

Das Sämtisgebirge.

Vortrag von Prof. Dr. Alb. HEIM.

In meiner Jugend hat mich zuerst das Relief zur Geologie geführt und zum Geologen gemacht. Und nun in dem Alter, von dem es im Volksmund heißt: „Stillestahn“, da ich das Ideal, das mir nun für ein Gebirgsrelief vorschwebte, nochmals zu verwirklichen suchte, indem ich das Relief der Sämtisgruppe in 1 : 5000 herstellte, führte mich abermals das Relief auf die Geologie zurück.

Die ersten Versuche zeigten, daß für Herstellung eines Reliefs des Sämtis die Eschersche geologische Karte nicht genügte. Die Revision einiger Stellen ergab sofort die nicht gesehene Häufigkeit und Bedeutung der Querbrüche für die Gebirgsformen. Nachdem ich das Gebiet des Reliefprojektes untersucht hatte, schien es mir angesichts der interessanten neuen Resultate unrecht, hier abzubrechen. Ich dehnte die Untersuchung westlich und östlich aus. Nun zeigte sich auch hier die Kartenblattgrenze wieder als zu künstlich, und es reifte der Wunsch, die Untersuchung bis an die natürlichen Enden des Sämtisgebirges, das ist gegen Osten bis an den Rhein, gegen Westen bis über die Thur, durchzuführen.

Ich hatte das Glück, in dreien meiner Jünger treue Helfer zu finden, die sich mit mir in intensiver, begeisterter Forschung in die große Arbeit teilten:

Fräulein Dr. *Marie Jerosch* (jetzt Frau Dr. Brockmann-Jerosch) übernahm die Spezialuntersuchung der Querbrüche

der Mittelregion, Herr Dr. *Ernst Blumer* die Untersuchung und Darstellung des östlichen Endes vom Kamor bis zum Rheine, und mein eigener Sohn, Dr. *Arnold Heim*, den westlichen Teil. Ich berichte über unsere Resultate, ohne im weitem zu unterscheiden, was vom einen oder andern von uns stammt.

Im Säntisgebirge hat *Arnold Escher v. d. Linth* zuerst schon 1835 bis 1840 die schweizerisch-alpine Kreide festgestellt und gegliedert; hier hat er zuerst den Faltenbau der Erdrinde an Stelle des sonst angenommenen Chaos von Verwerfungen erkannt und den Faltenwurf verfolgt. Und hier im Säntisgebirge ist durch ihn zum ersten Mal ein Gebirge geologisch im Maßstab 1 : 25000 kartiert worden.

Allein ohne zur Publikation zu gelangen, starb dieser selbstloseste und größte Alpenforscher am 15. Juli 1872. In seiner Hinterlassenschaft fanden sich nur eine Masse Reisenotizen von 1835 bis 1871 von sehr ungleichem Wert, begonnene Profilzeichnungen, begonnene Karteneinträge, nichts Druckbereites.

Desor prüfte im Auftrag der geologischen Kommission 1872 den Nachlaß. Die Karten und Profile wurden, ohne Revision oder Ergänzung durch einen Geologen, dem Lithographen zur Drucklegung gegeben. Zwei und ein halb Jahre nach Eschers Tode erschienen sie — wo Escher Lücken gelassen oder Fragezeichen eingesetzt hatte, aufs Geratewohl ergänzt. Und noch mehr mißglückte der Text, der an *Mösch* zur Zusammenstellung nach Eschers Notizen übertragen worden war.

Unsere Untersuchungen bauen auf den Escherschen weiter. Uns half die bessere Karte, das Relief und der vorgeschrittenere Stand der Wissenschaft. Wer unsere Resultate mit den bisherigen vergleicht, wird sehen, daß

die neue Untersuchung und Darstellung notwendig war und durchaus nicht nur ergänzender Natur ist.

Um den Aufbau des Sämtisgebirges verständlich zu machen, muß ich zuerst von dessen *Baumaterial* sprechen.

Südlich vom Rande der Molassebildung mit ihren Conglomeraten stoßen wir auf den alttertiären *Flysch*, vorherrschend aus Tonschiefern und Mergelschiefern mit Einlagerungen von Sandsteinen und Nummulitenbänken gebildet. Er umgibt ringsum das Sämtisgebirge, z. T. überlagernd, z. T. unterlagernd, tritt aber nur wenig zwischen die Falten hinein. Die Sämtisketten selbst bestehen alle aus den verschiedenen Stufen des *Kreidesystemes*, von oben nach unten aus *Seewerkalk* (Senon, Turon und Ober-Cenoman), *Grünsand* (= Gault = Unter-Cenomanien und Albien), *Schrattenskalk* (Aptien und Urgonien), *Neocomien* und *Valangien*. Auch in den am tiefsten aufgeschlossenen Gewölbekernen ist keine Spur Jura, höchstens vielleicht noch Aequivalent des Berriasien enthalten.

Neue stratigraphische Ergebnisse unserer Untersuchungen sind, kurz notiert, die folgenden:

1. In der Ausbildungsart (Facies) der Sedimente zeigt sich, besonders schön im Gault, aber auch im Seewerkalk und im Valangien, ein allmählicher *Wechsel* von NW nach SE, also quer zu den Ketten, der viel stärker ist, selbst wenn man die Kettenfalten sich ausgeglättet denkt, als die Faciesveränderung in der Richtung SW—NE. Die Gaultunterlage ist eine Transgressionsfläche.
2. Im *Valangien* kommen zwei Komplexe von *hellen Kalken* vor, die im SW-Teil durch eine starke, im NE-Teil aber auf wenige Meter abnehmende, mergelige Zwischenlagerung getrennt sind. Diese Zwischenlager sind die Hauptschichten der *Exogyra Couloni*,

