Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 89 (1906)

Rubrik: Vorträge gehalten in den zwei allgemeinen Versammlungen und in den Sektions-Sitzungen, laut Beschluss des Zentralkomitees in extenso aufgenommen

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: 16.11.2025

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

VORTRÄGE

gehalten in den

zwei allgemeinen Versammlungen

und in den

Sektions-Sitzungen,

laut Beschluss des Zentralkomitees in extenso aufgenommen.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Die Bedeutung der Missbildungen für die Botanik, früher und heutzutage.

Von *K. Goebel,* München.

Wenn ein Nichtbotaniker die botanische Literatur der letzten 100 Jahre durchsieht, so muss ihm als eine der auffallendsten Tatsachen dabei die ungeheure Zahl der Abhandlungen erscheinen, welche sich mit „Abnormitäten“ oder „Missbildungen“ befassen. Zunächst handelte es sich dabei um die Abnormitäten in der gröberen Gestaltung; erst später zog man auch die des inneren Aufbaus in Betracht. Da die Probleme, welche die pathologische Pflanzenanatomie zu behandeln hat, aber im wesentlichen dieselben sind, welche sich auch bei der pathologischen Morphologie ergeben haben, so möchte ich mich bei der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit der Hauptsache nach auf die letztere beschränken. Wenn sich dabei eine besondere Disziplin, die „Teratologie“, herausgebildet hat, so fragt es sich zunächst, wie wir deren Gebiet umgrenzen können, was wir also eigentlich unter einer Missbildung verstehen sollen. Es ist selbstverständlich, dass eine derartige Definition stets mehr oder minder willkürlich bleiben muss. Denn es gibt keine scharfe Grenze zwischen dem Normalen und dem Abnormen, weil das Normale selbst keine konstante Grösse ist; die Missbildungen fallen also in das Gebiet der Variationen

überhaupt. Wir werden aber nicht jede beliebige Variation als eine Missbildung bezeichnen, es liegt schon im Worte Missbildung, dass sie mit einer — grösseren oder kleineren — Störung der normalen Funktion des von der Missbildung betroffenen Pflanzenteils oder selbst der ganzen Pflanze verknüpft ist, und auch Teratologie heisst ja eigentlich die Lehre von dem Wunderbaren, von dem also, was von dem Gewöhnlichen weit abliegt und deshalb uns als etwas Besonderes erscheint. So halten wir uns also an die auch von Darwin betonte Fassung, dass wir von einer Missbildung dann sprechen, wenn die Gestaltung, sei es die äussere, sei es die innere, so verändert ist, dass dadurch eine Abweichung von der normalen *Funktion* der betroffenen Organe bedingt ist.

Solche Missbildungen kommen bei Pflanzen in grosser Zahl vor, und darin ist es wohl auch begründet, dass sie in viel grösserem Masse als in der Zoologie Gegenstand der Beschreibung und der wissenschaftlichen Verwertung gewesen sind. Fast könnte man sich versucht fühlen, den alten Spruch: „amamus monstra in hortis, horremus in animalibus“, auch auf die wissenschaftliche Schätzung der Monstrositäten in Botanik und Zoologie anzuwenden.

Freilich hat auch in der Botanik die Wertschätzung der Monstrositäten geschwankt. Gleichgültig, selbst unbehaglich waren sie im allgemeinen den Systematikern. So sagt Linné in seiner prägnanten Art[1]): „Demantur

[1]) Philosophia botanica 271. — Betreffs der in den vorliegenden Ausführungen mitgeteilten Anschauungen des Verfassers vergl. auch dessen „Organographie“; Jena, G. Fischer, 1898—1901, sowie „Teratology in modern botany“. Science progress, new series, vol. I, Nr. 1. London 1896.

e botanica flores majores, multiplicati, pleni, proliferi et exulabit numerosa grex, quæ botanicen diu oneravit.“ Er betrachtete also die Blütenmissbildungen geradezu als eine Last, die er gern losgeworden wäre. Aber gerade ein Forscher, der das Werk Linnés, in welchem sich der erwähnte Ausspruch befindet, die „philosophia botanica“, besonders hochschätzte, nämlich Goethe war es, welcher am meisten dazu beitrug, die Periode der Teratologie herbeizuführen, welche ich als die formal-morphologische bezeichnen möchte, die Periode also, in welcher man die Missbildungen zu verwenden suchte zur Lösung morphologischer Fragen, anfangs wesentlich im Sinne der idealistischen Morphologie, später nach dem siegreichen Auftreten der Deszendenztheorie mit phylogenetischer Deutung.

Die Geschichte der Morphologie zeigt, dass tatsächlich Abnormitäten namentlich in der Zeit, in welcher die entwicklungsgeschichtliche Methode noch unbekannt war, ein wichtiges Material für morphologische Untersuchungen darstellten. So führte die Tatsache, dass die Blüten, in denen die Sprossachse im normalen Zustande bei den Angiospermen kaum erkennbar ist, zuweilen vegetativ „durchwachsen“, zur Erkenntnis, dass die Blüte ein Spross ist, und die Umbildung der Staubblätter in Blumenblätter, des Fruchtknotens in Laubblätter zeigen, dass zwischen diesen Organen und den gewöhnlichen Blättern offenbar eine nahe Verwandtschaft besteht, die man dahin ausdrückte, dass man sagte, Staubblätter und Fruchtblätter seien „metamorphosierte“ Blätter. Auch sah man Teile, die normal verwachsen, in abnormen Fällen oft getrennt, und solche, welche normal getrennt sind, verwachsen, was die Bedeutung der Verwachsungen augenfällig machte.

Selbst nachdem, namentlich durch K. F. Wolff, Robert Brown und Schleiden, die Entwicklungsgeschichte in die Botanik eingeführt worden war, zeigten sich Missbildungen als für die Auffassung normaler Gestaltungen lehrreich. Es sei nur erinnert an die Diskussionen über den unterständigen Fruchtknoten. Die ersten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen waren zu dem Resultat gekommen, dass dieser unterständige Fruchtknoten lediglich die hohl gewordene Blütenachse darstelle und dass die Beteiligung der Fruchtblätter oder Karpelle am Aufbau dieses Fruchtknotens sich auf die Ausbildung des Griffels und der Narben beschränke. Missbildungen, wie sie z. B. Cramer [1]) bei Umbelliferen beobachtete, zeigten dagegen, dass dabei freie Fruchtblätter sich ausgliedern, welche die verkümmerten Samenanlagen tragen. Nun kann in der Deutung der Gestaltungsverhältnisse natürlich kein Widerspruch sich ergeben, wenn die verschiedenen Untersuchungsmethoden richtig angewandt sind. Es zeigte sich denn auch, dass jene erste entwicklungsgeschichtliche Deutung nicht zutreffend war: wohl ist eine ausgehöhlte Blütenachse vorhanden, aber sie ist von den basalen Teilen der Fruchtblätter ausgekleidet, welche dann gemeinschaftlich mit der hohlen Blütenachse wachsen. In den abnormen, vergrünten Umbelliferenblüten unterbleibt das Wachstum der Blütenachse, während sich die Fruchtblätter abnorm vergrössern. Es stimmen also die Resultate der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung mit dem Verhalten der missgebildeten Blüten überein. Die Abnormität

[1]) C. Cramer, Bildungsabweichungen bei einigen wichtigeren Pflanzenfamilien und die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies. Zürich 1864.

lässt sich aber andrerseits in ihrem Zustandekommen nur bei genauer Kenntnis des normalen Entwicklungsganges verstehen und das ist ein Prinzip, welches allgemein bei teratologischen Erscheinungen festzuhalten ist.

Abgesehen von derartigen Erscheinungen, wie sie im Getrenntbleiben normal verwachsener Organe und in der Entwicklung sonst gehemmter Anlagen vorliegen, war es aber vor allem die Bestimmung des sogenannten *morphologischen* Wertes eines Organes, welchen man durch Missbildungen zu bestimmen suchte. Man argumentierte dabei folgendermassen: „Wenn ein Organ *a* bei Betrachtung einer abnormen Entwicklungsreihe in ein anderes *b* durch Zwischenstufen übergeht, hat *a* den morphologischen Wert von *b*.“ Unter morphologischem Wert verstand man dabei [1]) „den Verzweigungsrang im ganzen Sprossbau“, eine recht abstrakte und formelle Fassung, welche durch einige Beispiele deutlicher werden wird.

Namentlich handelte es sich dabei um das Verhältnis der Fortpflanzungsorgane gegenüber den vegetativen. Die Morphologen gelangten dabei zu der merkwürdigen Auffassung, dass das „normale Reproduktionsorgan nur seine physiologische Bedeutung klar zur Schau trägt, seine morphologische Bedeutung aber verbirgt“ [2]). Diese soll erst in den vegetativen Umbildungen resp. Missbildungen hervortreten. Dabei glaubte man, den aus der Betrachtung solcher Missbildungen abgeleiteten Schlüssen eine ganz besondere Bedeutung dadurch geben zu können, dass man annahm, es handle sich dabei um Rückschläge, also phy-

[1]) Celakovsky, die Gymnospermen, p. 61.
[2]) Celakovsky, a. a. O., p. 60.

logenetisch bedeutsame Erscheinungen. Speziell sollte dies gelten für die sogenannten Vergrünungen von Staubblättern, Samenanlagen und den Fruchtschuppen in Zapfen der Nadelhölzer. Wie schwankend aber der Boden ist, auf dem man sich dabei bewegt, mögen die Wandlungen in den Anschauungen desjenigen Botanikers zeigen, welcher mit der grössten Konsequenz und erheblichem Scharfsinn die grosse Bedeutung der Teratologie für die Morphologie verfochten hat. Es ist Ladislaw Celakovsky. Nehmen wir dabei als Beispiele die Pollensäcke und die Samenanlagen der Angiospermen. Die vergleichende Entwicklungsgeschichte, nicht die Teratologie, hatte zu dem fundamental wichtigen Ergebnis geführt, dass die Pollensäcke den Mikrosporangien der heterosporen Pteridophyten homolog sind, der Nucellus der Samenanlagen einem Makrosporangium. Das genügte aber den Teratologen nicht, sie suchten auch die „morphologische Bedeutung" beider Organe zu ermitteln. Im Jahre 1874 sagt Celakovsky[1]): „Für die uns unzugängliche phylogenetische Entwicklung haben wir aber in betreff der morphologischen Deutung — der Samenanlagen — vollauf genügenden Ersatz von der Natur erhalten, das sind die Anamorphosen — so nennt Celakovsky die Vergrünungen —, welche in verschiedenen kleinen Schritten den Weg wieder zurücklegen, den die phylogenetische Entwicklung einmal, wenn auch vielleicht nicht in ganz gleicher Weise gemacht hat." Wir sehen nämlich bei diesen „Anamorphosen", dass die Samenanlagen schrittweise verlauben, bis schliesslich statt ihrer nur ein kleines grünes Blättchen, oft nur ein kleiner Höcker vorhanden

[1]) Celakovsky, Über die morphologische Bedeutung der Samenknospen, Flora 1874.

ist. Da nun „die Verwandten der ältesten Ahnen unserer Samenpflanzen, die Farne, geöffnete grüne Sporophylle besitzen", folgert Celakovsky, dass auch die Ausbreitung der Fruchtblätter und der Ersatz der Samenanlagen durch Blattzipfel eine atavistische Erscheinung sei!

Dagegen wurde eingewandt, dass ein Vorgang, bei welchem der wichtigste Teil der Samenanlage, der Nucellus, verschwinde, doch nicht ein atavistischer sein könne; bei einem solchen müsste man vielmehr erwarten, dass statt des Nucellus ein wirkliches Makrosporangium auftrete; es handle sich also bei der Vergrünung nur um ein Vegetativwerden der Hüllen der Samenanlage, während der Nucellus verkümmere. Dass die Vorfahren unserer Samenpflanzen den Farnen geglichen haben, ist ja möglich und nach den neueren Entdeckungen über die Pteridospermen der Carbonzeit selbst wahrscheinlich, aber jedenfalls kennen wir sie nicht und werden sie auch wahrscheinlich nie kennen lernen, müssen also mit der Annahme von Rückschlagsbildungen äusserst vorsichtig sein. Die ganze Folgerung, dass die Vergrünungen atavistische Erscheinungen seien, steht aber vollständig in der Luft, die phylogenetische Interpretierung war nur eine Äusserung der Zeitströmung, verbunden mit der alten irrigen Meinung, dass die Fortpflanzungsorgane aus einer Umbildung der Vegetationsorgane entstanden seien.

Sehen wir uns die späteren Schriften desselben Teratologen an, so finden wir einen vollständigen Frontwechsel, der sich unter dem Einfluss von Naegeli's mechanischer Theorie der Abstammungslehre vollzogen hat. Noch 1882 war es Celakovsky gewiss, dass die vegetativen Formen eines Fruktifikationsblattes — Sporophylls — früher da waren, als die zu bloss repro-

duktiven Zwecken metamorphosierten. Wenige Jahre später aber gelangt er zu ganz anderen Anschauungen. „Nicht das Vegetative ist das Ursprüngliche, sondern die Vegetationsorgane sind durch Sterilwerden der Fortpflanzungsorgane, speziell der Sporangien, entstanden", also gerade das Gegenteil seiner früheren Meinungen. Während er früher mit Schärfe die bekämpft hatte, welche nicht glauben wollten, dass die bei der Vergrünung von Antheren auftretenden doppelspreitigen Blätter etwas anderes seien als pathologische Erscheinungen ohne jede phylogenetische Bedeutung, sagt er später selbst: „Es ist nun richtig, dass die angiospermen Antheren aus keinem doppelspreitigen Blatte, das Ovulum aus keinem vegetativen Blättchen entstanden ist. Das genetische Verhalten ist gerade umgekehrt. Aber die Homologie, die morphologische Gleichwertigkeit, besteht dennoch zwischen den reproduktiven und den vegetativen Formen", das Ovulum — die Samenanlage — sei seinem Ursprung nach ein Sporangium, aber es sei homolog und von gleichem morphologischem Wert mit jenem vegetativen Gebilde, in das es sich durch Vegetativwerden seines sporogenen Gewebes umbilden kann.

Sehen wir uns diese Anschauung näher an, so zerfällt sie in drei Annahmen, von denen zwei eigentlich miteinander identisch sind, nämlich folgende:

1. Ein Pollensack oder eine Samenanlage kann sich in ein Blättchen und nur in ein solches verwandeln.
2. Deshalb haben diese Organe den morphologischen Wert eines Blättchens (was eigentlich nur ein anderer Ausdruck für die in 1. gemachte Annahme ist).

3. Das zeigt uns, dass Blätter phylogenetisch aus Sporangien hervorgegangen sind.

Die erste Annahme ist eine entwicklungsgeschichtliche, man sollte also denken, dass sie der Ausdruck entwicklungsgeschichtlicher Beobachtung sei. Diese wäre um so notwendiger, als wir in den Sporangien zweierlei Teile zu unterscheiden haben: die, aus denen die Sporen hervorgehen, und die sterilen, nur indirekt an der Aufgabe der Sporangien beteiligten. Wenn letztere sich vegetativ weiter entwickeln, erstere fehlschlagen, werden wir zwar auch von einer Umbildung der Sporangien sprechen können, aber in anderem Sinne als die Teratologen. Diese haben niemals die Entwicklungsgeschichte einer Vergrünung wirklich beobachtet, sondern aus den verschiedenen, im fertigen Zustande vorgefundenen Umbildungsformen kombiniert. Tatsächlich ist es auch nicht leicht, geeignetes Material für eine entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der Vergrünungen zu erhalten, da diese nur sporadisch auftreten. Sehen wir uns deshalb einen andern Fall einer Sporangienumbildung an, der leicht und sicher zu beobachten ist. Er bezieht sich auf die Sporangien eines Farnkrautes, Athyrium filix femina f. clarissima. An den Farnsporangien sehen wir besonders deutlich die beiden oben unterschiedenen Teile: ein junges Farnsporangium zeigt die Anlage eines Stieles und im oberen Teile eine einzige tetraëdrische Zelle, welche man als Archespor bezeichnet hat, weil aus ihr alle sporenbildenden Zellen hervorgehen. Dazu kommt es aber bei der genannten Farnform nicht. Sie bildet überhaupt keine Sporen mehr aus, aus denen Prothallien hervorgehen. Die Sporenbildung ist vielmehr ganz unterdrückt, die Pflanze ist „apospor“ geworden und

zwar geht der Gametophyt, das Prothallium, hier direkt aus dem Sporangium hervor. Bei den von mir untersuchten Sporangien trat stets zunächst der gewöhnliche Entwicklungsgang ein, auch wurde das Archespor angelegt. Dann aber blieb es stehen (gelegentlich treten noch Teilungen ein), während das Sporangium in seinen sonstigen Teilen zu einem zum Prothallium auswachsenden Zellkörper wurde. Wir sehen also hier die ohnedies sterilen, nicht an der Sporenbildung beteiligten Partien des jungen Sporangiums eine andere Entwicklung einschlagen, den am meisten charakteristischen Teil, das Archespor aber fehlschlagen; es konnte nicht beobachtet werden, dass es als vegetative Zelle sich am Aufbau des Prothalliums beteiligt hätte. Denkbar wäre ein solcher Vorgang ebenso wie der, dass die Sporangienanlage schon vor der Anlegung des Archespors zum Prothallium auswächst, und das um so mehr, als bei demselben Farn selbst die Blattspitzen zu Prothallien auswachsen können. Aber gewöhnlich treten diese Fälle offenbar nicht ein, und ebenso liegt offenbar bei der Vergrünung der Antheren und der Samenanlagen meist nur eine Weiterentwicklung der ohnedies schon rein vegetativen Teile unter Verkümmerung der sporenbildenden vor. Die Annahme der Teratologen, dass bei den Vergrünungen die Reproduktionsorgane vegetativ werden, ist also weder erwiesen noch irgend wahrscheinlich; nicht der Pollensack oder die Samenanlage werden bei den „Anamorphosen“ zu einem Blättchen, sondern ihre ohnedies vegetativen Teile wachsen blattartig aus.

Damit ist auch der zweite Satz, soweit er nicht eine Tautologie enthält, hinfällig oder doch nur auf einen Teil der missgebildeten Organe anwendbar. Richtig

ist, dass bei pathologischen Umbildungen die Umbildungsmöglichkeit gewöhnlich eine begrenzte ist, offenbar deshalb, weil frühzeitig schon der Charakter eines Organes sozusagen festgelegt wird, d. h. nur noch innerhalb bestimmter Grenzen abgeändert werden kann. Deshalb erscheint es unmöglich, dass eine Blattanlage je in einen Spross oder eine Wurzel pathologisch verändert werden könnte, und doch führt die Natur, und zwar nicht pathologisch, sondern normal auch solche Heteromorphosen aus. Wir sehen ein Beispiel dafür bei den oben angeführten Sporangien und wissen, dass auch sonst sich eine Wurzel an ihrer Spitze in einen Spross verwandeln kann oder ein Blatt in einen Spross, wie bei manchen Farnen. Wenn die Faktoren vorhanden sind, um eine „Umstimmung" der Organentwicklung herbeizuführen, kümmert sich die Natur also nichts um unsere Organkategorien, nur sind dazu tiefer greifende Einflüsse erforderlich, als sie bei den Vergrünungen auftreten. Der dritte Celakovsky'sche Satz sucht eine phylogenetische Hypothese durch eine, wie wir sahen, unhaltbare und sicher unbewiesene ontogenetische Vorstellung zu stützen, ein luftiges Gebäude mit einem imaginären Fundament zu begaben.

So ist die phylogenetische Verwertung der Vergrünungen meiner Ansicht nach eine ganz erfolglose geblieben. Damit soll nicht gesagt sein, dass nicht bei Missbildungen Erscheinungen auftreten könnten, welche man als atavistische bezeichnen kann. Aber es sind nur verhältnismässig wenig derartige Fälle bekannt, und sie sind nicht von besonderer Bedeutung, weil sie den Schlüssen, die sich auch ohnedies aus der vergleichenden Untersuchung der normalen Formenreihen ergeben, weder einen strengen Beweis, noch

etwas Neues hinzufügen. Von Interesse sind sie nicht für die Morphologie, sondern für die später zu erwähnende Lehre von der Latenz bestimmter Charaktere. Nur wenige Beispiele seien angeführt.

Um was es sich dabei handelt, geht wohl am deutlichsten aus einer Beobachtung hervor, welche Mangin an Lychnis vespertina machte. Diese Pflanze ist diöcisch, wenn aber ihre Blüten von Ustilago antherarum infiziert sind, entwickeln sich die gewöhnlich als mit blossem Auge nicht mehr sichtbare Höcker vorhandenen Staubblattanlagen weiter. Wenn man nur die äussere Gestalt der Staubblätter in Betracht zieht, könnte man hier von einer durch den Pilz veranlassten Rückschlagsbildung reden, da die diöcischen Blüten zweifellos von Zwitterblüten abzuleiten sind.

Ebenso wie hier noch sichtbare, aber normal latent bleibende Anlagen durch den von einem Pilze ausgeübten (hauptsächlich wohl in einer starken Nährstoffzufuhr bestehenden) Reiz aktiviert werden, kann dies bei solchen „Anlagen“ der Fall sein, die äusserlich nicht mehr sichtbar sind. Bekanntlich haben die Blüten vieler Kompositen statt des Kelches einen Pappus. Wenn nun z. B. statt des Pappus an den durch Aulax Hieracii vergrünten Blüten von Hieracium ein fünfblättriger Kelch auftritt, so kann man dies als eine atavistische Erscheinung bezeichnen, weil wir allen Grund haben, anzunehmen, dass ein solcher Kelch bei den Vorfahren von Hieracium vorhanden war. Aber diese Annahme war eine allgemeine, längst ehe man diese Vergrünung kannte, und sicher haben zahlreiche andere Vergrünungen — es soll unten noch ein Beispiel angeführt werden — keine atavistische Bedeutung, auch nicht die Pelorien, welche man teilweise als Rück-

schlag auf die ursprünglich radiäre Form typisch dorsiventraler Blüten auffasste, eine Meinung, welche schon deshalb nicht haltbar erscheint, weil diese Pelorien meist gänzlich unfruchtbar sind. Und wenn ein neuerer Schriftsteller daraus, dass bei der Erdbeere, statt der gewöhnlich dreizähligen Blätter gelegentlich gefiederte wie bei anderen Rosaceen auftreten, schliesst, es liege bei dieser abnormen Ausbildung (die wir nach der früher gegebenen Definition freilich nicht als Missbildung bezeichnen können) ein Rückschlag vor, die dreizähligen normalen Blätter seien durch Verkümmerung der unteren Fiederblättchen entstanden, so wird der nüchterne Beurteiler nur sagen können: woher weiss denn Velenovsky, wie die Blattform der Vorfahren der Erdbeeren ausgesehen hat? Kann die dreizählige Blattform von Fragaria und einigen Potentillaarten nicht auch dadurch entstanden sein, dass diese Blätter auf einer Entwicklungsstufe stehen blieben, welche auch bei den Keimpflanzen von Rosaceen mit gefiederten Blättern auftritt, aber dann durch die höher gegliederte Blattform verdrängt wird? Können also diese abnormen Erdbeerblätter ebenso wie die vier- und noch mehrzähligen Kleeblätter nicht ebenso gut progressive als atavistische Bildungen sein?

Wenn ich der Meinung bin, dass die phylogenetische Verwertung der Missbildungen zu keinerlei positiven Resultaten geführt hat, so befinde ich mich dabei in Übereinstimmung mit einem der bedeutendsten Vertreter der formalen Morphologie, mit A. Braun [1]). Dieser sagt: „Noch viel weniger zutreffend ist es endlich, wenn

[1]) A. Braun, Die Frage nach der Gymnospermie der Cycadeen, Monatsberichte der kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. April (1875), pag 251.

der wissenschaftliche Wert der Bildungsabweichungen allein oder auch nur vorzugsweise in ihrer phylogenetischen Bedeutung gesucht wird, indem dieselben als atavistische Rückschläge betrachtet werden. Ich finde keinen ausreichenden Grund, dieselben in der Mehrzahl der Fälle für mehr als individuelle Erscheinungen zu halten, sie beruhen grossenteils auf Missverhältnissen der individuellen Metamorphose, auf Hemmungen und Verschiebungen, welch letztere ebensowohl vorgreifend als rückgreifend sein können."

Gegen die phylogenetische Bedeutung der Missbildungen spricht namentlich auch die Tatsache, dass sie nur selten ein Zurückgreifen auf eine phylogenetisch tiefere Stufe der Organbildung erkennen lassen [1]). Wenn eine Droserablüte z. B. vergrünt, so erscheinen an Stelle der Blumenblätter Blätter, welche die charakteristischen Tentakeln der Droserablätter aufweisen. Diese aber sind doch offenbar nichts Ursprüngliches, sondern verhältnismässig spät aufgetretene Organe. Mit anderen Worten, bei Missbildungen handelt es sich meist um eine andere Kombination normal in der Pflanze vorhandener Gestaltungen, ausserdem treten noch Formbildungen auf, welche gewöhnlich im „latenten" Zustand sich befinden.

Die Missbildungen werden also in erster Linie nicht ein phylogenetisches, sondern ein ontogenetisches Problem darstellen. Ihre Verwertung für die formale Morphologie, welche ich bisher kurz zu schildern versucht habe, gehört im wesentlichen der Vergangenheit an, wenn diese auch naturgemäss vielfach noch in die Gegenwart hineinragt.

[1]) Vgl. Goebel, Teratology in modern botany, Science progress, 1896, 1. p. 84 ff.

Aber das Studium der Missbildungen hat auch, nachdem die formal-morphologische Periode der Botanik zur Rüste gegangen ist, nicht an Bedeutung verloren, im Gegenteil, es hat für die neuauftretende *kausale* Richtung eine ganz besondere Bedeutung. In erster Linie deshalb, weil es uns zeigt, dass die sogenannte normale Entwicklung keineswegs alle Entwicklungsmöglichkeiten erschöpft. Die Missbildungen sind, wie schon oben bemerkt wurde, nur ein Speziallfall des grossen Gebietes der Variation im weitesten Sinne. Zur Kenntnis einer bestimmten Pflanzenform aber gehört die Gesamtheit aller Entwicklungsmöglichkeiten, die in der normalen Entwicklung nie vollständig realisiert sind. Die Missbildungen bieten nun der experimentellen Morphologie zwei Forschungsgebiete dar: einerseits die Lehre von den gewöhnlich latent bleibenden Eigenschaften, andererseits die Frage nach den Ursachen, welche das Zutagetreten dieser Eigenschaften bedingen. Endlich tritt bei Missbildungen besonders deutlich hervor ihr unzweckmässiger Charakter, trotzdem auch sie, wie wir annehmen dürfen, eine Reaktion der Pflanzen auf bestimmte äussere Reize darstellen. Auch sehen wir, dass bei Missbildungen, die erblich sind, die Umänderung der Gestaltung keineswegs in *einer* bestimmten Richtnng sich bewegt, sondern nach verschiedenen Seiten hin ausstrahlt.

Solche allgemeine Sätze haben aber naturgemäss etwas Unanschauliches. Es mag deshalb gestattet sein, zwei Einzelbeispiele hier kurz zu erörtern; das eine handelt von erblichen Missbildungen, das andere von im Verlaufe der Einzelentwicklung induzierten.

Das erste bezieht sich auf unsere europäischen Farnkräuter, die vielfach Variationen aufweisen, welche wir

als Missbildungen bezeichnen können. Sie scheinen betreffs ihres Vorkommens ungleich verteilt zu sein, am meisten kommen sie offenbar in England vor, wo man das Aufsuchen derartiger Formen freilich auch am eifrigsten, ich möchte sagen in sportmässiger Weise, betrieben hat. Dass es sich dabei nicht etwa um in der Kultur entstandene Formen handelt, wie selbst neuerdings noch behauptet wurde, bedarf kaum der Erwähnung. Vielmehr stellen diese Formen Mutationen dar, teilweise auch Halb- und Mittelrassen, welche bald kleinere, bald grössere Abweichungen von dem normalen Verhalten zeigen. Diese Abweichungen führen zu einer Funktionsstörung z. B. da, wo die Bildung der Fortpflanzungsorgane unterdrückt ist, oder bei solchen Formen, die eine für die Aussenwelt unzweckmässige Blattform erhalten haben. So gibt es Formen von Athyrium filix femina, welche an der Spitze ihrer Blätter so dichte Knäuel von Blättchen bilden, dass die Blätter dadurch nicht nur in ihrer Assimilationsarbeit gestört sind, sondern auch vom Regen leicht niedergeschlagen werden.

Sehen wir uns die Art der Abnormitäten näher an, so finden wir, dass am häufigsten eine Erscheinung auftritt, die auch in den normalen Entwicklungsgang der Farnblätter gehört: die gabelige Verzweigung. Diese tritt ganz allgemein bei den ersten Blättern, bei manchen Farnen auch späterhin auf, und die Abnormität besteht nur darin, dass sie viel tiefergreifend einsetzt und dadurch dem Blatte oft ein sehr eigentümliches Aussehen verleiht. Ausserdem finden sich aber noch eine Reihe anderer Abänderungen: es wird nämlich verändert Richtung und Grösse der Blattfiedern, es bilden sich (z. B. bei Scolopendrium vulgare

f. marginatum) Auswüchse parallel dem Blattrand, es verändert sich die Konsistenz des Blattgewebes (das z. B. bei Athyrium filix femina f. clarissima an die der Hymenophyllumblätter erinnert). Bei manchen dieser Formen entstehen zuweilen Rückschläge auf die normale Gestaltung, die unter bestimmten äusseren Bedingungen auftreten, eine Erscheinung, auf die später zurückzukommen sein wird. Hier sollen diese Farne nur ein Beispiel abgeben für Abnormitäten, welche nach verschiedenen Richtungen hin von der normalen Form abweichen und diese Abweichungen auf ihre Nachkommen vererben.

Das andere Beispiel für ontogenetisch induzierte Missbildungen betrifft Gentiana acaulis. Auf den feuchten Wiesen der oberbayrischen Hochebene zeigen die Blüten dieser Pflanze ausserordentlich häufig Missbildungen. Diese sind durch eine Gallmilbe hervorgerufen, einen Phytoptus, welcher in die jungen Blütenknospen einwandert und in ihnen Veränderungen hervorruft, von denen einige genannt seien. Sie sind verschieden stark, offenbar je nach dem Alter, in welchem die Blütenknospe befallen wird, vielleicht auch nach der Stärke der Infektion. Statt der schön blauen Blütenglocken finden sich in ganz extremen Fällen ganz vergrünte Blüten, die so unregelmässig gestaltet sind, dass man die normale Anordnung der Organe nicht mehr herausfinden kann. Andere zeigen geringfügigere Änderungen. Wir sehen am Kelch, dass die Zahl der Kelchblätter zuweilen auf sechs steigt und dass blättchenförmige Auswüchse an ihm auftreten neben feineren „Emergenzen“, welche wahrscheinlich von den Phytopten als Nahrung benützt werden. Die Blumenkrone ist zuweilen tiefgespalten, in anderen Fällen mit blauen

Auswüchsen versehen, welche an die sogenannte Katakorolle, die bei manchen Gesneriaformen auftritt, erinnert, in letzterem Falle aber ohne Einwirkung von Tieren entsteht.

Die Staubblätter bilden sich oft zu Blumenblättern um, in verschiedenen Ausbildungsstufen, so dass die Blüten gefüllt erscheinen, auch sie zeigen vielfach fadenförmige, tiefblau gefärbte Auswüchse. Der Fruchtknoten ist oft oben in zwei Teile gespalten, oder die sonst zum Fruchtknoten verwachsenen Fruchtblätter sind ganz flach ausgebreitet und zwischen ihnen wächst die Blütenachse als vegetativer Spross durch. In einem Falle wurden statt zwei fünf Fruchtblätter beobachtet, was manche vielleicht als atavistische Erscheinung anzusehen geneigt sein werden [1]). Auch die Samenanlagen zeigten, soweit sie überhaupt noch vorhanden waren, öfters Formveränderungen, auf welche aber nicht näher eingegangen werden soll.

Hier haben wir also einen Fall, in welchem wir die Ursache der Missbildung kennen, wenngleich wir die Reize, welche hiebei von dem Tiere ausgeübt werden, bis jetzt ebenso wenig genau präzisieren können, als bei den merkwürdigen Vorgängen der Gallenbildung, die ja gleichfalls durch Tiere veranlasst werden.

Peyritsch war es, der zum erstenmale experimentell nachwies [2]), dass eine Anzahl von Missbildungen durch

[1]) Dagegen spricht aber die Tatsache, dass auch andere Blattkreise der Blüte, wie z. B. der Kelch, Vermehrung ihrer Gliederzahl zeigen können.

[2]) Peyritsch, Zur Ätiologie der Chlorantien einiger Arabisarten, Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, XIII, 1882. Über künstliche Erzeugung von gefüllten Blüten und anderen Bildungsabweichungen. Sitzungsberichte der k. k. Akademie in Wien, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse. Bd. XCVIII, 1888.

Tiere, speziell Phytopten und Aphiden bewirkt wird. Er infizierte Knospen von Valerianeen und Cruciferen mit Phytoptus, Knospen von Arabis mit Aphis und erhielt Missbildungen sowohl an Blättern wie an Blüten. Leider hat er, vom Tod abgerufen, den geplanten ausführlichen Bericht über seine Forschungen nicht mehr veröffentlichen können. Aber auch seine kurzen Mitteilungen haben meiner Ansicht nach mehr wissenschaftlichen Wert als alle die voluminösen Veröffentlichungen der formalen Teratologen. Er erhielt Vergrünungen und Füllungen der Blüten, auch Sprossbildung in diesen und, was besonders bemerkenswert ist, auch Organe, die sonst verkümmert sind, wie die Deckblätter der Blüten in den Blütenständen der Cruciferen, entwickelten sich. Dass der Reiz, welchen die Tiere ausüben, ein stofflicher ist, wird wahrscheinlich, wenn wir andere Fälle betrachten, in denen die experimentelle Hervorrufung von Missbildungen gelungen ist.

Bei den höheren Pflanzen ist dies der Fall namentlich bei den Fasciationen oder Verbänderungen, welche zu den häufigsten Abnormitäten gehören. Sie lassen sich bei einigen krautigen sowohl als bei Holzpflanzen künstlich hervorrufen, z. B. bei Phaseolus multiflorus. Wenn man den Hauptspross einer Keimpflanze früh genug abschneidet[1]), treiben die sonst unentwickelt bleibenden Achselsprosse der Kotyledonen aus und sind sehr häufig verbändert. Die Zweige werden so breit,

[1]) Sachs, Physiologische Versuche über die Keimung der Schminkbohne (Phaseolus multiflorus), Gesammelte Abhandlungen I, pag. 597. Vgl. auch Lopriore, Verbänderung infolge des Köpfens, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 22, pag. 304.

dass sie bandartig aussehen, und tragen eine grosse Zahl von Vegetationspunkten, an denen sich eine Menge sehr kleiner Blättchen entwickelt. Unterbleibt die Sprossverbänderung, so sind häufig die ersten Blätter dieser Achselsprosse anormal entwickelt. Auch an Wurzeln lässt sich ganz ähnlich Verbänderung hervorrufen. Dasselbe ist bei manchen Stockausschlägen von Holzpflanzen der Fall, offenbar handelt es sich dabei um eine rasche und ausgiebige Stoffzufuhr, welche die Missbildung bedingt. Schon hier sehen wir, dass nicht alle Pflanzen einer Art gleich reagieren (bei Phaseolus sind es etwa 12 %, welche Fasciationen ergeben), und verschiedene Arten sich verschieden verhalten; was bei Phaseolus z. B. leicht gelingt, ist bei Vicia Faba nicht oder doch nur in seltenen Fällen erreichbar.

Ebenso gelang es, bei einigen Labiaten die Missbildung künstlich hervorzurufen, die wir als Pelorien bezeichnen, wobei die Blüten radiär statt dorsiventral sind [1]). Peyritsch erreichte dies, indem er vorher schattig gewachsene Pflanzen an einen stärker beleuchteten Standort verpflanzte. Auch hier liegt offenbar eine durch die stärkere Beleuchtung veranlasste stärkere Produktion organischer Substanzen, also eine Ernährungsmodifikation vor, welche das Auftreten der abnormen Bildung bedingte, eine Tatsache, die ganz im Einklang steht mit dem soeben für die Fasciation von Phaseolus Angeführten und mit dem weiterhin zu Erwähnenden.

Plastischer als die höheren Pflanzen sind im allgemeinen die einfacher organisierten niederen, die

[1]) Dass sich bei einigen, z. B. Mentha aquatica, terminale Pelorien auch normal finden, ändert den obigen Satz nicht wesentlich.

Thallophyten, von denen ich ein Beispiel anführen möchte.

Basidiobolus ist ein Pilz, dessen Hyphen aus zylindrischen, mit einem Zellkern versehenen Zellen aufgebaut sind. Der Pilz lässt sich leicht kultivieren und verschiedenen Bedingungen aussetzen. In den Kulturen, welche Raciborski [1]) im Münchener Laboratorium ausführte, zeigte sich, dass wenn man Basidiobolus eine 10 %ige Glyzerinlösung als Kohlenstoffquelle gibt und die Kultur bei 30 Grad hält, oft Riesenzellen von annähernd kugeliger Gestalt und 60 μ Durchmesser auftreten, die zahlreiche Zellkerne enthalten. Zwischen diesen treten zuweilen zarte Zellwände auf, die aber, statt quer, schief oder selbst in der Längsrichtung orientiert sind. Ja bei der Kultur in 1 %igem Ammoniumsulfat oder 10 %igem Ammoniumchlorid trat sogar ein bei anderen Pilzen unbekanntes Palmellastadium auf. Es bildeten sich Zellen mit dicker geschichteter Wand, die sich von einander isolieren; die geschlechtliche Fortpflanzung sowohl wie die Conidienbildung aber sind ganz unterdrückt. Es ist nach den Erfahrungen bei anderen niederen Pflanzen wahrscheinlich, dass das Palmellastadium hervorgerufen wird durch die Einwirkung einer Nährlösung von hohem osmotischem Druck.

Dieses Palmellastadium, das bei Basidiobolus unter „normalen“ Verhältnissen — soweit wir bis jetzt wissen — ganz latent bleibt, ist bei Algen ziemlich verbreitet und gehört bei manchen sozusagen in den normalen Entwicklungsgang. Mit Recht sagt Sachs von der-

[1]) Raciborski, Über den Einfluss äusserer Bedingungen auf die Wachstumsweise des Basidiobolus ranarum, Flora, Bd. 82, 1896, pag. 107 ff.

artigen Fällen [1]): „Nun meine ich, wenn es noch jetzt, wo die organische Welt alt geworden ist, wo die Einzelformen (Spezies) durch lange Gewöhnung erblich und konstant geworden sind — wenn es noch jetzt möglich ist, durch sehr einfache aber grobe und einseitig chemische Eingriffe so weitgehende Veränderungen an einfachen Pflanzen zu erzielen, dies auch zu jener Zeit möglich gewesen sein kann, wo die ersten organischen Formen als mikroskopisch kleine Wesen vom einfachsten Bau allein das Pflanzenreich darstellten, aus denen sich dann die ersten typisch erblichen Formen als Vorläufer der Architypen entwickeln konnten."

Ehe wir indes näher auf die Erblichkeitsfrage eintreten, sei nur noch darauf hingewiesen, wie besonders deutlich die erwähnten, künstlich hervorgerufenen Missbildungen zeigen, dass die Meinung derer irrig ist, welche glauben, es sei eine Eigentümlichkeit der Organismen, auf äussere Einflüsse in stets zweckmässiger Weise zu reagieren. Keine der soeben erwähnten Reaktionen trägt den Charakter der Zweckmässigkeit an sich, es entstehen Zwangsformen als Reaktionen auf äussere Einwirkungen, welche für die Pflanze selbst durchaus nicht vorteilhaft sind. Denn die Annahme, die man allenfalls machen könnte, die Palmellaform von Basidiobolus sei dadurch vorteilhaft, dass sie die Pflanze durch Verminderung der Oberfläche (gegenüber der sonst zylindrischen Gestalt) vor zu raschem und starkem Wasserverlust in der hypertonischen Nährlösung schütze, trifft schon deshalb nicht zu, weil tatsächlich die Oberfläche dieser kugeligen Zellen eine grössere ist als die der zylindrischen, welche einen kleineren Querdurchmesser haben. Dass die Fasciation

[1]) J. Sachs, Physiologische Notizen, Flora 1896, pag. 213.

der Bohnenstengel eine zweckmässige Reaktion sei, wird ohnedies niemand behaupten wollen.

Dasselbe ergibt sich, wenn wir zu den erblichen Missbildungen übergehen. Dass solche bei Pflanzen sich vielfach vorfinden, hat uns die gärtnerische Erfahrung seit langer Zeit gelehrt, wir haben oben ja für die abnormen Farne schon ein Beispiel angeführt. Aber auch unter den Samenpflanzen sind erbliche „monstra in hortis" bekannt genug. Abgesehen vom Blumenkohl, sei hier erinnert an den Hahnenkamm, eine erbliche Fasciation, an die gefüllt blühenden Levkojen, die erblichen Pelorien des Fingerhutes und anderes. In neuerer Zeit hat insbesondere de Vries der Erblichkeitsfrage eine eingehende Analyse gewidmet [1]).

Hier kann nur, soweit Missbildungen in Betracht kommen, kurz einiges angedeutet werden.

Von Wichtigkeit ist namentlich, dass die Vererbungsfähigkeit der Missbildungen eine sehr ungleich grosse ist. Die Fasciation der Blütenstände von Celosia cristata fand ich selbst bei Kultur in sterilem Boden — wenngleich ungleich stark — auftreten, und de Vries gibt übereinstimmende Angaben. Hier sind offenbar schon im Embryo die Veränderungen vor sich gegangen oder eingeleitet worden, die zur Fasciation führen, Veränderungen, die wir als mit denen wesensgleich betrachten, welche die oben erwähnte künstlich induzierte Fasciation bedingen. Wir wollen diese Veränderung als x bezeichnen und sagen, dass dies neu hinzu gekommene x hier mit der „normalen" Eizelle (n) schon in fester Verbindung auftritt und nur schwer

[1]) Vergl. darüber und für das Folgende die Zusammenfassung in de Vries, die Mutationstheorie I und II.

abgespalten werden kann. Die Abspaltung würde die normale Form n ergeben. In anderen Fällen aber ist die Bindung x+n eine lockere, oder x erreicht nur eine unbedeutende Grösse. In diesem Falle ist das Auftreten der Missbildung von Ernährungseinflüssen abhängig, und es scheint sehr wahrscheinlich, dass auch der als x bezeichnete Faktor nichts ist als eine — hier nur schon während des Embryonallebens auftretende — Ernährungsmodifikation. Beispiele dafür finden wir schon bei den Farnen. Die Polypodium-Arten mit reichgeteilten aber sterilen Blättern bringen auf für sie ungünstigem Boden oft wieder normale Blätter und an diesen Sporangien hervor; die normale Form ist hier latent noch vorhanden, kommt aber nur unter bestimmten Bedingungen zum Vorschein. Ebenso schlagen Pflanzen mit vollständig gefüllten Blüten in einfachblühende Pflanzen zurück, wie ich dies bei Ranunculus repens und Cardamine pratensis beobachtet habe [1]). Ferner zeigt sich bei der Mohnform, die dadurch ausgezeichnet ist, dass ein Teil der Staubblätter in Fruchtblätter umgewandelt ist, nicht nur dass hier eine vererbbare Missbildung vorliegt — was schon Hofmeister nachgewiesen hat —, sondern dass alle ungünstigen Ernährungsbedingungen das Auftreten der Missbildung hemmen, alle günstigen sie zahlreicher auftreten lassen. Es sind also im Grunde dieselben Faktoren, die wir auch bei Entstehung der induzierten Missbildungen kennen gelernt haben. Ein prinzipieller Unterschied zwischen vererbten und induzierten Missbildungen besteht nicht, das zeigen gerade die Mittelrassen, wie sie beim vielköpfigen Mohn vorliegen.

[1]) Vergl. Goebel, Zur Biologie von Cardamine pratensis, Festschrift für Rosenthal, 1906, pag. 1 ff.

Überall handelt es sich um zwei Faktoren: einerseits die Reaktionsfähigkeit der Pflanze, andererseits um Ernährungsverhältnisse, die in ungewöhnlicher Weise einwirken; vererbt erscheint die Missbildung, wenn diese Einwirkung in hinreichender Stärke schon embryonal erfolgt. Besonders wichtig ist dabei der Nachweis, dass bei Formen, wie die oben erwähnte Mohnrasse, die Einwirkung, welche bestimmt, ob resp. in welcher Menge die Missbildung auftritt, während einer bestimmten Zeit der Entwicklung der Keimpflanze stattfinden muss, welche de Vries als die „Sensibilitätsperiode" bezeichnet hat. Hier finden die Einwirkungen statt, welche entscheidend sind, später kann auch eine sehr üppige Ernährung nicht mehr die Entwicklung der Abnormität auslösen. Bei den Missbildungen, welche als anscheinend konstante Rassenmerkmale vererbt werden, wie z. B. die Fasciation beim Hahnenkamm, ist die Sensibilitätsperiode offenbar in die Keimentwicklung verlegt, und wenn wir eine Beeinflussung hier erreichen wollen, muss sie während der Samenentwicklung vor sich gehen. Das ist aber ein noch kaum betretenes Gebiet, welches überraschende Aufschlüsse verspricht. Die Wege, die dahin führen, sind noch nicht abgesteckt, aber wir sehen das Problem doch vor uns. Freilich sind der Schwierigkeiten hier nicht wenige. Wir wissen z. B., dass die Missbildung der Levkojen, welche als vollständige Füllung der Blüten auftritt, die Samenbildung bei diesen einjährigen Pflanzen ausschliesst. Sie sind nur dadurch existenzfähig, dass es Rassen gibt, welche neben gefüllten stets auch einen bestimmten Prozentsatz einfach blühender, also fortpflanzungsfähiger Pflanzen hervorbringen, die Füllung lässt sich meist nicht auf über 60—70 % steigern.

Dass sie im Samen schon bestimmt ist, ist sicher, es zeigt sich das schon darin, dass die Samen, welche gefüllt blühende Pflanzen liefern, rascher keimen (wenigstens bei Aussaat auf Filtrierpapier) als die, aus denen einfache Pflanzen hervorgehen. Ebenso ist unzweifelhaft, dass die beiderlei Samen in einer Frucht reifen können, innerhalb derer sie also verschiedenen Beeinflussungen ausgesetzt sein müssen; es wird also nicht ganz leicht sein, die Ernährungsbedingungen so zu variieren, dass *alle* Samen einer Frucht die Missbildung in Gestalt gefüllter Blüten hervorbringen. Was diese Rasse vor anderen lediglich einfach blühenden unterscheidet, ist aber eben die Reaktionsfähigkeit auf bestimmte Ernährungseinflüsse. Welche diese sind, muss eine eingehende, namentlich auch chemische Untersuchung zeigen; hier wie überall geht die morphologische Forschung über zur physiologischen.

Die Ermittlung der bedingenden Faktoren bei Missbildungen wird aber auch aus dem Grunde wichtig sein, weil gerade das Abnorme vielfach Aussicht gibt, in die Entstehungsbedingungen des Normalen einen Einblick zu gewinnen. Denn vielfach ist das, was bei einer Pflanze als Abnormität auftritt, bei einer andern das Normale. Schon Goethe hat diesen Gedanken geäussert, wenn er sagt, man könne die Orchideen als „abnorm gewordene Liliaceen“ auffassen, und noch mehr erinnern solche sonderbaren Blütengestaltungen, wie sie bei den Cannaceen und Zingiberaceen sich vorfinden, an Füllungserscheinungen, wie sie in den Blüten anderer Monokotylen als Abnormität auftreten. Vilmorin hat eine Form von Papaver bracteatum beobachtet, bei welcher die vier Blumenblätter verwachsen, die Korollen also sympetal sind. Sie ist sehr unbeständig.

Aber sie gibt uns einen Anhaltspunkt für die Untersuchung des Auftretens sympetaler Blumenkronen überhaupt. Zunächst lässt sie als wahrscheinlich erscheinen, dass dies nicht zustande kam durch allmälige Summierung kleiner nützlicher Variationen in der Gestaltung der ursprünglich choripetalen Blumenkrone, sondern durch plötzliches Auftreten. Ferner haben wir hier auch eher Aussicht, die Bedingungen dieses Wachstumsvorganges kennen zu lernen, als bei Pflanzen, bei denen er schon fest in den Entwicklungsgang eingefügt ist. Noch zwei weitere Beispiele seien genannt: Die eigentümlichen, gefransten Gebilde, die bei den bekannten, durch Rhodites rosæ hervorgerufenen Gallen an Rosen auftreten, stimmen der Hauptsache nach überein mit denen, die an der als „Moosrose“ bezeichneten Form normal auftreten. Sie sind also auch bei der gewöhnlichen Rosa canina vorhanden, nur latent. Ebenso erinnern die Schlauchblätter, welche bei Linden, Magnolien und anderen Pflanzen als gelegentliche Abnormitäten auftreten, an die normal bei Sarracenia, Cephalotus und anderen Insektivoren vorhandenen.

So kann das Studium der Missbildungen vielleicht auch ein Licht werfen auf die vielumstrittene Frage, wie so merkwürdige Anpassungen, wie wir sie bei den genannten Insektivoren finden, zustande gekommen sind; sie sprechen nicht für die Anschauungen der Lamarckisten, wonach das Bedürfnis als Reiz wirken soll. Vielmehr zeigen uns die Missbildungen, dass die Pflanzen ausser ihren normal zutage tretenden Eigenschaften auch noch solche haben, die „latent“ vorhanden sind und bald scheinbar unabhängig von äusseren Einwirkungen, bald infolge bestimmter Reize sichtbar werden können, ganz ohne Rücksicht auf einen etwaigen

Nutzen. Welcher Art die Reize sind, die entweder auf die Eizelle oder auf jugendliche Gewebezellen einwirkend, das Auftreten von Missbildungen veranlassen, können wir freilich bis jetzt meist nicht genauer angeben. Jedenfalls aber können wir so viel sagen, dass die Anstösse, welche bestimmte Gestaltungsverhältnisse zur Folge haben, nur dadurch wirken, dass sie die im Protoplasma vorhandenen Potenzen in Tätigkeit setzen, d. h. also auslösend wirken. Dabei können natürlich verschiedenartige äussere Faktoren auf das Protoplasma dieselbe Wirkung ausüben, indem sie dieselbe innere Veränderung des Protoplasmas hervorrufen. Ein gut durchgearbeitetes Beispiel bieten uns die Erscheinungen des Polymorphismus bei einer leider nicht näher bestimmten, von Livingston untersuchten Art der Grünalge Stigeoclonium. Wir wissen, dass eine und dieselbe Stigeocloniumart entweder in Form verzweigter Fäden, deren Zellen sich nur nach einer Richtung des Raumes teilen, auftreten oder als annähernd kugelige, nach drei Richtungen hin sich teilende und sich von einander trennende Zellen mit vergallerteten Zellhüllen. Die letztere Form, die Palmellaform, tritt auf in Lösungen von verhältnismässig hohem, die erstere in solchen von verhältnismässig niedrigem osmotischem Druck. Die Palmellaform tritt aber auch auf bei starker Temperaturerniedrigung, von der wir annehmen dürfen, dass sie durch Wasseraustritt den osmotischen Druck in der Zelle erhöht, und ebenso bei Zusatz kleiner Mengen von Metallsalzen, die in höherer Konzentration giftig sind. In all diesen Fällen dürfte es sich um einen Wasseraustritt aus der Zelle handeln, der als auslösender Reiz für das Auftreten der Palmellaform dient. Dieser Wasseraustritt kann entweder direkt osmotisch

oder durch die chemische Einwirkung der Kationen von Kupfer, Kobalt u. a. erfolgen [1]). Wie es sich hier einerseits um osmotische, andererseits um chemische Reize handelt, so dürften auch in anderen Fällen chemische Reize in Betracht kommen. Sehen wir ab von den zunächst rein hypothetischen „Wuchsenzymen", denen man eine gestaltbeeinflussende Wirkung in der normalen und abnormen Entwicklung zugeschrieben hat, so kann es doch nicht zweifelhaft sein, dass z. B. die durch Insekten bewirkten Missbildungen durch Stoffwechselstörungen zustande kommen. Denn ganz ähnliche Erscheinungen lassen sich auch ohne Insekten erzielen. Eine „Vergrünung" von Blüten tritt z. B. bei Campanula pyramidalis (wenigstens teilweise) ein [2]), wenn man Blütenstände mit jungen Blüten als Stecklinge einpflanzt. Das Abschneiden der Inflorescenz stört natürlich die normale Entwicklung der Blüten. Wenn sie bewurzelt ist, wird die vegetative Entwicklung angeregt, wahrscheinlich durch eine relative Verminderung der organischen, eine relative Vermehrung der anorganischen Substanzen und des Wassergehaltes. Wenn die Blütenanlagen noch jung genug sind, wachsen dann die Kelchblattanlagen zu Laubblättern aus. Benutzt man zu solchen Kulturen Inflorescenzen von Veronica Beccabunga, so lässt sich die Hemmung der Blüten in den verschiedensten Stadien nachweisen. Sind die Blüten schon der Hauptsache nach fertig, so

---

[1]) Vergl. Livingston, Chemical stimulation of a green alga. Bulletin of the Torrey botanical club 32, 1—33, 1905. Daselbst weitere Literatur.

[2]) Vergl. Dingler, Rückschlag der Kelchblätter eines Blütenstandstecklinges zur Primärblattform, Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, 15, pag. 333, 1897.

entfalten sie sich normal. Jüngere Blüten zeigen statt der normal himmelblauen Färbung der Blumenkrone eine weisse, noch jüngere lassen die Blumenkrone zu einem ganz unscheinbaren Gebilde verkümmern, ähnlich wie bei den kleistogamen Blüten, während die übrigen Teile noch funktionsfähig bleiben können. Das Ende der Inflorescenz aber wächst als Laubspross weiter. In diesen Fällen sind Wirkungen rein mechanischer Art ausgeschlossen, die anderwärts in Betracht kommen mögen, wie als auslösende Faktoren auch in der normalen Organbildung bei Entstehung von Haftscheiben an Ranken, von Haustorien an Parasiten Reibungsreize in Wirkung treten. Eine genauere Analyse der bedingenden Faktoren lässt sich leichter bei einfacheren Fällen durchführen. So ist es bei verschiedenen Pflanzen gelungen, durch Hemmung der Transpiration bei Vorhandensein der nötigen Nährstoffe und günstigen Aussenbedingungen Intumescenzen an den Blättern hervorzurufen, und ähnliche „hyperhydrische" Bildungen sind die oft beschriebenen Lenticellenwucherungen. Hier handelt es sich wie bei Stigeoclonium offenbar um osmotische Reize; eine abnorme Turgorsteigerung in einzelnen Zellgruppen veranlasst diese, über den Verband der übrigen hinaus zu einem pathologischen Gebilde heranzuwachsen [1]). Zwischen diesen und den merkwürdigsten aller Missbildungen, den Gallen, ist offenbar keine unüberbrückbare Kluft, und es ist gewiss nur eine Frage der Zeit, dass die künstliche Hervorrufung der Gallen gelingen wird. Freilich ist der

[1]) Vgl. Küster, pathologische Pflanzenanatomie, ferner Miss E. Dale, further experiments and histological investigations on intumescences, Phil. transactions of the royal society of London Ser. B. Vol. 198, pag. 221 ff., 1906.

Reizanstoss hier wahrscheinlich ein verwickelterer als bei den soeben besprochenen einfachen Fällen. Aber die Übereinstimmung besteht doch darin, dass durch äussere Anstösse wie in anderen Fällen sonst latent bleibende Fähigkeiten der Zellen zur Entfaltung gebracht werden. Der Einfluss, den das die Galle veranlassende Tier ausübt, kann in verschiedenen Fällen ein verschiedener sein, ein chemischer oder ein physikalischer. Aber die Reaktion der Pflanze scheint in allen Fällen darin zu bestehen, dass zunächst ein Zustrom von Baustoffen nach der gereizten Stelle hin stattfindet. Dies ist besonders klar bei den einfachen Gallenbildungen, welche durch die Rotatorie Notommata Werneckii auf Vaucheriafäden [1]) erzeugt wird; während sonst die Fäden einen dünnen Protoplasmabelag aufweisen, ist dieser in dem zur Galle umgebildeten Seitenast sehr dick und man kann deutlich verfolgen, wie die benachbarten Fadenteile zu Gunsten der Galle entleert werden, wozu ein Reibungsreiz des Parasiten vielleicht ursprünglich den Anstoss gibt. Eine solche Anhäufung von Baustoffen kann weiterhin bei höheren Pflanzen die Art und Weise der Ausbildung der Zellen in der Galle beeinflussen, ähnlich wie wir dies beim Heranreifen der Früchte gleichfalls beobachten können.

Indes auch hier muss ich mich mit Andeutungen begnügen; es lag mir wesentlich nur daran, zu zeigen, welche Stellung die alte und welche die neue Botanik gegenüber den Missbildungen eingenommen hat.

Wir können sagen: Die Haltung der alten Botanik war eine passive. Sie lauschte den Missbildungen wie

[1]) Vgl. W. Rothert, Über die Gallen der Rotatorie Notommata Werneckii. Jahrbuch für wissenschaftl. Botanik XXIX, pag. 525 ff., 1896.

Offenbarungen aus einer geheimnisvollen, uns sonst verschlossenen Welt. Dass sie sich dabei recht oft verhört hat, ist selbstverständlich, jedes Orakel ist ja nur dann verwertbar, wenn man es „zu deuten weiss“. Die neue Botanik tritt den Missbildungen aktiv gegenüber. Sie will sie beherrschen lernen, indem sie die Gesetze ihres Auftretens ermittelt. Das Wunderbare, das den Missbildungen anhaftet, wird dabei allmälig schwinden, auch sie werden sich nicht als „Irrtümer der Natur“, wie Aristoteles sie auffasste, oder als „ludibria“, wie Plinius sie nannte, sondern als Gesetzmässigkeiten erweisen. Wenn Plinius weiter sagt, für uns seien die Missbildungen miracula, so gilt dies vor allem auch immer noch von der normalen Entwicklung.

Wie diese, ist auch die Teratologie nur ein Ausdruck dafür:

„Wie Natur im Schaffen lebt,
Immer wechselnd, fest sich haltend
Nah und fern, und fern und nah,
So gestaltend umgestaltend —
Zum Erstaunen bin ich da!“

Die tierischen Missbildungen

in ihren Beziehungen zur experimentellen Entwicklungsgeschichte (Entwicklungsmechanik) und zur Phylogenie.

Von *Paul Ernst,* Zürich.

Als Sömmerring im Jahre 1791 sich mit triftigen Beweisen gegen die Lehre vom Versehen wandte, tat er den Ausspruch: „Bei dem Betrachten von Missgeburten wird man auffallend und überzeugend wahrnehmen, dass auch selbst in ihnen die Natur eine gewisse Ordnung, einen bestimmten Gang und Einförmigkeit beobachtet und dass, sowie in Krankheiten, die Natur nicht ins Unendliche spielt.“ Die Natur verfahre also auch in den Missbildungen nicht willkürlich, sondern gesetzmässig und sei auch auf ihren Abwegen lehrreich. Man wird kaum kürzer und gemeinverständlicher Ziel und Aufgabe der Pathologie im allgemeinen, der Teratologie im besondern bezeichnen können als mit Sömmerrings Worten. Es ist die Lehre, die uns die Natur auf ihren Abwegen erteilt. Die Hoffnung, hiebei etwas Gesetzmässiges oder Regelmässiges aufzufinden, ist sogar die Voraussetzung einer rationellen Pathologie, denn sonst würde sie sich in der Aufzeichnung tausender von Einzelbeobachtungen verlieren. Wenn man versucht, die Missbildungen zu

definieren und abzugrenzen, so ist natürlich mit weiten Begriffen, wie „Abwege der Natur, Naturspiele“, nichts ausgesagt. Doch sind die vorgeschlagenen Umschreibungen nicht viel genauer. Gröbere Abweichungen vom normalen Bau des Organismus, Störungen der ersten Bildung, embryonale Bildungs- und Entwicklungsfehler, Störungen an schon gebildeten Teilen vor vollendeter intrauteriner Entwicklung (sekundäre Missbildungen) sind mehr oder weniger zutreffende Umschreibungen, die aber alle nicht völlig befriedigen können. Namentlich leuchtet ein, dass zwischen Missbildungen (gröberen Abweichungen = Terata) und geringfügigeren Abweichungen (Hemiterien), ferner Anomalien, ja sogar Varietäten eine scharfe Grenze nicht zu ziehen ist. Und wenn der Sprachgebrauch Missbildungen mit Entstellung, abweichende Bildung der äusserlich sichtbaren Teile als Missgeburten oder Monstra bezeichnet, so ist damit doch sehr viel dem subjektiven Ermessen anheimgestellt. Wie viel Abergläubisches diesem Begriff beigemischt ist, mag man aus zwei Zeugnissen ersehen. Cicero sagt: monstra, ostenta, portenta, prodigia appellantur, quoniam monstrant, ostendunt, portendunt et prædicunt; und Isidor von Sevilla: monstra, quoniam aliquid futurum monstrando homines monent. Wie unscharf der Begriff der Missbildung umgrenzt ist, mögen einige Beispiele erläutern. Pigmentierte Muttermäler sind ganz alltäglich, die meisten Menschen haben irgendwo ein kleines Mal, das sie vielleicht selbst nicht kennen, die romantische Literatur benützt sie gerne als Erkennungszeichen (Guiderius und Imogen bei Shakespeare), von Zigeunergeschichten mit gestohlenen Grafenkindern gar nicht zu reden. Wenn aber grosse Partien des

Rumpfes, der Extremitäten, des Gesichtes von handtellergrossen und grössern braunschwarzen, landkartenähnlichen Flecken bedeckt sind, wie bei dem jungen Mädchen, das jüngst im Zürcher Panoptikum unter dem aufsehenerregenden Namen „Leopardenmädchen“ gezeigt wurde und hernach im pathologischen Institut zur Sektion kam, so wird wohl auch der Laie den Eindruck einer Missbildung davontragen, sogar einer Missgeburt, da doch die Entstellung unverkennbar ist (siehe Fig. 1, Leopardenmädchen). Geringfügige Abweichungen in der Behaarung sind sehr verbreitet, sie sind Merkmale der Rassen, der Familien, der Individuen. Bei der spanischen Tänzerin Julia Pastrana aber, die sich in den Siebenzigerjahren zur Schau stellte und deren Antlitz dem eines Hundes glich, bei den Haar- oder Hunde- und Affenmenschen, wie sie zum Teil in mehreren Generationen in Ambras, in Birma, in Russland auftauchten, wird man unbedenklich von einer Missbildung reden dürfen; der unbefangene Mann aus dem Volk wird sogar den abschreckenden Eindruck einer Missgeburt empfinden. Dass neben der Milz eine oder zwei Nebenmilzen vorkommen, ist so alltäglich, dass in den Sektionsprotokollen ein solcher Befund kaum bemerkt wird. Aber wenn man eine Milz völlig vermisst, dafür aber mehrere hundert ganz kleine, im ganzen Bauchraum verzettelte Milzchen findet, wie es jüngst in Wien geschah, so wird man geneigt sein, nicht bloss von einer Varietät, sondern von einer Missbildung zu sprechen. Von einer Entstellung ist dabei nicht die Rede, von einer Gefährdung des Lebens noch weniger; beide Gesichtspunkte sind also für die Bestimmung einer Missbildung von ganz untergeordneter Bedeutung. Die siamesischen

Zwillinge, gewiss eine weltberühmte Missbildung, die, nachdem sie im amerikanischen Krieg ihr Vermögen verloren hatten, durch ihre Schaustellung rasch ein neues erwarben, zusammen 22 Kinder erzeugten und 63 Jahre alt wurden, haben gewiss ihre Lebensfähigkeit dadurch bewiesen, nicht minder aber auch ihr Wesen als Missbildung. Wenn aber, wie es bei atresia ani so häufig geschieht, der Enddarm an der Afterbucht nicht ausmündet, sondern blind endet oder gar, wie ich es jüngt beobachtete, zwischen Speiseröhre und Magen einerseits, zwischen Magen und Zwölffingerdarm andererseits keine Verbindung besteht, so ist dadurch die Lebensfähigkeit ausgeschlossen, wenn auch sonst diese Missbildungen zu sensationellen Schaustellungen sich kaum eignen dürften, im letzteren Falle äusserlich wahrnehmbare Zeichen überhaupt gar nicht darbieten.

