Zeitschrift: Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwisenschaftliche Gesellschaft
Band: 61 (1925)
Heft: 2

Artikel: Neuere Ansichten über die Tektonik der subalpinen Molasse zwischen Linth und Rhein
Autor: Kesseli, Ernst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-834896

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: 13.07.2025

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

Neuere Ansichten über die Tektonik der subalpinen Molasse zwischen Linth und Rhein.

Von **Ernst Kesseli.**

Vortrag, gehalten am 10. Dezember 1924.

Seit der in den 70er Jahren erfolgten Kartierung durch *Gutzwiller* wird der tektonische Bau der subalpinen Molasse zwischen Linth und Rhein als eine Folge von 3 Antiklinalen mit 2 dazwischen gelagerten Synklinalen geschildert. Der Zweck der folgenden Ausführungen ist, zu zeigen, dass der Schub der alpinen Decken eine Tektonik schuf, die über diesen einfachen Zustand hinaus gediehen ist.

Lage der tektonischen Linien. Gutzwiller und mit ihm alle folgenden (*Ludwig, Heim)* zählen die Anti- und Synklinalen von N nach S. Der Verlauf dieser Gebilde ist nach der Gutzwiller'schen Karte der folgende:

1. Antiklinale: Berneck-Trogen-Hundwil-Kappel-Uznach;
1. Synklinale: Altstätten-Zwislen(Gais)-Gonten-Schwanzbrugg-Ebnat-Kaltbrunn;
2. Antiklinale: Altstätten-Appenzell-Lauftegg-Mistelegg-Kaltbrunn;
2. Synklinale: } Weissbad-Potersalp-Bernhalde-Nesslau-{— — —
3. Antiklinale: } {Schänis

Sie verlaufen also annähernd parallel dem Nordrand der Säntisdecke von Südwesten nach Nordosten. Die südlichen 2 Leitlinien, 3. Anti- und 2. Synklinale, halten dabei absoluten Parallelismus inne mit einem Streichen von N 50° O, während die nördlichen tektonischen Linien mehr östlich streichen, d. h. N 60° O.

Dabei liegen sie derart zwischen den 4 Nagelfluhzonen, dass die südliche Syn- und Antiklinale zwischen der Nagelfluhzone Speer-Stockberg und der Hochalp-Kronberg-Zone sich durchziehen, die mittlere Antiklinale zwischen Hochalp-Kronberg und Hundwilerhöhe-Gäbris-Zone sich hält, die nördliche Synklinale an den Südrand dieser letztern Nagelfluhzone sich anschmiegt, und die nördliche Antiklinale

zwischen der Zone Hundwilerhöhe-Gäbris und dem nördlichen Nagelfluhkomplex sich durchzieht. Die zwischen den Nagelfluhzonen sich findenden Mergelzonen sind das Aelteste. Dass in ihnen die Antiklinalen verlaufen, wäre also normal, dass aber auch die Synklinalen in ihnen sich finden, spricht schon gegen die Muldennatur dieser Gebilde.

Begriff der Anti- und Synklinalen. In der Gutzwiller'schen Terminologie, die auch von den folgenden Molasseforschern inne gehalten wurde, haben nun die Begriffe Antiklinale und Synklinale nicht die sonst übliche Bedeutung. Allgemein sind diese Ausdrücke sonst gleichbedeutend mit Sattel und Mulde. Hier, in der ostschweizerischen Molasse, bedeuten diese Ausdrücke nur Linien oder schmale Gesteinszonen. Die Modifikationen, die man diesen geologischen Gebilden antun muss, zeigen wieder an, dass es sich hier nicht um wirkliche Antiklinalen und Synklinalen handeln kann.

Mit dem geologischen Sattel hat die Antiklinale der Molasse das Gemeinschaftliche, dass auch bei ihr die Schichten der Schenkel vom First, bzw. der Antiklinallinie wegfallen und dass sich in ihrem innersten Teil die ältesten Schichten vorfinden. Analog fallen bei der geologischen Mulde und der Molasse-Synklinalen die Schichten der Schenkel gegen die Mulden- bzw. die Synklinallinie ein und finden sich im Mulden- und Synklinalkern die jüngsten Schichten. Hingegen ist die innere Schichtung der Molasse-Anti- und Synklinalen stark verschieden von der der Sättel und Mulden. Während bei diesen die Ueberleitung von den entgegengesetzt fallenden Schichten der beiden Schenkel durch horizontale Umbiegungen vermittelt wird, geht der Uebergang von den entgegengesetzt fallenden Schichten bei den Molassegebilden durch saigere Schichten, wobei aber dieser Uebergang durchaus kein gleichmässiger ist. So beschreibt *Gutzwiller* die Lagerung der ersten Antiklinalen wie folgt:[1]) „Der Uebergang von den nordfallenden Schichten zu den südfallenden wird durch senkrecht stehende Schichten vermittelt. Ueberall lässt sich beobachten, dass der (Fall-)Winkel der nordfallenden Schichten von der horizontal liegenden Molasse aus nur allmählich ein grösserer wird, bis er ungefähr 50° erreicht hat, und dass er dann sehr rasch auf 90° steigt, um für die südfallenden Schichten ebenso rasch auf 50° wieder zurück zu sinken.“ Der innere Bau der Antiklinale ist aber kein einfacher, allmählicher Uebergang von den nordfallenden über saigere zu südfallenden

[1]) Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. Lief. XIV, S. 44—45.

Schichten, sondern ist komplizierterer Natur. So schreibt denn auch *Gutzwiller:* „Nirgends aber, wo einigermassen grössere Aufschlüsse vorhanden sind, lässt sich beobachten, dass die konstant nordfallenden Schichten allmählich in senkrecht stehende und dann in konstant südfallende übergehen, vielmehr zeigt sich immer, dass die nord- und südfallenden Schichten mit senkrecht stehenden öfters wechseln." Diese Zone der saigern oder annähernd saigern Schichtstellung ist nach *Gutzwiller* Antiklinale.

In ähnlicher Weise sucht er die Synklinalen ebenfalls in Zonen saigerer Schichtstellungen zwischen zwei grössern, gegeneinander fallenden Schichtpaketen. Auch hier, wie bei der Antiklinale, finden sich in dieser Zone nicht bloss senkrecht stehende Schichten, sondern ein Wechsel von solchen mit N und S fallenden Schichten.

Trotz dieser von Sattel und Mulde abweichenden Lagerung, sucht *Gutzwiller* doch nach Sattel- und Muldenumbiegungen, findet aber nur wenige Rudimente dieser Gebilde. So erwähnt er[1]) ein halbes Gewölbe bei Trogen, eine Umbiegung bei der obern Lochmühle am Rotbach, einen obersten Teil eines geschlossenen Gewölbes zwischen Hargarten und Schmidten, eine gewölbeartige Umbiegung im S der Auermühle an der Urnäsch. *Ludwig* erwähnt ebenfalls ein Gewölbe-Relikt von der Goldach. Muldenumbiegungen wurden bisher überhaupt keine gefunden. Es ist bezeichnend für diese Gewölbe, dass sie sehr selten sind, auch meist ganz undeutlich und schwer erkennbar, dass oft nur ein halbes Gewölbe sich findet, und dass sie durch Abwitterung wieder verschwinden können. Die schönste angebliche Umbiegung, das geschlossene „Gewölbe" zwischen Hargarten und Schmidten beim Punkte 802, Gemeinwerk, an der Strassenböschung, ist überhaupt kein Gewölbe, sondern liegt ganz in südfallenden Schichten. Eine Kluft ist es, die durch ihre Bogenform dieses Gewölbe vortäuscht. Nach der östlichen, rechten Seite des Aufschlusses verläuft sich diese Kluft an der Bankung, nach der westlichen, linken Seite setzt sie deutlich, in spitzem Winkel, durch die feine Schichtung durch. Da zugleich im westlichen Teil des Aufschlusses sehr fein geschichtete Sandsteine sich finden, die ca. 10 m nach Osten in härtere, undeutlich gebankte Sandsteine übergehen und das Ganze sehr stark zerklüftet ist, ist es begreiflich, dass diese deutliche, bogenförmige Kluft zu einem Irrtum Veranlassung gab. Ebenso kann die Umbiegung am Rotbach nicht als Gewölbe angesprochen werden.

[1]) Beiträge XIV, S. 45—49.