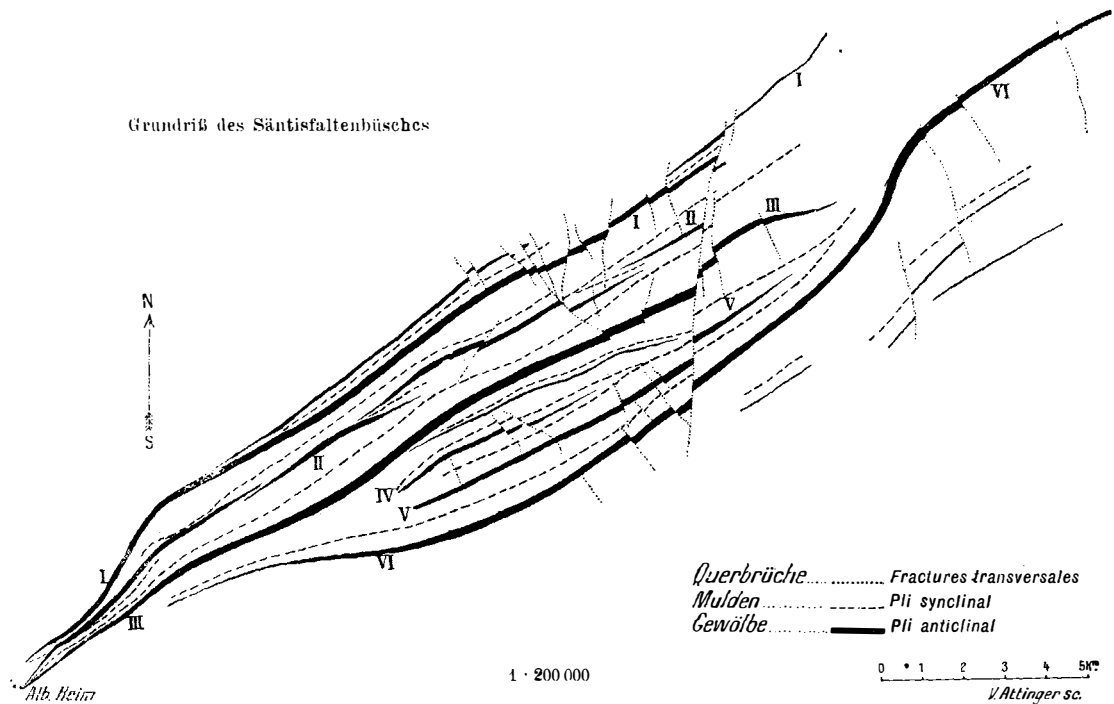
Pinna Robinaldina, *Alectryonia rectangularis*. Diese Valangienkalke sind dem Schrattenkalk sehr ähnlich und früher stets für Schrattenkalk gehalten worden. Die Trennung vom Schrattenkalk hat einen großen Einfluß auf die Auffassung vieler Profile und der ganzen Tektonik. Die Läden, die Türme, Nadleren, Hängeten, Öhri, Hühnerberg, Mäusefallenwand, Bogenköpfe, Rotsteinpaßrippen, Bötzel und noch andere, die alle früher für Schrattenkalk gehalten worden sind, sind schrattenähnliche, viel ältere Kalke des Valangien. Manches, was Escher durchaus unbegreiflich und verwirrend erscheinen mußte, ist dadurch aufgeklärt. *Requienia* (*Valletia*) *Jaccardi*, *Ostraea Etalloni*, *Rhynchonella irregularis*, *Nerinaea cyatus* und viele Korallen sind die in den Valangienkalken erkannten Petrefakten.

Das Säntisgebirge ist ein *Faltenbüschel* von sechs Hauptgewölbezonen und mehreren Nebenfalten, zusammen 12 Falten. Gegen *West* vereinigen sich die Gewölbe im Häderenberg, und die Mulden streichen in dieser Richtung eine nach der andern nach oben aus. Gegen *Ost* sinken die Mulden und Gewölbe. Jedes Gewölbe taucht dort *für sich allein* und *in seiner Art* in der Flyschmasse unter.

Die einzelnen Gewölbe sind ungleich lang. Von Norden nach Süden vorschreitend hat die erste Gewölbekette G I 21 Km. Länge. Die zweite (Säntisgipfelkette) G II besteht aus drei sich ablösenden Gewölben von $5 + 14 + 2 = 21$ Km. G III (Altmanngewölbe) hat 24, G IV (Wildhauser Schafberggewölbe) hat 5, G V (Kreialp-Roslen-

Anmerkung: Herr Mineraliensammler Otto Köberle, Rorschacherstraße 63, St. Gallen, hat nach meinen Angaben gesammelt und geschlagen und kann sehr typische gute Serien der Säntisgesteine liefern.

Grundriß des Sântisfaltenbüsches



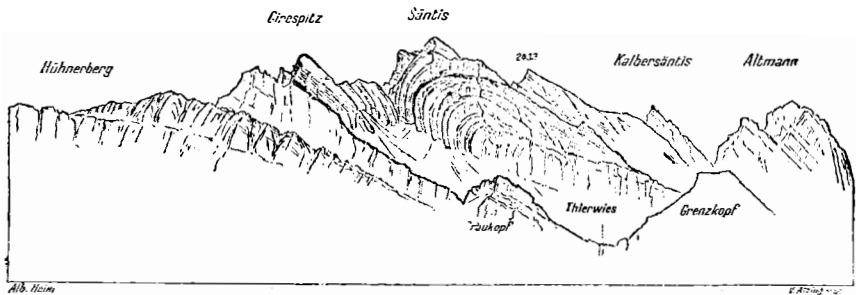
1 · 200 000

0 1 2 3 4 5 km
V. Attinger Sc.

firstgewölbe) 11 und (VI, das südlichste (Gulmen — Furgglenfirst — hohe Kasten) hat bis zum Rheine 27 Km. Länge. Die ganze Faltenschar vom W-Ende am Häderenberg bis ans E-Ende am Rhein mißt 31 Km.

Von Westen gegen Osten vermehren sich die Falten manchmal durch Zweiteilung einer Mulde, öfter durch Einbiegung einer neuen Mulde in einem Gewölbeschenkel und auch durch Teilung eines Gewölbescheitels in zwei Hälften durch eine auf dem Scheitel einsetzende Mulde.

Die Gewölbescheitel sind im allgemeinen in der mittleren Region des Längsprofiles am höchsten, sie sinken gegen West und gegen Ost. Die Faltenhöhen, d. h. die Niveaudifferenzen der gleichen Schicht von der Muldenlinie zur benachbarten Gewölbelinie betragen häufig 600 bis 1000 aber auch über 1500 Meter und bis zu 1800 Meter.



Säntis, gesehen vom Ütliberg bei Zürich

Die Faltung ist hier keine Hypothese, sie kann durchweg direkt beobachtet werden. An einer Menge von Stellen sind die gegen Norden überliegenden Gewölbeumbiegungen herrlich entblößt, und nicht selten auf große Distanz sichtbar (so z. B. am Säntisgipfel, Stoß Ostseite, Schrenit gegen Westen, Farnboden gegen Osten und gegen Westen, Schafberg von West, Kreialpfirst von Fählenalp, Nordgipfel des Altmann von NW, Häuser von Stauber-

first, Ostseite des Brültobel, etc.) Ebenso sind oft die Muldenumbiegungen sichtbar (Hundstein-Borsthald, Wildhauser Schafberg Westseite, Rietgerten ob Gräpplen, Kamm, Bogenköpfe nördlich unter Silberblatt, etc.).

