000 (1905)
- „ „ des Säntisgebirges 1:25.000 (1905)

Den zwei von KAUFMANN 1860 in der St. Gallisch-Appenzellischen Molasse im Hinblick auf die Verhältnisse am Vierwaldstättersee erkannten Grossantikinalen fügte GUTZWILLER in den Beiträgen zur Geol. Karte der Schweiz eine weitere, nach N überliegende Antikinale  $A_3$  südlich des Kronbergs hinzu. Bereits ALB. HEIM deutete (Lit. 66) diese südliche  $A_3$  in eine Schuppe um, eine Deutung, die durch die Entdeckung der Horwerschichten am Säntis-N-Rand durch LUDWIG 1926 bestätigt wurde. Im gleichen Jahre versuchte KESSELI, in Anlehnung an die durch BAUMBERGER entdeckte Rigischuppe und unter Hinweis auf R. STAUBS Ostalpenprofil in der „Geologie der Schweiz“ (Bd. II, Taf. XXXV), unter der Annahme völlig ausgewalzter und ausgequetschter Mittelschenkel, die Synklinale  $S_1$  zwischen den Antikinalen  $A_1$  und  $A_2$  in eine Überschiebung umzudeuten, während LUDWIG stets für eine normale  $S_1$ -Synklinale eintrat. Auch M. RICHTER (Lit. 126) versuchte 1926, ausgehend von der Allgäuer Molasse, eine tektonische Deutung der ostschiizerischen s. M. BAUMBERGER äusserte sich 1930 auf Grund der von ihm bestimmten LUDWIG'schen Molluskenfunde über die Stratigraphie des in Frage stehenden Gebietes und erblickte im Gábris in Analogie zur Rigizone eine stampische Schuppe. Schon 1881 hatte sich FRÜH in seiner Preisarbeit speziell der ostschiizerischen Nagelfluhen angenommen. Seine klassische, noch heute wertvolle Arbeit, wird sich durch zukünftige nagelfluhanalytische Untersuchungen namentlich auch geröllstatistischer Art noch weitgehend vertiefen lassen. Wir erwarten von derartigen Studien gerade für die St. Gallisch-Appenzellische s. M. noch manche Klärung verschiedener, speziell stratigraphischer Problemstellungen. Trotz reichlicher Vorarbeiten, nicht zuletzt durch A. LUDWIG, birgt die s. M. zwischen Linth und Rhein noch heute manches Problem, dessen Lösung weiteren Detailstudien vorbehalten bleiben muss. Zu zukünftigen Untersuchungen anzuregen, ist der Hauptzweck unseres Versuches, ein zusammenhängendes Bild für die s. M. zwischen Linth und Rhein zu entwerfen.

Die grossen Nagelfluhzentren haben in ihrer primären Verteilung und Ausdehnung auch die Struktur der ostschiizerischen Molasse weitgehend beeinflusst. Sei es, dass sie als bremsende und stauende Widerlager wirkten (Hörnlifächer), sei es, dass sie als eine Art „Zwischengebirge“ die Strukturlinien um sich herum lenkten (Gábriszone), oder sei es, dass sie, namentlich in den südlicheren, dem alpinen Vorstoss besonders ausgesetzten Partien die Auslösung eines Schuppen-

baues begünstigten (Speerzone). Eine kurze Betrachtung der ost-schweizerischen Nagelfluhzentren möge daher vorausgehen.

Im N, teils der flachen mittelländischen Molasse angehörend, teils bereits disloziert, spielt die grossartige miozäne Hörnli-Toggenburg-Nagelfluh-Schüttung als Produkt eines der tiefeingemuldeten Septimerdepression entspringenden Ur-Rheins (R. STAUB) die Rolle eines gewaltigen Bremsklotzes beim Zusammenschub der subalpinen Zone. Zwischen Zürichsee und Bodensee steigen ihre basalen Schichtkomplexe auf breitesten Front gegen S an, um sich schliesslich über ihrer aquitanen Unterlage in die Luft auszuheben. Aus dem Fehlen irgendwelcher miozäner Wurzelteile am Alpenrand hat R. STAUB (Lit. 141, p. 44, 45) geschlossen, dass der Transportweg der miozänen Schotter einst über der helvetischen Randzone gelegen habe. Wir können uns dieser Deutung allerdings nicht ohne weiteres anschliessen (siehe p. 202). Die Hörnli-Schüttung, zaghafte einsetzend im obersten Aquitanien, mächtig vorstossend mit dem Einsatz der Burdigalien-Meeregression, dauerte an bis hoch hinauf ins Tortonien-Sarmatien und verfrachtete ihre Nagelfluhnen bis hinaus an den Schienerberg. Die berühmte Abtwiler oder Degersheimer Kalknagelfluh (Appenzeller Granit, nach CADISCH meist eine Kalk-Dolomit-Brekzie) bildet inmitten der bunten Konglomerate<sup>19)</sup> einen merkwürdigen, äusserst wichtigen Leithorizont von St. Gallen bis Feldbach am Zürichsee. Ihre räumliche Ausdehnung legt nicht nur für die enormen Schüttungsvorgänge (grosse Wasserausbrüche!) beredtes Zeugnis ab, sondern spricht auch für ein sehr einheitliches, lokalisiertes Schüttungszentrum.

Die marine, kürzlich durch neue Fossilfunde (Lit. 137) belegte Molassezone von Bäch und Jona im SW und die berühmte Meermolasse von Rorschach-St. Gallen im NE werden im zentralen Bereich des Hörnlifächers, etwa zwischen Goldingen und Herisau, durch limno-terrestrische Äquivalente abgelöst. Am E-Rand ist dieser horizontale Facieswechsel besonders klar erkennbar, ebenso kommt dort zwischen St. Gallen und Rorschach der primäre Deltaabfall deutlich zum Ausdruck. Die Grenze Aquitanien/Burdigalien ist nach den neuesten Untersuchungen bis fast in die tiefsten Nagelfluhhorizonte des Hörnlifächers hinab zu verlegen, während gleichzeitig die Helvetien/Tortonien-Grenze höher hinaufrückt (Lit. 124)<sup>20)</sup>.

<sup>19)</sup> Geröllzählungen aus dem Bereich der Hörnli-Nagelfluhnen findet man in Lit. 47 und 124.

<sup>20)</sup> Von J. NEHER (Geol. Inst. Zürich; pers. Mitt.) ist 1931 im Mühlebach-tobel bei Neuhaus (St. Gallen-Kappel) zwischen den tiefsten Nagelfluhbänken des Hörnlifächers Fasergips gefunden worden, über dem Mergel und Sandsteine mit Pflanzen und Süßwassermollusken folgen. Damit ist also eine brackische Fazies des untersten Burdigalien 15 km nordöstlich der letzten marinen Burdigalienkomplexe bei Freienbach-Bäch noch nachweisbar. Die Grenze Burdigalien/Aquitanien fällt bei Neuhaus offenbar direkt mit dem Einsatz der Hörnli-Nagelfluhnen zusammen, was beispielsweise bei St. Gallen nicht der Fall ist.

Die Nagelfluhen des Gábris und der Hundwiler Höhe entsprechen der 3. GUTZWILLER'schen Nagelfluhzone und bilden zwischen Necker und Rhein einen relativ schmalen Streifen. Die grösste Mächtigkeit erreicht diese Zone etwa zwischen Sitter und Rotbach mit über 1200 m. Das primäre Auskeilen der Gábris-Nagelfluhen im Neckergebiet (man beachtet deutlich einen seitlichen Übergang der Nagelfluhen in granitische Sandsteine) ist von LUDWIG (Lit. 105, p. 92) gegenüber den Anschauungen KESSELI's (Lit. 86, p. 154—155) speziell verteidigt worden. Im E endigt die Gábriszone unvermittelt am Rheintalrand, ohne dass hier schon Anzeichen eines baldigen seitlichen Auskeilens erkennbar wären. Die stratigraphische Stellung der Gábriszone ist von jeher stark umstritten gewesen. Sie schwankte, je nach Autor, zwischen Vindobonien-Burdigalien, Aquitanien und Stampien. Heute, nachdem wir die über den abgetragenen Scheitel der nördlichen Molasseantiklinale hinübergreifenden nördlichsten Nagelfluhkeile der Gábriszone im N-fallenden Aquitanien von Bernbeck kennen, eine Tatsache, die uns wichtiger erscheint, als ein paar fossile „Leit“-Schnecken, darf das von LUDWIG stets vertretene aquitane Alter der Gábriszone als gesichert gelten (siehe Lit. 124). Damit stehen uns nun für die Ableitung der aquitanen granitischen Molasse zwischen Rhein und Aare wenigstens 2 Schüttungszentren zur Verfügung: der Hohronefächer im W und die (vermutlich mit der bunten Kronberg-Nagelfluh zusammenhängende) Gábrisschüttung, deren Geröllführung<sup>21)</sup> sich allerdings von derjenigen der Hohronezone grundlegend unterscheidet. Vergleicht man, rein quantitativ und im Hinblick auf die unverhältnismässig grösseren stampischen oder miozänen Nagelfluhfächer, die beschränkte Ausdehnung aquitaner Konglomerate mit der bedeutenden regionalen Ausdehnung der aquitanen, im E gegen 2 km mächtigen granitischen Molasse, so wird man dazu geführt, das Aquitanien als eine Zeit nicht sehr intensiver,

<sup>21)</sup> Mittlere Zusammensetzung der Gábris-Nagelfluh (als Mittel von 9 Zählungen eines Auszählprofiles):

Rote und grüne Granite . . . . .	2%	Sandsteine, Kalkschiefer u. ä. . . . .	16%
Übrige Eruptiva . . . . .	2%	Dolomite . . . . .	10%
Gneise und Gl.schiefer . . . . .	10%	Hornsteine, Radiolarite . . . . .	3%
Quarze + Quarzite . . . . .	4%	Brekzien und Konglomerate . . . . .	2%
Kieselkalke . . . . .	35%	Buntsandstein-Verrucano . . . . .	1%
Helle und dunkle Kalke . . . . .	15%		

also:

bunte m-e-Dolomit-Kalk-Nagelfluh.

ARN. HEIM (Lit. 76, p. 41) sieht in der Häufigkeit roter Feldspäte in den granitischen Sandsteinen im Hinblick auf das relativ spärliche Auftreten roter Granite in der Gábris-Nagelfluh eine Unstimmigkeit und frägt sich sogar, ob diese rötlichen Feldspäte überhaupt aus den Alpen stammen. Es ist aber zu bedenken, dass gerade die roten Granite entgegen einer oft gehörten Meinung, kristalline Gerölle seien schlechthin sehr transportresistent, relativ früh ausgemerzt werden, sodass die häufigen roten Feldspäte der granitischen Sandsteine gerade durch den Mangel an roten Graniten in der Gábris-Nagelfluh erklärt werden können.

gesteigerter, dafür aber umso gleichmässigerer Schuttausfuhr aus dem alpinen Rückland und damit als eine Periode gemässigter orogener Tätigkeit zu betrachten (vgl. auch R. STAUB, Lit. 141).

Im Hangenden der aquitanen Gäbriszone findet sich, auf den Raum zwischen Altstätten und Gais beschränkt, ein höchst bemerkenswerter Kalknagelfluhkomplex, derjenige des Sommersberges. Die Gründe, die uns mit R. STAUB veranlassen, in seinen oft grobblockigen Konglomeraten limnoterrestrisches Untermiozän im S-Schenkel der Molasseantiklinale A<sub>1</sub> zu erblicken, findet man an anderer Stelle (Lit. 124) auseinandergesetzt.

Zu der heute in verschiedene tektonische Einheiten zerlegten Nagelfluhschüttung des Speer rechnen wir nicht nur die erste Nagelfluhzone GUTZWILLER's (Stockberg-Speer-Hirzli), sondern auch den zweiten Nagelfluhzug dieses Autors, soweit er als Kalknagelfluh entwickelt ist, d. h. die Zone Pfiffegg-Maseltrangen-Krummenau. Der Schwerpunkt dieser wohl zur Hauptsache oberstampischen Speerschüttung zwischen Schwägalp-Thur im E und der Sihl im W lag nach den Untersuchungen OCHSNER's zwischen Hirzli und Federispitz, wo über 60% des Profils von Nagelfluh eingenommen werden. Gegen die Peripherie dieser Schüttung werden Geröllgrösse und Zahl der Nagelfluhbänke erwartungsgemäss kleiner, die tiefsten Geröllhorizonte keilen zuerst aus. Rhythmische Sedimentation ist von CADISCH hervorgehoben worden. Die E-Fortsetzung der zweiten Nagelfluhzone jenseits der Thur, d. h. die bunte Nagelfluh der Pfingstboden-Spicher-Kronberg-Region, ist unserer Meinung nach von der Speer-Nagelfluhschüttung abzutrennen. Das Abbrechen der Kronberg-Nagelfluhen an der Sitter ist nach den Untersuchungen ARN. HEIM's durch das Vorhandensein eines „alten“ Erosionsloches bedingt, sodass diese Zone primär noch sehr wohl bis an den Rhein gereicht haben mag. Diese Möglichkeit und die durch geröllqualitative Beobachtungen mehr und mehr sich bestätigende Vermutung, dass Gäbris- und Kronbergzone zu einem vermutlich gleichaltrigen aquitanen Nagelfluhbezirk zu vereinigen sind, führen dazu, die Kronberg-nagelfluhen einem selbständigen, östlich neben dem Speerzentrum vorstossenden, mit diesem sich aber überschneidenden Schüttungsbereich zuzuordnen, wobei der ganz allmähliche seitliche Übergang der Kronbergnagelfluhen in die Speernagelfluhen (westlich der Thur) unter Verarmung an kristallinen Komponenten (wahrscheinlich aber auch bei gleichzeitiger Veränderung des sedimentogenen Geröllbestandes) besonderer Erwähnung und speziellen Studiums wert ist.

Zwischen einer, der Grenze zwischen flacher und dislozierter Molasse entsprechenden Linie Arbon-Bütschwil-Wald (für den genaueren Verlauf s. GUTZWILLER Lit. 59, p. 43) und einer ungefähr mit der GUTZWILLER'schen Synklinalachse S<sub>1</sub> auf Blatt IX zusammenfallenden Linie Altstätten-Gais-Urnäsch-Kappel-Kaltbrunn liegt der Bereich der ostschweizerischen nördlichen Antiklinalzone A<sub>1</sub> im

weiteren Sinne. Wählen wir aus Zweckmässigkeitsgründen als N-Grenze dieser Zone nicht die äusserst schlecht definierbare „nördliche Grenzlinie der alpinen Hebung“, sondern den aquitano-burdigalen etwa an der Basis der Hörnlinagelfluhen liegenden Grenzhorizont, so weist unsere so abgegrenzte Antiklinalzone im Gábris-Querschnitt eine Breite von über 7 km, im Rickenprofil aber eine solche von nur etwa 4 km auf. Diese Differenz zwischen E und W mag einerseits primär stratigraphisch bedingt sein, da die mächtige S-fallende Gábriszone gegen Necker und Thur hin seitlich völlig auskeilt, andererseits aber auch tektonisch, indem die stärkste Einschnürung — als Folge intensivsten Zusammenschubes — vor die etwa bei Ebnat mächtig nach N vorstossende Speer-Nagelfluhfront zu liegen kommt.

Der namentlich an den Profilen von Sitter und Urnäsch eindrückliche antiklinale Fächerbau der A<sub>1</sub> musste schon den ersten Beobachtern (EBEL, STUDER, ESCHER) in die Augen springen. Mit Bezug auf ihn sprach DEICKE noch 1859 von der „Abdachungslinie oder antikinalen Linie, welche den Hauptheerd der vulkanischen Thätigkeit bezeichnet“. Ein Querschnitt durch diese Antiklinalzone, etwa im Urnäsch-Sitter-Sektor, stellt sich von N nach S ungefähr so dar:

Unter der oberen Meeressolasse von St. Gallen tritt, N-fallend wie diese, die geröllfreie granitische Molasse des Aquitanen (nördliche Aquitanzone nach LUDWIG) in einer Mächtigkeit von gegen 2000 m zutage. Ihr nördliches Schichtfallen nähert sich an ihrem S-Rande rasch der saigeren Stellung, worauf wir plötzlich in eine 150—400 m breite, aus gelblichen Mergeln und Kalksandstein bestehende Steilzone (Serie der Teufelsmauern) eintreten, die gegen S in eine S-fallende, kalksandsteinreiche Zone (Serie des Appenzeller Sandsteins) überleitet. Das normale Hangende dieses Komplexes bildet endlich die 1200 m mächtige aquitane Gábris-Nagelfluhzone (N-Serie der südlichen Aquitanienzone nach LUDWIG 1930). Die oberstampischen Appenzeller Sandsteine (oben) und die Teufelsmauern (unten) fassen wir mit LUDWIG als eine normal stratigraphische und nicht, den Verhältnissen eines einfachen Faltenkernes entsprechend gedoppelte Serie auf. Die oberstampische Schichtfolge bildet zusammen mit den Gábris-Nagelfluhen den S-Flügel der A<sub>1</sub>. Dieser wurde längs einem die gesamte A<sub>1</sub> durchsetzenden Längsscheitelbruch gegenüber dem N-Flügel derart verstellt bzw. gehoben, dass heute im antikinalen Kern die granitische Molasse des N-Schenkels mit einer saigeren Schubfläche unmittelbar an den oberstampischen Basiskomplex des S-Flügels grenzt. Wir nennen diese saigere Schubfläche (bzw. -Zone) im Kern der A<sub>1</sub> die Teufelsmauern-Aufschiebung. Eine Vertiefung dieses tektonischen Bildes ist in der östlichen Antiklinalzone zwischen Trogen und Berneck möglich. Wir kommen auf die dortigen Verhältnisse an anderer Stelle (Lit. 124) zu sprechen und begnügen uns hier mit der Feststellung, dass die Teufelsmauern-Aufschiebung

zwischen Urnäsch und Sitter, in einem Kulminationsbereich vor der Hauptentwicklung der Gábris-Nagelfluh, ein Maximum erreicht, und gegen das Rheintal hin, parallel dem Absinken der Grossfaltenachse und parallel der Verschmälerung der antiklinalen Kernzone bzw. der Reduktion des Oberstampfens an der Gábrisbasis, an Intensität zunehmend verliert. Etwas Ähnliches lässt sich, wenn auch weniger deutlich, zunächst auch gegen den Necker hin feststellen, wo übrigens ein ordentlich gutes Profil durch die Antiklinalzone s. str. erschlossen ist.

Unmittelbar nördlich der Schwanzbrugg quert der Necker eine ca. 50 m breite Steilzone typischer Teufelsmauern. Die den gelblichen Mergeln eingelagerten, senkrechten Kalksandsteinbänke sind teilweise von horizontalen Scheerflächen durchsetzt, welche zu treppenartigen Detail-Verschiebungen Anlass geben. Diese Erscheinung deutet auf starke Kompression der Zone hin. Höchst bemerkenswert ist die Einschaltung zweier Bänke von granitischem Sandstein mitten in diesem Teufelsmauern komplex. Der Appenzeller Sandstein an der Basis der ausskeilenden Gábris-Nagelfluhen erscheint hier merkwürdigerweise stark reduziert, was wir uns nur so erklären können, dass ein Grossteil der Kalksandsteinzone in der Mergelfazies der sonst stratigraphisch tiefer liegenden Teufelsmauern entwickelt ist.

Vom Necker gegen SW scheint sich die Kernaufschiebung A<sub>1</sub> erneut zu reaktivieren. Denn wir gelangen, obwohl die Gábriszone jenseits des Neckers endgültig auskeilt<sup>22)</sup>, in das vor der mächtig nach N vordringenden Front der Speernagelfluhen gelegene, dem S—N-Schub besonders ausgesetzte Gebiet Hemberg—Kappel—Ricken.