Als Sehenswürdigkeiten sind Missbildungen wohl zu allen Zeiten gezeigt worden. Heute reist der Zirkus Barnum mit einer grossen Anzahl solcher herum, jedes Panoptikum, jedes Wachsfigurenkabinet, jeder Jahrmarkt ist mit solchen Attraktionen ausgestattet, wobei die Zuschauer dem wissenschaftlichen Beobachter oft mehr Interesse bieten als das ausgestellte Objekt. Kein Zweifel, dass die menschliche Neugierde davon stark gefesselt wird. Im 17. Jahrhundert zeigte sich auf Reisen ein Genueser Lazarus Johann Baptista Colloredo, dem ein verkümmerter Zwillingsbruder Brust an Brust am Schwertfortsatz des Brustbeins hing. Wir wissen, dass Aristoteles den Missbildungen lebhafte Aufmerksamkeit zugewandt hat. Kein Wunder, wenn die Missbildungen zu allen Zeiten mächtig auf die Phantasie des Volkes eingewirkt haben. Es ist wohl

nicht streng zu beweisen, aber mehr als wahrscheinlich, dass die Fabelwesen aller Mythologien, vorab der griechischen, von Missbildungen beeinflusst sind. So wild und aus dem Nichts schafft keine Phantasie, dass sie nicht eines Reizes und Anstosses aus der Aussenwelt bedürfte. So mögen Polyphem mit seinen Cyklopen von einäugigen Missbildungen beeinflusst sein (siehe Fig. 2 und 3, Cyklops des Schweines und des Menschen). Noch in der Blütezeit griechischer Plastik sind Faune und Satyrn an kleinen Haarschwänzchen in der Lendengegend kenntlich, die wir andererseits in der Neuzeit als Zeichen versteckter Wirbelbogenspalten (spina bifida occulta) kennen gelernt haben. Militärärzte haben bei Rekrutenaushebungen zahlreiche solche Fälle gesammelt, von denen die Träger selbst oft nichts wussten. Stärker ausgeprägte Fälle sind mit Klumpfuss und starker Behaarung, auch schwanzähnlichen Bildungen behaftet, wodurch die Ähnlichkeit mit einem Bocksfuss täuschend werden kann. Lassen sich unsere christlichen Feste von älteren heidnischen ableiten, so trägt auch der Teufel unverkennbare Charakterzüge seiner heidnischen Vorfahren, vor allem eben der Satyrn. Pferdefuss (pes equinus) nennen wir auch in der Pathologie jenen starken Grad von Klumpfuss. Der Aberglaube der mittleren Zeiten hat daher die Mütter von Missgeburten des Verkehrs mit dem Teufel oder sodomitischen Umganges bezichtigt, als Hexen gebrandmarkt und zum Scheiterhaufen verurteilt. Man sieht, die christliche Vorstellung des Teufels ist nicht ohne weiteres naturwidrig, wohl aber pathologisch.

Hier in diesem Kreise ist es wohl überflüssig, gegen den Glauben an ein Versehen der Mutter Stellung zu nehmen. Es ist ein Aberglaube, der keinen wissen-

schaftlich festen Boden hat, aber alt ist wie die Welt und nicht auszurotten. Das älteste Beispiel der Weltliteratur ist wohl Erzvater Jakob, der seinen Schwiegervater Laban dadurch zu übervorteilen suchte, dass er grüne Stäbe von Pappelbäumen, Haseln und Kastanien scheckig schälte und in die Tränkrinne der Schafe legte, damit die junge Brut scheckig, sprenkelig und bunt würde und nach dem Vertrag ihm zufiele. Hippokrates soll die weisse Frau eines weissen Mannes, die ein schwarzes Kind gebar, vor schwerer Anklage gerettet haben durch den Hinweis auf ein Negerbild in ihrem Schlafgemach. Die Anwesenheit bei einer Hinrichtung bot der Mutter die Gefahr, ein kopfloses Kind zu gebären. Feuermäler wiesen zurück auf eine Feuersbrunst, die die Mutter erschreckt hatte. Aber auch rote Haare des Kindes konnten die Folge sein, wie denn überhaupt diese Lehre der Phantasie den weitesten Spielraum liess und sogar zu Träumen ihre Zuflucht nahm, wenn es an Erlebnissen gebrach. Ein besonders hübsches Beispiel hat E. Schwalbe aus der Dissertation eines seiner Vorfahren ausgegraben. Eine schwangere Frau jätet ihren Garten und ertappt einen Hasen, der an ihrem Kohl nascht; sie trifft ihn mit dem Spaten so, dass das Hirn herausquillt. Und siehe da, nach kurzer Frist gebiert sie ein Kind mit Exencephalie und Hasenscharte, eine sehr häufige Missbildung, die ich Ihnen hier in mehreren Exemplaren zeigen kann (siehe Fig. 4, Hasenscharte und Anencephalie). Vor wenigen Tagen konnte ich auf der medizinischen Klinik das Bild einer Frau gewinnen, die am Halse zwei härtliche, zottenartige, symmetrische Anhängsel besass, die sich wie knorpelig anfühlten, in der Jugend schon einmal abgeschnitten worden waren und die

möglicherweise mit Kiemenknorpeln zusammenhängen mochten. Sie gab an, ihre Mutter sei von einer Ziege erschreckt worden (siehe Fig. 5, Frau mit zottigen Anhängseln am Halse). Alle diese Behauptungen tragen ihre Kritik in sich selber und beruhen meist auf einem Anachronismus. Sie beziehen sich meist auf Erlebnisse der letzten Schwangerschaftsmonate, während wir wissen, dass die äussere Gestalt des Embryo im dritten Monat vollendet ist. Die Entstehung der meisten hier in Betracht kommenden Missbildungen muss auch nach heutigem Wissen in eine noch viel frühere Zeit (1. bis 2. Monat) verlegt werden, oder wie man sich jetzt ausdrückt, der teratogenetische Terminationspunkt liegt um viele Monate früher als das Datum des angeschuldigten Erlebnisses; auf jenes Beispiel angewandt, trug jene Frau viele Monate schon eine Frucht mit Hasenscharte und blossliegendem Hirnrest, ehe sie den Hasen traf. Auf diese Formel sind die meisten dieser Erzählungen zu bringen. Ganz unhaltbar aber erscheint diese Lehre, wenn wir bedenken, dass wir genau dieselben Missbildungen wie beim Menschen, auch bei den Tieren antreffen, denen wir so tiefgehende seelische Eindrücke (psychische Traumata) nicht zutrauen. Wenn also angegeben wird, die Mutter eines Acephalus habe bei Barnum eine gleiche Missbildung des Rindes gesehen, so erübrigt die Frage, woran sich wohl die Mutterkuh versehen haben mag. Für genau gleiche Missbildungen bei Mensch und Tier so verschiedene Ursachen anzunehmen, ist jedenfalls kein wissenschaftlich gerechtfertigter Standpunkt. Dazu kommt zum Überfluss, dass z. B. Hasenscharten beim Hund und Schwein nur einzelnen Exemplaren eines Wurfes und nicht allen eigen sind. Dass aber Schreck und Ent-

setzen die Frucht schädigen können, durch Kontraktionen des Uterus auf dem Nervenweg, oder durch Ernährungsstörungen auf dem Blutweg, dass sie Abortus und Frühgeburt hervorrufen können, soll natürlich nicht geleugnet werden, doch hat das mit der Ausbildung bestimmter Formen infolge bestimmter psychischer Eindrücke nichts zu tun. Die Widerlegung der Lehre vom Versehen ist nicht unwichtig, denn sie schafft freie Bahn für die wissenschaftlich erforschbaren Vorgänge und Ursachen der Missbildungen, die dem Versuch zugänglich sind, und damit komme ich auf unser eigentliches Thema.

Während in früheren Chroniken und „Kosmographien“ bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts neben richtigen Beobachtungen auch unmögliche Fabelwesen und Naturwunder kritiklos abgebildet wurden, während die Missbildungen als willkürliche und launische Erzeugnisse der „spielenden“ Natur erklärt wurden, rang sich allmälig die Erkenntnis durch, dass auch diesem Spiel ein tiefer Sinn innewohne. Vesals Geist nüchterner und objektiver Beobachtung und Beschreibung drang endlich, wenn auch spät, in dieses Gebiet ein; Malpighi legte den Untersuchungen die Entwicklungsgeschichte zugrunde, und vereinzelt ausgesprochene Ahnungen (Harvey etc.), die Missbildungen seien zum grössten Teil Hemmungen, d. h. stehengebliebene entwicklungsgeschichtliche Zustände, wurden von Joh. Friedr. Meckel im Anfang des 19. Jahrhunderts zum Lehrgebäude erweitert. Auf dieser Grundlage haben Vater und Sohn Geoffroy St. Hilaire, später Panum und vor allem Dareste, der sich die experimentelle Teratologie zur Lebensaufgabe gemacht hat, weiter gearbeitet. Der Unterschied zwischen einst und jetzt,

zwischen der Epoche der eben Genannten und der neuesten Phase, die sich vornehmlich an die Namen der Brüder Hertwig, Wilhelm Roux, Born, Driesch, Herbst, Loeb knüpft, ist der, dass die älteren Forscher direkt darauf ausgingen, Missbildungen durch den Versuch zu erzeugen und genetisch zu erklären, die Teratologie als Selbstzweck im Auge haltend, während sich die Neuern das Studium der Entwicklungsvorgänge angelegen sein liessen, die Befruchtung, die Furchung des Eies, die Gastrulation, die Keimblätterbildung und die fernere Differenzierung zur Organ- und Gewebebildung, wobei sich die bedeutendsten Ergebnisse für die Teratologie ganz ungesucht und wie von selbst einstellten. Es wird das in der Geschichte der Wissenschaften ein ewig denkwürdiges Beispiel dafür bleiben, dass der direkt auf ein Ziel gerichtete Blick nicht immer die besten Früchte verheisst. Für uns ist heute die Erklärung dafür einfach. Die neuern Forscher arbeiteten auf einer viel ausgedehnteren und tiefer gebauten Grundlage entwicklungsgeschichtlicher Einsicht und die Pathologie wird gut tun, sich das Beispiel zu merken. Auf diese Weise sind nun alle die neueren Richtungen, die man als Entwicklungsmechanik, experimentelle Entwicklungsgeschichte, Entwicklungsphysiologie, experimentelle Morphologie unterscheidet, zu einem guten Teil auch experimentelle Teratologie geworden.

Eine Einschränkung ist nun freilich gleich an die Spitze dieser Betrachtungen zu setzen. Nicht nur das Menschenei, sondern das Säugetierei überhaupt entzieht sich aus leicht ersichtlichen Gründen dem experimentellen Eingriff. Nur das Ei ausserhalb des mütterlichen Organismus ist ihm zugänglich, und die

so gewonnenen Ergebnisse werden also nur mit Vorsicht und Vorbehalt auf Missbildungen der Säugetiere übertragen werden dürfen. Als Gegenstand entwicklungsmechanischer Versuche haben hauptsächlich gedient: von Medusen die Formen Aegineta flavescens, Clytia flavidula, Laodice cruciata, Liriope mucronata, Gonionemus vertens, Microcoma annæ, von Ctenophoren die Formen Bolina und Beroë ovata, von Anneliden Nereis, Ascaris megalocephala, Lumbricus, Tubifex, Chætogaster diaphanus, von Turbellarien die Planaria, von Ascidien Clavellina lepadiformis, von Seesternen Asterias, von Echiniden Strongylocentrotus lividus, Echinus microtuberculatus, Sphærechinus granularis, von den Mollusken: Dreissensia polymorpha und Ilyanassa Planorbis; Arthropoden kommen weniger in Betracht, obgleich die experimentelle Richtung auch bei Lepidopteren höchst interessante Ergebnisse gezeitigt hat; von Crustaceen sind Alpheus, Palinurus, Palæmon, von Cyklostomen ist Petromyzon planeri, von Teleostiern Fundulus heteroclitus, Leuciscus, verschiedene Salmoniden untersucht worden, auch Amphioxus wäre nachträglich noch zu nennen; wertvolle Objekte waren die Amphibien: Triton tæniatus, Salamandra, Bombinator igneus, Rana fusca, silvatica, palustris. Die höchsten Tiere, deren Eier dem Versuch zugänglich waren, sind unter den Vögeln die klassischen Objekte der alten Embryologen, Huhn und Ente.

Seit Aristoteles hat man zur Erklärung der Missbildungen den Mangel oder Überschuss des Bildungsmaterials herbeigezogen und sie bis heute in monstra per excessum und per defectum eingeteilt. Einen bestimmten Inhalt haben aber diese Begriffe erst in unseren Tagen dadurch bekommen, dass es Boveri ge-

lungen ist, durch Befruchtung kernloser Zellstücke Zellen mit um die Hälfte verminderter Chromosomenzahl zu erhalten, woraus Gastrulæ und Plutei mit kleinen Zellen und Kernen erwuchsen. Schon früher hatte Chun im Plankton Keime der Eucharis von halber Grösse und halber Rippenzahl gefunden und diese Reduktion auf Blastomerentrennung durch die Brandung bezogen und richtig durch Schütteln der Eier künstlich nachzuahmen vermocht. Andererseits fanden O. Hertwig und andere Mittel und Wege, ein Ei für die Überbefruchtung (Polyspermie) zugänglich zu machen, indem sie es mit Chinin oder Chloral, Strychnin, Morphium, Chloroform, Nicotin, Äther, Kohlensäure vergifteten, indem sie es erwärmten oder erst im Zustand der Überreife der Befruchtung aussetzten. Die Folge der Überbefruchtung ist die ungleichartige Verteilung der Chromosomen auf die Furchungskugeln, die dadurch verschiedenwertig werden und zum Teil eine pathologische Entwicklung nehmen. Verschmolzene Ascariseier ergaben einen Riesenembryo (zur Strassen). Drei verschmolzene Blastulæ von Echiniden bildeten einen einheitlichen Verwachsungspluteus von einheitlicher Form mit drei Därmen, von denen aber zwei mangelhaft waren (Driesch). Das sind vortreffliche Beispiele für Mangel und Überschuss an Bildungsmaterial und ihre Folgen.

Mangelhaftes Bildungsmaterial stellen aber auch einzelne Furchungskugeln oder gar eine einzige dar, wenn es gelänge, sie zu isolieren aus dem Gesamtverband des gefurchten Eies. Diese Trennung der Blastomeren und was noch wichtiger ist, die Aufzucht der getrennten Blastomeren, ist nun gelungen und hat sich für die Deutung der Missbildungen als ganz be-

sonders fruchtbar erwiesen. Die Isolierung gelingt durch Schütteln im Reagensglas, durch Wärme, durch Übertragung in Ca-freies Seewasser (Herbst.); eine blosse Verlagerung oder Umlagerung derselben geschieht durch Ätherwirkung oder mechanisch mittels Druckes zwischen Objektträger und Deckgläschen, oder durch Einsaugen und Wiederausströmenlassen mittels einer Pipette (Maas). Solche einzelne Blastomeren bilden nun, zeitig in gewöhnliches Seewasser zurückgebracht, unvollkommene Blastulæ; eine Kugel des Zweizellenstadiums, also die Hälfte des Eies nach der ersten Furchung bildet zunächst eine offene Halbkugel, die dann durch Regulation zur Kugel ergänzt wird, ebenso eine Blastomere des Vierzellenstadiums, also eine $^1/_4$ Zelle (nach der zweiten Furchung), immerhin erreichen die daraus hervorgegangenen Pluteuslarven nicht die normale Grösse, sondern bleiben klein wegen des mangelhaften Bildungsmaterials. Nach diesem Verfahren der Trennung der Furchungskugeln hat Driesch bei Echiniden herausgefunden, dass $^1/_4$ Blastomere (kurzer Ausdruck für eine Blastomere im Vierzellenstadium) noch einen ganzen Pluteus bildet, $^1/_8$ Blastomere eine Gastrula mit Darmgliederung, $^1/_{16}$ Blastomere eine Gastrula ohne Darmgliederung, $^1/_{32}$ Blastomere nur noch eine Blastula, alle Blastomeren späterer Stadien aber vor Erreichung der Blastulabildung zu Grunde gehen. Im Sprachgebrauch der Entwicklungsmechanik heisst also die Formel: Die prospektive Potenz (das mögliche Schicksal) der Blastomeren nimmt ab mit fortschreitender Differenzierung des Organismus. Bis zur vierten Teilung der Eizelle sind die Blastomeren totipotent, d. h. zur Ganzbildung der Larve befähigt. Die prospektive Potenz (das unter Umständen mögliche Schick-

sal) eines Teils ist meistens grösser oder reicher als die prospektive Bedeutung (die Aufgabe in der normalen Entwicklung) dieses Teils, z. B. die prospektive Bedeutung einer Blastomere des Zweizellenstadiums ist die, eine Körperhälfte zu bilden, aber die prospektive Potenz ist die, eine Ganzbildung hervorzubringen. Verletzte man mit feinen Glasnadeln oder heissen Metallnadeln Ascidien- oder Froscheier, so entsprachen die Defekte des wachsenden Tieres dem Umfang der Verletzung, wenigstens vorderhand. So entstand eine Halbbildung nach Verletzung einer von zwei Furchungskugeln, eine Viertelsbildung nach Zerstörung dreier von vier Blastomeren. Noch die Larven trugen ihre entsprechenden Defekte, aber nun stellt sich ein allmäliger Ersatz des Fehlenden vom Vorhandenen aus ein, und dieser als Postgeneration bezeichnete Vorgang ist nun allerdings geeignet, in vielen Fällen die geschilderte Entwicklung zu verschleiern. Hier liegen auch noch vielfach strittige Punkte. Sicher ist, dass Hemiembryonen des Frosches schon von mehreren Forschern auf diese Weise haben erzeugt werden können.

Lässt sich also diese Auffassung halten — unangefochten ist sie nicht geblieben — so ergäbe sich folgerichtig daraus die Vorstellung, dass die erste Furchungsebene des Eies auch die Medianebene und damit die rechte und linke Körperhälfte bestimme. Eine zweite Furchungsebene, zur ersten senkrecht, würde entweder zwischen vorn und hinten, oder oben und unten scheiden, und so vollzieht sich die Eifurchung als Mosaikarbeit, wie Roux es genannt hat. Diese Anschauung hat eine gewisse Verwandtschaft mit dem Prinzip der organbildenden Keimbezirke von

His, das jedoch vor jeglicher Kernteilung von vornherein im Plasma des Eies gedacht wird. Nun erfährt aber jenes Determinationsprinzip insofern eine erhebliche Einschränkung, als verschiedene Tierformen sich bei der Eifurchung ganz verschieden verhalten. Ähnlich wie Echinideneier verhielten sich Medusen mit Bezug auf Abnahme in der Fähigkeit der Ganzbildung. Eine frühe Spezialisierung und damit ausgesprochene Mosaikarbeit scheint den Blastomeren bei Ctenophoren, Gastropoden, Lamellibranchiern und Anneliden zuzukommen. Bei Triton soll die erste Furchung öfter der Frontal- als der Medianebene entsprechen, somit die prospektive Bedeutung der ersten Blastomeren ungleich ausfallen.

Es kann hier nicht ausgeführt, sondern nur ganz flüchtig angedeutet werden, wie zu den geschilderten Anschauungen im schroffen Gegensatz Pflüger der Gleichwertigkeit aller Teile im Eiplasma, der Isotropie des Eies das Wort redet, und Oskar Hertwig in Zelle und Kern die Träger *aller* Arteigenschaften sieht und die Verschiedenartigkeit der Zellen und Zellgruppen nur aus ihren ungleichen räumlichen und zeitlichen Bedingungen folgern, nur als abhängige Differenzierung anerkennen will. Man hat in diesem Gegensatz ein Wiederaufleben des alten Streites zwischen Evolution und Epigenese sehen wollen, doch treffen diese Schlagworte den Kern der Frage nicht ganz und streifen bloss die Oberfläche.

Es müssen noch ein paar Begriffe des neuern Sprachgebrauches erläutert werden. Wenn aus den Teilstücken einer zerschnittenen Echinidenblastula normale, aber kleinere Plutei hervorgingen und so sich in allen Zellen die gleiche prospektive Potenz erwies, so nannte man

dies ein Beispiel eines harmonisch äquipotentiellen Systems. Wenn eine $^1/_4$ Blastomere eine Blastula mit nur dem vierten Teil der Zellen einer normalen, eine $^1/_8$ Blastomere eine solche Blastula mit nur dem achten Teil der Zellen und entsprechend kleineren Kalkstäbchen bildeten, so wählte man dafür den Ausdruck „vitalistische Proportionalität". Es sind hier durch den Versuch *Zwerg*bildungen erzielt worden, wie durch Polyspermie oder Verschmelzung *Riesen*embryonen von Ascariden und Echiniden hervorgebracht werden konnten.

Zwiefach können Anregung und Nutzen sein, die vom Versuch für das Verständnis der menschlichen Missbildungen ausgehen. Entweder wir beschränken uns auf die Fähigkeit, bei niedern Tierformen durch Eingriffe die Entwicklung zu beeinflussen und auf Irrwege zu locken, und auf diese Weise Missbildungen hervorzurufen, die vielleicht mehr oder weniger grosse Ähnlichkeit mit menschlichen haben mögen, die aber zunächst auf menschliche Verhältnisse gar nicht anwendbar sind. Wir haben dann ein Stück experimenteller Teratologie vor uns, ganz unbekümmert um menschliche Kasuistik. Oder aber wir dürfen es wagen, gewisse Vergleiche mit der menschlichen Entwicklung anzustellen, bestimmte Störungen vorsichtig und mutatis mutandis auf die Verhältnisse der Säugetiere und des Menschen zu übertragen und zu einer Deutung und Erklärung menschlicher Missbildungen zu verwenden. Diesen letzteren wichtigeren Fall hoffe ich, Ihnen an einem Beispiel erläutern zu können, das besonders von E. Schwalbe in diesem Sinne verwendet worden ist. Der Epignathus ist, wie der Name sagt, eine Missbildung, die dem Träger am Kiefer sitzt und aus dem Munde hängt (siehe F. 6, Epignathus). Nun gelingt

es, ohne dem Stoff Zwang anzutun, die bisher bekannt gewordenen Epignathi in vier Gruppen zu reihen, denen verschiedene Grade der Komplikation ihrer Zusammensetzung entsprechen. Die einfachsten stellen Geschwülste am Gaumen oder in der Mundhöhle vom Typus der sogenannten Mischgeschwülste dar, und sie enthalten etwa Fettgewebe mit Knorpel und einen Überzug von Epidermis mit Haaren und Talgdrüsen, also Vertreter zweier Keimblätter. Die zweite Gruppe umfasst unförmliche Geschwülste der Mundhöhle, vom Bau der Teratome, aus Geweben aller drei Keimblätter zusammengesetzt, aber ohne dass bestimmte Organe zu erkennen sind. Die dritte Gruppe ist vertreten durch wirkliche Körperteile eines zweiten Fœtus, wie etwa Extremitäten, Geschlechtsteile, Darmwindungen, die aus der Mundhöhle des ersten Fœtus hängen, und endlich wird die vierte Gruppe vertreten durch folgende, allerdings seltene Beobachtung: Dem Fœtus Nr. I hing Nr. II in Gestalt eines Epignathus aus dem Munde, die beiden Nr. III und Nr. IV aber in Gestalt kopfloser Missgeburten (Acephali) hingen an einer gabelförmig geteilten Nabelschnur, die ihre Anheftung ebenfalls am Gaumen fand. Also Vierlinge, von denen drei mangelhaft entwickelt waren. Man war früher geneigt, die beiden ersten Gruppen als autochthone oder monogerminale Bildungen, die *einem* Individuum entsprächen, aufzufassen, während man bei den beiden letzteren Gruppen, wo sich offenkundige embryonale Teile fanden, glaubte ein zweites (bezw. mehr) Individuum annehmen zu müssen und von heterochthonen oder bigerminalen Bildungen sprach. Doch liess sich die Lage der letzteren innerhalb des Amnion nicht vereinigen mit der Ableitung eines zweiten zurück-

gebliebenen Embryos, da die frühesten bisher untersuchten menschlichen Eier schon ein geschlossenes Amnion hatten. Also musste das Material für den Epignathus schon innerhalb des Amnion gesucht werden. So kam Marchand auf den Gedanken, befruchtete Richtungskörperchen dafür in Anspruch zu nehmen und da in der Tat bei einer Lungenschnecke Arion dergleichen beobachtet war, fehlte es der Hypothese nicht an einer Stütze. Da aber den Vorgang beim Säugetier noch niemand gesehen, neigte sich die Wahrscheinlichkeit mehr auf die Seite der Annahme, es möchten Furchungszellen in frühester Zeit ausgeschaltet worden sein, und hernach eine verzögerte, ihrer prospektiven Potenz entsprechende Entwicklung genommen haben. Verlagerungen von Blastomeren hat man ja vielfach hervorgebracht und eine Ausschaltung in die primäre Leibeshöhle hat Boveri beobachtet, freilich, ohne über ihr Schicksal Bestimmtes aussagen zu können. Dafür, dass die Blastomeren des Menscheneies sich später erst spezialisieren, ähnlich wie bei Echinodermen, spricht manches, namentlich der Mangel der Dotteranhäufung, welche die Blastomeren früh determiniert. Es ist also recht wahrscheinlich, dass die menschlichen Blastomeren multipotent sind.

Diese Erklärung hätte den Vorteil einer einheitlichen Geltung für die Epignathi in ihren vier verschiedenen Gruppen, sowie für Epignathus und Teratome (komplizierte Mischgeschwülste aus den verschiedensten Geweben). Kommt es zu völliger Trennung der zwei ersten Furchungskugeln, so entstehen Zwillinge, denn jede Blastomere des Zweizellenstadiums hat die prospektive Potenz der Ganzbildung, ist totipotent. Geschieht die Trennung unvollkommen, so haben wir

Doppelmissbildungen, die also nicht auf Verwachsung, sondern auf unvollkommene Verdoppelung zu beziehen wären. Durch ungleiche Teilung des Blastomerenmaterials oder Ausschaltung einer Blastomere, die noch einen ganzen Embryo für sich bilden kann, entsteht eine parasitäre Missbildung. Da nun die prospektive Potenz der Furchungszellen fortschreitend eingeschränkt wird, oder mit andern Worten, da nun die Universalität (Vielseitigkeit) der Zelle um so mehr verloren geht, je virtuoser (einseitiger) sie für eine bestimmte Leistung ausgebildet wird, ergibt sich der Satz: Je komplizierter, je vielseitiger zusammengesetzt der Epignathus ist, desto früher liegt sein teratogenetischer Terminationspunkt, d. h. um so früher muss die missbildende Ursache eingewirkt, muss die Ausschaltung stattgefunden haben. Dieser Terminationspunkt lässt sich in vielen Fällen nach unseren Kenntnissen der prospektiven Potenz der Zellen der verschiedenen Stadien (Blastula, Gastrula, Neurula, Dreikeimblätterstadium) und ihrer zunehmenden Einschränkung annähernd bestimmen. Ähnlich wie es hier nach Schwalbe für den Epignathus ausgeführt worden, könnte es für den Epigastrius, eine parasitäre Doppelmissbildung des Bauches, klargestellt werden, denn auch hier kann eine kontinuierliche Reihe aufgestellt werden von eineiigen Zwillingen bis zum Teratom in der Bauchhöhle. Die Reihe heisst (nach Schwalbe): Eineiige Zwillinge (siehe Fig. 7, Eineiige Zwillinge, der eine in Entwicklung zurückgeblieben) — Xiphopagus (mit dem Schwertfortsatz verbunden) — Sternopagus (mit dem Brustbein verbunden) — Thoracopagus (siehe Fig. 8, Thoracopagus) — Thoracopagus parasiticus — Epigastrius (siehe Fig. 9 und 10, Epigastrius vom Schwein, operierter Epigastrius

vom Menschen) — Teratom in den Bauchdecken — Teratom in der Bauchhöhle. Und von demselben Gesichtspunkt aus lassen sich jetzt auch jene oft besprochenen Steissgeschwülste verstehen, die eine recht verwickelte Zusammensetzung haben können. Hier setzen wir die Reihe: Eineiige Zwillinge — Pygopagus (mit dem Steiss verwachsen) disymmetros — Pygopagus parasiticus (das eine Individuum zum Parasiten verkümmert) — Sacralparasit — Sacralteratom, wobei die Teratome entsprechend der prospektiven Potenz des ausgeschalteten Keimes wiederum aus Bestandteilen aller drei oder nur zweier Keimblätter, oder nur eines Keimblattes zusammengefügt sein können (siehe Fig. 11, Steissgeschwulst, Teratom). Man sieht hieraus, wie überaus fruchtbar für die Betrachtung der mannigfachsten Missbildungen die Versuche und Ergebnisse über die prospektive Potenz der Blastomeren geworden sind.

Noch eine nicht so seltene und höchst merkwürdige Form der Doppel-Missbildung hat von den experimentellen Ergebnissen eine neue Beleuchtung erfahren, ich meine den sogenannten Acardius. Das sind formlose Klumpen, die mehr oder weniger die menschliche Form erkennen lassen, oft aber auch gar nicht mehr, und die kein Herz oder nur ein rudimentäres, jedenfalls nicht funktionierendes, besitzen.

Sie kommen immer neben einem oft wohlgestalteten und lebenstähigen Zwilling vor und sind wenigstens durch gemeinschaftliche Placenta mit ihm verbunden. Hat man sie früher gern als Placentaparasiten aufgefasst oder als zurückgebliebenen oder rückgebildeten Zwilling, so herrscht heute die Ansicht vor, dass sie aus einer Sonderung der ursprünglich einfachen Anlage in zwei ungleiche Embryonalanlagen, die sich mit ihren Kopf-

enden divergierend entwickeln, hervorgehen (siehe Fig. 12, 13, 14, Acardius amorphus des Menschen mit seinem normalen Zwilling — Acardius acormus des Rindes — Acardius acephalus der Ziege). Die kleinere Anlage, mit der geringern Anzahl Furchungszellen, wird auch in der Bildung des Mesoderms, des Bauchstiels, des Amnion und in der Abschnürung der Dotterblase hinter dem andern zurückbleiben und dadurch von vornherein zum Parasitismus verurteilt sein; die Entwicklung der Gefässanastomosen wird sich von selbst einstellen, denn je besser der kleinere Embryo ausgebildet ist, um so grösseren Anteil wird er auch an der Placenta haben. Von grosser Bedeutung für den Acardius ist alsdann die Umkehrung seines Kreislaufs, der vom Herzen des Hauptembryo aus gespeist wird, so dass die Nabelarterie (meist nur eine) das Blut dem Acardius zu-, die Nabelvene dasselbe abführt. Wie aus dem Gesagten hervorgeht, hat die neuerdings in Aufnahme gekommene Theorie der primären Missbildung zur Erklärung des Acardius ihre besten Stützen in der experimentellen Ergründung der Blastomeren.

Auch für die Auffassung der Geschwülste, wenigtens mancher Geschwülste, ist die experimentelle Entwicklungsgeschichte bedeutungsvoll geworden. Schon lange vor Cohnheim sind die Geschwülste als Entwicklungsstörungen angesehen worden, und da, wie gezeigt worden ist, alle Übergänge von symmetrischen Doppelbildungen bis zum Teratom (Mischgeschwulst aus vielen Geweben) festzustellen sind, wiederum zwischen Teratom und Mischgeschwülsten einfacherer Zusammensetzung keine scharfe Grenze ist, hat neuerdings die Annahme der Keimversprengung, Gewebeverlagerung, Blastomeren-Ausschaltung zur Erklärung zusammen-

gesetzter Geschwülste viel Wahrscheinlichkeit für sich, besonders, da Aberrationen schon für das blosse Auge bemerkbar öfter nachzuweisen sind an Brustwarzen, Brustdrüsen (entsprechend der Milchleiste), Nebennieren, Nebenmilzen, Nebenpankreas, bei stärkerer Vergrösserung z. B. Reste des Urnierenganges im Uterus, Duodenaldrüsen in der Magenschleimhaut, Magenschleimhautinseln im Ösophagus und Gaumen, Heterotopien im Zentralnervensystem. Besonders die berühmten Dermoide des Ovarium, Cysten, welche Haare, Haut, Talgdrüsen, Zähne, Knochen, Nervenzellen, Darmstücke etc. enthalten, werden auf ausgeschaltete multipotente Blastomeren zurückgeführt.

Es ist auch verschiedentlich gelungen, durch Einspritzung zerriebenen und aufgeschwemmten embryonalen Gewebes, in dem z. B. mesodermatische Gewebe noch nicht differenziert waren, nach einiger Zeit teratoide Bildungen mit Knorpel, Knochen, Epithelcysten etc. zu erhalten.

Aus dem Gesagten wird die enge Verknüpfung von Missbildungen und Geschwülsten zur Genüge hervorgegangen sein und es ist schon durch die oben erwähnten Reihen die Kluft zwischen Missbildungen und Neubildungen überbrückt worden. Das ist wohl auch ein Grund dafür, dass die neue Zeit den Missbildungen wieder mehr Beachtung schenkt, nachdem das Zeitalter der Infektionskrankheiten mit seinen bakteriologischen Triumphen sie stark in den Hintergrund gedrängt hatte. Es hat sich daher Ernst Schwalbe in Heidelberg ein grosses Verdienst erworben durch die höchst zeitgemässe Neubearbeitung des fesselnden Stoffes und Herausgabe eines Buches über die Morphologie der Missbildungen des Menschen und der Tiere. Dasselbe

ist dem vorliegenden Referat im wesentlichen zu Grunde gelegt und kann jedem, der weitere Belehrung wünscht, nur dringend empfohlen werden.

Ich werde Ihnen nun über die Mittel zu berichten haben, mit denen man das Ei in seiner Entwicklung zu beeinflussen und zu stören suchte. Schon ältere Forscher (Réaumur, Valentin, Panum, Dareste) kannten die Temperatur als ein wirksames Mittel. Freilich sind verschiedene Eier ganz verschieden empfindlich, so das Vogelei über 40 °, Eier der Salmoniden über 12 °. Temperaturschwankungen an den zwei ersten Tagen der Bebrütung haben oft Missbildungen zur Folge gehabt. Wurden Seeigeleier vor der Gastrulation der Wärme ausgesetzt, so bildeten sie sogenannte Exogastrulae, d. h. der Urdarm war nach aussen vorgewölbt, statt eingestülpt (Driesch).

Beim Hühnchen wurden mehrere Primitivstreifen auf der Keimscheibe erzielt, also der Anfang zu Mehrfachbildungen. Durch Temperaturschwankungen erhielt man dreimal Hühner-Embryonen mit Spina bifida (Wirbelspalte) und Exencephalie und zweimal Exencephalie allein (mangelnder Schluss des Schädels, Offenliegen des Hirns). Abkühlung bewirkte eine mangelhafte Bildung des Gefässhofes, des Blutes, des Amnion. Bei Schmetterlingen sah Standfuss mit seinen Schülern hiebei viele verkrüppelte Formen, auch missbildete Flügel. Auf das Säugetier können solche Erfahrungen kaum übertragen werden. Dafür, dass fieberhafte Zustände die Entwicklung des Keims gefährden und irreleiten, liegen keine sichern Beobachtungen vor. Wir erkennen hier an diesem Beispiel, mit welcher Einschränkung diese Versuchsergebnisse für höhere Tiere und den Menschen zu verwerten sind. Höchstens geben

sie uns wertvolle Winke über die Vorgänge bei Entstehung von Missbildungen, ohne dass wir indessen über die Ursachen etwas erfahren, denn wir werden kaum Wärmewirkung für die Spina bifida des Menschen verantwortlich machen wollen (siehe Fig. 15, Spina bifida), dagegen werden wir uns merken, dass beim Hühnchen eine Mehrfachbildung mit einer Vermehrung der Primitivstreifen auf der Keimscheibe einsetzt. Für die formale Genese sind die Versuche lehrreich und bedeutungsvoll, über die kausale Genese sagen sie nichts aus.

Sauerstoffmangel kann für manche Eier verhängnisvoll werden. So hat man durch Überfirnissen derselben Verdoppelungen zu Stande gebracht, nach Eintauchen in sauerstofffreie Flüssigkeiten zwei Keimscheiben entstehen sehen; freilich ist hier der kausale Zusammenhang sehr fraglich. Durchsichtiger ist der chemische und osmotische Einfluss der Umgebung. Die Isolierung der Blastomeren in Ca-freiem Wasser ist erwähnt; in Ca-armem Wasser geraten die Plutei abnorm, in Lithiumlösungen bekommt man Exogastrulæ (mit ausgestülptem Urdarm). Lœb gelang es, in konzentrierten Salzlösungen ein unbefruchtetes Echinidenei zur Furchung zu bringen und zur Blastula und zum Pluteus aufzuziehen, also eine künstliche Parthenogenese durch Steigerung des osmotischen Druckes. Ähnliches gelang beim Seesternei durch Schütteln. Aber alle diese Versuche werden an Merkwürdigkeit übertroffen von der künstlichen Bastardierung, die Lœb durch bestimmte Konzentration des Medium an Seeigeleiern bewirken konnte, so, dass sie nun nicht mehr für Seeigelsperma, sondern nur für Seesternsperma zugänglich waren. Es frägt sich, ob die Natur gelegentlich auf diese Weise Varietäten erzeugt?

Kommen Eier des Froschs oder Axolotls nach der Befruchtung in 0,6—1 % Na Cl, so wird der vegetative Pol des Eies mehr gehemmt als der animale, die Gastrulation vollzieht sich nicht in der Ordnung, das Dotterfeld wird nicht in die Urdarmhöhle aufgenommen, so dass das Ei nun nicht mehr dem holoblastischen Typus folgt, sondern an den meroblastischen des Fischeis gemahnt, ein merkwürdiges Beispiel der Überführung des einen Furchungsmodus in einen andern, die sich sonst nach Tierklassen getrennt finden. Hertwig erzeugte auf diese Weise bei Frosch und Axolotl auch Spina bifida, Hemicranie, Anencephalie. Dass Spina bifida beim Hühnchen durch Wärmeschwankung, beim Frosch durch Kochsalzlösung zu Stande kommt, ist uns wiederum eine Lehre dafür, dass wir für die kausale Genese diesen Versuchen nichts entnehmen können.

Für den Einfluss des Lichtes hat man positive und negative Beispiele. Für die Entwicklung des Froscheies scheint das Licht ohne Bedeutung zu sein. Dagegen ist die Pigmentbildung bei Schmetterlingspuppen davon abhängig, und eine Hydromeduse: Eudendrium bildet im Dunkeln nur Stolonen und keine Hydranthen. Eine Radiumbestrahlung bewirkte beim Hühnerei eine formlose Missbildung bei gut entwickeltem Fruchthof.

Bekanntlich ist die Keimscheibe des Hühnereies und auch die beiden Pole des Froscheies nach der Schwerkraft orientiert. Eine andere, und zwar umstrittene Frage ist es, ob die Schwerkraft einen richtenden Einfluss auf die erste Furchung ausübe. Während O. Schultze in ihr ein wichtiges entwicklungsmechanisches Moment sieht, bestreitet es Born und konnte in Zwangslage wie in normaler Stellung Eier zur Entwicklung bringen, auch Roux sah Froscheier im Rotations-

apparat sich entwickeln, unabhängig von der Schwerkraft. Für uns ist hier aber besonders wichtig, dass durch Zentrifugieren sich der Dotter an einer Stelle stärker ansammelt und sich dadurch wieder statt des holoblastischen Typus ein meroblastischer herausbildet, wie wir ihn in gewissen Lösungen entstehen sahen. Ähnliche Wirkungen bei ungleichen Ursachen, gewiss wiederum eine eindringliche Mahnung, in der Deutung der kausalen Genese bei Missbildungen sehr zurückhaltend zu sein.

In neuerer Zeit ist das Experiment auch zur Lösung morphologischer, vergleichend anatomischer Fragen herangezogen worden, und Braus hat dieser Art der Verwendung des Versuchs den Namen der experimentellen Morphologie gegeben. Braus hat z. B. die Knospe der vorderen Extremität unter dem Kiemendeckel herauspräpariert und hinter den Hinterextremitäten an der Schwanzwurzel implantiert. So konnte er die Herkunft einzelner Elemente bei Organanlagen prüfen. Die Anlage entwickelte sich am fremden Standorte zu einer typischen Vorderextremität. Blut, Gefässe und Nerven entstehen aus dem Blastem autogen und gewinnen dann Anschluss an die entsprechenden Gebilde des Hauptembryo. Sie entstehen also unabhängig von diesen, durch Selbstdifferenzierung, z. B. die Nerven unabhängig vom Rückenmark. Auch sprechen die Versuche für organbildende Keimbezirke. Für die Erklärung überzähliger Gliedmassen (Hypermelie) ist die Beobachtung möglicherweise zu verwerten. Es ist z. B. denkbar, dass durch Verletzung und Schürfung eine solche Knospe spontan transplantiert wird und anwächst, während an der Stelle des Defektes durch Regeneration der Schaden völlig ausgeglichen wird.

Auch der neuere Ausbau der Lehre von der Regeneration, des Ersatzes von verloren gegangenen Gewebe- und Organstücken, und der Wiederherstellung des Ganzen ist für das Verständnis mancher Missbildungen fruchtbar geworden. Die wohl am weitesten gehenden Leistungen von Wiederersatz hat Morgan an einer Turbellarie Planaria demonstriert, woran sich unzählige Bildungsmöglichkeiten einstellen. Zum Beispiel entwickelt sich aus der angeschnittenen Seite ein nach hinten gerichteter Kopf, der beweist, dass Verdoppelung von Organen nicht immer auf Spaltung zu beziehen ist. Heteromorphose, d. h. Ersatz des Verlorenen durch Ungleichartiges, trat um so eher ein, wenn man kurze Stücke ausschnitt, da den kurzen Stücken weniger Polarität innewohnt als den langen. Tubularia (ein Hydroidpolyp) erzeugt einen Polyp am aboralen Ende, wenn das orale Ende in den Sand gesteckt wird. Das auffallendste Beispiel von Heteromorphose stammt von Herbst: Gewisse Langusten wie Palaemon und Palinurus regenerieren das abgeschnittene Auge, sofern Stiel mit Ganglion erhalten sind. Werden diese aber mit abgeschnitten, so bildet sich als ungleichwertiger Ersatz eine Antennula statt des Auges; es muss also vom Augenganglion ein formativer Reiz ausgehen. Ähnliches kennt man bei Planaria. Wird der Kopf vom Rumpf getrennt und zwar so, dass das Schlundganglion am Kopfstück bleibt, so regeneriert dieses rasch, während das Rumpfstück ohne Ganglion dazu sehr langsam im Stande ist. Alveus, ein Krebs, besitzt ungleiche Scheren, eine Schnalzschere und eine Zwickschere; wird die Schnalzschere entfernt, so bildet sich die Zwickschere zur Schnalzschere um, die operierte ergänzt sich zur Zwickschere; die Scheren sind jetzt vertauscht; nach

erneuter Amputation der neuen Schnalzschere stellt sich das alte Verhältnis wieder her. Hat man aber den Nerven der Zwickschere durchschnitten, so unterbleibt ihre Umwandlung zur Schnalzschere. Das amputierte Bein des Triton regeneriert trotz zerstörten Rückenmarks und das Regenerat enthält Nervenfasern, wenn das Spinalganglion erhalten ist. Anderseits können Wechselbeziehungen mit dem Nervensystem fehlen; z. B. regeneriert Rana fusca als Larve den abgeschnittenen Schwanz trotz Amputation des Gehirns. Einflüsse eines Gewebes auf ein anderes sind am Auge besonders schön demonstriert worden. Wo die Augenblase das Ektoderm berührt, entsteht eine Linse als Zellwucherung. Durch Zerstörung der Augenblase verhindert man auch die Linsenbildung, doch sobald die Augenblase sich regeneriert, entsteht an der Berührungsstelle wiederum eine Linse, ja, jede Stelle des Körpers ist im Stande, eine Linse aus ihrem Ektoderm zu bilden, sofern die Augenblase mit ihr in Berührung gerät. Entsteht die embryonale Linse aus Ektoderm, so regeneriert sie bei totaler Entfernung beim erwachsenen Triton aus dem Irisrand. Es widerspricht dies allerdings dem Grundsatz der Regeneration, dass Gleiches aus Gleichem entsteht. Die stärksten Abweichungen von diesem Satz hat Driesch bei einer Ascidie Clavellina gefunden, wo der Kiemenkorb mit Kiemenspalten und Siphonen aus Teilstücken des Tieres regenerieren, die diese Einrichtungen nicht besitzen. Jener Satz ist daher zwar eine Regel, aber kein Dogma.

Barfurth hat für diese abweichenden Fälle der Regeneration eine recht befriedigende Formel gefunden. Es gibt drei Arten von Zellen nach ihrer Leistungsfähigkeit in der Hervorbringung neuer Gewebe: 1. toti-

potente, wozu Eizelle und erste Blastomeren zählen; 2. multipotente, die Zellen der Keimblätter und des Augenbechers; 3. unipotente, wozu alle endgültig differenzierten Zellen (Muskeln, Nerven, Drüsen etc.) gehören. Für die letzteren gilt der Satz von der Spezifität (oder Spezietät), daher drückt er kein allgemeines Gesetz aus. Noch fast wichtiger als die Heteromorphose ist die Superregeneration, die Mehrfachbildung oder überzählige Bildung beim Wiederersatz. Es können Linsen, Schwänze von Amphibien und Reptilien (z. B. bei Verletzungen der Wirbel mit Knickung) überzählig gebildet werden; so kommen Gabelschwänze bei Triton und Froschlarven zustande. Ferner ist es gelungen, beim Triton die Hyperdaktylie experimentell zu erzeugen, wenn man alle Zehen bis auf den mittelsten abtrug und den Schnitt bis zu Tibia und Fibula führte. Ein Triton bekam eine Doppelhand nach Abschneiden der Gliedmassenanlage und Darüberlegen eines Fadens in der Mitte. Das sind Ergebnisse, die eine unmittelbare Nutzanwendung erlauben. Verletzungen durch Amnionfäden sind beim Menschen sehr häufig und durch Überbleibsel solcher Fäden direkt bewiesen. Auch sind Fälle bekannt, bei denen in der Spalte eines Doppelfingers (z. B. Daumen) ein Faden sich anheftete.

Gewiss kann bei höhern Tieren und beim Menschen von einer so beinahe unbegrenzten Restitutionskraft nicht die Rede sein, wie bei niedern Formen, denn mit fortschreitender Arbeitsteilung geht auch eine Spezialisierung der Teile Hand in Hand. Eine Restitution erfolgt nur in dem Grade, als es die neu ausgebildeten Richtungsbeziehungen der Teilchen, wie Polarität, chemische Spezialisierung der Gewebsart, Abhängigkeit vom Nervensystem gestatten. Je jünger, je weniger

spezialisiert die Organismen, umso grösser ihre Restitutionskraft. Wenn wir zu den Blastomeren zurückgehen, so werden wir in ihnen ein ebenso grosses Restitutionsvermögen finden, wie bei den niedrigeren Organismen, von denen sie sich darin nur dem Grade, nicht dem Wesen nach unterscheiden werden. Von diesem Standpunkt aus ist die Bedeutung der Regeneration, mit ihren besonderen Abarten der Heteromorphose, der Superregeneration und der Postgeneration für das Verständnis der Missbildungen zu bewerten.

Obwohl in den bisherigen Ausführungen mehrfach von Doppelmissbildungen, den symmetrischen (wie z. B. die siamesischen Zwillinge) und den asymmetrischen parasitären (wie z. B. der Acardius, Epignathus, Epigastrius) die Rede gewesen ist, möchte ich doch noch das Augenmerk auf die experimentelle Erzeugung derselben richten, die vielfach in sehr vollkommener Weise gelungen ist.

Früher drehte sich die Diskussion namentlich um die Frage, ob eine solche Verdoppelung durch Verwachsung zweier Individuen oder durch Spaltung eines Individuums entstehen könne. Beide Ansichten können in neueren Versuchen ihre Stützen finden. Born hat kleine (3 mm grosse) Larven von Fröschen und Unken aneinandergeheilt und zwar mit Bauchvereinigung wie bei Thorakopagen, mit Kopfverbindung wie Craniopagen, ein Hinterstück einer Larve an den Bauch einer andern wie ein Epigastrius parasiticus, ein langes Vorderstück samt Herz mit einem langen Hinterstück samt Herz, so dass ein Wesen mit zwei Herzen, zwei Lebern und einheitlichem durchgängigem Darm entstand. Gleichartige Organe verschmolzen direkt, ungleichartige durch Vermittlung von Bindegewebe. Es verwuchsen sogar

Organe und Gewebe, die ursprünglich in den verwendeten Larven noch gar nicht differenziert waren, sondern noch in der Anlage schlummerten, und die gleichartigen Organe schienen sich dann geradezu zu suchen. Sogar Vertreter verschiedener Gattungen, wie Frosch und Unke, nicht nur verschiedener Arten, wie Rana esculenta und arvalis gelang es miteinander zu verlöten. Durch diese Versuche erhielt die Verwachsungstheorie neue Nahrung.

Durch die erstaunlichen Versuchsergebnisse über die prospektive Potenz der Blastomeren und ihr Vermögen der Ganzbildung aber ist in neuerer Zeit doch die Ansicht aufgekommen, es entstünden die Doppelbildungen (zu denen dann auch die eineiigen Zwillinge gehören) aus einem normalen befruchteten Ei. Dass dies noch im Zweizellenstadium möglich sei durch eine Ganzbildung jedes der beiden Blastomeren, war ja so gut wie sicher; es fragte sich jetzt hauptsächlich, wie lange dies im Verlauf der Entwicklung möglich sei. Zur Entscheidung dieser Frage sind nun die scharfsinnigen und kunstvollen Versuche Spemanns von grosser Bedeutung. Durch Einschnürung des Tritoneies zunächst in der ersten Furchungsebene (dann aber mit zahlreichen Modifikationen der Richtung) mittels feiner Haare gelang es ihm, nach achttägiger Weiterentwicklung der Larven vordere Verdoppelungen mit gemeinsamem zyklopischem drittem Auge zu erhalten. Diese Einschnürungsversuche wurden auch in späteren Stadien, dem der Blastula, der Gastrula wiederholt, sogar am Ende der Gastrulation mit demselben Erfolg, der Gewinnung einer Doppelbildung. Dagegen versagte der Versuch an der Neurula, d. h. nach vollzogener Anlage der Medullarrinne, aus der späterhin

das Nervensystem hervorgeht. Das heisst in der Sprache der Entwicklungsmechanik: die teratogenetische Terminationsperiode ist mit der Gastrulation gegeben. Man hat jetzt nach verschiedenen Verfahren, z. B. durch Schütteln, Änderung der Lage und Schwerkraft, Temperaturwechsel, chemisch-osmotischer Beeinflussung mittels 1 % Na Cl oder 10 % Zuckerlösung, in Ca-freiem Seewasser, in verdünntem Seewasser Doppelbildungen zustande gebracht und auch auf feinen Schnitten die doppelte Blastula, die doppelte Gastrula, die Verdoppelung des Urmundes und die vordere Verbreiterung und Verdoppelung der Medullarfurche mit aller Sicherheit festgestellt. Das waren aber lauter Beispiele von Verdoppelungen des Materials einer einzigen Eizelle. Andererseits hat man doch auch Beispiele für Verwachsungen von zwei und mehr Echinidenblastulæ zu Doppel- und Mehrfachbildungen feststellen können. So hat der alte Streit mit dem Schlachtruf: Verwachsung oder Spaltung, seine Schroffheit verloren und man gibt zu, dass sowohl sekundäre Verwachsungen als auch unvollkommene Sonderungen am Zustandekommen der Doppelbildungen beteiligt sind. Obgleich man Eier von Mensch und Tieren mit zwei Keimbläschen gefunden hat, die allerdings zu ihrer Befruchtung zweier Spermatozoen benötigten, obgleich man doppelköpfige Spermatozoen kennt, obgleich man Polyspermie, d. h. das Eindringen mehrerer Spermatozoen in das Ei mit Entstehung pluripolarer Kernteilung künstlich hervorrufen kann, obgleich man sogar eine Befruchtung der Polzellen hat nachweisen können, sind doch alle diese Möglichkeiten für eine Erklärung der Doppelmissbildungen in neuester Zeit in den Hintergrund getreten vor der Wahrscheinlichkeit, dass sie aus allerdings noch

unbekannten Ursachen, rein formal gedacht aus einem einfachen befruchteten Ei hervorgehen können. Und dieser Standpunkt, der zugleich der einfachste von allen ist und den Vorzug hat, eine Erklärung für die ganzen morphologischen Reihen von den eineiigen Zwillingen bis zu den Mischgeschwülsten abzugeben, dieser Standpunkt ist durchaus das Ergebnis der experimentellen Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsmechanik. Wir sind uns aber dabei bewusst, zwar klarere und einfachere Vorstellungen über die formale Genese gewonnen zu haben, über die causale Genese aber im Dunkeln zu bleiben.

Ich wende mich nun zum zweiten Teile meiner Aufgabe, nämlich der Beantwortung der Frage, ob auch die phylogenetische Betrachtung für das Verständnis der Missbildungen Erspriessliches leiste. Schon Harvey hat die Hasenscharte als Bildungshemmung erklärt und seither haben Merkel und Geoffroy St. Hilaire unabhängig von einander, später Dareste einen sehr grossen Teil der Missbildungen als auf embryonaler Stufe stehen gebliebene Zustände aufgefasst. Die Ähnlichkeit gewisser Missbildungen, z. B. gerade der Gesichtsspalten mit embryonalen Stadien, drängt sich oft mit verblüffender Deutlichkeit auf. Wenn nun aber das biogenetische Grundgesetz Recht hat und die Ontogenese nur eine abgekürzte Wiederholung der Phylogenese ist, dann wäre zu erwarten, dass gerade die als Bildungshemmung oder Hemmungsbildungen erkannten Missbildungen eine Analogie irgendwo im Tierreich fänden, Tierähnlichkeiten (Theromorphien) darböten in einem tieferen und begründeteren Sinne als der Name früher vielfach angewandt worden ist. Denn es ist selbstverständlich, dass die Namen der älteren Nomenklatur



Fig. 1. „Leopardenmädchen“; ausgedehnte behaarte Pigmentmäler an Gesicht, Rumpf und Extremitäten.

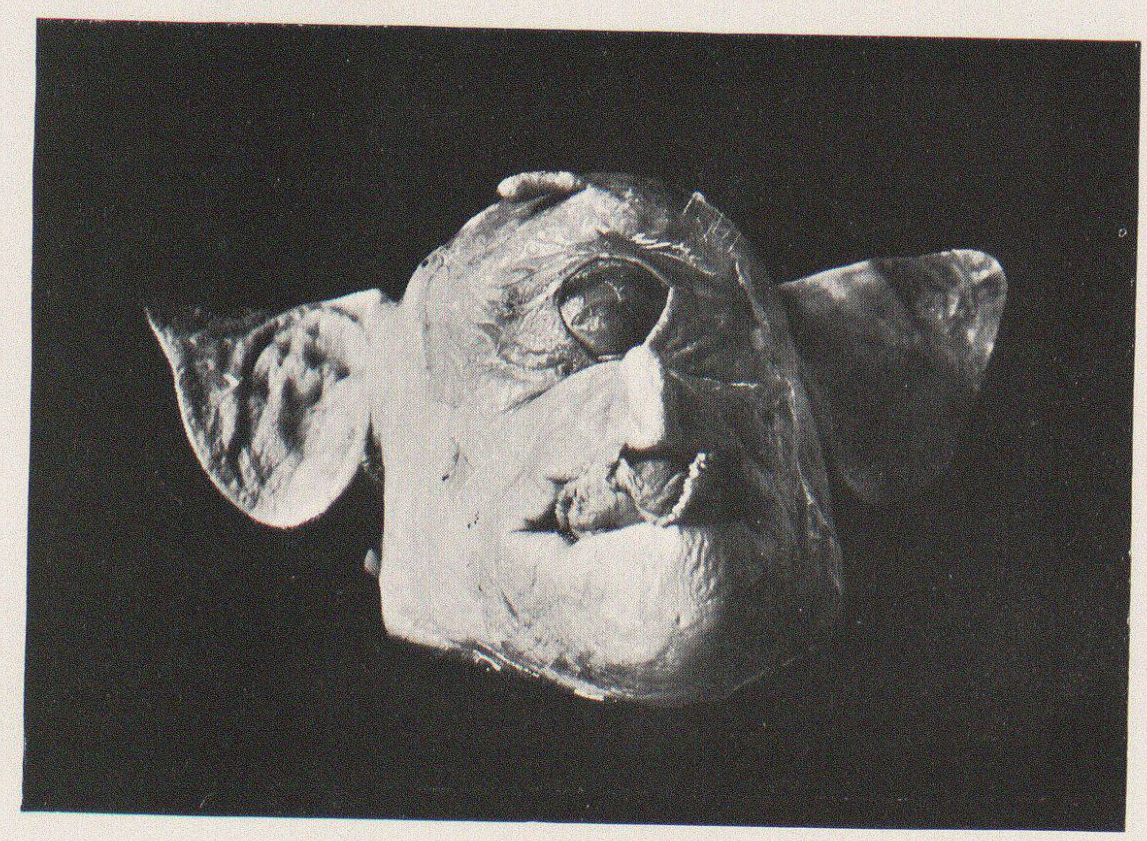


Fig. 2. Cyklops des Schweines; rüsselförmiges Anhängsel über dem Auge.

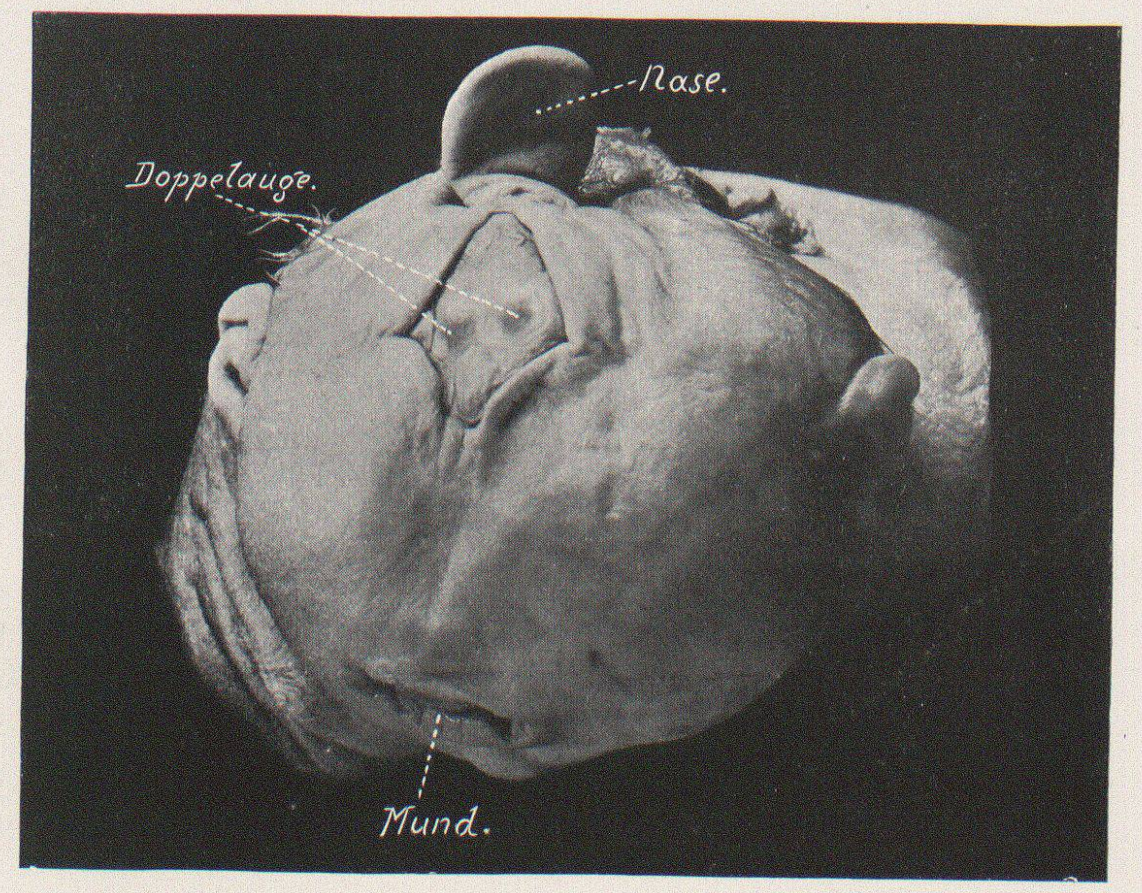


Fig. 3. Cyklops des Menschen (mit Doppelauge), Nasenstummel über dem Auge; Hirnbruch.



Fig. 4. Anencephalus mit doppelter Hasenscharte, Fehlen des Schädeldaches, Hirnrudiment auf der Schädelbasis.



Fig. 5. Symmetrische Hautanhänge am Halse. (Reste von Kiemenbogen?)



Fig. 6. Epignathus.



Fig. 7. Eineiige Zwillinge mit gemeinschaftlicher Placenta. Der eine zurückgeblieben und durch Umschlingung der Nabelschnur verstümmelt.



Fig. 8. Thoracopagus mit gemeinsamer Nabelschnur und Nabelbruch.