Die Falten des Säntisgebirges liegen alle mehr oder weniger stark *nördlich über*. Von günstigen Standpunkten aus ist dies wunderschön zu sehen, erinnernd an die Form der Wellen eines brandenden Meeres. Es sind die nördlichsten Wellen der Alpenfaltung, welche hier am Molassevorland branden, alle ihre steile, überstürzende Seiten gegen Norden, den flacheren sanfter, abfallenden Rücken gegen Süden wendend. Sie sind hierin ein getreues Teilstück der Alpen überhaupt. Am ergreifendsten habe ich diesen Eindruck gewonnen, als ich bei hellem Wetter im Ballon gegen 3000 Meter hoch über Wil stand.

Mit der Erscheinung des nördlichen Ueberliegens geht Hand in Hand die *Reduktion der verkehrten* (überkippten nördlichen Schenkel) *Mittelschenkel*, die am Säntisgebirge in allen Stadien in klarster Weise zu beobachten ist. Schon bei sanftem Ueberliegen sehen wir oft den Schrättkalk auf $\frac{2}{3}$ auf $\frac{1}{2}$ seiner normalen Mächtigkeit reducirt, bei starkem Ueberliegen sogar auf $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, d. h. wenige Meter, oder auf 0, er ist zerrissen, weggequetscht.

Das Verhalten der verschiedenen Glieder der stratigraphischen Reihe im verkehrten Mittelschenkel ist je nach der mechanischen Beschaffenheit des Gesteins verschieden. Mergel werden ganz zerquetscht, schützen aber zwischenliegende festere Gesteine vor Zerdrückung, indem sie alle notwendige Deformation auf sich nehmen. Feste spröde Kalksteine werden in linsenförmige, von Rutschflächen umschnitene Fetzen zerrissen und diese einzelnen Fetzen verschleppt. Der Seewerkalk, fest und zugleich duktil, zur Bewegung prädestiniert durch seine flaschigen kohligen Tonhäute, gibt leicht nach, faltet sich enger,

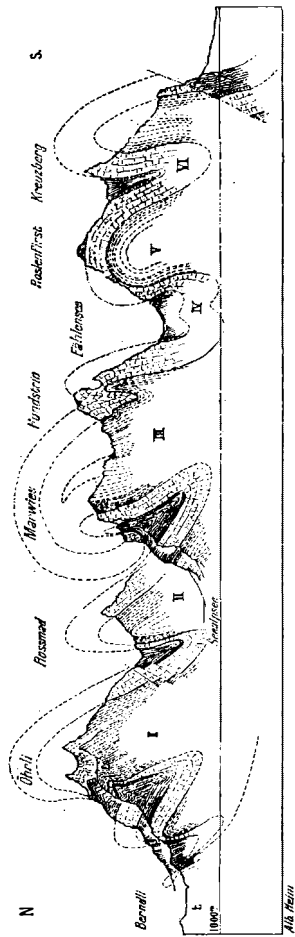
wird dünngewalzt, wird marmorisiert, er harrt aber bei aller Reduktion am treuesten und regelmäßigsten aus, von seinen ursprünglich 150 Meter Mächtigkeit oft reduziert auf 10 Meter, auf 1 Meter, auf $\frac{1}{2}$ Meter.

Das Auswalzen der Mittelschenkel führt auch schon im Säntisgebirge zu einer ausgezeichneten *mechanischen Metamorphose*, die sehr schön unter dem Mikroskop verfolgt werden kann. Fern von allen Eruptivgesteinen kann hier kein Mensch an Kontaktmetamorphose denken. Da finden wir: Flachquetschen der Foraminiferen des Seewerkalkes zuerst ohne Veränderung der Schalenstruktur, dann Umkrystallisieren der Schalen, Kalcitisieren, Marmorisieren zuerst an den Linsenrändern des Kalksteines und Ausscheidung neuer Tonhäute mit Gleitflächen, eine völlige dynamometamorphe *Entmischung*. Schließlich wird der ganze Kalkstein zu unregelmäßig grobkörnigem Marmor. Im Schrattenkalk sind ferner keine Tonhäute vorhanden, sie scheiden sich dort erst durch die dynamische Marmorisierung und Entmischung aus. Wir können deutlich zwei Haupttypen der Stauungsmetamorphose unterscheiden: In Gewölbekernen und Muldenkernen, bei *stehender* Pressung geschieht die Marmorisierung ohne sichtbare Deformation, und die neu ausgeschiedenen wie die ursprünglichen Tonhäutchen werden kraus. In Mittelschenkeln unter gleichzeitig starker *Bewegung* entstehen viele glatte neue Gleitflächen, Schieferung, Linearstreckungen, Deformation von Foraminiferen und feinkörnige Marmorisierung.

Schon Escher sprach von „verquetscht“; allein die Gesetzmäßigkeit dieser Erscheinungen in den verschiedenen Faltenteilen kannte er noch nicht.

Ueber die *einzelnen Faltenzüge* des Säntisgebirges kann ich hier nur kurz berichten:

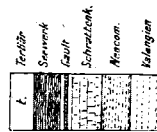
Die *Nordkette* wird in ihrem westlichen Teil durch eine einzige stark flach nördlich überliegende Falte gebildet, deren verkehrter unterliegender Mittelschenkel auf weniger als $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen Mächtigkeit ausgewalzt ist. Südlich des Risipasses ist die Umbiegung im Gewölbekern im untersten Valangien gut sichtbar. Weiter östlich wird das erste Gewölbe zweiteilig durch die an den Bogenköpfen (Wideralp) einsetzende prachtvolle Muldenumbiegung der Valangienkalke und Kieselkalke des Neocomien. Beide Gewölbe liegen in gleicher Weise flach nördlich über, und bei beiden ist der verkehrte Schenkel enorm reduziert. Der untere Gewölbeteil verschwindet im Berndli in der Tiefe, der obere kippt im Ohrli mit seinem Scheitelgipfel nördlich herab. Weiter östlich stellt sich das Hauptgewölbe wieder geräder auf und wird einfacher. Es sinkt gegen Osten ruckweise. In der Ebenalp ist sein Seewerscheitel erhalten, in der Bommenalp in tie-



1:62 000

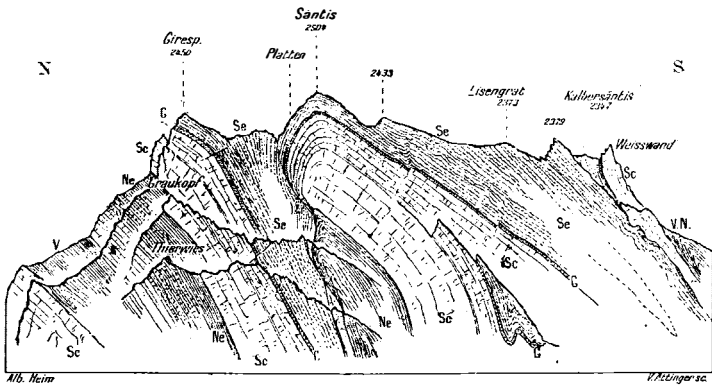
Profil durch die mittlere Region der Säntisketten

Bezeichnung der Schichtreihe auf den folgenden Profilen



ferer Stufe desgleichen. Endlich läuft es östlich in der Fährern im Klammeneggzug aus und endigt da blind oben, unten ohne Wurzel, von der Wurzel abgequetscht.