Während nun *Gutzwiller* nicht gewagt hat, in seinen Profilen mehr als das Beobachtete darzustellen, nur an wenigen Stellen sein gemessenes Schichtfallen einträgt und skizzenhaft einige unsichere Luftsättel zieht und sich über den genauern Aufbau von Anti- und Synklinalen überhaupt nicht ausspricht, geht *Heim* in seiner *„Geologie der Schweiz"* bedeutend weiter. In seiner Profiltafel VI, wo er die Gutzwiller'schen Profile wiedergibt, zeichnet er Anti- und Synklinalen in schönem Fächerbau. Sich darauf stützend, dass der Uebergang von den N fallenden zu den S fallenden Schichten durch senkrecht stehende Schichten vermittelt werden muss, zeichnet er den Uebergang höchst gleichmässig. Hierzu gibt er noch auf Seite 169 je 5 Querprofile durch Anti- und Synklinalen, bei denen er dieselbe Gleichmässigkeit des Ueberganges vom einen Flügel durch die saigeren Schichten der Mitte zum andern Flügel angibt. Dies entspricht, wenigstens für die Ostschweiz, durchaus nicht den Tatsachen. Eine deutliche Antiklinale ist überhaupt nur die erste. Hier zeigt sich nun wohl ein allmähliches Ansteigen des Fallwinkels, aber nur im Nordflügel. Das Fallen steigt an, bis auf den Wert von 45—50°, wie es schon *Gutzwiller* feststellte. Im Südflügel der ersten Antiklinale hingegen ist ein ziemlich konstantes Fallen von 45—40°. Diese beiden entgegengesetzt fallenden Schichtpakete reichen nun bis nahe an den Antiklinalkern heran, und in diesem, der eine schmale Zone von ca. 500 m einnimmt, zeigen sich einzig Fallwinkel über 50°. Doch auch hier, in diesem zentralen Teil, herrscht durchaus kein allmählicher Uebergang von den N fallenden über saigere zu den S fallenden Schichten, sondern, wie schon aus der Gutzwiller'schen Beschreibung dieser Zone zum Teil hervorgeht, ein grossartiges Durcheinander von saigern, N fallenden, S fallenden Schichten, von Gewölberelikten, verquetschten Mergeln, quer gestellten Sandsteinbänken, Sandstein- und Mergellinsen, in Quader zerrissenen Sandsteinbänken, haufenweise vorkommenden Harnischen, kurz und gut, das Durcheinander einer Quetschungszone. Es ist auch nicht vorstellbar, wie die idealen Heim'schen Fächerfalten aus ursprünglich horizontal liegenden Schichten sich entwickelt haben könnten. In der Natur zeigen sich zwei einheitliche Schichtpakete aus harten und massiven Sandsteinen und Nagelfluh, zwischen denen in schmaler Zone Mergel, Sandsteine zerdrückt, zerquetscht, zerrissen und verstellt wurden.

Dass die südlichen Gutzwiller'schen Anti- und Synklinalen über

den Sattel- und Muldenzustand weit hinaus sind, wird im spätern noch zu zeigen sein.

Morphologie des Gebietes. Der tektonische Bau eines Gebietes spiegelt sich, falls er nicht zu kompliziert ist, in seinen Oberflächenformen wieder. Dies trifft auch für die subalpine, ostschweizerische Molasse zu. Drum sei hier ein Blick auf die Oberflächenformen des Gebietes geworfen. Jede gute topographische Karte zeigt vier, den Nagelfluhzonen entsprechende Ketten. Der nördliche Kammlinienkomplex der vierten Nagelfluhzone lässt in seinem nördlichen Teil im Gebiete des Hörnli keine Regelmässigkeit im Streichen der Kämme erkennen. Gegen S aber wird das Streichen der Kämme dann einheitlicher, um am Südrand dieser Zone in einigen Parallelkämmen in den stereotypen Wert N 60° O überzugehen. Die Nordseite dieser Kämme ist im Ganzen flacher geböscht und entspricht den Schichtflächen. Nach S sehen die Schichtköpfe ins Längstal Ricken-Heiden und verursachen, besonders in den obern Partien, die durch Nagelfluh gebildet werden, Steilabstürze. Die südliche Kammlinie wird bezeichnet durch die Höhen Tweralpspitz, Köbelisberg, Wilkethöhe, Aemisegg, Risi, Rechberg, Fröhlichsegg, Birt und Rossbüchel. Die zweite Kette wird gebildet durch Hochhamm, Hundwilerhöhe, Saul, Gäbris, St. Anton, Meldegg. Die Schichtköpfe schauen hier nach Norden, die Südseite entspricht den Schichtflächen. Die morphologischen Kleinformen lassen auch am Südhang dieses Kammzuges das Südfallen der Schichten bis an den Fuss der Kämme erkennen. Zwischen diesen beiden Ketten von Wilket und Hundwilerhöhe zieht sich vom Ricken über Peterzell, Hundwil nach Heiden ein Längstal. Im Süden der zweiten Kette schliesst sich ebenfalls ein Längstal an, das von Schwanzbrugg über Urnäsch, Appenzell und den Stoss nach Altstätten sich zieht. Die dritte Kette wird durch Hübschholz, Speicher, Hochalp, Kronberg und Klosterspitz gebildet. Sie zeigt den gleichen morphologischen Bau wie die zweite Kette. Die Schichtköpfe sehen nach N, die Schichtflächen nach S. Hinter ihr ziehen sich die Längstäler des Weissbaches, der Lutern und des Jenbaches durch, welche im S durch die vierte Kette, die im Speer, Blässkopf und Stockberg kulminiert, begrenzt werden. — Dieses ganze System von Längstälern und Längskämmen wird nun geschnitten von einem System von Quertälern, die teils als Durchgangstäler ausgebildet sind, wie das Tal der Thur, der Sitter, der Linth und des Rheines, teils als Quelltäler in der Molasse noch ihren Talschluss finden, wie das Tal des Neckers, der Urnäsch,

des Rotbaches und der Goldach. — Nach SW stellen sich in dieser einfach skizzierten Morphologie Komplikationen ein dadurch, dass die Kette Hundwilerhöhe-Hochhamm und mit ihr das im Süden anschliessende Längstal Altstätten-Schwanzbrugg am Necker enden, und dass das zwischen der 3. und 4. Kette sich findende Längstal von Weissbach und Lutern nach Westen auskeilt, so dass hier die beiden Längsketten zu einer Kette von solcher Breitenentwicklung verschmelzen, dass sich in ihr statt Längskämmen Querkämme bildeten.

Erklärung der Morphologie auf Grund der Gutzwiller'schen Tektonik. *Früh* setzte gleich nach der Kartierung des Gebietes durch Gutzwiller seine Morphologie in Parallele mit der ermittelten Tektonik.[1]) Er fasst aber die Begriffe Antiklinale und Synklinale als richtige geologische Sättel und Mulden auf. So fand er, dass die Antiklinalen alle aufgebrochen seien, die in ihrem Innern sich findenden weichern Massen zu Tälern erniedrigt wurden, während die härtern Flügel als Kämme erhalten blieben, die ihre Schichtköpfe gegen das Antiklinaltal wenden. Dies gilt nun allerdings bloss für die 1. oder nördliche Antiklinale, wo nun wirklich die nördliche Kette in Tweralpspitz, Wilket, Eggen und Rossbüchel ihre Schichtköpfe nach S wendet und die südliche Kette in Hochhamm, Hundwilerhöhe, Gäbris, Meldegg mit ihren Schichtköpfen nach N sieht. Bei der 2. Antiklinalen ändert sich das Bild. Hier findet sich nur eine Kette, die die Schichtköpfe gegen die Antiklinale kehrt, die im S gelegene Hochalp-Kronberg-Kette, während die im N gelegene Kette Hochhamm-Hundwilerhöhe die Schichtflächen gegen dieses Antiklinaltal wendet. Um im Einklang mit der *Gutzwiller*'schen Tektonik zu bleiben, muss *Früh* annehmen, dass der morphologisch fehlende Nordflügel der 2. Antiklinale restlos abgewittert sei. Das gleiche ist beim dritten Sattel der Fall, wo auch bloss die südliche Kette Speer-Stockberg ihre Schichtköpfe ins antiklinale Luterntal dreht, während die von N hereinschauenden Schichtköpfe fehlen. Auch hier muss Früh zur Annahme greifen, dass der N-Flügel der 3. Antiklinalen vollständig abgewittert sei. Wenn man nun die den abgewitterten Nordflügeln entsprechenden Südflügel betrachtet, so finden sich kilometermächtige Schichtpakete von Sandsteinen und harter Nagelfluh, so dass einem die Vorstellung der vollständigen Abwitterung sehr eigenartig vorkommt. Zudem muss man sich fragen, wieso es denn gerade die der Erosionsbasis fernern Südflügel der

[1]) J. Früh, Geol. Begründung der Topographie des Säntis und der Molasse. Jahrbuch d. St. Gall. Naturw. Ges. 1879/80, S. 275 u. ff.

Mulden sein mussten, die abwitterten, während die Nordflügel erhalten blieben. Die einfache Gutzwiller'sche Tektonik widerspricht daher auch der Morphologie.