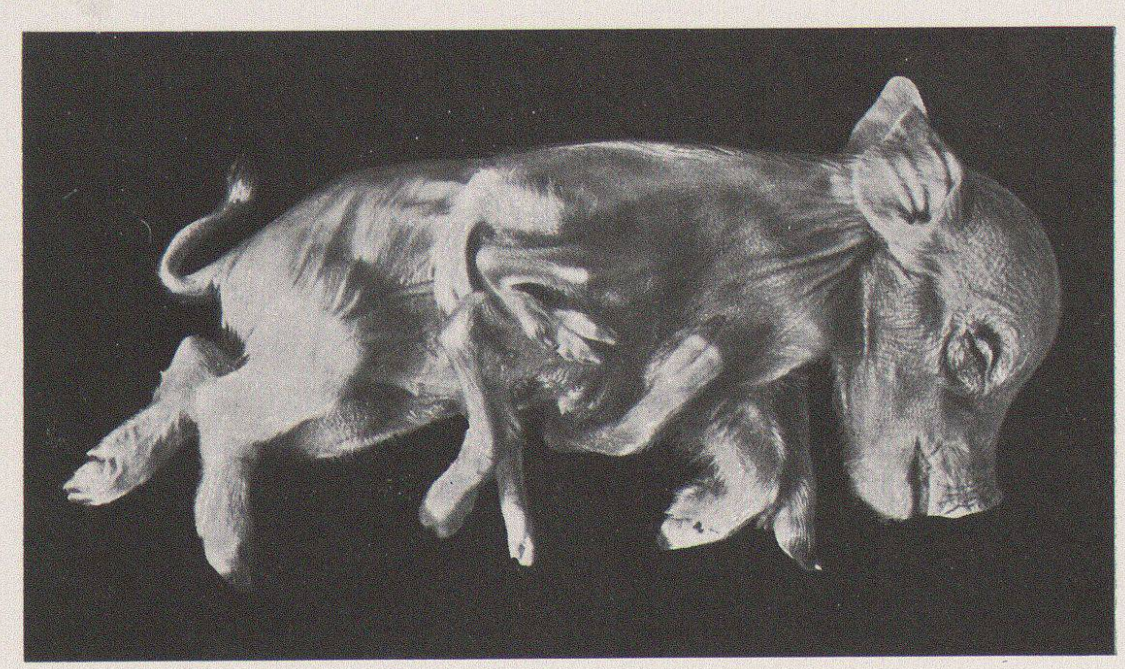


Fig. 9. Epigastrius vom Schwein mit 8 Extremitäten.

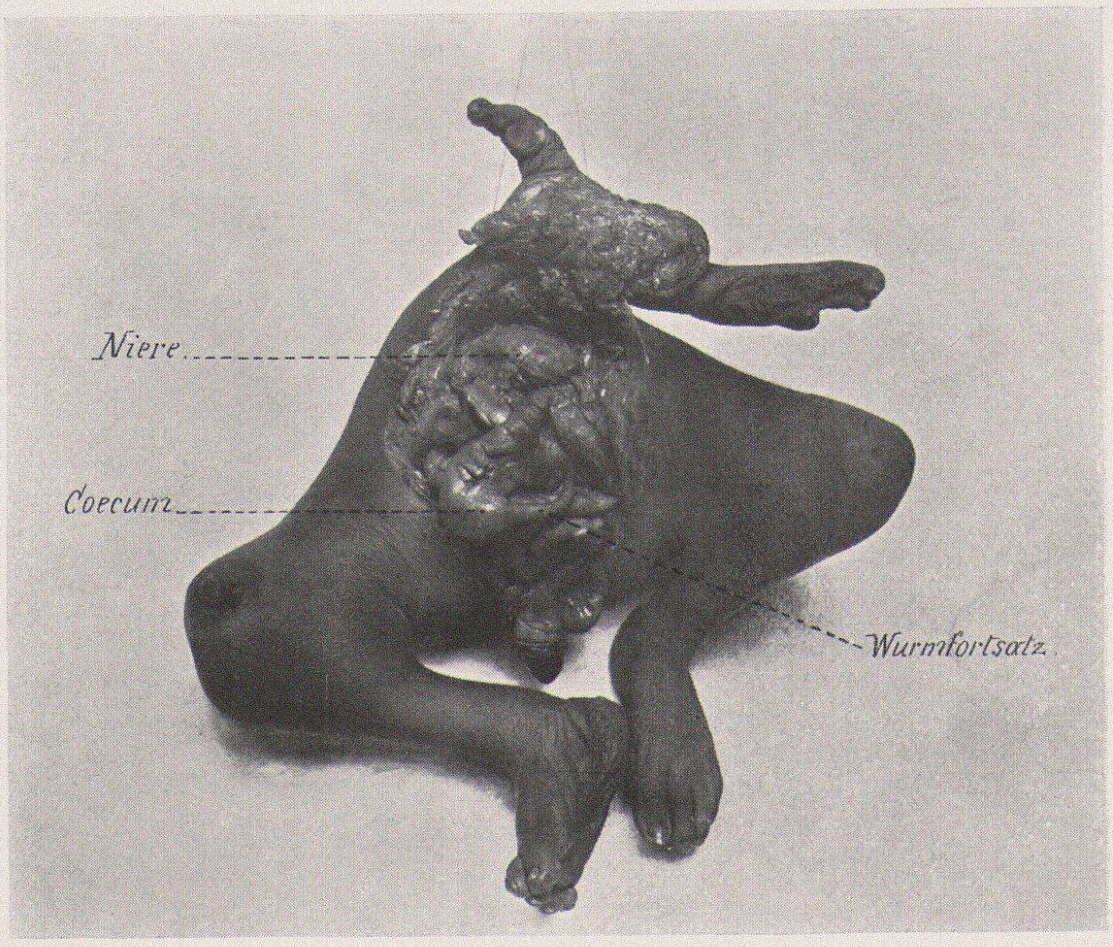


Fig. 10. Epigastrius parasiticus. Unterextremitäten und äussere Genitalien, Andeutung von Blinddarm, Wurmfortsatz, eine Niere, obere Extremitäten.

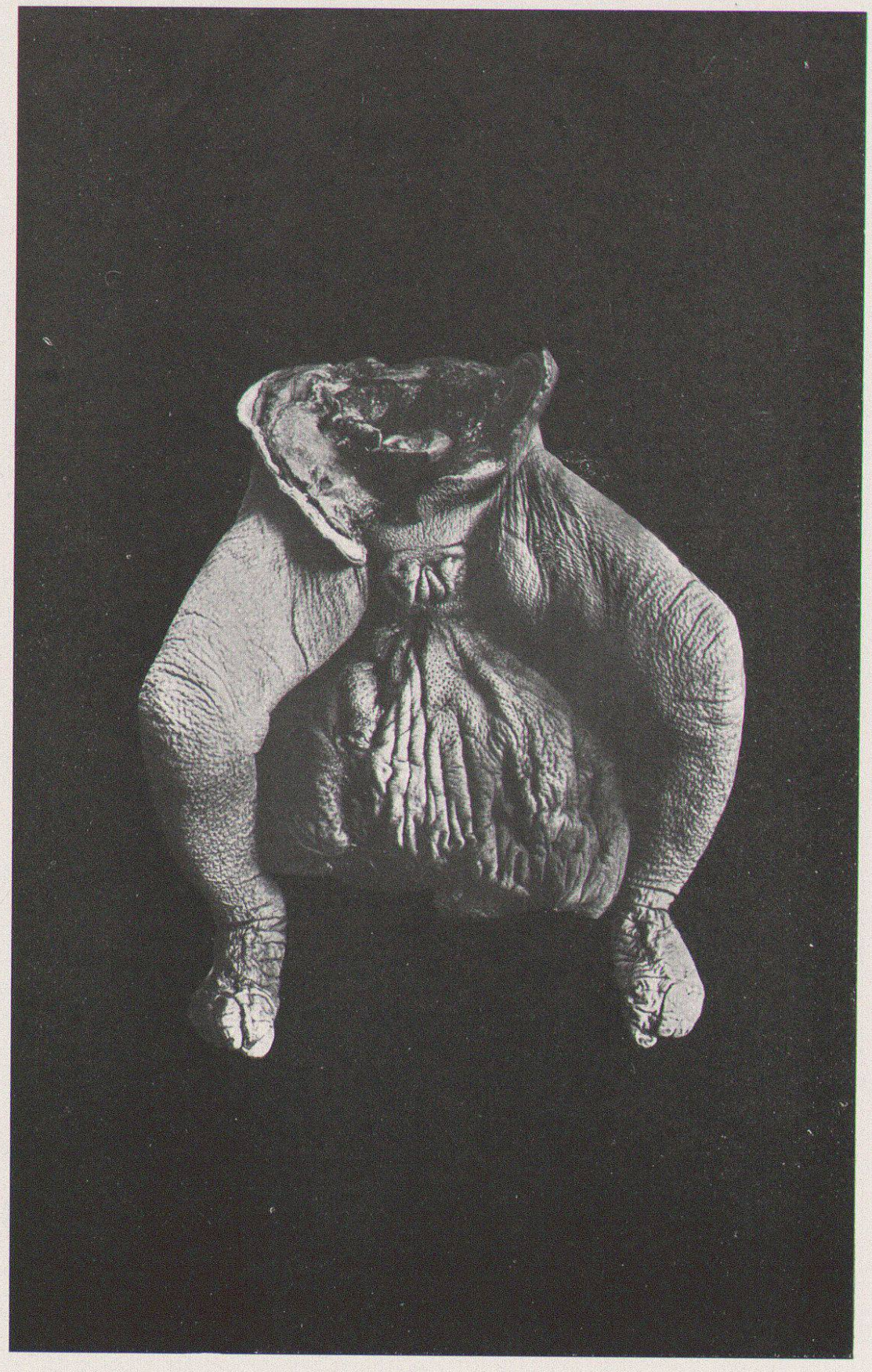


Fig. 11. Steissgeschwulst (Sacralteratom).

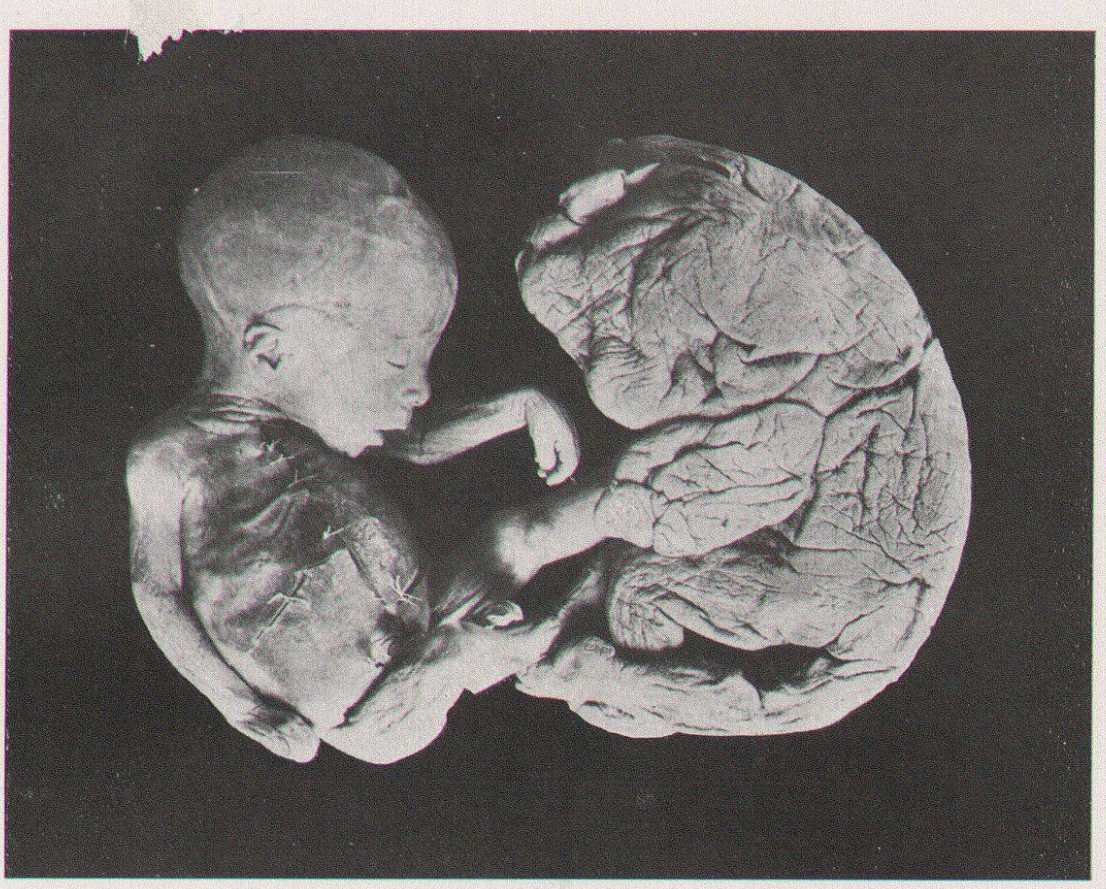


Fig. 12. Acardius amorphus neben normalem Zwilling.



Fig. 13. Acardius acornuus vom Rind (rudimentärer Kopf mit Kiefer und Zähnen).



Fig. 14. Acardius acephalus der Ziege mit Darmwindungen.



Fig. 15. Spina bifida mit Anencephalie, offenem Wirbelkanal, Hirn- und Schädeldefekt.

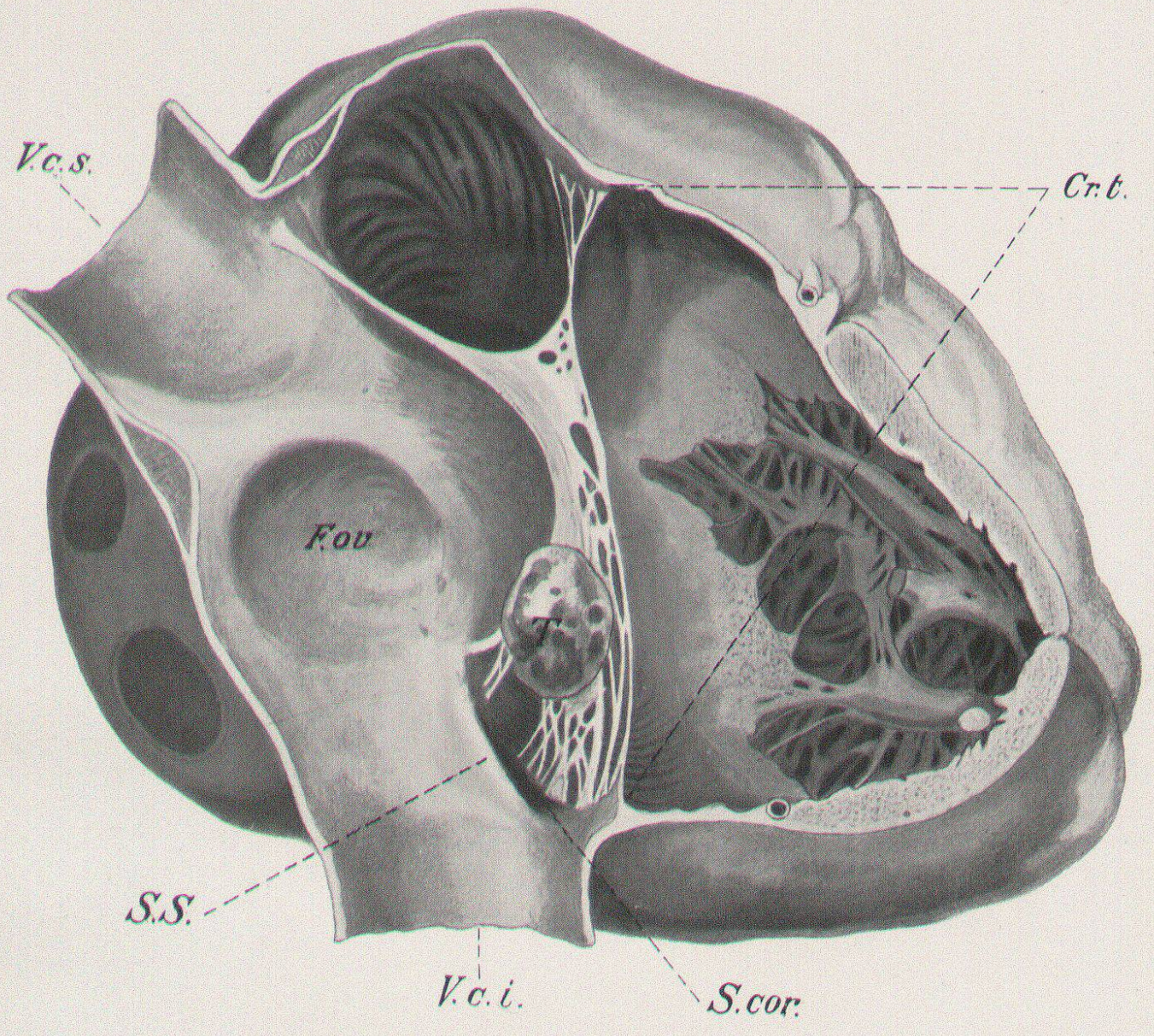


Fig. 17. Gitterförmige Reste der embryonalen Sinusklappen mit aufsitzendem Kugeltrombus.

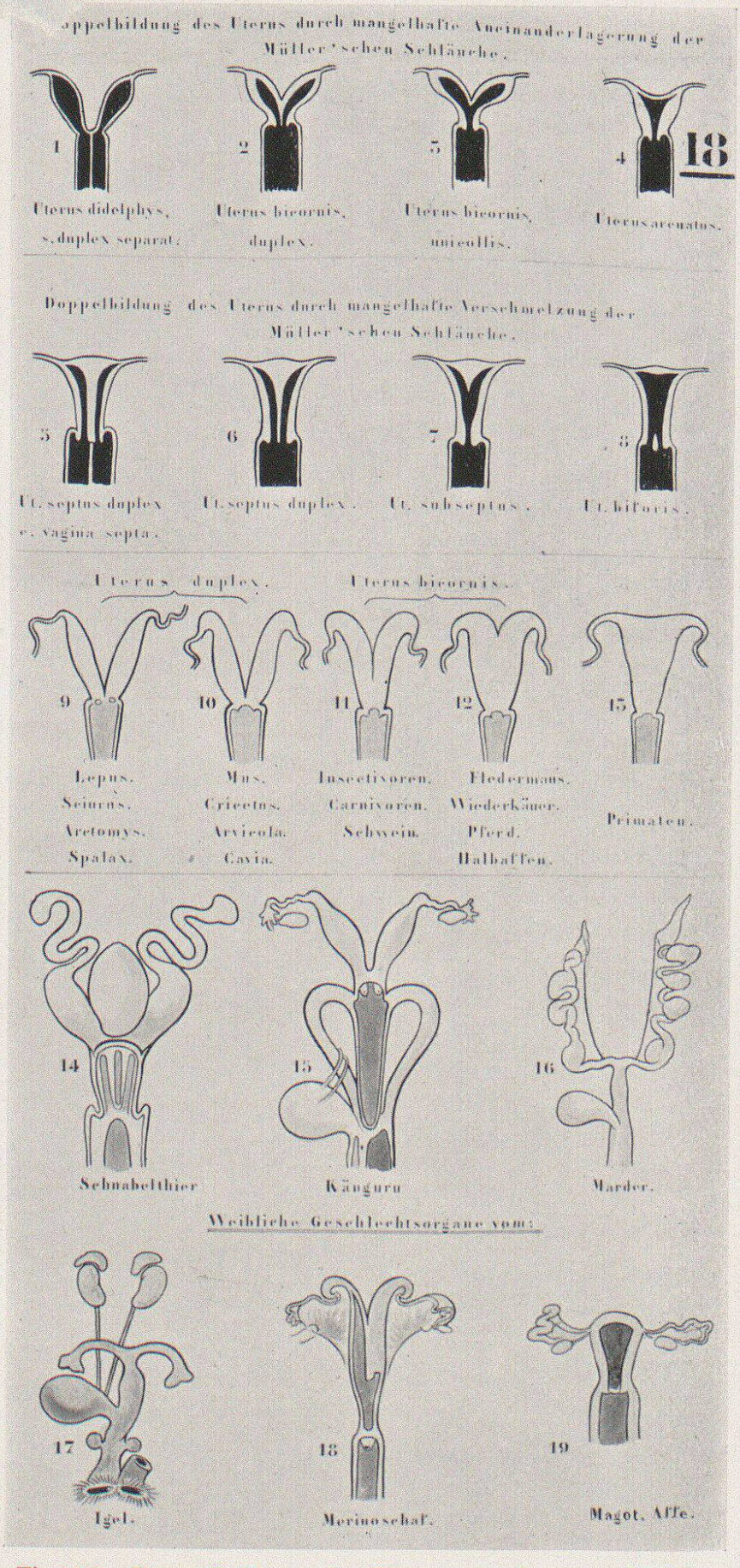


Fig. 18. Doppelbildung des Uterus durch mangelhafte Aneinanderreihung der Müller'schen Schläuche.



Fig. 19. Grosse klaffende Gesichtsspalte mit vorderem Gehirnbruch.

oder gar aufsehenerregende und marktschreierische Namen, wie Krötenkopf, Hasenscharte, Stachelschwein- und Fischmenschen, Leopardenmädchen, Phokomelie (Robbe, Sirene), Talipomanus (Maulwurfspfote), Hunde- und Affenmensch auf einen morphologischen Wert keinen Anspruch erheben.

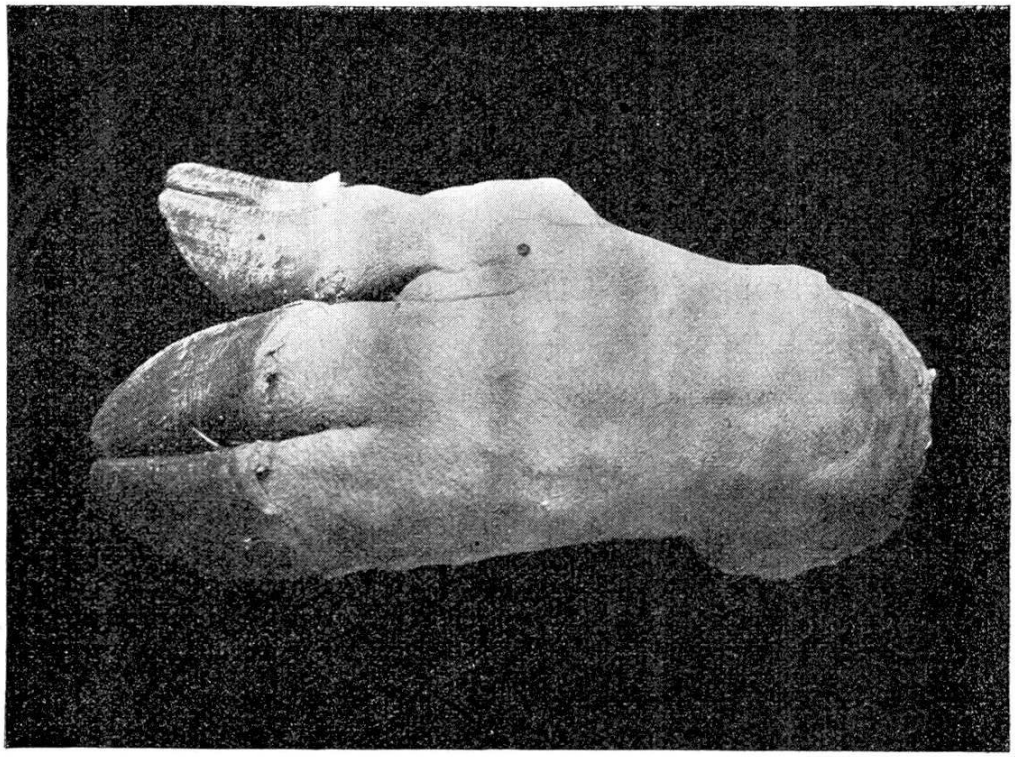


Fig. 16. Polydaktylie des Schweines.

Auch ist durch unvorsichtige und verfrühte Anwendung die Lehre vom Rückschlag in die Ahnenform, vom Atavismus fast etwas in Misskredit gekommen. So liess sich die Mikrocephalie als Affenähnlichkeit (Carl Vogt) nicht halten und auch Darwins Neigung, in der Polydaktylie (siehe Fig. 16, Polydaktylie des Schweines) einen Rückschlag zu erkennen, begegnete dem Widerspruch Gegenbaurs, da der Mensch keine pleodaktyle Ahnenform besitze und höchstens die Polydaktylie ge-

wisser Huftiere durch Vergrösserung der rudimentären Griffelbeine auf mehrzehige Vorfahren bezogen werden dürften. So wäre Polydaktylie bei verschiedenen Tieren gar nicht dasselbe, wir haben sie beim Triton als experimentelles Erzeugnis der Superregeneration kennen gelernt, und dies Beispiel lehrt uns eindringlich, dass wir aus einer Missbildung jedenfalls auf keine Ahnenform zurückschliessen dürfen. Insofern wird die Phylogenie von seiten der Missbildungen keine wesentliche Bereicherung erwarten dürfen. Umgekehrt ist aber die Teratologie der empfangende Teil und der Phylogenie für manche Aufklärung dankbar; schon aus der nahen Beziehung der Missbildungen zu Varietäten, die in neuerer Zeit von der vergleichenden Anatomie so durchsichtig beleuchtet werden, geht unmittelbar hervor, welchen Anteil die Erforschung der Stammesgeschichte, also Zoologie und vergleichende Anatomie an der Aufklärung der Missbildungen haben müssen. Es liegt in der Natur dieses Verhältnisses, dass die Missbildungen derjenigen Organe die besten Beispiele dazu liefern müssen, deren Entwicklung sich am strengsten an das biogenetische Grundgesetz hält, das ist das Herz, Uterus mit Vagina und Tuben, und etwa noch die Kiemenbogen. Wie nun aus dem einfachen Fischherzen mit einer Kammer, einem Vorhof und einem Truncus arteriosus mit dem Auftreten der Lungenatmung bei Dipneusten und Amphibien in jeder Abteilung eine Scheidewand auftritt, so wandelt sich das Säugetierherz aus einem einfachen Schlauch zum Herzen mit zwei Abteilungen und durch Entwicklung der Scheidewände in das Herz mit vier Abteilungen um. Wir treffen aber hie und da beim Neugeborenen ein einfaches Herz mit zwei Abteilungen (Vorhof und Kammer) ohne

Scheidewände, fassen das als eine eigentliche Hemmung auf und sprechen mit Fug und Recht von einem „Fischherzen“, indem wir uns auf die Phylogenie beziehen. Wenn die Vorhofscheidewand von oben sich herabsenkt gegen den Ohrkanal (Verbindung zwischen Vorhof und Kammer), bleibt oft am untern Rand der Verschluss unvollkommen; Vögel und Beuteltiere besitzen mehrere Öffnungen dort, bei Dipnoern ist die Scheidewand ganz unvollständig, um erst bei Urodelen und Reptilien sich stärker auszubilden und sich mit den Klappen des Ohrkanals zu verbinden. Ganz ähnliche Öffnungen finden wir gelegentlich beim Menschen als Hemmungsbildungen und wir dürfen diese Zustände mit Vorkommnissen bei den genannten Tieren wohl in Parallele setzen, weil auch in der Ontogenese die Entwicklung der Scheidewände demselben Plan folgt, wie er für die Tierreihe angedeutet worden ist. Ganz ähnlich steigt nun von unten die Scheidewand der Herzkammern gegen den Ohrkanal hinauf, lässt aber lange Zeit am oberen Rande eine Öffnung, die bei Krokodilen als Foramen Panizzæ bekannt ist, bei Beuteltieren noch offen ist bei der Geburt, später aber zuwächst, während bei allen Säugern der Verschluss vollkommen ist, nur dass auch hier die Stelle der ehemaligen Öffnung an ihrer membranösen, d. h. sehnigen Beschaffenheit das ganze Leben hindurch kenntlich ist. Gerade an dieser Stelle aber kommen angeborene Defekte als Missbildungen vor und wir sind wiederum berechtigt, solche Öffnungen mit dem Foramen Panizzæ in Parallele zu setzen, da die stammesgeschichtliche Entwicklung der Scheidewände, die zum allmälig sich einstellenden Verschluss der Öffnungen führt, gleichsam den Weg vorzeichnet, den die Ontogenese nimmt.

Das ist die neuzeitliche Auffassung der Defekte der Scheidewände des Herzens gegenüber der frühern, die fötale Entzündungen und Durchbrüche zur Erklärung herbeigezogen hat. Wenn man diesen Fortschritt hat tun können, so ist das hauptsächlich der Vereinigung von ontogenetischer mit phylogenetischer Betrachtung vorbehalten gewesen. — Noch ein Beispiel entlehne ich der Pathologie des Herzens. Bekanntlich ergiesst sich das Blut aus Dotter- und Nabelvene und den beiden ductus Cuvieri zunächst in den sogenannten Sinus reuniens oder Sinus venosus, und dieser mündet in die rechte Abteilung des Vorhofes, oder nach vollzogener Trennung der beiden Vorhöfe in deren rechten. Der Sinus reuniens ist gleichsam ein atrium atrii oder ein Vestibulum des Vorhofes und wird nun zusehends in den Vorhof einbezogen, je mehr wir in der Tierreihe nach oben fortschreiten. Diese allmälige Vereinigung wird bei Amphibien eingeleitet, bei Reptilien vervollkommnet, bei Vögeln und Säugetieren vollendet, doch so, dass bei Kloakentieren, den vergleichend anatomisch so hochwichtigen Monotremen, noch deutliche Reste der beiden Sinusklappen sichtbar sind, jener Klappen, die gleichsam wie Vorhänge zu beiden Seiten einer Türe den Eingang des Sinus in den Vorhof flankierten. Nun findet man ab und zu bei Kindern, aber auch beim Erwachsenen eigenartige feine spinnwebige Gitter und zarte Netze durch den rechten Vorhof ausgespannt und ihre ganz regelmässige Anheftung an bestimmten Punkten und Leisten des Vorhofes weist deutlich und unverkennbar auf jene Sinusklappen zurück, die getreu dem Vorbild der Phylogenese auch in der Ontogenese gebildet worden sind, um allmälig wieder einem Schwund anheimzufallen. Wir führen ja so

zahlreiche Einrichtungen in unserem Körper, zeitweilig während unseres Embryonallebens oder das ganze Leben hindurch, die nie zu einer Leistung oder Verrichtung kommen, die nichts „Zweckmässiges“ an sich haben und die nur durch ähnliche (homologe) Bildungen bei tierischen Vorfahren, wo sie in vollkommener Entwicklung und in voller Leistungsfähigkeit angetroffen werden, eine Erklärung finden können. Ich darf an die Zirbeldrüse, an den Hirnanhang, an den Wurmfortsatz, an die Steissdrüse, an die fötalen Kiemenbogen, an die Beweger der Ohrmuschel und vieles andere erinnern. Dass jene Gitter und Netze als Überreste fötaler Einrichtungen auch dem erwachsenen Menschen noch verhängnisvoll werden, habe ich vor einiger Zeit bei einem Fall nachweisen können, wo sich, offenbar durch die Netze begünstigt, ein kirschgrosses Gerinnsel, ein sogenannter Kugelthrombus, auf denselben angesiedelt hat (siehe Fig. 17, Chiari'sche Gitter im rechten Vorhof und darauf ein Kugelthrombus). Wäre er vom Blutstrom abgerissen worden, so würde er die Lungenarterie verstopft und den plötzlichen Tod herbeigeführt haben. Eine vortreffliche Illustration für pathologische Vorkommnisse auf dem Boden embryonaler Störungen, oder sagen wir Missbildungen.

Ein ausgezeichnetes Beispiel zur Erläuterung des Parallelismus zwischen Phylo- und Ontogenese bietet der Uterus, die Gebärmutter, dar. Er entsteht in beiden Entwicklungsreihen durch allmälige Aneinanderlagerung und Verschmelzung zweier kanalartiger Gänge, der sogenannten Müller'schen Schläuche. Zwei völlig getrennte Uteri münden jeder mit einer besonderen Öffnung in die Scheide bei den Hasen und Eichhörnchen. Ja, die Scheide trägt sogar ein kleines Septum als Trennungs-

spur bei gewissen Formen (Lagostomus, Hasenmaus). Beim Biber nähern sich schon die beiden Uterusmündungen auf gemeinsamem Vorsprunge und vereinigen sich endlich bei Mäusen, beim Backentier, beim Steisstier (Aguti). Damit ist der Uterus bipartitus erreicht. Das Schaf besitzt einen einheitlichen Uterus mit zwei Hörnern (Uterus bicornis) und je nach Länge des gemeinsamen Abschnittes und der Hörner kennt man bei verschiedenen Säugern verschiedene Abarten dieser Grundform. Insektivoren und Carnivoren besitzen lange Hörner und brauchen sie zur Bergung einer grössern Zahl von Embryonen, wie denn auch die Reduktion der Hörner mit dem Übergang von Mehrgeburten zu Eingeburten Hand in Hand geht. Noch die Schweine besitzen für ihre reiche Brut lange Uterushörner, während bei andern Ungulaten mit weniger oder einem einzigen Jungen die Hörner von den Fruchthüllen benutzt werden (Pferde und Wiederkäuer). Einen Uterus duplex biforis, d. h. mit zwei Ostien in die Scheide mündend, besitzt das Kapschwein, das zu den Edentaten gehört. Bei den übrigen Edentaten erscheinen die Hörner nur noch als Ausbuchtungen des langgezogenen Uterus angedeutet. Weiterhin verkürzen sich die Hörner, der einheitliche Körper gewinnt an Bedeutung bei Fledermäusen. Übergänge von langen zu kurzen Hörnern finden sich bei Halbaffen. Beim Pavian noch angedeutet, verschwinden die Hörner bei den Herrentieren vollständig. Damit schwindet der multipare Zustand und der Uterus birgt nur noch ein oder höchstens zwei Junge. Nun finden wir gelegentlich beim Menschen als Missbildungen und zwar als eigentlichste Hemmungsbildungen Formen, die wir unmittelbar in Parallele setzen dürfen zu den geschil-

derten Tierformen, die wiederum nur als Glieder einer Kette, als Stufen einer Entwicklungsreihe aufzufassen sind (siehe Fig. 18, verschiedene tierische Formen des Uterus und menschliche Missbildungen). Zu ihrer Bezeichnung bedienen wir uns auch offenbar mit vollem Recht derselben Namen, wie die in der Tierreihe gebräuchlichen, nämlich: Uterus didelphys (= duplex separatus), Uterus bicornis duplex, bicornis unicollis, arcuatus, incudiformis, bipartitus, septus duplex (cum vagina septa), subseptus, biforis. Die Abbildung zeigt in etwas schematisierter Weise die weitgehende Ähnlichkeit der menschlichen Missbildungen mit den tierischen Formen.

Man kennt die Ontogenie des Uterus so genau, dass es sogar gelungen ist, für verschiedene der abnormen Bildungen den teratogenetischen Terminationspunkt festzustellen. Im ersten Monat bildet sich der Müller'sche Gang im Urnierenepithel als solider Strang; bei Mangel der Scheide, des Uterus, der Tube muss also die erste Bildung unterblieben sein. Im zweiten Monat werden die Fäden hohl und treten zum Geschlechtsstrang zusammen an der Grenze zwischen Vagina und Uterus. Ein Uterus separatus und eine Vagina duplex separata müssen also in diese Zeit verlegt werden usw.

Es ist wohl allgemein bekannt, dass das Antlitz eines menschlichen Embryo, etwa von der Länge eines Zentimeter, von Furchen und Spalten zerklüftet ist, und wie wesentlichen Anteil an der Bildung des Gesichts und Halses die Kiemenbogen und Kiemenfurchen nehmen. Diese tragen ihre Namen mit vollem Recht, denn es ist unbestritten, dass wir in ihnen die letzten Spuren des niedersten Zustandes der Atmungsorgane der Wirbeltiere erkennen. Aber von den Dipnoern

und Amphibien an als Atmungsorgane längst verdrängt durch die viel ausgiebigeren, aus der Schwimmblase entwickelten Lungen, sind sie gleichwohl nicht untergegangen, sondern bestehen beim Menschen noch und finden da freilich eine ganz andere Verwendung. Aus dem ersten Kiemenbogen entstehen Unterkiefer und Gehörknöchelchen, aus dem zweiten und dritten das Zungenbein, aus dem vierten und fünften der Schildknorpel. Da der erste Bogen an der Bildung des Gesichts beteiligt ist, so sind gewisse Missbildungen des Gesichts auf mangelhafte Ausbildung desselben oder mangelhaften Anschluss an die Oberkieferfortsätze zu beziehen (siehe Fig. 19, Gesichtsspalte). Aber auch im Bereich der hinteren Kiemenspalten sind gelegentlich Dinge gefunden worden, die auf der Grenze der Missbildungen und Neubildungen stehen, wie Cysten, und die sog. branchiogenen Carcinome oder seitliche Divertikel im Schlund, die wohl mit Recht mit den Kiemenfurchen in Beziehung gesetzt worden sind. Auch hier sind also phylogenetische Betrachtungen angebracht.

Zum Verständnis der Hasenscharte ist die Kenntnis des Zwischenkiefers unerlässlich, da die damit oft verbundene Kieferspalte zwischen Oberkieferfortsatz und Zwischenkiefer verläuft. Dass aber der Zwischenkiefer von Goethe durch vergleichende anatomische Beobachtung gefunden wurde, ist jedermann bekannt.

Wenn überzählige Brustdrüsen (Polymastie) oder Brustwarzen (Polythelie) in zwei nach dem Becken zu konvergierenden Linien auftreten, so hat man das wohl mit Recht auf die ähnlich verlaufende Milchleiste der Tiere bezogen, und die meisten Fälle von Hypertrichosis (Haarmenschen) hält man für eine Persistenz des primären Wollhaarkleides wegen unterbliebenen

Wechsels desselben im 8.—9. Monat. Das sind wiederum Früchte phylogenetischer Anschauungsweise.

Es gibt eine ganze Literatur über Schwanzbildungen beim Menschen, die neben vielem Kritiklosen doch einige anerkannte Fälle enthält von wirklicher Verlängerung der Wirbelsäule, die als mangelhafte Reduktion der tierischen Wirbelsäule aufzufassen ist. Solche Rückschläge kommen auch bei Anthropoiden vor, was um so bemerkenswerter ist, als der Orang-Utan in der Rückbildung seines Steissbeines (3 Wirbel) sogar schon weiter gediehen ist als der Mensch (5 Wirbel). Das Weib ist darin ebenfalls dem Mann etwas voraus (4—5 Wirbel).

Das ganze grosse Gebiet anatomischer Varietäten, von den Missbildungen vielfach nur dem Grade nach verschieden, und früher ein Wust öder und unfruchtbarer Kasuistik, hat neuen Sinn und Verstand durch die Phylogenie erhalten, so dass gerade die bedeutendsten Anatomen sich heutzutage mit besonderer Liebe derselben annehmen. Doch erforderte ein Überblick über dieses grosse Feld einen besonderen Bericht und auch einen eigenen Berichterstatter.

Die letzten Jahrzehnte hatten für die Missbildungen kein Interesse, auch keine Zeit. Man hatte Wichtigeres zu tun. Die Seuchen- und Infektionslehre mit der Bakteriologie einerseits, die physiologische und pathologische Chemie mit ihrem mächtigen Einfluss auf die innere Medizin andererseits fesselten die besten Köpfe. Aber der frische Zug, der gegenwärtig durch die Biologie geht, namentlich die wagemutige Kunst des Versuchs und die weitschauende und grosszügige Phylogenie bringen in unsern Tagen neues Licht und Leben in den lange vernachlässigten Bezirk der Morphologie — in die Teratologie.

Über die durch parasitische Pilze (besonders Uredineen) hervorgerufenen Missbildungen.[1]

Von *Ed. Fischer,* Bern.

Die Wirkungen pilzlicher Parasiten auf ihre Nährpflanzen sind bekanntlich ausserordentlich verschiedenartig. Im einen Extrem sehen wir den Parasiten seinen Wirt vollständig abtöten, in andern Fällen beschränkt sich seine Wirkung auf leichtere Gewebeverfärbungen; wieder andere Pilze rufen abnorme Zellvergrösserung oder Zellvermehrung hervor, die sich zuweilen bis zur Bildung eigentlicher Gallen steigern kann.

Eine weitere Abstufung repräsentieren diejenigen Fälle, welche ich Ihnen heute in einer Reihe von Beispielen demonstrieren möchte. Hier handelt es sich um die anormale Ausbildung ganzer Sprosse, Blätter oder Blüten unter dem Einflusse parasitischer Pilze. Ich beschränke mich dabei speziell auf die Uredineen, die gerade in dieser Richtung eine grosse Mannigfaltigkeit aufweisen. Diese Deformationen entstehen, soweit die Untersuchungen reichen, nur dann, wenn

[1] Das Folgende ist die — nicht wörtliche — Wiedergabe eines Referates, das die Vorweisung einer Anzahl durch Uredineen hervorgebrachter Missbildungen begleitete. Es macht daher dasselbe keineswegs Anspruch darauf, neue Gedanken oder Tatsachen zu bringen.

das Mycel in die Knospen eindringt. Man muss also annehmen, dass durch die Einwirkung des letztern der Vegetationspunkt in der Weise beeinflusst wird, dass er Organe hervorbringt, die in Wachstumsrichtung und Form mehr oder weniger modifiziert erscheinen und zwar von Nährpflanze zu Nährpflanze und von Parasit zu Parasit in verschiedener Weise.

Um dies zu veranschaulichen, möchte ich Ihnen zunächst nach Untersuchungen aus unserem botanischen Institut einige Beispiele in ihrem entwicklungsgeschichtlichen Verhalten vor Augen führen:

1. *Melampsorella Caryophyllacearum,* der Urheber des Weisstannenhexenbesens [1]). Die Teleutosporen dieses Pilzes reifen etwa Mitte Mai auf *Stellaria*-Arten. Bei ihrer Keimung produzieren sie die Basidiosporen, welche dazu bestimmt sind, die Weisstanne zu infizieren. In diesem Zeitpunkte steht letztere im Begriff, ihre neuen Sprosse zu entfalten, und in die weichen Gewebe ihrer Axe dringt der Keimschlauch des Parasiten ein. Die Wirkungen dieser Infektion werden aber nur sehr allmälig sichtbar: erst in der zweiten Hälfte des Sommers zeigen sie sich in Gestalt von Anschwellungen der Axenteile. Wenn nun an diesen angeschwollenen, vom Mycel durchzogenen Stellen Knospen angelegt sind, so wächst offenbar das Mycel in dieselben hinein und sie erfahren infolgedessen im folgenden Frühjahr eine ganz abnorme Weiterentwicklung; es gehen aus ihnen Hexenbesen hervor, die bekanntlich folgende Eigentümlichkeiten zeigen: die Zweige wachsen mehr oder

[1]) Siehe Ed. Fischer, Aecidium elatinum Alb. et Schw., der Urheber des Weisstannenhexenbesens und seine Uredo- und Teleutosporenform. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, herausgegeben von P. Sorauer: XI, 1901 und XII, 1902.

weniger vertikal empor, statt sich horizontal auszubreiten; sie sind mit allseitig abstehenden statt gescheitelten Blättern besetzt; die Blätter sind kürzer als die normalen und fallen im Herbste regelmässig ab, so dass der Hexenbesen im Winter kahl dasteht.

2. Ein weiteres Beispiel bietet die Aecidiengeneration der *Uredineen aus der Gruppe des Uromyces Pisi,* welche sich auf *Euphorbia Cyparissias* entwickelt. Nach den Versuchen von E. Jordi[1]) verläuft die Infektion der *Euphorbia* offenbar folgendermassen: die Teleutosporen keimen im Frühjahr auf der Erde. Wenn sich daselbst Rhizome von *Euphorbia Cyparissias* befinden, so werden die jungen Triebe derselben vielleicht in dem Zeitpunkt infiziert, in welchem sie sich eben anschicken, aus dem Boden hervorzutreten. Doch erfährt offenbar in ihnen das Mycel noch keine weite Ausbreitung, so dass sie ganz undeformiert aus dem Boden hervortreten. Aber an ihrer Basis befinden sich die Anlagen der für das folgende Jahr bestimmten Knospen; in diese dringt das Mycel vor und wenn sie sich dann im nächsten Frühling entwickeln, wächst dasselbe mit und verursacht eine anormale Ausbildung. Diese letztere besteht bekanntlich darin, dass die Blätter breiter und kürzer sind und der ganze Spross eine grössere Länge erhält als in den normalen Fällen, dass ferner Verzweigung und Blütenbildung unterbleibt. Ausnahmsweise kann es allerdings auch vorkommen, dass ein so deformierter Spross sich verzweigt[2]). Dabei sind

---

[1]) E. Jordi, Weitere Untersuchungen über Uromyces Pisi (Pers.). Zentralblatt für Bakteriologie etc. II. Abtlg., Bd. XIII, 1904, pag. 64 ff.

[2]) Herr Prof. C. Schröter teilte mir mit, dass er auch einen Fall beobachtet habe, in welchem Blütenbildung eingetreten sei.

die Zweige entweder in gleicher Weise wie die Hauptaxe anormal ausgebildet, oder sie können normal entwickelt sein. Letzteres kann nur so erklärt werden, dass das Mycel vielleicht im Sommer langsamer wächst und daher dem Wachstum der Seitenzweige nicht zu folgen vermochte: die Seitenzweige des kranken Triebes entwachsen gleichsam dem Mycel [1]).

3. Es gibt aber auch Fälle, in denen ein Pilzmycel längere Zeit in der Nährpflanze leben kann, ohne Deformationen derselben hervorzurufen. Dafür bieten viele Ustilagineen gute Beispiele, deren Mycel hinter dem Vegetationspunkte her wächst, aber erst bei der Chlamydosporenbildung in der Blüte seine Gegenwart verrät. Unter den Uredineen sind derartige Fälle jedenfalls nicht häufig. Ein solcher ist schon früher von de Bary [2]) untersucht und in diesem Sommer von einem meiner Schüler, Herrn Wilh. Müller [3]), weiter verfolgt worden, nämlich *Endophyllum Euphorbiæ silvaticæ*. Die Nährpflanze dieses Pilzes, *Euphorbia amygdaloides*, vollzieht die Entwicklung ihrer Sprosse bekanntlich im Verlauf von zwei Vegetationsperioden:

---

[1]) Es wäre übrigens auch ganz gut denkbar, dass das Mycel in diese Seitentriebe eindringen, aber sich in denselben auf das Mark beschränken würde, ohne in die Blätter überzugehen, etwa in der Weise, wie dies P. Magnus (s. Anmerkung pag. 174) für die Langtriebe der durch Pucc. Arrhenatheri hervorgerufenen Berberitzenhexenbesen dargetan hat.

[2]) de Bary, Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. Annales des sciences naturelles. Botanique. Série 4, T. 20, 1863.

[3]) Wilhelm Müller, Versuche mit Uredineen auf Euphorbien und Hypericum. (Vorläufige Mitteilung.) Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, 2. Abtlg., Band XVII, 1906, pag. 210.

im ersten Jahre tritt ein Sprosstück mit dichtstehenden, überwinternden Blättern über den Boden und am Scheitel desselben entwickelt sich erst im zweiten Jahre der Blütenstand. Allem Anscheine nach erfolgt nun hier die Infektion im Frühjahr an den unter dem Boden befindlichen Knospen. Im folgenden Jahre geht aus diesen mycelführenden Knospen ein beblättertes Sprossstück hervor, dessen Blätter Pykniden (zuweilen sogar Teleutosporenlager) tragen können, aber keinerlei Deformation zeigen und ebenso wie die der gesunden Triebe den Winter überdauern; erst im nächsten Jahre entwickelt sich dann aus deren Gipfelknospe ein erkrankter Trieb, der statt Blüten nur abnorme, blass gefärbte Blätter treibt, deren Unterseite mit den aecidienähnlichen Teleutosporenlagern dicht besetzt ist[1]).

Wir lassen nun eine kurze Übersicht über die verschiedenen Anomalien folgen, welche die Uredineen an ihren Nährpflanzen hervorbringen:

1. Wirkungen auf die Axenorgane.

a) Veränderung der Wachstumsrichtung.

Hieher gehören die oben beschriebenen, durch *Melampsorella Caryophyllacearum* hervorgerufenen Hexenbesen der Weisstanne. Ähnliche Missbildungen pro-

[1]) Dieser Fall zeigt grosse Analogie mit dem Verhalten der Aecidiengeneration der unten zu erwähnenden Puccinia Arrhenatheri in den Berberitzenhexenbesen. Nach Untersuchungen von P. Magnus (Annales of Botany, Vol. XII, pag. 155—163) dringt das Mycel hier jeweils nur in die ersten Blätter der Jahrestriebe. Wenn sich dann diese letztern zu Langtrieben strecken, so wächst das Mycel im Mark derselben bis zum Scheitelmeristem, jedoch ohne in die Blätter einzudringen. Es gelangt aber das Mycel in die für das nächste Frühjahr bestimmten Knospen, bei deren Entfaltung sich ihre

voziert nach Erikssons Untersuchungen[1]) *Puccinia Arrhenatheri* auf der Berberitze.

b) Abnorme Streckung der Internodien.

Hiefür bieten Beispiele *Sideritis hyssopifolia* unter Einfluss von *Puccinia Mayorii* und *Centaurea montana,* welche von *Puccinia montana* befallen ist.

c) Anschwellung des Stengels.

Calyptospora Gœppertiana ruft bekanntlich eigentümliche, zuletzt braun gefärbte Anschwellungen der Preisselbeerstengel hervor.

d) Beförderung oder Unterdrückung der Verzweigung.

Für die Hexenbesen ist es charakteristisch, dass sie eine viel reichere Verästelung zeigen als die normalen Zweige, während umgekehrt schon oben gezeigt wurde, dass bei den von *Uromyces Pisi* und verwandten Arten befallenen Trieben die Verzweigung meist unterdrückt wird.

2. Wirkungen auf die Laubblätter.

a) Abnorme Stellungs- und Zahlenverhältnisse.

Für die Weisstannenhexenbesen wurde bereits erwähnt, dass sie allseitig abstehende Blätter besitzen. Interessante Anomalien bieten in Bezug auf Stellungs- und Zahlenverhältnisse der Laubblätter auch die vom

---

ersten Blätter wieder als aecidienbesetzt erweisen. — Bei den einjährigen Hexenbesen der Puccinia Rübsaameni (P. Magnus, Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft, 1904, p. 344) scheint das Mycel überhaupt nicht in die Blätter einzudringen.

[1]) J. Eriksson, Studien über den Hexenbesenrost der Berberitze (Pucc. Arrhenatheri Kleb.) und: Fortgesetzte Studien über die Hexenbesenbildung bei der gewöhnlichen Berberitze. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. VIII.

Aecidienmycel der *Ochropsora Sorbi* (*Aecidium leucospermum*) befallenen blühenden Triebe von *Anemone nemorosa:* wir treffen namentlich häufig eine Verdoppelung des normalerweise dreizähligen Blattquirles, wobei die beiden Quirle durch ein Internodium getrennt sein können.

b) *Anormale Blattformen.*

Ganz besonders mannigfache Veränderungen erleidet die Form der Blätter unter Einfluss von Uredineen-Mycelien. Im allgemeinen erfahren gestielte Blätter eine Verlängerung des Blattstieles und eine Verkleinerung der Spreite (z. B. *Alchimilla vulgaris* unter Einwirkung von *Uromyces Alchimillæ*; die grundständigen Blätter von *Anemone nemorosa* unter Einfluss von *Puccinia fusca*), während sitzende Blätter von verlängerter Gestalt eine Verlängerung ihrer Spreite zeigen (*Centaurea montana* von *Puccinia montana* befallen, *Tragopogon pratensis* unter Einfluss von *Puccinia Tragopogi*). Es sind das Erscheinungen, die lebhaft an das Aetiolement erinnern. — In andern Fällen werden im Gegenteil die Blätter kürzer und breiter, so bei *Euphorbia Cyparissias* in den bereits angeführten Fällen. Eine interessante, dahin gehörige Erscheinung ist kürzlich auch durch Klebahn[1]) bei Weymouthskiefern beschrieben worden, welche er mit *Cronartium ribicolum* infiziert hatte; es entstanden an denselben nämlich Triebe mit verbreiterten kurzen Blättern; Klebahn weist darauf hin, dass hier wohl unzweifelhaft unter dem Einfluss des Parasiten ein Rückschlag zur Jugendform stattgefunden habe.

[1]) H. Klebahn, Kulturversuche mit Rostpilzen, XII. Bericht, Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, herausgegeben von P. Sorauer. Bd. XV, 1905, pag. 86.

c) Umbildung von Laubblättern zu Blütenblättern.

Es liegt mir hier ein Fall vor, in welchem bei einer von *Aecidium leucospermum* befallenen *Anemone nemorosa* ein Quirlblatt teilweise kelchblattartig weiss umgestaltet ist.

3. Wirkungen auf die Blüten.

a) Unterdrückung der Blütenbildung.

Bei den von Uredineenmycelien durchzogenen Sprossen wird meistens die Blütenbildung unterdrückt (vergl. die oben besprochenen Fälle bei *Uromyces Pisi*, *Endophyllum Euphorbiæ silvaticæ*).

b) Missbildungen der Blütenorgane.

Solche Fälle scheinen selten zu sein. Unter den zur Demonstration aufgelegten Exemplaren von *Anemone nemorosa* befand sich ein Fall, wo, offenbar unter Einfluss von *Aecidium leucospermum*, an Stelle eines Kelchblattes ein grünes Laubblatt entstanden ist. Besonders häufig sind Missbildungen nach den Untersuchungen von Magnus[1]) und Magnin[2]) in den Blüten der vom Aecidienmycel von *Puccinia Pruni spinosæ* befallenen *Anemone ranunculoides*. Dieselben bestehen aber eigentlich mehr in einer Verkümmerung der Blütenorgane: Verkümmerung der Kelchblätter, Avort der Carpelle und Staubblätter.

[1]) P. Magnus, Über den Einfluss, den die Vegetation einiger parasitischer Pilze in der Blüte der Wirtspflanze auf die Ausbildung der Blütenteile ausübt. Verhandlungen des botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. Bd. XXXIII, 1901, p. VI—VIII.

[2]) Ant. Magnin, Sur la castration parasitaire de l'Anemone ranunculoides par l'Aecidium leucospermum. Comptes-rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences de Paris. T. CX, 1890, pag. 913—915.

Biologische und systematische Bedeutung des Dimorphismus und der Missbildung bei epiphytischen Farnkräutern, besonders Stenochlæna.

Von *H. Christ,* Basel.

Höchst bemerkenswert ist die Art und Weise, wie sich eine grosse Liane unter den Farnen behilft, um gegen die alle Epiphyten bedrohenden Einflüsse der Austrocknung aufzukommen.

Wenn man von der Üppigkeit spricht, welche die tropische Waldung durch die an ihr aufsteigenden und in ihren Kronen sich entfaltenden Epiphyten bekundet, so ist damit gar nicht ausgeschlossen, dass diese Gäste, die ja durchaus keine Parasiten sind, nur mittels höchst ingeniöser Hilfsmittel ihr Leben dort oben, 50 m über dem Boden, in der vollen Bestrahlung der Sonne, zu fristen im Stande sind. Dahin gehören die Nischenblätter der Drynarien und des Polypodium biforme Hook. von Peru, die saftaufspeichernden Knollen an den Ausläufern der Nephrolepis und eines brasilischen Hymenophyllum (H. Ulei Christ und Giesenh.), dahin auch besonders die sogen. Wasserblätter des Asplenium obtusifolium, die in ihrer Leistung analogen Vorblätter mehrerer Pteris, so P. Kunzeana Agh., vor allem aber die Nieder-

blätter bei *Stenochlæna*, die ich in ihrer wunderbaren Mannigfaltigkeit vorführen möchte.

Die Stenochlænen sind Lianen der palæotropischen wie der neotropischen Waldung, aber nur erst in der malayischen Region sind die Niederblätter gehörig beobachtet, von denen ich handeln will. Die Unterscheidung der Spezies in diesem Genus ist schwierig und es scheint eine zahlreiche Formenreihe angenommen werden zu müssen, zu deren Diagnostik die Niederblätter noch nicht herangezogen worden sind.

Die Pflanze wurzelt im Boden, steigt an den Stämmen des Waldes mittels Heftwurzeln empor und wird oben zu einem verzweigten Tau von Fingerdicke, das sich in den Baumkronen ausbreitet und 20, 30 und mehr Meter lang wird. Die ganz junge Pflanze von amerikanischen und westafrikanischen Formen bildet einen Büschel zarter, einfach gefiederter Blätter mit breitgeflügelter Spindel. In diesem Flügel kommt bereits das Bedürfnis nach Vermehrung der assimilierenden Teile zum Ausdruck.

Die erwachsene malayische Pflanze trägt grössere, ebenfalls einfach gefiederte Laubblätter in laxer Spirale, deren Fiedern lederartig, lanzettlich und nur schwach gekerbt sind. Erst die voll erwachsene Liane bringt, einzeln und selten, sporangientragende Blätter, die sich durch ganz schmale lineale, unten dicht mit einer Sporangienmasse ohne Indusium bedeckte Fiedern scharf von den Laubblättern unterscheiden.

Aber dicht an der Erde, an der stets einfachen und ganz dünn bleibenden Basis des langen, tauartigen Rhizoms, ist dasselbe umhüllt von einer dichten Bekleidung tiefgrüner, äusserst zarter, fein gefiederter Blattgebilde, welche auch nicht die allerentfernteste

Ähnlichkeit mit den Laubblättern haben; diese Basis schiebt auch Ausläufer aus, die ebenfalls mit diesen Niederblättern dicht bewachsen sind. So verschieden sind diese zarten, vielgeteilten Blättchen von der ganzen übrigen Pflanze, dass sich eine ganze Geschichte erzählen lässt von den verschiedenen Deutungen und Namen, welchen sie zum Opfer fielen, so lange deren Zugehörigkeit zur Stenochlæna noch nicht bekannt war.

Bory de S. Vincent, am Ende des 18. Jahrhunderts, hat ein solches Exemplar als Scolopendrium, Hooker hat andere als Davallia beschrieben, Mettenius noch andere als ein besonderes Genus Teratophyllum, und Baker hat zwei Genera geschaffen: Diplora und Triphlebia, die wenigstens teilweise auf solche Gebilde gegründet sind. Karsten (1894), dem wir eine treffliche Schilderung dieser Niederblätter oder Wasserblätter und eine richtige Deutung ihrer Funktionen verdanken, hielt immer noch an ihrer Zugehörigkeit zu dem Pseudo-Genus Teratophyllum fest. Einer der ersten, der sie als Anhängsel der Stenochlæna deutlich in Anspruch nimmt, ist Bischof Hose in seiner Arbeit über die Farne von Borneo (1895). In einer dichten Fülle umgeben alle diese Blättchen die Basis des gewaltigen Schlingers; sie sind kurz, 5—10 cm lang, und wechseln in buntester, scheinbar regelloser Mannigfaltigkeit von einfach gefiederten, mit rundlichen oder schmalen stumpfen Fiederläppchen, zu doppelt gefiederten mit keilförmigen Segmenten, welche oft vorderseits öhrchenartig gefördert sind und dann ein doppeltgefiedertes Asplenium (etwa cuneatum Lam.) täuschend nachahmen, und bis zu vierfacher Fiederung mit linealen, kaum 2 mm langen Endläppchen, die eine zierliche Davallia vortäuschen. Seltsam, dass all diese Modifika-

tionen selten beisammen, sondern meist getrennt nach Individuen vorhanden sind: also ein Stock von Stenochlæna mit asplenioiden, ein anderer mit davallioiden Niederblättern. Immerhin hat Copeland bei der Pflanze, die er Asplenium epiphyticum nennt und die ganz ohne Zweifel eine Stenochlæna ist, einfache und am Grunde fiederlappige Niederblätter zugleich mit davallioiden gefunden. In der Regel aber scheinen die verschiedenen Formen der Niederblätter doch wohl verschiedenen Spezies oder Subspezies anzugehören.

Die anatomische Struktur dieser Niederblätter ist geradezu auf einer andern systematischen Stufe als die Hochblätter: diese sind ganz wie die Polypodiaceen gebildet, mit mehrfacher Parenchymzellschicht, mit regelmässig auf der Unterfläche verteilten Stomata; die Niederblätter sind annähernd nach dem Typus der Hymenophyllaceen, besonders nach Trichomanes gebaut: oft nur zweifache Parenchymzellschicht, regellos zerstreute Stomata; ja an einzelnen Härchen sind Drüsen, welche Stärkemehlkörner enthalten: eine Reminiszenz an prothalloide Zustände. Dabei sind sie sehr reich an Chlorophyll und sind jedenfalls im Stande, eine ganz gewaltige assimilierende Tätigkeit zu leisten und eine Menge von Feuchtigkeit aufzunehmen und der Pflanze zuzuführen, welche bei ihrer Grösse und ihrem schwebenden Dasein Mühe hat, zum Minimum ihrer erforderlichen Nahrung zu kommen und durch den Apparat von Niederblättern wesentlich in ihren Existenzbedingungen erleichtert wird.

Wir haben also hier einen Dimorphismus, dessen einer Teil einer niedrigern systematischen Entwicklung angehört als der andere, aber gerade dadurch biologisch für die Pflanze besonders wichtig wird. Die Eigen-

artigkeit der Niederblätter, welche im Bau sich so auffallend den Hymenophyllaceen, also einem niedriger stehenden, dem Moostypus angenäherten Typus der Farne nähern, ist als ein Atavismus, als ein konserviertes Merkmal einer ältern systematischen Gruppe aufzufassen, so gut als das Prothallium aller Farne, welches denselben Rückschlag zeigt, als eine Reminiszenz eines älteren Typus anzusehen ist. — Während bei den Farnen im allgemeinen nur in einem frühen Jugendstadium, im Prothallium, dieser Atavismus zur Erscheinung kommt, zeigt sich bei Stenochlæna zweimal: im Prothallium und später in den Niederblättern, diese Reminiszenz, und zwar (was ja bei weitem nicht bei allen Atavismen der Fall ist) mit einer ausgesprochenen biologischen Zweckmässigkeit.

In der Sphäre, wo die Niederblätter sich an die normalen Hochblätter anschliessen, treten nun Gestaltungen auf, welche als Metamorphosen aufzufassen sind: Blattgebilde, die in ihrem untern Teil doppelt gefiedert sind, während der obere in die zungenförmige Endfieder des normalen Blattes mit den seltsamsten Zwischenstufen übergeht und endigt. Auch solche Blätter kommen vor, die nur in jenem Endblatt bestehen, zuweilen an der Basis mit schwachem Ansatz oder schwachem Rudiment einer Fiederung in Gestalt eines gelappten Öhrchens. Die Textur dieser Zwischengebilde ist vorwiegend die der trichomanoiden feingefiederten Niederblätter, aber sie zeigen eine ganz erstaunliche Tendenz: die der *Soromanie,* d. h. sie tragen, höchst regelwidrig und unberechtigt zwar, hie und da Linien von Sporangien, und zwar längs der senkrecht auf die Rippe des Blattes treffenden parallelen Seitennerven. Dies aber ist die Art, wie die Asplenieen,

besonders das Genus Scolopendrium, ihre Sporangiengruppen tragen.