Der *zweite Gewölbezug* G II, aus G III sich abtrennend, zeigt in der Folge Ersatzstücke oder *Gewölbewechsel*. Im Stoß taucht das nördlich überliegende Gewölbe mit zirka 30° Längsgefälle gegen Osten unter, dafür steigt das Sämtisgipfelgewölbe ebenso rasch in wenig verschobener Richtung als neues Gewölbe auf, das das Stoßgewölbe genau ablöst, während die nördlich und südlich angrenzenden Gewölbe G I und G III von diesem Wechsel ganz unbeeinflusst bleiben. Stoßgewölbe und Sämtisgewölbe lösen denselben Zusammenschub aus. Das Sämtisgewölbe bildet mit seinem erhaltenen Seewerkalksattel den höchsten Gipfel, der das Vorbild eines alpinen *Antiktinalgipfels* oder *Gerölbe-gipfels* ist.



Profil durch den Säntis

Se. Seewerkalk; G. Gault; Sc. Schrattenkalk; Ne. Neocomien; V. Valangien.

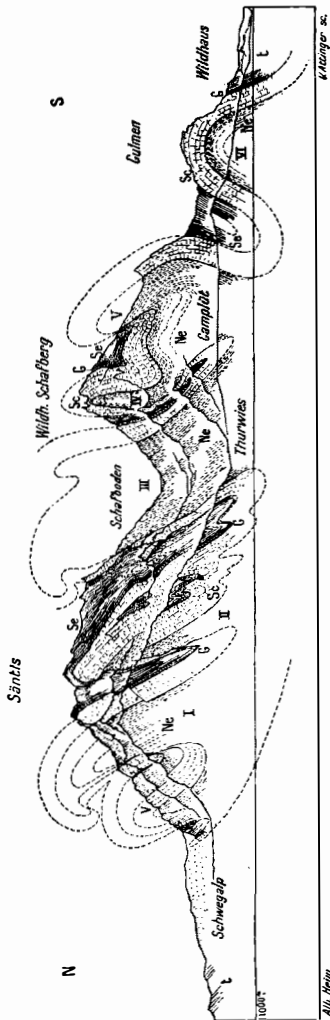
Das *dritte Gewölbe* ist das mächtigste und hätte den höchsten Gipfel bilden sollen, es ist aber am stärksten abgetragen, wahrscheinlich weil es die Nase zuerst hochgehalten und deshalb zuerst von der Verwitterung bis auf den leicht ausspülbaren Neocomkern entblößt worden ist.

Es ist zum Teil zum Antiklinaltal geworden, dessen begleitender Nordkamm aus reduziertem Mittelschenkel (Kalbersäntis), der Südkamm aus aufragendem Gewölbeschenkel (Altmann, Hundstein, etc.) gebildet wird. Erst wo seine Höhe bescheidener wird, im Alpsiegel, ist der Schrattekalkgewölbeschenkel erhalten. Dieser Falte gehört auch der wunderbarste Berg des Säntis an, die Marwies, wo die *Falte nochmals gefaltet* und der nördliche anliegende Muldenkern in Gewölbestellung eingewickelt ist. Im Alpsiegel sinkt G III rasch und taucht östlich des Brühlstobel mit schöner Gewölbeumbiegung unter den Flysch.

Das *vierte Gewölbe* ist steil und scharf isoklinal zusammengedrückt. Es bildet den Gipfel des Wildhauser Schafberg. Oestlich sinkt es ab und verschwindet vor dem Fählensee.

Das *fünfte Gewölbe* kommt von Westen und setzt dann plötzlich am Schafberg in den noch vorhandenen Gebirgskörper ein. Sein verkehrter Mittelschenkel ist an der

Schafbergalp, im Schafboden und auf Kreialp im Schrattekalk zu wenigen Metern reduziert, und herrlich läßt sich



1 : 62 000

Profil durch Schafberg und Säntis

All. Heim

am Südsturz des Moor die allmähliche Reduktion von der vollmächtigen Gewölbeumbiegungsstelle zum zerquetschten Mittelschenkel verfolgen. Oestlich von Kreialp bleibt das Gewölbe V auf seinem Scheitel im Schrattenkalk, sogar im Gault und Seewerkalk geschlossen, ganz erinnernd an eines der großen geschlossenen Gewölbe des Juragebirges mit breitem flachem Rücken.

Das längste Gewölbe ist das *südlichste* des Gebirges. Es beginnt sanft nördlich Wildhaus, ist im Schrattenkalk des Gulmen noch geschlossen, in den Kreuzbergen (= verkehrter Mittelschenkel) schon mächtig geöffnet, sinkt weiter östlich allmählich tiefer, wird aber mehr und mehr überliegend. Schon im Hohenkasten ist das Gewölbe VI das am meisten flach überliegende des ganzen Gebirges. Die nördlichen Gewölbe sind untergetaucht, das südlichste allein hält sich weiter östlich. Sein Gewölbeschenkel fängt an, neue sekundäre Falten zu bilden. Das Gewölbe VI, den Zusammenschub aller andern absorbierend, wird zur *neuen Deckenfalte*. Die Kreideketten des Vorarlberg entstehen alle im Gewölbeschenkel der Hohenkasten-Deckenfalte, die dort das Säntisgebirge als eine aus demselben entwickelte Teildecke vertritt.

Die zwar nicht sehr häufigen *Längsbrüche* im Säntisgebirge können geteilt werden in solche, welche Faltungsteigerungen bedeuten, und solche, welche Faltungsschwächungen sind. Zu den ersteren sind eigentlich auch alle zerrissenen verkehrten *Mittelschenkel* zu rechnen, sodann einige *Scheitelbrüche* (Schäfler, Zisler) und endlich einige *Gewölbeschenkellängsbrüche*. Die letzteren haben der Deutung zuerst Schwierigkeiten bereitet. In vertikaler Schichtstellung können z. B. die Seewerkalkplatten des südlichen Bergfußes oben durch schiefe oder flache Kluft abgesichert sein und in gleicher Steilstellung sind auf dieselben ältere Schichten, Schrattenkalk, Neocomien, gesetzt. Die Er-

scheinung beruht auf einem Ausweichen des Gewölbes bei weiterem Zusammendrängen in der Tiefe.