Aus der Morphologie abzuleitende Tektonik. Von den 3 Längstälern kann nur ein einziges als Antiklinaltal angesprochen werden, das Längstal Ricken-Hundwil-Heiden, denn hier fallen wirklich zu beiden Seiten des Tales die Schichten gegen den Berg ein. Die beiden andern Längstäler Schwanzbrugg-Altstätten und Nesslau-Weissbad aber sind keine Antiklinaltäler, sondern Isoklinaltäler, denn die Schichten fallen auf beiden Talseiten gleich und zwar südlich ein. Dementsprechend lassen sich bloss über der ersten Antiklinale die beiden Flügel zu einem Sattel ergänzen. Die beiden Isoklinaltäler aber verlangen zu ihrer Entstehung einen Komplex gleichfallender Schichten, in dem Schichtreihen von weichen und harten Gesteinen miteinander wechseln. Das Gebiet südlich der ersten Antiklinalen erweist sich also nach seiner Morphologie entweder als eine ganz normale Lagerung oder als eine aus Ueberschiebungen hervorgegangene Wiederholung der gleichen Schichtpakete, eine geologische Schuppung. Die ungeheure Mächtigkeit des Südflügels, die sich bei der Annahme einer normalen Lagerung ergäbe, und die im Nordflügel, d. h. der 4. Nagelfluhzone, durchaus kein Aequivalent in der Mächtigkeit fände, macht diese einfache, nur aus einem Sattel bestehende Tektonik der subalpinen Molasse unwahrscheinlich. Gänzlich fallen lassen muss man diese Annahme, falls man die petrographischen Verhältnisse auch nur ganz grob vergleicht. Während sich auf dem Südflügel dieses Sattels mächtige Lagen von Mergeln und Sandsteinen zwischen starken Nagelfluhpaketen finden würden, würde sich auf dem Nordflügel bloss eine Nagelfluhzone zeigen. Die Scheidung dieser Zone in 3 Pakete durch zwischengelagerte mächtigere Sandstein-Mergelmassen fehlt. Sowohl Mächtigkeitsdifferenzen als zonarer Aufbau sprechen gegen einen einfachen Sattel. Das Gebiet südlich des Sattels der 1. Antiklinalen muss daher als geschuppt angesehen werden. Der zonare Aufbau in der Wiederholung der Sandstein-Mergel- und Nagelfluhzone legt diese Annahme noch besonders nahe. Da in den beiden Flügeln des Sattels der 1. Antiklinalen die Nagelfluh das Hangende, die Sandsteine und Mergel das Liegende bilden, muss auch in der südlich daran anschliessenden Schuppung dieselbe Lagerung als normal angesehen werden. Die Mergel-Sandsteinzone Schwanzbrugg-Appenzell-Altstätten mit der überlagernden Nagelfluh Hochalp-Kronberg

stellt daher die eine, nördliche Schuppe, die Mergel-Sandsteinzone Weissbach-Luterntal mit der auflagernden Nagelfluh Speer-Blässkopf-Stockberg die 2., südliche Schuppe dar.

Entsprechend dem bereits geschilderten Auskeilen der 2. Nagelfluhkette am Necker ist anzunehmen, dass die nördliche Schuppe nach W in steigendem Masse den Südflügel des Sattels überfuhr und unter sich begrub, während das Auskeilen der südlichen Mergelzone und mit ihm das Verschwinden des Längstales einer Abscherung oder einem primären Auskeilen der Mergelschichten oder einer etwas quer zum Streichen angelegten Ueberschiebungsfläche zugeschrieben werden kann.

Die geologische Karte. Die *Gutzwiller*'sche Karte des Gebietes[1]) zeigt schon diesen Schuppenbau des südlichen Gebietes und die Sattelnatur der ersten Antiklinalen, obwohl der Autor selber diesen Bau nicht mutmasste.

Der Südrand der nördlichen Nagelfluhzone ist ziemlich scharf. Sehr scharf mit einigen dureh die ganze Länge durchsetzenden Bänken ist die Nordgrenze der 3. Nagelfluhzone Hundwilerhöhe-Gäbris. Die beiden entsprechen sich als petrographisches Aequivalent und kennzeichnen durch ihr entgegengesetztes Fallen deutlich die Sattelnatur der 1. Antiklinale.

Ganz verschieden vom Nordrand ist der Südrand der 3. Nagelfluhzone beschaffen. Hier finden sich keine dem Südrand auf seiner ganzen Länge entlang laufenden Bänke. Die Streichrichtung der Bänke stösst in spitzem Winkel auf diesen Südrand auf. Die Nagelfluhbänke brechen daher am Südrand der Zone ab. Von den ca. 20 von Gutzwiller bei Appenzell eingezeichneten Bänken setzt eine nach der andern, und zwar vom Hangenden zum Liegenden, nach O und besonders nach W hin aus, bis schliesslich bei Schwanzbrugg noch die 2 liegendsten Bänke, die den Nordrand der Zone so scharf begrenzen, vorhanden sind. (Gegenüber der *Gutzwiller*'schen Kartierung und Beschreibung ist allerdings noch nachzutragen, dass die Nagelfluh nicht am Necker aufhört, sondern noch über ihn hinwegsetzt, allerdings nicht allzuweit, und dass es nicht bloss 2 Nagelfluhbänke sind, die hier anstehen, sondern 6—8, die gleich hinter Schwanzbrugg im Neckerbett ausstreichen.) Dieses kartographische Bild der 3. Nagelfluhzone widerspricht einer synklinalen Natur dieser Zone. Wollte man daran denken, dass das Schmälerwerden dieser Zone nach W seinen Grund in einer

[1]) Geol. Karte der Schweiz, 1 : 100,000, Blatt IX.

Hebung der Muldenachse in der gleichen Richtung hätte, so müsste sich die synklinale Natur in umlaufendem Streichen am Westende dieser Zone zu erkennen geben. Dabei müssten nicht bloss die tiefsten, jetzt vielleicht durch Alluvium und Diluvium verdeckten Bänke dieses umlaufende Streichen zeigen, sondern auch die höher liegenden, bis hinauf zu den höchst gelegenen müssten an ihren Westenden Umbiegungen zeigen, die eine nördlich und eine südlich gelegene Bank miteinander verbinden würden. An keiner Bank lässt sich aber dieses umlaufende Streichen konstatieren; die Streichung bleibt immer N 60° O, dadurch anzeigend, dass der Südflügel des nördlichen Sattels noch weiter nach W reicht, wo wir ihn aber infolge der Ueberdeckung durch die nördliche Schuppe des Kronberges nicht mehr erkennen können. Ein blosses primäres Auskeilen der Nagelfluh in westlicher Richtung ist ebenso undenkbar, denn dann müsste das Streichen der Nagelfluhbänke unverändert über den Südrand der Zone hinaus in die Sandsteine und Mergel übergehen. Dies findet aber nicht statt, wie schon aus der *Gutzwiller*'schen Karte hervorgeht, denn genau dem Südrand entlang verläuft die blaue Linie der nördlichen Synklinalen, d. h. des Gebietes saigerer und beinahe saigerer Schichtstellung. Längs diesem Südrand stossen demnach 2 tektonisch verschiedene Gebilde aneinander, im N ein ca. 40—45° S fallender Schichtenstoss, im S eine Zone wirrer, um den Wert 90° schwankender Schichtstellung, in der allerdings sich noch einzelne kurze Nagelfluhbänke finden, so dass der tektonische Südrand der 3. Nagelfluhzone nicht ganz mit dem petrographischen Südrand übereinstimmt. Der Südrand der dritten Nagelfluhzone ist demnach eine Diskordanzfläche, eine Ueberschiebungsfläche von allerdings zonarem Ausmass, indem eben die Zone der wirren Lagerung der Ueberschiebung entspricht.

Ein ähnliches kartographisches Bild zeigt die Grenze zwischen der Kronberg-Hübschholz-Nagelfluhzone und der Weissbach--Lutern-Sandsteinzone. Auch hier wieder ein unvermitteltes Absetzen der bunten Nagelfluhbänke am Südrand der Zone, während der Nordrand der Zone, genau wie bei der vorigen Kette, auf der ganzen Längserstreckung scharf ist. Auch hier zeigt sich nach dem einen Ende hin, diesmal das östliche, eine Abnahme der Zahl der Nagelfluhbänke, ohne dass diese Bänke etwa auskeilten, denn sie werden im S durch eine die Streichrichtung im spitzem Winkel schneidende Zone wirrer Lagerung, die durch die Gutzwiller'sche südliche Synklinale dargestellt wird,

abgeschert. Auch hier zeigt sich am Ostende kein umlaufendes Streichen, das berechtigen würde, diese Nagelfluhzone als Mulde aufzufassen. Die *Gutzwiller*'sche Antiklinale und Synklinale des Weissbach- und Luterntales können zusammen infolge ihrer unübersichtlichen Lagerung als Ueberschiebungszone aufgefasst werden. Hinzu tritt noch, dass längs dem Südrande stratigraphisch Verschiedenes zusammen stösst, indem an der Basis der südlichen Mergelzone Kalknagelfluh, die unter der polygenen Nagelfluh sich findet, an die jüngere, bunte Nagelfluh des Kronberges anstösst. *Albert Heim* hat daher schon in seiner Wiedergabe der *Gutzwiller*'schen Profile an dieser Stelle eine Ueberschiebung eingetragen.