Mehr noch: nicht nur tragen diese metamorphosierten Niederblätter solche Pseudo-Sori, sondern von dem Seitennerv entspringt oft auch, bald einseitig, bald zweiseitig, ein indusiumartiges Gebilde, das in linealer Gestalt der Sporangiengruppe folgt: ein *Pseudo-Indusium* dem Pseudo-Sorus. Kein Wunder, dass solche Pflanzen von verschiedenen Autoren direkt zu den Asplenieen gezählt wurden, dass Bory eine Form derselben Scolopendrium d'Urvillei und Baker genau dieselbe Form Triphlebia dimorphophylla nannte.

Es sind mehrere Pflanzen aus dem malayischen Archipel in meinem Herbar vorhanden, die als gute Spezies gehen: Triphlebia Linza (Cesati) Bak., Tr. longifolia Bak., Diplora Cadieri Christ, Asplenium epiphyticum Copeland, von denen ich die wohlbegründete Überzeugung habe, dass es sich um nichts anderes als um Niederblätter der Stenochlæna mit Pseudo-Sori handelt. Leitend für die Zugehörigkeit zu Stenochlæna ist immer das kantige, kletternde, schwarze und mit einzelnen kurzen Stacheln bewehrte Rhizom.

Aber nun zu dem merkwürdigsten Vorkommnis aus dieser Reihe: Asplenium multilineatum Brackenr. von der Samoagruppe, von der ich Exemplare Herrn Betche in Sydney und Dr. Reinecke verdanke, benimmt sich genau wie Stenochlæna: seine ersten Blätter sind doppelt bis dreifach gefiederte Niederblätter ohne jede Sori und erst viel später entwickelt das lang kletternde Rhizom der Pflanze die sporangientragenden Hochblätter, die ganz und gar denen von Stenochlæna gleichen, nur dass sie regelmässige, den Nerven folgende, sehr zahlreiche lineale Sori tragen, die von einem schmalen,

sehr bald zurückgerollten, aber normalen und nie fehlenden Indusium asplenioideum bedeckt sind.

Es ist eine den Metamorphosen von Stenochlæna völlig parallele Bildung. Wie hohe Ähnlichkeit im übrigen dies Asplenium mit Stenochlæna hat, zeigt eine Vergleichung sofort, besonders auch die Natur des Rhizoms und die von fast allen andern Asplenien abweichende Anheftung der Sori an *allen* Nerven und nicht nur an dem vordern Ast eines gegabelten Nervs.

Das Auftreten der Pseudo-Sori auf den Niederblättern von Stenochlæna kann als *Missbildung* aufgefasst werden in dem Sinn, dass eine verfrühte Sporangienbildung auf einem Niederblatt auftritt, das eine solche zu tragen nicht organisiert ist: eine phylogenetische Beziehung zu Asplenium ist dadurch sicherlich angedeutet und durch Asplenium multilineatum ist die Anlehnung besonders deutlich.

Am nächsten liegt die Auffassung, den Typus Asplenium als den ältern aufzufassen, aus dem sich der Typus der Stenochlæna als ein abgeleiteter entwickelt hat, aber so, dass ihm immer noch in den Niederblättern die Reminiszenz an Asplenium anhaftet, welche gelegentlich durch das Auftreten der Pseudo-Sori in ihrer Ähnlichkeit, ja Identität mit Asplenium-Sori sich enthüllt. Asplenium multilineatum kann als eine erhaltene Zwischenstufe aufgefasst werden, welche aber noch zu Asplenium gehört.

Bisher war die systematische Stellung der Stenochlæna eine umstrittene: seit Linné steht sie bis zu den neuern Systematikern bei Acrostichum. Acrostichum ist aber ein ganz unhaltbarer Sammelbegriff geworden für alle Farne der verschiedenartigsten Verwandtschaft, deren Sporangien ohne unterscheidbare Anordnung in

Gruppen (Sori) die meist kontrahierten fertilen Blattspreiten oder Fiedern unterseits gänzlich überdecken. Es war die bereits annähernd gelöste Aufgabe der neuesten Zeit, dieses rein künstliche Genus aufzulösen und seine Teile den wirklich nächstverwandten Farnsektionen zuzuweisen. So musste ein Teil als Gymnopteris oder Leptochilus zu den Aspidieen gezogen werden, wie auch Polybotrya und Stenosemia, während Hymenolepis und Photinopteris zu den Polypodieen gehören und Stenochlæna offenbar zu den Asplenieen, wie dies durch das Auftreten der Pseudo-Sori erwiesen wird. Der Fall, dass eine abnorme Entwicklung, also eine *Missbildung,* zur Aufhellung der systematischen Stellung einer Art dient, liegt hier vor: er ist jedenfalls ein seltener!

Immerhin bleibt es sehr merkwürdig, dass Glieder *mehrerer* Farnsektionen die Tendenz annehmen, in Bezug auf den Sorus die gesonderte Anordnung in Sporangienhaufen, die durch Indusien geschützt sind, aufzugeben und in paralleler Richtung dem sogen. Acrostichumtypus zuzustreben. Die einseitige Betonung dieses entschieden sekundären Merkmals hat dann bewirkt, dass so lange die wahren Verwandtschaften all dieser acrostichoid flektierten Gruppen verkannt wurden.

Bedeutsam ist, dass zwei im malayischen Archipel gemeine langkletternde Lindsayen: L. repens (Bory) und L. pectinata (Blume) sich ganz ähnlich verhalten wie Stenochlæna. An gewissen Verzweigungen des dünnen, schnurförmigen Rhizoms und wie mir scheint, auch an der Basis der Pflanze, treten ebenfalls dichte Gruppen von Niederblättern auf, von sehr zarter Organisation, die kleiner als die Hochblätter und mehrfach lineal geteilt sind, so dass sie als besondere Arten

von Lindsaya: L. hymenophylloides Blume, L. cyatheicola Copel., L. delicatula Christ, L. capillacea Christ beschrieben wurden. Auch sie tragen ausnahmsweise einzelne, übrigens normale, mit Indusium versehene terminale Sori.

In dieser Wiederholung des Phänomens der Niederblätter von Stenochlæna bei einer ganz andern Farngruppe spricht sich ein allgemeines Bedürfnis der kletternden epiphytischen Farne dieser Region um Unterstützung im Streben nach genügender Ernährung aus, dem auf dieselbe Art und Weise Genüge geleistet ist, wobei Organe auftreten, welche einer niedrigeren Ordnung der Farne entsprechen, eben weil diese besser geeignet sind, den Dienst zu leisten.

Zum Schlusse möchte ich noch die Ähnlichkeit der Niederblätter von Stenochlæna mit den merkwürdigen Gebilden hervorheben, welche an mehreren fossilen Farnkräutern aus der westfälischen Periode, besonders den Sphenopteris und Pecopteris, auftreten und über die sich besonders Zeiller Elem. Paléobotanique 1900 verbreitet. Man nennt sie Aphlebien: es sind appendiculare Blattgebilde, die öhrchen- oder stipulæ-artig an ganz unwahrscheinlichen Stellen der Axe des Farnblattes, meist aber doch an Artikulationen auftreten und im Vergleich zu den normalen Blatteilen gerade so diskrepante Gestalt zeigen, wie die Wasserblätter von Stenochlæna. Diese Analogie vermehrt den Eindruck des Atavismus, den uns diese machen. Zeiller erwähnt unsere Stenochlæna als Beispiel moderner Aphlebienbildung nicht, sondern bloss die Gleichenien, an deren Gabelungen, wohl als Schutz der axialen Knospe, ein ganzer Büschel vielgeteilter stipularer Blättchen auftrete.

Auch an die entschiedenen trichomanes-artigen Aphlebien am Grunde des Blattstiels einiger Cyatheaceen (Hemitelia capensis, Cyathea Boivini etc.) ist hier zu denken. Selbst stachelartig verdickte solche Aphlebien kommen bei Alsophila ramispina Hook. von Borneo vor. Vollends „puzzling“ ist ein grosses Trichomanes (T. aphlebioides Christ) von Neu-Guinea, das selbst wieder am Grunde des Blattstiels noch feiner zerteilte Niederblätter hat als die ohnehin schon feingeteilte Spreite des Blattes.

Die biologische Bedeutung dieser Gebilde ist sicherlich die einer Unterstützung der Existenzbedingungen: bei Gleichenia die des Schutzes der axialen Knospen, bei den meisten übrigen Fällen die der vermehrten Assimilation, bei der dornigen Umhüllung die des Schutzes gegen irgendwelche grössere Feinde.

Erklärung der Abbildungen.

(NB. Die Originale haben ungefähr doppelte Grösse der Abbildungen.)

Taf. 1. Stenochlæna spec. von Nordwest-Borneo l. Teuscher, 1882, mit entwickelten normalen dimorphen Hochblättern, sowohl sterilen als fertilen.

Taf. 2. Stenochlæna spec. von S. Tomé West-Afrika l. Moller, 1886, junge Pflanzen mit Niederblättern, die eine durch Flügelansätze verbreiterte Spindel zeigen.

Taf. 3. Stenochlæna spec. von Borneo l. Exp. Niewenhuis. Normales Hochblatt. Daneben Rhizomteile und Ausläufer mit einfach gefiederten Niederblättern, sowohl ganzrandigen als gekerbten.

Taf. 4. Stenochlæna spec. Deutsch-Neu-Guinea c. Kaulfuss, 1904. Rhizomteile und Ausläufer mit einfach- bis reichlich doppeltgefiederten Niederblättern.

Taf. 5. Stenochlæna spec. von Davao, Mindanao, Philippinen, „Asplenium epiphyticum“ l. Copeland, 1904. Rhizomteil mit ungeteilten Niederblättern, die reichlich mit Pseudo-Sori und Pseudo-Indusien versehen sind und am Blattstiel einzelne gefiederte Aphlebien tragen. Daneben ein asplenioid gestaltetes, mehrfach gefiedertes Niederblatt von derselben Pflanze.

Taf. 6. Stenochlæna spec. von S. Mindanao l. Warburg. Ausläufer mit mehrfach gefiederten asplenioid gestalteten Niederblättern, welche an der Vorderseite der Fiedernbasis stark geförderte Fiederchen zeigen: Ähnlichkeit mit Asplenium cuneatum Lam.

Taf. 7. Stenochlæna spec. von Montalban, Luzon, Philippinen, l. Loher, 1906. Basis des Rhizoms mit mehrfach gefiederten, sehr schmallappigen (davallioiden) Niederblättern und der Metamorphose dieser Niederblätter zu normalen Hochblättern, an deren Basis deutlich der Übergang der einen zur andern Form zu sehen ist.

Taf. 8. Stenochlæna spec. von Rizal, Luzon l. Ahern, 1905. Basis des Rhizoms mit drei- bis vierfach gefiederten davallioiden Niederblättern: „Davallia achilleæfolia Wall.“

Taf. 9. Asplenium multilineatum Brackenr., Savai, Samoa-Archipel l. Reinecke.
Rechts: Ende eines normalen sterilen Hochblattes.
Links: Basis eines normalen fertilen Hochblattes.

Taf. 10. Asplenium multilineatum Brackenr. Sitogofluss, Samoa l. Reinecke, 1894. Ausläufer mit mehrfach gefiederten Niederblättern und Metamorphosen zu normalen Hochblättern: „Asplenium dubium“ Brackenr.

Taf. 11. Lindsaya repens (Bory) Bedd. Salak, Java, l. C. Schröter 1898/99. Hochblätter der normalen Pflanze.

Taf. 12. Lindsaya repens (Bory) Bedd. Borneo l. Hallier. Rhizomteil mit mehrfach gefiederten Niederblättern.


Archipel. Ind.



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Deutsch Neu-Guinea
c. Kaulfuss 1904

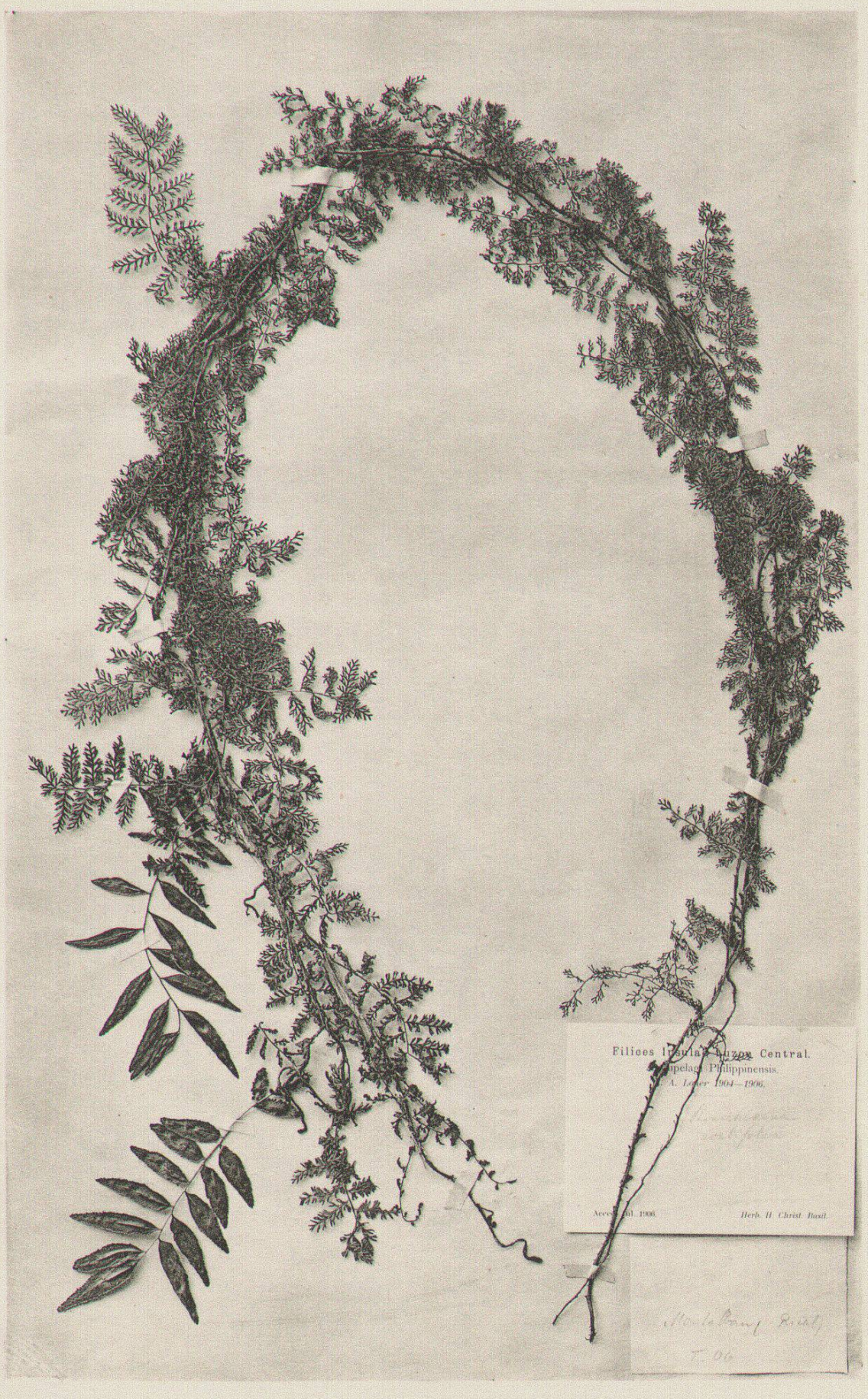
Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



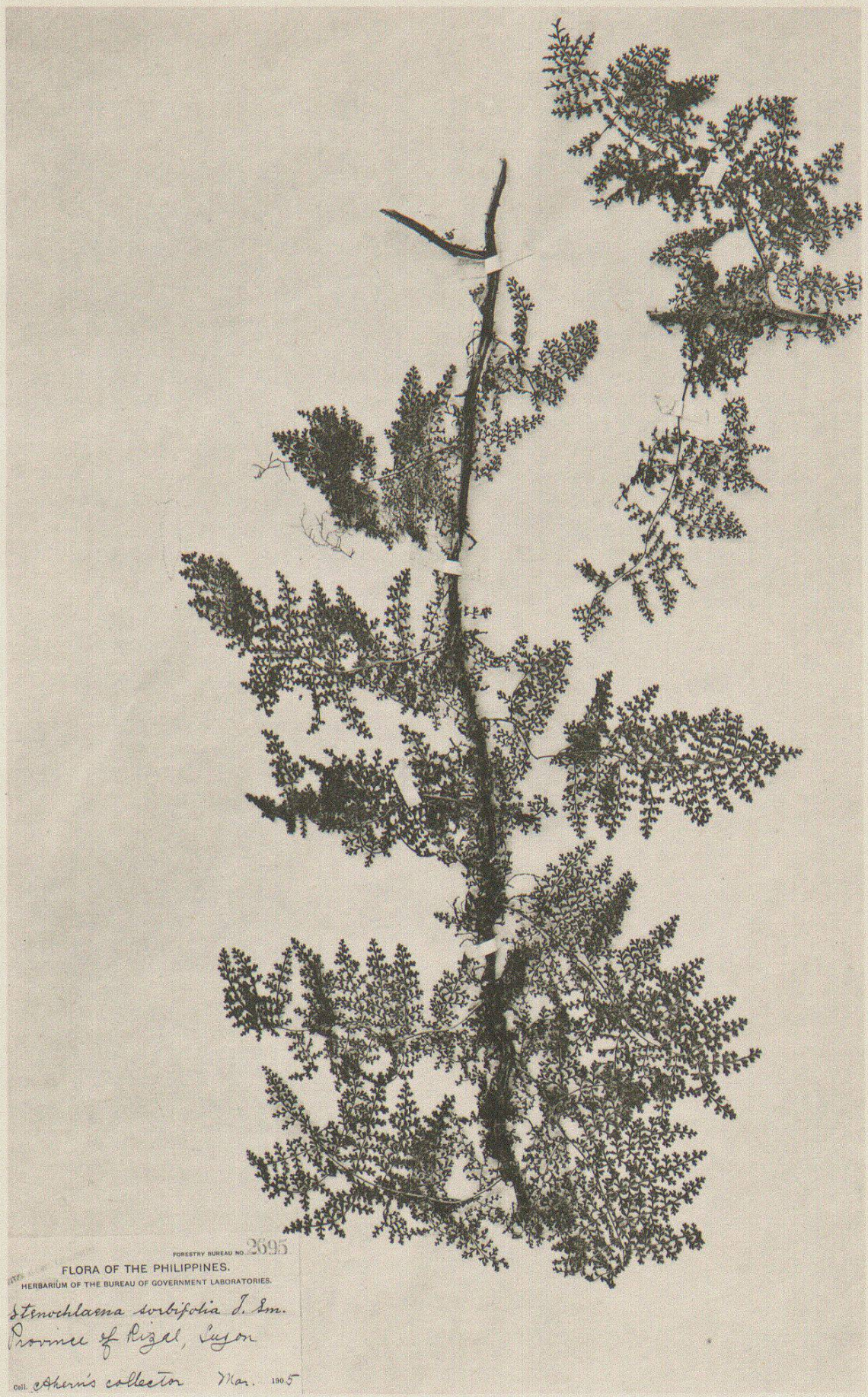
Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



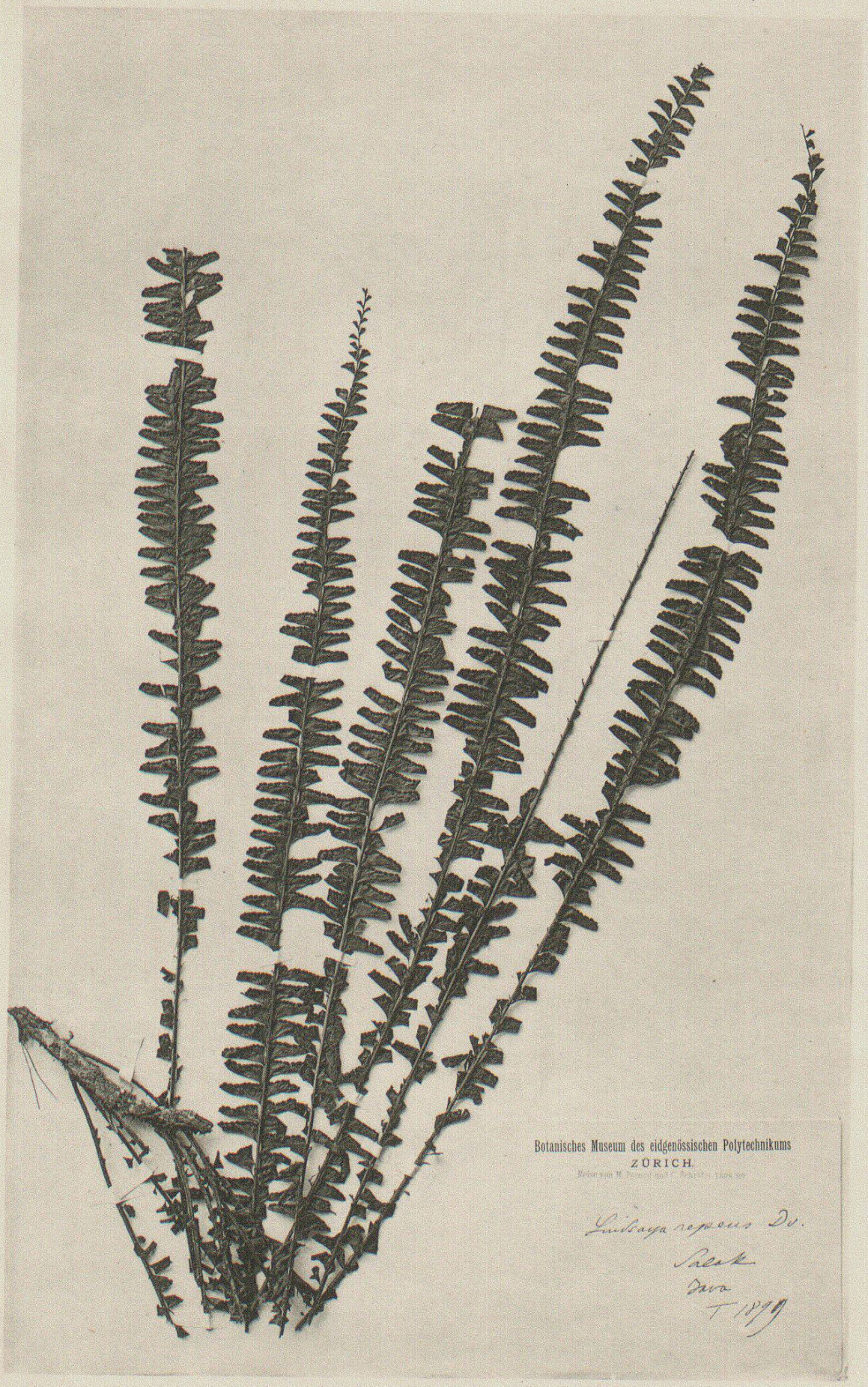
Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel



Lichtdruckanstalt Alfred Ditisheim, Nachf. v. H. Besson, Basel

Missbildungen und Phylogenie der Angiospermen-Staubblätter.

Von *G. Senn*, Basel.

Während gestern von berufenster Seite der Wert der Missbildungen in phylogenetischer Beziehung behandelt und nicht gerade hoch angeschlagen wurde, möchte ich kurz die Fragen besprechen, welche die Missbildungen der *Angiospermen*-Staubblätter veranlassen.

Dass sich dieselben wie die Fruchtblätter aus Sporophyllen *heterosporer Pteridophyten* entwickelt haben, wird allgemein angenommen, besonders auf Grund der Ausbildung dieser Organe bei den *Cycadeen*, bei denen auffallenderweise männliche und weibliche Sporophylle noch dieselbe Grundform erkennen lassen (*Ceratozamia mexicana*).

Während es aber bei den *weiblichen Sporophyllen*, den *Fruchtblättern* gelungen ist, durch Vergleichung der zahlreichen Formen ihre Stammesgeschichte durch die *Gymnospermen* hindurch bis zu den *Angiospermen* lückenlos zu verfolgen, können wir dies von den Staubblättern nur inbezug auf die *Gymnospermen*, also die *Cycadeen*, *Ginkgoaceen* und *Coniferen* sagen, während sich das Staubblatt der *Angiospermen* mit seinem Staubfaden und dem vierfächerigen Beutel davon scharf unter-

scheidet. Verschiedene Autoren versichern zwar, dass das Staubblatt der *Angiospermen* dem der *Gymnospermen* homolog sei (*Goebel*, Organographie, pag. 155); bei der grossen Verschiedenheit der *Gymnospermen*-Staubblätter untereinander — ich erinnere an das von *Ceratozamia* mit unzähligen zu Sori vereinigten Sporangien, an dasjenige von *Ginkgo* mit zwei herabhängenden Pollensäcken, und an das der *Coniferen* mit vielen bis zwei dem Staubblatt angewachsenen Pollensäcken — müsste auch angegeben werden, von welchem dieser drei Typen das *Angiospermen*-Staubblatt abgeleitet werden kann.

Denn von demjenigen der *Coniferen*, das noch am meisten äussere Ähnlichkeit hat, unterscheidet sich das *Angiospermen*-Staubblatt durch die Zweifächerigkeit der beiden Pollensäcke und durch die Mehrschichtigkeit ihrer Wandung, deren verdickte, beim Aufspringen wirksamen Wandzellen nie in der äusseren Schicht liegen wie bei den *Gymnospermen*.

Das Staubblatt der *Angiospermen* dokumentiert sich also in jeder Beziehung als ein viel komplizierteres Gebilde, als dasjenige der *Gymnospermen*.

Wie ist es nun zustande gekommen? Aus der *Entwicklungsgeschichte* geht nur so viel hervor, dass das Staubgefäss als ein vierkantiges Organ angelegt wird, in welchem aus vier Archespor-Zellreihen die Pollenkörner der vier Fächer hervorgehen.

Abgesehen davon, dass das Vorhandensein eines vierkantigen Gebildes zwischen den dichtgedrängten Blättern einer Blütenknospe an und für sich etwas Auffallendes ist, findet sich bei den *Gymnospermen* nichts, das sich auch nur von weitem damit vergleichen liesse.

Man hat deshalb die *Missbildungen* der Staubblätter zu Rate gezogen, um über das Zustandekommen dieser

vierkantigen Organe Aufschluss zu erhalten. Auch ich möchte dieses Hilfsmittel nicht von vorneherein als unzureichend von der Hand weisen, erstens einmal, weil wir zur Zeit kein besseres zur Verfügung haben, und zweitens, weil sich uns möglicherweise Perspektiven auftun, welche die vorliegenden mannigfaltigen Formen der Staubblätter unter einheitlichem Gesichtspunkt betrachten lassen. Ich hebe ausdrücklich hervor, dass mir ebenso wenig wie *Hallier*[1]), über dessen Ausführungen ich im wesentlichen berichte, neues Beobachtungsmaterial zur Verfügung steht. Es sind dieselben Stücke des Mosaikspieles, mit denen sich schon *Celakowsky* abgemüht hat. Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, dass sich aus diesen Stücken schliesslich doch noch ein harmonisches Bild zusammensetzen lässt.

Es handelt sich jetzt nicht darum, festzustellen, ob das Staubblatt aus einem Laubblatt entstanden sei, oder ob sich die Entwicklung in der umgekehrten Richtung vollzogen habe, sondern lediglich darum, die *ursprüngliche Staubblattform der Angiospermen* zu rekonstruieren, aus welcher alle ihre vielen Formen abgeleitet werden können, und welche auch bei den *gymnospermen* Vorfahren der *Angiospermen* vorhanden gewesen sein müssen.

Die *Staubblatt-Missbildungen* bestehen im wesentlichen in der *Annahme der Blattgestalt* mit allmäligem Schwund der Pollensäcke (Fig. 1 und 2), oder in einer ganzen oder teilweisen *Vertretung der Pollensäcke durch Samenanlagen* (Fig. 3).

[1]) *Hallier*, Beiträge zur Morphogenie der Sporophylle und des Trophophylls in Beziehung zur Phylogenie der Kormophyten. 3. Beiheft zum Jahrbuch der Hamburger wissenschaftlichen Anstalten. XIX, 1901, pag. 30 ff.

Wandeln sich die Staubgefässe in flache Blumenblätter um, wie bei den *Rosen* (Fig. 1) oder bei den *Nymphœaceen,* so zeigen sie, dass sie ursprünglich auch Blattgebilde und keine Sprosse sind, wie dies ja auch schon angenommen worden ist.

Sehr oft schwinden die Pollensäcke bei der Vergrünung nicht, sondern bleiben, anfangs wenigstens, noch in mehr oder weniger typischer Ausbildung als vier auf der Blattfläche getrennt verlaufende Pollenfächer erhalten (*Rosa viridiflora*, Fig. 1).

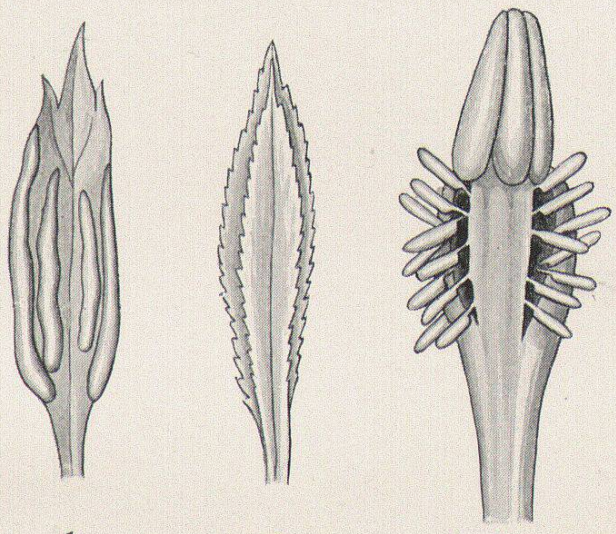
Bei fortschreitender Vergrünung gehen die Pollensäcke verloren und es tritt ein merkwürdig vierflügeliges Blatt auf, wie z. B. bei *Dictamnus* (Fig. 2).

In dieselbe Kategorie gehört die an *Sempervivum* wiederholt beobachtete Umbildung der Staubblattanlagen in Fruchtblätter. Dieselbe besteht darin, dass an Stelle der vier Pollenfächer je eine Reihe von Samenanlagen auftritt, die unbedeckt am Staubblatt herabläuft. Besonders instruktiv sind diejenigen Stadien, in welchen diese Stellvertretung nur eine teilweise ist, wo z. B. die obere Partie der vier Pollensäcke normal entwickelt und nur ihr unterer Teil durch vier Reihen von Samenanlagen ersetzt ist (Fig. 3).

Was dürfen wir nun aus allen diesen, mit *auffallender Konstanz* bei Pflanzen der verschiedensten Verwandtschaftskreise wiederkehrenden Missbildungen schliessen?

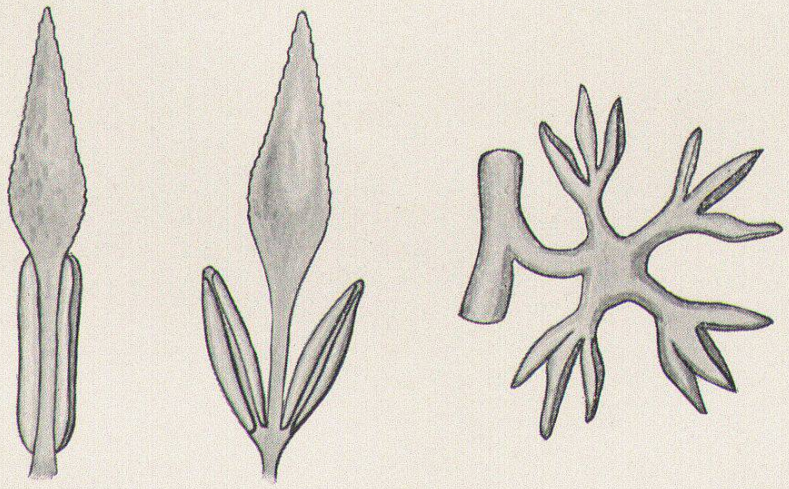
Die *Entwicklungsgeschichte* erklärt das Zustandekommen der vierflügeligen Antherenvergrünungen leicht durch intensives vegetatives Wachstum des Gewebes jeder der vier Antherenpartien.

Damit ist aber für *die fundamentale* Frage nichts gewonnen, warum bei den Angiospermen die Antheren



1 2 3

Fig. 1. Rosa viridiflora, halbvergrüntes Staubblatt (nach Celakowski 1878).
Fig. 2. Dictamnus albus, völlig vergrüntes Staubblatt (n. Celakowski 1878).
Fig. 3. Sempervivum tectorum, anormales Staubblatt, in der oberen Partie mit Pollensäcken, in der untern mit Samenanlagen (nach Natürl. Pflanzenfam. II, 1, pag. 147).



4 5 6

Fig. 4. Unona odorata, normales Staubblatt (nach Baillon, Histoire des Plantes I, pag. 209).
Fig. 5. Hypothetische Urform des Angiospermenstaubblattes (schematisch).
Fig. 6. Baiera furcata, geteiltes (Gymnospermen)-Staubblatt (nach Leuthardt, Abhandlungen der schweiz. paläontologischen Gesellschaft. B. 30).

als vierteilige Organe *angelegt* werden, aus denen dann bei der Vergrünung *naturgemäss* vierflügelige Gebilde hervorgehen müssen.

In erster Linie ist aus denselben unzweifelhaft zu entnehmen, dass das Staubblatt der *Angiospermen kein einfaches Blattgebilde* ist wie dasjenige der *Gymnospermen*, bei dem solche Missbildungen nicht vorkommen, sondern ein *Verwachsungsprodukt eines mehrgliedrigen Organs* darstellt.

Denn da die Samenanlagen meistens, auch bei *Sempervivum,* an den Rändern der weiblichen Sporophylle stehen, und an den weiblich gewordenen Antheren vier Reihen von Samenanlagen auftreten, müssen wir auf das Vorhandensein von mindestens zwei Sporophyllen oder deren Abschnitten schliessen.

Nach der Ansicht von *Celakowsky* [1]) (pag. 151 ff.) wäre es durch tangentiale Verwachsung zweier Blattflächen entstanden, die einander ursprünglich wie diejenigen von *Ophioglossum* gegenübergestanden hätten. Demnach gehören ursprünglich je zwei durch das Connektiv getrennte Pollenfächer zu einem Blatt. Dem widerspricht die oft beobachtete radiale Spaltung der Staubgefässe, z. B. bei der *Hagebuche,* durch welche, was höchst unwahrscheinlich wäre, jedes einzelne der beiden Blätter in zwei Hälften gespalten würde.

Hallier dagegen glaubt, dass das *Angiospermen*-Staubblatt aus einem einzigen dreiteiligen Blatt zusammengesetzt sei, dessen sterile Endfieder das Connektiv, dessen fertile Seitenfiedern um 90° gedreht und mit ihrem Rücken den Rändern der Mittelfieder angewachsen wären (Fig. 5).

[1]) *Celakowsky,* Teratologische Beiträge zur morphologischen Deutung des Staubgefässes. Pringsh. Jahrb. Bd. XI, 1878.

Jedes Pollenfach entspräche demnach einer Reihe von männlichen Sporangien, die vom umgebogenen Staubblattrand bedeckt sind, so dass die ursprüngliche Pollensackwandung vom Blattrand überwachsen und dadurch zu einem mehrschichtigen Gewebe umgebildet wäre, wodurch sich eben das Angiospermen- vom Gymnospermen-Staubblatt unterscheidet.

Nach *Hallier* gehören also die beiden nebeneinander liegenden Pollenfächer einer Theke zu dem gleichen Blattabschnitt, womit die häufigen sekundären Spaltungen der Staubgefässe leicht in Einklang gebracht werden können.

Dabei kommt die von *Hallier* auf Grund der blattartigen *Anonaceen*-Anthere (Fig. 4) postulierte, sterile Endfieder des hypothetischen Staubblattes in den Missbildungen nur dann zum Vorschein, wenn das Staubblatt zu einem einfachen Blumenblatt wird, wobei die Pollenfächer frühe verkümmern (*Nymphæa*, *Rosa* etc.). Bleiben jedoch letztere lange erhalten (*Dictamnus*), so findet man an den aus den beiden Seitenfiedern gebildeten vierflügeligen Gebilden von der Endfieder keine Spur mehr.

Man kann sich diese Tatsache leicht damit erklären, dass im ersten Falle die ursprüngliche Natur des Staubgefässes als teilweise steriles Blattgebilde noch besonders stark ausgeprägt ist, was damit stimmt, dass diese einfachen Verblattungen besonders bei den *Polycarpicæ* und verwandten Familien auftreten, also bei Formen, die ich mit *Hallier* als ursprünglichste *Angiospermen* auffasse. Die vierflügeligen Missbildungen finden sich vorwiegend bei Antheren, an denen nur noch geringe Spuren ihrer teilweise vegetativen Blattnatur zu erkennen sind.

Soweit die *Hallier'sche Hypothese* bisher entwickelt ist, steht sie gewissermassen noch in der Luft, weil *Hallier* wie *Celakowsky* auf das *Ophioglossum*-Sporophyll als einziges Analogon zu dem hypothetischen, unverwachsenen Phanerogamen-Staubblatt zurückgreifen mussten.

Da aber die Angiospermen nicht direkt von den *Farnen,* sondern von *Gymnospermen* abstammen, wie besonders die Ausbildung der Samenanlage und ihre Befruchtung beweist, müsste, wenn diese Spekulationen über die Phylogenie des Angiospermen-Staubblattes richtig sind, auch bei den *Gymnospermen* ein *mindestens zweiteiliges Staubblatt* vorhanden sein, auf welches das verwachsene der *Angiospermen* zurückgeführt werden könnte.

Dies scheint in der Tat der Fall zu sein. Ein so schönes, dem postulierten Urbild genau entsprechendes, gefiedertes Sporophyll, wie es für die Fruchtblätter der *Coniferen* in demjenigen von *Voltzia Libeana* vorliegt, ist meines Wissens unter den Staubblättern noch nicht bekannt geworden. Jedoch beweist das Staubblatt der triassischen *Baiera furcata* (*Leuthardt,* Die Keuperflora von Neue Welt bei Basel, Abh. schweiz. palæont. Ges., Bd. 30, 1903), einer Verwandten der heute noch lebenden *Ginkgo biloba,* mit seiner handförmig eingeschnittenen Fläche (Fig. 6), dass bei den *Gymnospermen* tatsächlich einmal mehrlappige Staubblätter vorgekommen sind.

Es ist allerdings noch nicht möglich, festzustellen, wie weit die Homologie dieses *Baiera*-Staubblattes mit dem Vorfahr des Angiospermen-Staubblattes reicht, da wir nicht wissen, ob die drei Zipfel, welche jeden Blattabschnitt krönen, nur einen Pollensack vorstellen, wie solche in ähnlicher Form auch bei *Cordaïtes* und

Ginkgo vorkommen, oder ob das Sporophyllgewebe selbst in drei Zipfel geteilt ist, deren Flächen die Sporangien tragen, wie dies bei den *Coniferen* der Fall ist. Ebenso wenig ist bekannt, ob die Pollensäcke von *Baiera* schon zweifächerig oder, was wahrscheinlicher, wie diejenigen der übrigen *Gymnospermen*, einfächerig waren.

Je nachdem diese Fragen an besser erhaltenem Material von *Baiera* oder anderen Gymnospermen mit mehrzipfligen Staubblättern in positivem oder negativem Sinne beantwortet werden, geht die Homologie derselben mit dem Angiospermen-Staubblatt mehr oder weniger weit. Aber auch im schlimmsten Falle bleibt eine Homologie bestehen.

Ich hoffe, mich vorsichtig genug ausgedrückt zu haben, dass niemand glaubt, ich halte *Baiera furcata* wegen ihres eingeschnittenen Staubblattes für den Vorfahr der *Angiospermen.* Wenn solche überhaupt unter den uns erhaltenen fossilen Pflanzen vorliegen, so sind sie eher bei den *Cordaïtaceen* zu suchen, deren sterile Sporophylle, welche entweder mit den fertilen gemischt sind, oder dieselben schützend umgeben, den ersten Anspruch darauf haben, als Vorläufer der *Angiospermen* angesehen zu werden.

Ich bin mir wohl bewusst, dass diese Ausführungen hypothetisch sind und deshalb von dem ersten besten tatsächlichen Befund umgestossen werden können. Aber sie sind vorläufig wenigstens die einzigen, welche erlauben, die vielen vorkommenden Staubblattformen von einem Gesichtspunkt aus zu betrachten und dadurch, wenigstens für unser Denken, die Einheit in den Erscheinungen herzustellen, die sicherlich auch hier zugrunde liegt.

Über die an seltenen alpinen Pflanzenarten reichen Gebiete der Schweizeralpen.[1]

Von *H. Brockmann-Jerosch,* Zürich.

Bei der monographischen Bearbeitung des Puschlav, des bündnerischen Tales, das sich vom Berninapass nach Tirano im Veltlin herabzieht, bin ich auf eine Reihe von Tatsachen gestossen, die mich dazu führten, einige frühere, von verschiedenen Autoren gemachte Hypothesen und Vermutungen einer Revision zu unterziehen und anderseits neue Erklärungsmöglichkeiten zu suchen. — Lassen sie mich deshalb an Hand der Geschichte der Flora des Puschlav auf die genannten Tatsachen zu sprechen kommen.

Während der letzten Eiszeit, der Würm-Eiszeit, war das Puschlav vollständig vergletschert. Vom Oberengadin aus, wo die Gletscheroberfläche bei etwa 2500 m lag, floss das Eis nicht nur talabwärts, sondern zum Teil auch über den Berninapass durch das Puschlav und über den Malojapass durch das Bergell zum Addagletscher. Am nördlichen Ende des Comersees hatte

[1]) Dieser Vortrag ist ein stellenweise stark gekürzter Auszug des florengeschichtlichen Teiles der Arbeit: Die Pflanzengesellschaften der Schweizeralpen, I. Teil: Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig, 1907. Dort finden sich auch eine Reihe von Citaten, die hier weggelassen wurden.

dieser Eisstrom seine Oberfläche bei einer Höhe von etwa 1800 m und da der Seeboden hier etwa bei Meeresoberfläche liegt, die Mündung des Poschiavino bei Tirano bei rund 440 m, so gehen wir wohl nicht fehl, wenn wir die Oberfläche des Gletschers bei der Mündung des Puschlav bei rund 2200 m ansetzen.

Im südlichen Teil des Puschlav liegt nach Jegerlehner heutzutage die klimatische Schneegrenze bei etwa 2800 m. Nehmen wir mit Brückner ferner an, dass zur Zeit der letzten grossen Vergletscherung, zur Würm-Eiszeit, die klimatische Schneegrenze 1250 m tiefer lag als in der Gegenwart, so kommen wir auf eine Höhenquote von etwa 1550 m, also in eine Höhe, die schon unter der Gletscheroberfläche lag. Wenn es sich hier auch nur um approximative Angaben handelt, besonders da das Gebiet selbst von keinem Geologen in dieser Hinsicht untersucht wurde, so scheint es doch sicher zu sein, dass die Schneegrenze bis unter die Gletscheroberfläche herabreichte und dass es also keine *„klimatisch schneefreie“* Gebiete im Puschlav gab. Dieser Zustand beherrschte aber nicht nur das Puschlav, sondern alle innern Teile der Schweizeralpen, so dass alle diese Gebiete Nährgebiet der Gletscher waren [1]).

Es scheint also völlig ausgeschlossen zu sein, dass Arten, deren Hauptverbreitungsgebiet in der Gegenwart in der Kultur-, Montan-, subalpinen und zum Teil auch der alpinen Zone liegt, die letzte Eiszeit im Puschlav oder im Innern der Alpen überhaupt überdauern konnten. Fraglich ist es jedoch, ob Arten, die in der Gegenwart in der *alpinen Zone* vorkommen, sich

[1]) Vergl. Brückner, Höhengrenzen in der Schweiz, Naturwissenschaftliche Wochenschrift, Heft 52, 1905.

während der Eiszeit erhalten konnten, denn wir haben immer noch keine sicheren Anhaltspunkte über die Temperaturen der letzten Eiszeit. — Wir kommen später auf die Frage des Überdauerns zurück.

In der *Kultur- und Montanzone* ist es im Puschlav eine sehr auffällige Tatsache, dass viele Arten des Veltlin dem Puschlav völlig fehlen, trotzdem die Existenzmöglichkeiten vorhanden sind; so z. B. *Sarothamnus scoparius,* welcher so sehr auf die trockenen Geröllhalden des Puschlav passte, welcher im Tessin eine so grosse Rolle an ähnlichen Lokalitäten spielt, fehlt dem Puschlav völlig. Dieser Strauch kommt aber im mittleren Veltlin vor. *Saxifraga cotyledon, Limodorum abortivum, Cephalanthera rubra* finden sich im Veltlin am Eingange in das Puschlav, ohne aber in das letztere einzudringen.

Innerhalb der Kultur- und Montanzone ist besonders *die Flora der gedüngten Wiesen* eine junge und damit unausgeglichene. Viele der in der Nordostschweiz gewöhnlichsten Arten fehlen den Wiesen im Puschlav völlig, kommen nur an wenigen Standorten vor oder haben eine disjunktive Verbreitung.

Solche Verbreitungsareale weisen entschieden darauf hin, dass diese Arten noch in der Wanderung begriffen sind und das Puschlav noch nicht erreicht oder hier noch nicht alle zusagenden Standorte besiedelt haben. Existenzmöglichkeiten hätten sie dort wie auch im obern Veltlin. Die Richtung der Einwanderung weist deutlich nach Süden hin, da die Pflanzen im südlichen Teile des Tales allgemein verbreitet sind und im Norden des Gebietes ein disjunktes, nur durch neuere, zum Teil etwas sprungweise Einwanderung erklärliches Areal haben.

Was die Daten, die wir bei der Bearbeitung der

Puschlaverflora gewonnen haben, anbetrifft, so muss gesagt werden, dass diese nicht für eine „xerotherme" postglaziale Periode [1]) sprechen: weder zur Erklärung der Pflanzenverbreitung ist sie notwendig, noch sonst nachweisbar; die Verbreitung gerade von Trockenheit und wenigstens sommerlicher Wärme bedürftiger Pflanzen im obern Veltlin und im Puschlav, die heute noch eine unausgeglichene ist, spricht im Gegenteil dafür, dass eine solche Periode nicht vorhanden gewesen ist. Auch fehlen im Puschlav — wie ja in der ganzen übrigen Schweiz — Reste einer früher höheren klimatischen Baumgrenze. Alle die vielen Funde von subfossilen Hölzern und Arvennüssen in den subalpinen Torfmooren des Puschlav liegen *innerhalb* der heutigen Baumgrenze. Eine „xerotherme" Periode im Sinne eines früher mehr kontinentalen Klima, wie ein solches ja angenommen wird, müsste jene doch wohl zur Folge gehabt haben, da auch heute die innern Teile der Alpen mit kontinentalem Klima eine höhere Baumgrenze haben. —

Bei der Betrachtung der Pflanzen der höhern Zonen haben wir eine Trennung der Arten nach ihren Hauptverbreitungsgebieten vorzunehmen, denn wie wir schon früher betonten, war es unmöglich, dass Pflanzen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in der subalpinen Zone haben, die Eiszeit überdauern konnten, während wir dagegen die Frage offen lassen mussten, wie sich diejenigen Arten verhalten haben, die ihr Hauptverbreitungsgebiet oberhalb der Baumgrenze, also in der

[1]) Bei der Frage nach einer eventuellen „xerothermen" postglazialen Periode kommen nur die *geographisch-meridionalen*, nicht aber die *genetisch-meridionalen* Arten in Betracht (siehe die am Anfang zitierte Arbeit).

alpinen Zone haben. Es ist sehr gut möglich, dass die Geschichte dieser zwei Gruppen eine verschiedene ist und wir wollen deshalb diese voneinander gesondert betrachten. Wir bezeichnen dabei als subalpine Pflanzen solche, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in der subalpinen Zone, d. h. also über der Laubwaldgrenze und unter der Baumgrenze haben, während bei den alpinen Arten das Hauptverbreitungsgebiet über der Baumgrenze liegt. Diese Begriffe sind allerdings oft etwas theoretisch, da ja viele Pflanzen über mehrere Zonen ihr Hauptverbreitungsgebiet ausdehnen und andere wiederum Zwischenzonen bewohnen. Aber wir kommen eben ohne solch allgemeine Begriffe nicht aus, sobald wir über Gruppen von Pflanzen gleicher Standortsansprüche reden wollen.

Über die Herkunft der *subalpinen Pflanzen* des Puschlav haben wir wenig Anhaltspunkte, da wir die subalpine Flora weder am Nordabhange des Berninapasses noch in den benachbarten Tälern kennen. Auffällig ist die Armut an subalpinen Arten, indem an anderen Orten der Alpen in Menge vorkommende Pflanzen hier völlig fehlen.

Die *alpine Flora* ist am reichsten im Norden des Gebietes, am Berninapass, da hier nämlich eine Reihe von Arten vorkommen, die dem mittleren und südlichen Teil des Puschlav fehlen. Ihre Verbreitung ist mehrfach eine äusserst auffällige, denn oft kommen diese Pflanzen auf dem Berninapass häufig vor, werden auf Schritt und Tritt angetroffen, gehen manchmal bis auf wenige Meter bis zur Wasserscheide heran, ohne sie aber zu überschreiten, während einige andere Arten an wenigen Orten und auf kurze Strecken in das Flussgebiet des Poschiavino eingedrungen sind. Trotzdem

mich nur einige Exkursionen an den Nordabfall des Berninapasses führten und ich nur den Talboden, den Fuss des Piz Alv besuchte, ferner eine Exkursion nach la Pischa im Heutal machte, so ist die Zahl der Pflanzen, die die obengenannte Verbreitung zeigen, eine recht auffällige geworden, wobei allerdings zu betonen ist, dass der Berninapass von jeher relativ genau bekannt war.

Diese Verbreitung zeigen: *Cobresia bipartita, Carex microglochin, Carex incurva, Carex alpina, Juncus arcticus, Tofieldia palustris, Allium victoriale, Salix cæsia, Salix glauca, Viscaria alpina, Dianthus glacialis, Saxifraga muscoides, Astragalus alpinus, Phaca frigida, Oxytropis lapponica, Hedysarum obscurum, Helianthemum alpestre, Viola pinnata, Viola calcarata, Gentiana lutea, Horminum pyrenaicum, Alectorolophus appenninus, Plantago montana, Scabiosa lucida, Campanula cenisia, Erigeron neglectus, Centaurea rhaponticum, Crepis conycifolia, Crepis montana, Crepis alpestris* u. a. m.

Diese auffällige Verbreitung zeigen nach unseren heutigen Kenntnissen etwa 30 Arten, die zu den typisch alpinen oder wenigstens zu den subalpin-alpinen Pflanzen gehören, also zu jenen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet oberhalb der Baumgrenze haben oder wenigstens über diese emporsteigen. Es gibt bis jetzt nur eine einzige subalpine Art, die eine ähnliche Verbreitung aufzuweisen hat, nämlich *Tozzia alpina,* welche im nördlichsten Teil des Puschlav bei la Rösa vorkommt, auf dem Berninapass dagegen fehlt. Diese Art dürfte aus dem Livignotal eingewandert sein. Wir haben keine montane Art gefunden, die eine ähnliche Verbreitung wie die der genannten alpinen aufzuweisen hätte. — Sicherlich wird es sich für einige dieser Arten später ergeben, dass sie auch noch weiter südlich im Puschlav

vorkommen, aber anderseits wird sich bei einer Durchforschung des Nordabfalles des Berninapasses die Zahl der Pflanzen, die hier und nicht im Puschlav vorkommen, sicherlich noch vermehren.

Auf Grund dieser Pflanzenverbreitung ist zu schliessen, dass wenigstens ein Teil der alpinen Arten von Norden her das Puschlav besiedelt haben und dass viele der Arten, welche in der Gegend des Berninapasses vorkommen, noch nicht in das Puschlav eingewandert sind, obschon es hier nicht an Standortsmöglichkeiten fehlt.

Auffällig ist es, dass ein grosser Teil der soeben erwähnten 30 Arten kalkliebend und kalkstet ist. Da nun gerade die Kalkgebiete im Puschlav spärlich vertreten sind, so ist die Wanderungsmöglichkeit solcher Arten eine relativ geringe. Dadurch wird also auch der zum Wandern nötige Zeitabschnitt grösser und wir können somit noch in der Gegenwart, wo andere, anpassungsfähigere, so besonders bodenvage und silicole Arten schon längst im ganzen Gebiet verbreitet sind, die Einwanderungswege an den kalksteten, im Gebiete mit kalkarmem Gestein weniger ausbreitungsfähigen Arten erkennen.

Wir haben also die merkwürdige Tatsache, dass die alpine Zone im Süden ärmer ist als im mittleren und nördlichen Teil; besonders reich ist sie aber im Norden des Gebietes. Dieses Faktum ist erstaunlich, da nach der herrschenden Ansicht die allermeisten Pflanzen durch die letzte Eiszeit aus dem Innern der Alpen verdrängt gewesen sein sollen und sich am Schlusse derselben, indem sie den Gletschern auf dem Fusse folgten, sich doch leichter in den südlichen, früher eisfrei werdenden Bergen des Puschlav hätten

ansiedeln können als in den nördlichen. Es wäre daher doch eher zu erwarten, dass die durch die Eiszeit nach den Südalpen verdrängten Arten sich ebenso gut, wenn nicht besser im Süden des Puschlav ansiedeln konnten und wir sollten, wenn diese Ansicht richtig ist, dort eher eine reichere statt ärmere Flora finden. Da dies aber nicht der Fall ist, so müssen wir für die alpinen Arten, die, wie gezeigt wurde, mindestens zum Teil von Norden her in das Puschlav eingewandert sein müssen, eine andere Geschichte annehmen, die der genannten Ansicht widerspricht.

Die alpine Zone des Oberengadin gehört überhaupt mit den Walliser Alpen zu den an seltenen alpinen Arten reichsten Gebieten der Schweiz. Fragen wir uns beim Oberengadin, welche Täler hier die reichsten seien, so haben wir besonders auf das Fextal, das Heutal und das Val Chiamera hinzuweisen[1]). Wir haben somit die merkwürdige und auffällige Tatsache, dass sehr abgelegene Hochgebirgstäler im Innern der Alpenketten, die gegenüber einer Einwanderung von den äussern Gebirgsketten sehr ungünstig liegen, zu den an seltenen Alpenpflanzen reichsten der Schweizeralpen gehören und dass diese Arten, die den Reichtum der genannten Gebiete bedingen, zum Teil an gewissen Orten

[1]) Der genannte relative Reichtum des Oberengadins verdankt nun aber nicht etwa diesen der Zugehörigkeit zum Inngebiet, wie dies aus der Verbreitung der einzelnen Arten hervorgeht. Auch ist nicht daran zu denken, dass die Arten, welche den Reichtum bedingen, den Gletschern bei ihrem Rückzuge von Norden her gefolgt seien, denn dann müssten ja wiederum die nördlichen Alpen reicher sein als die mittleren.

relativ scharf abgegrenzte Gebiete bewohnen, also auch heutzutage gut erkennbare Grenzen haben.

Die erste der genannten Tatsachen ist schon längst bekannt; ihr liegen zwei Ursachen zugrunde: die physikalische Beschaffenheit des Bodens und die Florengeschichte. Die genannten abgelegenen Alpentäler sind nämlich reich an verschiedener Unterlage, Kalk wechselt mit Silikatgestein ab. Aber diese Mannigfaltigkeit erklärt den pflanzlichen Reichtum nicht völlig, sind doch viele der hier vorkommenden seltenen Arten kalkliebend und sie fehlen trotzdem den Kalkbergen der äussern Alpenketten; und umgekehrt finden wir ja in den gleichen Tälern indifferente und silicole Arten, die ebenso gut in andern Teilen der Zentralalpen ihr Fortkommen finden würden. Zur Erklärung dieses relativen Reichtums müssen wir also noch andere Faktoren heranziehen.

Heer[1]) machte auf den Reichtum des Oberengadins an arktischen Arten aufmerksam und leitete diesen davon ab, dass der Rheingletscher, der weit nach Norden reichte, das Oberengadin mit dem Florenmischgebiet verband und dadurch die Einwanderung erleichterte. Schon Christ wendet sich gegen diese Auffassung: das Oberengadin ist nicht nur reich an arktischen, sondern auch an endemisch-alpinen Arten. Doch auch aus andern Gründen ist die Erklärung Heers ungenügend. Das Oberengadin gehört ja nicht in das Gebiet des Rheingletschers, sondern des Inngletschers. Auch ist nicht einzusehen, warum die Pflanzen, die nach der allgemeinen Ansicht beim Zurückgehen des Rheingletschers diesem auf dem Fuss folgten, sich nicht

[1]) Christ, Pflanzenleben der Schweiz. 1882, S. 293 u. 425.

auch in den äussern Alpenketten ansiedelten, ganz abgesehen davon, dass ein Gletscher gar keine besondern Wanderungserleichterungen bietet.

A. de Candolle[1]) erklärt den relativen Reichtum verschiedener Gebiete der Alpen aus der Annahme, dass diese am frühesten nach der Eiszeit schneefrei wurden. Es decken sich jedoch tatsächlich nach den heutigen Glazialforschungen die Verbreitungsgebiete der seltenen Alpenpflanzen nicht mit den am frühesten eisfrei gewordenen Teilen der Alpen, wie es nach dieser Theorie sein sollte: sind doch, wie schon Christ auf seiner Karte deutlich zeichnet, der Südausgang und die Berge des Südabhangs des Berninapasses arm und waren diese Gebiete doch früher eisfrei als die Höhe des Passes selbst. Doch hat de Candolles Hypothese nach unserer Auffassung einen richtigen Kern, welche sich in den Worten Christs ausdrückt: „Die klimatisch privilegierten Stellen sind auch die reichsten.“ Wir kommen darauf zurück.

Christ[2]) versucht eine andere Erklärung: „Die höchste Massenerhebung am Südrand der Zentralalpen, also der Nordhang der Penninen und das Oberengadin, gehören zum Schöpfungszentrum der endemisch-alpinen Flora. Von hier strahlen die Arten in abnehmender Verbreitung nach den Nordalpen aus.“ Während also nach Christ der Reichtum des Oberengadins und des Wallis davon herrührt, dass die endemisch-alpinen Arten hier entstanden sind, findet er es „begreiflich, dass die nordischen Arten die zentralen Ketten vor-

[1]) Sur les causes de l'inégale distribution des plantes rares dans la chaîne des Alpes. Extrait des actes du Congrès botanique international de Florence 1874.

[2]) l. c. S. 296 und S. 294.

ziehen. Hier finden sie die grösseren Höhen, in denen weniger alpine Arten mit ihnen konkurrieren, hier auch finden sie das extreme Klima."

Gegen diese Erklärungsversuche, die ja sehr viel für sich haben, können nun verschiedene Einwände geltend gemacht werden. Wenn nämlich im Oberengadin einerseits und in den Walliser Alpen anderseits neue Arten entstanden wären, so müssten doch wohl diese beiden Orte endemische Arten besitzen [1]). Solche fehlen aber wie bekannt. Anderseits kommen eine Anzahl von endemisch-alpinen Pflanzen sowohl im Oberengadin als auch in den Walliser Alpen vor und da wir — mit Christ — keine polytope Artbildung annehmen, so müssen diese Pflanzen von ihrem Entstehungsgebiete aus gewandert sein, wenn sie in einem andern Gebiete wieder auftreten. Wenn also eine Art im Oberengadin entstanden wäre und wenn sie auch im Wallis erscheint, so müsste sie vom Oberengadin ins Wallis gewandert sein. Nun schiebt sich bekanntlich gerade zwischen diese beiden Gebiete ein drittes ein — die Tessinerlücke — dem, wenn auch nicht in dem Masse, wie Pampanini annimmt, viele Arten der beiden erstgenannten fehlen [2]). Es ist nach

[1]) Anderseits ist noch darauf hinzuweisen, dass die Arten, welche den Reichtum der genannten Gebiete bedingen, zum grössten Teil ausserhalb der Schweiz sehr häufig vorkommen und zwar teils in den Ost-, teils in den Westalpen. Der Reichtum der beiden genannten Gebiete im Innern der Schweizeralpen ist ja eigentlich nur ein Abglanz des Reichtums ausserschweizerischer Gebiete der Alpen, worauf wir zurückkommen.

[2]) Pampanini (s. u.) nimmt an, dass eine allerletzte Eiszeit (une toute dernière glaciation) die Arten hier vernichtet habe — eine Annahme, die er in keiner Weise auf geologische Befunde stützt.

der Christ'schen Auffassungsart unerklärlich, dass eine Art, die an weit voneinander entfernten Orten gefunden wird, also relativ weit gewandert ist, nicht auch in diesem Zwischengebiete vorkommt. Ferner erklärt die Christ'sche Auffassung auch nicht den Reichtum der zwei Gebiete Oberengadin und Wallis, und ganz besonders nicht das Zusammengedrängtsein von so vielen seltenen Arten auf diesen relativ kleinen Gebieten.

Von neueren Arbeiten, die auf das in Frage stehende Gebiet Bezug haben, sind Engler und Pampanini zu erwähnen.

Der erste dieser Autoren deutet durch einen Pfeil auf der seiner Arbeit [1]) beigegebenen Karte an, dass die Alpenflora der Bernina floristische Beziehungen mit der der Bergamaskeralpen habe, was nur in sehr beschränktem Masse zutrifft, denn wie schon oben betont: Der Südhang des Berninapasses ist ganz auffallend arm und eine Einwanderung der Arten, die die Berninapasshöhe zu einer botanisch reichen machen, von Süden her, ist undenkbar. Pampanini hat es sich angelegen sein lassen [2]), die Verbreitung von 160 Arten, die in den Cadorischen Alpen in verschiedenen Höhenzonen — es handelt sich nicht nur um alpine Arten — vorkommen, genauer zu verfolgen. Nach

[1]) Engler, A., Die Pflanzenformationen und die pflanzengeographische Gliederung der Alpenkette, erläutert an der Alpenanlage des botanischen Gartens Berlin. Notizblatt des botanischen Gartens. Appendix VII. 1901.

[2]) Chodat et Pampanini, Sur la distribution des Plantes des Alpes Austro-Orientales, Le Globe, Journal géographique, Genève, T. XLI, 1902, und Pampanini, Essai sur la géographie botanique dans les Alpes et en particulier des Alpes Sud-Orientales, Diss. Fribourg 1903.

ihm hätten sich viele Pflanzen während der Eiszeit auf die Cadorischen Alpen geflüchtet, welche nach den Glazialgeologen grosse schneefreie Gebiete besassen. Diese Gebirgszüge bildeten also ein „massif de refuge", wie ein solches schon früher von Chodat für die Walliser Alpen im Gran Paradiso aufgestellt worden war. Von den Cadorischen Alpen aus erfolgte nach Schluss der letzten Eiszeit nach Pampanini die Besiedelung des Stelviomassivs, welches ein sekundärer Ausstrahlungsherd wurde.