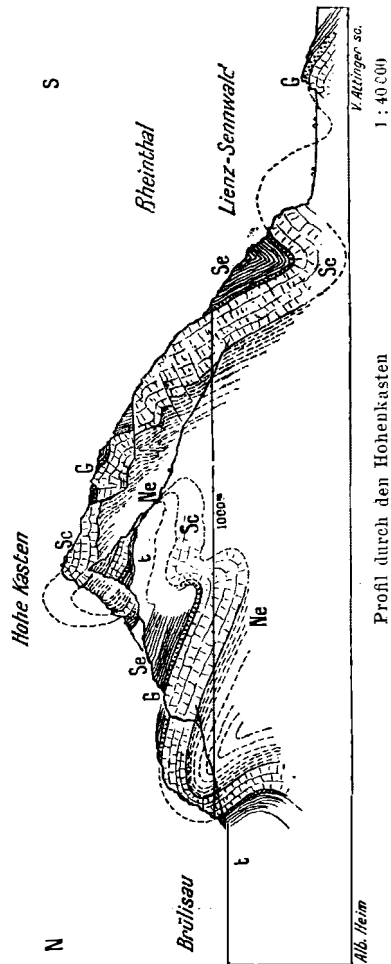
Wir haben solche longitudinale Schenkelbrüche vom Silberblatt durch Fehlalp, Seetalp bis Wasserauen und an der Südkette von Gätterifirst unter den Kreuzbergen durch verfolgt.

Die schwächenden Längsbrüche fehlen in der westlichen und mittleren Säntisregion, sie gehören wie die Querbrüche mit vertikalem Sinne nur dem östlichen Teile des Gewölbes VI (Hohenkastendecke) an.

Wenn wir die am besten konstruierbaren Profile abwickeln, so finden wir für den gut aufgeschlossenen Teil der Falten in der Mittelregion: Frühere Breite — jetzige Breite = 11,500 Meter Zusammenschub. Rechnen wir dazu schätzungsweise noch den Verlauf in der Wurzel, so

erhalten wir 14,000 bis 15,000 Meter. Frühere Breite

= relativer Zusammenschub = 2 bis 3. Diese Zahlen gelten, wenn das Säntisgebirge an Ort und Stelle gefaltet worden ist. Wahrscheinlich liegt aber seine Wurzel viel



südlicher und es ist hierher transportiert. Der Mittelschenkel unter der ganzen Säntisgruppe durch mißt für die Faltung nichts, er ist auf 0 reduziert. Nur der Gewölbeteil ist zu messen.

Im Säntisgebirge finden wir keine Diskordanztransgression, d. h. keine Auffaltung älterer Gesteine vor Ablagerung der jüngeren. Wo ältere und jüngere diskordant einander berühren, sind es nachweisbar stets *spätere* Bewegungen, die ursprünglich harmonisch gelagerte Gesteine ungleich verstellt haben. Die sämtlichen Gesteinsschichten des Säntisgebirges sind als ursprünglich parallele horizontale Blätter der Erdrinde abgelagert worden, und die erste Faltung und Aufrichtung, welche dieselben ergriffen hat, ist *jünger* als die Ablagerung der Tertiärgesteine, denn letztere sind am Rande durchweg harmonisch mitgehoben, teils miteingefaltet, teils überschoben. Die Auffaltung des Säntisgebirges ist also wie fast alle Alpenfaltung *Miocän-Pliocän*, und hat mit dem Beginn des Diluviums aufgehört. Erst diluviale Massen, Moränen, dann Bergstürze, etc. sind diskordant aufgelagert.

Das Faltensystem des Säntisgebirges ist von einer großen Anzahl von steilstehenden *Querbrüchen* durchsetzt. Schon Escher kannte den einen Größten und einige kleinere. Heute zählen wir deren 400 bis 420.

Ein Blick auf die geologische Karte zeigt sofort, daß *die Querbrüche die Falten durchsetzen und verwerfen, aber im allgemeinen nicht ändern*. Eine Falte, die an einen Querbruch stößt, setzt verschoben jenseits in gleicher Gestalt oder nur wenig verändert fort. Es gibt *gebrochene Falten, aber keine gefalteten Brüche*. Die Querbrüche sind also in der Hauptsache *jünger als die Falten*, oder richtiger: sie sind erst in einer der letzten Phasen der Faltung entstanden. Die Querbrüche sind auch *jünger als die Faltung-verstärkenden Längsbrüche*, sie verwerfen letztere

horizontal, ohne sie abzuschneiden, diese Längsbrüche gehören ja eben zur Faltung und verhalten sich deshalb gegenüber den Querbrüchen genau wie die Falten.

An einen Querbruch herantretend, sieht man zuerst die mechanischen Begleiterscheinungen. Der Bruch sieht oft schon von weitem aus wie die Spur eines Messerschnittes; die Bruchfläche bildet oft auf der Seite des gegen Verwitterung resistenzfähigeren Gesteines ein glattes vorragendes Felswändchen. Meistens stellt sich der Bruch dar als ein ziemlich ebenes Flächenpaar, zwischen welchem eine Furche ausgewittert ist. Das Flächenpaar hat 10 cm., 20 cm. oder auch ein oder mehrere Meter Distanz.

Das Material zwischen den Bruchwänden stammt ab von den beidseitig anstoßenden Gesteinsmassen. Sind dieselben mergelig schiefrig oder doch plattig, so ist die Kluftfüllung aus schieferigem, wellig geknetetem und gequältem Gesteinsmaterial gebildet. Sind sie dagegen ganz oder teilweise aus festen Kalksteinen gebildet, so wird die Kluftfüllung zu einer Reibungsbreie, durchwachsen mit Calcitmasse, einer Art Marmor mit Krystallkörnern von 1 cm³ bis 1 dm³. Der Calcit zeigt nirgends Secretionsbänderung, er ist nicht nachträglich aus Wasser abgeschieden, sondern während der Bewegung Schritt für Schritt durch allmähliche krystallinische Umlagerung der Kalksteinbrocken entstanden. Die letzteren werden mehr und mehr calcitisch aufgezehrt, und die Calcitmasse wird durchsetzt von zackigen antrakonitisch tonigen Häuten, dem unlöslichen hinausgesäuberten Reste des Kalksteins.