Es zeigt sich also, dass schon aus der *Gutzwiller*'schen Kartierung ein nördlicher Sattel mit 2 südlich angeschobenen Schuppen als Tektonik der subalpinen, ostschweizerischen Molasse herausgelesen werden kann.

Die Profile. Es gilt nun, die Uebereinstimmung der durch die Quertäler von Goldach, Rotbach, Sitter, Urnäsch, Necker und anderer konsequenter Wasserläufe geschaffenen Querprofile mit den obigen Reflexionen darzulegen.

Zunächst der nördliche Sattel, die erste Antiklinale. Gutzwiller hat nicht einmal mit Sicherheit die Sattelnatur dieser Antiklinale behauptet, indem er auf grosse petrographische Verschiedenheiten der beiden Flügel hinwies. Auch in der Altersbestimmung setzte er die beiden Flügel nicht gleich, indem er den Nordflügel der untern, mittlern und obern Molasse (mi, mm und ms) zuzählte, dem Südflügel aber nur mi-Alter gab. Trotzdem verband er aber in seinen Profilen die beiden Flügel durch einen Luftsattel. Betrachtet man den petrographischen Aufbau der beiden Flügel, so findet man in beiden als Hangendes die bunte Nagelfluh. Gutzwiller setzte sie aber nicht gleichaltrig, was befremden muss, denn km-mächtige Ablagerungen können nicht gut in 6—8 km Entfernung auskeilen und durch petrographisch gleiche, in entgegengesetzter Richtung ebenfalls auskeilende, km-mächtige Ablagerungen überdeckt werden. Petrographische Gleichartigkeit in solch mächtigen Komplexen berechtigt doch zur Annahme der relativen Gleichaltrigkeit, besonders wenn, wie im folgenden zu zeigen sein wird, die petrographische Gleichheit sich nach dem Hangenden und Liegenden hin wiederholt. Gegen die Sattelnatur spricht des weitern, dass sich die Abtwil-Degersheimer Kalknagelfluh des Nordflügels im Südflügel nicht wiederfindet. Doch ist diese Nagelfluh weder mächtig, noch im Streichen ausgedehnt, denn in Schachen, wo sie heute gebrochen wird, ist es schon keine

Kalknagelfluh mehr, sondern polygene. Gleichgeblieben ist nur das Kalzitbindemittel. Dass diese lokale Bildung sich im Südflügel nicht wiederfindet, kann nicht verwundern, denn auf 8—10 km ist ein Auskeilen dieser Bank sehr wohl möglich; besonders bei der primären Deltaschichtung. Ein weiteres Argument, das die Sattelnatur in Zweifel zieht, ist der granitische Sandstein. Nach Gutzwiller findet er sich östlich der Linth nur im Nordflügel der ersten Antiklinale.[1]) Dem ist aber durchaus nicht so. Schon *Ludwig* macht die Einschränkung, dass nur der typische granitische Sandstein sich nördlich der Antiklinale finde.[2]) Er findet sich aber in typischer Ausbildung, sowohl als Knauersandstein, als auch als fester blauer Sandstein, in starken Bänken und Bankkomplexen im ganzen Südflügel. Er hält sich dabei an den Nordrand der Nagelfluhzone Hochhamm-Gäbris. An der Goldach steht er im Baschenloch an, am Bruderbach hinter Trogen, wo ihn schon Gutzwiller, trotz seiner gegenteiligen Feststellung fand.[3]) Er findet sich weiter an der Weissegg, dem Scheitelpunkt der Strasse Trogen-Bühler; strassab gegen Bühler sieht man ihn verschiedene Male in Wechsellagerung mit den untersten, als Kalknagelfluh ausgebildeten Bänken der Gäbriszone. Man findet ihn weiter bei Mühlpass, an der Strasse von Bühler nach Gais. Südlich Bühler bildet er den isolierten Hügel 854 in der Talsohle. Er erscheint auch in einigen starken Bänken im Bache, der östlich von Kohlofen herunterkommt. Er findet sich dann wieder zu beiden Seiten der Sitter, bei Mittelholz südlich Haslen und bei Mühlbach, Säge und Hargarten auf dem linken Sitterufer. Beim Sonder, nördlich Zürchersmühle, wechsellagert wieder typischer granitischer Sandstein mit den untersten Bänken reiner Kalknagelfluh des Südflügels. Schliesslich erscheint noch granitischer Sandstein in verschiedenen Bänken bei Schwanzbrugg, wo ihn Gutzwiller auch schon zwischen den untersten südfallenden Nagelfluhbänken sah.[4]) Sowohl im Nord- als auch im Südflügel findet sich demnach als Liegendes der polygenen Nagelfluh ein Schichtenstoss, der verschiedene starke Bänke granitischen Sandsteins enthält, wobei dieser Sandstein im Südflügel allerdings mit einigen Bänken von Kalknagelfluh, die das Liegende der Nagelfluh des Südflügels bilden, vergesellschaftet

[1]) Beiträge, Lief. XIV, S. 35 u. XIX, S. 8.

[2]) Die geologischen Verhältnisse in „Die Stadt St. Gallen und ihre Umgebung", St. Gallen, 1916, S. 34.

[3]) Beiträge, Lief. XIV, S. 45 u. 46.

[4]) Beiträge, Lief. XIV, S. 50—51.

ist. Diese Nagelfluh findet sich auf dem Nordflügel nicht. Auch scheint die Zahl der Bänke granitischen Sandsteins im Nordflügel grösser zu sein als im Südflügel. Diese beiden Erscheinungen lassen sich aber leicht aus der ursprünglichen Deltaschichtung begreifen, die sich ja durch Mächtigkeitswechsel, sowohl in streichender, als auch in fallender Richtung des Schwemmkegels, auszeichnet. — Im obern Teil der polygenen Nagelfluh des Nordflügels tritt polygene, rotbindemittlige Nagelfluh auf, die von der Bernegg ob St. Gallen über Kräzern, Gübsenweiher bis Bahnhof Herisau gut aufgeschlossen ist. Dieselbe rote Farbe des Bindemittels findet sich auch in einzelnen höchsten Bänken des Südflügels, so beim Sammelplatz, bei P 788 der Rapisau zwischen Hargarten und Appenzell und bei Landscheide zwischen Jakobsbad und Urnäsch. Da diese Farbe des Bindemittels auf klimatische Erscheinungen des Sammelgebietes der tertiären Geröllströme zurückgeführt werden muss, sind wir auch hier genötigt, diese Ablagerungen in zeitliche Parallele zu setzen. — Aus den angeführten petrographischen Uebereinstimmungen von Nord- und Südflügel geht daher hervor, dass die beiden zusammengehören und zu einem ursprünglichen Sattel ergänzt werden müssen.

Es bleibt nur die vom gewöhnlichen Stattel abweichende Lagerung zu erklären. Der Nordflügel zeigt ein langsames Ansteigen des Fallwinkels. Dies kann auf Faltung mit gleichzeitiger Anlagerung neuer Schichten, die dann naturgemäss flach an die gehobenen sich anlagerten, zurückgeführt werden, oder auf eine primäre oder sekundäre Konkavität des Nordflügels überhaupt. Der Südflügel zeigt, mit Ausnahme der Gegend des Sommersberges, die als tektonisch fremdes Stück an den Südflügel angelagert erscheint, ein einheitliches Fallen von 40—45°. Zwischen diesen beiden Flügeln findet sich in einer durchschnittlichen Breite von 500 m die Mittelzone mit wirrer Lagerung. In den zugänglichen Profilen zeigt sich, dass saigere mit N- und S-fallenden Schichten wechseln. Hier finden sich auch die Gewölberelikte, dazu verbogene und zerquetschte Mergellagen, durch Zerrung in Quadern aufgelöste Sandsteinbänke. In den Mergeln zeigen sich haufenweise Kalzitharnische, so dass kaum ein Mergelstück ohne Harnisch sich findet. Auch in den Sandsteinen dieser Zone finden sich die Harnische, doch nicht in dieser Menge. Die gleichen Kalzitharnische in den Mergeln und zerrissenen Sandsteinbänken fanden sich nach *Heim* auch im Rickentunnel, der die

erste Antklinale durchsetzt.[1]) Im Profil der Sitter zeigt sich auch, dass Mergel und Sandsteine zu grössern Linsen zerrissen sind. Diese Linsen weichen in ihrem Streichen nicht unerheblich ab vom Kardinalstreichen, so dass sie also quergestellt sind. Schliesslich fehlen auch nicht deutliche Ueberschiebungen. Am Rotbach, an der obern Lochmühle, erscheint der Nordflügel auf gebogene, saigere Schichten der zentralen Zone aufgeschoben; südlich des Steges von Niederstein nach Haslen (Würzen-Christes) sind südfallende Kalksandsteine gegen diese Mittelzone aufgeschoben. Diese Antiklinalzone ist demnach eine Quetschungszone. Die beiden Flügel wurden zum mindesten aneinander gepresst, wobei die ungefähr saigere Einstellung der Schichten der gequältesten Zone auf fehlende Belastung von oben schliessen lässt. Die 1. Antiklinale muss also zur Zeit dieser Pressung bereits aufgeschlossen gewesen sein. Wahrscheinlich hat auch eine Verstellung der beiden Flügel gegeneinander stattgefunden. Angrenzend an diese Pressungszone finden sich im Nordflügel rote Mergel, die im tiefsten Teil des Südflügels noch nicht nachgewiesen wurden, so dass ein relatives Absinken des Südflügels gegenüber dem Nordflügel an dieser Stelle wahrscheinlich ist.