Im S der granitischen Molasse von Ricken und Bildhaus folgen am Regelstein wieder unvermittelt gelbliche Mergel und Kalksandsteine, die völlig den Appenzeller Sandstein-Teufelsmauern-Serien entsprechen, also ins Chattien zu stellen sind. Während die Höhen des Regelstein selber, sowie der N-Hang gegen den Rickenpass hinunter nur äusserst spärliche Aufschlüsse liefern, lassen sich die stratigraphisch-tektonischen Verhältnisse an den Flanken gegen Linth- und Thurtal weit besser überblicken. Auf der linken Thurseite beispielsweise findet man die granitische Molasse (alte Steinbrüche) von Wattwil bis Scheftenau als ca. 40—50° N-fallende Serie gut erschlossen. Etwa 700 m südlich Scheftenau, ungefähr auf der Höhe von Buchen bei Kappel stehen bereits steil S-fallende stampische Kalksandsteine und Mergel an. Die dazwischen liegende antiklinale Steilzone mit vielen Mergeln ist an den Bachläufen gegen Hüttenbühl hinauf aufgeschlossen. Das ganze Profil entspricht völlig demjenigen etwa an der Sitter. Schon BAUMBERGER trennte das S-fallende Chattien der Regelsteinzone von dem nördlich anschliessenden Aqui-

<sup>22)</sup> Wie weit die aus den Nagelfluhen seitlich hervorgehenden granitischen Sandsteine noch nach W reichen, muss erst noch näher untersucht werden.

tanien durch eine Überschiebung. Wir müssen ihm hiebei ohne weiteres folgen, doch fällt die Überschiebungsfläche keineswegs so flach nach S, wie dies BAUMBERGER in seinem Profil (Lit. 4) angibt. Auf der Toggenburger Seite steht sie nach unseren Beobachtungen noch saiger, dürfte aber gegen SW etwas flacher werden. Diese Regelstein-Aufschiebung, von Uetleburg-Gauen gegen Kappel, etwa 800 m nördlich des Regelsteingipfels vorbeistreichend, entspricht möglicherweise jener, granitische Molasse diskordant abscheerenden Schubfläche, die nach ARN. HEIM (Lit. 73, p. 3) im Rickentunnel bei 3979 m ab S-Portal durchfahren wurde. Die Regelstein-Aufschiebung ist als die südwestliche Fortsetzung unserer Teufelsmauern-Aufschiebung zu bewerten. Das ergibt sich aus den Querprofilen namentlich auf der Toggenburger Seite ohne weiteres. Das S-fallende Chattien des Regelsteins entspricht damit der Gäbrisbasis, es übernimmt, da ja die hangenden Gärisschichten am Necker ausgekeilt sind, allein den Aufbau des aufgeschobenen Antiklinal-S-Flügels. Da wir zwischen Necker und Linth, vor der Front der Speerschuppen, zum vornehmerein eine gewisse Achsenkulmination voraussetzen dürfen, mag das relativ rasche Verschwinden der Gärisszone gegen SW zum Teil durch verstärkten Abtrag beschleunigt worden sein.

Die granitische Molasse, nördlich der Regelstein-Aufschiebung, auf der Toggenburger Seite eine einheitlich N-fallende, gegen S sich allmählich bis zur saigeren Lage aufrichtende Schichtfolge darstellend, weist westlich des Rickenpasses, gegen die Linthebene hinab, einen komplexeren Bau auf, was schon aus GUTZWILLER's Beschreibungen hervorgeht. An ihrem S-Rande entwickeln sich zunächst noch stark zusammengestaute und daher schwer unterscheidbare, gegen SW aber rasch breiter werdende selbständige tektonische Elemente: 1. eine Antiklinale, deren gewölbeartiger Scheitel nach GUTZWILLER am Sagenbach bei Haslen aufgeschlossen ist, und deren Achse durch den Schmerikon-Zipfel des Zürichsees (ertrunkenes Antiklinaltal) verläuft, und die sich mit der bereits genannten Feusisberger Antiklinale verbindet; 2. eine Synklinale, die am Buchberg (siehe BAUMBERGER Lit. 8) am klarsten entwickelt ist und sich in die früher erwähnte Altendorfer Synklinale jenseits der Linthebene fortsetzt. Dem Regelstein selber entspricht westlich des Linthdurchbruches der Etzel-Antiklinal-S-Schenkel, dessen Aquitanien gegen NE ähnlich verschwindet, wie die Gärisszone gegen SW, sodass am Regelstein seine oberstampische, im Etzelgebiet selber noch nirgends die Oberfläche erreichende Basis den Antiklinal-S-Schenkel vertritt. Dieses Verschwinden des S-fallenden Aquitanien vom Etzel und vom Gäriss her gegen die Regelsteinregion hin mag teilweise primär begründet sein, denn wir stehen hier in jenem Sektor, der von den aquitanen Schüttungszentren des Gäriss und der Hohrone am weitesten entfernt lag und daher, gleichsam im Schüttungsschatten, mit relativ wenig Material beliefert wurde.

Zusammenfassend stellen wir fest, dass der Begriff der nördlichen Antiklinalzone  $A_1$  zwischen Thur und Rhein auch heute noch beizubehalten ist, trotz der Erkenntnis der den Antiklinalkern durchreissenden, saigeren Scheitelbruchaufschiebung. Die Gäbriszone mit samt ihrem basalen Oberstampfien ist keine Schuppe im gewöhnlichen Sinn, sondern einzig der ursprüngliche, gegenüber dem N-Schenkel verstellte und gehobene Antiklinal-S-Schenkel. Dank dieser in erster Linie vertikalen Hebung treten östlich der Linth somit schon im nördlichen Teil der „äusseren Zone“ oberstampfische Serien zutage, im Gegensatz zu den Verhältnissen in der westlichen Fortsetzung jenseits der Linth (Etzel–Hohrone–Würzenbach-Antiklinale).

Am S-Rand der Gäbriszone verläuft, zwischen Necker und Rhein besonders deutlich erkennbar, die GUTZWILLER'sche Synklinallinie  $S_1$ . Über ihren Verlauf orientiert Bl. IX. Die normale Synklinalverbindung zwischen  $A_1$  und  $A_2$  ist, nach KAUFMANN und GUTZWILLER, besonders von LUDWIG mit aller Entschiedenheit hervorgehoben worden. Einerseits im Hinblick auf lokale Muldenbildungen im Bömmelitobel (Lit. 105), andererseits mit Rücksicht darauf, dass die leicht kenntlichen Sommersbergnagelfluhen die synklinale Schichtstellung mitmachen sollten (Lit. 111). Das Vorhandensein schönster Muldenbiegungen ergaben auch unsere eigenen Studien am Sommersberg. Hingegen gelang gerade dort der überraschende Nachweis, dass nur die hangenden Sommersbergnagelfluhen an einer Synklinalbiegung beteiligt sind. Die tieferen Horizonte aber fallen gleichmässig nach S ein und setzen unvermittelt gegen die saigeren, bzw. steil N-fallenden bunten Nagelfluhen der Forstzone ab (Lit. 124). Damit erscheinen nun die Muldenbiegungen am Sommersberg und im Bömmelitobel nicht als für die tektonische Interpretation ausschlaggebend, sie sind vielmehr als oberflächliche, lokale Schleppungen und Aufstülpungen am Rand einer Überschiebung zu betrachten, längs der die zweite Antiklinalzone (inklusive Forstzone) auf die Gäbris- bzw. Sommersbergzone aufgeschoben ist. Eine Bestätigung dieser Interpretation bietet das Profil am Kaubach bei Appenzell, das wir unter Führung von F. SAXER (St. Gallen) besichtigen konnten. Man konstatiert dort, ober- und unterhalb der Kesselismühle, in den hangendsten gegen S stark verflachenden Nagelfluhhorizonten der Gäbriszone nicht nur eine, sondern zwei kleine, durch eine schwache antiklinale Aufwölbung (besonders schön direkt unter der Strassenbrücke bei Kesselimühle) getrennte Kleinmulden. Westlich Schopfhalden, ca. 200 m oberhalb der Mündung eines vom Gontenbad herkommenden Bächleins, wird am Kaubach der gestauchte S-Rand der Gäbriszone durch einen eindrücklichen, sehr steilen Überschiebungshorizont mit allen kleintektonischen Begleiterscheinungen abgeschnitten. Während darnach in der Gegend von Gonten und von Urnäsch die wenigen senkrechten Nagelfluhbänke (mit Ausnahme der 2–3 südlichsten), welche die sogen. S-Serie der südlichen Aqui-

tanienzone von LUDWIG (1930) repräsentieren, offensichtlich als die aufgestülpten höchsten Horizonte der Gábriszone (= N-Serie der südlichen Aquitanienzone nach LUDWIG 1930) betrachtet werden müssen, da die Aufschiebung der  $A_2$  unmittelbar an ihrem S-Rand verläuft, gehört die Nagelfluhsteilzone des Forst bei Altstätten in ihrer Gesamtheit zum aufgeschobenen Komplex, d. h. an den N-Rand der  $A_2$ . Ihre stratigraphische Stellung (es kann sich nur um Oberchattien oder Unteraquitanien handeln) ist noch unentschieden (Lit. 124).

Mit dieser Umdeutung der „Synklinale  $S_1$ “ in eine Aufschiebung nähern wir uns wieder Gedankengängen, die bereits von BAUMBERGER 1924 (Lit. 4) und von KESSELI 1926 (Lit. 86) auf Grund von allerdings noch unbegründeten Analogieschlüssen geäussert wurden. Wir nennen den Aufschiebungshorizont, längs dem die oberstampische zweite Antiklinale auf die aquitane Gábriszone bzw. untermiozäne Sommersbergzone aufgeschoben ist, die Stoss-Aufschiebung, weil in jenem Gebiet zuerst die sekundäre Bedeutung der Muldenbiegungen erkannt werden konnte. Diese Aufschiebung (man vgl. hiezu auch das westl. Ostalpenprofil von R. STAUB in der „Geologie der Schweiz“ Bd. II, Taf. XXXV) ist also hervorgegangen aus einer  $A_1$  und  $A_2$  ursprünglich verbindenden, überkippten und in ihrer Achse gebrochenen Synklinale. Die heutigen Synklinalbiegungen sind aber nicht Reste dieser primären Mulde, sondern sekundäre Schleppungen am Überschiebungskontakt. Damit erklärt sich auch die Tatsache, dass derartige Muldenbiegungen am S-Rand der Gábriszone nur lokal auftreten.

Vom Necker, wo sie etwa in der Gegend von Lank<sup>23)</sup> durchstreicht, bis über die Thur hinaus, ist die Stoss-Aufschiebung noch nicht sicher lokalisiert. Das Ausklingen der Gábrisnagelfluhen und die starke, mehr oder weniger isoklinale Schichtstellung erzeugende Schubwirkung vor der Stirn der Speernagelfluhzone östlich Ebnat erschweren ihre Verfolgung. Jedenfalls kommt die Aufschiebungslinie in diesem Sektor sehr nahe an die Teufelsmauern-Aufschiebung der  $A_2$  heran. Zwischen Regelstein und Breitenau zeichnet GUTZWILLER auf Bl. IX wiederum eine ausgezogene Synklinalachse. Sie wurde von BAUMBERGER schon 1924 in eine Überschiebungslinie umgedeutet, ebenso 1935 von OCHSNER, der ihren Verlauf von Kaltbrunn, dem Kaltbrunner Dorfbach entlang bis nach Ebnat erwähnt. Synklinale Schleppungen sind auch hier vorhanden. Diese Ebnater Aufschiebung ist die direkte Fortsetzung unserer Stoss-Aufschie-

<sup>23)</sup> Nach den Beobachtungen von HABICHT (pers. Mitt.) folgen am Necker südlich Schwanzbrugg auf die saigeren, annähernd W-E streichenden granitischen Sandsteine und Nagelfluhbänke der südlichsten Gábriszone plötzlich, etwa auf der Höhe von Buchen, ENE streichende, N-fallende Chattienmergel. Wir vermuten hier den Aufschiebungskontakt.

bung, mit dem Unterschied allerdings, dass zwischen Regelstein und Breitenau Chattien auf Chattien überschoben wird. Der Stoss-Ebnat-Aufschiebung zwischen Rhein und Linth müssen wir westlich der Linth in jeder Beziehung die Spreitenbach-St. Jost-Aufschiebung gleichsetzen. Diese Strukturlinie erlangt demnach bedeutende regionale Erstreckung.

Zwischen der Stoss-Aufschiebung und dem N-Rand der Kronberg-Schorhüttenberg-Nagelfluhzone betritt man ein ausgedehntes Mergel- und Kalksandsteingebiet, das nach seinem Fossilinhalt (vgl. z. B. BAUMBERGER Lit. 10, p. 558—559; LUDWIG Lit. 112, p. 881) und seiner faziellen Übereinstimmung mit dem Oberstampien der Gábrisbasis<sup>24)</sup> zum Chattien gehört. Es umfasst also in stratigraphischer Hinsicht die südliche Stampienzone LUDWIG's<sup>25)</sup> und entspricht in tektonischer Beziehung der Antiklinale A<sub>2</sub> GUTZWILLERS. Auch heute noch ist am Antiklinalcharakter dieser Zone unbedingt festzuhalten, wenn auch Gewölbebiegungen hier wie andernorts fehlen. Die antiklinale Schichtstellung, nicht überall gleich deutlich, ist vor allem im E (Hirschberg, Kaubach) und im W (Breitenau<sup>26)</sup> , dann aber auch am Necker südlich der Schwanzbrugg klar ausgeprägt. Die geometrische Antiklinalachse ist allerdings, entsprechend einer gewissen Überkippung, asymmetrisch gegen N verlagert. Sie verläuft im allgemeinen nördlicher als die rote Linie GUTZWILLERS auf Bl. IX, ausgenommen das Stück zwischen Sitter und Rhein. Dass die geologische Antiklinalachse aber sicher südlicher zu suchen ist und nicht mit der geometrischen zusammenfällt, hat LUDWIG (Lit. 111) für die Forstzone bereits dargelegt. Wie die mannigfachen kleintektonischen Erscheinungen im Kern der A<sub>2</sub> andeuten, ist diese Antiklinale offenbar in sich verstellt (allerdings nicht so stark wie die A<sub>1</sub>), sodass wir die antiklinale Kernzone zwischen Necker und Rhein zweckmäßig durch eine Aufschiebungslinie symbolisieren. Die Kronberg-Nagelfluhen und ihre südwestliche Fortsetzung (in Kalknagelfluhfazies) bilden das normale Hangende des A<sub>2</sub> S-Schenkels. Südwestlich Ebnat sind diese Nagelfluhen, worauf CADISCH (Lit. 34) aufmerksam gemacht hat und wie auch aus der GUTZWILLERSchen Karte mit aller Deutlichkeit hervorgeht, in ihrem normalen ENE-Streichen stark gegen N abgelenkt und dringen infolgedessen im Raume von Wintersberg östlich der Thur auffallend stark nach N vor, um sodann wieder mit normalem Streichen weiterzuziehen. „An dieser Flexur (mit vorgeschobenem E-Flügel) scheint die 2. Anti-

<sup>24)</sup> Die dem Appenzeller Sandstein der Gábrisbasis entsprechenden Kalksandsteine an der Basis der 2. Nagelfluhzone werden Ebnater Sandsteine genannt.

<sup>25)</sup> Sie enthält, wie übrigens auch die nördliche, untergeordnet Bänke von granitischem Sandstein: z. B. am Necker südöstl. Mistelegg, nördl. Kronberg-Petersalp (Dürrenbach)-Hochalp.

<sup>26)</sup> Hier ist die Antiklinal-Struktur auf der W-Seite schon von weitem durch den Verlauf von Wald- und Gebüschstreifen klarer erkennbar als am Berg selber.

klinale ostwärts axial unter die Kalknagelfluh einzutauchen, also die Nagelfluh über den Sandstein weggeschoben zu sein“ (CADISCH Lit. 34, p. 224). Man erkennt daraus, dass auch zwischen Necker und Linth die Antiklinalachse A<sub>2</sub> als Störungs- (Aufschiebungs-) Linie aufgefasst werden muss. Die von CADISCH erwähnten Verhältnisse östlich Ebnat rechtfertigen eine Spezialuntersuchung, hat man doch gerade in diesem Sektor offenbar mit einer auffallenden Schaarung tektonischer Linien zu rechnen.

Das gewaltige Areal der Speer-Nagelfluhen (im weiteren Sinne) zwischen Weesen-Maseltrangen-Ebnat und Schwägalp, eine anscheinend isoklinale Schichtfolge und auch faziell-stratigraphisch eine Einheit bildend, muss heute analog, wie wir das vom W-Rand der Speerschüttung, im Hirzli-Wäggital-Gebiet, bereits gesehen haben, in mehrere tektonische Einheiten zerlegt werden. Schon lange vermutet war eine Trennungslinie nördlich des Speers (3. Antiklinalachse GUTZWILLERS, Überschiebungslinie von ARN. HEIM Lit. 71, p. 634, von M. RICHTER Lit. 126, CADISCH und LUDWIG Lit. 37). Neuere Untersuchungen, vorab von OCHSNER (Lit. 121), haben eine solche in Form der Speer-Aufschiebung bestätigt.

Die Biltener Antiklinale mit ihren Horwerschichten als Kern ist nach OCHSNER von einem im Sattel zwischen Melchterli und Lachener-Stock beginnenden Scheitelbruch durchrisen, der bei Bilten in die Linthebene ausmündet. Eine NE-Fortsetzung dieser Störungslinie bei gleichzeitiger Intensivierung im zentralen Speer-gebiet war zum voraus zu gewärtigen. Östlich Schänis entdeckte nun OCHSNER am Rappenbach eine 200 m breite Steilzone, die unter die ca. 45° S-fallende Speernagelfluh anscheinend diskordant hineinsticht. Die Speernagelfluh im engeren Sinne erscheint damit auf die genannte Steilzone und damit auf das ihr nördlich vorgelagerte Nagelfluhgebiet aufgeschoben, „aus dem Scheitelbruch der Antiklinale westlich Bilten ist die Speeraufschiebung entstanden“ (Lit. 121, p. 657). Die Schubfläche verläuft vom Rappenbach (hier mit fraglichen, stark mitgenommenen Horwermergeln) über P. 1492 m (nördlich Kuhmettler) und nördlich des kleinen Speer durch das mittlere Jental gegen Nesslau und erreicht, an der Basis des Stockbergs (Luterntal) und südlich vor dem so merkwürdig nach S vorspringenden, der Kronbergzone angehörenden Sporn der Bernhalde durchstreichend, via Kräzerli-Schwägalp das Weissbachgebiet und schliesslich die Fähnernbasis am Ibach und Pöppelbach.

Hier im E, am Weissbach, hatte LUDWIG 1926 das brackische Unterstampien entdeckt und mit Fossilien belegt. Damit ist für uns die Fortsetzung der Speer-Überschiebung südlich des Kronbergs gesichert, wenn auch der genaue Verlauf der Überschiebungsfläche bis heute noch nicht feststeht, ein Problem, das LUDWIG, dem verdienstvollen Erforscher der ostschweizerischen Molasse, schwere Zwiespälte verursachte.

LUDWIG verlegte die Ueberschiebung *a priori* an die Grenze zwischen der bunten Kronberg-Nagelfluh und der darüber folgenden, von ihr durch eine Mergelzone getrennten Kalknagelfluh. Während er 1926 (Lit. 106 und 107) unter dem Eindruck der Entdeckung der Horwerschichten und eines scheinbar tektonisch zerrissenen Riesenkonglomerates zuerst eine Ueberschiebung akzeptierte, negierte er eine solche noch im selben Jahr (Lit. 105), da die am Weissbach erschlossene, bunte Nagelfluh und Riesenkonglomerat trennende Mergelzone keine Anzeichen irgendwelcher tektonischer Beanspruchung aufweise. Damit ergab sich zwangsläufig eine normale Serie Kronbergzone-Horwerschichten, die bunte Kronberg-nagelfluh rückte damit ins unterste Rupélien. Da eine solche Auffassung mit dem weiteren Fortschritt der Forschung in andern Gebieten nicht mehr vereinbar schien, trat LUDWIG 1930 (Lit. 110) wieder für die Ueberschiebung ein, sah sich aber 1934 (Lit. 112, seine letzte Arbeit) im Hinblick auf eine gemeinsame, 1933 ausgeführte Exkursion neuerdings veranlasst, eine Ueberschiebung zwischen bunter Nagelfluh und Riesenkonglomerat und damit die Speer-Ueberschiebung überhaupt abzulehnen. So sah er sich vor die Alternative gestellt, „entweder dem Stampien eine fast unbegreifliche Mächtigkeit zuzuschreiben, oder aber die Horwerschichten (Eugsttobel-Kräzerli) und damit implicite auch Stockberg-Speer dem Miozän zuzuweisen“ (Lit. 112, p. 884).