Man muß sich den Vorgang so denken: Der erste Bruch ist uneben. Die Bewegung reibt beiderseits die Vorsprünge ab und bildet aus dem Material die Kluftfüllung. Die Wände werden dadurch immer glatter, aber auch immer weiter abstehend und die Umbildung der Trümmermasse zwischen den relativ bewegten Gesteins-

wänden schreitet vorwärts — verknetete Schiefer einerseits, Calcitgang andererseits sind das Endresultat.

Die Bruchwände sind dadurch geglättet, oft wellig, oft total eben, häufig mit *Spiegelglättung* und sehr oft mit ausgezeichneten *Rutschstreifen* und *Hohlkehlen* versehen; die letzteren können 50 Meter lang und 1 Meter tief werden.

In der Kluftfüllung liegen oft große Fetzen des Nebengesteines in fremde Lagerung gedreht, beidseitig von Rutschflächen umgeben eingeschleppt. Die gleiche Erscheinung kann auch große Dimensionen annehmen: Der Querbruch teilt sich und umschließt ein ganz ansehnliches Gebirgsstück, ein sogenanntes *Klemmpaket*, das tektonisch eine Mittelstellung zwischen den beiden Bruchflügeln einnimmt. Wir kennen im Sämtisgebirge Klemmpakete von einigen 100 Meter Länge und 10, 20 und 30 Meter Dicke, oft um Hunderte von Metern von der Stelle verschleppt. Sprödere Gesteine geben mehr Klemmpakete, duktilere mehr Schleppung.

Außer den zirka 400 Querbrüchen mit starker Verstellung der beiden Flügel gibt es noch eine Menge solcher mit geringer tektonisch unbedeutender Bewegung. Viele der Brüche gehen nur durch einen Faltenschenkel, manche durch eine ganze Falte, wenige durch mehrere Falten. In Gewölbescheiteln und Gewölbeschenkeln sind sie häufiger, als in Mulden.

Fast alle Querbrüche des Sämtisgebirges sind steil, annähernd senkrecht, manche völlig quer, andere schief zum Streichen. Die Bewegungsrichtung kann aus der Verstellung beider Flügel und aus der Lage der Rutschstreifen ermittelt werden.

Ueber $\frac{9}{10}$ der Querbrüche im Sämtisgebirge sind *horizontale Transversalverschiebungen* von wechselndem Sinn. Sie weisen einen annähernd horizontalen Verschie-

bungsbetrag von wenigen Metern bis über 1 Kilometer auf (wir nennen diese häufigsten Brüche im folgenden kurzweg *Querverschiebungen*); diese Horizontalrichtung der Verschiebung ist auch auf den Bruchflächen abgebildet:

Ob wir am Fuße eines Berges eine entblößte Bruchwand beobachten oder oben am Kamm, — ob die abgescherten Schichten steil stehen oder flach liegen, — ob wir im Gewölbeschenkel, im Mittelschenkel oder im Muldenschenkel beobachten, — ob wir in der nördlichsten oder einer der südlicheren Ketten stehen — an Hunderten von Stellen haben wir immer wieder fast *horizontale oder wenige bis zu 15° nach Nord geneigte Rutschstreifen* beobachtet.

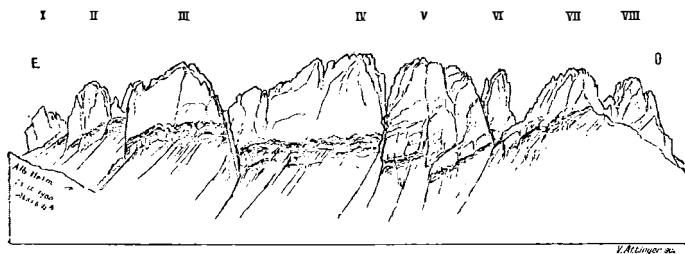
Das ist ein überraschendes Resultat. Es beweist die *Einheitlichkeit* der Erscheinung der Querbrüche und zugleich ihre *Jugendlichkeit*. Die Verschiebungen an den Querbrüchen sind durch Faltung wenig mehr verstellt worden, sie sind *jünger* als die Faltung und sie sind Resultate des Horizontalschubes, sie sind nicht „Verwerfungen“. Die horizontalen Transversalverschiebungen erlöschen im Flysch am Rande, sie gehen nicht in die Molasse. Sie sind bedingt durch *Differenzen im Widerstande*, welcher dem aus S kommenden Zusammenschub entgegenstand, *deshalb* sind sie S-N gerichtete Abscheerungen, und *deshalb* haben sie wechselnden Sinn.

Wir können die horizontalen Transversalverschiebungen nicht verlassen, ohne einiger derselben im besonderen zu gedenken.

Eines der schönsten Landschaftsbilder, von Tausenden alljährlich bewundert, ist der Seealpsee mit seinem Hintergrund. Hinter dem waldbekränzten See mit der Seealpschließt das Tal ab durch den gewaltigen Felszahn des Roßmaadgrates, der zum Blauschnee und Säntis hinauf-

führt — der kühne Berg mitten in die Fortsetzung der Seetalmulde gestellt. Das hat ein Transversalbruch getan.

Das Säntisgebirge zeichnet sich aus durch gewaltige Scharten in seinen Kämmen — fast alle sind durch Querbrüche bedingt.



Breschen im Kamm der Kreuzberge, bedingt durch Querbrüche

Der größte Querbruch schafft einen Paßweg von Sax bis Schwendi, wir haben ihn deshalb Sax-Schwendi-Bruch getauft.

Südlich beginnt er damit, daß Gewölbe VI in seinem Neocomkern in einem Sprung fast auf die doppelte Breite zunimmt. Er schert sodann die Kreuzberge ab, stellt vor die Roslenmulde das Gewölbe der Furgglenfirst und läßt dazwischen den Krinnenpaß (Saxerlucke). Das abgescherte Ostende der Roslenfirst schiebt er vor die Fählenmulde und staut dadurch den Fählensee. Die Hundstein und Marwieskette setzen in Gabelschutz und Alpsiegel, die Hüttenalp setzt bei Wasserauen fort, und das Bommengewölbe schneidet ab am Sax-Schwendi-Bruch. Die Horizontalverschiebung wächst im Verlauf des Sax-Schwendi-Bruches von S nach N von 500 m bis 1500 m. Saxerlucke, Stiefel, Bogartenlucke, Hüttentobel sind die dadurch geschaffenen Paßscharten. Wie ein gewaltiger Schnitt schert er durch alle Ketten. Der Sax-Schwendi-Bruch hat auch großen Einfluß auf die Talgeschichte geübt. Er hat das

Roslen-Furgglental zerrissen, Fählenseetal und Sämbtiserseetal getrennt und die beiden Seen veranlaßt. Der Fählensee ist der schönste tektonische Stausee. An der vor den See geschobenen Riegelwand sieht man die Rutschstreifen. Es bestund ein altes Seealp - Hüttenalp - Schwendital. Der untere Teil ist vom oberen und mittleren abgerissen und ein tektonischer Stausee, der Seealpsee, im oberen entstanden. Der untere Teil ist an einen ihm fremden Talanfang angegliedert worden. Dieser hat seinerseits rückwärts greifend den alten Oberlauf angezapft und abgelenkt, sich dadurch als Mittelstück fremder Art eingeschaltet und das alte Mittelstück der Hüttenalp ganz ausgeschaltet. Auch die Entstehung des Seealpsees rührt vom Sax-Schwendi-Bruch. Eine genaue Prüfung der Formen, die alten Kiese im Furgglental, wo jetzt gar kein Kies mehr hinkommen kann, etc., beweisen, daß die Haupttalbildung hier schon vor dem Transversalbruch vorhanden war!