Der Kontakt der mittlern oder Kronbergschuppe mit dem Südflügel des Sattels ist einigermassen aufgeschlossen in den Tobeln des Kaubaches und Kronbaches. Bis südlich des Längstalstückes des Kaubaches beim Gonterbad reicht die südfallende Nagelfluh der Kronbergzone. Daran anschliessend findet sich wieder eine schmale Zone wirrer Gesteinslagerung mit saigern, N- und S-fallenden Schichten, mit zerrissenen Sandsteinen, mit gequälten und an Harnischen reichen Mergeln. Gleich südlich der Eisenbahnbrücke findet sich am Kaubach eine Stelle, wo die Wand eines Aufschlusses schachbrettartig von dunkeln Nagelfluh- und hellen Sandsteinblöcken gebildet wird, so dass man nicht imstande ist, die einzelnen Blöcke zu den entsprechenden Bänken zu vereinigen. Hier mag die Zone ca. 500—800 m breit sein; dahinter findet sich wieder regelmässiges Schichtfallen in Kalksandsteinen, Mergeln und hangender, bunter Nagelfluh, die den Kamm Kronberg-Sollegg aufbaut. Weniger aufgeschlossen erscheint der Kronbach, doch ist auch hier, anschliessend an die S-fallende Nagelfluh der Hundwilerhöhe, in schmaler Zone ein Wechsel von N- und S-fallenden Schichten mit saigern kenntlich, mit gezerrten Sandsteinen, gepressten Mergeln und häufigen Harnischen. Auch hier findet

[1]) Alb. Heim, Geol. d. Schweiz, Bd. I, S. 180.

sich also eine Quetschungszone. Nördlich und südlich derselben steht zweimal dasselbe an: liegende Sandsteine und Mergel, unter ihnen der granitische Sandstein, der im südlichen Teile zwischen dem Rossfall und Urnäsch, beim Riegel von Dürrenbach ansteht; darüber einige Bänke Kalknagelfluh und mächtige hangende Massen polygener Nagelfluh. Es erscheint hier also wieder die Ueberschiebung. Dass hier am Südrand der Nagelfluhzone Hundwilerhöhe-Gäbris auch die mit einer Ueberschiebung einhergehenden Abreissungen und Verschleppungen vom Liegenden stattfanden, zeigen die vom Rheintal bis zum Necker am Südrand dieser Zone anzutreffenden saigern oder beinahe saigern Nagelfluhbänke, die meist nach ganz kurzer Erstreckung endigen. *Gutzwiller* zählte sie bereits auf.[1]) Petrographisch gehören sie zur Nagelfluhzone, tektonisch stehen sie ihr aber fremd gegenüber und machen eben einen Teil der Ueberschiebungszone aus. Diese Ueberschiebungszone entspricht der *Gutzwiller*'schen nördlichen Syn- und mittlern Antiklinalen, die er durch saigere Partien in dieser Zone wirrer Lagerung legt, um so zu Sätteln und Mulden zu kommen.

Auch am Südrand der Kronbergzone kann die *Gutzwiller*'sche antiklinale und synklinale Schichtstellung, die sich hier auf ganz engem Raume zusammendrängt, in einfacherer Weise als Quetschungszone gedeutet werden. Auch hier also wieder, statt kleiner Mulden und schiefer Sättel, eine einheitliche Ueberschiebung, die, wie schon im vorigen Absatz angedeutet wurde, durch die petrographische und stratigraphische Verschiedenheit des nördlich und südlich Anstehenden noch sicherer wird.

Auch die Profile zeigen den gleichen tektonischen Aufbau, den schon die Morphologie und geologische Karte uns gaben: einen nördlichen Sattel mit 2 südlich angeschobenen Schuppen.

Phasen der Molasse-Dislokation. Der Sattel der ersten Antiklinalen zeigt in seinem Aufbau, dass seine Bildung in zwei Phasen vor sich ging. Die saigere Lage der Schichten der gequetschten Zone erweist, dass der Sattel zur Zeit der Pressung bereits geöffnet war, so dass die gequälten Schichten nach oben ausweichen konnten. Es muss also der primären Faltung eine sekundäre Pressung in stark aufgeschlossenem Zustand gefolgt sein.

Es gilt nun, die Ursachen dieser beiden Phasen innerhalb der alpinen Deckenbewegung aufzusuchen. Den Schlüssel hierzu gibt uns die Speerschuppe.

[1]) Beiträge, Lief. XIV, S. 57—65.

Saigere Zone N.-Flügel

Abb. 1. Aufschiebung des steifen Nordflügels auf die verbogenen und saigern Schichten der gepressten Zone des 1. Sattels. — Obere Lochmühle am Rotbach.

Kluft

Abb. 2. Gebogene Kluft in S-fallenden Sandsteinen, die ein Gewölbe vortäuscht. Gemeinwerk an der Strasse Hargarten-Hundwil.

Abb. 3. Saigere und verstellte Bänke (Felskopf links und Unterlagerndes) in der Pressungszone des ersten Sattels. — Sittertobel zwischen Niederstein u. Haslen.

Abb. 4. Gequälte und gezerrte Sandsteine und Mergel am Kronbach hinterm Jakobsbad. 2. Sattel.

Vergleicht man die Verteilung der polygenen und Kalknagelfluh in den 4 tektonischen Gebilden, so ergibt sich die folgende Zusammenstellung:

Tektonisches Gebilde	Kalknagelfluh	Polygene Nagelfluh
Nordschenkel des Sattels . .	0	2—3000 m
Südschenkel des Sattels . .	3 – 400 m	Maximum 1800 m
Nördliche Schuppe (Kronberg)	W 12—1400 m O 4—600 m	Maximum 1500 m
Südliche Schuppe (Speer) . .	3500—4000 m	0

Innerhalb der nördlichen drei tektonischen Stücke, N- und S-Schenkel des Sattels und Kronbergschuppe, nimmt die polygene Nagelfluh nach S ziemlich kontinuierlich ab, die Kalknagefluh ziemlich gleichmässig zu. Von der Kronbergschuppe zur Speergruppe hingegen zeigt sich ein grosser Sprung. Die bunte Nagelfluh geht von 1500 m Mächtigkeit auf 0 zurück; die Kalknagelfluh nimmt von 12—1400 m sprunghaft auf 3500—4000 m zu. Die drei nördlichen Stücke stehen also in naher fazieller Verwandtschaft; die Speergruppe hingegen steht dem Ganzen völlig fremd gegenüber. Zugleich weicht die Natur der Kalknagelfluh und besonders des Bindemittels im Speergebiet sehr erheblich von der der Kalknagelfluh der übrigen Zonen ab. Sowohl die Mächtigkeitsdifferenzen, als auch der petrographische Unterschied zwischen Speer- und Kronbergzone deuten darauf hin, dass der Abstand der beiden primär grösser gewesen sein muss als der zwischen der Kronbergzone und dem Südschenkel des Sattels. Die Speerschuppe muss daher aus beträchtlicher südlicher Entfernung herangeschoben worden sein.