Mehrfaeche Exkursionen im Weissbach-Seckbachgebiet haben dem Verfasser klar gezeigt, dass eine Ueberschiebung zwischen der bunten Kronberg-Nagelfluh und dem sie direkt überlagernden, Kalknagelfluh führenden Serien in der Tat nicht existiert. Was speziell das basale, von LUDWIG erwähnte „Riesenkonglomerat“<sup>27)</sup> betrifft, so ist dasselbe keineswegs tektonisch in einzelne Fetzen zerrissen. Es besteht primär aus lokalen, grösseren und kleineren, unzusammenhängenden Geröllnestern, die (wie z. B. am Seckbach sehr schön sichtbar) rinnenartig in die erodierten Mergel eingelassen und von ihnen wieder überlagert sind und bald näher, bald höher über der bunten Kronberg-Nagelfluh liegen und sich keinem einheitlichen Niveau einordnen.

Über dem Riesenkonglomerat folgt am Seckbach eine normal-geröllige, geschlossene Kalknagelfluhbank, deren Komponenten mit dem sedimentogenen Geröllbestand der gewöhnlichen Kronberg-nagelfluh übereinzustimmen scheinen. Darüber folgen, immer noch normal stratigraphisch, rötlich-graue und gelblich-schwärzliche Mergel und graue, kohlenführende, meist grobkörnige Kalksandsteine mit vereinzelten Nagelfluhlaggen. Diese ganze, über 50 m mächtige Serie, durch den Strassenbau auf der rechten Weissbachseite (unweit der Mündung des Sek-baches) prachtvoll erschlossen, muss nach unsern Beobachtungen als das normale

<sup>27)</sup> Dieses Riesenkonglomerat am Weissbach-Seckbach zeichnet sich aus durch seine grossen Gerölle: Maximum am Weissbach 83 cm, 40—50 cm häufig. Die grossen, oft nur schwach kantengerundeten Komponenten bestehen durchwegs aus einem teilweise glaukonitführenden, ziemlich grobkörnigen, graugelben Kalksandstein, der oft kleine Gerölle (darunter gelbe Flyschkalke) einschliesst, und der höchst wahrscheinlich selbst dem Flysch zuzurechnen ist (Gruppe der „Flysch-Sandkalke“ im weitesten Sinne). Unter den kleingerölligen Komponenten des Riesenkonglomerates wiegen gelbliche Flyschkalke neben Hornsteinen und seltenen grauen Kalken vor. Dasselbe Konglomerat tritt nach den Beobachtungen LUDWIGS auch im Kräzerligebiet wieder auf. Jüngst hat es HABICHT (pers. Mitt.) sogar im Gebiet des Luternbaches und bis über die Thur hinaus festgestellt.

Hangende der bunten Kronbergnagelfluh betrachtet werden. Ähnliche Serien, aber mit Kalknagelfluh vom Stockbergtypus, beim Leuenfall dürften wohl bereits eher zur normalen Basis der Horwerschichten im Eugsttobel gehören.

Die Lösung des Problems: Existenz oder Nichtexistenz einer Überschiebung südlich des Kronbergs kann heute nurmehr die sein, dass eine Überschiebung — die östliche Fortsetzung der Speer-Aufschiebung — zweifellos existiert, dass dieselbe aber nicht dort verläuft, wo sie LUDWIG suchen zu müssen glaubte, sondern ziemlich höher oben, vermutlich ca. 70 oder 80 m über dem Riesenkonglomerat im Seckbachgebiet. Eine Klärung dieser Frage erwarten wir von den im Gange befindlichen Untersuchungen HABICHTS (Zürich). Für uns ist es wichtig, vorderhand festzuhalten, dass das Riesenkonglomerat mit seinen Begleitserien (Mergel, Sandsteine, gewöhnliche Kalknagelfluh) ins normale Hangende der bunten Kronbergnagelfluh gehört<sup>28)</sup>.

Es war LUDWIG leider nicht mehr vergönnt, von dem ihm und Lehrer M. RISSI (Nesslau) Mitte 1934 geglückten Nachweis der Horwerschichten an der Stockbergbasis selbst Mitteilung zu machen:

Im Steinbruch Dicken bei Nesslau ist das marine Stampien durch plattige, glimmer- und pflanzenhäckselreiche Kalksandsteine (Horwersandsteine) und graue, zum Teil pyritführende Mergel (Horwermergel) repräsentiert. Letztere enthalten eine ca. 10 cm dicke Cardienschicht. Diese harte kalkige Bank ist völlig erfüllt von Cardien (Lumachelle), während Cyrenen zurücktreten. Das Gestein (Belegmaterial im Heimatmuseum St. Gallen) stimmt mit den typischen Biltenerschichten in jeder Beziehung völlig überein. Es sei beigefügt, dass diese Fazies im Hag- und Rachentobel nicht existiert; in den dortigen grauen Sandmergeln dominieren die Cyrenen.

Weitere Fossilfundstellen sind: Thur unterhalb Dicken (Elektrizitätswerk; Fortsetzung der Cardienbank aus dem Steinbruch an der Strasse), Stockbergbasis am Bachlauf südlich Rietbad auf ca. 1100 m.

Kürzlich ist das aus lithologischen Gründen schon lange vermutete Rupélien an der Fähnernbasis durch Funde von Melettschuppen bestätigt worden (FRÖHLICHER Lit. 53). Und neuestens hat HABICHT an der Stockbergbasis durch reichliche Molluskenfunde die untere Meeresmolasse weiterhin belegt. Jedenfalls kann ein von der Thur bis an die Fähnern durchziehender Rupélienstreifen heute als gesichert gelten.

Das der Speerschuppe im N vorgelagerte Nagelfluhgebiet Kronberg-Hübschholz-Schorhüttenberg, d. h. also die 2. Nagelfluhzone GUTZWILLERS, ist seit langem als eine einheitlich S-fallende normale Serie im S-Schenkel der 2. Antiklinale aufgefasst worden. Auch

<sup>28)</sup> Die Verhältnisse in der hangenden Kronbergzone haben ein merkwürdig getreues Analogon im östlichen Gäbrisgebiet, wo über den bunten Gäbrisnagelfluhen, getrennt durch die Mergelzone des Brendenbachs, ebenfalls eine grossgeröllige Kalknagelfluh (Sommersberg) auftritt.

LUDWIG (Lit. 108, Profil III) hat diese Ansicht speziell für die Kronbergzone östlich der Thur stets vertreten. Für den Abschnitt westlich der Thur hat sich nach OCHSNER (Lit. 121) eine tektonische Zweiteilung als höchst wahrscheinlich erwiesen. Für das Studium der Verhältnisse ist der W-Rand der Linthebene besonders geeignet, repräsentiert doch hier die Höhendifferenz zwischen dem Thalboden (ca. 400 m) und den Regionen des Schorhüttenberges (über 1400 m) eine ganz bedeutende Aufschlussstiefe.

Bei Rütenen-Mühlegass stossen von N her ca.  $30^{\circ}$  S-fallende Nagelfluhhorizonte gegen die bereits erwähnte Steilzone des Rappenbaches. In dieser deutlichen synkinalen Schichtstellung darf man mit OCHSNER das Äquivalent der Synklinale von Ruobenschwend erblicken. Östlich Ruchi beginnt eine zweite, bis zum Nässibach südöstlich Maseltrangen reichende, mindestens 1 km breite Steilzone, die unter die ziemlich isokinalen Serien der höher am Hang gelegenen Profile hineinstreicht. Auch sie steht zu den ihr vorgelagerten S-fallenden Nagelfluhnen östlich und nördlich Maseltrangen synkinal. Und da sich auch am oberen Buchberg eine Synklinale mit aller Deutlichkeit abzeichnet, stehen wir nicht an, auch bei Maseltrangen eine wirkliche Synklinale vorauszusetzen und diese mit derjenigen der Pfiffegg in Zusammenhang zu bringen. Wir gelangen damit im Profil am Talhang östlich Ruchi-Maseltrangen zur Annahme zweier Synklinalen. Zwischen beiden muss entweder eine Antiklinale oder, was nach den Profilen westlich der Linth und nach den allgemeinen Erfahrungen viel wahrscheinlicher ist, ein Überschiebungshorizont vorhanden sein. Diese Überschiebung, nach ihrer allgemeinen Situation der Rempen-Aufschiebung des Wäggitals entsprechend, dürfte wenig südöstlich Ruchi einsetzen und über den Schorhüttenberg nach Neu St. Johann ziehen. Ihre weitere Fortsetzung vermuten wir am linken Ufer des Luternbaches, wo sie schliesslich, unter die Stockberg-Überschiebung zurückbiegend, zu endigen scheint. Die Kalknagelfluhnen zwischen Nesslau und Neu St. Johann (z. B. am linken Thuruf) fallen steil S oder stehen sogar saiger, grenzen die ihnen vorgelagerten, so auffallend flach ( $10-15^{\circ}$  S) fallenden halbbunten Nagelfluhbänke von Krummenau im S scharf ab und gehören zweifellos zu dieser der Speer-Stockberg-Zone vorgelagerten tektonischen Einheit, die wir die Nesslau-Schuppe nennen wollen.

Zwischen Linth und Thur-Luternbach können also innerhalb der zweiten Nagelfluhzone 2 tektonische Einheiten unterschieden werden. Die gewaltige Nagelfluhserie<sup>29)</sup> der Kronbergzone östlich

<sup>29)</sup> die bunten, nach GUTZWILLER 30—40% Kristallin (?) führenden Kronbergnagelfluhnen bilden am obersten Necker geschlossene, kompakte Bänke von 30, 50 und mehr m Mächtigkeit, und man geht kaum fehl, wenn man den Profilanteil der Konglomerate mit GUTZWILLER auf etwa 5/6 schätzt. Die imposanten Nagelfluhschluchtwände im Einzugsgebiet des Neckers gehören übrigens zum Eindrucksvollsten, das die s. M. zwischen Rhein und Aare in morphologischer Beziehung zu bieten vermag.

der Thur, die im Profil des Pfingstboden eine Mächtigkeit von mindestens 3 km erreicht, muss indessen auch heute noch als normal-stratigraphische Schichtfolge bestehen bleiben. Unsere Exkursionen im Necker-Kräzerli-Hochalp-Gebiet ergaben, in Bestätigung der Profile GUTZWILLERS und LUDWIGS, nicht den geringsten Anhaltspunkt für tektonische Komplikationen.

Nach den Fossilfunden von Rufi (STEHLIN Lit. 144) und vom Kronberg (LUDWIG Lit. 105, BAUMBERGER Lit. 10) wäre die gesamte Kronbergzone ins obere Stampien zu stellen, sodass wir im Pfingstbodenprofil, zusammen mit dem geröllfreien Chattien (Ebnater-Schichten) der normalen Kronbergbasis, zu einer oberstampischen Serie von über 4 km Mächtigkeit gelangten. Eine derartige Oberstampienfolge scheint nun selbst im Hinblick auf das Rigiprofil reichlich gross, und man wird sich schon aus diesem Grunde fragen müssen, ob die höhern (bunten) Kronbergnagelfluhen — wofür auch ihre Verwandtschaft mit der Gäbriszone spricht — nicht dem Aquitanien angehören. Selbst LUDWIG, der früher auf Grund eines (!!) Fundes von *Clausilia Escheri* MAYER für das oberstampische Alter auch der höchsten Kronbergnagelfluhen eingetreten ist, kommt in seinem Profil (Lit. 112, p. 883) wieder auf das aquitane Alter der Kronbergzone zurück.

---

Wir brechen damit unsere Reise vom Vierwaldstättersee an den Rhein ab und kehren wieder zu unserem Ausgangspunkt zurück, um auch das Gebiet zwischen dem Vierwaldstättersee und der Aare einer Überprüfung zu unterziehen.

## 5. Zwischen Vierwaldstättersee und Gross-Emme.

### Wichtigste Literatur:

1825	B. STUDER	Lit. 146, p. 51—60, 128—130
1853	„ „	„ 147, p. 363, 378—381
1860	F. J. KAUFMANN	„ 81
1872	„ „ „	„ 82, p. 199—239
1886	„ „ „	„ 83 (mit Atlas)
1903	E. KISSLING	„ 87, p. 42
1911	L. ROLLIER	„ 132
1913	R. SCHIDER	„ 140
1921	H. MOLLET	„ 113
1924	E. BAUMBERGER	„ 4
1928	W. LIECHTI	„ 99
1931	H. FRÖHLICHER	„ 51
1933	„ „ „	„ 52
1935	A. BUXTORF	„ 55, Fasc. X, p. 725, 740—741, Exk. 55
1935	H. HAUS	„ 62
1936	A. BUXTORF	„ 33
1936	H. HAUS	„ 63

## Geologische Karten:

- Geol. Karte 1:100.000 Bl. VIII und XIII  
 „ „ des Schafmatt-Schimberg-Gebietes 1:25.000 (1921)  
 „ „ der Schrattenfluh 1:25.000 (1913).

In einem Querschnitt, etwa zwischen dem Napf gipfel und Flühli im Waldemmetal, lassen sich folgende stratigraphisch-tektonische Einheiten unterscheiden:

- a) Das miozäne Vorland
- b) Die aquitane Antiklinalzone
- c) Die unter- bis mittelstampische Bäuchlen-Farnern-Schuppe
- d) Die unterstampische Hilfern-Schuppe.

a) Die miozäne Napfnagelfluh schüttung<sup>30)</sup> zwischen Malters und Steffisburg eine Frontbreite von über 50 km erlangend und neben dem Hörnlifächer das gewaltigste Nagelfluhzentrum der Schweiz, leitet von der flachen Molasse des Mittellandes über zur subalpinen. Bei der Dislokation der subalpinen Zone als stauendes Widerlager wirkend, wurden ihre Schichtglieder einzig am S-Rand von den faltenden Kräften noch ergriffen und aufgestülppt. So treten hier unter den eigentlichen (tortonischen) Napfschichten als N-fallende Komplexe Helvétien und Burdigalien zutage, mit ihrem Ausgehenden als deutliche Geländestufe den S-Rand des Miozäns bzw. die N-Begrenzung der Entlebucher Depressionszone markierend.

Die marine Fazies der oberen Meeresmolasse von Luzern wird gegen SW, gegen das zentrale Nagelfluhgebiet hin, erwartungsgemäss von limno-terrestrischen Äquivalenten abgelöst. Die Aussüssung ist indessen keine so vollständige und einheitliche, wie beispielsweise im Toggenburger Nagelfluhzentrum. Das marin-brackische Milieu hat sich sowohl im Helvétien wie auch im Burdigalien an einigen Stellen erhalten können, so bei Wiggen, im Ilfisgraben bei Langnau (siehe z. B. Lit. 99). Im Helvétien erreicht der Napffächer, wenigstens gegen NE hin, ein Schüttungsmaximum. Seine Geröllschübe gelangen bis in die Rotseeschichten bei Luzern. Das Burdigalien aber blieb hier (trotz limnischer kohleführender Einschaltungen) geröllfrei. Entsprechend der seitlichen Ausdehnung der Napfnagelfluhen per-

<sup>30)</sup> Mittlere Zusammensetzung der westlichen Napfnagelfluhen (als Mittel aus 26 Zählungen von LIECHTI Lit. 99):

Rote Granite . . . . .	3%
Grüne Granite . . . . .	3%
Übriges Kristallin . . . .	25%
Quarzite . . . . .	33%
Gelbe Sandsteine . . . .	+
Übrige Sandsteine . . . .	(1%)
Kalke + Dolomite . . . .	9%
Verschiedenes . . . . .	26% (Kalke >> Dolomite)
Also: Bunte e-m-Kalk-Quarzit-Nagelfluh	+

sistiert das marine Burdigalien von Luzern weiter gegen SW als das Helvétien. Die interessanten seitlichen Fazieswechsel sind von FRÖHLICHER (Lit. 52, Fig. 2, p. 13) in einem SW-NE-Längsprofil dargestellt worden. Gerade das Gegenteil von den Verhältnissen zwischen Luzern und Gross-Emme konstatiert man beispielsweise am E-Rand des Hörnlifächers, wo das marine Helvétien weiter gegen W aushält als das Burdigalien. Damit wird wieder einmal der Satz bestätigt, dass jedem Schuttfächer sein individuelles, stratigraphisch-fazielles Gepräge zukommt. Nach den Untersuchungen von BAUMBERGER, MOLLET, LIECHTI und FRÖHLICHER bleibt die Mächtigkeit der oberen Meeresmolasse zwischen Luzern und Gross-Emme, d. h. zwischen Deltarand und Nagelfluhzentrum, ungefähr konstant, d. h. 1200—1400 m. Dies wiederum im Gegensatz zum E-Rand der Hörnli-schüttung, wo eine dem primären Deltaabfall entsprechende Schicht-mächtigkeitsreduktion mit aller wünschenswerten Schärfe erkennbar ist (Lit. 124).

Die Dislokation, d. h. die Aufrichtung des Miozän-S-Randes zwischen Emme und Reuss, ist, wie speziell die Betrachtung der Aquitanien-Burdigalien Grenzfläche lehrt, keineswegs eine gleichmässige. Bei Schangnau so gut wie ungestört horizontal liegend, richtet sich dieser S-Rand gegen NE hin immer stärker auf: ca. 30° N bei Marbach, ca. 50° bei Escholzmatt, saiger bis leicht überkippt an der Blattegg und am Sonnenberg, steil N-fallend am Dietschenberg und bei Udligenswil. Zwischen Luzern und Entlebuch, vor dem östlichen Eckpfeiler des Napf-Nagelfluhgebietes, wo gleichzeitig ein leicht bogenförmiger Verlauf der Streichrichtungen zu konstatieren ist, erreicht die Aufstülpung somit ein Maximum. Kein Wunder, dass gerade in diesem Sektor sich noch besondere Dislokationen einstellen, die schon KAUFMANN bekannt waren (Lit. 82, p. 237—238; BAUMBERGER Lit. 4 und Profile zur Vierwaldstätterseekarte). Im Gebiet der Rotenfluh südlich Wertenstein macht sich eine flach antiklinale Aufwölbung geltend, die noch bis Spitzhof nördlich Littau deutlich erkennbar ist und dann rasch ausflacht. Das SE-Ende dieser Rotenfluh-Brachyantiklinale hat MOLLET bei Luegisland und Feldwald nordöstlich Entlebuch festgestellt. Letzte Andeutungen fand FRÖHLICHER (Lit. 52 p. 35,) sogar noch im Gebiet der Brandsegg und Schindelegg nordöstlich Escholzmatt. Die südlich an das Rotenfluhgewölbe anschliessende Flachmulde, von der Bramegg bis Fluk bei Littau verfolgbar, nennen wir nach dem Vorgange BAUMBERGERS (Lit. 4) die Bramegg-Synklinale.

Im streichenden Verlauf dieser „Vorlandfaltung“ von Malters gegen Entlebuch konstatiert man ein auffallendes Zurückbiegen gegen S, hinter die Front der höheren Tortonnagelfluhen nördlich Entlebuch, während doch normalerweise ein Ausweichen gegen N, vor die Stirn des Nagelfluheckpfeilers zu erwarten wäre. Wir können uns ein derartiges Verhalten am besten durch die Annahme erklären,

dass höhere, im Bramegggebiet schon vor der Faltung durch Erosion entfernte Tortonnagelfluhkomplexe im Raume Entlebuch-Wolhusen-Wertenstein die Rotenfluh-Antiklinale zum Einschwenken hinter ihre Front zwangen. Wir erblicken in dieser Erscheinung eine wertvolle Stütze für die erweiterte Anschauung BAUMBERGERS, wonach das Aquitanien der äussern Zone überhaupt erst nach dem Abtrag der miozänen Bedeckung gefaltet worden sei.

b) Lithologisch vor allem durch granitische Sandsteine und extrem bunte Nagelfluh-Einlagerungen charakterisiert, lässt sich das Aquitanien als relativ schmaler Streifen vom Vierwaldstättersee ununterbrochen gegen SW bis nach Marbach verfolgen. Obwohl tektonisch von antiklinaler Struktur, tritt diese granitische Molasse, im Entlebuch besonders auffallend ausgeprägt, zumeist als Depressionszone zwischen dem miozänen S-Rand im N und den stampischen Schuppen im S deutlich in Erscheinung.