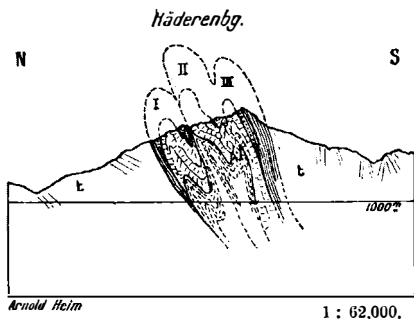
In der westlichsten Region des Säntisgebirges finden wir keine Querbrüche. Dann stellen sie sich gruppenweise, schwarmweise ein. In der Mittelregion sind sie alle horizontale Transversalverschiebungen. Nur gegen *Osten* stellen sich mehr und mehr Brüche mit vertikaler Verstellung der Flügel, meistens im Sinne des Absinkens des östlichen Teiles, ein. Ein Bruch der Art von 300 m Sprunghöhe trennt Ebenalp und Bommenalp und schafft die Wildkirchliwand, die meisten folgen in der südlichsten Falte vom Hohenkasten an gegen Osten. Da treten auch schwächende, „abfaltende“ Längsbrüche, Einbrüche der Gewölbedecken, auf. Die Falten verstärkenden Längsbrüche gehören zur Faltung und sind älter als die Querverschiebungen, die Falten schwächenden Längsbrüche hingegen erweisen sich hier im Ostteile, wo allein sie ihre Heimat haben, als zum gleichen System gehörend wie die

Querverwerfungen und sind gleichzeitig mit diesen wiederum später, d. h. unmittelbar vor Abschluß der Faltung gebildet. So sinkt die Deckenfalte des Hohenkastens unter die Rheinebene hinab.

Und wie die Säntisfalten zum Rheine absinken, so sinken auch von Osten her die dortigen dem gleichen Faltsystem angehörenden Kreidefalten des Vorarlberg gegen den Rhein ab. Der Rhein läuft in einer Querzone, die durch Einbruch der Faltendecke bezeichnet ist, in einem „Transsynclinaltal“. Diese Einsenkung unter den Rhein wiederholt sich aber weder an den nördlichen Molasseketten noch an den südlichen, zum Rhein streichenden Trias-, Jura- und Kreideketten. Sie betrifft einzig die Kreideüberfaltungsdecke der Säntis-Hohenkastenzzone. Wir sind zur Überzeugung gekommen, daß die „nördlichste Brandungswelle der Alpen“, die Kreidefaltendecke des Hohenkastens, eingehüllt in Flysch, hier bei ihrem Vorstoße auf eine schon vorhandene Vertiefung, vielleicht ein altes Rheintal gekommen und nach demselben eingebrochen ist. Der Einbruch bildete wiederum die niedrigste Schwelle und veranlaßte nachher die Lage des jetzigen Rheintales. Nicht die Dislokationsform hat die Lage des Rheintales bedingt, sondern ein älteres Rheintal hat den Gebirgsbau modifiziert und die Einsenkung der Kette erzeugt.

Gegen *Westen* gruppieren sich die Falten enger. Im Kamm sticht die prachtyvolle Seewermulde I als Synclinalgipfel aus und flacht sich rasch ab. In der Thurschlucht hat die genaue Untersuchung durch meinen Sohn noch zwei Gewölbekerne nachgewiesen, und zwar G I und G III. Im Häderenberg endlich kommen kleine Gewölbeseitel-fältelungen mit enormer Quetschung der Schenkel zu stande, und am sogenannten Gewölbekopf endigt das ganze Säntisgebirge als doppelter, abgequetschter Gewölbekern,

unterteuft von Flysch, umlagert von Flysch, ähnlich wie der Klammeneggzug am NE-Ende. Hier lassen sich deutlich die Erscheinungen einer *Longitudinalstreckung* und *Zerreißung* erkennen, die die Sntisfaltenschar abgerissen hat von Gulmen und Mattstock.



Profil durch das Westende der Falten des Säntis (Hdlerenberg).

Rings ist das Säntisgebirge von Flysch umgeben. In E, N und W geht er durchweg flach unter das Gebirge hinein. Der Flysch, der im S über der Sntiskreide liegt, hat etwas andere Beschaffenheit, als derjenige, der im N darunter einsticht. Gegen SW hängt das Säntisgebirge mit der Churfirtenkette zusammen, der es faciel sehr nahe steht. Der die Sntisketten unterteufende Flysch der Nordseite läßt sich zusammenhängend westlich unter Gulmen, Mattstock, Durchschlgiberg, Bttlis bis an den Südabhang der Churfirten zwischen der oberen und einer faciel stark verschiedenen unteren Kreidplatte verfolgen. Gulmen, Mattstock, Amdermulde, Kapf, Leistkamm, Churfirten und mit ihnen das Säntisgebirge *schwimmen* auf dem jüngeren Flysch. Im Westen tritt dies bloß deshalb nicht zur Erscheinung, weil die Talbildung und Abwitterung die im Flysch schwimmende

Faltendecke noch nicht bis an ihre Unterlage heraus geschält hat. Die Sämtisfalten haben also gar *keine Wurzel* direkt nach unten. Darum enthält auch keiner ihrer Gewölbekerne Jura. Sie sind eine von Süden überfaltete und überschobene, in ihrem Gewölbeschenkel durch den vorliegenden Widerstand gefaltete Kreideplatte. Die zahlreichen Brüche liegen besonders in den oberen Teilen der Kreidefaltendecke, sie enden rasch in den Randregionen, sie gehen nicht durch den Flysch hinab, *sie gehören nur der überfalteten Kreidecke an*. Dies läßt sich in gleicher Weise für die horizontalen Transversalverschiebungen wie für die Brüche mit vertikaler Verstellung erweisen.