Heim nimmt zwar an,[1]) dass über der Speernagelfluh früher auch polygene Nagelfluh gelegen habe, die indessen abgewittert sei. Man braucht ihm aber in dieser Annahme nicht zu folgen. Die durch die sprunghafte Zunahme der Kalknagelfluh und deren petrographischen Unterschied erwiesene ursprünglich südlichere Lage dieser Nagelfluhmassen macht es wahrscheinlich, dass überhaupt nie polygene Nagelfluh auf der Kalknagelfluh lag. Die Deltaschichtung bringt es ja mit sich, dass die neuen Sedimente immer weiter aussen angelagert werden, was sich ja auch in der Zunahme der bunten Nagelfluh nach N zeigt. Zudem zeigt sich schon in der Kronbergschuppe ein Auskeilen der polygenen Nagelfluh, indem diese nach W in einen grösseren Komplex

[1]) Alb. Heim, Geologie d. Schweiz, Bd. I, S. 171.

halbbunter Nagelfluh übergeht, so dass westlich der Thur keine bunte Nagelfluh mehr in den obersten Partien der Kronbergschuppe sich findet, sondern nur halbbunte. Die primären Massen der Kalknagelfluh scheinen sich sogar in der Kronbergschuppe besonders im Westen gehäuft zu haben, während die polygene Nagelfluh mehr seitlich gegen O angelagert wurde. Dadurch, dass nur der der Speergruppe vorgelagerte Teil der Kronbergschuppe im Schorhüttenberg selber frei ist von polygener Nagelfluh, zeigt sich, dass die primär bedeutend südlicher abgelagerte Speerschuppe ebenfalls nie von polygener Nagelfluh überdeckt sein konnte.

Es gilt nun, den Vorgang zu suchen, der die Speerschuppe vom S her gegen die vorgelagerte Molasse hinausschob. Die Speerkette weicht in ihrem Streichen vom Streichen aller übrigen Molasseketten ab. Während diese N 60° O streichen, streicht die Speerkette N 50° O. Das gleiche Streichen wie die Speerkette haben die Sättel und Mulden der Säntisdecken. Dadurch zeigt sich, dass diese beiden, Speer und Säntis, tektonisch zusammen gehören, d. h. es war die Säntisdecke, die die Speerschuppe vom Untergrunde abscherte und mit sich nach N verschleppte.

Arnold Heim betont zwar, dass die Molasse schon ganz oder nahezu fertig gefaltet war, als die alpinen Decken noch wanderten, und dass das Nagelfluhgebirge durch den Ueberfaltungsschub der Säntisdecke keine wesentlichen Aenderungen erfahren habe.[1]) Er schloss dies daraus, dass er am Nordrand der Säntisdecke den begleitenden Flysch in Nischen der Speermasse eingepresst fand, und dass die Nagelfluhbänke an diesen Nischen unvermittelt abbrachen, sich aber jenseits derselben wieder streichend fortsetzten. Er musste daher diese Nischen als Täler in der Speermasse deuten, so dass also die Speernagelfluh vor dem Andrängen der Säntisdecke schon schief gestellt und der Wirkung der Atmosphärilien ausgesetzt war. Damit ist aber nun nicht gesagt, dass diese Speermasse deswegen autochthon sein muss. Die Speerschuppe stammt nach den vorigen Ausführungen aus südlichern Gebieten und war dort, wie aus der konsequenten Durchtalung hervorgeht, bereits in dislozierter Lage, d. h. sie bildete den Südschenkel eines Sattels. Die herandrängende Säntisdecke hat dann diesen Sattel überfaltet zu einer Ueberschiebung, den Südschenkel aus seinem normalen Streichen abgedreht und in streichende Ueberein-

[1]) Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge, Vierteljahresschrift der Naturf. Ges. Zürich, Jahrgang 51.

stimmung mit seiner Deckenstirn gebracht und ihn zugleich nach Norden vorgeschleppt.

Der Druck dieser vordrängenden Säntisdecke muss sich auch weiter nach Norden bemerkbar gemacht haben; es ist ihm die Ausbildung der nördlichen Ueberschiebung Urnäsch-Appenzell und das Aneinanderpressen der Flügel des nördlichen Sattels zuzuschreiben.

Vor Ausbildung der Ueberschiebungen und vor der Anpressung im nördlichen Sattel muss das Gebiet bereits in einfachen Sätteln gefaltet gewesen sein. Die Ausbildung dieser ersten Tektonik ist einem nicht näher bestimmbaren, frühern alpinen Deckendruck zuzuschreiben.

In der Faltung der Molasse, die ganz in das späte Miozän und das beginnende Pliozän fällt, lassen sich daher folgende Phasen unterscheiden:

a) eine erste orogenetische Phase, in der die Molasse in mindestens 3 einfache Sättel gelegt wurde,

b) eine Zeit relativer Ruhe in der Orogenesis, in der die Sättel weitgehend geöffnet wurden,

c) eine zweite orogenetische Phase, die durch das Vordrängen der Säntisdecke verursacht wurde. Diese Decke, die direkt mit der Molasse in Kontakt kam, presste im nördlichen Sattel die beiden Flügel aneinander, schob den Südschenkel des 2. Sattels auf den Südflügel des ersten und verursachte durch dessen Belastung ein relatives Absinken desselben gegenüber dem Nordflügel des ersten Sattels. Der Südflügel des 3. oder ev. eines südlichern Sattels wurde durch die Säntisdecke vom Untergrunde abgeschert und vorgeschleppt und auf den Südflügel des 2. Sattels aufgeschoben. Allfällige südlichere Sättel der Molasse, die durchaus nicht unwahrscheinlich sind, wurden unter den helvetischen Decken begraben.

Stratigraphie. Aus der entwickelten Tektonik folgt auch eine abweichende stratigraphische Zuteilung. Schon *Albert Heim* hat, im Gegensatz zu *Gutzwiller*, der die bunte Nagelfluh als verschiedenaltrig erklärte, das einheitliche Alter der bunten Nagelfluh betont, indem er schrieb: „Es kann nicht gleichzeitig mit der Bildung der ungeheuren Massen der Kalknagelfluh des Speers von den gleichen Flüssen in grösserer Entfernung bunte Nagelfluh abgelagert worden sein.“ [1]) In einem frühern Absatz dieser Arbeit wurde nachgewiesen, dass auch im Liegenden der bunten Nagelfluh sich petrographisch

[1]) Alb. Heim, Geol. d. Schweiz, Bd. I, S. 171.

Gleiches, granitischer Sandstein mit Kalksandstein, unter allen Komplexen von polygener Nagelfluh wiederfindet, und dass selbst in obern Partien des Nagelfluhkomplexes wieder Gleiches, polygene Nagelfluh mit rotem Bindemittel, sich findet, so dass an der Gleichaltrigkeit der polygenen Nagelfluh, im besondern der basalen Partien, nicht gezweifelt werden kann. Die sichere Zuteilung der bunten oder polygenen Nagelfluh auf Grund von Fossilfunden gelang nur im Nordschenkel der 1. Antiklinale. Hier wurde sie als zum Miozän gehörig, und zwar zu den Stufen Burdigalien, Vindobonien und Sarmatien, erkannt. Desgleichen ist für die tiefern Partien der südlichern polygenen Nagelfluh ebenfalls ein burdigalisches Alter anzunehmen. In den obersten Partien der Nagelfluhzone Hundwilerhöhe-Gäbris findet sich, wie bereits erwähnt wurde, bunte Nagelfluh mit rotem Bindemittel. Dieselbe polygene Nagelfluh mit rotem Bindemittel steht auch in den obern Partien der Nagelfluh des Kronbergzuges an und findet sich aufgeschlossen am Wege vom Rossfall zum Kräzerli. Im Nordflügel des Sattels findet sich diese rote Nagelfluh im Zuge Bernegg-Heinrichsbad-Bahnhof Herisau. Hier im Nordflügel ist sie dem Vindobonien zuzuzählen, so dass sie auch in den südlichern Gebieten derselben Stufe zuzuteilen ist. Die bunte Nagelfluh der Hundwilerhöhe und des Kronberges ist daher dem Burdigalien und dem Vindobonien zuzuzählen. Das Liegende dieser Nagelfluhkomplexe, das aus Kalk- und granitischen Sandsteinen zusammen mit gelben und roten Mergeln sich aufbaut, gehört nach Fossilfunden dem Oligozän, und zwar dem Aquitanien, ev. sogar dem Stampien an.