Im Aquitanien vor der Rigifront haben wir drei durch Synkinalen getrennte Antikinalzüge unterschieden, von welchen aber der südlichste, die Krämerstein-Antiklinale, nur lokale Bedeutung besitzt und nach E und W rasch und diskordant unter die Horwertschichten der Rigizone einsticht. Würzenbach- und Birregg-Antiklinale aber ziehen nach den Arbeiten von MOLLET und FRÖHLICHER ununterbrochen weiter gegen SW und können in ihrem Verlauf bis nach Escholzmatt noch gut verfolgt werden. Die die beiden Antikinalzüge trennende, der Birregg-Synklinale am Vierwaldstättersee, am Renggbach u. a. O. entsprechende Mulde ist am Fischenbach<sup>31)</sup> in selten schöner Weise wieder aufgeschlossen. Kein Wunder, dass KAUFMANN schon 1860 eine Abbildung dieser Lokalität gegeben hat. Beachtenswert ist die von MOLLET und FRÖHLICHER hervorgehobene zunehmende Verschmälerung und Einengung der Aquitanzone von NE nach SW: Breite bei Luzern noch ca. 4,5 km, bei Entlebuch und Escholzmatt nur noch ca 2—2,5 km. Die Ursache hiefür erblicken wir einerseits in einem verstärkten Zusammenschub dieser Zone, als Folge des von Luzern gegen die Gross-Emme hin zunehmenden Stauwiderstandes der Napfnagelfluhen, andererseits aber auch in einer primären Reduktion der aquitanen Schichtfolge (siehe p. 110). Den beiden Antikinalzügen des Entlebuchs fehlen, wie von MOLLET und FRÖHLICHER betont wird, entsprechend den Verhältnissen bei Luzern u. a. O., horizontale Gewölbebiegungen. Höchstens sind Andeutungen solcher vorhanden (Gretenbach, Spangfluh, Rämisbach südöstlich Wiggen). Senkrechte Kernschichten mit Längsverstellungen, Ausquetschungen, Torsionen u. dergl. sind auch hier normale Erscheinungen. Am S-Rand der Aquitanzone (z. B. an der Waldemme)

<sup>31)</sup> Dieser Bachlauf bietet überhaupt ein sowohl tektonisch wie lithologisch gleich eindrückliches, auf bequemen Strässchen zugängliches Querprofil durch die ganze Aquitanzone dar.

existieren nach FRÖHLICHER (Lit. 52, p. 35) höchst eigenartige Torsionen, die vorderhand auf den Einfluss der nahen Bäuchlen-Aufschiebung zurückgeführt werden müssen, wobei möglicherweise ein altes Relief mitgespielt haben mag.

Im Raume Escholzmatt–Wiggen–Marbach umfasst der Aquitanstreifen, soweit erkennbar, in erster Annäherung nur noch eine einfache antiklinale Schichtstellung. Sei es, dass die südliche Antiklinale des Birreggzuges mehr und mehr unter die Aufschiebung der inneren Zone gerät, sei es, dass sie zu einer mehr oder weniger isoklinal S-fallenden Serie zusammengestaut wurde und im S-Schenkel des nördlichen Hauptantiklinalzuges versteckt liegt. Eine Entscheidung ist an Hand der unzusammenhängenden Aufschlüsse nicht möglich. Wir sprechen hier also zweckmäßig nur von einer möglicherweise komplexen Hauptantiklinale, deren Fortsetzung gegen SW es nunmehr zu verfolgen gilt.

Für das seinerzeit von ROLLIER und ALB. HEIM, dann auch wieder von ARN. HEIM (Lit. 78) vertretene Postulat einer die ganze Schweiz vom Allgäu bis zum Léman durchziehenden Antiklinale bot gerade die Strecke Marbach–Aaretal von jeher ernsthafte Schwierigkeiten, die erst kürzlich dank den Studien von LIECHTI (zum Teil fassend auf Beobachtungen von BECK, GERBER und RUTSCH), sowie den neusten Untersuchungen von HAUS einigermassen abgeklärt werden konnten. Der aquitane N-Schenkel der Antiklinale Escholzmatt–Wiggen–Marbach taucht zwischen Wiggen und Marbach axial unter seine miozäne Sedimenthülle und verschwindet endgültig. Dementsprechend springen die miozänen Nagelfluhen zwischen Wiggen und Schangnau stark nach S vor, da ihr normales SW–NE-Streichen in ein N–S bis NNW–SSE-Streichen einschwenkt. Diese Erscheinung, übrigens schon auf Bl. XIII klar zum Ausdruck gelangend, prägt sich am deutlichsten in einer Isohypsen-Konstruktion der Grenzfläche Aquitanien/Burdigalien aus (LIECHTI Lit. 99, p. 40). Das streichende Abdrehen und das SW-Einsinken des miozänen Sedimentmantels bleiben auf die tieferen (Burdigalien-)Horizonte beschränkt und klingen gegen die höheren Serien (Helvétien, Tortonien) relativ rasch aus. Schon an der Emme liegt das Miozän wieder horizontal, das Axenfallen ist erloschen. Indessen soll nach LIECHTI hier noch eine äusserst flachwellige, ungefähr mit dem Emmelauf zwischen Rebloch und Sorbach zusammenfallende Quersynklinale sich geltend machen, die aber schon 3 km südlich Eggwil völlig ausgefacht ist.

Die nördliche Hälfte der aquitanen Hauptantiklinale wird somit infolge axialen Untertauchens unter das Miozän eliminiert. Was geschieht mit der südlichen Hälfte? Lässt sie sich, etwa als selbständiges tektonisches Element, weiter nach SW verfolgen? Die Aufschlüsse, etwa an der Basis des Lochsitenberges (Steiglenbachprofil), bei Schangnau (Kirchhügel, Emmelauf) oder am Hombach scheinen

zunächst eine solche Vermutung sowohl in tektonischer wie in lithologisch-fazieller Beziehung durchaus zu bestätigen. Nun sind aber von H. HAUS (Lit. 62) am Hombach oberstampische Säugetierfunde gemacht worden, gestützt auf welche aus der ganzen fraglichen Fortsetzung unserer Antiklinalzone eine zwischen dem Miozän-S-Rand (bzw. dem bei Schangnau einsetzenden Aquitanien) und der Bäuchlen-Schuppe eingeklemmte, mittel- bis oberstampische Schangnau-Schuppe gemacht wird. Dieselbe würde also offenbar die restliche Hälfte der aquitanen Antiklinalzone etwa von Marbach an gegen SW überfahren und zudecken. Sie scheint gegen NE etwa bis an die Hilfern zu reichen und hier, offenbar unter die Bäuchlen-Aufschiebung hineinstreichend, zu endigen. Sie existiert auf Blatt Escholzmatt (FRÖHLICHER) jedenfalls nicht mehr.

Die regional-tektonische Situation und die Fazies der Schangnau-Schuppe scheinen uns nun unbedingt auf eine ursächliche Beziehung zwischen diesem oberstampischen Element und dem S-Schenkel der aquitanen Antiklinalzone südlich Escholzmatt hinzuweisen. Diese erblicken wir darin, dass aus der S-Hälfte der Hauptantiklinale durch zunehmende Aufschiebung und Höherstauung gegen SW die (stampische) Schangnau-Schuppe hervorgeht. So ergäbe sich tektonisch ein verständliches Bild. Was indessen das oberstampische Alter der so entstandenen Schangnau-Schuppe anbelangt, so sei die vielleicht etwas „ketzerische“ Frage erlaubt, ob die Hombachfossilien wirklich auf primärer Lagerstätte liegen und ob am Alter der fraglichen Komplexe nicht zu rütteln ist. Andererseits sei zugegeben, dass z. B. kristallinarme Kalknagelfluhen sowie auffallende Knollenmergel die Schangnau-serien vom typischen Aquitanien doch etwas unterscheiden. Doch schliesst auch ein oberstampisches Alter der Schangnau-Schuppe unsere tektonische Interpretation nicht aus, da bei zunehmender Ueberschiebung und Hochstauung schliesslich auch oberstampische Serien zutage treten können. Dies umso mehr, als das Aquitanien im westlichen Entlebuch unserer Meinung nach sowieso primär von geringer Mächtigkeit war (siehe p. 110), und weiterhin die Möglichkeit besteht, dass — worauf gerade die alten Erosionserscheinungen bei Schangnau hindeuten können — im Raume Marbach-Schangnau nicht nur das Miozän, sondern teilweise auch das Aquitanien schon vor der Dislokation erosiv entfernt worden ist.

c—d) Die innere Zone der s. M. beginnt am Vierwaldstättersee dort, wo die unterstampischen Horwerschichten der Rigizone auf das gefaltete Aquitanien überschoben liegen. Diese Grenzlinie, als Ausstich einer Schubfläche ersten Ranges, lässt sich vom Vierwaldstättersee ohne Unterbruch bis über die Gross-Emme hinaus sehr genau festlegen. Wir verfolgen sie aus dem Gebiet der geologischen Vierwaldstätterseekarte am N-Fuss des Höchberges, des Schwarzflühli und der Kridegg-Spinegg vorbei ins Entlental (siehe Karte von MOLLET).

Wir finden sie wieder am N-Rand der Gstellfluh, der Farnern-Bäuchlen-Kette, des Lochsitenberges und im Gross-Emmetal südlich Schangnau. Überall bringt sie aquitane granitische Molasse und Mergel und Sandsteine des Rupélien in unmittelbaren Kontakt. Einzig von Marbach an gegen SW schaltet sich die teilweise noch problematische oberstampische Schangnau-Schuppe dazwischen. Die Neigung dieser durchwegs S-fallenden Rigi-Bäuchlen-Aufschiebungsfläche ist variabel: relativ flach, 30—40° ausnahmsweise 20°, am Vierwaldstättersee; steiler, d. h. 40—70°, streckenweise sogar 80—90°, zwischen dem Eigental und der Gross-Emme. Die Erscheinungen am Überschiebungskontakt, teilweise schon von KAUFMANN beobachtet, aber als Stauchungen im Kern einer Antiklinale betrachtet, sind speziell von MOLLET und FRÖHLICHER beschrieben worden als Fältelungen, Stauchungen, Zerreissungen, Clivage, Verknetungen zwischen Horwer- und Aquitanmergeln (ein Umstand, der eine exakte Fixierung der Aufschiebungs-„Fläche“ oft illusorisch macht), Rutschharnische u. ä. m. Die von Kalzitadern durchsetzten Schiefermergel des Rupélien erlangen oft wildflyschartiges Aussehen (FRÖHLICHER). Im allgemeinen herrscht zwischen Aquitanien und Unterstampien mehr oder weniger Konkordanz (siehe Profile FRÖHLICHER's). Sie mag zum Teil sekundär entstanden sein. Diskordanzen werden besonders von MOLLET hervorgehoben. Doch sind sie nach unsrern Beobachtungen — sofern man von ganz lokalen, kleintektonischen Details absieht — kaum von grösserer Bedeutung und jedenfalls nirgends derart ausgesprochen, wie am Überschiebungskontakt der Birregg-Halbinsel (siehe p. 181). Angaben über gut sichtbare Kontaktstellen findet man bei FRÖHLICHER (Lit. 52, p. 37). Als weitere bemerkenswerte Lokalität fügen wir noch bei: Fischenbach bei Eggspüri (siehe Karte vom MOLLET), wo u. a. aus einer aquitanen Nagelfluhbank nahe am Kontakt eine regelrechte, aus zerquetschten Geröllen und granitischen Sandsteinbrocken bestehende Dislokationsbrekzie hervorgegangen ist.

Das Unterstampien der Bäuchlenbasis wird von FRÖHLICHER wie folgt gegliedert:

- |   |   |               |
|---|---|---------------|
| 3. Sandstein an der Basis der Bäuchlennagelfluh | } | ca. 200—300 m |
| 2. Schiefermergel                               |   |               |
| 1. Schiefermergel mit Sandstein                 |   |               |

Weiter im E (Farnern-Kridegg) gelangt MOLLET zu einer ähnlichen Gliederung:

3. Sandstein an der Basis der Nagelfluh
2. Graue Schiefermergel
1. Plattensandsteine

Für das Vierwaldstätterseegebiet ist im allgemeinen folgende Zweiteilung gültig:

3. Horwer Sandsteine
2. Grisiger Mergel
1. fehlt

Man wird sich für das Entlebuch in der Tat fragen müssen, ob die Sandsteine 1 bereits zur normalen unterstampischen Serie gehören, oder ob sie nicht wenigstens zum Teil verschürfte, möglicherweise verkehrt liegende Komplexe repräsentieren. Dies umso mehr, als z. B. an der Spinegg und Vollenegg sowie bei Unter-Deupel das Rupélien mit einem Kalknagelfluhhorizont einsetzt, und bei Deupel und am Mühlebach zum Teil offensichtlich verschürfte Kalknagelfluhnen über Horizont 1 auftreten.

Mit ihrem Schwerpunkt etwa zwischen Hilfern und Gross-Entlen transgrediert über die unterstampische Mergelsandsteinbasis eine mächtige Nagelfluhserie. Unten aus kristallinarmer Kalknagelfluh bestehend, gegen oben in bunte, bis 21% Kristallin führende Konglomerate übergehend, erreicht diese Bäuchlen-Nagelfluhzone<sup>32)</sup> ihre maximale Mächtigkeit an der Bäuchlen mit ca. 1300—1400 m. Sie bildet als ganzes eine einheitlich S-fallende Serie, die im S von der Hilfern-Aufschiebung abgeschnitten wird und repräsentiert nach Fossilinhalt (Landschneckenfauna des Chattien) und stratigraphischer Position (Hangendes des Rupélien) vorwiegend Mittel- bis Oberstampien. Eine scharfe Trennung zwischen Rupélien und Chattien ist hier wie andernorts vorderhand nicht durchführbar.

Gegen SW (Steingrat-Lochsitenberg) keilt die Bäuchlennagelfluh sehr rasch aus, bzw. geht seitlich in Sandstein-Mergel-Äquivalente über. Im Profil des Steiglenbaches findet man noch ganze 3 Nagelfluhbänke, welche den basalen Horizonten der Bäuchlennagelfluh entsprechen (Kalknagelfluh). Es sind somit, wie insbesonders auch die Verhältnisse im Hilfern-Einzugsgebiet eindrücklich dartun, die höhern (bunten) Bäuchlen-Nagelfluhen, die gegen SW zuerst verschwinden. Auf seiner Schrattenfluhkarte zieht SCHIDER die nagelfluhfreien Sandstein-Mergelkomplexe im Einzugsgebiet der Hilfern (Gebiet von Hexenschwand-Buchhütten) zur unterstampischen Hilfern-Schuppe. Schon FRÖHLICHER vermutet aber ihre Zugehörigkeit zur hangenden Bäuchlenzone, eine Ansicht, die wir durch eigene Begehungen zu bestätigen in der Lage sind.

<sup>32)</sup> Mittlere Zusammensetzung der Bäuchlennagelfluh (als Mittel aus 6 Zählungen von FRÖHLICHER Lit. 52):

Rote und grüne Granite	3%
Übrige Granite . . . .	5%
Übriges Kristallin . . .	5% (inkl. Gneise)
Quarzite . . . . .	5%
Kalke + Dolomite . .	45% (K. > D., D. < 10% ?)
Kieselkalke + Sandkalke	24%
Sandsteine . . . . .	11%
Verschiedenes . . . . .	2%
Also: Bunte e-m-Kalk-Nagelfluh.	

Der von der Hörnlilegg zur Hilfern strömende Hexenschwantbach entblösst in ausgezeichneter Weise eine mächtige Folge von grauen Knollenmergeln<sup>33)</sup>, feinkörnigen Kalk- und Mergelsandsteinen mit Einschaltungen von grobkörnigen, oft sehr quarzreichen Sandsteinen, sowie von 2—3 Kalknagelfluhhorizonten, deren mächtigster östlich Buchhütten auf der SCHIDER'schen Karte verzeichnet ist. Es ist uns unbegreiflich, wie diese Gesteinsserie mit Hilfern schichten verwechselt werden konnte. Einmal aus rein lithologischen Gründen, dann aber vor allem deshalb, weil wir am linken, gegen die (auf dem Siegfriedblatt eingezzeichneten) Mergelanrisse an der Hörnlilegg hinaufziehenden Quellbach etwa auf K. 1400 m den Überschiebungskontakt zwischen diesen hangenden Bäuchlen-serien und den typischen Hilfern gesteinen der Hilfern-Schuppe in selten prachtvoller Weise aufgeschlossen fanden. Der S-Rand der Bäuchlen-Schuppe, d. h. die Hilfern-Aufschiebung, verläuft somit nach unsern Beobachtungen vom Hellschwandbach zur Hilfern nördlich Hölzli und über die erwähnte Kontaktstelle und das Hörnli nach Ob.-Buchhüttli und von hier über Witenpferchen in den mittleren Kadhausgraben.

Gegen NE endigen die Bäuchlen-Farnern-Nagelfluhen an der Gstellfluh, d. h. sie heben gegen die Gross-Entlen hin über ihrer unterstampischen Unterlage (die in der Schlucht der Klein-Entlen direkt mit den lithologisch übereinstimmenden Hilfern schichten im S in Kontakt tritt) in die Luft hinaus. Ob dieses NE-Ende ein reiner Erosionsrand ist, oder ob wie im SW ein wirkliches Auskeilen der Nagelfluh vorliegt, wagen wir vorderhand nicht zu entscheiden, obschon KAUFMANN von der Farnern zur Entlen eine Geröllgrössenabnahme beobachtet haben will.

Bevor wir uns der NE-Fortsetzung der Bäuchlen-Farnern-Schuppe jenseits des Entlendurchbruches zuwenden, seien noch rasch die Verhältnisse im Bereich der Hilfern-Schuppe zwischen Bumbach und Entlen gestreift. Die rückwärtigen, wurzelnäheren Teile des Bäuchlen-Nagelfluhfächers sind durch die Hilfern-Aufschiebung amputiert worden. Längs dieser Schubfläche gelangen mit dem vorgelagerten Oberstampien mächtige Mergel-Sandstein-Komplexe in Kontakt, deren unterstampisches Alter namentlich durch Fischfunde gesichert ist (FRÖHLICHER Lit. 51 und 52). Im Profil der Waldemme erreicht diese Hilfern-Schuppe eine Mächtigkeit von gegen 1500 m, doch sind nach FRÖHLICHER die Schiefermergelkomplexe über dem

<sup>33)</sup> Diese Knollenmergel, graue Mergel mit weisslich anwitternden, z. T. einen gewissen konzentrischen Aufbau (Kalzitringe) aufweisenden grau-braunen Kalkkonkretionen („Pseudogerölle“) scheinen für das nagelfluhfreie Oberstampien des Entlebuchs fast leitend zu sein. Wir beobachteten sie auch wieder am Steiglenbach, am Lochsitenberg, am Bumbach, in der Schangnauschuppe, im Schwarzflühligebiet (im Rosenbodenobel, wo sie zwischen den Horwerschichten und der Schwarzflühli-Nagelfluh auftreten). Sie fehlen dem Aquitanien und typischen Rupélien. Ähnliche Mergel mit kleinen Kalkknöllchen (mit Kalzitkern) erwähnt OCHSNER (Lit. 121, p. 650) aus dem Oberstampien des Wäggitaler Gebietes. Ebenso beobachteten wir solche Knollenmergel vom Entlebuchttypus in der oberstampischen Hirschbergzone, sie fehlen nach HABICHT (pers. Mitt.) auch der Stockbergzone nicht.