Den Reichtum der Walliser Alpen erklärt Pampanini mit Chodat durch die Nähe dieses Gebietes an den „massifs de refuge". Auf die naheliegenden, sehr ähnlichen Verhältnisse im Oberengadin geht der genannte Autor nicht ein, obschon es hätte auffallen müssen, dass hier die Erklärung durch ein „massif de refuge" nicht angewandt werden kann, da es ja hier keine Gebirgsteile gibt, die mit dem Oberengadin in guter Verbindung stehen und solche Verhältnisse aufzuweisen haben, dass sie als „massif de refuge" im Sinne von Chodat hätten dienen können.

Übrigens müssen sich schon bei rein theoretischen Betrachtungen Zweifel an der Richtigkeit der Theorie der „massifs de refuge" erheben: denn wäre sie richtig, so könnten niemals im Innern der vergletschert gewesenen Gebirge reiche Gebiete auftreten [1]), immer müssten die frühern „massifs de refuge" reicher sein als das Innere des Gebirges.[2])

Dass die Südalpen nicht die grosse Rolle, wie sie von Chodat und Pampanini angenommen wird,

[1]) Durch lokale Neubildung von Arten könnte allerdings ein reicheres Gebiet entstehen, vergl. aber oben.

[2]) Vergl. die am Eingang citierte Arbeit S. 391.

bei der Wiederbesiedelung der innern Ketten der Alpen nach der letzten Eiszeit gespielt haben, scheint mir auch daraus hervorzugehen, dass von den Endemismen der Südalpen keine — so viel mir wenigstens bekannt — in das Innere der Alpen eingewandert sind.

In auffallender Weise wird übrigens von Pampanini die Frage, ob einzelne Arten die letzte Eiszeit im Innern der Alpen selbst überdauern konnten, nicht gestreift, obschon sich verschiedene Forscher darüber in bejahendem Sinne ausgesprochen hatten und obschon das die Grundfrage ist, die man sich stellen muss, sobald man die heutige Verbreitung in den Alpen zu erklären sucht.

Im Anschlusse an die Arbeiten von Chodat und Pampanini kommen wir am besten auf die zum Teil ältern von Briquet[1]) zu sprechen, die wir erst hier anfügen, um uns nicht wiederholen zu müssen. Nach der Ansicht dieses Autors war das Überdauern der Pflanzen im Innern der Alpen während der letzten Eiszeit unbedeutend und im Wallis, das uns ja in diesem Fall speziell interessiert, nimmt der gleiche Autor an, dass die letzte Eiszeit tabula rasa gemacht habe, so dass die Geschichte dieses Gebietes erst nach der letzten Eiszeit beginne. Bei Briquet spielen deshalb, wie bei Chodat und Pampanini, die zur letzten Eiszeit klimatisch schneefreien Gebiete bei der

[1]) Briquet, John, Recherches sur la Flore du district savoisien et du district jurassique franco-suisse avec aperçus sur les Alpes occidentales en général. Englers botanische Jahrbücher, 13. Band, 1890, und Le développement des flores dans les alpes occidentales avec aperçu sur les alpes en général, Ext. des Résultats scient. du Congrès internat. de Botanique de Vienne 1905. Jena 1906.

Wiederbesiedelung der Alpen eine sehr grosse Rolle und damit ist er ein Hauptverteidiger der Theorie der „massifs de refuge", die wir oben zu widerlegen versuchten.

Diese Hypothesen früherer Autoren, die den Reichtum des Oberengadins und der Walliser Alpen meist durch Verhältnisse im Postglazial zu erklären suchten, reichen also nach unserer Auffassung nicht aus. Es sei uns deshalb gestattet, eine andere Hypothese aufzustellen, bei der wir bis in die letzte Interglazialzeit (Riss-Würm) zurückgreifen müssen.

Von verschiedenen Autoren ist schon darauf hingewiesen worden, dass die Orographie des Oberengadins ein kontinentales Klima bedinge. Da zur Zeit einer Vergletscherung eine ähnliche Orographie bestand, so musste sich die Gegend des Oberengadins auch damals durch ein mehr kontinentales Klima auszeichnen. Dieses Gebiet war also auch damals durch geringere Niederschläge, relativ warme Sommer und starke Insolation bevorzugt. Ähnliche Verhältnisse begünstigten auch die Walliser Alpen.

Wir kennen keine Einzelheiten über die damaligen Zustände und nur aus dem Vorhandensein von Moränen aus der letzten Eiszeit können wir schliessen, dass es Felsen gegeben hat, die ohne Schneebedeckung waren und deshalb durch Verwitterung Moränenmaterial liefern konnten, worauf schon Heer hinweist.

Auch heute haben wir die Nivalzone gar nicht als eine Zone aufzufassen, wo alles mit Eis und Schnee bedeckt ist. Wir finden vielmehr noch genug Stellen, die jährlich schneefrei werden, oft eine lange Zeit ohne Schneebedeckung bleiben und bewachsen sind. Solche Orte sind die Steilhänge, Felspartien, Rasenbänder der

Felsen [1]), wo die Steilheit des Gehänges eine Anhäufung von Schnee nicht gestattet und wo er deshalb in Form von Lawinen frühzeitig zur Tiefe geht.

Ich kann mir — was die Schneebedeckung anbetrifft — nicht vorstellen, dass zur Eiszeit die Spitzen der heute noch vereisten Bernina ein wesentlich anderes Aussehen hatten als heutzutage. Da, wo jetzt an den Felsen wegen ihrer Steilheit kein oder nur wenig Schnee liegen bleibt, da gab es, wenn auch vielleicht zwar in etwas beschränkterem Masse, auch früher bei allfällig grösseren Niederschlägen im Sommer schneefreie Stellen wie heutzutage. Wenn es also auch zur letzten Eiszeit keine klimatisch schneefreie Stellen im Innern der Schweizeralpen gab, so waren doch orographisch schneefreie vorhanden.

Schwieriger jedoch scheint mir die Frage zu beantworten, ob jene schneefreien Stellen zur letzten Eiszeit eine Vegetation getragen haben oder nicht. Heer zeigte in seiner „Flora nivalis“, wie viele Arten heute in der Schneezone gedeihen. Er zählt z. B. für die rhätischen Alpen 194 verschiedene Pflanzen, die über einer Höhe von 2830 m vorkommen. J. Braun wird in einer in den nächsten Jahren erscheinenden Arbeit diese Zahl ganz bedeutend vermehren. Wenn wir diese Verhältnisse auf die Zustände der Eiszeit ausdehnen dürfen, so wäre auch damals eine ziemlich bedeutende Flora in den Alpen möglich gewesen. Damit sie aber die Eiszeit überdauern konnten, mussten diese Pflanzen auch fruktifizieren, sie mussten, da kein Standort ewig

[1]) Die windexponierten Stellen der Passhöhen und Gräte haben, obschon schneefrei, immer eine verarmte Flora; sie konnten für ein Überdauern der Eiszeit, wie ein solches unten angenommen wird, nicht von Bedeutung sein.

erhalten bleibt, überdies, wenn auch nur auf kurze Distanzen, wandern. Wie sich diese Verhältnisse gestalten, darauf geben uns unsere heutigen Kenntnisse keine Antwort. Können wir doch noch nicht einmal die Frage beantworten, ob die letzte Eiszeit durch Temperaturerniedrigung oder durch Vermehrung der Niederschläge oder durch Kombination dieser beiden Faktoren hervorgerufen wurde.

Anderseits spricht aber die heutige Verbreitung von vielen Arten der alpinen Zone entschieden dafür, dass sie wenigstens die letzte Eiszeit im Innern der Alpen überdauert haben, denn nur durch ein solches Überdauern der letzten Eiszeit kann man sich den Reichtum des Oberengadin und der Walliser Alpen an nordisch-alpinen und zugleich an endemisch-alpinen Arten und ihr Zusammengedrängtsein auf zwei relativ kleine Gebiete, von denen eines ohne Kommunikation mit den klimatisch schneefreien Gebieten der letzten Eiszeit war, erklären.[1])

Gerade die Berninagruppe zeigt — ähnlich wie die Walliser Alpen — günstige Verhältnisse für ein Überdauern von Pflanzen während einer grösseren Vergletscherung: südlich exponierte, steile Hänge sind bei

[1]) Bei seinen Studien über die nivale Flora kam auch schon Jos. Braun zu den gleichen Ansichten, die er in einem Referat über die oben genannte Arbeit von Chodat und Pampanini bereits angedeutet hat (Bericht der naturforschenden Gesellschaft des Kantons Graubünden, Bd. XLVI, 1904), worauf mich Braun aufmerksam macht. Seinem liebenswürdigen Verkehr verdanke ich übrigens manche Anregung, die ich bei der Abfassung dieses Abschnittes verwendet habe.

dem zerrissenen, tief eingeschnittenen Gebirge besonders häufig.

Nach dieser Hypothese vernichtete die letzte Eiszeit in den innern und nördlichen Schweizeralpen die Flora der heutigen Kultur-, Montan- und Subalpenzone, gestattete aber wenigstens einem Teil der alpinen Arten eine Existenz an besonders günstigen Orten, wo über der Oberfläche der Gletscher an Steilhängen, auf Rasenbändern, auf Felsen selbst und an ähnlichen Orten schneefreie Stellen vorhanden waren. Am Ende der letzten Eiszeit breiteten sich die Pflanzen wieder aus, während eine Anzahl anderer aber bei der Besitzergreifung des eisfrei werdenden Gebietes zurückblieben, sich nur über relativ kleine Gebiete ausbreiten konnten und deshalb „seltene alpine Arten“ genannt werden.

Eine relativ reiche Flora haben sich das Oberengadin und die Walliser Alpen, also Gebiete mit kontinentalem Klima, erhalten, während die an seltenen alpinen Arten armen Gebiete dagegen jene sind, die zur Höhe der letzten Eiszeit ein mehr ozeanisches, also in diesem Falle ein ungünstiges Klima hatten und wo sich deshalb keine oder nur wenige Arten erhalten konnten.

Der mittlere Teil des Alpenzuges war am stärksten vergletschert; er verarmte daher am meisten. Dieses zeigt sich in den Schweizer Alpen am stärksten. Die beiden an seltenen alpinen Arten noch relativ reichen Gebiete, das Oberengadin und die Walliser Alpen, stellen Überreste einer reicheren alpinen Flora der letzten Interglacialzeit dar, die sich hier dank der günstigen orographischen und klimatischen Verhältnisse erhalten konnten, während sie in den anderen mittleren und

nördlichen Gebieten der Schweizer Alpen durch die letzte grosse Vergletscherung vernichtet wurde.

Neben den zwei grossen Refugien im Innern der Schweizer Alpen bestanden wohl noch eine Menge kleinerer.[1]) Sie lassen sich zurzeit nicht mit Sicherheit feststellen, wohl aber ist es denkbar, dass sich auf sie die zerrissenen Areale vieler alpiner Arten zurückführen lassen. Im grossen und ganzen war die Wirkung der letzten Vergletscherung eine ungleichmässige Verarmung der alpinen Flora der innern und nördlichen Ketten der Schweizer Alpen, welche Ungleichheit sich an ihr heute noch nicht verwischt hat. Doch scheinen sich einige der relativ seltenen Arten langsam wieder auszubreiten, denn sie kommen am Berninapass auf Alluvionen, Moränen, auch bei kleinen Gletschervorstössen vereist gewesenen Gebieten vor. Im Gegensatz zu dieser relativ reichen alpinen Flora ist die subalpine im Puschlav und im Oberengadin arm. Die Täler waren ja in der letzten Eiszeit bis über 2200 m Meereshöhe mit Eis bedeckt und liessen keinen Raum für subalpine Arten. Mit dem Rückzuge der Gletscher aber konnte nur ein Teil der subalpinen Arten aus den äussern Alpenketten bei den ungünstigen orographischen Verhältnissen in die innern abgelegenen Alpentäler einwandern. —

Die Südalpen wurden von der Vergletscherung am meisten geschont. Hier konnten sich neben den heute als alpin geltenden Arten auch subalpine und

[1]) Im Puschlav selbst sprechen nach unsern heutigen Kenntnissen verschiedene Tatsachen dafür, dass am Sassalbo und in der Nähe des Cancianopasses sich solche Stellen befanden (vergl. S. 395 in der eingangs zitierten Arbeit).

stellenweise wohl auch solche noch tieferer Zonen erhalten; darauf beruht der heutige Reichtum der Südalpen an Endemismen verschiedener Höhenzonen.

Der Reichtum des Oberengadins an arktisch-alpinen Arten deutet aber noch auf eine andere Tatsache hin: diese müssen vor der grössten Ausdehnung der letzten Eiszeit (Würm) schon im Innern der Alpen gewesen sein, denn, wären sie erst nach der letzten Eiszeit aus dem Florenmischgebiet in die Alpen gewandert, indem sie den zurückweichenden Gletschern auf dem Fusse folgten, so müssten die nördlichen Alpenketten eher reicher (statt ärmer) an solchen Arten sein als die inneren Gebirgsteile. Es hat also zurzeit der letzten Vergletscherung, zur Würm-Eiszeit, wohl kein oder wenigstens kein bedeutender Florenaustausch mit der Arktis stattgefunden. —

* * *

Zum Schlusse haben wir noch unsere Stellung zu einigen andern Theorien klarzulegen, welche auf Grund der subfossilen Funde in den Glacialtonen der letzten Eiszeit im nördlichen Alpenvorland der Schweiz aufgestellt wurden. Bekanntlich hat man an verschiedenen Orten in auf Grundmoränen aufliegenden Tonen fossile Reste von Pflanzen gefunden, die an den betreffenden Orten heutzutage nicht mehr vorkommen, wohl aber — mit Ausnahme von *Salix polaris* — in der subalpinen und alpinen Zone der Schweizer Alpen angetroffen werden. Auf Grund dieser Funde wurde nun geschlossen, dass zurzeit des Rückzuges der letzten Eiszeit „eine baumlose Zwergstrauchtundra“ wahrscheinlich mit einer mittleren Jahrestemperatur von 3—4 ° C. (Schröter) geherrscht habe.

Diese Hypothese, die im Alpenvorland auf solch tiefe Temperaturen schliesst, ist nach unserer Ansicht unvereinbar mit der Hypothese, welche wir soeben zu begründen suchten und welche das Überdauern vieler alpiner Arten oberhalb der Gletscheroberfläche im Innern der Alpen annimmt, denn auch zur Eiszeit musste mit zunehmender Meereshöhe eine Temperaturabnahme verbunden sein. Wir haben deshalb noch zu untersuchen, inwiefern die Hypothese der „Zwergstrauchtundra" begründet ist und ob der Schluss, den man in Bezug auf die damaligen Temperaturen gezogen hat, zwingend genug ist, um unsere Hypothese umzustossen.

Gegenüber den frühern Autoren ist nun in erster Linie geltend zu machen, dass die Dryastone in der Schweiz nicht derart gelagert sind, dass man von ihnen erwarten dürfte, dass sie die durchschnittlichen Verhältnisse der damaligen Zeit charakterisieren; vielmehr deutet alles darauf hin — wie ich das in der eingangs citierten Arbeit (S. 396—99) näher ausgeführt habe —, dass die Flora der Dryastone nur die der nächsten Umgebung der zurückweichenden Gletscher ist: eine „Gletscherendenflora", die in Eiswassertümpeln zur Konservierung gekommen ist.

Von den in den Dryastonen aufgefundenen Pflanzen, die heute an den betreffenden Orten nicht mehr vorkommen, sind die meisten subalpin oder subalpin-alpin, nur wenige sind alpin resp. arktisch. Aber neben diesen kommen schon Wasserpflanzen des heutigen Klimas vor, die heute nie oder nur unter ausnahmsweisen Verhältnissen mit jenen einmal zusammentreffen. Diese Verhältnisse wurden in den meisten Dryastonen gefunden und hierin liegt ein Wider-

spruch, der nur dadurch gelöst werden kann, dass man die Existenz der kältefordernden alpinen und arktischen Arten der Nähe des Eises zuschreibt, also kein alpines oder arktisches Klima zur Erklärung der Fossilien der Dryastone für nötig erachtet. Anderseits spricht das Vorhandensein der Wasserpflanzen in den genannten Ablagerungen dafür, dass ein arktisches oder alpines Klima unmöglich gewesen ist, da ja diese Wasserpflanzen weder in die alpine Zone emporsteigen, noch in der Arktis gefunden werden. — Das Fehlen fossiler Spuren eines Baumwuchses in den genannten Tonen wird mit Unrecht auch als ein Beweis der Baumlosigkeit zurzeit der Ablagerung jener Tone und damit ungünstiger klimatischer Verhältnisse angesehen (vergl. S. 398 a. a. O.).

Wir dürfen also wohl sagen, dass das Klima am Schlusse der letzten Eiszeit kein arktisches gewesen sein muss und ebensowenig besteht ein zwingender Grund, aus dem Vorhandensein der Flora der Glacialtone auf ein arktisches oder alpines Klima schliessen zu müssen. Dass sich eher das Gegenteil beweisen lässt, darauf wurde schon hingewiesen.

Die Hypothese der „Zwergstrauchtundra“ baut also auf keinen Tatsachen auf, die die von uns aufgestellte Hypothese betreffend Überdauern der letzten Eiszeit in Frage stellen würden.

Wenn man die von uns für ein Überdauern der Eiszeit angegebenen Gründe anerkennt — wobei wir uns nie auf eine der vielen Ansichten über das Klima der letzten Eiszeit stützten — so spricht dieses Überdauern für ein relativ mildes Klima zurzeit der letzten Vergletscherung. Demnach stände unsere Hypothese eher im Einklang mit einer durch grössere Niederschläge,

als durch niedere Temperaturen hervorgerufenen letzten Eiszeit.

* * *

Zum Schlusse möchte ich nochmals darauf hinweisen, dass die von mir hier aufgestellten Hypothesen nur auf die Tatsachen bauen, die ich bei der Bearbeitung der Puschlaverflora gefunden habe, seltener auf solchen, die in der Literatur zu finden sind. Es liegt mir ferne, damit irgend ein erschöpfendes Bild der Geschichte geben zu wollen. Ich bin mir auch wohl bewusst, dass auf Grund anderer Tatsachen andere Hypothesen aufgestellt wurden, welche vielleicht ebenso berechtigt wie unsere sind, aber hier — weil über den Rahmen der Arbeit hinausgehend — unberücksichtigt gelassen werden mussten.

Corrigenda: Seite 204, 17. Zeile: Val Chiamuera statt Val Chiamera.

Seite 208, 6. Zeile, füge hinter Wallis bei: an endemisch-alpinen und zugleich an nordisch-alpinen Arten.

Über die Tierreste aus der Kesslerlochhöhle.

Von *K. Hescheler.*

Ein Vortrag der ersten Hauptversammlung hat Sie zu einer Szene geführt, die als Schauplatz der ältesten Spuren des Menschen, welche im Schweizerlande bis dahin aufgedeckt worden sind, tiefen Eindruck in uns erwecken muss; Sie werden diese Szene morgen noch lebendiger vor Ihr Auge treten lassen. Erlauben Sie mir, dass ich nur für kurze Zeit Ihre Aufmerksamkeit auf eine Stätte lenke, die schon längst berühmt geworden ist, weil sie mannigfache und reichliche Zeugnisse der Anwesenheit und Tätigkeit des Menschen aus der ältern Steinzeit, dem Paläolithikum, geliefert hat, nämlich auf die Höhle zum Kesslerloch bei Thayngen an der Schaffhauser Grenze.

Als die Funde von dort in den Jahren 1874 und 1875 der wissenschaftlichen Welt bekannt wurden, haben sie gleich das grösste Aufsehen erregt, in der Schweiz vor allem, weil es sich um eine Entdeckung aus der Rentierzeit handelte, der gegenüber alles andere, was im Lande aus jener Epoche ans Licht gekommen war, ganz in den Hintergrund trat, aber auch in der ganzen gebildeten Welt, weil die Kesslerlochhöhle sich als eine überaus wertvolle paläolithische Fundstelle erwies, die ebenbürtig neben die berühmten Lokalitäten, wie sie damals insbesondere in Frankreich,

Belgien und England erforscht worden waren, sich stellen konnte. Der Originalbericht des Entdeckers, Reallehrer Konrad Merk[1]), aus dem Jahre 1875 gibt die eingehende Darstellung der Untersuchungsresultate; Professor Albert Heim hat 1874[2]) schon eines der berühmtesten Fundstücke, das er selbst der Erde enthob, das Bild des weidenden Rentiers, beschrieben; die Tierreste wurden von Ludwig Rütimeyer bestimmt; es sind die Ergebnisse seiner Untersuchung sowohl in Merks Bericht gegeben, wie auch in der geistvollen und gedankenreichen Abhandlung Rütimeyers über: Die Veränderungen der Tierwelt in der Schweiz seit Anwesenheit des Menschen, Basel 1875, ausführlich verwertet worden.

Damals, vor etwa 30 Jahren, war die Pfahlbautenforschung schon zum Abschlusse gelangt, die Fauna dieser dem Neolithikum und späteren Kulturepochen angehörenden Stätten menschlicher Tätigkeit genau bekannt geworden. So sprang denn sofort der gewaltige Unterschied in der Zusammensetzung der Tierwelt der ältesten Pfahlbauzeit und derjenigen der Thayngerfauna in die Augen; hier beim Kesslerloch eine vorwiegend arktische Tiergesellschaft, ein Fehlen aller Haustiere, dort bei den Pfahlbauten eine typische Waldfauna und erste Haustierhaltung, eine Tierwelt, die sich ungezwungen an die heutige anschliesst. So trat recht auffällig der Hiatus zwischen Paläolithikum und Neolithikum zutage, eine Kluft, die auch heute durch die Forschung nur in geringem Grade überbrückt ist.

[1]) Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich Bd. 19, 1875.

[2]) Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich Bd. 18, 1874.

Es sei darauf hingewiesen, dass es den Bemühungen der Herren Sarasin gelungen ist, in jüngster Zeit in unserem Lande, bei Birseck, in der Nähe von Basel, eine Kulturstätte aus dieser noch wenig erforschten Übergangszeit aufzudecken.

Seit der Erschliessung der Kesslerlochhöhle sind die Zweige der Wissenschaften, die daran ein spezielles Interesse nehmen, unaufhaltsam vorgedrungen. Die Prähistorie hat das Paläolithikum in eine Anzahl Epochen zu gliedern vermocht, Kulturstufen, über deren Abgrenzung im einzelnen man freilich noch keineswegs einig ist; die Geologie hat das Diluvium weiter zerlegt, die Folge der Glacial- und Interglacialperioden festgestellt, das Werk von Penck und Brückner wird als fundamentales bald fertig vorliegen; die Zoogeographie ist zu neuen Auffassungen über die Geschichte unserer heutigen Fauna gekommen. Ein Moment aber rief insbesondere auch für die Kesslerlochhöhle neues lebendiges Interesse wach; es sind die berühmten Entdeckungen in deren nächster Nähe, am Schweizersbild bei Schaffhausen, die in Ihrer aller Gedächtnis sind. Die ältesten Funde von hier reichen in die Zeit hinein, in welcher der Mensch am Kesslerloch sich niedergelassen hatte; die jüngsten Ablagerungen vom Schweizersbild bilden das Pendant zur älteren Pfahlbauzeit, sind neolithisch. So hat denn der Entdecker der Kulturstätte am Schweizersbild, Herr Dr. J. Nüesch, vor einigen Jahren neue Grabungen am Kesslerloch vorgenommen, da die Höhle bei der ersten Erforschung nicht vollständig geräumt worden war; es ist durch ihn besonders auch der Schuttkegel am Südeingange näher erforscht worden, wie aus seiner Darstellung hervorgeht. Herr Prof. Th. Studer be-

stimmte das Tiermaterial dieser zweiten Ausgrabung, wie er ja auch zusammen mit dem vor kurzem verstorbenen Prof. Nehring dasjenige vom Schweizersbild untersucht hatte. Die Publikation darüber [1]) ist datiert von 1904.

Dann haben die historisch-antiquarische und die naturforschende Gesellschaft in Schaffhausen die gründliche Durchforschung der übriggebliebenen Fundschichten in und an den Eingängen zu der Höhle in Angriff genommen und die Leitung dieser Arbeiten Herrn Dr. J. Heierli in Zürich übertragen. Über den Gang dieser dritten Untersuchung und die geologischen Ergebnisse derselben hat Herr Prof. J. Meister in Schaffhausen an der Versammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Winterthur im Jahre 1904 gesprochen.[2]) Zu jener Zeit vertraute mir Herr Kollege Heierli die Tierreste der letzten Ausgrabung zum Zwecke der Bestimmung an. Wenn ich mir heute erlaube, vor Ihnen zu sprechen über das, was bis dahin über die paläolithische Thaynger Fauna festgestellt werden konnte, darf ich mich dabei der Meinung hingeben, dass bei der Wichtigkeit der Fundstelle auch dieses Bruchstück der ganzen Untersuchung allgemeineres Interesse erwecken könne. Zu etwelcher Entschuldigung der Mängel, die Sie in meinen Darlegungen finden werden, gestatten Sie mir den Hinweis, dass ich als Neuling dieses Forschungsgebiet betreten habe, dass aber anderseits Namen wie die von Rütimeyer und Studer sich an die früheren Untersuchungen knüpfen.

---

[1]) Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften, Bd. 39, 1904.

[2]) Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Winterthur 1904.

Prof. Meister hat schon hervorgehoben, dass die Grabungen der letzten Erforschung am nordöstlichen Eingang zur Höhle bis zu einer Tiefe von 4 m unter den nur wenig wechselnden Grundwasserspiegel gingen; hier hörte die Beimengung von Fundgegenständen auf. Sorgfältig wurden die Funde nach übereinander liegenden Schichten und nach horizontal gegeneinander abgegrenzten Lagen gesondert gehalten. Dieses gesamte Material wird als das der gelben Kulturschicht zusammengefasst; es ist für uns wichtig zu wissen, dass es nach seiner Lagerung gleichzusetzen ist jenem, welchem man bei der ersten Ausgrabung den Namen der unteren oder rötlichen Schicht beigelegt hat. Damals, 1874, hielt man nämlich eine obere oder schwarze Schicht und eine untere, wie erwähnt rötliche genannt, auseinander. Von diesen zwei Schichten war nicht sicher festzustellen, ob sie etwa verschiedenen Epochen angehören. Rütimeyer neigte, zuerst ziemlich bestimmt, später nicht mehr mit Sicherheit, der Ansicht zu, dass die beiden Schichten zwei verschiedenen Perioden mit etwas differenter Fauna entsprechen. In der unteren, also älteren Schicht lagen nach ihm die grosse Mehrzahl der Reste des Mammuts, des Nashorns, von Vielfrass, Eisfuchs, Rentier und das Bild des Moschusochsen; doch kommen, sagt er, gleichzeitig auch zahlreiche Reste von Vielfrass, Eisfuchs und Rentier in der oberen Abteilung vor, so dass eine scharfe Trennung nicht durchzuführen ist. Merk spricht in seiner Publikation der Gesamtheit der Funde einen einheitlichen Charakter zu, sie zeitlich in eine und dieselbe Periode einreihend. Jedenfalls war also diese Frage nicht genügend abgeklärt.

Was nun bei der letzten Grabung über den als

gelbe Kulturschicht zusammengefassten, bis dahin vollkommen unberührt und ungestört gebliebenen Lagen sich fand, wurde, soweit seine Lagerung genau festgestellt werden konnte, diesmal zur grauen Kulturschicht zusammengefasst — es tritt an Menge gegenüber dem Material aus der gelben Schicht stark zurück — alles aber, was in gestörter Lagerung ausgehoben wurde, sorgfältig separiert und als Schutt bezeichnet. Dazu gesellt sich noch manches vom Südeingang und aus der Gegend der Pfeiler in der Höhle.

Wir haben noch besonders hervorzuheben, dass durch Prof. Meister nun die Zeit der Besiedelung genau festgestellt werden konnte; sie fällt nach dem letzten grossen Glacialstadium, der Würmeiszeit, in eine der darauffolgenden Schwankungen, und zwar in die Periode des Achenrückzuges. Es war von allergrösster Bedeutung, dass die Fundstelle in ganz bestimmte Relation zum Glacialphänomen gebracht werden konnte.

Nun die Tierwelt. Es sei besonders auf die am Schlusse beigegebene Tabelle verwiesen, welche die Ergebnisse der zoologischen Untersuchungen der drei Grabungen zusammenfasst.

Zu allen drei Malen liess sich feststellen, dass die Knochen durchweg stark zerschlagen sind; kein ganzer langer Röhrenknochen findet sich, nur ausnahmsweise sind kleinere Stücke, wie etwa Fussknochen grösserer Tiere, Knochen kleiner Formen vollständig erhalten. Es ist unzweifelhaft, dass sie vom Menschen zerschlagen worden sind; ein grosser Teil trägt Brandspuren. Ein derartiger Charakter zeigt sich bei allen Stücken aus allen Lagen, die bei der letzten Ausgrabung unterschieden worden sind; es handelt sich also bis zu unterst stets um Reste von Mahlzeiten des Menschen. Dass

zur Zeit der Thaynger Höhlenbewohner der Hund als Begleiter des Menschen noch nicht existierte, hat schon die erste Ausgrabung mit Sicherheit dargetan, die zweite und die letzte bestätigen es; keine von ihm benagten Knochen kommen vor, es finden sich immerhin gelegentlich solche mit Bissspuren. Knochenreste vom Hund wurden nicht gefunden. Hatte schon die erste Erforschung verschiedenartiges Aussehen und Färbung der Knochen in den auseineinander gehaltenen Schichten konstatiert, so wies auch das Material innerhalb der sorgfältig ausgebeuteten gelben Kulturschicht der letzten Grabung nach Farbe und Erhaltungszustand wesentliche Differenzen auf; vorherrschend ist eine gelbbraune bis rötliche Färbung, ähnlich wie bei den Resten vom Schweizersbild; daneben aber finden sich ganz dunkel, tiefbraun gefärbte, die sehr an Pfahlbauknochen erinnern, und andere, besonders aus den untersten Lagen, sind fast vollständig mit einer rotbraunen Kruste von Eisenoxyd überzogen; man könnte sie „verrostet“ nennen. Alles das beweist offenbar nur, dass die Stücke sehr verschiedenen Erhaltungsbedingungen ausgesetzt waren und dass man aus dem Aussehen kaum auf ein differentes Alter schliessen kann.

Die Tiergesellschaft, welche Rütimeyer feststellen konnte, setzte sich zusammen aus etwa 24 Säugetierspezies, 6 Vogelarten, 1 Reptil und 1 Amphibium. Die Fauna tritt uns in ganz anderem Gewande entgegen als später zur Pfahlbauzeit. Keine Haustiere sind vorhanden, der Hund fehlt, von allen Arten leben heute einzig noch zwei, der gemeine Fuchs und der Rabe, in der Gegend von Thayngen. Die ganze Tiergesellschaft trägt den Stempel des Kosmopolitismus. „Nichts ist sicherer,“ sagt Rütimeyer, „als dass hier auf kleinem

Raum, wie von entfernten Punkten der Erde zusammengeweht, Tiere vereinigt sind, welche heutzutage über einen ungeheuren Raum zerstreut sind.“ Doch wird, heisst es weiterhin, die Bezeichnung offenbar richtiger und inhaltreicher, wenn wir die Gesellschaft eine circumpolare nennen. Zur vorwiegenden Zahl der circumpolaren Formen kommen einige, die bloss altweltlich genannt werden dürfen, es sind Nashorn, Löwe, Katze, Hamster, Steinbock, Gemse, Urochs, Pferd. Als Bewohner des Nordens beider Welten können gelten: Eisfuchs, Wolf, Vielfrass, Luchs, Murmeltier, Schneehase, Rentier, Hirsch, Bison, ebenso Mammut, Moschusochse, Rotfuchs, Bär. Besonders wichtig erscheint Rütimeyer das amerikanische Gepräge mancher Arten, wie z. B. vom Rotfuchs. Dies rührt nach ihm davon her, dass es sich um beiden Welten gemeinsame Formen handelt, die aber seither in Amerika stabiler geblieben sind als in Europa. Es wurde schon erwähnt, dass Rütimeyer, wenn auch nicht mit voller Sicherheit, eine ältere Periode entsprechend den Resten der tieferen Schicht scheiden zu können glaubte, charakterisiert besonders durch Mammut und Nashorn, z. T. Vielfrass und Eisfuchs. Hierher gehört dann auch der Moschusochse, von dem freilich kein einziger Rest gefunden wurde, wohl aber eine Skulptur aus Renknochen, der berühmte Moschusochsenkopf.

Unter den altweltlichen Formen treten sodann besonders die alpinen Steinbock, Gemse — auch Murmeltier, Schneehase, Bär und Luchs werden hier wieder aufgezählt — charakteristisch hervor. Was hat diese bunte Gesellschaft zusammengebracht? Die Eiszeit. Die grosse Mehrzahl der Arten ist vom nördlichen Asien eingewandert.

In der Pfahlbautenzeit tritt uns eine neue Fauna entgegen, die von der früheren gerade die merkwürdigsten Gestalten ausschliesst, die speziell nordischen Tiere, das Mammut, den Moschusochsen, den Vielfrass, das Ren, das Nashorn. Jetzt sind Hirsch, Reh, Schwein, überhaupt Waldtiere vorherrschend; dazu kommen neue domesticierte Formen. Eine zweite Einwanderung aus südlicheren Breiten von Asien ist anzunehmen. Die alpinen Formen haben sich in die Berge zurückgezogen. Soweit Rütimeyer.

In den 90er Jahren erfolgten die berühmten Entdeckungen vom Schweizersbild. Die Tierreste wurden grösstenteils von Th. Studer bestimmt, die der kleineren Säuger und Vögel von Nehring. Da liess sich schon feststellen, dass die Fauna von Thayngen weitgehende Übereinstimmung zeigt mit derjenigen der gelben Kulturschicht am Schweizersbild, der zweituntersten Schicht, die eine Steppenfauna repräsentiert. Die unterste Schicht, die „untere Nagetierschicht", bietet die Reste der Vertreter einer sog. Tundrenfauna, wie sie heute den äussersten Norden kennzeichnet und in der besonders kleinere Säuger aus der Ordnung der Nagetiere, speziell der Halsbandlemming (Myodes oder Dicrostonyx torquatus) als Charaktertiere erscheinen. Darüber folgt also am Schweizersbild die gelbe Kulturschicht, die „Rentierschicht" auch genannt nach dem massenhaften Vorkommen der Reste dieses Tieres. Hier tritt uns eine Steppenfauna entgegen, in erster Linie wieder durch einzelne Nager, wie z. B. Ziesel, Hamster etc. charakterisiert. Darüber folgt eine „obere Nagetierschicht", die schon den Übergang zum Neolithikum vermittelt, das dann durch die obersten Lagen repräsentiert wird. So wird denn als ein wesentliches Er-

gebnis dieser Forschungen die Feststellung der Aufeinanderfolge einer Tundra-, einer Steppen-, schliesslich im Neolithikum einer Waldfauna betrachtet, ein Ergebnis, das vor allem den Ansichten Nehrings, wie sie speziell in seinem Werke: „Über Tundren und Steppen“ niedergelegt sind, zur Stütze dient.

Das Interesse für die Tierwelt vom Kesslerloch war somit von ganz neuen Gesichtspunkten aus geweckt worden. Werden sich hier, so fragte man sich, bei genauerer Erforschung auch verschiedene Faunenperioden auseinander halten lassen? (Hatte doch Rütimeyer schon eine ältere und jüngere zu scheiden versucht.) Werden sich nicht etwa auch Reste der besonders charakteristischen kleinen Nager finden, von denen früher fast gar nichts festgestellt wurde?

Folgte die Grabung von Dr. Nüesch und die Bestimmung der Tierreste durch Prof. Studer. Die Tierliste erhielt nach der neuen Untersuchung eine Vergrösserung, im ganzen aber konnten die Feststellungen von Rütimeyer bestätigt werden. Nun fanden sich tatsächlich auch Knochen jener wichtigen kleinen Nager, darunter auch von Dicrostonyx torquatus, wenn freilich in sehr geringer Zahl. Es ist der Hinweis wichtig, dass diese Reste, wie überhaupt wohl die Mehrzahl, so z. B. auch die ziemlich zahlreichen Stücke vom Mammut, ausserhalb der Höhle in dem dem südlichen Eingang vorgelagerten Schuttkegel gefunden wurden. Studer hat sodann unter den Pferderesten einige ausscheiden können, die einem Wildesel, dem Equus hemionus, angehören, dessen Vorkommen schon am Schweizersbild, wenn auch nicht mit voller Sicherheit, konstatiert worden war. Vom Moschusochsen fand sich diesmal nichts; er konnte ihn deshalb mit Recht aus

der Liste ausscheiden, da die Deutung der 1874 gefundenen Skulptur doch fraglich erschien. Die Gesamtmasse der ausgebeuteten Knochenreste stand hinter der von 1874 wesentlich zurück, wie ein Blick auf die ungefähr zu ermittelnden Individuenzahlen der Tabelle (siehe z. B. Ren und Schneehase) beweist.

Studer kommt nun dazu, die Vertreter der Thaynger Tierwelt nach Repräsentanten 6 verschiedener Faunen auseinander zu halten:

1. Die alte präglaciale Ebenenfauna mit Löwe, Wolf, Fuchs, Biber, Wildschwein, Edelhirsch, Wisent und Ur;
2. die alpine Fauna mit Murmeltier, Gemse und Steinbock, für die angenommen wird, dass sie sich schon vor der Glacialzeit im Gebiete der europäischen Gebirgsmassive aufgehalten haben;
3. die Steppenfauna mit Löwe, Wildkatze (Manulkatze), Zieselarten, Hamster, Pferd, Wildesel;
4. Tundrabewohner, so Eisfuchs, Vielfrass, Schneehase, Lemming, Mammut, Rhinozeros, Rentier und Schneehühner;
5. Tiere, die an den Aufenthalt im oder am Wasser gebunden sind, wie Fischotter, Biber, Fischadler, Schwan, Gans, Ente, Ringelnatter, Frosch und schliesslich
6. Waldtiere, so Luchs, Fuchs, Bär, Marder, Siebenschläfer, Schwein, Edelhirsch.

Es sind also manche Vertreter auch verschiedenartigen Faunen zuzurechnen.

Als Erklärung, weshalb eine so wechselndem Boden angepasste Tiergesellschaft hier auf kleinem Gebiete zusammenkommt, folgt der Hinweis auf die Verhältnisse, wie sie sich heute im subarktischen Gebiete

Sibiriens finden, wo eine ähnliche Faunenvermengung statthat, wo Tundra, Steppe und Wald aneinander stossen können. Entsprechendes darf für die von den Gletschern verlassenen Gebiete bei Schaffhausen angenommen werden.

Dass die Reste im Schutthügel südlich vor der Höhle und in dieser selbst im ganzen einer und derselben Periode angehören und übereinstimmen, zeigte die Untersuchung deutlich, und es wendet sich deshalb Dr. Nüesch in einer letzten Publikation [1]) gegen Hörnes, der in seinem Buche „Der diluvale Mensch in Europa" den Schutthügel einer älteren Kulturepoche, dem Solutréen, zuweisen will, während in der Höhle das Magdalénien repräsentiert wäre.

Dass nun auch jetzt die Kesslerlochfunde keineswegs erschöpft waren, beweist das Ergebnis der letzten Ausgrabung, deren zoologische Resultate ich kurz resumieren will. Dabei halten wir uns im wesentlichen an die Reste, die in der „gelben Kulturschicht" gefunden wurden, von der bereits erwähnt ist, dass ihr Material aus völlig ungestörter Lagerung am nordöstlichen Eingang bis zu einer Tiefe von zirka 4 m unter dem Niveau des Grundwasserspiegels sorgfältig in übereinander liegenden Schichten (bezeichnet mit I, II und III) und horizontal abgegrenzten Lagen (Nord, Zentrum, Süd) gehoben wurde.

Beim Bestimmen dieser Reste drängte sich immer mehr die Feststellung auf, dass sich in allen Schichten die Knochen von 4 Formen in grösster Zahl finden, so überwiegend, dass alles andere geradezu als seltene Beimengung erscheint. Diese 4 Typen (ich sage ab-

[1]) Das Kesslerloch bei Thayngen, Kt. Schaffhausen. Zweite Mitteilung. Anzeiger für schweiz. Altertumskunde, Nr. 4, 1904/05.

sichtlich nicht Spezies) sind Rentier, Schneehase, Wildpferd und Schneehühner. Nicht nur liefern sie die grösste Menge an Knochen, sondern von ihnen sind auch Reste fast des ganzen Skelettes zu konstatieren, während die anderen Tiere also nur weniges und dann vorzugsweise bestimmte Teile, so Zähne und Fussknochen vor allem hinterlassen haben. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die genannten 4 Typen die wichtigsten Nährtiere des Menschen waren. Das ergibt sich aber auch aus den Resultaten der ersten Ausgrabung, und Rütimeyer hat es schon betont, nur stellte er daneben auch noch zahlreiche Reste von Füchsen fest, wobei aus den vorliegenden Angaben schwer zu ersehen, in welchem Verhältnis Eisfuchs und amerikanischer Rotfuchs an Individuenzahl stehen; aber auch die Ergebnisse der zweiten Grabung setzen sich mit genannter Feststellung nicht in Widerspruch. Die Menge der bei der letzten Untersuchung ausgehobenen Knochenreste steht hinter der des Materiales von 1874 wenig zurück; das zeigen die Individuenzahlen der Tabelle. So lassen sich denn, wenn alles zusammengefasst wird, mindestens 1000 Schneehasen, 500 Rentiere, 50 Pferde, 170 Schneehühner feststellen, deren Knochenreste im Kesslerloch begraben lagen. Diesen Zahlen gegenüber treten diejenigen der anderen Tiere, abgesehen von jenen von Rütimeyer allein in grösserer Menge konstatierten Füchsen, wesentlich zurück. Da nun ein derartiges Verhalten in allen Teilen der gelben Kulturschicht in gleicher Weise sich äussert, müssen wir annehmen, dass während der Ablagerung dieser Schicht die Nahrung der Höhlenbewohner sich nicht erheblich geändert hat, und es drängt sich weiterhin der Schluss auf, dass offenbar auch der Faunencharakter

in der ganzen Zeit keine merkliche Verschiebung erlitten hat. Die gelbe Kulturschicht entspricht der unteren der ersten Ausgrabung; für letztere gelten aber als Ganzes (d. h. obere und untere Schicht zusammengefasst) entsprechende Zahlen. Somit dürfen wir sagen, es ist das Bild der Tierwelt während der ganzen Zeit der Besiedelung des Kesslerloches ein im wesentlichen unverändertes geblieben. Es sind keine Anhaltspunkte dafür vorhanden, verschiedene faunistische Perioden anzunehmen. Vom Mammut und vom wollhaarigen Rhinozeros wurde auch diesmal einiges, doch nicht sehr viel, gefunden, und es zeigte sich keineswegs, wie etwa nach Rütimeyer hätte erwartet werden können, dass die Reste dieser Tiere nach der Tiefe zu reichlicher aufgetreten wären. Die schönsten Stücke von diesen ausgestorbenen Dickhäutern fanden sich wie bei der zweiten Grabung am Südeingang.

Diese Feststellungen passen nicht schlecht zu dem, was über die gelbe Kulturschicht am Schweizersbild eruiert ist. Vom Rentier, dem häufigsten Vertreter, zählte man dort etwa 500 Exemplare; in zweiter Linie folgt der Alpenhase mit zirka 100 Individuen, das Wildpferd wird als zahlreich bezeichnet, und auch von den Schneehühnern heisst es: „Sehr zahlreiche Knochen des ganzen Skelettes." „Die anderen Tiere aber fanden sich in mehr oder minder grosser Zahl."

Die Tierliste im ganzen, wie sie sich aus der letzten Grabung am Kesslerloch ergibt, stimmt, es sei auf die Tabelle verwiesen, ziemlich gut mit dem bisher Festgestellten überein, nur dass neben jenen genannten vier Typen von Nährtieren des Menschen diesmal die anderen Formen an Spezies- und Individuenzahl mehr zurücktreten als beim Material der früheren Untersuchungen.

Das Gesamtbild, das Studer von der paläolithischen Fauna der Gegend von Thayngen entworfen hat, wird wohl zutreffend sein: eine Mischfauna, wie sie heute in der Subarktis Sibiriens angetroffen wird; doch ist jedenfalls in erster Linie der arktische Charakter dieser Tiergesellschaft zu betonen; das zeigen gerade die häufigsten Gestalten: Rentier, Schneehase, Schneehühner, zusammen mit den spezifisch hochnordischen Vertretern, wie Eisfuchs, Vielfrass, Mammut, wollhaariges Rhinozeros, Moschusochse. Sie lassen so recht das Bild einer an extreme Kälte angepassten Fauna hervortreten, und dieser Eindruck wird verstärkt durch die Vertreter der alpinen Fauna, die, wenn auch in geringer Zahl, in Steinbock, Murmeltier, früher auch Gemse, konstatiert wurden. Ganz in den Hintergrund tritt dann jedenfalls der Anteil einer Waldfauna. Der Edelhirsch, später das wichtigste Wald- und Jagdtier des Menschen, konnte bloss von Rütimeyer durch wenige Reste festgestellt werden; die meisten dieser Waldtiere aber finden in einer älteren, präglacialen Fauna, wie sie Studer unterschieden hat, ihren Platz und anderseits sind es zugleich Arten, die wie z. B. Luchs, Fuchs, Bär, Marder sehr weit nach Norden gehen. Die Waldtiere spielen auf keinen Fall eine grosse Rolle. Für die Beurteilung der Vegetation ist auch wohl zu beachten, dass die Untersuchungen an dem neu entdeckten Mammutkadaver[1]) ergeben haben, dass die Nahrung aus Pflanzen, vorwiegend aus Gräsern, bestand, wie sie heute noch in der Tundra vorkommen.

[1]) Salensky, W.: Über die Hauptresultate der Erforschung des im Jahre 1901 am Ufer der Beresowka entdeckten männlichen Mammutkadavers. Compt. Rend. 6me Congrès internat. Zoolog. Berne 1904.

Wie steht es nun mit den kleinen Nagern, die vor allem beurteilen lassen, ob Tundra, ob Steppe vorhanden war? Als sicheres Ergebnis der letzten Grabung am Kesslerloch kann gelten: es fehlen hier besondere Nagetierschichten, wie sie am Schweizersbild gefunden wurden. Von diesen charakteristischen kleinen Nagern ist einzig der rötliche Ziesel, Spermophilus rufescens, in Resten, die auf etwa 5 Individuen schliessen lassen, vertreten. Die Knochen sind in den verschiedenen Lagen der gelben Kulturschicht zerstreut. Dieser Nager ist ein Charaktertier der Steppe, heute noch in Ostrussland anzutreffen; seine Reste sind im Diluvium häufig. Es hat sich also die Erwartung nicht bestätigt, dass etwa Tundranager wie der Halsbandlemming oder andere aus Tundra und Steppe zahlreichere Reste im Kesslerloch hinterlassen hätten. Damit ist nun eine erhebliche Schwierigkeit für den Vergleich der Ablagerungen am Schweizersbild und im Kesslerloch erwachsen. Wenn für das Schweizersbild eine älteste Tundrafauna (untere Nagetierschicht) und eine darauffolgende Steppenfauna (gelbe Kulturschicht) auseinander gehalten werden, ist an der Thaynger Lokalität eine solche Scheidung nicht möglich. Kesslerlochfauna und Fauna der gelben Schicht vom Schweizersbild zeigen sehr ähnlichen Charakter; doch ist die Besiedelung am Kesslerloch nach allem älter als die am Schweizersbild; Dr. Nüesch hat das mehrfach hervorgehoben, die menschlichen Artefakte, das allmähliche Erlöschen von Mammut und Nashorn in der Etappe: Kesslerloch-Schweizersbild sprechen dafür. Wenn also die Kesslerlochsiedelung der Achenschwankung angehört, versetzt man die paläolithischen Ablagerungen am Schweizersbild ins Bühlstadium. Und trotz allem

haben wir am Kesslerloch schon Tundra- und Steppentiere durcheinander. Es mehren sich übrigens die Stimmen, die darauf hinweisen, dass wohl auch für das Schweizersbild eine scharfe zeitliche Trennung von Tundra- und Steppenfauna kaum möglich sei. Einen solchen Standpunkt und damit die Ansicht, dass Tundra und Steppe stets gleichzeitig vorhanden waren, finden wir z. B. vertreten durch Prof. Schröter in dem Kapitel „Die postglaciale Vegetationsgeschichte der Nordschweiz" aus dem Werke „Die Moore der Schweiz". Warum sind nun diese wichtigen Nagetierreste am Schweizersbild so häufig, warum am Kesslerloch so spärlich? Wir müssen uns erinnern, dass diese Knöchelchen in erster Linie aus Gewöllen von Raubvögeln stammen. Die einfachste Erklärung dürfte also wohl die sein, dass hier am Kesslerloch kein solcher Lieblingsplatz dieser Vögel zur Entleerung ihrer Mahlzeitenreste war.[1])

Schon allzulange, meine Herren, habe ich Ihre Geduld in Anspruch genommen. Ich muss darauf verzichten, weitere Ergebnisse der Untersuchung Ihrem Urteil zu unterbreiten, muss es z. B. unterlassen, eine Erklärung zu geben, weshalb es mir unmöglich erscheint, die Skelettreste der beiden unter den häufigsten Tieren vertretenen Schneehuhnarten nach den Spezies scharf zu trennen. Das ist der Grund, weshalb bis dahin nur von Schneehühnern im allgemeinen ge-

[1]) Seitdem dieser Vortrag gehalten wurde, hat sich unter den Resten vom Südeingang, deren Untersuchung zum Schluss aufgespart blieb, eine Anzahl gefunden, die einer Mikrosäugerfauna, speziell Nagern, angehört. Diese Tatsache ändert aber an den obigen Ausführungen gar nichts. Näheres darüber siehe in der ausführlichen Abhandlung.

sprochen wurde, weshalb nicht 4 Spezies, sondern nur Typen als häufigste und charakteristische Vertreter genannt werden durften. Eines aber möchte ich doch nicht übergehen. Sie sehen in die Liste den Moschusochsen wieder aufgenommen. Das Einzige, was auf seine Anwesenheit bei der Kesslerlochhöhle schliessen liess, war die von Rütimeyer als Moschusochsenkopf gedeutete Skulptur. Weder bei der ersten noch bei der zweiten Grabung wurde ein Knochenrest von Ovibos gefunden. Unter dem neuen Material treffen wir nun einen Fussknochen (Phalanx I hinten), den ich bei keinem anderen Tiere als beim Moschusochsen unterbringen kann. Ist die Bestimmung richtig, so wird damit die Deutung der erwähnten Skulptur wesentlich gestützt. Das Knochenstück wurde mit anderen, die mangels Vergleichsmateriales zunächst beiseite gelegt worden waren, in der zoologischen Sammlung der kgl. landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin bestimmt. Ich benütze die Gelegenheit, hier schon dem derzeitigen Direktor dieser Sammlung, dem Nachfolger Nehrings, Herrn Prof. Dr. L. Plate, für die ausserordentliche Liberalität, mit der er mir die Benützung der Sammlung gestattete, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Die zoologische Sammlung der Hochschulen in Zürich hat inzwischen jüngst ein Ovibosskelett erworben; Sie wollen sich nun an den mitgebrachten Präparaten überzeugen, wie sehr das fragliche paläolithische Knochenstück und der entsprechende Knochen des rezenten Tieres übereinstimmen.

Damit wäre wohl ein Rest von Ovibos moschatus zum erstenmale in der Schweiz aufgefunden; denn die Funde, die Th. Studer vor kurzem aus den diluvialen Ablagerungen des Kantons Bern signalisiert

hat,[1]) gehören, wie ich seiner gütigen mündlichen Mitteilung verdanke, nicht zum Moschusochsen. Ausser Landes liegt die nächste Fundstelle[2]) nicht allzuweit entfernt, bei Langenbrünn im Donautale, unweit Sigmaringen.

Meine Herren! Bevor die Erforschung der Wildkirchlihöhle durchgeführt wurde, kannte man aus der Schweiz keine paläolithischen Höhlenfunde mit Zeugnissen der Anwesenheit des Menschen älter als Kesslerloch und Schweizersbild; alle sind postglacial und fallen in die letzte Epoche der altsteinzeitlichen Kultur, in das Magdalénien. Da sind zu erwähnen die Höhle im Freudental bei Schaffhausen, eine Anzahl Fundstätten im nordwestlichen Jura, im Tale der Birs, bei Liesberg, Büsserach, Grellingen und zwei Lokalitäten am oberen und unteren Ende des Genfersees, bei Villeneuve und bei Veyrier am Fusse des Salève. Von letzteren ist eine ziemlich reiche Tierwelt bekannt geworden; die Fauna aller dieser Stationen schliesst sich an diejenige vom Kesslerloch und des unteren Teils vom Schweizersbild an, insofern überall das Charaktertier des Magdalénien, das Ren, die Hauptrolle spielt; nirgends tritt aber das bunte Gepräge der Tiergesellschaft so hervor, wie bei den Schaffhauser Fundstellen. Bei Villeneuve und Veyrier sehen wir ein alpines Lokalkolorit auftreten, der Steinbock, das Murmeltier sind viel reichlicher vorhanden; die Reste vom Schneehuhn von Veyrier lassen allein auf etwa 400

---

[1]) Die Knochenreste aus der Höhle znm Kesslerloch bei Thayngen S. 103. Neue Denkschriften der allgemeinen schweizer. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften. Bd. 39.

[2]) Ecker, A.: Archiv für Anthropologie, Bd. X. 1878. S. 328 und 399.

Individuen schliessen. Alle diese paläolithischen Stationen zeigen, wie ja auch Schweizersbild, gegenüber Kesslerloch das Aussterben von Mammut und Rhinozeros; das Gleiche gilt für die württembergische Rentierstation Schussenried an der Peripherie des Rheingletschers. Sie sind deshalb jünger als Kesslerloch zu schätzen. Studer glaubt, dass Veyrier und Villeneuve auch bedeutend jünger als Schweizersbild sind und eine Epoche markieren, in der der Rückzug der arktisch-alpinen Fauna nach dem Norden und nach den Alpen schon im vollen Gange war.[1])

Wenn wir den Blick weiter gleiten lassen zu den klassischen Stätten der Prähistorie, den Höhlen in Frankreich, Belgien, England, Mähren, stellen wir bald fest, dass dieser alpin-arktische Charakter der Magdalénienfauna überall in den gleichalterigen Stationen wiederkehrt, freilich mit zahlreichen Variationen, für die im einzelnen schwer festzustellen, ob sie ein bloss lokales Kolorit, ob sie einen tatsächlichen zeitlichen Wechsel in der Zusammensetzung der Tierwelt bezeichnen. Aber dieser Gesamtcharakter bleibt auch gewahrt, wenn wir zu Fundstellen treten, die nach ihren prähistorischen Einschlüssen einer älteren Kultur, dem Solutréen, angehören; zwar tritt hier, wenigstens an einzelnen Orten, das Ren gegenüber Pferd oder Mammut zurück, aber eine scharfe Abgrenzung der Faunen ist nicht möglich und schliesslich sehen wir einen guten Teil dieser jüngeren paläolithischen Tierwelt auch auftreten in einer viel älteren Kulturepoche, im Moustérien. Diese Tatsachen sind von Penck in der 7. Lieferung der „Alpen im Eiszeitalter“ besonders

[1]) Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft Bern. 1896. S. 276.

betont worden. Angesichts dieser Schwierigkeit, mit Hilfe der Tierreste wie auch der menschlichen Artefakte eine genauere Chronologie durchzuführen, begreift sich, wie wichtig es ist, diese prähistorischen Epochen in bestimmte Relation zu setzen zum Glacialphänomen. Dass dies beim Kesslerloch in unzweideutiger Weise möglich ist, erhöht die Bedeutung dieser Niederlassung ungemein.

Zum Schlusse wollen wir aber auch hier der Freude darüber Ausdruck geben, dass es den unermüdlichen Bemühungen st. gallischer Naturforscher gelungen ist, durch die Erforschung der Wildkirchlihöhle unsere Kenntnisse vom diluvialen Menschen und der ihn begleitenden Fauna in der Schweiz in so ungeahnter Weise zu erweitern, sie auszudehnen auf Zeiten, aus denen man noch keine Beweise seiner Anwesenheit kannte.

Tierliste vom Kesslerloch.

— fehlend, × weniger als 10, ×× mehr als 10, ××× mehr als 50 Individuen.

	Nach Rütimeyer 1874		Nach Studer 1904		Letzte Ausgrabung		
					Gelbe Schicht		Graue Schicht und Schutt
		Individ. Zahl		Individ. Zahl		Individ. Zahl	
Carnivora.							
1. Löwe, Felis leo (spelæa?) . .	×	3	—	—	—	—	—
2. Wildkatze, Felis catus (wahrsch. zusammenfall.)	×	1	—	—	—	—	—
Manulkatze, Felis manul (wahrsch. zusammenfall.)	—	—	×	1	—	—	—
3. Luchs, Lynchus lynx	×	3	—	—	×	1	—
4. Wolf, Canis lupus	××	17	×	5	×	mindestens 3	×
5. Eisfuchs, Leucocyon lagopus .	××	20-30 (unsichere Angaben)	×	6 Unterkiefer-Fragmente	×	mindestens 4	×
6. Gem. Fuchs, Vulpes alopex . .	×	2-3 (unsichere Angaben)	××	45 Unterkiefer-Fragmente	×	mindestens 6	×
amer. Rotfuchs, Vulpes fulva .	××	45-50 (unsichere Angaben)	—	—	—	—	—
7. Vielfrass, Gulo luscus	×	4	—	—	×	1	—
8. Marder, Mustela martes . . .	—	—	×	1—2	—	—	× (1 Ind. Schutt)
9. Fischotter, Lutra vulgaris . .	—	—	×	1	—	—	—
10. Brauner Bär, Ursus arctos . .	×	3—4	×	mindestens 1	×	1—2	—
Insectivora.							
11. Spitzmaus, Crocidura aranea .	×?		×	mindestens 1	—	—	—

	Nach Rütimeyer 1874		Nach Studer 1904		Letzte Ausgrabung		
		Individ. Zahl		Individ. Zahl	Gelbe Schicht	Individ. Zahl	Graue Schicht und Schutt
Rodentia.							
12. Schneehase, Lepus timidus (variabilis Aut.)	×××	500	××	78 Unterkieferhälften	×××	mindest. 450	×× mind. 50 Total über 1000
13. Feldhase, Lepus europæus . .	×?	2?	—	—	—	—	—
14. Murmeltier, Arctomys marmotta	×	1	×	1	×	3	×
15. Perl-Ziesel, Spermophilus guttatus . .	—	—	×	1	—	—	—
16. rötl. Ziesel, Spermophilus rufescens . .	—	—	×	zirka 4	×	mindestens 4	× (1 Ind.)
17. Gem. Hamster, Cricetus vulgaris	×	1	×	1	—	—	—
18. Schermaus, Microtus terrestris .	—	—	×	1	—	—	—
19. Schneemaus, Microtus nivalis .	—	—	×	1	—	—	—
20. Halsbandlemming, Dicrostonyx torquatus	—	—	×	mindestens 4	—	—	—
21. Siebenschläfer, Myoxus glis .	—	—	×	3	—	—	—
22. Biber, Castor fiber	—	—	×	1	×	1	—
Proboscidea.							
23. Mammut, Elephas primigenius .	×	4—6	×	mehrere	×	wenig	× Südeingang

	Nach Rütimeyer 1874		Nach Studer 1904		Letzte Ausgrabung		
					Gelbe Schicht		Graue Schicht und Schutt
		Individ. Zahl		Individ. Zahl		Individ. Zahl	
Perissodactyla.							
24. Wollhaariges Nashorn, Rhinoceros tichorhinus	×	1—2	×	1	×	1	×× Südeingang
25. Wildpferd, Equus caballus . .	××	zirka 20	××	?	××	zirka 20	× einige Indiv. Total über 50
26. Wildesel, Equus hemionus . .	—		×	mehrere	× unsicher	?	
Artiodactyla.							
27. Wildschwein, Sus scrofa . . .	—	—	× viell. jüng.	1	—	—	× (1 Ind. Schutt)
28. Rentier, Rangifer tarandus . .	×××	250	××	zirka 50	×××	mindest. 170	×× zirka 20 Total zirka 500
29. Edelhirsch, Cervus elaphus . .	×	6	—	—	—	—	— ?
30. Reh, Capreolus caprea	—	—	—	—	×	wenig	—
31. Gemse, Rupicapra tragus . . .	×	1	×	1	—	—	—
32. Steinbock, Capra ibex	×	1	×	mindestens 1	×	wenige	—
33. Moschusochse, Ovibos moschatus	Skulptur		—	—	×	1	—
34. Bison, Bison priscus	×	6	×	wenige	×	wenige	×
35. Ur, Bos primigenius	×	1	×	wenige	×	wenige	×

	Nach Rütimeyer 1874		Nach Studer 1904		Letzte Ausgrabung		
					Gelbe Schicht		Graue Schicht und Schutt
		Individ. Zahl		Individ. Zahl		Individ. Zahl	
Aves.							
36. Kolkrabe, Corvus corax . . .	×	3	×	wenige	×	zirka 3	×
37. Rabenkrähe, Corvus corone . .	—	—	×	wenige	—	—	—
38. Wachholderdrossel, Turdus pilaris . .	—	—	×	1	Turd. spec. ×	1	—
39. Rotdrossel, Turdus iliacus . .	—	—	×	1			—
40. Singschwan, Cygnus musicus .	×	1	—	—	×	4	—
41. Fischadler, Pandion haliaëtus .	×	1	—	—	—	—	—
42. Wildgans, Anser cinereus . .	×	2	—	—	—	—	—
43. Wildente, Anas boschas . . .	—	—	×	1	Anas spec. ×	1	
44. Moorschneehuhn, Lagopus albus . .	×××	80	×	zirka 4	×××	mindestens 60	× zirka 10
45. Alpenschneehuhn, Lagopus alpinus .			××	zirka 12			Total zirka 170
Reptilia et Amphibia.							
46. Ringelnatter, Tropidonotus natrix . .	×?	—	×		—	—	× Südeingang
47. Frosch, Rana spec.	×		—		×	wenige	×
	Total 32 Spezies: 24 Säuger, 6 Vögel, 1 Reptil, 1 Amphib.		Total 36 Spezies: 28 Säuger, 7 Vögel, 1 Reptil		Total 27 Spezies: 20 Säuger, 6 Vögel, 1 Amphibium		Noch nicht vollständig

Die Liste ist, was die letzte Grabung betrifft, noch nicht definitiv abgeschlossen. Die endgültige Zusammenstellung wird in der ausführlichen Arbeit in den Denkschriften der Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft gegeben werden.