Sie sehen, verehrte Hörer, daß wir für das Sämtisgebirge durch Erwägung aller unserer Beobachtungen uns vollständig der Theorie der von S kommenden Deckenfalten (Bertrand, Schardt, Lugeon) angeschlossen haben.



Die Stirn der am weitesten gegen Nord vorgeschobenen Ueberdeckungsfalte ist um so stärker gefaltet, je mehr Widerstand sie gefunden hat, und sie ist *gegen Ende ihrer Fahrt* zerschellt und zerbrochen in viel stärkerem Maße, als die weiter alpeneinwärts gelegenen, noch mächtiger bedeckten Gesteinsfalten. Die gleichzeitig vorschreitende Entlastung durch Abwitterung hat mehr und mehr den Bruch an Stelle der Faltung befördert. Überall im Sämtis können wir zeigen, daß zu

Zeiten und an Orten starker Bedeckung die Horizontal-Dislokation sich in *Faltung*, mit abnehmender Belastung dagegen mehr und mehr in *Bruch* ausgelöst hat. Wieder erinnert uns das Sämtisgebirge an die Wellen eines gegen Norden brandenden Meeres — die vordersten zerschäumen am stärksten!

Das Ueberschieben der ganzen Faltungsdecke, die Falten und steigernden Längsbrüche des Sämtisgebirges in der Frontregion der Decke sind durch aus Süden kommenden *Horizontalschub* gestaut. Die Querbrüche der Mittelregion sind bei fortschreitender Abdeckung durch ungleichen Widerstand gegen den *Horizontalschub*, also als Folge des letzteren, entstanden. Die vertikalen Querbrüche und die schwächenden Längsbrüche der Ostregion sind durch Einsinken der sich vorschiebenden Faltungsdecke in schon vorhandene Vertiefungen ihrer Unterlage gebildet. *Das ganze herrliche Dislokationswerk des Sämtisgebirges ist somit mit allen seinen Formen auf den primären Horizontalschub zurückzuführen; jeder Beweis für eine primäre Radial-Dislokation fehlt.*

Im Sämtisgebirge schimmert der innere Bau in den Formen schöner durch, als bei den meisten andern Gebirgen. *Die Form verrät den Bau.*

In Gebirgen, die aus vorherrschend undurchlässigen Gesteinen gebildet sind, beherrscht die Erosion durch das fließende Wasser die ganze Gebirgsgestalt und verwischt die Formen der Türmung. Stets ähnliche Gestalten, Ruinen zwischen Erosionssystemen wiederholen sich dort. Wildbachsysteme durchfurchen die Gehänge, Wildbachschuttkegel wachsen aus den Schluchten heraus. — Ganz anders im Sämtisgebirge! Im allgemeinen ist das Gestein leicht durchlässig. Eine Masse Wasser geht zur Quellbildung, die Wildbäche haben wenig Bedeutung, *die Ver-*

witterung schält nicht durch Nachsturz nach Erosions-schluchten, sondern nach der Anatomie. Steile Schichtstellung, scharfer Wechsel sehr resistenzfähiger Kalksteinkomplexe mit leicht verwitterbaren Mergeln geben die kühnen, fein geschnittenen Formen, und die Querbrüche durchhacken die Gräte mit Breschen. Die ungeheure Blätterung der Erdrinde kommt zum vollen Ausdruck. Die Verwitterung hat alle diese Gestalten herausgeschält aus ihrer früheren Einwicklung in Flysch. Die Gletscherwirkungen sind im Säntisgebirge nicht bedeutend. Dagegen zählen wir über 40 Bergstürze, von denen 4 oder 5 recht anscheinlich sind.

Wir wissen, daß unsere Alpen um eine geologische Periode jünger sind, als das Hochgebirge von Neuseeland. Dementsprechend sind sie auch viel weniger gealtert in ihren Verwitterungsformen. Unter den verschiedenen Gebirgszonen unserer Alpen selbst ist aber das Säntisgebirge eine der jungendschönsten geblieben. Auch die herrliche Harmonie von äußerer Gestalt mit innerem Bau ist ein Zug jugendlicher Aufrichtigkeit und Offenheit.

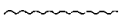
Die hervorgehobene frische Gliederung der Formen läßt sich in Zahlen fassen. Die Geographen streben schon lange nach einem Maß der Oberflächengliederung. Dasselbe wäre am besten gegeben durch das Verhältnis der wirklichen Gebirgsoberfläche zur Grundrißfläche — wenn nur die wirkliche Oberfläche nicht so schwierig zu ermitteln wäre. Die bisherigen Methoden dafür sind zu schlecht und geben zu kleine Zahlen.

Es ist bestimmt worden, daß am Vesuv die wirkliche Oberfläche um 4 % größer ist, als der Grundriß, in den Ennstaler Alpen 10 %, in der Jungfraugruppe 24 %. Für das Säntisgebirge hat Prof. Früh aus meinem Relief 90 % bestimmt. Ich bin überzeugt, daß es noch mehr ist.

Das Säntisgebirge hat also eine ungewöhnlich scharfe und feine äußere wie innere Gliederung! Darum ist es so schön!

Das ganze Säntisgebirge überblickend, können wir sagen :

Der *Baumeister* des Säntisgebirges war allein nur der gleiche von Süden nach Norden gerichtete Horizontal-schub in der Erdrinde, der unsere Alpen überhaupt gebildet hat. Das *Baumaterial* sind die Meeresabsätze der Kreidezeit, die, eingewickelt in einer Hülle von Flysch, aus Süden — südlich des Tödi — herbeigestoßen worden sind. Der *Baustil* ist vorherrschend und durchgreifend nach Nord überliegende Faltung mit Querbrüchen. Die *Bauzeit* begann frühestens Miocen, die Hauptfaltung fand während der Pliocenzeit statt und das Zerschellen durch Querbrüche infolge fortschreitender Entlastung erst gegen Schluß der Faltung. Die Querverschiebungen waren bedingt durch ungleichen Widerstand, den der Horizontal-schub fand, die Querverwerfungen durch Vorstoß über unebenen *Baugrund*. An der Ausziselierung wird stets ohne Ende weiter gearbeitet.



Ich habe die Freude, der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft das erste fertige Exemplar des Werkes vorzulegen, dessen Hauptinhalt ich Ihnen in möglichster Kürze soeben skizziert habe. Es führt den Titel: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge XVI. Lieferung: Das *Säntisgebirge* von Albert Heim, Mitarbeiter: Dr. Marie Jerosch, Dr. Arnold Heim, Dr. Ernst Blumer, und besteht aus einem Textband mit Titelbild und 120 Textbildern und einem Atlas von 42 Tafeln.