(von ihm dem Chattien zugeteilten) Nagelfluhhorizont von Flühli nicht als dessen normales Hangendes, sondern als Teilschuppe zu betrachten. Im SE grenzen die flyschähnlichen Hilfernenschichten (schöne Profile z. B. am Steinibach) an den subalpinen Flysch, ohne dass es bis heute möglich wäre, überall eine scharfe Grenze zwischen Molasse und Alpen zu ziehen (siehe p. 109). Dass der S-Rand der Molasse auf der SCHIDERSchen Karte weiter nach S zu verlegen ist, hat FRÖHLICHER (Lit. 52, p. 39) bereits gezeigt.

Die Serien der Hilfern-Schuppe fallen im Mittel steiler S als diejenigen der Bäuchlenzone. Dies gilt wenigstens für den Abschnitt vom Steinibach gegen SW und ganz besonders auch für das SCHIDERSche Kartierungsgebiet. Wenn SCHIDER in seiner Arbeit das genaue Gegenteil besonders hervorhebt, so nur darum, weil er, wie bereits ausgeführt, die hangenden Bäuchlenschichten (die gegenüber den basaleren Komplexen in der Tat bedeutend flacher S einfalten) bereits zur Hilfern-Schuppe rechnete. Zwischen der hangenden, etwa  $30^{\circ}$  nach SE einfallenden Bäuchlenzone und den wirklichen, im Mittel etwa  $60-70^{\circ}$  SE fallenden Hilfernenschichten etwa im Bereiche der Hörnliegg besteht aber auch hier eine ausgesprochene Fallwinkel-diskordanz im angegebenen Sinne. Besondere Beachtung verdient nach HAUS der Einsatz der Hilfern-Schuppe im Kadhausgraben. Der relativ unvermittelte Vorstoss scheint bedingt zu sein durch ein altes Erosionsloch im Hangenden der Bäuchlen-Lochsitenberg-Schuppe, in welches die Hilfernmergel hineingepresst wurden. Die Anpassung der vorstossenden Hilfern-Schuppe an die gegebene Morphologie bedingt beträchtliche Streichdivergenzen zwischen ihr und der vorgelagerten Bäuchlenzone. Wir beobachteten dieselben, wenn auch abgeschwächt, noch im Gebiet der Hörnliegg.

Verfolgen wir die Hilfern-Schuppe vom Steinibach gegen NE gegen die Entlen hin, so stellen sich nach den Untersuchungen MOLLETS interessante Veränderungen ein, und zwar sowohl in tektonischer wie in fazieller Hinsicht: Die nördlichen Komplexe der sonst S-fallenden Hilfernenschichten richten sich mehr und mehr auf, stehen schliesslich senkrecht und gehen, etwa vom Haslehochwald an, in ein ausgesproches,  $50-40^{\circ}$  betragendes N-Fallen über. Sie stehen somit zu den südlicheren Teilen der Hilfern-Schuppe deutlich antikinal (zu den Farnernnagelfluhen aber synkinal). Gleichzeitig beginnen die S-fallenden Teile dieser Hilfern-Antiklinale Konglomerate aufzunehmen, die sich gegen Entlen und Giessbach hin zu der bemerkenswerten Kalknagelfluhzone Eschitannen-Heuboden entwickeln. Ob die Hilfernenschichten seitlich in diese Nagelfluhen übergehen, die Heubodennagelfluh also mit den Hilfernenschichten gleichaltrig, d. h. unterstampischen Alters ist (Ansicht MOLLET) oder ob die Nagelfluh das Hangende der Hilfernenschichten darstellt und damit Mittel- und Oberstampien repräsentiert (siehe hierüber auch MOLLET Lit. 113, p. 52-53; FRÖHLICHER Lit. 52, p. 33-34), vermögen wir

nicht zu entscheiden, obschon die zweite Auffassung manches für sich hat. Die Hilfern-Schuppe, südwestlich der Waldemme eine anscheinend normale isoklinale S-fallende Mergel-Sandstein-Serie, weist also im Bereiche der Kleinen Entlen eine ausgesprochene antiklinale Struktur (Hilfern-Antiklinale) auf, die uns, im Gegensatz zu MOLLET, für die regional-tektonische Deutung der Hilfern-Schuppe von grundsätzlicher Bedeutung erscheint. Dem nagelfluhreichen S-Schenkel (Heubodenzone) steht ein nagelfluhfreier N-Schenkel (Sandsteine, Schiefermergel mit seltenen Einlagerungen konglomeratischer Sandsteine) gegenüber. Da wir ein derartig vollständiges und rasches Auskeilen der grobgerölligen Eschitannen-Nagelfluh vom S- zum N-Schenkel kaum annehmen können, halten wir die konglomeratische Fazies für jünger als die allem nach unterstampischen Serien des N-Schenkels der Hilfern-Antiklinale. Damit erscheint auch diese letztere, trotz eines „angedeuteten verbindenden Gewölbescheitels“ (MOLLET Lit. 113, p. 52), bereits in sich ver stellt (Scheitelbruch!). Für die Interpretation der isoklinalen Hilfern-Schuppe südwestlich der Waldemme stellen sich dann folgende Deutungsmöglichkeiten zur Diskussion: Sie ist als primär antiklinale, jetzt völlig nach N überliegende, also als gedoppelte Serie aufzufassen. Oder: sie repräsentiert den Antiklinal-S-Flügel, während der N-Schenkel abgesunken und vom S-Schenkel überfahren ist (d. h. die Scheitelbruchstörung der Hilfern-Antiklinale bildet gegen SW die eigentliche Hilfern-Aufschiebung). Oder: Sie bildet den überkippten Antiklinal-N-Schenkel, liegt also verkehrt, während der S-Schenkel abgesunken ist. Die zweitgenannte Möglichkeit erscheint uns als die wahrscheinlichste.

Damit gelangen wir nunmehr zur Besprechung der NE-Fortsetzung von Bäuchlen- und Hilfern-Schuppe im Gebiet zwischen der Entlen und dem Eigental. Die Nagelfluhzone von Eschitannen-Heuboden, mit einem Knick in der allgemeinen Streichrichtung über die Gross-Entlen hinübersetzend (siehe p. 177), erreicht am Heuboden mit etwa 1000 m ihre grösste Mächtigkeit und streicht sodann in abnehmender Entwicklung über den Giessbach ins Schwarzflühligebiet (Wandfluhzone). Die Farnernnagelfluh endigt am Entlen-durchbruch, und erst nordöstlich des Fischenbaches, an der Kridegg, stellen sich wieder zu den Schwarzflühli-Nagelfluhen überleitende Konglomerate ein. Die tieferen, unterstampischen Mergel-Sandstein-serien der Bäuchlenbasis verschmelzen mit denjenigen der Hilfern-Schuppe zwischen Gross-Entlen und Fischenbach zu einer stark eingeengten, zusammengestauten, im allgemeinen steil S-fallenden Mergel-Sandstein-Zone, die aber, da ja die Hilfern-Aufschiebung und die Hilfern-Antiklinale in sie hineinstreichen, von sehr komplexem Bau ist. Die starke Einschnürung der gesamten innern Zone in diesem Sektor ergibt sich am besten aus folgenden zwei Zahlen: Breite im Quellgebiet des Fischenbaches ca. 1800 m, gegenüber ca. 2800 m im Farnern-querschnitt. Es ist naheliegend, mit dieser bedeutenden Kompression

auch einen gewissen Hochstau der tektonischen Elemente zu verbinden, so dass wir uns hier allem nach im Bereiche einer gewissen Axenkulmination (Abtrag der hangenden Nagelfluhen!) befinden. Für diese Deutung spricht nicht zuletzt das direkt feststellbare östliche Axialgefälle im Kridegg-Schwarzflühli-Muldenzug (siehe unten).

Über die tektonisch-stratigraphischen Verhältnisse des Schwarzflühli-Wandfluh-Hühnerhubel-Gebietes, dem, wie wir glauben, für die strukturelle Interpretation der gesamten inneren Zone des Entlebuchs eine gewisse Schlüsselstellung zukommt, liegen seit der ausgezeichneten Darstellung KAUFMANNS aus dem Jahre 1860 keine neueren Publikationen vor. Eine Neubearbeitung (Kartierung) durch A. BUXTORF ist im Gange.

N

S



Fig. 1. *Schwarzflühli-Synklinale, gesehen vom Ochs 1597 m.*  
Links Schwarzflühli 1585 m, rechts Dachsenboden 1606 m. Aufnahme des Verfassers.

Die prachtvolle Synklinale zwischen Schwarzflühli, Wandfluh und Dachsenboden (siehe Fig. 1) lässt sich bereits aus der topographischen Siegfriedkarte mit aller wünschenswerten Deutlichkeit herauslesen. Ihre Muldenbiegung, deren „überraschende Klarheit und Vollständigkeit“ schon KAUFMANN hervorhob, ist von W, etwa vom Ochs aus, am schönsten zu überblicken. Einem ca.  $40^{\circ}$  S-fallenden N-Flügel steht ein ca.  $50^{\circ}$  N-fallender S-Flügel gegenüber. In der Muldenachse selber liegt Alp Riestersgum. Am Grat zwischen Schwarz-

flühli und Dachsenboden beobachtet man deutlich ein westlich umlaufendes Streichen: Die Mulde sinkt also axial gegen das Eigental ab. Längs einer bedeutenden, westwärts schauenden Steilwand gegen die klassische Schwarzflühli-Synklinale treppenartig abgesetzt, erkennt man die SW-Fortsetzung dieser Mulde wieder im Bereiche von Alp Hint. Mühlemoos. Ihre Form aber — diese lässt sich, da die Morphologie getreulich die Tektonik widerspiegelt, schon an Hand des topographischen Blattes „Pilatus“ beurteilen, — hat sich geändert: der Mulden-S-Flügel, am Ochs noch eine maximale Höhe von 1597 m (gegen 1606 m am Dachsenboden) erreichend und zunächst  $45^{\circ}$ , gegen den Ochs selber aber steiler,  $60-80^{\circ}$  N-fallend, verflacht sich rasch und steigt gegen P. 1490,9 m zu einem nurmehr etwa mit  $10^{\circ}$  gegen S geneigten N-Flügel an. Man konstatiert somit in der 2. Staffel ein Verflachen der Synklinale bzw. eine Absenkung des N-Flügels, die sich in dessen heutiger Höhenlage in bezug auf den S-Flügel deutlich widerspiegelt: 1490 m gegen 1597 m am Ochs. In der 3. Staffel von Alp Gummlì, von der zweiten wiederum durch eine Felswand getrennt, verändert sich unsere Synklinale noch weiter bis fast zur Unkenntlichkeit: Der S-Flügel erreicht am Hühnerhubel noch 1580 m und fällt zunächst wiederum sehr steil mit  $70$  und  $80^{\circ}$  nach N, verflacht dann rasch und weist an der mittleren Höllbodenfluh noch etwa  $20-10^{\circ}$  N-Gefälle auf. Dann aber biegt er, nicht, wie zu erwarten wäre, zu einem S-fallenden N-Flügel auf, sondern sinkt erneut und verstärkt mit  $30-45^{\circ}$  nach N ab und endigt schliesslich N-fallend im Grünenwald. Damit ist aber die merkwürdige Formveränderung der Ausgangsmulde im Schwarzflühli von NE gegen SW noch nicht beendet. Westlich der Höllbodenfluh, jenseits des Giessbaches, finden wir an der Kridegg nicht nur die westlichsten Ausläufer der Schwarzflühlinagelfluhen, sondern auch eine Synklinale, die, wie MOLLET zuerst feststellte, und wie wir selber bestätigen konnten, an Klarheit kaum hinter der Schwarzflühlimulde zurücksteht. Sie weist, wie übrigens sämtliche Muldenstaffeln östlich des Giessbachs auch, ein schwaches axiales E-Gefälle auf. An der Kridegg hat sich somit die Schwarzflühli-Synklinale trotz zeitweilig starker Deformation wieder völlig erholt, woraus hervorgeht, dass diesem Muldenzug durchaus regionale Bedeutung zukommt.

Angesichts der Aufteilung des Schwarzflühli-Kridegg-Synklinalzuges in einzelne markante, durch auffallende westwärts schauende Wandabstürze von einander getrennte Staffeln und im Hinblick auf die damit verbundene, scheinbar sprunghafte Formveränderung der Synklinale kann man sich — wie auch KAUFMANN bemerkte — nur schwer der Vorstellung von Querbrüchen entziehen. Solche existieren indessen nach einer verdankenswerten brieflichen Mitteilung von A. BUXTORF nicht, womit also die Formveränderung der Schwarzflühli – Kridegg - Synklinale als eine kontinuierliche zu betrachten ist.

Im stratigraphischen Aufbau des beschriebenen Gebietes zeigt sich eine deutliche Zweiteilung: Auf einer aus grauen Mergeln und Kalksandsteinen zweifellos unterstampischen Alters bestehenden Basisserie (gute Aufschlüsse z. B. im Rosenbodenobel nordöstlich Schwarzflühligipfel, Stierenloch und Eggspüri westlich Kridegg) ruht eine Nagelfluhserie (Schwarzflühlinagelfluh), die zusammen mit basalen, oft grobkörnig-massigen Kalksandsteinen (mit Diagonalschichtung) und grauen Knollenmergeln offenbar Mittel- und Oberstampien repräsentiert. Die stratigraphisch tiefsten Kalknagelfluhen des Schwarzflühli scheinen gegen die Kridegg hin zu Gunsten von Kalksandsteinen mehr und mehr aszukeilen. Wie weit aber das ganze Schwarzflühli-Nagelfluhzentrum ursprünglich gegen SW reichte, ist schwer zu entscheiden. Wie namentlich die von MOLLET aus dem Stierenloch (an der Krideggbasis) beschriebenen Verhältnisse dartun (es existiert hier zwischen den beiden stratigraphisch-lithologisch verschiedenen Serien eine gewisse Diskordanz, ohne dass wir allerdings daraus mit MOLLET auf eine beträchtliche Verschiebung der Krideggsynkinalen schliessen möchten), reagierten Basisserie und Hangendkomplex bei ihrer tektonischen Deformation erwartungsgemäss nicht immer gleichartig-harmonisch (disharmonische Faltung).

Wie schon KAUFMANN klar erkannte, bildet der S-Flügel der Schwarzflühli-Synklinale gleichzeitig den N-Schenkel einer ziemlich eng gepressten Antiklinale. Die Verhältnisse dieser im folgenden als Wandfluh-Antiklinale bezeichneten Zone lassen sich an der Wandfluh selber, sowie an dem vom Hühnerhubel zum Fuss des Gnepfstein hinziehenden Grat am besten überblicken. Während an der Wandfluh eine zunächst saiger, gegen S aber rasch in S-Fallen übergehende Nagelfluhzone unvermittelt an den S-Flügel der Schwarzflühlimulde „angedrückt“ (um den Ausdruck KAUFMANNS zu verwenden) erscheint, beobachtet man am Hühnerhubel und südlich davon, wie der Antikinal-N-Schenkel (= Synkinal-S-Flügel) sich am S-Rande bis zur senkrechten Stellung aufbietet und durch Vermittlung einer am Rotdossen gut erschlossenen Steilzone zu einer S-fallenden Nagelfluh-Sandstein-Serie überleitet, die ihrerseits schliesslich unter die Kreideschichten des Gnepfstein einsinkt. Die die Schwarzflühli-Synklinale (also auch den N-Schenkel der Wandfluh-Antiklinale) aufbauenden Nagelfluhen repräsentieren eine schätzungsweise nicht mehr als 3% Kristallin führende Kalknagelfluh. Die Konglomerate der Wandfluh selber aber unterscheiden sich von derselben bei sonst entsprechenden sedimentogenen Komponenten sehr deutlich durch die Quantität (meist über 10%) und die Grösse (Maxima 25—30 cm) der kristallinen Gerölle (Gneise + Granite). Die Nagelfluhen im S- und N-Schenkel der Wandfluhantiklinale entsprechen sich somit nicht direkt und können demnach, obschon sie jedenfalls ein und demselben Nagelfluhzentrum angehören, primär nicht derart unvermittelt aneinanderge-

stossen sein, d. h. die beiden Schenkel der Wandfluhantiklinale sind gegeneinander etwas verstellt; zwischen beiden verläuft eine Aufschiebungslinie.

Die bunte Wandfluhnagelfluh verschwindet gegen SW (Rottodossen) rasch und wird von Kalknagelfluhen abgelöst, die, an Mächtigkeit stark zunehmend, zur Nagelfluhzone des Heuboden überleiten.

Zum Schlusse gilt es noch zu versuchen, die Frage nach den regional-tektonischen Zusammenhängen im Raume der innern Zone zwischen Vierwaldstättersee und Gross-Emme zu beantworten. Da erkennen wir auf Grund unserer Ausführungen (siehe auch Taf. XII) etwa folgendes:

Die Rigi-Überschiebung, die markante Grenzlinie zwischen BAUMBERGERS äusserer und innerer Molassezone, setzt als Farnern-Bäuchlen-Lochsitenberg-Überschiebung mit grösster Konsequenz bis an die Gross-Emme durch. Im Gegensatz zur Rigi, wo nur eine einzige Grosschuppe bis zum Alpenrand besteht, kommen im betrachteten Abschnitt noch einige andere tektonische Elemente teils von Schuppencharakter, teils mehr von normaler Faltenstruktur dazu. Aus der relativ schmächtigen Wandfluh-Antiklinale entwickelt sich gegen SW die bedeutende, stark geöffnete Hilfern-Antiklinale im Gebiet der Klein-Entlen. Den Nagelfluhen der Wandfluh (Antiklinal-S-Schenkel) dürfen wir nach ihrer tektonischen Position und vermutlich auch nach ihrem geologischen Alter (Oberstampfien) die Heubodennagelfluhzone gleichsetzen. Die Scheitelbruchstörung der Hilfern-Antiklinale geht gegen SW in die eigentliche Hilfern-Aufschiebung am S-Rand der Bäuchlenzone über: aus der Hilfern-Antiklinale entsteht die isoklinale Hilfern-Schuppe. Die Schwarzflühli-Synklinale haben wir bis an die Kridegg verfolgt. Was passiert mit ihr weiter gegen SW? Ausgesprochene synklinale Schichtstellung existiert wieder im Farnerngebiet: Die oberstampfischen Nagelfluhen der Gstellfluh und von Heiligkreuz stehen zum unterstampfischen N-Schenkel der Hilfern-Antiklinale synklinal, die beiden Synkinalflügel sind aber bedeutend gegeneinander verstellt, in der Muldenachse verläuft die saigere Hilfern-Aufschiebung. Wir kommen so dazu, die Hilfern-Aufschiebung südlich der Gstellfluh unter der Farnern aus der längsgebrochenen, geknickten Fortsetzung der Schwarzflühli-Kridegg-Synklinale abzuleiten. Angesichts der fast saigeren Lage der Schubfläche ist man versucht, von einer Synkinal-Längsverwerfung zu sprechen. An der Gstellfluh ist im nördlichen Synkinalflügel ein halb-muldenförmiger Verlauf der Nagelfluhbänke noch deutlich erhalten. Hingegen hat eine synklinale Schichtstellung am S-Rand der Farnernnagelfluh bei Frutteg (siehe FRÖHLICHER Lit. 52, p. 38, Fig. 6) mit der primären Muldenbiegung nichts zu tun. Sie ist, wie auch FRÖHLICHER betont, nichts anderes als eine sekundäre Aufstülpung am Rande einer allerdings aus einer Synklinale entstandenen

Aufschiebung. Die Analogie dieser Erscheinung mit den aus der Ostschweiz beschriebenen Beispielen (Stoss-Aufschiebung) ist evident. Etwa vom Steinbach an gegen SW wird die „synklinale“ Hilfern-Aufschiebung abgelöst durch eine aus dem Scheitelbruch der Hilfern-Antiklinale sich entwickelnde Schubfläche.