Die Basismessung durch den Simplontunnel
im März 1906.

Von *M. Rosenmund*, Zürich.

1. Historische Einleitung.

Eine Basis ist die erste Grundlage einer Landesvermessung. Bevor noch aus den angelegten Dreiecken einer Triangulation die Entfernung der Vermessungshauptpunkte berechnet werden kann, bedarf es der Messung der Länge einer Grundlinie, einer Basis, welche mit dem Triangulationsnetz in Verbindung gebracht werden muss.

Für die Aufnahme der Dufourkarte war im grossen Moos zwischen Sugiez am Murtensee und Walperswil, westlich Aarberg, im Herbst 1834 eine Grundlinie von ca. 13 km Länge gemessen worden. Die Messung wurde ausgeführt von Eschmann, Wolf und Wild mittelst vier röhrenförmigen Eisenstangen von je drei Toisen. Die zwischen den einzelnen horizontal gelegten Stangen frei gehaltenen Zwischenräume wurden mit Keilen gemessen.

Nachdem in den Jahren 1864—79 ein neues schweizerisches Dreiecknetz erster Ordnung unter Leitung der schweizerischen geodätischen Kommission angelegt und rechnerisch ausgeglichen worden war, welches zugleich als Teilnetz der Schweiz für die mitteleuropäische Grad-

messung (internationale Erdmessung) Verwendung finden sollte, musste auch dieses an Grundlinien angeschlossen werden, für deren Messung die neuesten Errungenschaften auf jenem Gebiete beigezogen werden sollten. Es wurde die Bestimmung von drei neuen Basen beschlossen, einer ersten, von ca. 2400 m Länge, bei Aarberg, einer zweiten, ca. 2540 m langen, bei Weinfelden, und einer dritten, ca. 3200 m langen, bei Bellinzona.

Die Messung der Aarberger Basis wurde im Jahre 1880 dreifach ausgeführt, diejenige der beiden übrigen Grundlinien ein Jahr später, jede doppelt. Man benützte dazu einen Apparat, welcher zu analogen Arbeiten in Spanien unter Leitung des Generals Ibañez verwendet worden war und dessen Eigenschaften als vorzügliche galten. Die Messung erfolgte mittels eines auf Stative aufgelegten Eisenstabes mit eingravierten Strichmarken in 4 m Abstand, deren Entfernung unter Berücksichtigung der Temperatur und der Neigungen durch Mikroskope auf Ständern abgelesen wurde.

Die Unsicherheiten dieser Basismessungen lagen innerhalb 1 : 2 000 000.

Gegen 1880 schlug der schwedische Gelehrte Jäderin vor, das an und für sich schwerfällige Verfahren der Basismessungen mittels Stangen, welche gewöhnlich eine Länge von 4 m hatten, zu ersetzen durch Messungen mittels Drähten, welche während der Beobachtung immer unter der gleichen Spannung gehalten werden sollten. Um den ungünstigen Einfluss in den Verschiedenheiten der Temperatur der Luft — wie sie am Thermometer abgelesen wird — gegenüber der wahren Temperatur des Metalls möglichst unschädlich zu machen, benützte Jäderin zwei Drähte von verschiedener Ausdehnung gegen Temperatureinflüsse, aus

Stahl und aus Messing. Durch Messung der gleichen Spanne mit beiden Drähten konnte er aus der Verschiedenheit der Ergebnisse auf die Temperaturen schliessen und daraus auf die sich ergebende Verlängerung oder Verkürzung der Drähte. Die Einfachheit des Messverfahrens, sowie die durch Jäderin in Schweden und hierauf bei der Vermessung auf Spitzbergen erreichten günstigen Resultate erregten Aufsehen, die Methode wurde weiter erprobt und im Jahre 1900 sprach die in Paris versammelte Konferenz der internationalen Erdmessung dem internationalen Bureau für Mass und Gewicht den Wunsch aus, es möchte die Verwendung des Jäderin'schen Messverfahrens für geodätische Arbeiten in den Bereich seiner Untersuchungen ziehen.

Das genannte Institut brachte eine Reihe von Verbesserungen an den Einzelheiten der Apparate an und ersetzte namentlich auch die Messung mittels zwei Drähten verschiedenen Materials durch eine solche mit nur einem Draht, bestehend aus einem Metall von sehr geringem Ausdehnungskoëfficient. Die diesbezüglichen Studien des internationalen Bureaus für Mass und Gewicht, an denen neben dem Direktor Benoit sich namentlich unser Landsmann Dr. Guillaume beteiligte, führten zur Wahl einer Sorte von Nickelstahl, Invar genannt, mit 36 % Nickelgehalt, angefertigt in den Stahlwerken von Imphy der Société Commentry-Fourchambault, dessen Ausdehnungskoëfficient je nach der Fabrikationssorte nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{30}$, ausnahmsweise sogar nur $^1/_{240}$ des gewöhnlichen Stahls beträgt. Diese Eigenschaft der Drähte macht eine genaue Kenntnis ihrer inneren Temperatur entbehrlich, es genügt, dieselbe nur approximativ zu kennen.

Um das Verfahren der Längenmessungen mittels Invardrähten in unserem Lande zu erproben und eventuell für künftige Messungen geodätischer Grundlinien zu verwenden, erwarb die schweizerische geodätische Kommission durch Vermittelung des internationalen Bureaus für Mass und Gewicht fünf Invardrähte von 24 m Länge. In ihrer Sitzung vom 6. Mai 1905 beschloss dieselbe Kommission, das Messverfahren zu erproben an einer Grundlinie durch den Simplontunnel, vorausgesetzt, dass die Verwaltung der schweizerischen Bundesbahnen hiefür diesen Tunnel nach Beendigung des Baues für die nötige Zeit zur Verfügung stellen würde.

Es kann dieser Grundlinie nicht die gleiche Bedeutung beigemessen werden wie einer der früher erwähnten geodätischen Basen der Landesvermessung. Dafür liegen ihre Endpunkte zu sehr in tief eingeschnittenen Tälern, wodurch der direkte Übergang auf grosse Dreieckseiten erster oder zweiter Ordnung verunmöglicht wird. Aber sie dient als Kontrollbasis für das Triangulationsnetz des Kantons Wallis, in welchem bisher keine direkt gemessenen Seiten enthalten waren und welches östlich an die Punkte erster Ordnung Titlis, Basodino, Ghiridone, westlich an Rocher de Naye, Suchet und Berra anschliesst. Die Triangulation für die Richtungsbestimmung des Simplontunnels wurde auch von der schweizerischen geodätischen Kommission für ihre Arbeiten der Untersuchung von Lotabweichungen benützt; eine genauere direkte Nachmessung der Entfernung der Endpunkte dieses Netzes war daher auch von diesem Gesichtspunkte aus von Nutzen.

In keiner anderen Gegend unseres Landes würde sich Gelegenheit bieten, eine 20 km lange Basis auf geeignetem Untergrund zu messen, als wie durch den

Simplontunnel hindurch. Es bietet sich zwar dabei die Erschwerung, dass die Messungen im Dunkeln vorgenommen werden müssen. Als Erleichterungen sind dagegen zu bezeichnen: Unabhängigkeit der Messungen von der Witterung, keine plötzlichen, nur allmälige Änderungen in den Temperaturen, durch das Geleise gegebene Richtung und konstante Neigung der Basis.

2. Das Messverfahren mit Invardrähten.

Das Verfahren der Messung einer Basis mittels Invardrähten ist im allgemeinen das folgende:

Man hat eine grössere Anzahl leichter Holzstative zur Verfügung, welche versehen sind mit einem Bronzezapfen. Dieser kann durch drei Schrauben seitlich verschoben und um seine senkrechte Achse gedreht werden. Auf diesem Zapfen ist eine Strichmarke eingraviert. Die erwähnten Stative werden in Abständen von 24 zu 24 Meter, welche mit einem Drahtkabel approximativ abgemessen werden, aufgestellt und in die Richtung der Basis hineingebracht durch Einvisieren der Markenzapfen mittels eines auf den letzten eingerichteten Zapfen aufgesetzten Fernröhrchens. Bei den schweizerischen Basismessungen waren zehn solcher Stative in Verwendung. Jedes fünfte Stativ war mit einem Thermometer versehen, an welchem die Temperatur abgelesen wurde.

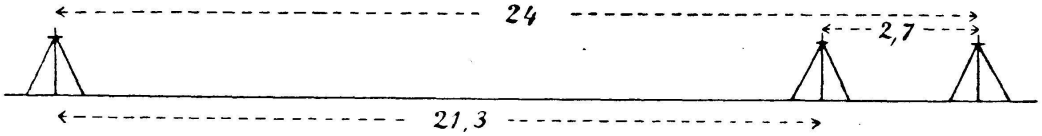
Nachdem die Markenstative in der angeführten Weise in der Basisrichtung aufgestellt sind, wird der Messdraht angelegt. Dieser trägt an seinen beiden Enden Skalen auf dreikantigen Metallstäbchen mit 8 cm langer Einteilung in Millimeter. Die Anlegekante der Skalen befindet sich in der Verlängerung der Drahtachse. An beiden Skalen des Drahtes muss

der Nullpunkt bei der Ablesung am linken Ende sich befinden. Bei Messung einer jeden einzelnen Spanne zwischen zwei Messmarken wird der Draht in Spannung gehalten durch ein Gewicht von 10 kg jederseits, welches durch eine Schnur mittels Haken und Ring mit dem Drahtende verbunden wird. Die Schnur läuft jederseits über eine Rolle in einer in der Basisrichtung aufgestellten Stütze. Das Stellen dieser sog. Drahtstützen erfordert einige Übung, da für die Messung der Draht in der Richtung der beiden Messmarken und seine beiden Skalen möglichst genau in der Höhe derselben liegen müssen. Nach Regulierung der Lage des Drahtes wird an den beiden Endskalen die Stellung der Messmarken abgelesen. Ablesung rechts minus Ablesung links vermehrt um die Entfernung der beiden Skalenpunkte, gemessen gedacht unter einer Spannung von 10 kg, liefert die Entfernung der Messmarken auf den beiden Stativen.

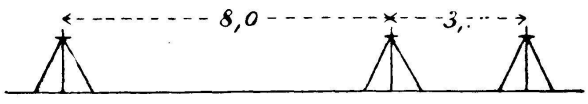
Anfang und Ende einer jeden Basis sind markiert durch einen in den Boden eingelassenen Fixpunkt. Um die erste Messmarke genau in Übereinstimmung zu bringen mit dem Basis-Anfangspunkt, wird senkrecht unter der Messmarke des ersten Stativs ein Senkel aufgehängt und jene seitlich verschoben, bis die Senkelspitze mit dem Fixpunkte übereinstimmt.

Jede Drahtmessung besteht aus fünf Ablesungen durch einen Beobachter am linken, aus ebensovielen durch einen Beobachter am rechten Ende. Nach jeder Ablesung jederseits wird eine kleine Verschiebung der Skalen vorgenommen. Ist eine Spanne gemessen, so wird zur Spanne zwischen den nächsten Messmarken übergegangen, nachdem der Draht durch Aufhängen der Gewichte entlastet und die Drahtenden durch die

beiden Beobachter angefasst worden sind. Die freigewordenen Drahtstützen werden um eine Spanne weiter vorgetragen und dort in den üblichen Abständen von 1—2 m ausserhalb der Messmarken neu gestellt. Die rückwärtigen frei werdenden Markenstative werden nach vorn gebracht, um dort jeweilen von neuem eingereiht zu werden. So schreitet die Messung immer weiter bis zum Schluss der Basis. Dort wird in der Regel ein letztes zu messendes Stück übrig bleiben, welches nicht genau zwischen die Enden des 24 m langen Drahtes gebracht werden kann. Man misst diese letzte Strecke mit Zuhilfenahme eines 8 m langen Drahtes gleicher Konstruktion und eines in Dezimeter eingeteilten Nickelstahlbandes von 4 m, dessen Endteile noch in Millimeter eingeteilt sind. Diese beiden Hilfsmasse reichen für alle Fälle aus. Bleibt z. B. ein Stück von



ca. 21,3 m zu messen, so wird man am einfachsten erst den 24 m langen Draht nochmals anlegen, damit über den Basisendpunkt hinaus messen und von dem neugestellten Stativ die Entfernung bis zu dem über dem Basisendpunkt aufgestellten Stativ von ca. 2,7 m mit dem Stahlband bestimmen. Oder wenn etwas über 10 m vom letzten Stativ bis zum Basisendpunkte



blieben, dann könnte man den Rest erst mit dem 8 m langen Draht und das hierauf noch übrig bleibende Stück mit dem Stahlband abmessen.

Nach der gegebenen Schilderung werden demnach die Entfernungen von Messmarke zu Messmarke der

hintereinander gestellten Stative mit dem Drahte gemessen. Da aber diese Marken in der Regel nicht in einer Horizontalen liegen, so müssen, um horizontale Entfernungen zu erhalten, ihre Höhendifferenzen noch bestimmt werden, worauf eine entsprechende Reduktion vorzunehmen ist. Dies geschieht mittels eines Nivellierfernrohres, mit welchem auf eine auf den nächstgelegenen Stativen angesteckte Mire visiert wird. Durch eine in der Bildebene des Nivellierfernrohres angebrachte Prozent-Skala kann die Neigung nach den Miren abgelesen werden.

3. Die Messungen am Simplon.

Die Basismessungen durch den Simplontunnel, über welche zu referieren mir die Ehre geworden, können in drei Teile zerlegt werden:

1. Die Messungen von den Tunnelausgängen bis zu den beidseitigen Observatorien, welche bei Tageslicht stattfanden und für welche das in Vorhergehendem angedeutete Verfahren Anwendung fand. Auf die am Nordausgang angewendete Methode zur Überspannung der Rhone werde ich noch besonders zurückkommen.

2. Die Messung von den Richtstollenportalen bis auf das Tunnelgeleise, bei welcher als weitere Schwierigkeit die Handhabung der Apparate im Dunkeln hinzutritt.

3. Die Messung auf dem Geleise durch den Tunnel, das weitaus grösste Stück.

Für die beiden letztgenannten Strecken wurden die Messmarken behufs Vornahme der Ablesungen durch Acetylen-Laternen, welche am Stativ befestigt waren, künstlich beleuchtet. Eine ähnliche Beleuchtung trugen die Drahtstützen. Es mehrten sich namentlich die

Schwierigkeiten der Messung für die Partie durch den Richtungsstollen, infolge des beschränkten Raumes und der Zeitdauer, welche das Einvisieren der Stative in die Linie erforderte. Weit günstiger gestaltete sich das Messen, nachdem einmal das geradlinige Geleise erreicht war. Hier war die Anordnung getroffen, dass die Stellung eines jeden Stativs der Messmarken durch einen Streifen in weisser Ölfarbe am äusseren Rande der östlichen Schiene zum voraus bezeichnet worden war. Die Anlage dieser Farbmarken, in Abständen von 24 m, war erleichtert durch den Umstand, dass die Länge der einzelnen Schiene 12 m betrug, mithin zwei Schienenlängen einer Messpanne gleichkamen.

Eine weitere Vereinfachung bei der Messung auf den Schienen bestand darin, dass ein Einvisieren der Stative in die Richtung entbehrlich wurde. Die Stativfüsse wurden direkt auf die Schienen gestellt, und zwar zwei Füsse auf zwei Platten der Ostschiene, deren Entfernung durch ein Kabel von konstanter Länge fixiert war und welche auf die Schiene festgeklammert wurden, ein Fuss auf einer Platte der Westschiene. Durch die konstante Entfernung der Stativfüsse kamen die sämtlichen Messmarken 24 cm von der Geleisemitte gegen die Ostschiene hin zu liegen. Die Basis wurde daher nicht in der Tunnelachse, sondern 0,24 m nordöstlich davon gemessen. Das Mass dieser Verschiebung wurde bei jeder Aufstellung der Stative kontrolliert durch einen unter der Messmarke angehängten Senkel und eine an das Geleise angelegte Latte und wenn nötig berichtigt an den drei horizontalen Stellschrauben des Markenbolzens.

Es bedurfte trotzdem einer Kontrolle, um zu konstatieren, wie gross die Abweichungen des Geleises

aus der geraden Richtung waren und die entsprechenden Reduktionen einzuführen. Dies geschah unabhängig von der eigentlichen Basismessung mittels auf den Schienen aufgesetzten Transparentmarken, welche mit einem durchschlagbaren Theodoliten anvisiert wurden.

Die Neigung zwischen den einzelnen Messmarken brauchte für die auf den Schienen gemessene Strecke auch nicht mehr besonders nachgemessen zu werden. Diese Messmarken hatten infolge der besonderen Art der Aufstellung der Stative immer dieselbe Höhe über den Schienen. Die Schienenneigung war durch ein in derselben Zeit durch die schweizerische Landestopographie ausgeführtes Nivellement festgestellt. Nur beim Übergang der Neigung von 2 $^0/_{00}$ der Nordseite auf diejenige von 7 $^0/_{00}$ der Südseite wurde vom Nivellierfernrohr Gebrauch gemacht, wobei die Miren durch die Stativlaternen mit Leichtigkeit beleuchtet werden konnten.

Zum Gelingen einer derartigen Messung ist eine richtige, stramm durchgeführte Organisation Haupterfordernis. Jeder Beteiligte muss seine Funktionen genau kennen und darf nicht anders als für diese verwendet werden. Von den schweizerischen Bundesbahnen und speziell durch das liebenswürdige Entgegenkommen ihrer Direktion des Kreises I war der Tunnel für die Zeit vom 18. März vormittags 6 Uhr bis zum 23. März vormittags 6 Uhr für die Basismessung zur Verfügung gestellt worden, — eine kurze Zeit zur Durchführung der geplanten Arbeit, aber eine lange Dauer mit Berücksichtigung der kostbaren Zeit, welche bis zur Eröffnung des Tunnels noch übrig blieb.

Um in diesen fünf Tagen und fünf Nächten das vorgesetzte Pensum lösen zu können, wurde die ge-

samte zur Basismessung bestellte Mannschaft in fünf Ablösungen eingeteilt, welche sich in achtstündigen Arbeitsschichten Tag und Nacht folgen sollten. Man hoffte, nach etwas mehr als zweimal 24 Stunden den Tunnel einmal durchmessen zu haben und nach einem Tag Ruhepause in der gleichen Zeit die Rückmessung durchführen zu können.

Jede Ablösung stand unter der Leitung eines Mitgliedes der schweizerischen geodätischen Kommission, welches zugleich als Sekretär die Ablesungen der beiden Beobachter zu protokollieren hatte. Die letzteren waren Ingenieure. Für die übrigen wichtigeren Posten bei der Basismessung waren Studierende des obersten Ingenieur-Kurses des eidgenössischen Polytechnikums beigezogen. Jede der drei Ablösungen bestand aus einem Chef, zwei Beobachtern, drei Studierenden und dreizehn Arbeitern, somit total neunzehn Mann. Unter den Arbeitern nahm der Lampenwart die wichtigste Stelle ein. Derselbe hatte die zur Verfügung stehenden Acetylenlampen fortwährend bereit zu halten, um sie gegebenenfalls gegen schlecht brennende einzutauschen.

Unabhängig von den drei genannten Ablösungen funktionierten die beiden Gruppen, welche mit der Kontrolle der Geleiserichtung betraut waren.

Die Oberleitung der Basismessung hatte in zuvorkommendster Weise Herr Vize-Direktor Guillaume übernommen. Um sich einzuüben und das Personal zum gemeinsamen Zusammenarbeiten vorzubereiten, war zwischen dem 14. und 17. März je in einer Nacht von jeder der drei Ablösungen auf einer geradlinigen Strecke von 950 m der Bahnlinie Visp-Raron dasselbe Längenstück durchgemessen worden, nachdem dieselbe Ablösung am Tage vorher die Messapparate kennen gelernt hatte.

Programmgemäss wurde dann am 18. März morgens beim Nordportal des Tunnels die eigentliche Basismessung begonnen. Bei weiterem Fortschreiten der Arbeit wurden die Ablösungen durch einen Zug, den die Schweizerischen Bundesbahnen bereitwilligst zur Verfügung gestellt hatten, in den Tunnel eingeführt bis zur Stelle, an welcher sie ihre Vorgänger abzulösen hatten. Mit einem und demselben Drahte wurden bis zum 19. vormittags 368 Spannen von je 24 m gemessen. Ein leichter Fall eines der Beobachter, durch welchen der Draht eine Knickung erhielt, gab den Anlass, diesen durch einen andern zu ersetzen, welcher in den Tunnel mit eingefahren worden war. Dieser zweite Draht blieb dann in Anwendung für den Rest der Hinmessung, wie auch für die ganze Rückmessung.

Gegen Mittag des 20. März konnte auf der Südseite das gerade Geleise von der Messungsmannschaft verlassen werden, um den Richtungsstollen zu durchmessen und am Nachmittag des gleichen Tages fand der Anschluss von dem an der Ausmündung des Richtungsstollens gelegenen Fixpunkte nach dem Observatorium und von diesem wieder zurück nach genanntem Fixpunkte statt. In diesen letzten Partien konnte man sehen, welchen Vorteil für die Raschheit der Messung die Aufstellung der Stative auf dem geradlinigen Geleise gewährt hatte durch Wegfall der Funktionen des Einvisierens in die Richtung, des Nivellierens der Messmarken und Abmessens ihrer Entfernung. Sobald das Geleise verlassen war, ging die Messung viel langsamer vor sich, denn einzelne Teilnehmer mussten hier Arbeiten übernehmen, welche sie auf dem grössten Teil der Strecke nicht zu versehen hatten.

Nach je 100 gemessenen Spannen, sowie bei den

Übergängen von den beidseitigen Richtungsstollen auf das Geleise wurden Fixpunkte angebracht, welche eingemessen wurden und gestatteten, nicht nur die ganze Länge des Tunnels für Hin- und Rückmessung zu vergleichen, sondern auch die einzelnen Teilstrecken von Fixpunkt zu Fixpunkt. Es waren dies eiserne Bolzen auf verstellbarer Unterlage, auf deren Oberfläche sich eine Kreuzmarke befand und welche auf den Bahnschwellen aufgeschraubt wurden. Die Lage der Messmarke wurde jeweilen mittels angehängtem Senkel mit dem Fixpunkt in Übereinstimmung gebracht.

Die Rückmessung, vom Richtstolleneingang der Südseite ausgehend, begann wieder am 21. März morgens. Am 23. morgens 6 Uhr blieben noch zirka 500 m bis zum Ausgang des nördlichen Stollens; noch am Vormittag des gleichen Tages fand unter starkem Schneefall der Anschluss daselbst statt.

Infolge der ungünstigen Witterung konnte erst am 24. März morgens daran gedacht werden, das noch bleibende Stück von dem am linken Rhoneufer vor dem Richtstollen-Ausgang angelegten Fixpunkte über die Rhone nach dem zirka 290 m entfernten trigonometrischen Punkt hin und zurück zu messen. Die Arbeit war lang und zeitraubend, da bei der unregelmässigen Gestaltung des Geländes und dessen kiesiger Beschaffenheit die Aufstellung der Stative eine äusserst schwierige wurde. Zudem musste zuerst die etwa 20 cm hohe Schneeschicht aus der Richtung entfernt werden. Die Messung selbst vollzog sich bei beissendem Winde. Zur Überspannung der Rhone wurde ein Draht von 72 m Länge verwendet, welcher durch Gewichte unter einer Spannung von 20 kg gehalten wurde. Der Verkehr zwischen den Stationen auf beiden Ufern geschah durch

telephonische Verständigung. Das zirka 31 m lange Stück vom trigonometrischen Punkt der Nordseite bis zum äussersten Basisfixpunkt am Beobachtungspfeiler des Observatoriums wurde am 25. März doppelt gemessen.

Alle die erwähnten Messungen wurden jeweilen nur mit einem Drahte ausgeführt; die übrigen 4 Drähte, welche zur Verfügung standen, hatten den Zweck, zu konstatieren, ob allenfalls im Laufe der Messungen dieser eigentliche Messdraht seine Länge nicht ändere, abgesehen von der Änderung infolge der Temperatur. Eine erste Vergleichung der 5 Drähte fand vor Beginn der Längenmessung auf einem eigens dazu eingerichteten Komparator in Brig statt, eine zweite nach Schluss derselben. Die Drähte gelangten nach Brig direkt von Sèvres, wo sie auf dem internationalen Bureau für Mass und Gewicht sowohl unter sich, als auch mit Bezug auf ihre absolute Länge verglichen worden waren. Eine analoge Überprüfung fand ebendaselbst nach ihrem Gebrauch statt.

4. Vorläufige Ergebnisse der Basismessung.

Über den Aufwand an Zeit bei der Basismessung durch den Simplontunnel lässt sich folgendes sagen:

Für die Strecke auf dem geradlinigen Geleise bedurfte es auf eine Entfernung von 19 256 m 52 Stunden 30 Minuten bei der Hinmessung, Aufenthalte und Ruhepausen miteingerechnet, und 41 Stunden 30 Minuten bei der Rückmessung, mithin durchschnittlich auf **409** m eine Stunde. Die grösste erreichte Messgeschwindigkeit im Durchschnitt der zirka achtstündigen Arbeitszeit einer Ablösung betrug über 500 m per Stunde. Durch die Angewöhnung der Messgruppen steigerte sich auch die Arbeitsleistung mehr und mehr.

Zur Durchmessung der beiden Richtungsstollen bedurfte es beim Hinweg 3 Stunden 45 Minuten auf nur 501 m, beim Rückweg zirka 7 Stunden 40 Minuten. Man mass also pro Stunde nur 133 m bezw. 65 m.

Die Schlussresultate der Basismessung sind noch nicht vollständig ausgerechnet. Ich kann daher nur provisorische Ergebnisse mitteilen. Für jede gemessene Spanne muss zu der durch das internationale Bureau für Mass und Gewicht für eine bestimmte Ausgangstemperatur (15 ° C.) festgestellten Entfernung der Nullmarken der Drahtenden die Differenz der an den beiden Endskalen gemachten Ablesungen in Anrechnung gebracht und muss die Ausdehnung des Drahtes infolge der Temperaturänderungen berücksichtigt werden. Dazu kommen ferner die Reduktionen der in Neigung gemessenen einzelnen Spannen auf die Horizontale und allfälliger Abweichungen aus der geraden Richtung.

Die zwischen den Fixpunkten im nördlichen und südlichen Observatorium gemessene Länge betrug

für die Hinmessung	20 146 011 mm
für die Rückmessung	20 146 033 mm
Differenz	22 mm

oder rund 1 Millionstel der Basislänge.

In diesen Zahlen ist angebracht die Reduktion für die Höhendifferenz der Messmarken auf den in den Richtstollen gemessenen Strecken, nicht aber diejenige für die gleichen Höhendifferenzen auf der Geleisestrecke und für die Abweichungen des Geleises aus der geradlinigen Richtung. Diese letzteren Reduktionen sind noch nicht berechnet; sie sind für beide Messungen gleich gross und werden voraussichtlich die Basislänge um zirka 3 Dezimeter verkleinern, wodurch dieselbe auf rund 20 145,7 m gebracht wird.

Vergleicht man die einzelnen Messstrecken zwischen den im Tunnel alle 100 Spannen angelegten Zwischenfixpunkten, so stimmen von 8 Vergleichsstrecken zu 2400 m Hin- und Rückmessung

bei vieren innerhalb 1 : 1 000 000
bei dreien „ 3 : 1 000 000

und eine erreicht eine Differenz von 12 mm = 5 Millionstel. Diese letztere Differenz überschreitet die Grenze der erwarteten Fehler. Leider kann die Strecke infolge der Entfernung der Zwischenfixpunkte nicht mehr kontrolliert werden. Immerhin ist das Gesamtresultat noch günstig. Schon die Vergleichungen der Drähte lassen keinen wesentlich grössern Genauigkeitsgrad erwarten als 1 Millionstel.

Mit der Triangulation für die Absteckung des Simplontunnels verglichen ergibt die Basismessung ein um 0,5 bis 0,6 m grösseres Resultat. Diese Differenz fällt aber nur zum geringsten Teil den Beobachtungsfehlern jener Triangulation zur Last, rührt vielmehr grösstenteils von der Fehlerübertragung der Winkelmessungen im Triangulationsnetz zwischen der Tessiner Basis und der Dreieckseite des geodätischen Hauptnetzes her, welche für die Simplontriangulation als Basis benützt wurde, wie ich dies schon früher im Berichte von 1901 an das schweizerische Eisenbahndepartement über die Absteckung des Simplontunnels nachgewiesen habe.

Aus der Basismessung für den Simplontunnel kann gefolgert werden, dass Messungen mit Invardrähten Genauigkeiten liefern können, welche bei grösserer Handlichkeit der Apparate sich denjenigen mittels Metallstäben nähern. Bei guter Organisation kann damit die Zeitdauer der Messungen auf den dritten Teil oder weniger reduziert werden, womit auch beträchtliche Kosten erspart werden.

Über Form und Grösse der glazialen Erosion.

Von *J. Früh,* Zürich.

Angesichts der grossartigen neueren Untersuchungsergebnisse über rezente Gletscher in den verschiedenen Hochgebirgen der Erde, den beiden arktischen Calotten und die Vergletscherungsgebiete beider Hemisphären, insbesondere der „Alpen im Eiszeitalter“ [1]), schien es mir als eine Dankespflicht, in einer Grundfrage vor einer Korporation Stellung zu nehmen, in deren Annalen die ersten und bahnbrechenden Arbeiten niedergelegt sind, zuletzt in den Verhandlungen 1891 und 1892. Ich würde es nicht gewagt haben, dieses Thema anzuschneiden, wenn ich mich nicht durch vierzehnjährige gelegentliche und systematische Studien für die Morphologie unseres Landes bemüht hätte, mir hierin ein selbständiges Urteil zu bilden und ich nicht im Stande wäre, weitere aufklärende Beiträge zu bieten. In diesem Rahmen muss ich mich allerdings aus der Fülle von Tatsachen auf die Anführung weniger Beispiele beschränken. Zitate sollen mehr oder weniger vermitteln.

Unter Erosion verstehe ich hier sowohl den Massentransport als die mechanische Abnützung der Unter-

[1]) Von *A. Penck* und *E. Brückner,* Leipzig seit 1901 (8. Lief. 1906); in der Folge als P-B zitiert, wobei eine Kritik als Zweck dieser Abhandlung ausgeschlossen ist.

lage. Jener begegnet keinen Widersprüchen. Diese ist qualitativ unbestritten. Divergenzen bestehen nur hinsichtlich der Grösse, der Tragweite (*Baltzer,* Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 30. Lief., 1896, 112). Der Entscheid darf mit *Heim* (Gletscherkunde, 1884, 372) „allein durch direkte Beobachtung und Bildung des Blicks", „durch Vermehrung des Beobachtungsschatzes" begründet werden (*Penck,* Verh. des internationalen Geogr. Kongresses Berlin, 1899, 238). Meine Studien über die Drumlinslandschaft 1893 bis 1894 führten mich zur Überzeugung, dass Erörterungen über physikalische Vorgänge, Einzelerscheinungen, Kleinformen etc. an und für sich nie zum Ziele führen können, nur die synoptische Betrachtung sämtlicher Phänomene innerhalb eines ganzen Gletschergebietes, die Erfassung ganzer Individuen. Hiefür waren die in neuer Zeit von längst verlassenen tieferen Teilen diluvialer Gletscherlandschaften nach den oberen aperen und schliesslich noch erhaltenen Rückzugsstadien von Gletschern geführten Studien von grösstem Erfolg begleitet.

I. Die glaziale Erosion im allgemeinen.

Die Diskussion dreht sich in nuce um die Genesis der Skulpturtäler. Die Differenzen der fluvialen und glazialen Erosionsformen sind qualitativ von Prof. *Heim* a. a. O. so trefflich und übersichtlich dargestellt worden, dass es hier genügt, darauf verwiesen zu haben.

Als riesiger Schleifapparat weitet, rundet und poliert der Gletscher, erzeugt talauswärts geneigte Schrammen mit von *Saussure* erkannter oberer Schliffgrenze zwischen den tieferen „têtes arrondies" und den höheren „cimes sourcilleuses" (Voyages III, 1783, § 1707), wodurch

Mittel- und Hochgebirgsformen (*Richter*, Geomorph. Untersuchungen 1900, 39) geschieden werden, welche der grosse Genfer zuerst eindrucksvoll durch den Gegensatz des „massif non interrompu et uniforme“ [1]) und der höhern „pyramides“ aus dem Chamounix abgebildet hat (a. a. O. II, 1794, § 655, 677; hiezu III, Pl. I, Neuchâtel 1796).

Zu den ältesten vom Volk erkannten Kleinformen im Gletscherbett gehören die „Nollen“ der Berner Hochgebirge, die von *S. Gruner* 1760 beschriebenen „Helleblatten“ südlich Handeck (Grimsel), der Brustberg am Vorder-Zinkenstock (ib. S. 49), d. h. die von *Saussure* zuerst zwischen Martigny und Balme im Rhonetal beschriebenen „Montagnes moutonnées“ (a. a. O. II, § 1061) [2]), wofür „Rundhöcker“ die exakte Übertragung ist. Alle glazialen Formen bilden einen scharfen Gegensatz zu den Verwitterungsformen, den Ecken und Crêts der Splitterzonen.

Für mich bestand nun eine Hauptaufgabe darin, die Zerstörungsart der glazialen Landschaft oder die Erhaltungsfähigkeit ihrer Elemente nach Lage und Gestein (Molasse, thonige, kalkige und krystalline Felsarten) kennen zu lernen und zwar nicht bloss in Einzelformen, sondern auch

---

[1]) § 656 nennt er Blaitière dessous une terrasse naturelle, wie *Richter* l. c. 39 von „hohen Terrassen“ („Talterrassen“) spricht, welche den höheren Ketten „angelagert sind“.

[2]) Seit *Agassiz* (Etudes, 1840) als Roches moutonnées in die Literatur eingeführt. *J. S. Wyttenbach* übersetzte in der deutschen Ausgabe der „Voyages“ (Leipzig, 1788, IV. Teil, S. 270) mit „brustförmige Erhöhungen“. Den gerundeten Schollberg im Rheintal hörte ich bei Sargans mit „Frauenherz“ vergleichen.

in deren Verbande, weil ja manche Form auf mehr als eine Art entstanden sein kann, aber endgültig im Zusammenhang mit der Nachbarschaft definiert werden muss. Eine detaillierte Darstellung behalte ich mir vor. Hier sei nur auf den grossen Gegensatz der Landschaft des thonig-kieseligen Verrucano der linken und den Kalken der rechten Seite des Seeztales (top. Atlas!) verwiesen. Dort Erhaltung, hier Zerstörung der runden Bildungen.

Nur in den tiefsten, vom Eise zuletzt verlassenen Partien zeigt auch der Kalk runde Formen (Castels, Mutsch bei Ragnatsch, St. Georgen etc.). Der Säntis ist postglazial so stark abgesplittert, dass man versucht sein könnte, die Wirkung der ehemaligen Eisdecke als geringfügig zu taxieren, während im Engadin der Gegensatz von „Muotta“ und „Piz“ jedermann geläufig ist.

Kann man die Taktik eines sich rasch ändernden Flusses leicht direkt beobachten und gibt es daher keine bezüglichen wesentlichen Kontroversen, so ist die direkte Beobachtung bei dem trägen, massigen, sich erst nach Jahrhunderten und Jahrtausenden stark ändernden Eisstrom äusserst schwierig. Man ist fast ganz auf Form und Grösse der Arbeit in der aperen Landschaft und die Moränen verwiesen und namentlich auf den Unterschied der Formen von vereisten und nie vergletscherten Gebieten.

Im Alpenvorland herrschen vielfach Grundmoränen vor mit oft mehr als 3 m^3 grossen, allseitig gerundeten Blöcken und ausgesprochener Lokalfacies, d. h. reicher Beteiligung von Sandsteinen, Mergeln und Süsswasserkalken der Molasse.

Nach *Gutzwiller* bestehen die Grundmoränen von

Andelfingen-Ossingen „wesentlich aus umgearbeiteter Molasse“ und kann man sie oft nur durch eingeschlossene Erratica von anstehender Molasse unterscheiden („Beiträge“, XIX, 121 und 118). Die starke Aufbereitung der Molasse durch Gletscher betont *Baltzer* aus der Umgebung von Bern, wo dieselben Schwierigkeiten bestehen für den Unterschied von Schutt und anstehendem Fels (l. c. 112—114). *Brückner* (P-B 579) hebt die mächtigen Quarzsande mit gekritzten Geschieben aus der Umgebung Schmitten-Freiburg hervor. Ich bestätige aus langer Erfahrung diese Daten für Wald-St. Anton (Appenzell), Thurgau, Ägerisee-Zugerberg, Klein Dietwil-Luzern, Gegend von Knonau, Zofingen-Langental etc.

Stammt nun diese Lokalfacies nur aus dem präglacial gebildeten Verwitterungsschutt der Landschaft oder ist sie — auch grössere Molassegeschiebe — teilweise ein Produkt der Erosion? Hierauf kann folgendes geantwortet werden:

a) Der einmal entstandene Schutt bildet schliesslich eine Schutzdecke und die Tiefenverwitterung ist begrenzt.

b) Nach einer bestimmten Zeit müsste der Schutt verfrachtet und die Unterlage schuttfrei gewesen sein, ein „barren ground“ (Über der etwa 1 Ar grossen, fein abgeschliffenen und polierten Nagelfluh von Steinerberg [1]), die ich seit 1892 beobachtete, fand ich nur Obermoräne aus alpinem Kalkschutt), denn:

1. Verfrachtung von Schutt lehren die Drumlins, die ich mit P-B jedenfalls für das alpine Vor-

[1]) Jahresbericht der geographisch-ethnographischen Gesellschaft Zürich 1905—06, 16.

land als umgearbeitete Moränen auffassen muss [1]) und zwar aus folgenden Gründen: Sie knüpfen sich alpenwärts an Rundhöcker, beginnen dann häufig als niederste und zarteste Formen, um in der Aussenzone der Drumlinslandschaft höher zu bleiben und endlich mit Wallmoränen grössere Ähnlichkeit zu haben; dies ist der Ausdruck abnehmender Bearbeitung und Umformung als Ganzform und in den Materialien. Nun sind die Drums das Produkt einer Gletscherschwankung; wie viel grösser muss der Angriff innerhalb einer ganzen Eiszeit gewesen sein?

2. Man findet ferner innerhalb der Grundmoräne der Würmeiszeit im Thurgau grössere Geschiebe verfrachtet von älterer quartärer Nagelfluh von Hohlestein (Thurgau) nach Hohtannen, solche vom Bischofsberg nach Last (*Gutzwiller*), Schieferkohle an der Thur bei Sulgersteg *(Heim, Früh)*, löcherige, älteste Nagelfluh von Salen-Reutenen nach Westen verschleppt oberhalb Steckborn, Phonolith von Hohentwiel in der Grundmoräne im Kanton Schaffhausen. Soll das alles Schutt vor dem Gletscher gewesen sein? Hiezu ist zu bemerken, dass der obermiocäne und in den Grundmoränen so reichlich vertretene Molassesandstein sehr leicht zerfällt. In Materialgruben frei gelegt, genügt ein Winter zur Bildung „geborstener Geschiebe“ (*Laspeyres*, 1869) [2]) und damit ist ein schneller Zerfall eingeleitet. Da diese Sandsteine 0,1—> 1 m gross, allseitig

[1]) Mitteilungen thurg. nat. Gesellschaft, XVII, 1906.

[2]) *Früh*, Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. Denkschr. d. schweiz. nat. Ges. Bd. XXX, Basel 1888, 178 ff.

gerundet und intakt in Grundmoränen liegen und auf weitem Weg der Abnützung verfrachtet wordeu sind, müssen sie entweder Kerne ehemaliger grosser Blöcke darstellen oder in grösserer Form vom Eise direkt erfasst worden sein.

3. Zu demselben Schlusse führen noch folgende Tatsachen:

   Der Thurgau hatte, nach Verteilung von Grundmoränen und Gletscherschliff am Hohentwiel zu urteilen, bei höherem Stand des Eises keine Nunataker und von da an war eine Speisung der Grundmoräne aus Obermoräne unmöglich. Dieser Zustand muss in Anbetracht der westlichen Ausdehnung des Rheingletscherfächers lange gedauert haben.

Nun ist ein kalkreiches, als Baumaterial sehr geschätztes, wetterfestes Gestein, die subalpine „Seelaffe", durch den ganzen Thurgau bis zur Endmoräne westlich Schaffhausen verbreitet. Nur im „Grauen Stein" bei Fruthwilen (Ermatingen) in 512 m ist sie als nicht gerundeter grosser erratischer Block erhalten, sonst nach meiner Erinnerung als stumpfkantig bis abgerundet. An der obersten heutigen Kante am Rossbühl südwestlich Rorschach steht sie in 960 m an, d. h. gegenüber Gäbris, wo geritzte Geschiebe in 1200 m liegen, in einem Gefäll von 2,6—2,8 % (Concordia = Ober-Aletschgletscher 6 %). Soll die „Seelaffe" einst auch höher hinauf geragt haben, so ist man mit *A. Ludwig* berechtigt, anzunehmen, dass dieses Gestein unmöglich in toto aus Verwitterungsschutt oder Nunataker abgeleitet werden kann [1]).

[1]) Jahrbuch der naturw. Gesellschaft St. Gallen pro 1905. St. Gallen 1906, 165, mit vielen anderen kritischen Bemerkungen.

Dasselbe gilt für den wetterharten und beliebten „Appenzellergranit“ Lichtensteig-Feldbach am Zürichsee, der durch den Linthgletscher verbreitet wurde, beispielsweise am Bachtel bis 1000 m. Westlich und östlich Laupen sind die obersten anstehenden Bänke in 820—470 m, bei Laupen 620—670 m. Angenommen, die Felsen wären nicht glazial erodiert worden, so bildeten sie während des mittleren und höchsten Standes des Eises keine Nunataker und lieferten keine Ober- und damit keine Grundmoräne und letztere wäre allein aus Verwitterungsschutt gebildet, der bei der Qualität des Gesteins nicht sehr bedeutend gewesen sein kann. Westlich Wald (nordwestlich Laupen) finden sich nun bei „Burg“ Moränen, die einer Rückzugsschwankung angehören, überwiegend aus Geröllen der dort anstehenden Nagelfluh und runden Blöcken des Appenzellergranits gebildet, d. h. in einer Mischung, die nicht anders als durch Mithilfe lokaler Erosion zwanglos erklärt werden kann.

II. Hauptwirkungen der glazialen Erosion.

Die Wirkung des Schleifapparates im Alpenvorland zeigt sich in den unregelmässig flachwelligen Unebenheiten der gelegentlich aufgedeckten Schliffgebiete, z. B. Mechanikergebäude Zürich, Gletschergarten Luzern, Steinenberg, Gletscherfeld bei Bregenz etc. Dabei enthielt die Grundmoräne über Süsswasserkalk in Münchwilen und Obfelden zahlreiche entsprechende Splitter.

Über dem flächenreich polierten Malm auf dem Wippel bei Thayngen liegen innerhalb der deckenden Grundmoräne bis 75 und 80 cm hinauf grössere und kleinere Malmbrocken (1 – 40 cm) und doch hatte sich das Eis von hier noch bis westlich Schaffhausen be-

wegt, so dass ein grosser Teil des allfälligen Schuttes durch jene Bewegung bereits verfrachtet war.

„Furchen, flache Hohlkehlen“ [1]) sind nicht selten, z. B. an der Grimselroute bei Ramseli-Gaulibühl, nördlich Handegg, rechtes Ufer, auf „Helleblatten“ mehr als 1 m breit und 0,1 m tief, unterhalb des Spitalbodens 40 cm tief und um Grimselhospiz von 50 cm Breite und 40 cm Tiefe. Sie fallen auf unterhalb Unter-Sewelen im Murgtal und um die Murgseen bis 35 cm Tiefe, Südseite des Inselberges „Tiergarten“ bei Mels, Bernina, 0,1 m tief in Schrattenkalk am Bühel im Rheintal etc.

Was die viel besprochenen Rundhöcker betrifft, die in den Dimensionen ebenso schwanken wie „Geröll“ und „Block“, so ist der Gegensatz zwischen Stoss- und Leeseite nicht uneingeschränkt gültig. Einmal lassen sich zahlreiche Beispiele anführen, wo die Abrundung auch im Lee tadellos und selbst bei 35—40° Böschung noch deutlich ausgeprägt ist, ja unter Umständen bei viel steileren Gehängen, beispielsweise nordöstlich Grimsel-Hospiz. Auf den einer näheren Untersuchung werten Eisscheiden vieler Pässe, wie Grimsel, Gotthard, Bernina, dürfte sich der Einfluss steil wirkender Schleifkomponenten in ensprechenden Formen lehrreich darbieten. Es ist übrigens sehr darauf zu achten, dass man intakte, nicht durch Splitterung auf der Leeseite deformierte Beispiele in Betracht zieht. Auf dem Maloja erhielt ich den Eindruck besonders scharfer Steilseiten unter Mitwirkung einer durch korrespondierende Clivage nach Westen begünstigten Abwitterung.

[1]) *B. Studer,* Lehrbuch der physikalischen Geographie, I, 1844, 372.

Die meisten Täler sind Skulpturtäler, Erosionstäler und zerfallen in Fluss- und Gletschertäler oder Wasser- und Eistäler. *G. S. Gruner* (Die Eisgebirge des Schweizerlandes, 1760, 41) nennt mit Gletscher erfüllte Täler „Eistäler". *H. Gerlach* hebt für den Montblanc hervor, dass das Mer de Glace u. a. beweise, dass auch die „gefrorenen Ströme" sich (im Sinne eines Kar) hineinbohren und auf diese Weise breite, tiefe, zirkusförmige „Gletschertäler" entstehen (Beiträge zur geologischen Karte der Sehweiz, IX, 1871, 3, 43, 74, 80). Für beide Talformen ist die „Form des Querprofils von hervorragender Bedeutung".

Dies bereits 1872 in präzisester Weise ausgesprochen uud des nähern beschrieben zu haben, ist das bleibende Verdienst von ***F. J. Kaufmann*** in Luzern („Beiträge", XI, Bern 1872, S. 441 ff.). Unabhängig von ihm vertritt *A. Helland* [1]) 1876 vor der Geol. Soc. in London dieselben Ideen und sie sind dann von *Suess* 1888 (Antlitz II, 423), *Steinmann* 1896, *E. Richter* l. c. 1900, *Penck* [2]) l. c. 1899, *W. M. Davis* [3]) 1900 und 1906, P-B l. c., *E. De Martonne* [4]) u. a. bestätigt und weiter begründet worden.

Die langsamen Gletscher arbeiten in die Breite. Wenn die Rhone bei Porte de Scex im Wallis bei

[1]) Ice Fjords etc. in Q. J. of geol. Soc. XXXIII, 1877.

[2]) Universitäts-Festschrift Freiburg i. B. und *A. Huber*, Beiträge zur Kenntnis der Glazialerscheinungen im südöstlichen Schwarzwald (J. f. Min., Beilageband 21, 1905, S. 397—466).

[3]) Glacial Erosion in the valley of the Ticino (Appalachia IX, 1900, 136—56 und Ill.); the Sculpture of Mountains by Glaciers, ill. (Scot. Geogr. Mag. 1906, 14 S.).

[4]) *De Martonne*, Fjords, Cirques, vallées alpines et lacs subalpins (Ann. Géogr. X, 1901, 289).

Hochwasser am 11. Juli 1902 mit 5,4 m Tiefe einen Querschnitt von 425 m^2 aufwies, so hatte vergleichsweise der eiszeitliche Gletscher daselbst nach P-B 593 ein Profil von 12 qkm, d. h. ein 28,000 Mal grösseres; damit ist die benetzende, wirksame Fläche des Gletschers entsprechend grösser als beim Fluss und hat hierin das Eis eine Kompensation für die geringe Geschwindigkeit. Auch der Druck einer Profilsäule ist vermehrt. Er betrug beziehungsweise für die Rhone per Quadratmeter Grundfläche 5400 kg, für das Eis bei Schliffgrenze in 1500 m innerhalb 1300 m Dicke über eine Million Kilogramm, d. h. das 185fache des Wasserdrucks, worin für die Erosionskraft der Gletscher eine zweite Kompensation gegeben ist. Unter Hinweis auf obige Literatur, topographische Karten vergletscherter und nicht vergletscherter Gebiete (Beskiden- und intramoränische Alpentäler in 1 : 75,000 oder 1 : 50,000) kann ich die zwei Talformen (Flusstäler = F und Gletschertäler = G) kurz charakterisieren:

a) Das F ist „eng, ein Engtal mit keilförmigem Querschnitt“ (*Kaufmann*), ein V-tal (*Helland*), ein Sägetal (*Huber*).

   Das G ist weit, ein Breittal mit bogenförmigem oder muldenförmigem Querschnitt, ein Bogenbreittal, intramoränisch, mit Gletscherschutt, Seen, Sümpfen (*Kaufmann*), ein U-tal (*Helland*), eine „U-förmig ausgeschliffene Gletschermulde“ (*Suess*); die den Montblanc begrenzenden Längstäler sind nach *Gerlach* „durch die Gletscher schön ausgebaucht“.

b) Das F erscheint bei standfestem Gestein als Rinne, das G fjordartig (*Huber*), als Trog, Taltrog „mit vollkommenster U-Form“ (*Richter*), mit Schliffen

und Höckern, felsiger Sohle und nicht zu verwechseln mit dem trapezförmigen Profil reifer Flusstäler extramoränischer, nicht vergletscherter Gebiete, den Winkelbreittälern mit Alluvium, „ohne Seen“ (! *Kaufmann*), dem Taltrog seitlich erodierender Gewässer (*Penck*, Morph. II, 66, 111) mit oft konvexen Gehängen.

c) Aus a) folgt die nach *Davis* (1900, 143) von *King* aus den Uinta Mountains und von *Steinmann* und *Huber* aus dem Schwarzwald, von *Suess* aus dem nördlichen Norwegen, von *Richter* (l. c. 52) vom Gaalgletscher beschriebene charakteristische Folge von enger unterer und breiter oberer Talstrecke in beziehungsweise nicht vereisten und vergletscherten Abschnitten eines Talsystems.

d) Das F ist vielfach gewunden, zeigt Serpentinen, Sporne, geradezu S-förmig, axial von geringer Sicht (untere Töss, Necker, Trockental Bichelsee); das G ist ohne Serpentinen, jedenfalls nur sehr schwach gekrümmt, ausgeweitet, nicht verästelt, in der Regel „steif gerade“ (*Kaufmann*), axial sichtig, wie die überraschende Licht- und Raumfülle des Oberengadin lehrt. Auf der Nordseite des Mont Cantal (Auvergne) konnte sich *Davis* (1900, 141—42) von der Erosionskraft der Gletscher überzeugen, indem das fluviale S-tal des Rhue im obern Teil in ein höckeriges, gerades Gletschertal umgeformt worden ist.

Es gibt scheinbare Fluss- und Gletschertäler. Durch Schutthalden kann das Trogtal allmälig in ein scharfes V-tal verwandelt erscheinen, z. B. stellenweise das untere Murgtal; allein bei der ersten Brücke ob Murg tritt das ursprüngliche Felsenbett unter dem Schutt zutage.

Umgekehrt kann durch Schutthaldenfüsse ein fluviales Trogtal scheinbar in ein glaziales U-tal umgeformt werden.

Am schärfsten sind die Trogtäler im krystallinen Gebiet erhalten (Wallis, Tessin, Graubünden etc.); ein Blick auf eine topographische Karte des Gotthardgebietes, Zermatt u. a. lässt die steifen, bandförmigen, wie mit einem Hohleisen auf einmal ausgearbeiteten Tröge sofort erkennen (Val Maigels, Val Cornera, Val Nalps usw.). Eindrucksvoll erscheinen mit ihren höckerigen Felsensohlen die Ausgänge hangender Seitentröge, wie die ideale Valletta di Samaden bei Spinas im Val Bevers, das Passtal des Julier ob Silvaplana vom Hahnensee aus, Albula, Val Fex und Fedoz, Muretto, Val Roseg — Tal des Gelmersees an der Grimsel — Guspistal an der Gotthardroute — Murgtal im Verrucano u. s. f. Den ersten überzeugenden Eindruck eines Kalktroges gab mir das Imfeld'sche Relief der Jungfraugruppe (1 : 2500) mit dem Lauterbrunnental; feierlich ist das Gasterental.

Mit Recht kann man sich fragen, ob denn der Trog nichts anders sei als ein erweitertes, vorausgegangenes Flusstal, ob also — um mit *Baltzer* l. c. 111 zu reden — der Gletscher nur der formgebende Faktor bei der Talbildung sei, mit der Entstehung aber sonst nichts zu tun habe. Nun ist zu beachten, dass die typischen Trogformen nur aus vereisten Gebieten bekannt sind (Hochgebirge, Skandinavien, Schottland, Nordamerika mit Alaska, Patagonien etc. mit total übereinstimmenden „Fjord-Tälern") und dass sie — wo erhalten — einen zirkusartigen Trogschluss mit breiten Hochböden aufweisen (Schmadribach des Lauterbrunnentales, Murgtal auf der kraftvollen Eschmann'schen Schraffenkarte

des Kantons St. Gallen 1846 in 1 : 25,000 und Zenitalbeleuchtung), der mit Karen oder einem rezenten Gletscher in direktem Zusammenhang steht. Es fehlen Talverästelungen oder sie erscheinen bei grandiosen Einzugsgebieten (Zermatt) wieder als Tröge oder Trogschlüsse.

Jedermann wird sich überzeugen können, dass — streng genommen — ein prinzipieller Unterschied zwischen Wasser- und Eistal nicht besteht (*Davis* 1900, 154), namentlich nicht in der extremen Betonung von

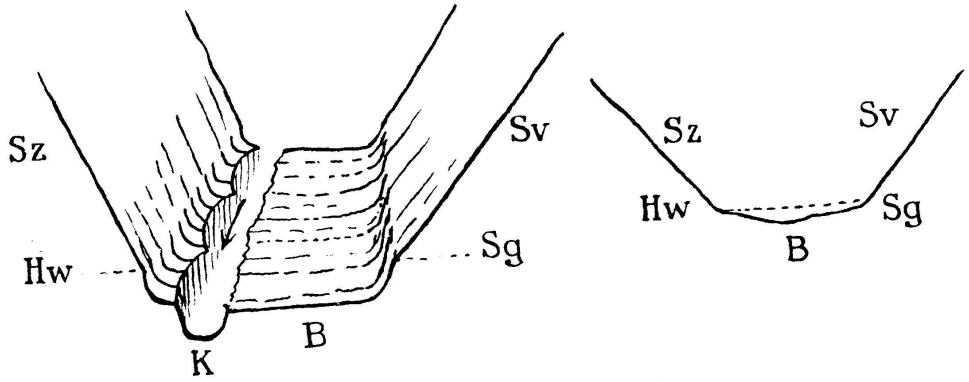


Fig. 1. Links (erhöht gezeichnetes) Sihlbett bei Niederwasser unterhalb Haslaubsteg; rechts gewöhnliches, abgeschrägtes Flusserosionsbett. Hw B Sg trogartiges U-tal (Schliffbett) mit Hochwasserzone Hw = Schliffgrenze Sg; K Kolk mit Wandresten von Erosionskesseln; Sz Splitterzone = Böschungen Sv des eigentlichen V-tales.

V- und U-tal, sobald man, wie *Penck* zuerst trefflich hervorgehoben hat (1899, 239), nur Homologes vergleicht, d. h. die wirklich benetzten oder benetzbaren Fluss- und Gletscherbette.

Treffliche Beispiele bieten Molassetäler. Ein eigenartiges zeigt das junge, während und nach der Würm-Eiszeit gebildete Sihltal. In Fig. 1 stehen wir Mitte November 1904 im Flussbett selbst unterhalb Haslaubsteg (Südost-Ecke top. Atlas, Blatt 191, östlich Wilersee zwischen Coten 624 und 664 m). Hier streicht in

ENE auf kurze Strecke 35—70° SE fallende dünnplattige, glimmerreiche und mit Schlammschneckengängen erfüllte Molasse des Helvetian durch. Man ist sofort überrascht, befindet man sich doch in Luftlinie $6^1/_2$ km NW der nördlichsten Molasse-Antiklinale bei Schindellegi. Wer hätte hier diese lokale, auf wenige hundert Meter reichende Stauchung (Falten-Verwerfung?) erwartet? Fortsetzungen derselben sind mir zurzeit nicht bekannt (vgl. Dufour geol. Bl. VIII und IX und Karte bei *Aeppli*, „Beiträge", 34. Lief., 1904). Aber man kann sich des Eindrucks nicht verschliessen, dass die flache Antiklinale durch die untere Sihl und den mittleren Zürichsee mit Scheitel Horgen die Austönung dieser Dislokation darstellen dürfte. Das ausgeschliffene Bett mit schwach von links nach rechts geneigter Sohle ist hier U-förmig. Die beiden Ufer erheben sich auf 0,9 m konkav (und hier besonders steil, statt abgeschrägt, weil grosse, abgestürzte erratische Blöcke bei Hochwasser Flussteilungen und damit Prallstellen hervorrufen) über die Felsensohle zur deutlichen Hochwasserlinie, einer scharfen Schliffgrenze, oberhalb welcher die rascher zurückweichenden Böschungen der einstürzenden Splitterzone (des eigentlichen V-tales) beginnen. Innerhalb des Bettes ist man in einem Troge, einem Schiff, dessen Bauchspanten durch die gegen die Schliffgrenze als Rippen erscheinenden Steinplatten dargestellt sind (hier sind die Rippen eine Folge der Auswitterung!). Das rechte Ufer ist untergraben, eingetieft durch einen 1 m tiefen und bis 3 m breiten Furchenkolk, gebildet durch drei aufeinander folgende Reste von 1—2 m breiten Kesseln, Zeugen der vorherrschenden Vertikalerosion.

Jeder Fluss zeigt im Bett die Amplituden von

Hoch- und Niederwasser, welche sich rasch, jährlich mindestens einmal folgen können, während ein Gletscher solche Schwankungen erst in langen Zwischenräumen vollzieht. Direkt vergleichbar wären je nur die oberen Flüssigkeitsgrenzen. Erweitern wir aber für den Fluss den Vergleich bis zur Hochwassermarke, dann haben wir hier zwei vergleichbare, homologe Schliffgrenzen (*Richter* l. c. 36) und zwei höher folgende Splitterzonen, welche bei Eisbetten sehr häufig durch eine Schliffkehle (*Penck* in P-B 263), d. h. eine Untergrabung, markiert sind, welche an die Hohlkehle[1]) des brandenden Meeres erinnert (Flutlinie) und oft scharf zum Ausdruck kommt, z. B. am Piz d'Albana und Piz Polaschin bei Silvaplana in etwa 2700 m. Qualitativ bestehen — von den S. 262 angeführten Kleinformen des Bettes abgesehen — keine wesentlichen Unterschiede, nur hinsichtlich der Dimensionen. In einem standfesten Gestein könnte ein Fluss ein sehr schmales U-förmiges



Tal einschneiden (wie in beistehenden Buchstaben rechts). Der Schnitt dieses „Sägetales" könnte auf den Innenseiten noch weit hinauf Glättungen, Wasserschliffe und Erosionskessel zeigen. Das ist ein seltener und nicht andauernder Fall. Die zahlreichen Untergrabungen führen zum fortwährenden Einsturz der Wände und das Flusstal präsentiert sich als V-tal, d. h. wir sehen in ihm nicht die u-förmige Erosionsfurche, sondern die einstürzende Splitterzone herrscht vor. Anders beim trägen, dicken Eisstrom, dessen Bett 1000—1700 m und mehr Tiefe besass. Nicht nur schleift er ab, sondern sperrt zugleich die Wände während seiner Tätigkeit, vertieft und erweitert sein

[1]) *v. Richthofen,* Führer für Forschungsreisende, 1886, 338; „Brandungskehle" bei *Penck,* Morph. II, 473.

U-Profil, so dass dieses gegenüber der Splitterzone sehr gross erscheint, später eine Welt für den Wanderer, der sich tatsächlich im „Trockenbett" eines Wadi bewegt. Sobald das Eis geschmolzen, zeigt sich der Nachteil der übersteilen, untergrabenen, „unterschnittenen" Wände; es folgt der Einsturz plötzlich, massig (wie bei einem rasch entleerten See die Ufereinstürze), so dass der „nachtiefende" Fluss (*Suess* l. c. 422) die Verfrachtung nicht bewältigen kann. Bergstürze und Schutttäler sind die Signatur der ersten Postglazialzeit, wie das P-B 592 klar betont haben. Im Murgtal finden wir erst bei den Seeriegeln gewachsenen Fels; die überaus grosse Zahl von Stromschnellen bewegen sich über Felsblöcke. Man durchwandere das Oberhasli, das Rosegtal. Allein in diesen Blockmeeren trifft man im Gegensatz zu entsprechendem Verwitterungsschutt in extra-glazialen Gebieten, den Tropen etc. kleine bis hausgrosse Trümmer, die stets auf einer Seite Gletscherschliffe aufweisen und sich daher als Innenränder der abgesplitterten Trogflächen erweisen.

Dass der Gletscher eine bedeutende erosive Arbeit hat leisten müssen, darf nicht geleugnet werden. Allein man könnte einem vorher an gleicher Stelle tätig gewesenen Fluss den grösseren Anteil geben wollen. Da ist nun auf einen weitern Unterschied zwischen Wasser- und Eistal hinzuweisen, auf die Anwesenheit eines geschliffenen, rundhöckerigen Gehänges, das sich vom Trograndl[1]) hinauf bis zur Schliffkehle erstreckt und eine bedeutende randliche Erosion bezeugt, die wir für

[1]) *Richters* Bemerkung, der „obere Trograndl" werde von *Suess* (l. c. II. 426 - 427) „Schulter" genannt, ist insofern nicht ganz richtig, als *Suess* den Rand eines nachtiefenden Flusstales meint.

Flüsse in dieser Form und Grösse nicht kennen, wie das *Richter* (l. c. 42) ausführlich besprochen hat.

Eine weitere charakteristische Konsequenz der ausweitenden Tätigkeit des Eises ist die zuerst von P-B 142 u. a. O. beschriebene Trichtermündung vergletscherter Alpentäler. Einem Aestuarium vergleichbar, beachtete ich die Erscheinung in grossartiger Weise zuerst 1894 auf der stummen Schraffenkarte des deutschen Reiches in 1 : 500,000 von Justus Perthes, zwischen Chiemsee und Genfersee. Schreiend durchschneiden die jetzt aufgeschütteten „Breittäler" die geologisch kolorierte Dufourkarte. Der Gegensatz dieser Talformen mit solchen nicht glazial bearbeiteter Landschaften ist gross. Speziell an der Mündung selbst, vor der Ausbreitung des Eises, zeigen sich zum Taltrog (Vallée en forme d'une auge) abgeschrägte, im Kartenbild bald konvexe, bald konkave Ufer, beispielsweise imposant erhalten im Bogen Mt Cubly-Pleïades-Corbettes-Niremont-Alpettes; tiefer an den in 1 : 25,000 ausdrucksvollen Westgehängen des Mt Pélerin und dem (glazial) durchschliffenen Tal von Attalens. Unverkennbar ist die Krümmung Schattenberg (Pilatus)-Kriens und die Abrundung des Rigi bei und nördlich Weggis. An dieser Stelle mag auch auf die auffallende Rundung der SE-Seite des Rossberges hingewiesen werden. Im „Appenzellersporn", wie *Penck* (P-B 427, 432) den östlichen Teil von Ausserrhoden nannte, ist die Abrundung von Meldegg-Oberegg bis zur Goldach-St. Gallen evident u. s. f. Wauwil liegt in einem kleinen Trichter.