Ein von den übrigen Nagelfluhzonen stark abweichendes Bild zeigt die Speerzone. Sie gliedert sich in 2 verschiedene Kalknagelfluhen, die durch eine Zone roter Mergel voneinander geschieden wird.[1]) Die liegende ist die Schäniser Nagelfluh, die sich durch ein blaues Bindemittel auszeichnet. Ueber den roten Mergeln steht die Speernagelfluh an, eine Kalknagelfluh mit rotem Bindemittel, das teils als rötlicher Sandstein, teils als reiner, toniger Laterit auftritt. Das Liegende der Schäniser Nagelfluh und damit der Speerschuppe streicht, was aus der Gutzwiller'schen Karte sich ergibt, von Neu St. Johann über den Schorhüttenberg nach Rufi. Hier fand sich in den die Schieferkohle

[1]) A. Gutzwiller, Lief. XIV, S. 65 u. ff.
ditto, Das Verbreitungsgebiet des Sentisgletschers zur Eiszeit, Jahrbuch d. St. Gall. Naturw. Ges., 1871/72, S. 91 — 92.

begleitenden Mergeln ein Zahn eines Cänotheriums,[1]) eines stampischen Säugers, so dass der tiefere Teil der Speerschuppe stampisches Alter hat. Im obern Teil der Schuppe fand sich in der Speernagelfluh Rhinocerus spec. indet. div. minores,[2]) dem aquitanes Alter zukommt. Die Speerschuppe hat also stampisches und aquitanes Alter. Die schon aus den petrographischen Unterschieden hervorgehende grosse Verschiedenheit der Speerschuppe gegenüber den nördlichen Molassegliedern findet sich hier auch in stratigraphischer Beziehung bestätigt. Die Speerschuppe steht den übrigen tektonischen Molassegliedern sowohl petrographisch als auch stratigraphisch fremd gegenüber. Das grössere Alter dieses Nagelfluhkomplexes spricht, zusammen mit der als primär anzunehmenden Deltaschichtung des Gebietes, bei der das Jüngere immer aussen angelagert wird, während das Aeltere mehr landeinwärts sich findet, ebenfalls dafür, dass die Speerschuppe aus südlichern Gebieten stammt.

Ueber das Tempo der Faltung und Ueberschiebung. Der Verlauf der Täler unseres Molassegebietes lässt noch eine Folgerung zu auf die Langsamkeit der Gebirgsbildung. Quer zu den ganzen Molassefalten setzen eine ganze Anzahl von Tälern, so das breite Rheintal, das Sittertal, Thurtal nnd Linthtal. Durch den ersten Sattel konnten Urnäsch und Necker sich durchschneiden. Zur Erklärung dieser Quertäler stehen uns 3 Theorien zur Verfügung: die Regressionstheorie, die Epigenesis und die Antezedenz. Die Regressionstheorie, die annimmt, dass die rückschreitende Erosion eines Fluss- oder Bachlaufes imstande sei, selbst einen Gebirgskamm zu durchschneiden, kann in Tat und Wahrheit nicht zur Erklärung eines solchen Vorganges herangezogen werden. Zur rückschreitenden Erosion gehört eine gewisse Wassermenge. Daher ist die Erosionsart im Unter- und Mittellauf der Flüsse eine bekannte Erscheinung, hingegen bleibt diese Theorie, wie H. Wagner richtig bemerkt,[3]) „ganz den Beweis schuldig, woher im Gebiet der Kammwasserscheide die genügende Wassermenge kommen soll, um diese selbst in eine Furche zu verwandeln". Die Regressionstheorie kann also zur Erklärung der Bildung unserer Molassetäler nicht herangezogen werden. Die Epigenesis hat zur Voraussetzung, dass die Faltung des durchtalenden Gebirges unter einer

[1]) H. G. Stehlin, Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Gliederung der oligozänen Molasse, Eclogae XVI, Nr. 5, S. 576.

[2]) ditto im A. Heim, Geol. d. Schweiz, Bd. I. S. 148.

[3]) Hermann Wagner, Lehrbuch der Geographie, Bd. I, Teil 2, S. 426.

jüngern, horizontalen Ueberlagerung verschwindet. Das Diluvium hat nun keine solche Ueberdeckung der tertiären Falten erreicht. Nun wäre zwar denkbar, dass eine vollkommene Peneplain oder Fastebene denselben Zweck erreichen würde wie eine Ueberlagerung. Doch hat in unserm Gebiet, wie an anderer Stelle genauer nachgewiesen werden wird, keine vollständige Einebnung vor Eintritt der Glazialzeit erreicht werden können, d. h. die für das alpine Vorland von *A. Penck* nachgewiesene präglaciale Rumpffläche war in unsern Voralpen nicht mehr vorhanden. An ihrer Stelle fand sich bei uns ein Bergland. Es fällt daher auch die Annahme der Epigenesis zur Erklärung unserer Quertäler dahin. Es bleibt also bloss noch die Antezedenz, d. h. die Annahme, dass das Flussnetz, d. h. die jetzigen Quertäler, schon vor der Faltung ausgebildet waren, und dass die Falten und Ueberschiebungen im gleichen Tempo, wie sie aufstiegen, von den Flüssen durchschnitten wurden. Da selbst dünne Wasseradern wie die Sitter, die Urnäsch und der Necker sich durch diese Falten und Ueberschiebungen durchfressen konnten, muss das Tempo dieser Orogenesis ein äusserst langsames gewesen sein.

Vergleich mit andern subalpinen Molassegebieten. Bis vor kurzem standen sich die westschweizerische Molasse einerseits und die mittel- und ostschweizerische Molasse andererseits in tektonischer Beziehung ziemlich fremd gegenüber. In der westschweizerischen Molasse von Lausanne herrschten Ueberschiebungen, in der Molasse des Rigi- und Speergebietes bloss einfache Falten vor. Neuere Untersuchungen von *Ernst Baumberger* ergaben für die Luzerner Molasse eine Ueberschiebung unter der Rigi, so dass diese Molasse sich in zwei nördlichen Sätteln und einer angeschobenen südlichen Schuppe anordnet. [1]) In diesen Rahmen passt nun auch die geschilderte Tektonik der st. gallisch-appenzellischen Molasse mit einem nördlichen Sattel und 2 südlich angeschobenen Schuppen hinein. Ja selbst für das Molassegebiet östlich des Rheines hat eine ähnliche Molassetektonik nachgewiesen werden können. *Ernst Kraus* [2]) gibt ein Profil

[1]) *Ernst Baumberger* in der 109. Jahresversammlung der Schweizer. Naturforsch. Ges. in Luzern. Siehe auch das Profil in *Heims* Geologie der Schweiz, Bd. I, Tafel VI, in dem allerdings der von der Rigi zum Roterberg gezogene Luftsattel zusammen mit der liegenden, luftsattelartig gezeichneten Ueberschiebung über dem Gebiet der nördlichen Sättel wegzustreichen ist.

[2]) Sedimentationsrhythmus im Molassetrog des bayr. Allgäu, Mitteilungen aus dem geol-paläont. Inst. d. Univ. Königsberg, N. F., Nr. 28.

der bayrischen Molasse um Immenstadt. In diesem zeigen sich die nördliche Antiklinale und die anschliessende Synklinale gut ausgebildet. Nach S schliesst sich daran eine Zone engerer Verfaltung und an diese stossen 2 mächtige, aufgeschobene Schuppen. Allerdings herrscht im Allgäu noch die Komplikation, dass nach der Ansicht von *Kraus* die beiden Schuppen über ein frühaquitanes, denudiertes Gebirge hinübergeschoben wurden. Für dieses frühaquitane Gebirge finden sich in der Ostschweiz keine Stützen. Die Schichtserien in den Sattelschenkeln und den Schuppen gehen ohne durchgreifende Diskordanz vom Stampien und Aquitanien hinauf bis ins Vindobonien oder Sarmatien.

Wenn nun auch die Profile der vier Gebiete noch nicht völlig übereinstimmen, indem z. B. die westschweizerische Molasse 2 Ueberschiebungen aber keine Sättel, die Luzerner Molasse 2 Sättel und eine südliche Ueberschiebung, die st. gallisch-appenzellische Molasse einen Sattel und 2 Ueberschiebungen, die Allgäuer Molasse einen deutlichen ersten Sattel, eine enge Verfältelung im Gebiete des 2. Sattels und 2 südliche Ueberschiebungen zeigen, so lässt sich doch eine gewisse Einheitlichkeit der Tektonik der subalpinen Molasse nicht leugnen. Alle Profile zeigen das allmähliche Abklingen der Stauung nach N zu. Im Süden, am Alpenrand, herrschen Ueberschiebungen von grösserm Ausmass, die über weniger weit ausholende Ueberschiebungen, gepresste oder ungestörte, aufrechte Sättel in die breite, flache, nördliche Molassemulde hinaus leiten, die bei ziemlich horizontaler Lagerung bis an den Jurafuss sich hinzieht. Zugleich wird durch dieses Abklingen äusserst deutlich die Richtung des dislozierenden Druckes, als von Süden kommend, und die Ursache der Stauung überhaupt, als im Vordrängen der alpinen Decken, besonders der molassenächsten, helvetischen Decken, begründet, vor Augen geführt. Als letztes, neuestes Profil durch die Molasse erschien in den Eclogae geologicae helvetia (XVIII, 4) ein Profil durch das Wäggital von *H. Schardt*. Hier wird zwar an der antiklinalen und synklinalen Natur der Faltung noch festgehalten, doch legt es schon die Art der hypothetischen Zeichnung der Antiklinale des Trebsenbaches selber nahe, an Stelle dieses gequetschten Sattels eine kleine Ueberschiebung sich vorzustellen. Es läßt sich dieses Profil daher ebenfalls gut in die Reihe der vier eben genannten einfügen.