Den Anschluss der komplexen Tektonik des Schwarzflühli-Wandfluh-Gebietes an das einfache, grosszügige Strukturbild der Rigischuppe am Vierwaldstättersee wird man sich, soweit sich die Verhältnisse bis heute überblicken lassen, etwa so vorstellen dürfen: Die Schwarzflühlimulde, axial gegen das Eigental absinkend, streicht in reduzierter Entwicklung unter die vermutlich direkt zur Riginagelfluh im Raume Sageli-Kohlloch-Netschen überleitende, S-fallende Wandfluhzone hinein, wird also von dieser (worauf auch die Verhältnisse an der Wandfluh hinweisen) überfahren. Diese Deutung setzt also zunächst auch eine zwischen der Riginagelfluh und ihrer Horwerschichtenbasis verlaufende, der Wandfluh-Scheitelstörung entsprechende Schubfläche voraus. Diese wird aber gegen den Vierwaldstättersee hin zu existieren aufhören, sobald die unter sie hinein-streichende Schwarzflühli-Synklinale in ihrer Anlage erloschen ist. An der Rigi ist jedenfalls ein normal stratigraphischer Übergang vom Unterstampien zur hangenden Nagelfluh vorhanden. Man darf gerade die tektonischen Verhältnisse im Übergangsgebiet von der Rigi zur Schwarzflühlinagelfluh als Beweis dafür ansprechen, dass die Schwarzflühlinagelfluhen einem selbständigen Konglomeratvorstoss entsprechen, der sich mit dem W-Rand des Rigifächers überschnitten hat.

## 6. Zwischen Gross-Emme und Aare.

### Wichtigste Literatur:

1825	B. STUDER	Lit. 146, p. 37—51, 57—59, 116—128, 138—153.
1853	„ „	„ 147, p. 376—378
1860	F. J. KAUFMANN	„ 81, p. 61—64
1886	„ „ „	„ 83, p. 445—520, mit Atlas
1911	P. BECK	„ 15
1911	„ „	„ 16
1912	„ „	„ 17 spez. p. 139ff.
1920	„ „	„ 18
1920	E. BAUMBERGER	„ 3
1922	P. BECK	„ 21
1922	„ „	„ 20
1925	F. NUSSBAUM	„ 119
1926	R. RUTSCH	„ 133
1928	„ „	„ 134
1928	P. BECK	„ 22
1932	„ „	„ 152
1933	R. RUTSCH	„ 136
1934	„ „	„ 55 Fasc. VIII, p. 572—576
1934	P. BECK	„ 55 „ „ „ „ 578, 584
1935	H. HAUS	„ 62

## Geologische Karten:

Geolog. Karte 1:100000, Bl. XII und XIII

" " Thun-Stockhorn 1:25.000 (1925)

" " der Gebirge nördlich von Interlaken 1:50.000 (1910)

" " des Belpberg 1:25.000 (1928)

Die s. M. zwischen Gross-Emme und Aare umfasst in erster Linie das gewaltige Nagelfluhdreieck zwischen Thun, Schangnau und Sigriswil. Diesen polygenen Konglomeratkomplex, mit zwischen geschalteten Sandsteinen und Mergeln eine Mächtigkeit von 3—4 km erreichend, nennen wir den Nagelfluhschuttfächer der Blume. Er ist nach R. STAUB (Lit. 141, p. 64) das Schüttungsprodukt eines dem Simplongebiet entspringenden oligozänen Flusssystems und bildet nicht nur faciell-stratigraphisch, sondern auch tektonisch eine markante Einheit. Ähnlich wie die Rigizone, sind auch diese Thuner Nagelfluhen als einheitlich S-fallende normale Serie, als eine mächtige „Deckfalte“ (P. BECK) schuppenartig der vorgelagerten mittel-ländischen Molasse an- und aufgeschoben worden. Die Aufschiebungs linie, die sogenannte Zulg-Überschiebung, ist von ROTHFLETZ (Geolog. Alpenforschungen III, München 1908, p. 112—113, Tafel VI, Fig. 5) zuerst vermutet und als „Gurnigel-N-Überschiebung“ und als „eigent liche N-Grenze des Alpengebirges“ bezeichnet worden. Sie zieht, soviel wir bis heute wissen, aus dem untern Zulgtal von Steffisburg gegen Schwarzenegg und verbindet sich, am N-Fuss der Honegg durchstreichend, direkt mit der Lochsitenberg-Bäuchlen-Überschiebung.

Eine stratigraphische Gliederung der Blumenschuppe hat BECK gegeben. Man unterscheidet darnach:

- |                       |                |   |
|-----------------------|----------------|---|
| 4. Guntner Nagelfluh  | Aquitani?      | Totale Mächtigkeit:<br>3700 m am Thunersee,<br>2700 m am Eriz |
| 3. Bresserenschichten | Oberstampien   |   |
| 2. Hünibachnagelfluh  |                |   |
| 1. Loseneggschichten  | Mittelstampien |   |

Anhaltspunkte für das geologische Alter dieser Schichtfolge gewinnen wir zunächst einmal an Hand einer Prüfung der seitlichen Zusammenhänge mit den bereits besprochenen Profilen östlich der Gross-Emme. Die zentralen Blumennagelfluhen, gegen den Thunersee ohne Anzeichen baldiger Reduktion unvermittelt abbrechend (siehe p. 178), keilen gegen NE speziell in ihren hangenden Serien seitlich aus bzw. gehen in Sandstein-Mergel-Äquivalente (= Bresserenschichten) über. Die damit verbundene Mächtigkeitsreduktion von SW nach NE beträgt nach BECK über 1000 m und ist in ihrer Auswirkung für den streichenden Verlauf der Kreideketten zwischen Thunersee und Gross-Emme massgebend geworden. Die tieferen Nagelfluhen der Loseneggschichten, am weitesten gegen NE aushaltend, erreichen über Honegg die Grosse Emme und den Bumbach, wo sie, bereits

stark reduziert, W—E-streichend am Erosionsloch der Habchegg (siehe p. 177) abbrechen. Die Loseneggschichten repräsentieren demnach das normale Hangende des Lochsitenberges, die Blumen-Honegg-Schuppe hängt also — KAUFMANN hat schon 1860 auf diesen Zusammenhang mit aller Deutlichkeit hingewiesen — mit der Bäuchlen-Schuppe unmittelbar zusammen. Aus diesen Zusammenhängen mit der Bäuchlenzone resultiert für die Honegg-Losenegg-Schichten ein mittel- bis oberstampisches Alter, umso mehr, als auch die unterstampischen Horwerschichten der Lochsitenbergbasis noch über die Emme hinaus in den N-Fuss der Honegg weiterziehen. Sie reduzieren sich dann allerdings sehr rasch und sind bis zum Aaretal hin nicht mehr nachgewiesen.

Die paläontologischen Belege passen im allgemeinen nicht schlecht in den Rahmen unserer Altersbestimmung und sprechen jedenfalls mit aller Deutlichkeit für das oligozäne Alter des Hauptteils der Blumennagelfluhen. Die Säugetierfunde von der Losenegg beweisen nach H. G. STEHLIN (Lit. 145, p. 576) mittleres Stampien (Niveau von Aarwangen), während ein *Rhinoceros* vom Hünibach (STEHLIN Lit. 144) mit Vorbehalt ins Aquitanien gestellt wird. Vom oberen Bresserengraben haben BECK und JEANNET (Lit. 20) eine „sicher Oligozän, oberes Stampien oder Unteraquitan“ beweisende Molluskenfaunula zusammengebracht. Überraschenderweise weist die berühmte, heute wieder neu entdeckte Säugetierfundstelle am Bumbach, direkt an der Basis der östlichsten Honeggnagelfluh, nach STEHLIN (Lit. 143, p. 480—482, Lit. 144, p. 183, Lit. 145, p. 576) auf unteres Stampien hin, wobei allerdings noch nicht sicher ist, ob es sich um das wahre untere Stampien (Niveau des Meeressandes = Rupélien = Horwerschichten) oder um ein etwas höheres Niveau handelt. Sollte sich aber wirklich das unterstampische Alter der Bumbach-Fossilien bestätigen — der Verdacht einer Umlagerung (sekundäre Lagerstätte) wäre nach STEHLIN (Lit. 143, p. 482) zum vornehmerein ausgeschlossen, doch hat uns die Besichtigung der Fundstelle anlässlich der Exkursion der Schweiz. Geol. Gesellschaft 1936 in dieser Hinsicht nicht ganz überzeugen können —, so müsste man auf Grund der allgemeinen Zusammenhänge auch die Gesteinsfolge des Lochsitenberges und damit zwangsläufig die gesamten Bäuchlennagelfluhen ebenfalls dem Rupélien zuweisen, eine stratigraphische Einordnung, die auch für noch weiter östlich gelegene Profile nicht ohne Einfluss wäre, der sich aber verschiedene prinzipielle, hier nicht weiter diskutierte Schwierigkeiten entgegenstellen. Wir belassen also die Bäuchlennagelfluh im mittleren und oberen Stampien und schliessen uns für die Blumenschuppe trotz der Bumbachfossilien der eingangs von BECK gegebenen Gliederung an.

Zwischen der Blumenschuppe und dem Alpen-N-Rand kennt man am Thunersee seit langem wenig mächtige Sandstein-Mergel-Komplexe, die als frontale, zum Teil verschürfte Teile einer südlicheren

Molasseschuppe, der Ralligschuppe, betrachtet werden müssen. Man vergleiche hierüber p. 178.

Der Streifen Marbach-Schangnau-Schwarzenegg-Steffisburg verdient nach den neusten Untersuchungen von H. HAUS besondere Aufmerksamkeit, weil hier infolge Fehlens der aquitanen Antiklinalzone stampische Molasseschuppen mit dem miozänen Vorland des westlichen Napfgebietes in unmittelbare Beziehung treten.

Im Raume Marbach-Schangnau ist die von Luzern herüberstreichende Aquitanzone zum letzten Male nachweisbar. Sie taucht (siehe oben) einerseits axial unter ihre miozäne Umhüllung, verschwindet andererseits unter der oberstampischen Schangnauschuppe bzw. geht nach unserer Auffassung in diese über. Die Schangnauschuppe streicht nach SW ins Quellgebiet des Rötenbaches, wo ihre durchaus „pseudoaquitane“ Gesteinsfolgen und ihre Struktur von KAUFMANN (Lit. 83, p. 478—488) ausführlich beschrieben worden sind. An Hand der allerdings wenig zusammenhängenden Aufschlüsse im unübersichtlichen Schallenberghochwald (Bärbach, Schlöttergraben, Sandgraben, Rötenbach etc.) stellte KAUFMANN einen dreimaligen Muldenbau fest. Eine Bestätigung dieser Beobachtungen war auf unsren kurSORischen Begehungungen nicht zu erlangen.

Die Schangnauschuppe soll nach der Meinung von HAUS bis nach Steffisburg weiter ziehen und „den unteren Teil der bisher als Einheit aufgefassten Blumenschuppe“ bilden. Es scheint uns aber auch durchaus möglich, dass sie etwa in der Gegend von Schwarzenegg erlischt, sodass vielleicht doch die Ansicht von BECK zu Recht bestünde, dass an der untern Zulg die einheitliche Blumenschuppe direkt auf das limno-terrestrische Vindobonien (BECK Lit. 20, p. 2) bzw. Burdigalien (BECK Lit. 22, p. 321) des Falkenfluh-Antiklinal-S-Schenkels aufgeschoben sei (siehe Stockhornkarte). Jedenfalls ist über die Bedeutung, den Bau und den Verlauf der Schangnauschuppe noch nicht das letzte Wort gesprochen, und es ist zu hoffen, dass die Untersuchungen von HAUS hierüber noch weitere Klarheit schaffen.

Das Studium des Aufschiebungskontaktes zwischen der Schangnauschuppe und der vorgelagerten Miozännagelfluh durch HAUS hat bedeutungsvolle Resultate gezeitigt. Diese sind in einer vorläufigen Mitteilung (Lit. 62) niedergelegt, auf welche für das folgende ausdrücklich verwiesen sei. Der S-Rand der miozänen, im allgemeinen horizontal gelagerten Konglomeratkomplexe des Emmentals, in der Gegend von Schangnau und dem Rebloch durch eine Steilwand deutlich markiert, weist einen unregelmässig gebuchteten Verlauf auf. Vor allem fällt der Sporn von Gabelspitz-Sattel auf, der die „Bucht“ von Steinmösl von einer ebensolchen, grösseren im Quellgebiet des Rötenbachs (an der S-Abdachung des Naters) trennt. Die hier nicht näher zu beschreibenden Verhältnisse an der Steinmöslfluh haben HAUS dazu geführt, in diesem miozänen S-Rand einen „alten“, offenbar postvindobonen (die Nagelfluhen der Steinmöslfluh

gelten als Helvétien) Erosionsrand zu erblicken, an den das Stampien der Schangnauschuppe tektonisch angepresst wurde.

Nach einem zweimaligen Besuch der entscheidenden „Erosionsnische von Steinmösl“ müssen wir der HAUS'schen Interpretation prinzipiell beistimmen. Eine tektonische Beanspruchung der Steinmöslinagelfluhen infolge des Einschubes der Schangnauschuppe wurde indessen — im Gegensatz zur Meinung einiger Teilnehmer an der Exkursion der S.G.G. 1936, die eine gewisse Aufwärtskämmung der aus der Wand hervorstehenden Nagelfluhgerölle erkennen wollten — nicht konstatiert. Die Anpressung hat sich in erster Linie in einer intensiven Stauung der hiefür besser geeigneten stampischen Sandstein-Mergelserien ausgewirkt.

Auffallenderweise sind auf dem Miozän nördlich des genannten Erosionsrandes nirgends Erosionsrelikte der Schangnauschuppe bekannt. Sind diese alle dem Abtrag gänzlich zum Opfer gefallen, oder ist die Schangnauschuppe wohl primär nie weiter als bis zur Steinmöslifluh gegen N vorgestossen?

Der N-Rand der Schangnauschuppe beim Rebloch stellt sich also als klares Beispiel einer Reliefüberschiebung in der Molasse dar. Weitere Studien werden zu erhärten haben, ob die Erosionsnische von Steinmösl nur ein lokaler Spezialfall ist, oder ob, wie wir mit HAUS anzunehmen geneigt sind, auch der Miozän-S-Rand südwestlich des Schallenbergs gegen Steffisburg, sowie derjenige von Schangnau gegen Escholzmatt ebenfalls mehr oder weniger einem vor dem Anschub der Schangnauschuppe bzw. vor der Aufstauung der aquitanen Antiklinalzone postvindobon ausgebildeten Erosionsrand entspricht.

Es bleibt uns noch übrig, ein paar Worte über das miozäne Vorland selber, seine Stratigraphie und Tektonik, beizufügen. Der W-Rand der grossen Napfschüttung, zwischen Emme und Aare noch vorwiegend in groborogen-limnoterrestrischer Nagelfluhfazies entwickelt, zeigt gegen W, gegen das Aaretal hin, eine Abnahme der psephitischen Sedimente zugunsten von Sandstein und Mergel. Damit verbunden konstatiert man auch das Wiederauftreten mariner Bildungen (Belpberg). Der Übergang von der limnischen und terrestren Molasse zur marinen vollzieht sich nach BECK im Falkenfluhgebiet.

Eine stratigraphische Gliederung der Miozänserie nördlich der Zulg begegnet wegen der Eintönigkeit der Fazies grossen Schwierigkeiten. BECK (Lit. 22, p. 321) hat 1928 folgendes Schema gegeben:

5. Belpbergschichten . . .	250—300 m	Helvétien	} 1200—1500 m
4. Natersschichten . . .	200—250 m	Helvétien ?	
3. Diessbachschichten . .	200—400 m	vermutlich	
2. Falkenfluhsschichten . .	ca. 250 m	vorwiegend	
1. Brenzikofenschichten . .	ca. 300 m	Burdigalien	

Die alpinen Bewegungsimpulse machen sich im betrachteten Raume viel weiter ins Mittelland (bis über Bern) hinaus geltend,

als etwa in der Zentral- und E-Schweiz. Die Ursache hiefür erblicken wir mit RUTSCH in dem Umstand, dass sich die Schubwirkung der stampischen Schuppen östlich der so bedeutsamen Emme-Ilfis-Linie in den aquitanen Mergel-Sandstein-Serien „austoben“ konnte, während sie sich westlich der genannten Linie direkt auf die miozäne Vorlandplatte übertrug, diese in flachwellige Falten legend. Diese Vorlandfaltung ist also — wie RUTSCH mit Recht unterstreicht — eine Folgeerscheinung des Anschubes der oligozänen Schuppen und mit diesem gleichaltrig. Beide Vorgänge sind somit spät-, eher aber postvindobonen Alters. Von RUTSCH, BECK und GERBER wurden von N nach S folgende tektonische Elemente unterschieden:

- |                            |   |                      |
|----------------------------|---|----------------------|
| I Frienisberg-Antiklinale  |   |                      |
| II Biglen-Antiklinale      | › | Belpberg-Synklinale  |
| III Kurzenberg-Antiklinale | › | Diessbach-Synklinale |
| IV Falkenfluh-Antiklinale  |   |                      |

Von diesen flachwelligen Verbiegungen, denen im allgemeinen nur beschränkte Längserstreckung zukommt (Brachyantikinalen bzw. -synkinalen), ist einzig die südlichste, die Falkenfluh-Antiklinale, von regionaler Bedeutung. Nach N überkippt und mit ihrer Gewölbeform an Juraantikinalen erinnernd, geht sie nach BECK und RUTSCH westlich der Aare in die Giebeleggschuppe über. Den Napf betrachtet RUTSCH (Lit. 134, p. 169) als eine Mulde grossen Stils, die als Fortsetzung der Belpberg-Synklinale aufzufassen wäre.

## 7. Die Grenzregion zwischen Molasse und Alpen.

### a) Zwischen Altstätten und Weesen

bildet die Säntis-Decke s. str. den Alpenrand. Im E, im Flyschgebiet der Fähnern, kommen dazu noch höhere, ultrahelvetische Elemente, während im W bei Weesen, im Malmkopf des Kapfenbergs, eine tiefere, nach OBERHOLZER verschlepptes Parautochthon repräsentierende Einheit zutage tritt. Die zwischen ihr und der Säntis-Decke eingeklemmte Flifalte wird zur Mürtschen-Decke gestellt. Vor der Säntisstirn ist die subalpine Flyschzone weitgehend reduziert. Im Berndli-Profil (siehe unten) erreicht sie kaum eine Mächtigkeit von 10 m.

Als südlichste von den alpinen Randketten überfahrene Zone der s. M. erkennen wir die Speer-Stockberg-Schuppe mit ihren Äquivalenten im Weissbach-Eugsttobel-Gebiet. Zwischen Sitter und Rhein aber tritt die zweite Antikinalzone mit ihren Chattien-Mergeln und -Sandsteinen direkt mit der Fähnernzone in Kontakt. Die hängenden Kronbergnagelfluhen des S-Schenkels fehlen hier also.

Die Verhältnisse am Alpenrand zwischen Appenzell und dem Rheintal sind speziell von ARN. HEIM (Lit. 75) untersucht worden.

Er kommt zum Ergebnis, dass die Kronbergnagelfluhzone östlich der Sitter durch alte Erosion entfernt und die Säntis-Fähnern-Decke in eine Erosionsnische vorgestossen sei (Ursache des Sax-Schwendi-Bruches).