Ist das richtig, dann darf die trichterförmige Mündung auch bei grössern Nebentälern erwartet werden, doch mit der Abweichung, dass sie durch An-

passung an das Haupttal in der Weise mehr oder weniger asymmetrisch gebildet sein muss, dass der talabwärts schauende Flügel stärker entwickelt ist. Dies trifft in der Tat zu. Man vergleiche die Talmündungen bei Ardez, Remüs, Samnaun, Val d'Illiez, Visp, Aosta, Sondrio, des Prutztales (Inn); besonders lehrreich ist der Anblick des Turtmanntales von der Eisenbahnstation im Rhonetal aus (Top. Atl. Bl. 482 und 496).

Einen Beleg für glaziale Erosion liefert die Bearbeitung älterer noch in Resten erhaltener Talböden. Nach der trefflichen Darstellung von *Brückner* (P-B) setzt sich die den Deckenschotter des alpinen Vorlandes tragende präglaziale Rumpffläche auch in unserem Lande in ununterbrochenem Anstieg in die Alpentäler fort, wo sie beispielsweise in Leysin-Gryon in 1250 m erhalten ist[1]). Diese Fläche ist innerhalb der vier Eiszeiten und drei Interglazialzeiten fortwährend abgenützt, abgetragen worden. Reste erscheinen in „Terrassen", die man nach *Richters* ausführlicher Darlegung l. c. 40—45 aus mehrfachen Gründen nicht in *Rütimeyer-Heim*'sche Systeme anordnen darf. *Brückner* unterscheidet 2 (—3) Talböden, welche er zeitlich als abgenützte präglaziale Landfläche und Erosionsflächen der Mindel-Riss-Interglazialzeit bestimmt. Diese Frage möchte ich hier noch offen lassen. Unserm Thema entsprechend sollen hier nur Form und Stellung der „Terrassen" zur Diskussion kommen. Grossartig entwickelt sind sie im Wallis, Unterengadin, Veltlin, teilweise im Tessin und aus den topographischen Blättern sofort in die Augen springend als grössere,

[1]) Unter dem Deckenschotter des Tannenbergs SE Bischofszell in 845—900 m.

Siedelungen tragende Flächen. Von weitem erscheinen sie als fast gleichförmige, in bestimmten Niveaux verteilte Elemente mit doppeltem Gefälle, zur Talaxe und talauswärts. Sie erweisen sich als Erosionsterrassen, meist anthropogen so umgeformt, dass sie aus der Ferne glatte, schiefe Ebenen, scheinbar elegante Flussterrassen vortäuschen. Beim Betreten befindet man sich in einer bucklig-unregelmässigen, im gesamten geneigten Landschaft. Bei Montbovon bilden diese „Terrassen" mit wirklichen, glatten fluvialen Erosionsterrassen und Accumulationsterrassen des rechten Ufers einen grossen Kontrast. Oft sind unsere alten Talreste, die vom Trograd gegen die Schliffgrenze liegen (siehe oben Seite 277), ein morphologisch markantes Element. Sie bilden die „Bergterrasse" (*Waltenberger*, Führer durch Algäu, Vorarlberg und Westtirol 1877) oder das altbekannte „Mittelgebirge" der deutschen Alpen (ib; *Richter* l. c. 39, P-B), wie es um Botzen und insbesondere im Inntal (Innsbruck) so schön entwickelt ist, wo wir es unter *Pencks* Führung einsehen konnten (Int. Geol.-Kongress Wien 1903). Es sind diese Terrassen:

a) Isoklinal-schuppig-rundhöckerig z. B. Baltschieder-Ausserberg, Mels-Flums, mit Übergängen zu

b) dem gerippten Mittelgebirge, den gerippten Talböden, Talterrassen. Diese Rippung (P-B) ist wie die vorige Form auf dislozierte, mehr oder weniger stark geneigte Gesteinsschichten beschränkt. Ausgezeichnet erscheint sie von Rapperswil an aufwärts über Rüti-Wald-Goldingen-Ernetswil-Oberbuchberg-Wollerau. Bereits *A. Escher v. d. Linth* hat sich, in der Landschaft Ernetschwil-Egg und Rüti stehend gefragt, was

diese „zahlreichen durch Tälchen geschiedenen Längenrücken“ eigentlich bedeuten möchten (Tagebuch I 154). Solche Mittelgebirge zeigen folgende Eigenschaften:

1. Gleichförmiges Streichen der Elemente mit relativen Höhen von ein bis mehr als 20 m.
2. Die trennenden Hohlformen entsprechen weicheren Felsarten.
3. Wo keine postglaziale Erosion eingedrungen, sei es vom Trogrand direkt (E Jona) oder von Seitenflüssen der die „Terrasse“ in ihrem Hauptgefälle zur Trogaxe durchquerenden Cañonartigen postglazialen Tälern, sind die Hohlformen mehr oder weniger mit Moräne erfüllt. Der Gletscher muss mindestens ausgeräumt haben; seine erosive Wirkung zeigt sich in Entwicklung von Stossseiten der härteren Rippen, Rundungen und Schliffen, z. B. Sattel (Schwyz), Rüti (Zürich), Altendorf W Lachen usw. Über beide Erscheinungen wären ergänzende Detailstudien erwünscht. An der Strasse Preda-Bergün fand ich unterhalb der Einmündung des Val Tisch typische glazial präparierte Rippen.
4. Die Rippen sind nicht in ihrer ganzen tektonischen Anlage erhalten, vielfach zerlegt, in isolierte längliche und dann zugerundete, aber unter sich parallele Hügel, so dass man sie von langen Rundhöckern kaum unterscheiden kann.
5. Endlich kann eine „Terrasse“ aus fast durchweg gleichem weicherem Gestein mit geringen Widerstandsdifferenzen, in eine Scharung sanfter abwechselnd gestellter, länglicher Rücken zerlegt sein, mit plankonvexen Querschnitten und

zerstreuten erratischen Blöcken, dass man sich in eine Rundhöckerlandschaft versetzt glaubt, z. B. im Eocän um Kerns, so dass ich hier s. Z., nach der Karte zu urteilen, wie bei Gruyères-Montbovon eine Drumlinslandschaft anzutreffen hoffte. Dass es sich nicht um eine einfache Abwitterungslandschaft handeln kann, lehren u. a. auch die Crêts E Grimusat oberhalb Sion, wo 15—16 Hügel als Rundhöckergruppe ohne wesentliche Differenzen von Luv und Lee auftreten, wobei ihre Längsaxen die Streichlinie unter scharfem Winkel schneiden. Die Zahl solcher Hügel ist grösser als sie der Massstab 1 : 50,000 zeigt, auch für 1 : 25,000 im Terrain zu vermehren. Noch grössere Massstäbe müssten ganz eigenartige Bilder geben, niedere Gebirgslandschaften vom Rosttypus. Aus der Ferne oder von oben betrachtet verflacht sich alles. Vom Hoh-Etzel herab erscheint Rüti (Zürich) als eine ebene Terrassenfläche und bei schiefer Beleuchtung der Aspenwald SE Rüti als bewaldete Tafel. Die Elemente bilden zusammen ein Ganzes und es geht nicht an, einzelne als besondere Talbodenmarken auffassen zu wollen.

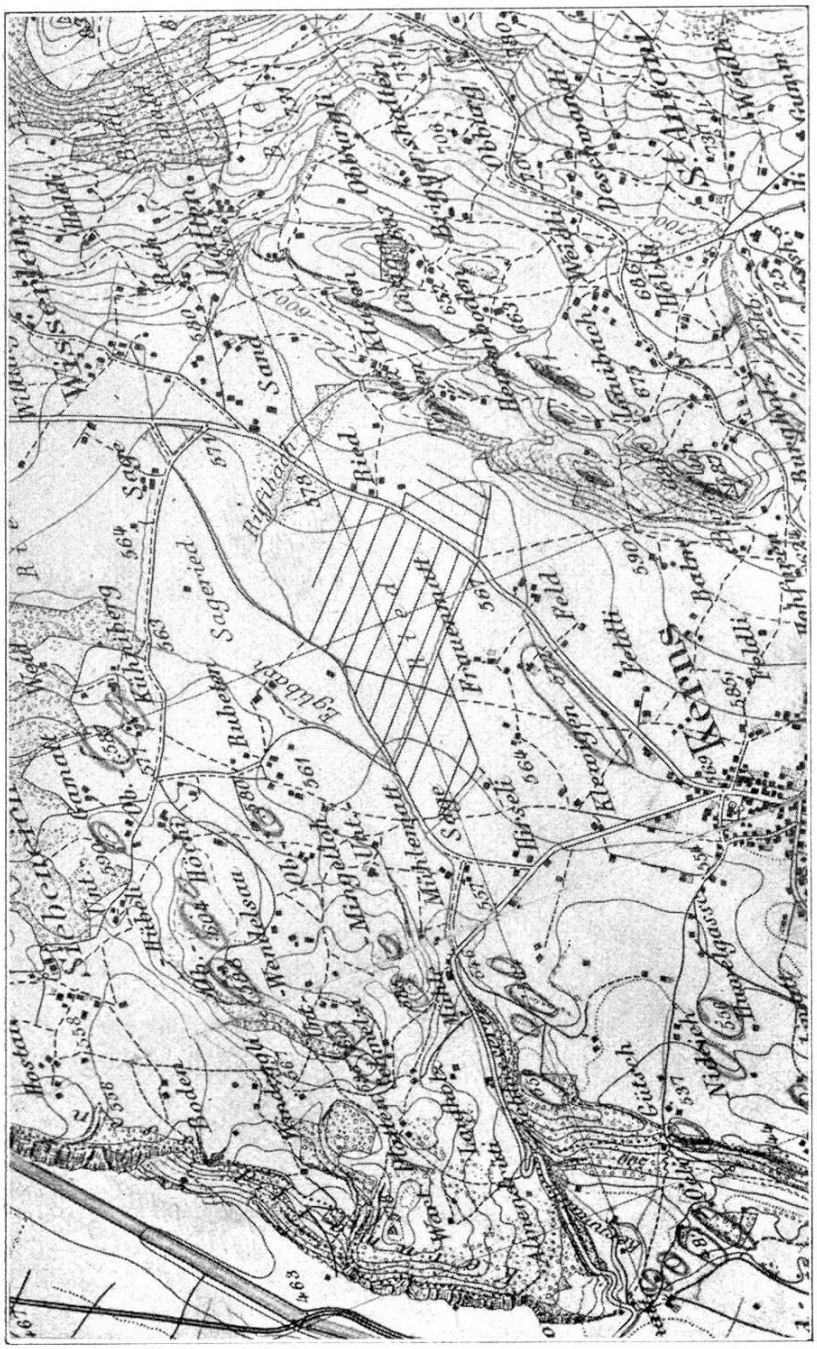
6. Durchschliffene Rippen treten an Seen als Sporne auf, z. B. Morgarten-Ägerisee.
7. Nicht selten ist der Gesamteindruck lokal gestört infolge Ausgleichs des Reliefs durch Bergsturz oder Schutthalden beispielsweise bei Lessoc (Montbovon, wo man übrigens auf dem rechten Ufer, dem Fuss des Schuttkegels, noch 6 kleine Rippen einzuzeichnen hat), Eumatt b. Sattel, Arth-Goldau etc.

Diese Talböden gehören zu meinen ältesten Detailstudien; hier muss ich mich unter Hinweis auf P-B mit der blossen Aufzählung einiger der wichtigsten „Böden", „Terrassen" und „Mittelgebirge" begnügen, wobei ich nochmals hervorhebe, dass genetisch der relative Anteil der Fluss- und Eiserosion noch näher geprüft werden muss (siehe oben S. 279). Von einer Klassifikation nach dem Alter abgesehen, können sie naturgemäss in zwei Hauptgruppen gefasst werden:

a) Mit Längsrippung:

1. Die zahlreichen „Mittelgebirge" des Wallis (*Richter, Brückner* in P-B), am eindrucksvollsten und instruktivsten die Gegend Sion-Savièse-Ayent-Lens-St. Leonard. Wie viele Crêts brechen aus der Landschaft heraus und welch herrliches Bild müsste eine Detailaufnahme und Analyse ergeben.
2. Imposant ist die gerippte präglaziale Peneplain (Rumpfebene) um und nördlich Châtel-St Denis, beispielsweise mit $5^1/_2$ km breitem Schnitt Les Ecasseys 950 m = aux Troncs 1000 m am W-Fusse der Alpettes, als gerippte Ebene mit der Fläche des Jorat zusammenfliessend (vergl. *Früh* und *Schröter*, Moore der Schweiz 1904, 692).
3. Enney-Grandvillard-Montbovon-Sciernes (Hongrin) mit gegen 100 Hügeln, deren Profile beim Bahnbau vielfach zur Anschauung gekommen sind.
4. Abschnitte der Strecke Montbovon-Saanen.
5. Unterhalb Zweisimmen bis Wimmis.
6. Hasliberg.
7. Sachseln-Kerns mit über 100 Hügeln, welche sich von einem tieferen Gelände in 540—660 m

Nord


Sarnen
Kirchhalde
Sand
Ried
Sagenried
Kühbühl
Bubeni
Gubbis
Mühlematt
Frauenmatt
Feld
Hostatt
Boden
Hübeli
Wandelsau
Mittelfeld
Hüsli
Gutsch
Nidfeld
Weidli
Ob. Gut
Ob. Hüsli
Ob. Mühle
Unt. Mühle
Ob. Hüsli
Unt. Hüsli
Ob. Hüsli
Unt. Hüsli
Ob. Hüsli
Unt. Hüsli

(Numuliten und Flysch) allmälig auf ein höheres mit eocänen Lithothamnienkalken (Flühli-Burgfluh 748—687 m) bis zu den Ufermoränen von St. Antoni 740—880 m verbreiten. Die herrliche Landschaft (von der unsere Fig. 2 wegen ungleichen Massstabes anstossender Blätter des topographischen Atlas bedauerlicherweise nicht die schönste Partie darstellen kann) wird nach NE durch den Bergsturz vom Stanserhorn begrenzt, scheint am Mutterschwanderberg in Rundhöcker überzugehen und wird durch zwei postglaziale Schluchten durchschnitten, vom Rüfibach und der viel zu wenig bekannten Schlucht der Melchaa mit 97 m hoher Brücke auf Seewerkalk.

8. Die mannigfaltigen Böden um Ebikon-Luzern-Tribschen - Meggenhorn - Küsnacht - Weggis (*Früh* und *Schröter* l. c. 537, P-B).
9. Schangnau-Bumbach an der Emme (top. Atl. 385 bis) mit mehr als 30 Rippen.
10. Escholzmatt-Entlebuch (Bl. 372—74).
11. Rossberg-Aernisbach ob Steinen nach Sattel. Ferner Prätigau, unterhalb Preda, Gonten-Urnäsch, St. Gallen, Davos, Unterengadin u. s. f.
12. Auf 1 : 25,000 erscheint das rechtsufrige Gelände Feldkirch-Bludesch als typisches Mittelgebirge (vergl. *Waltenberger* l. c. 236).

b) Mit Querrippung:

1. Appenzell-Lank-Haslen-(Sonder) mit fortgeschrittener seitlicher postglazialer Drainage zur heutigen Sitterfurche und typischer Anpassung der beiden lateralen Strassenzüge an die Wurzel der sich fortschreitend schärfer heraus präpa-

rierenden Rippensporne. Der untere Teil des Tales (gegen Zweibrücken) ist durch Sperrung des Rheingletschers rechtsufrig etwas verbaut), vergl. Fig. 3.

2. Diese einfachste Form eines gerippten Talbodens, der Sittertypus, zeigt sich ähnlich innerhalb der Strecke Rossfall-Urnäsch-Waldstatt längs der Urnäsch.
3. Im Toggenburg z. B. Nesslau-Ebnat.
4. Morgarten-Sattel.
5. An der Waldemme Klusstalden-Flühli mit der charakteristischen Lamm.
6. Sehr lehrreich innerhalb der oben (Seite 280) erwähnten Peneplain am oberen Zürichsee mit deutlichem in allen Karten 1:25,000 bis 1:200,000 jedem Laien verständlichen alten konkaven Ufer von Rieden-Sion-Goldingen-Wald. Vor Jahren notierte ich die gerundeten Nagelfluhgehänge bei Feldli-Rüterswil-E-Goldingen als „Eis-Ufer". Wären die östlichen Erhebungen bedeutender, so würde das Mittelgebirge noch viel deutlicher heraustreten. Es müsste sich aber auch auf topographischen Karten wie so viele andere interessante Landschaftsformen innerhalb des bewohnten Teiles der Schweiz viel besser darbieten, wenn der Topograph die geometrische Arbeit mit einem morphologisch geschulten Auge ausführte und beispielsweise ab und zu Hilfskurven verwenden würde.
7. Grossartig ist der Talboden St. Moritz-Stätzersee-Pontresina-Samaden mit mehr als 40 Hügeln (Rippen, Rundhöcker, Moränen), zwei post-

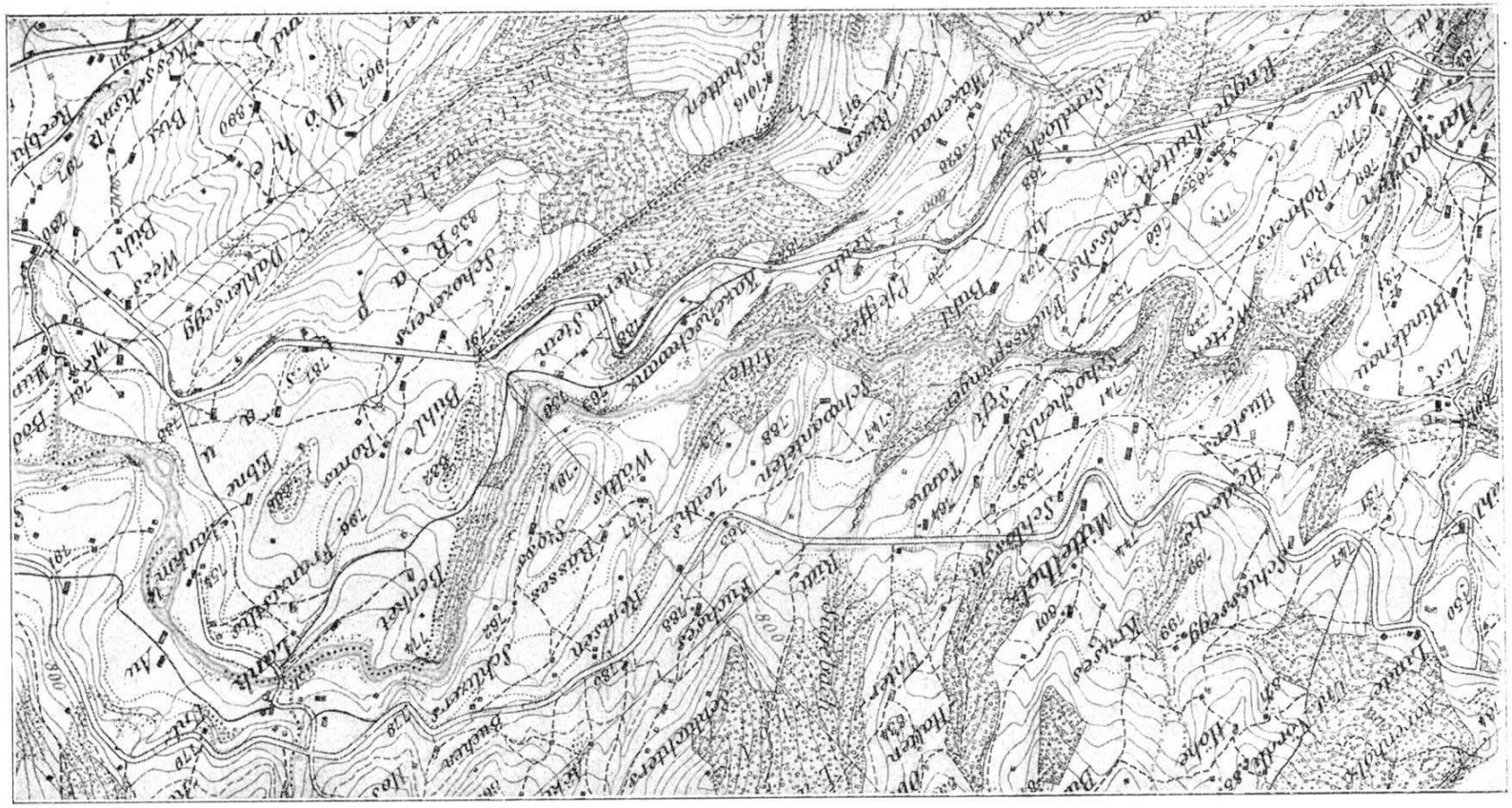


Fig. 3. Aus top. Atlas Blatt 224, 1 : 25,000. Der Talboden beginnt mit der Rippenlandschaft Rapisau N Appenzell; die steilen Talränder sind bewaldet.

glazialen Cañon bei Pontresina und der durch den Innfall eingeleiteten Charnadüra.

8. Noch schöner ist der Sporn Ponte Brolla-Losone-W-Locarno (alte „Mündungsstufe“ P-B. 803) mit tadellos allseitig geschliffenen Rippen bis Rundhöckern und mit einem scharfen, alten westlichen Talrand, von dem sich die Rippen nach der Talaxe abflachen, wie Blatt 514 des top. Atlas ohne weiteres erkennen lässt.

Im st. gallischen Rheintal sind die Rippen meistens diagonal angeordnet.

An Trichtermündungen von Haupttälern erscheinen die Rippen vielfach zerlegt, in Serien mehr oder weniger isolierter Hügel; in dieser Weise erklären sich mir die ganz abweichende Gesamtform des appenzellischen Vorderlandes östlich der Goldach[1]) innerhalb des „Appenzellersporns“ (siehe S. 278) und die eigentümliche Hügellandschaft Clarens-Montreux(-Charnex), soweit nicht Moränen daran beteiligt sind. Abgetrennte Inselberge sind auch gerippt wie oberer und unterer Buchberg oberhalb des Zürichsees.

Dass die glaziale Erosion bei dieser Rippung wesentlich beteiligt sein muss, ergibt sich auch aus dem Umstand, dass nach dem Übergang der dislozierten zur ungestörten Molasse, letztere flach bis deutlich unregelmässig gestuft oder gar in Rundhöcker aufgelöst erscheint, z. B. Bubikon-Hinwil, Rothenburg-Hellbühl.

[1]) *Früh,* Exkursionen, Jahresbericht der naturwissenschaftlichen Gesellschaft St. Gallen 1904, S. 30—32 und 1899/1900, S. 15—17.

Auch die Rippung ist kein Spezifikum der Gletscherlandschaft; von Verwitterungsformen stärker geneigter Böschungen abgesehen, tritt sie auch im Flussbett innerhalb der Hochwasserzone auf, z. B. innerhalb des eisernen Tores in der Donau, viel schwächer in Tälern der Molasseregion, wobei allerdings in den hohen Partien die mechanische Verwitterung und die Unterspülung unterstützend wirken (s. oben Hauslab, S. 275). Auch hier treffen wir — streng genommen — nur quantitative Unterschiede zwischen Fluss und Gletscher.

Die Übertiefung der Haupttäler als Zeuge grosser glazialer Erosion.

Hierüber hat mich zum ersten Mal *W. M. Davis* im Sommer 1899 nach seinen Studien im Kanton Tessin belehrt; im Herbst desselben Jahres verbreitete sich *Penck* in Berlin über die „Übertiefung der Alpentäler" (l. c. 1899). Folgen wir den Anschauungen von *Davis* l. c., welche er aus der glazial bearbeiteten Tallandschaft Biasca-Bellinzona mit den hoch mündenden Val di Lodrino, Val di Cresciana und Val d'Ambra gewonnen hat.

Als schärfstes Kennzeichen für durch Wassererosion entstandene Flusstäler erkannte *Playfair* 1802 die Gleichsohligkeit von Haupt- und Nebenflüssen bei der Mündung im Stadium der Reife, der Vollendung des Talsystems. Ist dieser Zustand nicht erreicht oder tritt eine Neubelebung der Erosion ein, wie beispielsweise in postglazialer Zeit in den Tälern des Napfgebietes, so sieht man die Seitentäler mit einem gewissen Gefällsbruch, einer Stufe, ins Haupttal münden, welche im umgekehrten Ver-

hältnis zur Grösse des Zuflusses steht, mithin, wie jedermann sich leicht überzeugen kann, in den Seitentälern 2., 3. und 4. Ordnung mit immer grösserer Mündungshöhe. Solche Täler hangen wie „Hängegletscher"; sie sind bereits von *Helland* l. c. 174 als hoch mündende erkannt und von *Gilbert* Hängetäler (hanging valleys) genannt worden (*Davis* l. c.).

Der mit Alluvien erfüllte 1,2—1,5 km breite Talboden Biasca-Bellinzona mit (vor der Korrektion) vielen Flussteilungen und steilen Wänden macht ganz den Eindruck der Reife, die Seitentäler dagegen erscheinen

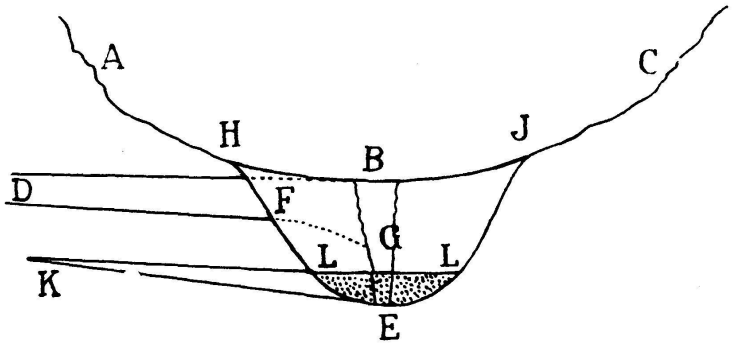


Fig. 4.

hochmündend, jugendlich. Die Entwicklung des Talsystems müsste aber mit *Davis* folgende gewesen sein (Fig. 4). Wäre A H B C der Querschnitt eines älteren reifen Tessintales, so würde ein linker Zufluss von D gleichsohlig in B münden. Tritt beispielsweise durch Hebung eine Neubelebung ein, so erfolgt ein Sägeschnitt (Cañon) B E und der in G mündende Seitenfluss fliesst zunächst im Hängetal D F G und offenbar auch mit Hoch-U- oder V-Profil. Sei endlich das Tal erweitert und gereift worden zum Querschnitt H E J, so mündet dasselbe Nebental vertieft und gleichsohlig mit K E-Fluss hinein und wenn endlich das Felsenbett von E auf Niveau L L aufgeschüttet wird, wird

auch der Nebenfluss aufschütten und gleichsohlig und mit ähnlichem Profil als K L im Niveau L L münden. Das trifft für oben angeführte und andere Nebentäler aber tatsächlich nicht zu. Das Haupttal ist überall geglättet, die Alluvionen berühren die geschliffenen Talwände und die Nebentäler sind breite, ebenfalls geschliffene, rundbucklige Hohlformen, mit Stufenmündungen von Hängetälern (als D F L unserer Figur), d. h. das Ganze repräsentiert ein unreifes Talsystem mit Kennzeichen der Gletschererosion. Ein fluviales System kann es nicht sein, mithin muss es ein glaziales sein. Es sind Eistäler[1]). Verstärkt wird dieser Schluss durch die Anwesenheit eines schluchtförmigen, cañonartigen, oft relativ wie mit einem Messer in die Stufe geschnittenen, fluvialen Verbindungsstückes, m. a. W., in ein Eistalsystem ist ein postglaziales, fremdes Gebilde eingeschoben. Nebentäler sind in der Vertiefung zurückgeblieben, das Haupttal ist relativ übertieft; von einer Fortsetzung des Eistales über das Gehänge des Haupttales findet sich keine Spur. Jetzt, in der postglazialen Zeit, erscheint die Verbindung mit dem Haupttal genau in der Folge von U- und V-Tal, wie sie in einem und demselben Tal in Norwegen oder im Schwarzwald für den obern glazialen und den tiefern fluvialen Abschnitt gefunden worden ist (siehe S. 272).

Die Stufenmündung ist in der Gegenwart vielfach durch folgende drei Begleiterscheinungen ausgezeichnet: Wasser- oder Elektrizitätswerke an herrlichen als Natur-

[1]) Wie nahe *L. Rütimeyer* durch Betrachtung dieser Hängetäler der Theorie der Gletschererosion war, hat bereits *A. Ludwig* durch Zitat des Meisters aus Jahrb. S. A. C. IX 351 dargetan (Jahrb. d. nat. Ges. St. Gallen 1905, 171—72).

denkmäler besuchten Schluchten, längs deren seitlich Zickzackwege hinauf zum Talboden führen. So windet man sich vom Rhonetal in 37 Kehren um 450 m höher, kommt dann bei „Pontet“ sofort zu trägem Wasser und damit zu dem breiten, rundbuckligen Talboden Salvan-Finhaut. Ebenso verhält es sich beim Aufstieg von Murg zu der S. 272 angeführten Brücke auf der felsigen Sohle des Trogtales oder bei Mels auf dem linken Ufer der Seez hinauf bis zur Kehre ob „Rüfi“ 633 m, von wo man den felsigen, bereits eingetieften, median zerstörten ehemaligen Talboden über „Langwiesen“ überblickt. Wem wären nicht zahlreiche Beispiele aus den verschiedenen Teilen der Alpen bekannt mit denselben Homologien und besonders im Frühling mit den heraustretenden Schaumbächen dieselbe Bewunderung der Reisenden hervorrufend wie bei einer Eisenbahnfahrt durch den Kanton Tessin? Es ist nach obigem klar, dass sich die Höhe der Stufen wieder umgekehrt verhält zum Einzugsgebiet der ehemaligen Eisströme, also nieder bei Visp, sehr hoch im Tessin, fehlend bei der Dranse.

Es geht nicht an, die ganze Erscheinung auf fluviale präglaziale Übertiefung zurückzuführen mit der Begründung, die Stufe hätte dann nicht ausgeglichen werden können, weil der Hauptgletscher das Seitental abgesperrt und an seiner Vertiefung gehindert habe. Es ergibt sich dies aus dem Vergleich von zwei vergletscherten Nebentälern der Linth, dem Wäggi- und Sihltal. Ersteres mündete einst schwach trichterförmig hoch auf den Terrassen des Haupttales, den Oberkanten der „Aapörter“ und ist heute durch ein breit V-förmiges, vielfach mergelige Molasse durchziehendes, fluviales Tal mit der Alluvialebene verbunden. Dem

breiten Sihltal fehlt dieses Verbindungsstück, da der neu in Tätigkeit tretende Fluss bei Schindellegi eine Barriere in Ufermoränen der Würmeiszeit fand und in seiner Mündung bis unterhalb Zürich verschoben wurde. Wo ist nun aber das alte zum heutigen See reichende Tal? Keine Rinne, kein mit Moränen erfülltes, fluviales Sihltal ist zum See sichtbar und doch hätte eine solche bestehen müssen, wenn See und Sihltal unreife Täler gewesen, d. h. wenn das Seetal als fluviales Gebilde übertieft gewesen wäre. Entweder ist dieses Mündungsstück entfernt oder bei Voraussetzung reifer Flusstäler das Seetal auf die heutige Tiefe glazial ausgetieft worden. Beide Voraussetzungen sprechen für kräftige Erosion des Gletschers.

Die Riegel und Becken bilden eine weitere und entscheidende Erosionsform der Gletscher, hat doch *Steinmann* bereits 1896 (l. c.) Trogtäler abschliessende Riegel als ebenso beweiskräftig für Eistäler erkannt als Endmoränen. Wieder streng genommen, bilden sie und die Becken keine auf sie total beschränkte Eigentümlichkeit. Auch Flüsse haben ihre Wirbel- und Staukolke, wie jede grössere Stromkarte zeigt, und dies nicht bloss in ihren Alluvien, sondern auch innerhalb der felsigen Erdkruste; beispielsweise ist die Dolnja Klissura der untern Donau 9 km lang, 151 m breit und mit 53 m relativer Tiefe volle 9 m unter Meer und im eisernen Tor liegen 49 und 51 m tiefe Kolke beziehungsweise 14 und 16 m unter dem Meeresspiegel (vergl. *Suess* l. c. 433—435 und *Penck,* die Donau, Schriften des Ver. z. Verbr. nat. Kenntnisse Wien 1891, XXXI. Heft S. 30—31). Die Unterschiede zwischen Wasser- und Eiswirkung liegen auch hier in den ungleichen Proportionen, der kräftig breiten, groben

Arbeitsweise des Gletschers. Bereits *Hörbye* erkannte 1857 auf dem Dovrefjeld, dass Gletscherschrammen bergaufwärts laufen, in einer Zeit, „als noch Zweifel darüber bestanden, ob in der Tat Eis die scheuernde Kraft gewesen sei" (*Suess* l. c. 429—439). Je nach den relativen Dimensionen von „Riegel" und „Becken" und der Häufigkeit der Vertiefungen kann man verschiedene Abstufungen erkennen. Auf unsern breiten Alpenpässen erscheinen sie mehr als flache Schüsseln, vielfach intakt mit Wasser oder saurem Humus erfüllt, Seen oder Moore darstellend, wozu eine grosse Zahl der „Hochseen" gehören. Das Bild gleicht — nach Karten gleichen Massstabes verglichen — durchaus demjenigen der norwegischen Fjelds. Die Glintseen Lapplands sind von *Suess* (l. c.) als glaziale „Staukolke" erkannt worden. Wie die Kolke eines fast ausgetrockneten Stromes als Paternosterseen erscheinen, so treten in unsern obern Alpentälern entsprechende Kolke als Serie von Becken auf. Vom Brienzerbecken bei Meiringen gegen die Grimsel folgen sich Innertkirchen, Innere Urweid, auf der Weid-Boden, Guttannen (dessen „vollendete Schüsselform" *Baltzer* l. c. 1896 hervorhebt), sehr schön „beim Stein" N „Stäubenden" mit gut erhaltenem aperem Felsboden, der fluvial durchfurcht wird und in ausgezeichneter Weise die Differenzen von Wasser- und Eiswirkung demonstriert, dann Stufenbecken Handegg, Kunzentännlen, Räterichsboden, Spitalboden und endlich Unteraar-Alp mit dem modernen Sandr. Auf der Nordseite des Gotthard hat man nach Andermatt-Hospental und der Wasserfassungsstelle 1590 m den Gamsboden, Mätteli-Gotthardreussboden, die Becken hinter dem Brügglochriegel über Cima del Ponte, Rodont, den Lucendrosee und hierauf

die Seeschüsseln der Eisscheide auf dem St. Gotthard, auf dessen Südseite sofort treppenförmig angeordnete Hohlformen kommen.

Auf Sassal Massone (Bernina) blickt man hinunter in die Becken der Alpen Palü und Cavaglia und deren Riegel. *Brückner* hat die Faktoren der Beckenbildung diskutiert (P-B 621). Eine Hauptursache muss in dem lokal verstärkten Eisprofil, der verstärkten Vertikalkomponente und vermehrten Geschwindigkeit gesucht werden, was bei Konfluenzen ohne weiteres ersichtlich ist. Gesteinsdifferenzen sind a priori keine nötige Voraussetzung, wie gerade die Begehung homogener, krystalliner Gebiete lehrt. Sie werden aber Unterschiede potenzieren und die rasche Aufeinanderfolge der Becken fördern, wie das schöne Beispiel von Schangnau über Bumbachboden zu Kämmeri- und Harzboden zeigt oder Vorder- und Hinterwäggithal oder zum Teil im Toggenburg die Becken Wattwil, Ebnat-Nesslau, Stein und Starkenbach. Wer vorurteilsfrei und vorbereitet für den Eingriff der Zerstörungsformen die Landschaft studiert, wird die Beckenform in allen Gesteinsarten antreffen.

Lehrreich ist die im Verrucano ausgetiefte Kartreppe der drei Murgseen am oberen Ende des S. 272 erwähnten Trogtales. Man geht auf talauswärts geschrammten und durchfurchten Riegeln je allmälig talaufwärts, hinein und hinunter in den entsprechend geschrammten und unter Wasser gut erhaltenen felsigen Seeboden.

Aus einem Kalkgebiet ist die Strecke Giswil-Brünig lehrreich. Vom Bahnhof Brünig bis zur Stufe ob Lungern mit der Kapelle bewegt man sich zwischen 1039—1011 m in einem rundbuckligen, breiten, durch erratische Blöcke

und Gletscherschliffe gekennzeichneten Boden mit mindestens vier deutlich ausgeschliffenen Becken, wofür in 1 : 50,000 schon die Bezeichnungen „Sewli" aufmerksam machen. Das eine ist ein Sumpf (Limosetum) E „g" in „Brünig", die drei übrigen bei der Schneeschmelze wirkliche Seen mit glatten Wänden. Es ist eine (horizontal!) abflusslose Schüssellandschaft mit vielfach stark karrigen Rundhöckern; die Karren sind postglazial. Unter einer hohen Stufe liegt Lungern mit dem entsprechenden in Fels ausgearbeiteten See, einem der schönsten Beispiele. Am obern Ende des künstlich tiefer gelegten Wassers kann man unter Schlamm die geschliffenen Trogwände erkennen, ebenso tauchen sie unter dünner Moräne an der Landstrasse bei Mühlebach E des Dorfes und endlich unter Niederwasser an einem Halbriegel im See (l. Ufer) und der Westseite der hohen Barriere Kaiserstuhl auf. Dieser Riegel mit schwacher, hoher Abflussrinne wäre in 1 : 5000 eine herrliche glazial bearbeitete Landschaft für sich. Die Verkarstung kann hier unmöglich von wesentlichem Einfluss gewesen sein. Östlich Kaiserstuhl folgen sich Becken und Riegel bei Unter-Aa und Rudenz-Giswil, hier durch den gewaltigen Schuttkegel des Lauibaches stark verschüttet. Die Seebecken des Oberengadins (ursprünglich zwei mit Riegel von St. Moritz und Campfer) sind fast ausschliesslich in krystalline Gesteine gegraben. Sie bilden den schönsten schweizerischen Typus einer Kolk-Serie innerhalb eines typischen Trogtales. Von Muottas Muraigl oder Hahnensee erscheint die Landschaft mit 9—10 bestehenden und verlandeten Inseln und als Ganzes durchaus als Äquivalent der berühmten irischen und schottischen Lochs, der breiten, glazial ausgeschliffenen Seetäler

des Adirondackgebirges der östlichen Union oder der Fjordtäler der patagonischen Anden, von Alaska usw. Der See von St. Moritz war einst um 8—10 m durch Moränen gestaut. Zurzeit 44 m tief, liegt sein Boden mindestens 800 m unter der obern Schliffgrenze, d. h. See- und Trogtiefe verhalten sich wie 1 : 18, m. a. W. innerhalb des ehemaligen Eisbettes erscheint der St. Moritzersee etwa so, wie wenn man beim Durchschreiten eines kaum bis zu der Schulter reichenden Stromes plötzlich in eine bis zu den Knöcheln reichende Vertiefung treten würde.

Über die Entstehung der grossen alpinen Randseen bestehen zwei Auffassungen:

1. Sie sind heteromorph, primär fluviale Erosionstäler, sekundär tektonisch umgestaltet durch lokale Senkung, ertrunkene Talabschnitte.
2. Es sind homomorphe Gebilde einer längeren fortlaufenden Erosion, in der Endform, wie sie sich heute zeigen, glazial ausgeschliffene Becken. So gross uns die Schwierigkeiten anfänglich zu sein scheinen, welche sich der Vorstellung hemmend in den Weg legen und so manche Detailfragen noch der Aufklärung harren, kann man sich dieser von *Penck* und *Brückner* l. c. vertretenen Auffassung nicht verschliessen, insbesondere, wenn man noch mehr, als es durch diese Forscher geschehen, betont, dass in der ganzen seit der ersten Glazialzeit andauernden Entwicklung Wasser und Eis, nebst der Verwitterung wirksam waren, ersteres allein in den Interglazialzeiten, dabei gleichsam Leitbahnen für die Eismassen erstellend.

Wie man die ganze Frage anfassen will, stets muss

man vor Augen halten, dass nicht etwa die Becken allein, sondern die ganze Landschaft als solche in allen ihren Teilen in Betracht und zur Prüfung kommen muss.

Ist nachträglich eine Senkung eingetreten, so müssen, wie das bereits von anderer Seite gefordert worden ist, auch Seitentäler ertrunken sein.

Das ist bis heute nirgends erkannt. Sie kann ferner nicht bloss von Strecke zu Strecke, sondern muss auch weiterhin eingesetzt haben. Auch hiefür fehlen Anzeichen. Von *Aeppli* l. c. S. 106 vermutete Senkungen auf der Strecke Wald-Fischental oder bei Bischofszell haben sich als nicht stichhaltig erwiesen. Für das Gebiet des Pfäffikersees fand *J. Weber* keine entsprechenden Tatsachen [1]). Ich muss das bestätigen. In den Seebecken dürften alte Zuflussrinnen erwartet werden. Man darf sie nicht mit *Wettstein* (Geologie von Zürich und Umgebung, 1885, 57) — Glazialerosion nicht ganz ausschliessend — durch Deltas verdeckt vorstellen. Eine bestimmte Entwicklung hätten sie an den Steilgehängen annehmen und unter Wasser sich gut erhalten müssen. Auf alle Fälle kann nach dem Vorausgegangenen eine beträchtliche glaziale Erosion und für den Zürichsee eine Übertiefung (s. oben S. 293) nicht in Abrede gestellt werden.

Von besonderer Bedeutung ist, dass P-B einheitlich nach morphologischen Grundsätzen gearbeitet haben und als Basis die präglaziale Rumpfebene erkannt haben.[2]) In diese sind die Seen eingesenkt, ohne dass eine

[1]) Mitteilungen der nat. Gesellschaft Winterthur. III, 1901, 29—30.

[2]) *A. Mousson* erkannte dasselbe für die Umgebung von Baden (Geol. Skizze von Baden 1840, S. 84).

wesentliche Störung des gleichsinnigen Gefälles alpenwärts konstatiert werden konnte. Mit dieser Tatsache ist schliesslich der Umstand entscheidend, dass nicht bloss die oberen Abschnitte der Alpentäler, sondern die ganzen Täler sich in eine Serie von stufenweise je durch Riegel getrennte Becken auflösen (P-B 619), in ein gewaltiges Paternoster von Seen, von welchen die meisten bereits zugeschüttet sind, so dass wir übereinstimmend bei Abwesenheit von Schutthalden postglaziale Schotter direkt an geschliffene Trogwände gelagert und die Riegel fluvial und postglazial durchsägt finden. Kein Fluss, kein Strom zeigt diese Riesenkolke und nur eine vielfache Repetition von Senkungswellen wäre im Stande, ein fluviales Erosionstal serienartig zu versenken. Der Seenreichtum der Erde knüpft sich an vergletscherte oder jung aufgeschüttete Gebiete und die grossen Seen der Balkanhalbinsel, von Ungarn etc. erscheinen sehr seicht gegenüber den alpinen Furchen, mit denen nur einzelne tektonische rivalisieren können.

Riegel sind oft selbst glazial durchfurcht, erscheinen später als Reste der Durchtalung, als Inselberge wie Rapperswil-Lützelau-Ufenau und Untiefen 405, 370 bei Freienbach, dann Buchberg etc. Sie erscheinen im Verhältnis zur Höhe des ehemaligen Eisprofils klein und dürfen mit *Penck* (P-B 304) nicht contra Glazialerosion interpretiert werden. Auch die fluviale Erosion weist solche Etappen auf, besonders zahlreich bei der Flussteilung oberhalb grosser Wasserfälle („1000 Inseln"); sie sind wegen der leichten Untergrabung nur von geringerer Dauer als bei der plumpen Arbeit des Eises. Im fluvioglazial entstandenen Trockental der Fulach westlich Thayngen steht quer und etwa ein Drittel

des Tales einnehmend, ein anstehender, im E steiler, nach W sanfter Malm-Damm, ca. 4—5 m hoch, 17 m breit und 32 m lang, als Insel in einem ausgezeichneten Wassertal.

Durch glaziale Diffluenz (Gabelung) erzeugte Formen. Innerhalb der Schweizerkarte müssen zwei grössere Landschaftstypen durch ihre Eigenart stets die Aufmerksamkeit des Beschauers fesseln; es sind der grösste Teil des Thurgau und das alpine Vorland im Bereich von Linth- und Reussgletscher. Vor Jahren so oft von den Höhen des Appenzellerlandes den Thurgau bei guten Abendbeleuchtungen überschauend, blieb mir sein Relief ein Rätsel. Wäre dieses Gebiet nie vergletschert, nur der subaërischen und fluvialen Abtragung unterworfen gewesen, so müsste man hier nach dem Davis'schen Cyclus eine einheitliche Rumpfebene oder eine reich entwickelte Flur von Insel- (Zeugen-) Bergen erwarten. Statt dessen finden sich um den ganzen Bodensee auch nach Entfernung von Moränendecken Sporn-ähnliche Molasserücken, mit seewärts niedrigen und mehr oder weniger spitzen Enden: Göhrenberg, Höchsten, Bodanhalbinsel, Schienerberg, der Zug Romanshorn-Wäldi-Seerücken, Ottenberg, Griesenberg E Frauenfeld, Gabris-Braunau (Haid). Sie erinnern nach Form und Anordnung einer gespreizten, in Schnee gedrückten und zugleich ganz wenig nach vorn verschobenen Hand, wobei der Bodensee der Handfläche entsprechen würde. Spornbildung ist eine sehr bekannte und konsequente Erscheinung fluvialer Konfluenz mit talabwärts gerichteten und naturgemäss dorthin orientierten und erniedrigten Gebilden, wie jede topographische Karte zeigen kann. Unsere Sporne sind alpenwärts gerichtet und deshalb prägte ich mir das

Ganze als Inversion des topographischen Gefälles ein. Die trennenden Täler können unmöglich als entsprechend viele Arme eines sich teilenden Stromes erscheinen. Solche Flussteilungen ereignen sich in aufgeschütteten Landschaften, bei grossen Niederschlägen (vergl. Gewitterregen auf einer Strasse, Igarapés des Amazonas etc.). Sie würden übrigens flussaufwärts untergrabene, steilere Böschungen erwarten lassen. Das trifft hier nicht zu. Soll die flächenartige Anordnung der Sporne und Täler gerade einen Beweis für durch Senkung entstandenen Bodensee liefern? Der See ist jünger als der Deckenschotter, der auch hier alpenwärts einseitiges Gefälle zeigt. Für die thurgauischen Täler in ihrer heutigen breiten Form wird die Rekonstruktion der nötigen radial zum Seebecken fliessenden grossen Gewässer nicht möglich sein. Dagegen bestanden in einem Entwicklungsstadium des Sees, wie *Penck* (P-B 419) in sehr objektiver Weise es erläutert, zentripetale Zuflüsse zum See, entsprechende Konfluenzen, Furchen, welch letztere dann vom Eis benützt und grossartig zu Zweigbecken erweitert worden sind, wobei die trennenden Rücken notwendig alpenwärts am längsten und schärfsten abgeschliffen wurden. Manche zeigen geradezu als Ganzes die Form riesiger Rundhöcker (Romanshorn-Wäldi, Schienerberg, Rodelberg b.Stein a.Rh.). Die Breittäler und Sporne sind mit dem Seebecken sukzessive entstanden, gegen letzteres stellenweise durch höhere Schwellen getrennt (Romanshorn-Thurtal) und nicht infolge einer Senke. Lokalisiert ist das Ganze, weil auch der Gletscherfächer örtlich beschränkt war.

Ein zweites homologes Beispiel bieten die Stamm- und Zweigbecken von Linth- und Reussgletscher, vom Glatttal bis zur Emme W Luzern, insbesondere das

untere Gebiet des Reuss-Brüniggletschers, wofür Zugerberg, Lindenberg, Gütsch in Luzern, Umgebung von Knonau als Übersichtspunkte gewählt werden mögen.

Von und um die Nordenden des Zuger- und Vierwaldstättersees breitet sich eine fast apere glaziale Depression aus, welche bereits *Kaufmann* l. c. 449 als solche kannte! Es ist wieder ein Zentralgebiet mit Radialfurchen (Zweigfurchen). Die N-S-Axe geht von Bonstetten 528 m über Affoltern 500 m, Mettmenstetten 470 m (Obfelden 445 m) nach Zugersee-Hammer a. Lorze 416 m, um von neuem anzusteigen über Dersbach S Cham 425 m, W Rothkreuz 450 m, Einschnitt E Rothkreuz 449—450 m auf Kilchberg bei Buonas 530 m und damit den gerippten alten Talboden zu erreichen. Auch die E-W-Axe ergibt den Schnitt durch eine flache Schale. Sie zieht von Kilchberg 534 m über den Rundhöcker Reckenbühl 454 m W Root an der Reuss zur Strasse S Station Rothenburg 530 m und hinauf nach Hellbühl 641 m. Die ausgeschliffene Landschaft ist als solche besonders eindrucksvoll innerhalb der dislozierten Molasse Cham-Buonas-Rothkreuz. Sie bildet auf 6 km den NW-Flügel der nördlichen Antiklinale, ist mithin tektonisch das Äquivalent des Höhenzuges (Ricken-)Kreuzegg-Schnebelhorn. Allein hier muss man die Isoklinalberge aus kaum auftauchenden Rippen rekonstruieren. Sie liegen durchschnittlich 450 m tiefer als die präglaziale Landfläche des Zugerberges und — gleiche ursprüngliche Hebung vorausgesetzt — 700 bis 800 tiefer als die tektonischen Äquivalente E des Tösstales. Moränenschutt fehlt hier beinahe. Desgleichen westlich der Reuss, über der ungestörten und glazial bearbeiteten Molasse nach Rothenburg-Hellbühl-Neuenkirch etc. (siehe S. 288).

Über Sandsteine („Sandplatten“ b. Rain) in schwachen Stufen und mehr oder weniger entwickelten Rundhöckern gelangt man auf einer Erosionsfläche allmälig zu Wasserscheiden, hinter welchen die Radialfurchen mit erhaltenen und erblindeten Seen und der allbekannten Moränenlandschaft liegen. In diese grosse Depression schauen alpenwärts fallende, erniedrigte, radial-konvergente Sporne, als Folgeerscheinung der glazialen Diffluenz, wie Arni-Iselisberg W Bonstetten, Lindenberg, Höhenzug Rain-Münster (Luzern), Hellbühl-Ruswilerberg und Felsigen-Graubaum nördlich der Emme.

Am Südost-Ende dieser 21 km breiten Depression, welche mit der Gegend um den obern Zürichsee die breiteste Bresche der Vorberge bedingt, liegt nun das Felsbecken des Zugersees. Nirgends eine Abdämmung durch Moränen. Die Abflussrinne der Lorze zur tieferen Reuss ist ein postglaziales, in Molasse geschnittenes enges Flusstal. Im Osten erhebt sich die präglaziale Rumpfebene des Zugerberges in mehr als 900 m, im Westen ist eine tiefere, gerippte Abtragungsebene südlich Rothkreuz mit dem scharf glazial bearbeiteten Kiemen in 550 bis über 600 m erhalten, mit korrespondierenden ausgeschliffenen Terrassen am reehten Ufer um Walchwil.

Unter dieses Niveau ist unsere Depression ausgearbeitet und endlich unter die letztere wie ein Riesenkolk der zweigeteilte See mit durchschliffenem Riegel Kiemen-Lotenbach und einer Maximaltiefe von 198 m. Im Gelände steht man vor eindrucksvollen Tatsachen, deren Wirkung vor allem durch den unmittelbaren Kontrast des nach der Würmeiszeit verlassenen Bodens bei Cham und der mehr oder weniger erhaltenen spät-

pliocänen Abtragungsebene auf dem Zugerberg erhöht wird, endlich dadurch, dass man hier direkt ein Seebecken als allmäliges und lokales Endergebnis einer lang andauernden Erosion vor sich hat (vgl. S. 297). Durch glaziale Diffluenz in Teilfurchen erklären sich ferner leicht die alpenwärts gerichteten Abdachungen von Bachtel, Pfannenstil, Albis (letzterer nachträglich im Südosten deformiert), dann eigentliche Talgabelungen wie vor dem im Norden unterschnittenen Belpberg und insbesondere bei Sargans, dem schweizerischen Bellagio, dessen alpenwärts schauende, zugeschliffene „Punta“ das dominierende Schloss trägt.

Ist schon der Pfannenstiel ein Diffluenzsporn in der Nähe einer zwischen Hombrechtikon und Wald zugeschliffenen Schwelle zwischen Stamm- und Zweigbecken, so steigert sich diese Arbeit im Nährgebiet der Gletscher zu Überbordungen, wobei an den Passseiten auch Sporne entstehen, welche sich an die vorigen morphologisch eng anschliessen und von denselben nicht immer scharf zu trennen sind. Die Erscheinung ist *Kaufmann* nicht entgangen, wenn sie ihm auch in der ganzen Tragweite nicht bekannt sein mochte. Nach ihm passt sich der starre Gletscher „starken Krümmungen kaum an; eher noch setzt er, kraft des von hinten wirkenden Druckes, über kleine Erhabenheiten, niedrige Wasserscheiden hinweg, kann so möglicherweise von einem Tal quer oder schief über in ein anderes gelangen und den Übergang allmälig ausweiten und vertiefen.“ Als Beispiel führt er das Hürntal westlich Knutwil (top. Atlas 182 und 183) an, nördlich des Wauwiler Trichters, d. h. nahe des Gletscherendes. Man hat hier auf kleiner Fläche ein prachtvolles Bild: Bei St. Erhard einen Diffluenzsporn (Bi-

furkation) zwischen den Tälern der Suhr und Wigger, eine Transfluenz (P-B) westlich Knutwil ins Hürntal, Erniedrigung der Schwelle auf 564 m, Auskolkung des Tales durch eine Gletscherzunge (Buchser Moos) und Entwicklung von Stosseiten am Santenberg, welcher im Westen durch Fluss-Serpentinen angeschnitten ist.

Wie Flüsse überborden, so fliessen Eisströme gelegentlich bei Hochstand in Täler mit kleinerem Einzugsgebiet und tieferem Stand des Eises. Ein in Gebirgstäler oder Fjorde vordringendes Nebelmeer kann den Vorgang illustrieren. *Agassiz* (1842) war das Überfliessen des Eises vom Rhonetal über die Grimsel bekannt. *Gerlach* beobachtete eine Transfluenz aus dem Val Chamonix über Col des Montets ins Val Trient, vom Val Ferret über Plan y Bœuf ins Val d'Entremont bei Liddes (l. c. 43, 100). Man erkennt auf den Eisscheiden des Gotthard, Lukmanier, Bernhardin, Splügen, Bernina, Simplon ein Überfliessen nach Süden. Im Engadin beobachtet man eine Transfluenz vom Haupttal über den Albula, aber vom Rosegtal über Fuorcla Surley ins Oberengadin mit jeweiliger deutlicher Abtragung der Passtäler. Detailstudien hierüber wären sehr erwünscht! Im allgemeinen lassen sich naturgemäss je nach der Differenz der Eisstände benachbarter Täler mindestens zwei Stadien unterscheiden:

1. Die Transfluenz erfolgt in Form einer kurzen Zunge, eines eine trichterförmige Erosionsform hinterlassenden Lappens, das Spiegelbild der normalen Trichtermündungen von Eisflüssen, z. B. Strecke Wald-Fischental und wahrscheinlich Trichter bei Wildhaus mit der schönen Terrasse Boden-Gatter-Schontobel am Fusse der Churfirsten. Noch in der Nähe von Härti, ca. 1320 m, am Grabserberg, fand

ich Diorit und Gneisse[1]) und auf den Drei Schwestern im Vorarlberg liegt Erraticum in 1500 m (P-B 428).

2. Vollständiges Hinüberfliessen in ein anderes Tal, das glazial erodiert wird. Wundervoll ist die Schwelle des Monte Cenere auf der Dufourkarte gezeichnet. Ein Vergleich derselben mit der Originalaufnahme (Bl. XIX, Sektion 14, 1857), welche ich der eidgenössischen Landestopographie verdanke, zeigt in der Tat auf 9 km E-W-Ausdehnung eine vielfach zugerundete, rillig durchschliffene Gneisstufe in 553—1050 m, welche Siedelungen trägt und in grossem Gegensatz zu den splittrig abgebrochenen Flanken steht. Streng genommen ist die ganze Erscheinung eher eine Mischform von Diffluenz (Monte Tamaro) und Transfluenz.

Solche Überfluss-Arme können, wie P-B zuerst erkannten (l. c. 539, 606 — „Bifurkation“ — 811, 812), eine „glaziale Anzapfung“ eines andern Fluss- oder Eisstromes bewirken, die an Stelle des fluvialen Abschneidens tritt, z. B. Brünigstrom. Man sucht in direkter Verlängerung der Talaxe von Obwalden vergeblich die Fortsetzung eines breiten, grossen Flusses. Der Aare-Eisstrom floss hier mit ca. 1,9 km Querschnitt durch. Der Forno-Gletscher bewegte sich (vergl. S. 269) über den Maloja nach W und bewirkte im Verein mit dem Maira- und später dem Albigna-Gletscher die gewaltige Vertiefung des obern Bergell, so dass das Oberengadin isoliert worden ist. Für die Lorze findet man rückwärts über den 1 km breiten gerippten Talboden Morgarten-Eumatt keine direkte Fortsetzung. An der

[1]) Über andere Erratica vergl. meine „Lithothamnien“ in Abh. d. schweiz. paläontol. Ges., Vol. XVII, Zürich 1890, S. A. S. 25—26.

Zinggennas ob Sattel ist ein Bifurkationssporn, vor dem sich der Ägerigletscher nach W bewegte und den See auskolkte, dessen Becken auch ohne Moränendamm, wenn auch weniger tief, bestehen würde (s. o. S. 285—286).

* * *

Halten wir Rück- und Umschau. In den Skulpturformen eines Landes findet man die verschiedenen Äusserungen des Klimas abgebildet, subaërische entsprechende Verwitterung, fluviale und glaziale Verfrachtung und Erosion. Klimatische Änderungen von längerer Dauer prägen sich in besondere Arbeitsmethoden und speziellen Stilarten auf. Die Prävalenz der einen Kräfte führt zur Zerstörung der Gestalten der andern Kraftgruppen. Daraus resultieren Mischformen, Auf- und Umprägungen (vgl. *Suess* l. c. 417 ff.). Es gibt fort- und rückschreitende, alternde und jugendliche Gebilde. So gleicht auch unser Land einem Palimpsest, in welchem seit dem Pliocän die Schriftzüge der Verwitterung, von vier Eiszeiten, drei Interglazialzeiten und der Gegenwart mehr oder weniger erhalten sind. Noch lesen sich diejenigen der letzten Glazialzeit deutlich, wenn auch die nacheiszeitlichen fluvialen und anthropogenen Züge schon kräftig und dicht eingetragen sind.

Die modernen Anschauungen über den Bau und die Entstehung des Alpengebirges.

Von *H. Schardt,* Neuenburg.

Vor nahezu 9 Jahren war es mir vergönnt, an der Jahresversammlung unserer Gesellschaft in Engelberg über den merkwürdigen Bau der sog. *westlichen Voralpen* (Chablais und Stockhornzone) zu sprechen. Ich zeigte damals, dass dieser Gebirgsteil, welcher sich vom Arvetal in Savoyen bis an den Thunersee erstreckt, sowohl durch fazielle wie auch durch tektonische Eigenschaften derart von den als dessen Fortsetzung geltenden Alpenteilen absticht, dass dieses ganze Gebiet als eine selber wieder gefaltete Überschiebungsdecke aufzufassen sei.

Dieselbe überlagert ihrem Nordwestrande entlang überall die miocänen und oligocänen Gebilde des schweizerischen Molassebeckens; südöstlich tauchen die Falten der Hochalpen, mit ganz anderer Fazies-Entwicklung, aufs deutlichste *unter* diese Decke; südwestlich und nordöstlich setzen die von da weg an den Alpenrand herantretenden Falten mit helvetischer Fazies (Hochalpenfazies) scharf an den Voralpen ab, oder sie tauchen, rückwärts abschweifend, ebenfalls sichtlich *unter* die präalpine Decke. Diese, mit einer Länge von 125 km, ist durch das Rhonetal in zwei ungleiche Segmente geteilt, wovon das eine 50, das andere 75 km

messen. Diese Überschiebungsdecke erscheint wie ein *fremdes, dem Alpenrande eingefügtes Gebirgsstück.* Tatsächlich greift dasselbe um etwa 20 km über den normalen Alpenrand mit helvetischer Fazies hinaus, die Tertiärschichten des Molasselandes deutlich überlagernd und zwar meist mit Triasbildungen anfangend.

Ich hob schon damals hervor, dass diese gewaltige Decke, von einer ursprünglichen Falte oder Faltenverwerfung ausgehend, einem weit südlicher gelegenen Alpengebiet entstammen müsse und über die südostwärts gelegenen Hochalpen (Mont Blanc- und Finsteraarmassiv-Zone) hinweggewandert sein müsse (daher die Bezeichnung exotisches Gebiet). Die liegenden flachen Falten, welche unter diese Decke tauchen, schienen mir damals schon in einer gewissen tektonischen Beziehung mit dieser gewaltigen Überschiebung zu stehen. Ebenso zeigte ich, dass die sog. Klippen der westsavoyischen und der ostschweizerischen Alpen als Überbleibsel dieser sich früher bis an den Rhein einerseits und bis an das Tal des Annecysees andrerseits, erstreckenden Überschiebungsdecke aufzufassen seien. Die exotischen Blöcke und die Flyschbreccien verdanken ebenfalls ihre Entstehung dieser schon während der Flyschbildung angebahnten Überschiebung.