Aus andern Gründen kam der Deckentektoniker *Rudolf Staub* dazu, die Gutzwiller'sche Tektonik zu modifizieren. In seinen Profilen

durch die westlichen Ostalpen,[1]) von denen das eine durch die appenzellische Molasse geführt wird, gibt er diese, statt in kleinen Falten, in zwei mächtigen, überschobenen Klötzen an, die nach Art von nach S fallenden Eisschollen übereinander lagern, und zieht dabei durch Gais eine Ueberschiebung. Es muss ihm widerstrebt haben, die mächtig verfalteten alpinen Decken, die starken, tangentialen Druck und starken Widerlager-Widerstand bekunden, auf ein nur in leichte Fältchen gelegtes Molassevorland aufbranden zu lassen. Der ungeheure alpine Deckendruck muss auch die Unterlage mehr mitgenommen haben, so dass *Staub* sie sich in Schollen zerbrochen und überschoben vorstellen muss.

Zusammenfassung. Die Tektonik der st. gallisch-appenzellischen Molasse äussert sich in einem nördlichen Sattel und zwei südlich angeschobenen Schuppen.

Der Sattel ist aufgeschlossen. Die Sattelfirstlinie verläuft daher im Antiklinaltal Heiden - Hundwil - Peterzell - Uznach. Die beiden Schenkel, die aus härterer Nagelfluh sich aufbauen, bilden zwei Kammreihen. Im N verläuft die Kette Tweralpspitz-Wilkethöhe-Rechberg-Eggen-Rossbüchel, im S die Kette Hochhamm-Hundwilerhöhe-Saul-Gäbris-St. Anton.

Die Ueberschiebungszone der nördlichen Schuppe auf den Südschenkel des Sattels liegt im Isoklinaltal Altstätten-Appenzell-Urnäsch-Schwanzbrugg. Die hangenden, härtern Nagelfluhmassen dieser Schuppe bilden den Gebirgskamm Schorhüttenberg-Hübschholz-Hochalp-Kronberg-Klosterspitz.

Die Ueberschiebungszone der südlichen Schuppe liegt im Isoklinaltal Weissbad-Potersalp-Nesslau-Jental. Die Schuppe selber kulminiert in der Kammreihe Speer-Blässkopf-Stockberg.

Die Lagerung der Mittelzone des nördlichen Sattels spricht dafür, dass sich die Dislokation des Gebietes in zwei Phasen vollzogen hat. Einer ersten Zeit der Auffaltung, die das Gebiet in einfachere Falten legte, folgte eine Zeit der Abtragung, die die Sättel aufschloss. Daran schloss sich eine zweite Phase der Gebirgsbildung, die die südlichern Sättel zu Ueberschiebungen ausbildete und im nördlichen Sattel die beiden Flügel gegen einander anpresste und wahrscheinlich auch um ein geringes gegen einander verschob, in der Weise, dass der belastete Südflügel gegenüber dem unbelasteten Nordflügel etwas absank. Die

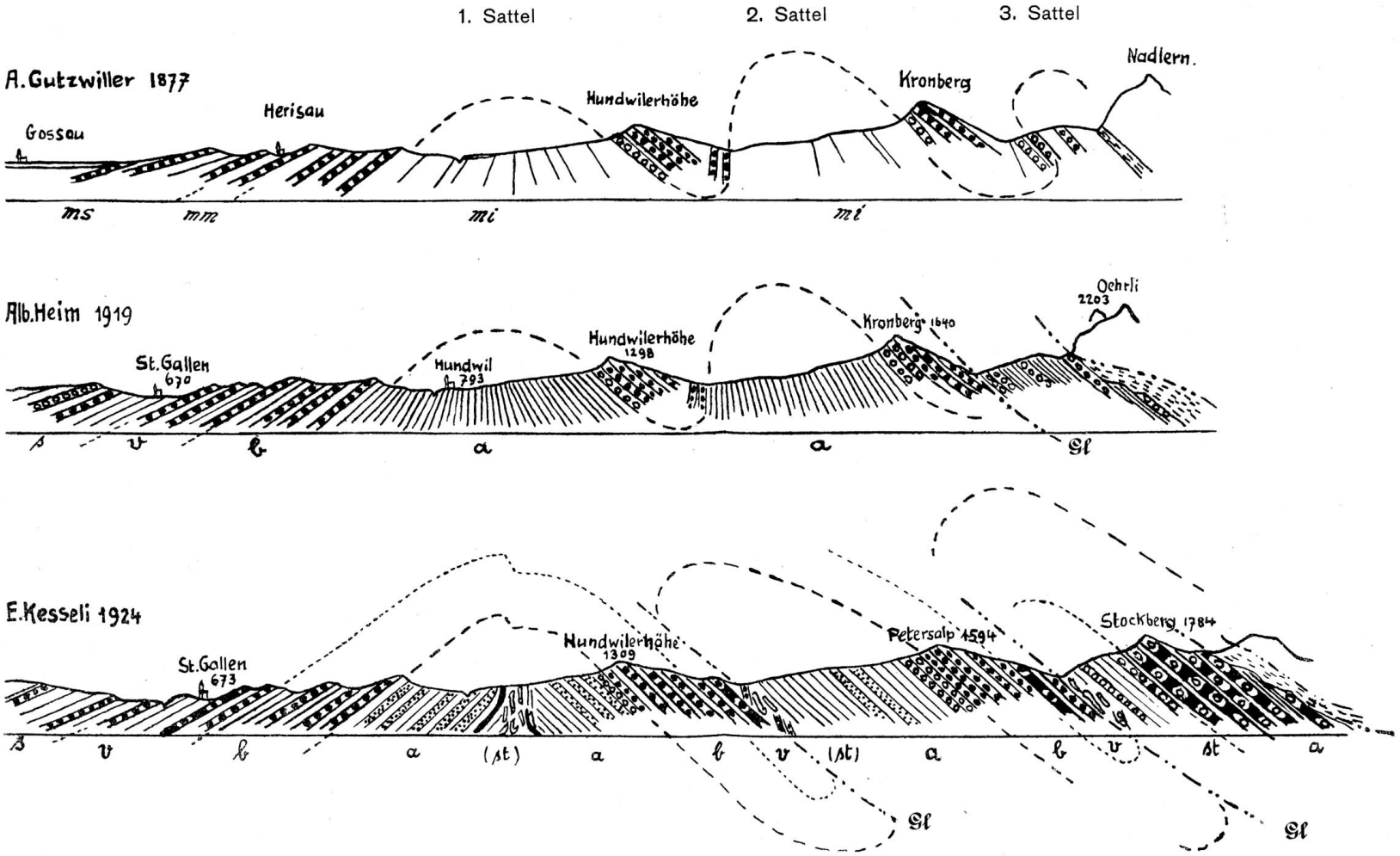
[1]) In Heims Geol. d. Schweiz, Bd. II, Tafel XXXV.

Ursache dieser 2. Phase der Dislokationen ist im Andrängen der molassenächsten, höhern, helvetischen Decke der Säntisdecke zu suchen.

Die Speerschuppe erweist sich in petrographischer und stratigraphischer Beziehung als von den andern tektonischen Stücken stark verschieden. In ihr erscheint eine ältere, südlichere Fazies. Durch ihre vollständige, streichende Uebereinstimmung mit der Säntisdecke erweist sie sich als von dieser aus südlichern Gebieten herangeschleppt.

In stratigraphischer Beziehung ergibt sich, dass südlich der ersten Antiklinalen neben Stampien und Aquitanien auch Burdigalien und Vindobonien vorkommen, die in den obersten Partien des Südschenkels, des Sattels und der nördlichen Schuppe anstehen. Die Speerschuppe hingegen ist ein stratigraphisch tieferes Gebilde, sie gehört dem Stampien und Aquitanien an. Das Tempo der Orogenesis muss ein äusserst langsames gewesen sein, da es den antezedenten Flussläufen der Sitter, Urnäsch, Thur etc. gelang, in ihrer durchsägenden Arbeit mit der Auffaltung Schritt zu halten.

Die hier geschilderte Tektonik der ostschweizerischen subalpinen Molasse steht in ziemlicher Uebereinstimmung mit der Tektonik der Molasse von Luzern und dem Allgäu, wo ähnliche Verhältnisse der Dislokationen angetroffen werden.



Polygene Nagelfluh
Kalknagelfluh
Polygene Nagelfluh } mit rotem
Kalknagelfluh } Bindemittel
Granitischer Sandstein
Rote Mergel
Gl = Gleitfläche

ms Obere Süsswassermolasse (mol. supér.)
mm Meeresmolasse (mol. moyenne)
mi Untere Süsswassermolasse (mol. infér.)

= s Sarmatien
{ v Vindobonien
{ b Burdigalien
{ a Aquitanien
{ st Stampien