Die südlich der Kronbergzone folgende, damals noch nicht bekannte Rupélienschuppe des Eugst- und Rachentobels wurde mit ihren Horwerschichten gleichfalls in das Erosionsloch eingeschoben; sie verhält sich also sozusagen „alpin“. In den gegen N abgelenkten Streichrichtungen z. B. im Rachentobelprofil sehen wir daher den Beginn des N-Ausholens dieses südlichsten Molassestreifens und weniger eine Wirkung (LUDWIG, Lit. 110, p. 142), als vielmehr eine Ursache des Sax-Schwendi-Bruches. Die abgelenkten, fast S—N streichenden Nagelfluhbänke beim Weissbad („End der Welt“) stellen wir mit Vorbehalt zum Hangenden der bunten Kronbergnagelfluh (siehe p. 145), da die wenig östlich dieser Stelle am Weissbach aufgeschlossenen Horwerschichten wieder ein ziemlich normales ENE-Streichen aufweisen. Aus diesem Grunde lassen wir die Überschiebung der östlichen Stockbergschuppe zwischen diesen beiden Aufschlüssen durchgehen und betrachten die abgelenkten Kalknagelfluhbänke am „End der Welt“ als Schleppungen am Rande der nach N ins Erosionsloch vorstossenden Rupélienzone. Diese Erscheinung zeigt, zusammen mit dem verschleppten Nagelfluhklotz des interessanten Aufschlusses an der Strasse bei Steinegg-Krüsi (siehe ARN. HEIM Lit. 75, p. 42; LUDWIG Lit. 110, p. 140), dass der Einschub der Eugsttobelzone in das Erosionsloch von Appenzell mit einer gewissen tektonischen Deformation der alten Erosionsränder verbunden war.

Die von ARN. HEIM am Ibach und Pöppelbach angenommenen Molasse-Flysch-Verschuppungen sind mehr als fraglich geworden, seitdem sich das aus lithologischen Gründen schon lange vermutete unterstampische Alter dieses „randlichen Flysches“ (Lit. 75, p. 43) mehr und mehr erwiesen hat. (LUDWIG Lit. 105, p. 83—84; EUGSTER in Lit. 110, p. 144; FRÖHLICHER, Lit. 53).

Infolge der Abrasion der hangenden Nagelfluh stösst im Aubachgebiet die komplexe Fähnernzone direkt auf die Chattien-Mergel-Sandsteinfolge des A<sub>2</sub>—S-Schenkels. Eine Zwischenschaltung von verschleppten Horwerschichten scheint uns auf Grund unserer Begehungen lokal sehr wahrscheinlich, bedarf aber noch weiterer Überprüfung. Ein prachtvoll sichtbarer Molasse-Flyschkontakt ist unmittelbar bei der obersten Sperré der Aubachverbauung aufgeschlossen.

Die alte Erosionslücke südöstlich Appenzell erscheint nach ALB. HEIM (Lit. 66, p. 186), ARN. HEIM (Lit. 75, p. 42) und E. BLUMER (Lit. 65, p. 607) nur als linksseitige Ausbuchtung eines „präalpinen“ Bodensee-Rheintals, in welches die Säntis-Decke eingebrochen ist.

In der von P. 1401 m gegen Dunkelberndli hinabziehenden Bachrinne ist der Überschiebungskontakt zwischen Säntis-Decke und Molasse in eindrücklicher Weise erschlossen. ARN. ESCHER (Geol. Beschreibung der Säntisgruppe, Beiträge zur Geol. Karte der Schweiz, Lf. XIII, 1878, Tafel VI), GUTZWILLER (Lit. 59, Tafel II, p. 77), BURCKHARDT (Lit. 28, Tafel II, Fig. 13b) und ALB. HEIM (Lit. 65, p. 49—51) haben Darstellungen des Berndli-Profiles gegeben.

Alle diese Profile sind viel zu schematisch gehalten und zeigen nicht, wie sehr die Molasse tektonisch mitgenommen aussieht. Unsere Fig. 2 versucht, wenigstens ein paar Details wiederzugeben. Ob der an der Basis des Schrattenkalkes liegende

Flysch teilweise wirklich Seewerkalk ist, wie ALB. HEIM angibt, wagen wir zu bezweifeln. Wir möchten darin lediglich eine etwas kalkigere Flyschfazies erblicken. Im übrigen spricht das Profil für sich selber.

Eines besonderen Hinweises bedarf an dieser Stelle ein Konglomerat-Sandstein-Mergelkomplex südwestlich „Gemeinen Wesen“ (Schwägalp) auf ca. 1400—1420 m. Derselbe wurde von ALB. HEIM (Lit. 65, p. 15) zum Flysch gerechnet. Schon LUDWIG (Lit. 105, p. 85) vermutete darin Molasse.

Die Nagelfluh, ein von grobkörnigem Sandstein bis zu durchschnittlich nussgrobem (Geröllmaxima bis über 20 cm enthaltendem) Konglomerat schwankendes Gestein enthält zur Hauptsache gelblich-weiße Quarzite (zum Teil Milchquarze, seltener reine Quarze), fein- bis grobkörnige Breckzien von Flyschtypus (in einem Fall wurden darin Lithothamnienreste beobachtet), hellgraue (dolomitische?) und dunkle, schwärzliche (zum Teil fleckige) Kalke. Als charakteristische Akzessorien kommen bemerkenswerte Alveolinenskalke vor, von welchen wir bis jetzt etwa ein halbes Dutzend beobachteten. M. REICHEL<sup>34)</sup> hat in diesen interessanten Geröllen eine neue Alveolinens-Subspezies entdeckt, die er zu Ehren des verstorbenen A. LUDWIG *Alveolina primaeva ludwigi* n. subsp. nennt. Diese *Alveolina* soll für Paleozän (Thanétien) sprechen. Kristalline Gerölle machen etwa 1—2% aus. Es handelt sich dabei um helle Sericitgneise und graue Sericitglimmerschiefer, meistens von sehr kleinen Dimensionen.

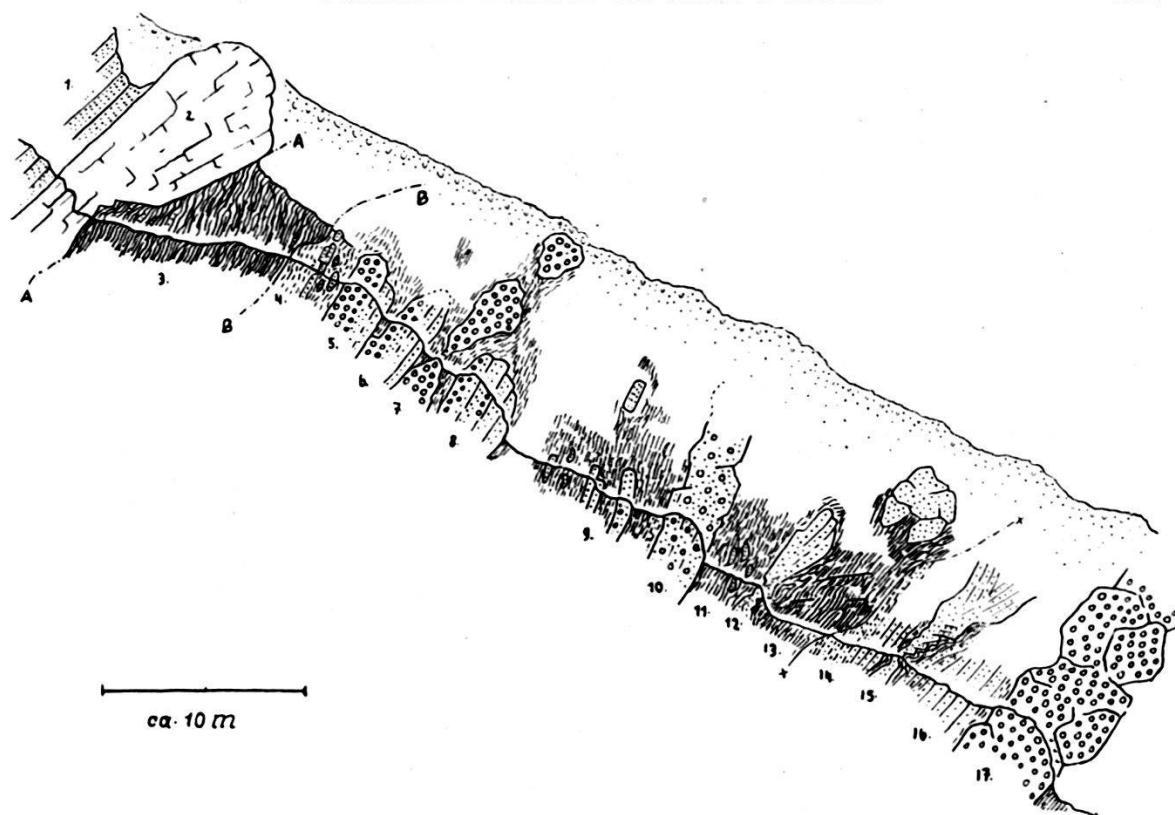
Das Konglomerat erscheint nach seinem ganzen Habitus durchaus als Molassenagelfluh (auch diese enthält, im Gegensatz zu ALB. HEIM's Bemerkung, ähnliche Quarzite). Die diesen Konglomeraten von „Gemeinen Wesen“ eingelagerten Kalksandsteine erinnern in jeder Beziehung an gelbliche Kalksandsteine aus dem Chattien. Etwas westlicher und tiefer (K. 1370 m) treten unter dem Nagelfluh-Sandstein-Komplex graue, tonige, von Kalzitharnischen völlig durchsetzte Molassemergel zutage, die harte, blaugraue, dünnplattige Kalksandsteine enthalten. Auf den Schichtflächen ist Pflanzenhäksel und Sericit sehr häufig, ebenso fährtenartige Gebilde (Horwersandsteine!).

In tektonischer Hinsicht streicht der konglomeratführende Komplex keineswegs normal, wie auf der Säntiskarte angegeben ist. Wir massen Streichwerte von N 0—30° E, Fallwinkel von 90° und 80—70° E. Ob eine sekundäre Verstellung (Verrutschung) vorliegt oder nicht, war nicht zu entscheiden. Die Basismergel scheinen aber wieder konform dem Säntis-N-Rand zu streichen.

Wir stellen das Nagelfluh-Mergel-Sandstein-Vorkommen von „Gemeinen Wesen“ auf Grund seines lithologisch-faziellen Habitus unbedenklich zur Molasse und zwar ins Rupélien. Ob wir hier eine direkte Fortsetzung der Stockbergbasis oder aber Reste einer noch südlicheren, an der Säntisstirn nach N verschleppten Molasseschuppe vor uns haben, ist vorderhand noch unabgeklärt. Doch sprechen manche Gründe für die zweite Annahme.

Auf eine Beschreibung der bekannten Kontaktverhältnisse zwischen Thur und Linth kann hier füglich verzichtet und auf ARN. HEIM (Lit. 68, p. 442—452, Tafel VII—VIII und Lit. 71, Teil I, p. 23—35, Teil IV, p. 634—639) verwiesen werden, umso mehr als neue Beobachtungen (vom Stockberg-S-Rand) in nächster Zeit von

<sup>34)</sup> M. REICHEL, Etude sur les Alvéolines, Abhandl. der Schweiz. Paläont. Ges. Vol. LVII, 1936, p. 92—93.

Fig. 2. *Das Berndli-Profil.*

1. Gault
  2. Schrattenkalk, am Kontakt gegen 3 Rutschstreifen, deren Richtung N 150° E
  3. Flysch (nach ALB. HEIM links zum Teil Seewerschiefer ?)
  4. Grau-grüne, braun anwitternde Mergel, Einlagerung von Kalksandstein vom Horwertypus, pflanzenführend, stark zerrissen. Streichen um N 85° E, Fallen um 70°
  5. Kalknagelfluh und Kalksandstein, brekziös, gegen oben amputiert.
  6. Kalksandstein mit Kalknagelfluh, zwischen 5 und 6 rote bis grüne, bunte sandige Mergel, gegen unten ausgequetscht
  7. Kalknagelfluh, zerrissen. Zwischen 6 und 7 rotbraune Mergel, gegen unten ausgequetscht. Zerquetschte Gerölle
  8. Kalksandstein mit Gerölllagen. Zwischen 7 und 8 rotbraune Mergel
  9. Graugrüne bis bräunliche Mergel, Kalksandsteineinlagerungen mit Pflanzensspuren, fast saiger
  10. Kalksandstein mit Geröllen, Fallen ca. 70°
  11. Graugrüne Mergel
  12. Kalksandsteine, abgequetscht
  13. Dunkelgraue Mergel (Grisigertypus)
  14. Mergelsandstein bis Kalksandstein
  15. Zerrissene Kalksandsteinbank; prachtvoller, haarscharfer, kantiger Kontakt gegen basale graue Mergel
  16. Kalksandstein, vermergelnd, oben glimmerreich, Pflanzenspuren, Hämatit-rutschspiegel, Fallen 45—50°
  17. Kalknagelfluhbank, stark zerklüftet
- A—A Überschiebung der Säntis-Decke s. str. auf Flysch
- B—B Hauptüberschiebung = Grenze zwischen Alpen und Molasse

K. HABICHT (Zürich) publiziert werden. Hingegen muss eine meist übersehene Tatsache, auf welche CADISCH (Lit. 37, p. 570) zuerst aufmerksam machte, noch in Kürze gestreift werden:

Die Nagelfluhzone Speer-Hirzli weist in ihren südlicheren Komplexen beidseits des Linthdurchbruches verschiedenes Streichen auf: Im Hirzligebiet im Mittel etwa N 80° E, am Schänniserberg-Speer durchschnittlich N 60° E. Die Azimutdifferenz beträgt darnach 20°, CADISCH spricht sogar von 40° (?). Die in den Bereich des Linthtales fallende Knickung fällt zusammen mit dem im Querschnitt Weesen-Ziegelbrücke erfolgenden Überschneiden von W-alpinem und E-alpinem Deckenbogensegment. Der alpine Grosskettungsknick geht in seiner Anlage auf tiefere Ursachen, nicht auf den verhältnismässig unbedeutenden Nagelfluhklotz des Speer, zurück und wurde dem S-Rand der s. M. offenbar aufgezwungen. Wir schliessen uns daher ohne weiteres der Schlussfolgerung von CADISCH an: „Der Verlauf der Nagelfluhzentren im grossen wird vielmehr durch die alpinen Gebirgsbogen beeinflusst, als umgekehrt“ (Lit. 37, p. 570).

### b) Zwischen Weesen und dem Lowerzersee

tritt die Molasse mit dem gewaltigen Flyschgebiet von Alptal-Einsiedeln in Kontakt. Die von OBERHOLZER mit dem Parautochthon in Beziehung gesetzte Kette der Wageten und die als verschürfte Stirnteile der Säntis-Drusberg-Decke aufzufassenden Aubrige erscheinen daneben als Randelemente zweiter Ordnung. Den S-Rand der Molasse bilden einerseits die Rigizone, andererseits östlich der Sihl verschiedene tektonische Teilschuppen, die in ihrer Gesamtheit als Teile des S-Schenkels der Biltener Antiklinale aufgefasst werden müssen. Vom ganzen Sektor verdient der westliche Abschnitt besondere Beachtung.

Der grosse Stampienkomplex des Wäggital-Hirzli-Gebietes, als W-Rand des Speerfächers, verschmälert sich von der Linth zur Sihl in ganz bedeutendem Masse. Weist er, zwischen Alpenrand und Spreitenbach-Aufschiebung gemessen, im Profil der Pfiffegg eine Breite von ca. 4 km auf, so ergibt sich im (ergänzten) Profil von Biltten eine solche von über 9 km. Betrachten wir nur den Streifen zwischen Alpenrand und Rempen-Aufschiebung, so wird die Reduktion noch deutlicher: Ca. 1 km südlich der Pfiffegg, über 5 km im Querschnitt von Biltten.

Diese bedeutende Verschmälerung von NE nach SW mag zweifellos zu einem schönen Teil primär durch das südwestliche Auskeilen der Speernagelfluhen bedingt sein, d. h. auf die Fächerform der Schüttung zurückgehend. Andererseits aber hat es ARN. HEIM (Lit. 68, p. 453) bereits 1906 als möglich erachtet, dass die südlichsten tektonischen Elemente (Biltener Antiklinale) gegen W einer „präalpinen“ Erosion zum Opfer gefallen seien und heute unter dem Flysch und den Kreidefetzen der Aubrige begraben lägen. Es existieren hier nun in der Tat Erscheinungen, die wir uns nur durch die Annahme alter Erosionsvorgänge zu erklären vermögen.

Von der merkwürdig bogenförmig streichenden Melchterli-Gelbberg-Schuppe war bereits die Rede. Das bogenförmige Streichen kommt teilweise bereits auf

der SCHARDTSchen Wäggitaler Karte zum Ausdruck. Neuere Untersuchungen von OCHSNER (zum Teil pers. Mitt.) haben das starke Zurückbiegen des Streichens gegen den Alpenrand einsteils im oberen Trebsental, anderseits im obersten Niederurnertal klar erwiesen. Auch der nachdrängende Flysch macht das bogenförmige N-Vorspringen deutlich mit. Eine durchaus analoge Erscheinung ist aus dem vorderen Wäggital schon lange bekannt. Am Spitzberg biegen die Nagelfluhbänke, worauf ARN. HEIM nach E. BLUMER zuerst aufmerksam machte (Lit. 72 und Lit. 77, p. 74—76, Fig. 1), aus dem ENE-Streichen nach S um und laufen senkrecht auf den Alpenrand zu<sup>35)</sup>. Diese Tatsache ist von ARN. HEIM speziell als Beweis für eine von der alpinen Deckenbrandung unabhängige Molassefaltung angeführt worden. Doch können wir diesen Beweis nicht ohne weiteres akzeptieren. Denn einerseits sind Erscheinungen, wie die von der normalen Streichrichtung bis über 90° abweichenden Streichwinkel am Spitzberg auch bei Annahme einer älteren Molassedislokation noch völlig unerklärt und andererseits sind wir der Meinung, dass sich derartige „Extravaganzen“, wie sie sich die Spitzberg- und Melchterli-Schuppe leisten, durch die Annahme alter Erosionslöcher auch bei Gleichzeitigkeit von Molassedislokation und Deckenbrandung befriedigend erklären lassen.

Wir stellen uns für den Fall der Melchterlischuppe ein karartiges Erosionsloch vor, in das bei der später erfolgenden Molassedislokation bezw. beim Anprall der helvetischen Randketten südlichere Konglomeratkomplexe unter Anpassung an die gegebene Form eingeschoben wurden. Die primäre Erosionsform muss als für die Auslösung einer kleineren Teilschuppe massgebend betrachtet werden. Entsprechend wäre im vordern Wäggital gegen W ein alter Abtragsraum vorauszusetzen, in den die Spitzbergschichten und ihre westliche Fortsetzung unter Deformation hineingepresst wurden. Infolge des ungefähr SSW—NNE (von den Aubrigen her) gerichteten Einschubes wurde das aus dem ursprünglichen Schichtverband losgelöste E-Ende der Spitzbergschuppe (der heutige S-Abbruch) vor der vordringenden Alpenfront relativ gegen W bewegt und mehr oder weniger senkrecht zu ihr gestellt. Zwischen den beiden Erosionslöchern funktionierte das heute noch normal ENE streichende Molassegebiet Spitzwald—Mutzenwald als trennender Sporn. Drei schematische masstäbliche Skizzen mögen den Vorgang dieser Reliefüberschiebung (im engsten Sinne des Wortes) erklären (siehe Fig. 3).

Südlich des Spitzberg-Abbruches treten zwischen normal ENE streichenden Kreide- und Flyschmergeln nochmals graue Mergel und Sandsteine auf, die von SCHARDT und ARN. HEIM (von letzterem mit Vorbehalt) zur Molasse gestellt werden. Wir haben hier offenbar im Flysch verschuppte Molassefetzen vor uns. ARN. HEIM denkt zwar an die Möglichkeit eines normal stratigraphischen Profiles Kreide—Eozän—Molasse (Lit. 77, p. 76), doch wird man hiezu füglich ein Fragezeichen setzen dürfen.

### c) Zwischen Lowerzersee und Pilatus

stösst die S-fallende Nagelfluhplatte der Rigizone an Flysch-Kreide-Komplexe, die zur Bürgenstock-Teildecke (Righochfluh—Vitznauerstock—Bürgenstock) einerseits und zur Pilatus—Niederhorn-Teildecke

<sup>35)</sup> Im Profil des Wäggitaler Druckstollens I (Originale im Geol. Institut der E. T. H. Zürich) biegen nach den Aufnahmen von SCHARDT und MEYER die Spitzbergschichten aus der abgelenkten N-S-Richtung sogar noch in ein NE-SW-Streichen ein, so dass in diesem Querschnitt Molasse und Flysch (Leistmergel nach ARN. HEIM) ungefähr konkordant aneinander grenzen!

(Pilatus- Lopperberg und Basis von Rigihochfluh und Vitznauerstock) andererseits gerechnet werden. Dieser Sektor ist durch zwei Phänomene besonders ausgezeichnet, nämlich durch das klassische Erosionsloch der Bürgenstocknische und durch die altbekannten, aufgeschürften Nagelfluhen des Tiefenbach bei Gersau. Nähere Angaben findet man bei BUXTORF (Lit. 29, p. 16—20; Lit. 31, p. 37—41; Lit. 33, p. 291—301) und ARN. HEIM (Lit. 68, p. 453—454; Lit. 78, p. 226—227). An dieser Stelle mögen einige wenige Andeutungen genügen.

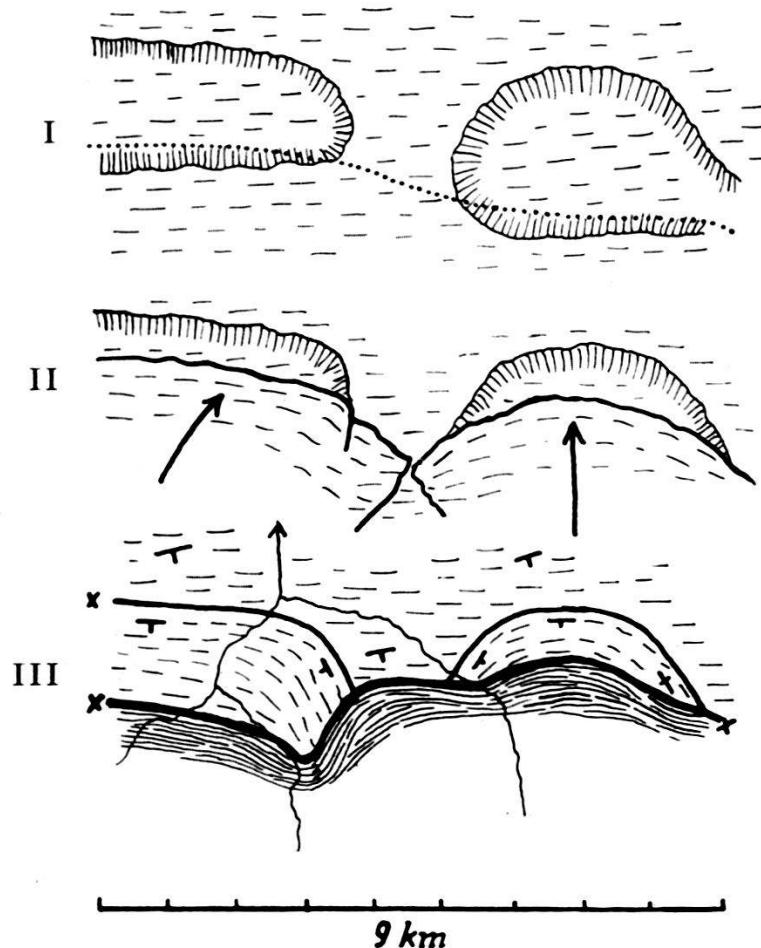


Fig. 3. *Entwicklung der Reliefüberschiebung der Melchterli- und der Spitzberg-Schuppe.*

Auf die plötzliche Reduktion der Rigiserien gegen SW wurde bereits p. 120 kurz hingewiesen. Der gewaltige Abbruch muss als Abbild grossartiger, vor dem Anschub der helvetischen Randketten erfolgter Erosionsvorgänge gedeutet werden. Es ist das Verdienst ARN. HEIMS, zuerst auf diese Möglichkeiten aufmerksam gemacht zu haben, nachdem allerdings schon KAUFMANN ähnliche Gedanken angetönt hatte.

Im Querschnitt des Bürgenstocks, der in der unmittelbaren W-Fortsetzung des Rigiklotzes ruht und mit seiner mittleren Höhe so auffallend unter derjenigen

von Vitznauerstock und Hochfluh bleibt (grösste Tiefe des Erosionsloches!), ist vor dem Einschub des Bürgenberges wohl fast die ganze Riginagelfluh bis hinab zu ihrer Horwerbasis abgetragen worden. Die maximale Tiefe des Erosionsloches ergibt sich damit zu nahezu 3 km, wenn man sich dieses in die noch horizontale undislozierte Riginagelfluh eingesenkt denkt, zu gegen 4 km bei Annahme einer schon vorher mit etwa 30° nach S einfallenden dislozierten Rigizone. (Allerdings wäre, wie man sich leicht vorstellen kann, im ersten Fall trotzdem bedeutend mehr Material abgetragen worden als im zweiten.) Für die Tiefe der mit Flysch ausgepolsterten Nische von Buholz-Vitznau bestimmen wir in bezug auf den direkt östlich anschliessenden Nagelfluhsporn der Felmisegg mindestens 500 m bzw. 600 m. Die Angaben HEIMS (Lit. 78) sind jedenfalls eher zu hoch gegriffen. Die Breite der „Bürgennische“ wird von BUXTORF (Lit. 55, Fsc. X, p. 706) auf 10—15 km veranschlagt, „weil erst nördlich des Pilatus die untern Kalknagelfluhbänke der Rigiserie (Weggiserschichten) wieder einsetzen“. Frägt man sich aber, wo vor der Pilatusfront die bunten Riginagelfluhen wohl hingekommen seien und betrachtet auf der Geol. Vierwaldstätterseekarte das mächtige Vordringen der Pilatusstirn gegen N am Klimsenhorn, so wird man auch hier ohne weiteres zur Annahme ganz bedeutender abgetragener Molassekomplexe, d. h. zu einer beträchtlichen SW-Verlängerung der Bürgennische, gedrängt. Die neueste Publikation von BUXTORF (Lit. 33) bestätigt eine solche Vermutung in schönster Weise. Das von BAUMBERGER (Lit. 6) entdeckte flyschausgepolsterte Erosionsloch des Höolloch westlich der Kännelegg erweist sich darnach nur als Teil einer bedeutend grösseren Erosionsnische von Mühlmäss, die „ein fast 2 km betragendes Vorspringen der Molasse-Flyschgrenze zur Folge hat“ und für das nördliche Vordringen und die Faltenstauung der Pilatus-Decke, sowie für das Aufreissen des Lopperberg-Querbruches verantwortlich zu machen ist. Bürgen- und Pilatusnische bilden also zusammen das gewaltigste alte Erosionsloch zwischen Rhein und Aare, und der Kalknagelfluhzug der Kännelegg erscheint nur als sekundärer, gegen S vorspringender Molassesporn zwischen der westlichen, vom Pilatus eingenommenen Teinische und der östlichen Bürgen-Erosionslücke, in welche die alpine Deckenfront in den Stufen der Hochfluh, des Vitznauerstocks und des Bürgenberges nach Höhe und Tiefe gestaffelt eingebrochen ist.

Alte Erosionserscheinungen in der s. M. erweisen sich so gerade für den Sektor des Vierwaldstättersees als je länger je bedeutungsvoller, umso mehr, als auch die bemerkenswerte Diskordanzfläche, längs der die Rigi-Überschiebung auf der Birregghalbinsel die Krämerstein-Antiklinale und -Synklinale schief zum aquitanen Faltenstreichen amputiert, von BUXTORF (Lit. 33) neuerdings im Sinne einer alten Erosionsfläche am S-Rand des Aquitanien gedeutet wird. Die alte Erosion hat hier offenbar von S her durch die gesamte Rigizone hindurch noch auf die spätere aquitane äussere Zone übergegriffen.

Einen kurzen Hinweis verdient schliesslich noch das sogenannte Tiefbach-Konglomerat, das, schon ARN. ESCHER VON DER LINTH und F. J. KAUFMANN bekannt, teils zur Molasse, teils zum Flysch gestellt wurde. In seiner Hauptverbreitung bezeichnenderweise auf das Gebiet des die Flyschnischen von Buholz und Twärberg trennenden Birregg-Sporns nördlich Gersau beschränkt, betrachten wir dieses Tiefbach-Konglomerat heute mit BUXTORF (Lit. 31, p. 33—34) als aufgeschürfte Molasse-Kalknagelfluh der hangendsten Rigiserien (Scheidegg-Nagelfluh). Es ist einsteils mit Flysch verschuppt oder bildet andernteils im Gebiet von Eggen einen grösseren zusammenhängenden, direkt der Rigizone aufliegenden Komplex, sodass man hier fast von einer südlichen Molasse-Teilschuppe sprechen könnte.

Es ist demnach den vorstossenden alpinen Deckenstirnen eine gewisse aktive Aufschürfung und Umgestaltung des Molasse-S-Randes sicher nicht abzusprechen. Doch besteht diese tektonische Deformation sicherlich kaum in einer Aushobelung von Vertiefungen (tektonische Deutung der „Erosions“löcher) als vielmehr in der Zerstörung und Einebnung der die Erosionslücken trennenden, dem Vorschub besonders hinderlichen Molassesporne. Gerade die Verhältnisse am Tiefenbach, vor der Stirn des Birreggspones, weisen deutlich auf diese Zusammenhänge hin.

#### d) Zwischen Pilatus und Thunersee

bildet die Niederhorn-Teildecke (Schimberg-Schafmatt-Schrattenfluh-Hohgant-Sigriswilergrat) zusammen mit einem Saum sehr komplex zusammengesetzten subalpinen Flysches den N-Rand des alpinen Deckensystems. Als unmittelbar vorgelagerte Elemente der s. M. erkennen wir zwischen Rümlig und Gross-Emme die Hilfernzone, zwischen Gross-Emme und Thunersee die Blumenschuppe bzw. die Ralligschuppe.

Dort wo die flyschähnlichen Mergel und Sandsteine der Hilfern schichten direkt mit der subalpinen Flyschzone in Beziehung treten (dies ist z. B. der Fall zwischen Gross-Emme und Steinibach), ist die Grenze zwischen Alpen und Molasse auch heute noch nur sehr unsicher zu ziehen. Sie wird in manchen Fällen überhaupt nie genau festlegbar sein, wenn, abgesehen von der lithologischen Ähnlichkeit, noch Verschuppungen und Verknetungen von Flysch- und Molasse mergeln auftreten. Derartige Verhältnisse erwähnt besonders SCHIDER (Lit. 140, p. 27) aus dem NW der Schrattenfluh, doch sind dieselben, da nach den Beobachtungen von FRÖHLICHER (Lit. 52, p. 39) der S-Rand der Molasse auf der SCHIDERSchen Schrattenfluhkarte auf Kosten des „Flysches“ um etwa 300 m weiter nach SE zu verlegen ist, aufs neue zu überprüfen. Überhaupt wird man, nachdem sich nun da und dort „randliche Flyschmergel“ als zur Molasse gehörig erwiesen haben, der Molasse-Alpen-Grenze zwischen Rhein und Aare auch in Zukunft spezielle Aufmerksamkeit widmen müssen. Zuvor wäre einmal zu prüfen, ob sich Flysch- und Horwersandsteine sedimentpetrographisch etwa durch ihre Schweremineralführung irgendwie unterscheiden lassen. (Dass sich auf solchem Wege auch vielleicht die von FRÖHLICHER vertretene Parallelisierung Horwerschichten-Dachschiefer noch vertiefen liesse, hat A. von Moos an anderer Stelle bereits bemerkt.)

Das Phänomen aufgeschürfter Molasse innerhalb des subalpinen Flysches ist auch im betrachteten Abschnitt von verschiedenen Lokalitäten bekannt. MOLLET (Lit. 113, p. 34, Karte und Profile) erwähnt tektonisch aufgearbeitete Molasse-Kalknagelfluh aus der Gegend des Entlendurchbruches. FRÖHLICHER kartierte aufgeschürfte, an Quarzitgeröllen reiche Kalknagelfluh, sowie Einschlüsse grauer, spissiger, den Hilfern schichten nahestehender Mergel im Flysch der SE-Ecke von Blatt Escholzmatt. Das aufgearbeitete Konglomerat scheint zu der bunten Nagelfluh von Flühli in keiner Beziehung zu stehen.

Ein Schulbeispiel für die wechselseitigen Beziehungen zwischen den alpinen Randketten und den südlichsten Molassezonen ist von SCHIDER (Lit. 140, p. 29) und FRÖHLICHER (Lit. 52, p. 39) aus dem Tal der Waldemme bei Flühli namhaft gemacht worden. Zwischen Schwändelifluh und Schrattenfluh existiert (nach den Darlegungen SCHIDERS) ein Unterbruch, der auf einen Streckungsbruch zurückzuführen ist. Die Kreidekette weist als Folge hievon eine scharfe Knickung

im Achsenstreichen auf, eine Erscheinung, die sich nun innerhalb der vorgelagerten s. M., in den Hilfenschichten des Spirbergs, mit aller wünschenswerten Deutlichkeit wiederholt. Bei Flühli stossen die zwei verschiedenen Streichrichtungen mit scharfem Knick aufeinander, die Azimutdifferenz beträgt etwa  $40^{\circ}$ . Gegen den Hellschwandbach hin vermindert sich dieselbe rasch. Die Bäuchlenzone streicht wieder normal von SW nach NE durch.

Die Frage nach der Ursache dieser Knickstelle ist nicht eindeutig zu beantworten. Hat ein gegen S vorspringender Molassesporn die Kreideketten zur Streichdivergenz und zum Streckungsbruch gezwungen, wobei er selber noch deformiert wurde? Oder war die Knickung in der alpinen Randkette etwa infolge ungleichen Schubes das primäre und wurde sie den Hilfenschichten einfach sekundär aufgezwungen? Im Gegensatz zu ALB. HEIM, für den die 1. Möglichkeit ohne weiteres als die zutreffende erscheint, und für den der Sporn von Flühli ein Homologon zum Sporn von Gersau darstellt (Geologie der Schweiz, Bd. II, p. 420), erachten wir gerade die 2. Möglichkeit als die wahrscheinlichere. Nicht nur im Hinblick auf die beim Speerknick besprochenen Verhältnisse, sondern auch aus dem Grunde, weil wir kaum annehmen können, dass die (trotz teilweise beträchtlicher Sandsteineinlagerungen) relativ leicht deformierbaren, plastischen, auch morphologisch kaum zur Spornbildung befähigten Spirbergschichten die starre und mächtige Kreidekette derart weitgehend zu deformieren imstande waren. Es sei denn, man wolle im Talgrund südlich Flühli eine grössere, starre, in der Tiefe verborgene Nagelfluhmasse voraussetzen, deren Bremswirkung für die Knickung und Sprengung der Kreidefalten verantwortlich zu machen wäre. Dann müsste man gerade hier im subalpinen Flysch grössere Komplexe aufgeschürfster Nagelfluhen erwarten, solche fehlen aber nach den Aufnahmen SCHIDERS völlig.

Eine zum Spirberg durchaus analoge, durch eigene Beobachtungen an Ort und Stelle bestätigte Erscheinung lesen wir übrigens auch aus der Schafmatt-Schimbergkarte von MOLLET heraus. Die Nagelfluhzone Heuboden-Eschitannen zeigt beidseits der Entlen verschiedenes Streichen. Die Azimutdifferenz der Streichrichtungen beträgt für die südlichsten Nagelfluhhorizonte gegen  $40^{\circ}$ . Ein entsprechender Kettungsknick ist zwischen Schimberg und Risettenstock ebenfalls vorhanden. Bei der Frage nach Ursache und Wirkung würde man hier nun wohl ohne weiteres die Nagelfluhzone als den „Stein des Anstosses“ für die Deformation der Kreidedecke betrachten. Berücksichtigt man aber umgekehrt die ganz bedeutende Deformation des starren Nagelfluhklotzes, so wird man zugeben müssen, dass es auch hier nicht eindeutig möglich ist, Ursache und Wirkung auseinanderzuhalten.

Auf alte Erosionserscheinungen im Bumbachgebiet (Gross-Emmetal) hat kürzlich H. HAUS (Lit. 62, p. 668) beiläufig wieder hingewiesen, nachdem schon KAUFMANN die fast W—E-streichenden Nagelfluhzüge bei Bumbach aufgefallen waren, die, wie er (Lit. 83, p. 447) sagt, „in sehr diskordanter Richtung“ auf die östlich in ihrer Fortsetzung liegende Flyschmasse der Habchegg zulaufen.

In dieses Erosionsloch der Habchegg ist nicht nur der subalpine Flysch, sondern nach p. 157 auch die Hilfenschuppe in „quasi-alpinem“ Verhalten diskordant zur Lochsitenberg-Bäuchlen-Schuppe gegen N vorgestossen.

Die prachtvolle Knickung des Streichens zwischen der Bumbachnagelfluh und den Serien des Lochsitenberg-S-Hanges und des Hörnli geht parallel mit der

grossen Streichdivergenz zwischen Hohgant einerseits und Schrattenfluh andererseits. Auch hier kann jedenfalls von einem passiven Verhalten des Molasse-S-Randes gegenüber dem Verlauf der alpinen Randketten keine Rede sein.

Wie die schon lange bekannten Verhältnisse bei Ralligen am Thunersee darlegen, ist hier die Blumenschuppe noch nicht das südlichste tektonische Element der s. M. Am S-Rand der oberstampischen bis aquitanen Guntener Nagelfluh folgt ein schmaler Saum von Kalksandsteinen (= Ralligsandsteinen) und grauen Mergeln, deren Zugehörigkeit zum Unterstampien von BAUMBERGER 1920 (Lit. 3) erkannt wurde.

Die stratigraphisch-tektonische Situation von Ralligen war B. STUDER schon 1825 bekannt (Lit. 146, p. 37ff., Tafel I, Fig. 2; Lit. 147, p. 115—117, 350, 376) und wurde von KAUFMANN (Lit. 83, p. 511ff., Atlas Tafel XXV, Fig. 1 und 5) eingehend beschrieben. Neuere Angaben findet man bei ARN. HEIM (Lit. 68, p. 454) und BECK (Lit. 21, p. 319ff.). Es ergibt sich daraus, dass die unterstampische Ralligschuppe, die westlich des Thunersees zu grösserer Bedeutung gelangt, als steil S-fallendes Mergel-Sandsteinpaket an die Schichtköpfe der fast horizontalen, gegen S abgeschnittenen Nagelfluhen des Lehmerngrabens angepresst ist, ähnlich wie die Schangnauschuppe an die Steinmöslifluh. Die Deutung des Nagelfluh-Randes als vor dem Anschub der Ralligschuppe durch Erosion entstandene Steilwand liegt auf der Hand.

Diese Verhältnisse sind indessen, worauf ARN. HEIM (Lit. 68, p. 454—455; Lit. 78, p. 227) zuerst hingewiesen hat, allem nach nur der Beginn eines viel gewaltigeren Erosionsloches, das wir jenseits von Thunersee und Aaretal im Bereich der Préalpes voraussetzen müssen. Wie die Rigizone am Vierwaldstättersee, so brechen auch die Nagelfluhen der Blumenschuppe gegen W, gegen den Thunersee, unvermittelt ab. In ihrer streichenden Fortsetzung liegen, 6 km vom Nagelfluhabbruch bei Thun oder 12 km von der Blume, wo die Thuner Nagelfluhen noch heute bis auf über 1400 m hinaufsteigen, entfernt, die Ralligsandsteinaufschlüsse des Uebeschisee auf etwa 650 m Meereshöhe. Die Tiefe der Erosionslücke darf also auf über 800 m veranschlagt werden; sie beträgt in Wahrheit wohl über 1000 m. Wir finden damit am W-Ende des betrachteten Gebietes wieder genau die Verhältnisse wie im E zwischen Appenzell und dem Rheintal. Wie dort das Unterstampien der Eugsttobelzone in die Fähnernnische, so ist hier die Ralligschuppe in „quasi-alpinem“ Verhalten in die Erosionslücke westlich Thun vorgestossen. Und wie im E die Säntis-Decke in ein präalpines Rheintal eingebrochen ist, so erfüllen auch hier im W die Schubmassen der Préalpes einen Depressionsraum, der in seiner Anlage wenigstens zum Teil auf präalpine Erosionsvorgänge zurückgeführt werden mag.