Diese Deutungsweise fand anfänglich nur wenig Anklang, wenigstens nicht während der Zeit, da ich dieselbe zum erstenmale ausgesprochen (1893) [1] [1]) bis zu besagtem Vortrag in Engelberg (1897) [2]. Zwar hatte sich Herr Lugeon, welcher an der Stelle der Stockhornalpen zuerst einen aufgefalteten Horst (Champignon) [3], dann eine Überschiebung von Norden her

[1]) [1—27] Litteraturnachweise, siehe am Schluss.

haben wollte [4], ohne weiteres zu meiner Auffassung bekehrt und sich dieselbe zu eigen gemacht [5]. Doch blieben noch die meisten der Alpengeologen auf einem mehr oder. weniger skeptischen Standpunkt, wenn nicht gar auf etwas spöttelnde Weise von der „Verfrachtungstheorie" gesprochen wurde. Im Frühjahr 1898 erschien von mir eine grössere Arbeit [6] über dieses Thema. Die bis damals nur in kurzen Zügen ausgesprochenen Schlüsse sind darin eingehender begründet und der Zusammenhang zwischen den Chablais-Stockhornalpen, den Klippen, den exotischen Blöcken und den Flyschbreccien ist, soweit es möglich war, ins richtige Licht gestellt. Diese Publikation wurde verschiedenerseits scharf angegriffen, besonders von Herrn E. Haug in Paris [7]. Ich kann hier nur dieses Umstandes kurz Erwähnung tun, ohne auf die Angriffe selbst, noch auf die Abweisung [8] meinerseits einzugehen.

In dieser Arbeit wurde schon darauf hingewiesen, dass ein Teil der sog. krystallinen Zentralmassive, diejenigen der südlichen Zone, welche, wie Adula und Monte Rosa, eine domartige Wölbung aufweisen, gleich der Antigoriogneissfalte, eigentlich nichts anderes als *liegende Gneiss-Falten* seien. Wenn solche Falten im kristallinen Grundgebirge sich entwickeln, so ist gewiss nicht zu verwundern, dass die darüber liegenden Sedimente sich zu Faltendecken und Überschiebungen entwickeln konnten, welche sich zusammendrängen und übereinanderhäufen und so dem Druck der überhöhten kristallinen Massen folgend, nach Norden abgleiten mussten.

Alle diese Vermutungen haben sich vollständig bestätigt. Allerorts werden neue Belege zusammengebracht; viele derer, welche zuerst die Überschiebungs-

und Überfaltungstheorie energisch bekämpften, haben sich offen zu deren Annahme entschlossen; so Herr Emile Haug in Paris (1902) [9] und neuerdings (1905) [10] Herr Prof. G. Steinmann, welcher in den Graubündner Alpen so eingehende Untersuchungen vorgenommen und eine ganze Reihe von Schülern zu deren Weiterführung vorbereitet hat.

Die Verbreitung, ich möchte fast sagen die Vulgarisation der Überfaltungstheorie und deren Anwendung auf das ganze Alpengebirge und dessen weitere Verlängerungen, ist besonders durch die Herren Lugeon und Termier bewerkstelligt worden. Ersterer [11] will die Überschiebungen der Stockhorn-Chablaiszone mit den liegenden Falten mit helvetischer Fazies in Verbindung bringen und unterscheidet jene als Decken mit *innern*, diese als Decken mit *äussern* Wurzeln, d. h. Faltendecken, deren ursprüngliche Ansatzlinien mehr gegen den Alpenrand zu gelegen sind. Der wirkliche (autochthone) Alpenrand wird durch diese von S nach N über das Miocänbecken vorgeschobenen Faltendecken und Überschiebungen verdeckt. Deutlicher wäre gewesen, von Decken mit nördlichen und südlichen Wurzeln zu sprechen. Herr Termier [12] hat der neuen Anschauung durch eine ganze Reihe von theoretischen Profilen, sowohl durch die Ostalpen als durch die Westalpen, Ausdruck zu geben versucht. Wenn auch solche, zum grossen Teil ziemlich ideale Konstruktionen, durch ihre an moderne Kunst erinnernden Linien, gewissen Argwohn erregt, ja sogar herbe Kritik erlitten haben (Diener), so ist denselben aber doch ein grosser Wert beizulegen, indem dadurch das Verständnis der Erscheinung bedeutend gefördert wurde. In dieser Beziehung hat sich Termier einen bedeutenden Erfolg er-

rungen, wenn auch seine Darstellungsweise, besonders was die abgetragenen Teile des Gebirges und die Beziehungen der Alpen zu den Dinariden, mit ihrer absolut hypothetischen „Druckwalzendecke“ (rouleau compresseur) betrifft, als sehr gewagt bezeichnet werden muss. In dieser Hinsicht kann die Anschauungsweise Termiers als die äusserste Form der neuen Auffassung, ich möchte fast sagen als „Ultranappismus“ gelten.

Soviel ist heute als sicher anzunehmen, nämlich dass das ganze nördliche Alpengebiet, ebenso die Ostalpen, *aus übereinander getürmten Faltendecken bestehen*, deren jetzige Lagerstätte oft *weit vom Wurzelgebiet entfernt ist.* Den Zusammenhang dieser Deckfalten mit dem allgemeinen Bau der Alpen und deren Entstehung zu deuten, ist meine heutige Aufgabe.

Unsymmetrischer Bau der Alpen.

Die heutigen tektonischen Verhältnisse des Alpengebirges entsprechen einem deutlich unsymmetrischen Aufbau, indem alle tektogenen Bewegungen durchwegs von S nach N gerichtet sind. Die Faltendecken, deren Aufhäufung den Alpen ihre jetzige Höhe und Massengestalt verleiht, sind ausnahmslos von Süden her vorgeschoben worden. Etwelche lokale Ausnahmen sind als Rückfaltungserscheinungen leicht zu erklären. Wenn es auch immer noch möglich ist, in lithologischer Beziehung von einer nördlichen und von einer südlichen Kalkzone der Alpen und von dazwischen liegenden kristallinen Gebieten zu sprechen, so ist in tektonischer Beziehung das Verhältnis ein ganz anderes. Die südlichen Kalkalpen gleichen weder stratigraphisch noch tektonisch der nördlichen Zone. Schichten mit mediterraner Fazies bauen dieselben auf; die Schichtenlage

ist meist einfach, mit etlichen Verwerfungen und nur selten durch Überschiebungen kompliziert. Wie grossartig ist hingegen der Kontrast gegenüber den nördlichen Kalkalpen mit ihrem komplizierten Faltenbau! Zwar findet sich hier neben der vorherrschenden helvetischen (zentraleuropäischen) Fazies der Jura- und Kreidesedimente auch ein Faziesgebiet mit mediterranem Typus, nämlich die Stockhorn-Chablaiszone, die Unterwaldner- und Savoyer-Klippen, welche sich ihrerseits wieder an die Ostalpen anschliessen, woselbst jenseits des Rheins ausschliesslich Sedimente mit mediterraner Fazies an den Alpenrand herantreten, und zwar infolge tektonischer Einwirkungen. Der autochthone Nordrand der Ostalpen, die demselben vorliegenden Falten mit helvetischer Fazies werden hier *durch die von Süden importierten mediterranen Deckfalten überflutet.*

Trotzdem ist in den Alpen ein *ursprünglich* symmetrischer Bau zu erkennen. Wenn wir nämlich von den sich gegenseitig überdeckenden Falten absehen und die tieferen Gebirgsglieder allein in Betracht ziehen, so ergibt sich, dass das Alpengebirge aus zwei tiefgehenden Faltenzonen oder Faltensträngen besteht, zwischen welchen sich die sogenannte Glanzschieferzone (Bündnerschiefer, Schistes lustrés) einschaltet; dadurch wird die Zentralzone der Alpen in ein nördliches und ein südliches, sowohl faziell als auch tektonisch verschiedene Gebiete getrennt. Dieser Umstand tritt besonders deutlich hervor, wenn wir diese zentrale Zone der Alpen etwas näher in Betracht ziehen.

Kristalline Alpen.

Bis jetzt betrachtete man die zentrale Zone der Alpen als ein aus mehr oder weniger ausgedehnten,

sog. kristallinen Massiven bestehendes Faltengebiet, in welchem die tieferen Lagen der Erdkruste aufgefaltet und als elliptische Massen, aus granitischen Gesteinen, Gneissen und kristallinen Schiefern bestehend, von mehr oder weniger dynamometamorph veränderten Sedimenten umrahmt, hervortreten. Ein gewiss bedeutender Teil der kristallinen Schiefer mag sogar als metamorphe Sedimente gedeutet werden, was aber durch künftige Untersuchungen noch zu bestätigen ist. Es ist als sicher anzunehmen, dass die zwischen den tiefgehenden kristallinen Falten eingeklemmten Sedimentmassen durch den ungeheuren seitlichen Druck sowohl, als auch infolge der Überlastung der sich darauftürmenden Felsmassen, Veränderungen physikalischer und chemischer Art erleiden mussten, wobei Druck und Wärme gewisse Rollen zukommen. —

Betrachten wir nun die Verteilung der kristallinen Gesteinsmassen in den Alpen, so fällt uns auf den ersten Blick auf, dass dieselben zwei getrennte Reihen bilden, eine nördlich von der sog. Glanzschieferzone gelegene Reihe, welche die Massive des Mont-Blanc und der Aiguilles Rouges einerseits, des Quertales der Rhone, die Aar- und St. Gotthardmassive anderseits enthält. Südlich von besagter Schieferzone breiten sich in ausgedehnten Massen die kristallinen Gebiete der penninischen, lepontischen, Tessiner und Graubündner Alpen aus. Schon aus den Beobachtungen Gerlachs ergiebt sich, dass zwischen den nördlichen und den südlichen kristallinen Massiven ein ganz bedeutender Kontrast besteht, dass bei den nördlichen kristallinen Massiven die Gesteinslagen senkrecht oder wenig überkippt stehen und im Durchschnitt eine fächerartige Struktur darstellen, während die südlichen kristallinen

Massen ganz deutliche domartige Wölbungen aufweisen. Die schon vor beinahe neun Jahren ausgesprochene Vermutung, dass diese domartig erscheinenden kristallinen Massive keine einfachen Falten, *sondern deckenartige mit ihrem Stirnrand nach Norden absinkende liegende Gneissfalten seien,* hat sich erstens durch die Befunde am Simplontunnel [13] auf glänzende Weise bestätigt; dann sind durch neuere Beobachtungen in den südlichen Walliser Alpen [14] Beweise erbracht worden, dass dort ebenfalls mehrere Gneissdecken übereinander liegen, ganz so wie am Simplon. Auch in den östlichen Gneissgebieten ist nun erwiesen, dass es sich nicht um einfache Aufwölbungen handelt [15], sondern dass sich dort, wie im Westen, liegende Gneissdecken übereinander auftürmen, dass besonders die Adula kein einfaches Gewölbe ist, sondern eine auf noch tieferem Gneiss aufliegende Deckfalte, welcher ostwärts noch zwei weitere kristalline Faltendecken (Tambo- und Surettagneisse) aufsitzen. So hat sich die ursprünglich als Vermutung ausgesprochene Ansicht betreffend den deckfaltenähnlichen Bau der südlichen Gneissmassen nach allen Richtungen hin bestätigt!

Es ist interessant, den Verlauf dieser Gneissdecken, soweit es unsere Kenntnisse jetzt schon erlauben, an Hand der dieser Arbeit beiliegenden Kartenskizze zu verfolgen und einen Vergleich vorzunehmen mit den nördlichen Fächermassiven. In dieser Hinsicht könnte man füglich die südlichen kristallinen Massen *Deckmassive* nennen, anstatt der schon früher verwendeten Bezeichnung Dommassive. Der Umstand, dass die *Fächermassive* in ihrer lithologischen Zusammensetzung eine gewisse gesetzmässige Anordnung der Gesteinsmassen zeigen, lässt weiterhin der Vermutung Raum,

dass auch diese nicht einfache Falten seien, sondern zusammengepresste *Faltenbüschel.* Das Vorkommen von sicher sedimentären Einschaltungen zwischen einzelnen Gneisszonen des Aiguilles-Rouges-Massivs ist ein ganz besonders bedeutsamer Umstand.

Die südlichen Gneissdeckfalten lassen sich folgendermassen gliedern und mit den östlichen Massiven verbinden. Wir gehen von Westen aus und beginnen mit der obersten Decke:

1. **Decke der Dent-Blanche** (VI und VII auf Profilen und Karte). Dieselbe besteht aus dem bekannten Arollagneiss, einem granitischen Gestein, welches zwischen dem Mont-Gelé im obern Bagnetal und den vereisten Gebieten der Dent-Blanche eine ausgedehnte, selber wieder in wellige Falten geworfene Decke bildet; dieselbe hängt mit einer von der Valpelline in der Richtung der Dent-d'Hérens sich hinziehenden Gneisszone zusammen. Gerlach hat die deckenartige Lage dieser Gneissmasse ganz genau kartiert, in den Profilen aber nicht in diesem Sinne gedeutet.

2. **Gneisszone des Monte Rosa** (V). Obschon südlich von voriger anstehend, gehört diese Gneissmasse doch einer tiefer liegenden Decke an, indem der Gneiss der Dent-Blanche, wie bemerkt, eine völlig abgetrennte, also ganz wurzellose Decke bildet und als Wurzelgebiet derselben die südlich der Kalk- und Schieferzone der Pietri Verde gelegene Zone der Sesiagneisse angesehen werden muss. Diese letzteren verbinden sich gegen Osten mit den Gneissmassen des mittleren Tessin, was seitens der Monte Rosa-Gneisse ebenfalls geschieht, nachdem dieselbe südlich vom Zwischbergenpass, sich nach SO wendend, das Tosatal erreicht hat. Westlich vom Monte Rosa ist der Nordrand dieser Gneissdecke

unter dem Arollagneiss verborgen und kommt erst wieder zum Vorschein, nachdem diese Decke westlich vom Grossen St. Bernhard aussetzt. Der Monte Rosa-Gneiss ist ein schiefriger und flaseriger, feldspatreicher grauer Gneiss.

3. **Zone des Grossen St. Bernhard** (IV). Diese kristalline Zone ist von den beiden vorigen ziemlich verschieden, indem die vorherrschende Eigenschaft in der kristallophyllitischen Zusammensetzung der einzelnen Formationsglieder beruht. Dieselben bestehen aus vorherrschend sehr schieferigen Gneissen und Glimmerschiefern von heller Farbe, recht oft hellrote Granaten führend; dazwischen kommen hie und da etwas grobkörnige oder feinkörnige aplitische Gneisse, dann auch sehr häufig Amphibolite oder amphibol- und chloritführende Glimmerschiefer, welche unter dem Namen Casannaschiefer bekannt sind (sedimentär, palæozoisch, Karbon?). Diese Zone tritt zwischen dem Grossen St. Bernhard und dem Mont Velan auf Schweizergebiet und erreicht eine ganz bedeutende Entwicklung. Ihre Gesteine bilden beide Flanken des Val d'Entremont, den Petit Combin, die Gruppe des Mont Fort, dann alle die Zwischenglieder, welche die Seitentäler auf der Südflanke des Rhonetales herausgeschnitten haben; so der Mont Thyon, der Mont Noble, die Bella-Tolla und das Schwarzhorn ob St. Nikolas; das mächtige Massiv der Mischabel ist ebenfalls aus diesen Gesteinen herausmodelliert, ebenso die Gruppe des Fletschhorns, wonach sich diese Gesteinszone nach SO zieht, um sich dann über Val Bognanco ans Tosatal hinzuziehen und sich ebenfalls mit den Tessiner Gneissmassen zu verbinden.

Das Monte Leone- (Simplon-) Gebiet ist der eigent-

liche Knotenpunkt in der Entwicklung der aufeinanderfolgenden Gneisslagen. Dank der sehr tief gehenden Erosion sieht man im Diveria- und Tosatale noch mehrere tiefer liegende Gneissfalten.

4. **Die Monte Leone-Gneissdecke** (III). Dieselbe taucht gleich einem Gewölbe östlich vom Simplonpass auf; westlich davon ist sie durch die vorige Decke, welche sogar noch bis auf die Nordseite der Gebirgsmasse hinübergreift, vollständig eingeschlossen. Das Diveriatal ist ungefähr auf der Achse des Gewölbes eingeschnitten. Diesem Anschein ist es auch zu verdanken, weshalb das Simplongebirge so lange als aus einem *Gewölbe* bestehend angesehen wurde. Diese Gneissdecke ist selber wieder sehr scharf gefaltet, abgesehen von deren gewölbeartiger Umbiegung. Am Ofenhorn bildet dieselbe, ähnlich wie der Arollagneiss, eine frei schwebende Decke. Der Monte Leonegneiss ist ein hellgrauer, schieferiger, oft auch grobkörniger Augengneiss.

5. **Der Lebendungneiss** (II) bildet eine schmale Zone, welche vom Diveriatal aus bis an den Fuss des Ofenhorns reicht und sich dann östlich vom St. Giacomopass nach dem Gebiet von Campo Lungo hinzieht; petrographisch ist derselbe dem Monte Leonegneiss sehr ähnlich.

6. **Der Antigoriogneiss** (I) wurde schon von Gerlach als eine von Süden nach Norden überschobene Falte gedeutet, während späterhin diese mit dem Monte Leonegneiss konzentrisch verlaufende tiefere Gneissmasse als Kernteil des Simplongewölbes gedeutet wurde. Hierauf (1894) kam die Gerlach'sche Ansicht wieder zur Geltung. Der Antigoriogneiss ist ein granitisch aussehender, massiger, meist heller Gneiss, welcher gleich einem Gewölbekern im Diveriatal auftaucht und sich mit der nördlichen Tessiner Gneissmasse verschmelzt.

7. Im tief erodierten Antigoriotal kommt unter dem Antigoriogneiss noch eine tiefer liegende Gneisslage zum Vorschein, es ist der **Crodogneiss**; dieselbe wurde auch vom Simplontunnel durchstochen. Seinem Aussehen nach ist dieser Gneiss einem feinkörnigen Antigoriogneiss sehr ähnlich. Das gewölbeartige Aufbiegen lässt nicht erkennen, ob man es mit einer tieferen Gneissfalte zu tun hat oder ob es ein Gewölbe im liegenden autochthonen Gneiss ist.

Verbindung mit den östlichen Gneissmassiven. Wie bemerkt, laufen die östlichen Verlängerungen aller dieser Gneisszonen in der ausgedehnten Gneissmasse des mittleren und nördlichen Tessin zusammen, welches Gebiet auf Blatt XIX der geologischen Karte der Schweiz, als fast gleichförmig nur aus Gneiss bestehend, angegeben ist. Dem kann aber nicht so sein, indem im angrenzenden Graubünden wiederum deutlich voneinander getrennte Gneissdecken zum Vorschein kommen und zwar so, dass es offenbar erscheint, dass dieselben in umgekehrter Weise wie die penninisch-lepontischen Decken aus der Gneissmasse des Tessins hervorzugehen scheinen. Da nun aber dort, sowohl wie hier, die Gneissdecken meist deutlich durch mesozoische Sedimente (Trias und Jura) von einander getrennt sind, so ist sicher anzunehmen, *dass dies auch in dem dazwischenliegenden Stück der Fall sein muss.* Es ist also zukünftigen Untersuchungen vorbehalten, zu zeigen, wie sich die westlichen (penninisch-lepontischen) Gneissdecken mit den östlichen Tessiner und Graubündner Gneissen durch das mittlere Tessiner Gebiet verbinden. Auf beiliegendem Kärtchen sind deshalb nur mutmassliche Abgrenzungen eingetragen. Es scheint aber doch berechtigt, einstweilen folgenden Parallelismus anzunehmen:

Arolla-Sesiagneiss	VI u. VII	Surettagneiss VII und Tambogneiss VI	
Monte Rosagneiss	V	Adulagneiss	
Gr. St. Bernhardgneiss	IV	Molaregneiss	
Monte Leonegneiss	III	Gneiss südl. vom Campolungo	östlich vom Val Leventina verdeckt.
Lebendungneiss	II	Gneiss nördl. vom Campolungo	
Antigoriogneiss	I	Verdeckt.	

Es ist in der Tat leicht ersichtlich, dass mit der Annäherung gegen die Graubündner Alpen alle genannten Gneissdecken nach Osten *untertauchen* und zwar unter das Kalk- und Schiefergebiet Graubündens, welches unter der Kollektiv-Bezeichnung der *Bündnerschiefer* bekannt ist. Das Umgekehrte findet vom Simplongebiet westwärts statt. Letzteres Gebiet ist also eine Stelle, wo die verschiedenen Gneissdecken, welche hier übereinander liegen, am *höchsten aufgewölbt sind;* deshalb haben die Taleinschnitte daselbst die *tiefsten* Gneissdecken entblösst. Weiter südlich müssen die Wurzelzonen der hier in der Überlagerung fehlenden obern Decken als steilstehende Gneissbänder vorhanden sein; es sind dies die Falten V, VI und VII, welche sich dann erst weiter östlich wieder als Decken ausbreiten, um dann ihrerseits, eine nach der andern unter die Bündnerschiefer einzutauchen. Die Gneisszone der Sesia, welche also die südlichste der bis ins Wallis hinübergreifenden Gneissfalten ist, entspricht der dreiteiligen Roffna-Suretta-Stella-Gneismasse, mit deren petrographischem Charakter dieselbe ebenfalls ganz gut stimmt. Diese Gneisszone schmiegt sich an die sogenannte Amphibolitzone von Ivrea an, welche sich in steiler Stellung von Ivrea, am Rande der Poebene, bis in das Gebiet der südlichen Graubündner Alpen verfolgen

lässt, woselbst diese Gesteinsmasse ebenfalls eine mehr oder weniger horizontale Lage annimmt und sich mit den südgraubündnerischen Überschiebungsmassen verschmelzt, d. h. unter dieselben taucht.

Ostalpine kristalline Massive. Wie leicht ersichtlich, können die kristallinen Gesteinsmassen der südgraubündnerischen und der Ostalpen in keinen Zusammenhang gebracht werden mit den bis jetzt besprochenen Gneisszonen. Letztere tauchen ja alle unter die Sedimentmasse der Bündnerschiefer und werden von nun an durch andere von noch weiter von Süden her stammende Gebirgsmassen ersetzt. Es sind gewaltige kristalline Massive, welche sowohl aus granitischen, als auch aus kristallophyllitischen Gesteinen aufgebaut sind; dazu gesellen sich grüne Gesteine, wie Gabbro, Serpentine, Amphibolite und Sedimentsgesteine mit ausgeprägtem ostalpinem Charakter. Die kristallinen Massen gehören einer ganzen Anzahl von Decken an, welche schuppenartig übereinanderliegend, oft auch durch die Erosion zu einzelnen Schollen zerlegt, auf den Bündnerschiefern liegen. Diese kristallinen Massive gehören also einem südlicheren Gebiet an als diejenigen der Walliser- und Tessiner Alpen; die Amphibolitzone von Ivrea liegt dazwischen.

Die von diesen kristallinen Decken abhängigen Gebirgsteile sind von W nach O die folgenden: Piz Kesch, Piz Ot (Albulamassiv, unter welchem der Durchstich des Tunnels der Rhätischen Bahn eine Einschaltung von schwarzem Schiefer aufgeschlossen hat, welcher sich von dem ausserhalb des Tunnels liegenden nicht unterscheidet, auch keinerlei Kontaktmetamorphose aufweist, also nur auf tektonische Weise unter den Granit gelangt sein kann); Juliermassiv, Pizzo

della Disgrazia (Cima del Largo), Berninamassiv, Cima di Campo, Sesvenna (Maipitsch) und noch unzählige grössere und kleinere kristalline Massen. Überall gesellen sich dazu die schon erwähnten Einschaltungen von Grünschiefern, Serpentin und ostalpinen Sedimenten. Denselben Ursprung haben offenbar auch die Gneiss- und kristallinen Schiefermassen zwischen dem Inntal und der Talschaft Davos, sowie das ausgedehnte kristalline Gebiet der Silvretta, welches sich direkt an die ostalpinen Massive anschliesst. Sie sind alle schwimmende Schubmassen, unter welchen wieder Sedimente und kristalline Einschaltungen in wiederholter Reihenfolge auftreten, wie dies der im Unterengadin auftretende Schieferkomplex als Liegendes aller dieser überschobenen Massen beweist. Der tiefere Teil des Unterengadins ist bekanntlich ein sog. *Fenster,* durch welches der infolge der Erosion blossgelegte Basalteil (Bündnerschiefer) zutage tritt.

Wenn wir uns zusammenfassen, so erhellt aus obigem, dass die kristallinen Gebirgsmassen drei verschiedenen Zonen angehören; die nördliche besteht aus steilen *Fächermassiven,* die mittlere und die südliche bilden ausgedehnte liegende *Deckmassive.* Wichtig ist es hier, noch zu bemerken, welcher Art die Sedimentgesteine sind, welche zwischen den drei kristallinen Gebieten sich einschalten. Zwischen Mont-Blanc- und Aiguilles-Rouges-Massiv, ebenso zwischen Gotthard- und Aar-Massiv liegen stellenweise bedeutende Karbon- und Permablagerungen; dieselben fehlen auf der Nordabdachung von Aiguilles-Rouges- und Aar-Massiv, ebenso auf der Südabdachung der beiden inneren Massive (St. Gotthard und Mont-Blanc). Hier fängt die sicher sedimentäre Serie erst mit der Trias an. In Begleit der

kristallinen Zone des Grossen St. Bernhard, welche selber wahrscheinlich zum Teil aus metamorphem Paläozoicum besteht, findet sich wieder Karbon mit Anthrazitflötzen. Dazwischen liegen die Ansatzgebiete eines Teiles der Kalkalpen mit helvetischer Fazies (südlich des Mont-Blanc und St. Gotthard), dann die Glanzschieferzone, welche oberflächlich eine ziemlich untergeordnete Rolle spielt, aber in der Tiefe wohl viel bedeutender entwickelt ist, wie solches aus der tektonischen Lage im Simplongebiet hervorgeht.

Diese **Glanzschieferzone** muss als eine Synklinale aufgefasst werden, welche die nördlichen Fächermassive von den mittleren Gneissdecken scheidet; es darf aber doch nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Eigenschaft der schiefrigen Struktur vor allem eine *tektonisch-metamorphe Ursache* hat, und dass deshalb nicht auf eine ursprünglich durchwegs gleichmässige Sedimentation geschlossen werden darf. Unter genügendem Druck, der unter den gebirgsbildenden Einflüssen, die hier gewirkt haben, gewiss nicht gefehlt hat, können sehr verschiedenartige Gesteine gleich schiefrige Struktur annehmen. Was das Alter der Glanzschiefer und Bündnerschiefer an betrifft, so mag es wohl möglich, ja sogar wahrscheinlich sein, dass dieselben Jura, Kreide und Tertiär bis Oligocän vertreten, alles aber in derartig druckmetamorphem Zustand, dass die durchwegs schieferige Struktur das ganze Gebilde gleich einem einheitlich Ganzen erscheinen lässt.

Zwischen den Wurzeln der südlichen und mittleren Gneissdecken liegt die Amphibolitzone von Ivrea, die ebenfalls als eine Synklinalzone betrachtet wird.

Die zwischen den einzelnen Gneissdecken eingeschalteten Sedimentmassen lassen meist kaum mehr

erkennen, welcher Fazies dieselben angehören, indem der Metamorphismus jedwelche derartige Eigenschaften gründlich verwischt hat. Es ist indessen offenbar, dass von N gegen S vorschreitend die Fazies nach und nach *von der helvetischen Fazies zur Mediterran-Fazies übergehen müssen,* zwischen welchen auch die Glanzschiefer-Fazies ihren Platz hat, insofern damit wirklich ein ursprünglich sedimentärer Unterschied angenommen werden darf, was zwar nur für die *rein schiefrigen,* ursprünglich als *gleichmässig thonige* Sedimente zu deutenden Partien wahrscheinlich ist.

Die südlichen Kalkalpen.

Um nicht noch einmal auf diesen Gegenstand zurückzukommen, sei hier noch an das schon Gesagte anschliessend erwähnt, dass dieses Gebiet an die mit vielen Granitmassen unterbrochenen südlichen Gneisszonen anlehnt und lokal mit Karbonformation begleitet ist. Die Fazies der mesozoischen Sedimente ist rein mediterran. Dieselbe setzt bei Gozzano ein und zeichnet sich auch noch durch das Vorhandensein von Porphyr- und Porphyritdecken nebst ihren Tuffen aus, welche Gebiete vortriadisch sind, d. h. wohl dem Karbon oder vielleicht dem Perm angehören.

Die nördlichen Kalkalpen mit helvetischer Fazies.

Von dem Gebiet der Alpen von Annecy über die Kette der Dent du Midi bis zum Ende des Säntisgebirges, ja sogar bis ins Vorarlberg, erstreckt sich eine ununterbrochene sedimentäre Faltenzone, an deren Aufbau mesozoische Schichten (Trias, Jura, Kreide), obereogene (Nummulitenschichten und Flysch), stellenweise auch permokarbonische Ablagerungen teilnehmen.

Genau so wie die Gneissfalten, liegen hier sedimentäre Deckfalten mehrfach übereinander. Eine breit entwickelte Falte kann zurücktreten, um einer neu auftretenden Platz zu machen. Jede einzelne Falte kann sich an ihrem Stirnrand in mehrere Teildecken zerlegen. In der angeführten Richtung kann man folgende Faltendecken unterscheiden:

1. **Falte der Dent du Midi.** Sie hat eine horizontale Spannweite von mindestens 10 km und ist mit vier Teilfalten versehen. Dieselbe entwickelt sich aus der Verschmelzung von mindestens sechs einzelnen liegenden Falten, welche am Mont Joli (Nordfuss des Mont-Blanc) wurzeln und sich hier, in horizontaler Richtung gemessen, auf fast eine Breite von 20 km in sehr ausgewalzter Form ausdehnen. An der als einzelne Faltendecke entwickelten Dent du Midi-Falte sind nur noch etwa vier dieser Teilfalten zu erkennen. Auf der gegenüberliegenden Seite des Rhonetales hat sich diese liegende Falte nicht nur vereinfacht, indem nur noch eine einzige Abzweigung sichtbar ist, sondern sie hat sich ganz bedeutend verschmälert und misst nur noch 5 km Breite. Diese Verschmälerung deutet offenbar auf ein allmähliches Ausgleichen d. h. Verschmälern und Aussetzen der Falte hin, was durch das Einsetzen neuer Faltendecken bewiesen wird.

2. Die **Deckfalte der Diablerets** legt sich längs des Pas de Cheville über die Falte der Dent de Morcle, welche deutlich darunter taucht. Ihr Mittelschenkel ist ausgequetscht, indem der Triaskern derselben auf Nummulitenkalk zu liegen kommt. Sie überspannt kuppelförmig die Rundung der vorigen Falte; ein Fetzen von Neocomkalk aus der innern Voralpenzone (Sattelzone) ist zwischen beide eingeklemmt.

3. **Wildhorn-Wildstrubel-Falte.** Genau so wie die Diablerets-Deckfalte am Nordabhange des Rhonetales oberhalb Ardon ansetzt, so steigt diese dritte Falte oberhalb Conthey vom Talboden auf und überdeckt den Dom der Diablerets-Falte gleich einem Mantel. Der Stirnrand derselben taucht in das Trias- und Liasgebiet der Sattelzone der Präalpen.

So lägen also hier drei Faltendecken übereinander; die jeweilen am weitesten nach Norden Vorgreifende hat ihre Ansatzlinie um so südlicher. Es ist aber nicht wahrscheinlich, dass die zwei überdeckten Falten in ungeschwächter Entwicklung unter der Dritten sich fortsetzen. Wir haben gesehen, wie die Dent du Midi-Dent de Morcle-Falte sich im Maasse des Untertauchens verschmälert; dasselbe ist ebenfalls für die Wildhorn-Falte geltend, welche bei ihrer grössten Ausbreitung kaum eine grössere Spannweite hat, als die noch unbedeckte Diableretsfalte. Also ist diese, wo sie bedeckt ist, auf eine geringere Breite reduziert. Auf ihrer Stirnabdachung weist die Wildhorn-Wildstrubeldecke eine ganze Reihe von Teilfalten auf, welche zwar nicht sehr tiefgehend sind; auch deren Rücken ist wellig gefaltet, so dass das Gebirge einem ziemlich einfach gefalteten Zuge gleicht. Diese Faltendecke setzt sich östlich vom Wildstrubel in die Kette des Lohner fort, welche selber wieder jenseits des Kandergrundes sich an die Kientaler Alpen anschliesst. Die Lageveränderungen dieser Faltendecke zwischen Wildstrubel und Kiental, wo ostwärts das Aarmassiv hervordringt, bilden ein äusserst wichtiges Problem, auf welches wir noch zurückzukommen haben werden. Es sei hier nur vorausgeschickt, dass die Vermutung bezüglich einer *Reduzierung der überdeckten* Falten sich an dieser Stelle völlig bestätigt.

Die verschiedenen Zickzackfaltungen der Juraschichten, wie sie zwischen Gasterental und dem Kessel von Leukerbad am Absturz der Balmhornmasse sichtbar sind, verdanken ihre Entstehung einem förmlichen *Abgleiten* der hier als autochthon zu betrachtenden Sedimentdecke, was dadurch bekräftigt wird, dass die zwischen dieser und der Wildstrubel-Lohnerfalte eingeklemmte Tertiärmulde *dieselben Zickzackfalten* ebenfalls aufweist.

Bevor wir die weitere Fortsetzung dieser nunmehr tiefsten Faltendecke ostwärts verfolgen, muss noch ein weiterer Umstand in Betracht gezogen werden, nämlich

4. **Die Deckfalte und Deckschollen des Mont Bonvin.** Dieselbe entwickelt sich oberhalb Sitten, längs der Combe d'Arbaz. Es ist eine vorherrschend aus Juraschichten bestehende Faltendecke, deren hängende Neocom-Bedeckung vollständig abgetragen worden ist. Zudem ist infolge einer offenbar sehr energischen Auswalzung der noch sichtbare Teil ausserordentlich verrutscht und verquetscht. Stücke dieser Decke bilden den Chamosserré, die Zabona, den Mont Tubang und den Mont Bonvin, als noch sichtlich miteinander in Verbindung stehende Schichtenkomplexe, ausschliesslich jurassischen Alters (Lias, Dogger, Malm), welche auf Neocom sitzen. Nördlich dieser Decke finden sich zerstreute Überreste derselben Formationen, hauptsächlich Malm und Dogger, als einzelne Schollen, welche auf Nummulitenschichten liegen; ganz identische Gebilde finden sich in der so verwickelten Sattelzone der Präalpen. Dieses letztere Gebiet gehört also streng genommen nicht zu den eigentlichen Stockhornalpen, indem die Schichten der Mont Bonvindecke noch sicher zur helvetischen Fazies gehören, wohl aber einen gewissen Anklang an die Mergelfazies der Glanzschiefer-

zone aufweisen. Die Besprechung der Sattelzone der Präalpen wird uns noch auf diese Frage zurückführen.

Verbindung der Wildstrubelfalte mit den östlichen Decken. Dieselbe ist nicht überall leicht herauszufinden, weil das Auftauchen des Aarmassivs ein förmliches Abgleiten der Sedimentdecken zur Folge gehabt hat, wodurch die Unterscheidung zwischen Deckfalten und autochthonem Gebiet, welches doch hier zum Vorschein kommen musste, durch nachträgliche Faltungen und Ausquetschungen sehr schwierig wird. Die wichtigste Leitlinie ist die aus tertiären Schiefern und Sandsteinen zusammengesetzte Synklinaldecke, welche unter der Wildstrubeldecke bei Nusey oberhalb Siders hervorbricht und sich von da an über die Senke des Gemmipasses nordostwärts verfolgen lässt. Dieselbe bedingt auch wahrscheinlich diese Einsenkung, sowie diejenige von Kandersteg. Von da weg streicht diese hier vollständig überkippte Synklinale, in oft sehr ausgequetschtem und selber wieder zusammengefaltetem Zustande, durch das Öschinental nach dem Hohtürli bis in das Sefinental (Mürren); dann finden sich sichere Spuren davon am Fusse des Absturzes der Jungfrau und des Mönch, der Senke von Grindelwald und den beiden Scheideggen entlang, bis ins Aaretal, von wo diese Zone das Gental hinauf streicht, und dann am Fusse des Titlis vorbei (Lauberngrat) durch das Gitschental bis nach Flüelen fortsetzt, wo sie sich mit der die Unterlage der grossen *Glarnerdecke* bildenden Flyschzone Schächental-Linthtal-Elm-Ragaz verbindet. Diese im Glarnergebiet in ihrer ganzen Breite über 40 km messende Deckfalte ist also unzweifelhaft die Fortsetzung der Wildstrubel-Lohnerfalte, welche von einer kaum 15 km

messenden Breite zu dieser ungeheuren Amplitude anwächst; das Vorhandensein dieser ununterbrochenen Tertiärzone zwischen der Deckfalte und dem autochthonen Gebirge beweist also, dass *alle die nördlich von dieser Tertiärzone liegenden Gebirgsteile absolut wurzellos auf Tertiärablagerungen ruhen.* Im einzelnen betrachtet, weisen diese Gebirgsteile, besonders im Unterwaldnergebiet, ganz den Bau eines Faltengebirges auf. Nimmt man statt einer überkippten Synklinale eine nach oben sich öffnende Mulde für die besagte Tertiärzone an, so ist das Verhältnis auch scheinbar ganz normal; das Problem wird aber rein unlöslich, wenn unter dieser Annahme der Versuch gemacht wird, eine Verbindung mit der grossen Glarnerfalte zu konstruieren. Schon vor mehr als 15 Jahren wurde ich so zur Überzeugung geführt, dass die ganze Gebirgszone zwischen Aare und Rhein ein wurzelloses Deckfaltengebiet sei, dass besonders die Glarnerfalte eine *einfache* und nicht eine Doppelfalte sei, was schon Marcel Bertrand in Paris anno 1884 begründet hatte [16]. Auf der geologischen Karte betrachtet, scheint die Verteilung der Gebirgsmassen diese Annahme auf sehr einfache Art zu bestätigen; über der Tertiärzone, welche das autochthone Gebirge bedeckt, folgen fast unmittelbar die älteren, jurassischen Kernmassen der Faltendecke, indem die Kreidesedimente des umgekehrten Mittelschenkels zum grossen Teile ausgequetscht sind, aber wahrscheinlich durch Detailaufnahmen stellenweise unterschieden werden können. Vor diesen jurassischen Gebirgsteilen, welche vom Schildhorn bei Mürren über das Faulhorn bis zum Urirotstock reichen und von da bis zum Mürtschenstock und an den Rhein bei Sargans sich verfolgen lassen, breiten sich ausgedehnte, in scheinbar

regelmässige Falten geworfene Kreidegebiete aus; sie reichen vom Brienzer- und Thunersee bis an den Rhein und umfassen hier Säntis und Churfirsten. Eine breite Mulde, gleich einer regelmässigen Synklinale, welche von Habkern, ob Interlaken, über Sarnen, Schwyz, Näfels bis Amden und Gams am Rheintal streicht, ist besonders wichtig, weil in dieser Einsenkung grössere Klippen (Deckschollen) mit Mediterranfazies und zahlreiche exotische Blöcke vorkommen. Dieses Kreidekettengebiet wäre somit als die den Jurakernen vorgelagerten Falten der höheren Schichtenlagen zu deuten, was durch den Bewegungsprozess bei der Entstehung einer liegenden Faltendecke, deren *Fussteil höher liegt als der Frontalrand,* leicht begreiflich ist. Das bekannte Profil der Tours Sallières- und Dent du Midi-Falte veranschaulicht in reduziertem Masse, was wir hier in fast vervierfachter Breite vor uns haben. Doch liegen die Sachen noch viel verwickelter als dort, wo die Teilfalten dem Frontalrand entlang nur als Einbuchtungen auftreten. Die ungeheure Entwicklung dieser grossen Deckfalte hat zur Bildung von mehreren Teilfalten oder eigentlichen Teildecken Veranlassung gegeben, an deren Aufbau im jetzigen Zustande oft nur *Kreidesedimente* teilnehmen. Eigentlich handelt es sich um eine grosse Teildecke, welche sich selber wieder in drei Lappen teilt. Dieselbe wird dadurch sichtbar, dass sich zwischen den isoklinal fallenden Kreidesedimenten plötzlich Tertiär einschaltet, welches aber nicht etwa von oben nach unten sich einkeilt, sondern von unten nach oben aus der *liegenden Tertiärmasse auftaucht.* So zeigt sich von Grafenort an über den Schoneggpass, Isental, Sisikon, Riemenstalden, Muottatal, Pragelpass, Klöntal,

Deyenalp und Näfels eine Tertiärzone, welche sich vom letztern Ort an unter der wie ein Schild darauf liegenden *Neuenalpdecke* durchzieht und dann nördlich vom Walensee die Churfirsten unterteuft. Da nun jenseits der Mulde von Amden-Wildhaus-Gams die Säntisfalten, mit nicht weniger als 6 Aufwölbungen, in aufsteigender Richtung zum Vorschein kommen, so ist offenbar, dass hier diese obere Decke zuerst nach Norden eintaucht, um hierauf, genau wie ein nach gemachtem Kopfsprung wieder an die Oberfläche kommender Taucher, in aufrechter Stellung wieder zum Vorschein kommt; daher auch die merkwürdige Synklinalumbiegung zwischen dem *eintauchenden* Teile der Decke und dem wieder *auftauchenden* Stirnteil derselben. Solche aufbrandende Stirnrandfalten sind z. B. die Schrattenfluh, die der Aubriggräte, die Wageten, diese in einfacher Form, während Pilatus und Säntis noch mit Teilfaltungen kompliziert sind. Die jurassischen Kernteile dieser nur aus Kreideschichten bestehenden Falten liegen weit zurück und es scheint sogar, als ob die Kreideschichten vom liegenden Jurakern abgelöst und, sich viel weiter vorschiebend, selbständig gefaltet haben. Die Annahme einer sehr starken Auswalzung könnte ebenfalls diese ausserordentliche Streckung in einem gewissen Grade erklären; die an der so schön sichtbaren Dent du Midifalte gemachten Beobachtungen beweisen aber, dass erstere Erscheinung wirklich zutrifft; dafür spricht auch die verhältnismässig geringe mechanische Umformung der so unabhängig vom Jurakern gefalteten Kreidesedimente.

Es wurde eben erwähnt, dass die grosse Teildecke, welche sich von Grafenort nordostwärts bis zum Säntis erstreckt, noch drei weitere Teillappen auf-

weise; dieselben sind aufs deutlichste sichtbar im Gebiet der Schwyzer und Glarner Alpen. Hier zeigt sich, ganz ähnlich der Erscheinung am Col de Cheville, wo die Diableretsfalte sich über die Dent de Morclefalte legt, wie sich über dem muldenförmig eingesunkenen Randteil der tieferen *Glarnerdecke* (Deyenstock-Wageten) erstens die ebenso gebogene *Wiggis-Friedlispitzdecke* erhebt; über dieser liegt, wie in einem Teller, jenseits des Sulzalptälchens, die *Rädertendeckmasse,* über welche sich endlich, westwärts vom Wäggital, die *Drusbergdecke* schiebt. Dieselbe stellt den obern Lappen der grossen Teilfalte vor; derselbe setzt von da ostwärts vollständig aus, ebenso der Rädertenlappen; nur der tiefste der drei setzt über das Linthtal hinüber und bildet die *Churfirsten-Säntisdecke,* wie dies aus den neuesten Beobachtungen von A. Heim und Sohn hervorgeht [17 und 18].

Die grosse Glarnerdecke, mit ihrem weit vorgeschobenen Jurakern, zu welchem sich noch in grosser Mächtigkeit Trias und Verrucano gesellen, kontrastiert somit scharf gegenüber dieser obern nur kretazischen Teildecke. Dieses Verhältnis ist ganz besonders deutlich zu ersehen in der Aufeinanderfolge der Schichtenkomplexe am Glärnisch, dessen Pyramide aus den drei Lappen der obern Teildecke, in welchen nur Kreide vorkommt, dessen Sockel aber aus der Glarnerdecke mit Jura, Trias und Perm, bis in das liegende Tertiär, herausgeschnitten ist. Ein ebenso bedeutungsvoller Umstand, welcher die Glarnerdecke als wirkliche und einzige Hauptdecke bezeichnet, ist das Vorhandensein von mehreren Schuppen im Verrucano derselben. Dieser Schuppenbildung im Kernteile der Falte ist es vielleicht zu verdanken, dass in der Kreidebedeckung ein

intensiver Vorstoss sich geltend machte, wodurch die obere Teilfalte mit ihren drei Stirnlappen entstand. Anstossen und Anprallen der sich entwickelnden Glarnerdecke gegen die miocänen Nagelfluhmassen (Wageten) waren wohl die Ursache beider Erscheinungen, wodurch einerseits differentialer Schub und andrerseits Überhöhung entstand.

Der weiter oben hervorgehobene Umstand, dass die Entwicklung der vier sich überdeckenden Falten zwischen Dent de Morcles und Wildhorn auf entsprechend umgekehrte Weise geschieht, wie das Hervortreten der als drei Teilfalten oder Lappen beschriebenen Decken zwischen Drusberg und Näfels, unter welchen die Glarnerdecke zum Vorschein kommt, könnte der Vermutung Raum geben, es handle sich hier um das Wiederauftauchen der bis dahin überdeckten Falten der Westalpen. Ich glaube nicht, dass dem so sei; jene Falten gleichen sich offenbar in der Tiefe aus, während es sich hier nur um höhere Teildecken handelt. Die Entstehung der einfachen Dent de Morclefalte aus der Verschmelzung von mindestens sechs deutlichen Falten ist ein beweisführendes Attest zugunsten dieser Deutungsweise.

Die Präalpen der Stockhorn-Chablaiszone und die Klippen. (Freiburger Alpen nach Steinmann.)

Der Bau dieses Alpengebietes, über dessen allgemeine Lage in den einleitenden Worten zu diesem Vortrag ich mich schon ausgesprochen habe, ist schon zu wiederholten Malen eingehend beschrieben worden, so dass es geboten ist, dieses Thema nur kurz zu erwähnen. Der Übersicht halber sei hier daran erinnert, dass dieses voralpine Gebiet durch seinen Kontrast mit

seiner Umgebung (Faziesverschiedenheit) äusserst auffällt; dazu gesellt sich die tektonische Lage desselben. In dieser Hinsicht sei hier folgendes hervorgehoben:

Die Präalpen der Chablaiszone zeigen vom Tal der Arve-Giffre an bis an den Thunersee, woselbst dieses Gebiet aussetzt, einen merkwürdig symmetrischen Bau. Vom Molasseland ausgehend findet man sukzessive folgende, sowohl tektonische als auch stratigraphische Einheiten:

1. *Schiefriger Flysch* mit eingefalteten und eingeklemmten *mesozoischen Fetzen* in sehr verwirrtem Zustande, meist in Form von Schuppen und Linsen. Das Mesozoicum besteht aus hellrötlicher oder weisser oberer Kreide, mächtigem Neocom, an helvetische Fazies anklingend, oberer Malm als weisser Kalk ausgebildet, unterer Malm in Form von knolligen Birmensdorferschichten und mächtige Oxfordmergel (Divesien). Dogger, Lias und Trias kommen seltener und nur in zerstreuten Fetzen vor.

2. *Gurnigelflysch.* Teils schiefrig, teils als grobkörniger Sandstein (Gurnigelsandstein) mit exotischen Granitblöcken entwickelt.

3. Mediane Präalpen oder *Kalkketten.* Sie bilden den hauptsächlichsten Teil des ganzen Gebietes. Die äussere Zone mit vollständiger Schichtenreihe bildet regelmässige Faltenzüge, während die innere Zone mit gleichförmig massigem Malm ohne Neocom, mit fehlendem Lias und reduziertem oder fast fehlendem Dogger (Mytilusschichten), von häufigen Verwerfungen, Überschiebungen und Schuppenbildungen betroffen ist. Rote Kreide findet sich durchweg nördlich auf Neocom, südlich auf Malm. Zwischen beiden Zonen dehnt sich eine breite Synklinale aus, in welcher eine be-

deutende Flyschausfüllung liegt. Im ganzen Umkreis liegen die Sedimente *anormal,* mit den ältesten Schichten zu unterst, auf Flysch, weshalb angenommen werden muss, es sei das ganze Gebiet in dieser Lage, also wurzellos!

4. *Niesenflyschzone.* Sehr breites und hoch erhobenes, oft merkwürdig gefaltetes Gebiet, von oft schiefrigem Flysch mit oft vorherrschenden Sandsteinlagen (Niesensandstein) und groben Breccien und exotischen Blöcken (Äquivalent des Gurnigelflyschs).

5. *Sattelzone.* Eine sich der Abdachung der Hochalpen mit helvetischer Fazies entlang hinziehende Zone, deren Zusammensetzung durch schiefrigen Flysch und zahlreiche sehr verwickelte Einschaltungen von mesozoischen Schichtenkomplexen charakterisiert ist. *Die mesozoischen Gebilde gehören denselben Faziesarten an wie die der Zone 1*; die älteren Stufen sind aber viel häufiger vertreten, wie auch der Flysch weniger vorherrscht; derselbe ist oft in deutlicher Wechsellagerung mit dem Mesozoicum. Unter letzterem treten besonders Triasgips und Dolomit, dann Oxfordschiefer hervor; Lias und Dogger sind stellenweise auch in ausgedehnten Massen vertreten.

Diese mesozoischen Fetzen nnd Schuppen sind es, welche auf die deutlichste Weise mit den Deckschollen der oben besprochenen Mont Bonvindecke zusammenhängen. Die auf Nummulitenschichten liegenden Juraschollen des Laufbodenhorns, des Rohrbachsteins, des Scex-Rouge, sowie des merkwürdig gebauten Rawilhorns, enthalten dieselben Malm- und Oxfordschichten. Der Zusammenhang dieser, von Ischer ganz richtig, zwar mit etwas Übertreibung ihrer Ausdehnung, kartierten Deckschollen, mit dem Rand der Mont Bonvindecke, wird durch eine sich unter dem

Plaine-Mortegletscher hindurchziehenden Malmdecke vermittelt.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, *dass die mesozoischen Fetzen der Sattelzone zum grossen Teile von der Mont Bonvinfalte herrühren;* da nun ebenfalls die äussere Präalpenzone dieselben Formationsglieder enthält, so erhellt auf unzweifelhafte Weise, dass die mesozoischen Fetzen und Schuppen der äusseren Gurnigelzone ebenfalls bei der Überschiebung der mittleren Voralpendecke von der Mont Bonvindecke abgerissene und in den Flysch eingeknetete Sedimentfetzen sind. Die äussere Gurnigelzone schiesst mit ihrer Flyschbedeckung keilförmig unter die Schichten der Präalpendecke; dasselbe geschieht seitens der Sattelzone und der sie überlagernden Niesenflyschmasse, so dass anzunehmen ist, dass sich unter den Kalkketten hindurch, mit allerdings sehr verminderter Mächtigkeit, die Zone 1 mit 5 und der Gurnigelflysch (2) sich mit dem Niesenflysch (4) verbinden. Die Zonen 1 und 2 bestehen aus *vorwärtsgeschobenen*, die Zonen 4 und 5 aus *zurückgebliebenen* Teilen der Mont Bonvindecke (bei 5 auch Teile der Decke 3) und der dieselbe ursprünglich bedeckenden Flyschmasse; 1 und 2 gehören also faziell zum Teil nicht zu den Präalpen, sondern zur Mont Bonvinfalte, in welcher sich ein Übergang von helvetischer zur Glanzschieferfazies einstellt.

Zu bemerken ist noch hier, dass die Anhäufung von triadischen und unterjurassischen Formationsfetzen in der Sattelzone zurückgebliebenen Teilen der mittleren Präalpendecke (3) zuzuschreiben ist.

Die allerseits anormale Auflagerung der mittleren d. h. der eigentlichen Präalpendecke auf dem dieselbe umrandenden Flysch, das fast absolute Fehlen eines

umgekehrten Mittelschenkels, bildet seitens dieser Gebirgsmasse einen frappanten Kontrast gegenüber den wohl ebenso ausgedehnten Deckfalten der Alpen mit helvetischer Fazies; sogar die Glarnerdecke, welche an horizontaler Ausbreitung die Stockhorndecke weit übertrifft und mit einer ausgeprägten Schubfläche auf dem gefalteten Flysch liegt, weist der Überschiebungsfläche entlang allerdings sehr ausgewalzte Reste des Mittelschenkels auf. *In dieser Beziehung kann die Überschiebung der Chablais-Stockhornzone nicht mit den Überfaltungen der Alpen mit helvetischer Fazies in unmittelbaren Zusammenhang gebracht werden.*

Die Mont Bonvindecke hat allerdings, aber nur zufälligerweise, einen tektonischen Beitrag zu den Präalpen geliefert; *sie ist aber keineswegs als eine Wurzel der eigentlichen Stockhorndecke zu betrachten.* Diese letztere Decke hat einen weit mehr südlich gelegenen Ursprungsort, der sicher *südlich von der Glanzschieferzone zu suchen ist*, während die Mont Bonvindecke nördlich derselben wurzelt.

Die **Hornfluh- und Chablaisbreccien-Gebiete** sind hier noch zu erwähnen, obschon über deren Lage und Zusammensetzung schon genügend berichtet worden ist. Aus Sedimenten der Trias-, Lias- und Kreidezeit legen sich mehr oder weniger ausgedehnte Fetzen, im Chablaisgebiet sogar eine eigentliche Decke, über die mittlere Zone der Präalpen, *wobei die grosse zentrale Flyschsynklinale nicht überschritten wird.* Der Nordrand der Brecciendecke, wo eine richtige frontale Umbiegung vorhanden ist, stösst meist an diese Flyschmasse an. In südlicher Richtung dehnen sich die Breccienschollen bis an den Südrand der Kalkdecke aus, dieselbe direkt, meistens aber mit einer schiefrigen Flyschzwischen-

lage berührend. Im Chablais überdeckt dieselbe sogar die hier auch sehr schwach entwickelte Niesenflyschzone und reicht bis an den Fuss der Dent du Midi.

Diese auf den Präalpen liegenden Reste einer früher von der Aare bis an die Arve reichenden *höheren Decke müssen einen noch mehr südlich gelegenen Ursprung haben, als die Stockhorndecke.*

Hervorzuheben sind noch die häufigen kristallinen exotischen Blöcke, welche fast ausschliesslich in der Nähe, d. h. vor, über oder unter der Brecciendecke sich vorfinden. Im Gegensatz zu den Gurnigel- und Niesenflyschblöcken gehören diese basischen Gesteinen, Serpentin, Gabbro, Ophit etc. an.

Auf dieses Vorkommen und das Vorhandensein von Radiolariten hat Prof. Steinmann die Ansicht aufgestellt, dass über der Brecciendecke noch eine dritte Decke sich erstreckt haben müsse (Rhätische Decke), wozu verschiedene Befunde in den Graubündner Alpen triftige Gründe geliefert haben.

In ihren Verlängerungen nach S-W und N-O lösen sich die Decken der Chablais-Stockhornzone in **Klippen** auf, d. h. Trümmer der früher vom Annecysee bis über den Rhein sich erstreckenden Überschiebungsdecke, wobei die in deren Gesellschaft auftretenden exotischen Blöcke die Zwischenräume gleich Leitzeichen ausfüllen. Ich erinnere nur an das Blockgebiet der Habkernmulde, die bis zu den Giswilerklippen führt; dann die Stanser- und Buochserhorn-Klippen, die Mythen und die Klippen und exotischen Blöcke der Umgebung von Iberg; dieselbe Mulde, welche diese Klippen vom Habkerntal bis Iberg einschliesst, ist es auch, in welcher gegen Osten über Wildhaus

bis Gams eine Reihe von exotischen Vorkommnissen (Berglitenblock etc.) bis in das Rheintal hinüberführen.

Rhätikon und Ostalpen.

Unsere Beobachtungen haben uns bis an den Fuss der Ostalpen am Rhein geführt. Sowohl die Verfolgung der kristallinen Gebiete, als die der Faltendecken im nördlichen sedimentären Randgebiet lassen einen konvergenten Zusammenstoss aller dieser tektonischen Elemente der Schweizer Alpen in der Richtung der Rheinlinie am Fusse des Rhätikons erkennen.

Alle kristallinen Zonen tauchen vor der Rheinlinie unter die Sedimentdecke von meist Glanz-(Bündner-) schiefer-Fazies. Die südlicheren kristallinen Decken, soweit sie nicht auch untertauchen, ziehen sich als mächtige schwimmende Massive bis auf die Höhe des Rhätikons. Am Fusse dieses Grates tauchen sowohl der Wurzelteil, als auch der Stirnbogen der grossen Glarnerfalte unter, was zu der Theorie der Glarner Bogen- oder Ringfalte Veranlassung gegeben hat (Lorenz) [19]. Die Stirnfalten der Säntisdecke allein streichen unbehindert nach N-O gegen das Algäu hin, woselbst deren Verlängerung ein fast regelmässig gebautes Faltengebirge zu bilden scheint, obschon die Deckennatur derselben nach dem, was wir jetzt wissen, kaum mehr in Zweifel gesetzt werden kann.

Zwischen der untertauchenden Glarnerdecke am Fläscherberg und der Fortsetzung der Säntisfalten bei Feldkirch erhebt sich auf dem Ostufer des Rheins der Rhätikon, gleich einer Bastion der Ostalpen. Neuere Untersuchungen verschiedener Schüler von Prof. Steinmann [20—26] haben gezeigt, dass der Rhätikon nicht, wie man auf den ersten Anblick anzunehmen versucht

sein könnte, in seiner ganzen Masse eine Fortsetzung der Klippendecke ist, sondern dass über der untertauchenden helvetischen Fazies die Glieder der verschiedenen Decken der Chablais-Stockhornzone unterschieden werden können, während in dem oberen Teil desselben eine neue Überschiebungsmasse in mehreren Schuppen oder Decken enthalten ist, welche einerseits mit den Kalkbergen des Engadins und den übrigen Bündner Kalkbergen in Verbindung steht, und sich andrerseits unvermittelt mit den Decken der Ostalpen verbindet. Wie ersichtlich liegt der Vorsprung dieser ostalpinen Überschiebungsdecke in der östlichen Fortsetzung der Wildhaus-Gamser Mulde. Die Fazies derselben ist von der helvetischen Schichtenentwicklung scharf verschieden; die Klippenfazies bildet einen Übergang oder Zwischenglied.

Zwischen dem den Fläscherberg bedeckenden Flysch und der ostalpinen Decke des Gipfelteiles des Rhätikon finden sich folgende drei Elemente von Deckfalten in unsäglich verquetschter und zusammengeschobener oder ausgewalzter Form:

1. Die *Falknisdecke,* aus Schuppen von Jurakalken (Tithon und kristalline Falknis-Breccie) mit den so charakteristischen roten Kalken und Schiefern der obern Kreide (couches rouges). Diese Schichten entsprechen der Klippendecke (mittlere Präalpen).

2. Die *Brecciendecke,* welche der Hornfluhbreccie entsprechen soll.

3. Die *rhätische Decke* mit Aptychenschiefern, Radiolaritschichten und basischen Eruptivgesteinen.

Darüber folgt die *ostalpine Decke*, welche den oberen Teil des Rhätikon aufbaut und vorerst aus verschiedenen Stufen der ostalpinen Trias und Lias besteht,

während sich weiter südwärts und ostwärts kristalline Gesteinsmassen hinzufügen. In dieser Hinsicht entsprechen die ostalpinen Decken den südlichen kristallinen Deckmassiven der Walliser Alpen, mit dem Unterschied, dass hier die Sedimente mehr zurücktreten, die Zone der Pietre verdi ausgenommen.

Zusammenfassung.

Aus den besprochenen Verhältnissen geht hervor, dass die Alpenkette sowohl in deren tiefen kristallinen Teilen, als besonders in den sedimentären Gebieten der nördlichen Zone einen ausgesprochenen asymmetrischen Bau hat. Derselbe ist daraus hervorgegangen, dass die ursprünglich wohl symmetrisch angelegten Faltungen sich in steilstehende Büschel zusammendrängten, welche, von Süden nach Norden fortschreitend, sich immer wie höher aufstauten.

Diese Überhöhung hatte zur Folge, dass diese Falten nach Norden abglitten und sich durch die Bewegung selbst, sowohl als infolge der Überlastung der darüber sich häufenden Decken, in die Länge streckten, so dass die weit ausgedehnten Faltendecken entstanden. Die Präalpendecken sind viel eher als ursprüngliche Überschiebungen zu deuten, welche sich auf den nördlich davon erst später entstandenen und sich nach und nach umlegenden und ausquetschenden Falten der helvetischen Fazies nach Norden abgleitend bewegten und so, von ihrem Wurzelgebiet vollständig abgetrennt, bis weit über den eigentlichen Rand des Miocänbeckens hinauswanderten.

Die Wurzelzonen der Falten helvetischer Fazies liegen vor, zwischen und auf den kristallinen Fächermassiven der nördlichen Reihen bis an den Rand der Glanzschieferzone. Diese letztere ist einem zen-

tralen Synklinalbecken zu vergleichen, über welches die südlichen Gneissdecken überschoben wurden, so dass die von denselben abhängenden Sedimentmassen um so leichter auf die sich nördlich bildenden helvetischen Falten gelangen konnten. Diese Überlagerung der Präalpendecken über den helvetischen Falten fand *vor* der vollständigen Entwicklung dieser letztern statt, was durch das Einfalten von Fetzen der Klippen- oder Mont Bonvindecke zwischen die Falten der darunter liegenden helvetischen Decken bewiesen wird. Es ist ebenfalls augenscheinlich, dass die Teildecken und die Frontallappen, ebenso die oberflächliche Faltung der Decken, erst nach dem Umkippen derselben, während dem Abgleiten nach Norden stattfand. Diese Bewegungsart stimmt ebenfalls mit der Erscheinung der Ablösung der Kreidesedimente von dem jurassischen Faltenkern und die von diesem unabhängige Faltung derselben. Ein einfaches Abgleiten einer Sedimentdecke von einer kristallinen Unterlage in Form einer schiefen Ebene kann zu einer Faltendecke Veranlassung geben.

Die Entwicklung der helvetischen Deckfalten scheint oft unter zunehmender Belastung stattgefunden zu haben, was ganz gut seine Erklärung darin findet, dass die Klippendecken sich darüber weg bewegten, ebenso wenn über einer gegen einen Widerstand anprallenden Decke, eine oder mehrere Teildecken entstanden und sich auftürmten.

Die Decken der Chablais-Stockhornzone (Klippendecke, Brecciendecke, Rhätische Decke) haben als Wurzelgebiet die südlich der Glanzschieferzone liegenden Gneissgebiete (Deckmassive), woselbst ähnliche Sedimentrelikte, sowie die kristallinen Gesteine der

Klippenzone noch vorhanden sind. Noch südlicher, in der Nähe oder jenseits der Amphibolitzone von Ivrea, ist das Wurzelgebiet der Ostalpendecken zu suchen.

Die Entwicklung dieser drei Falten- bezw. Deckenzonen ist als eine von Süden nach Norden fortschreitende Erscheinung aufzufassen, wobei die südlichen, früher aufgestauten Falten auf die nördlichen, in Entwicklung begriffenen, gewisse Einwirkungen ausübten. So haben die über die helvetischen Faltendecken hinweg gleitenden Stockhorn- und Chablaisdecken gleich einer Druckwalze gewirkt, indem dieselben die ausserordentliche Streckung der Schichten bewirkten, während in diesen oberen Decken selber die mechanische Umformung eine sehr geringe ist.

Es ist weiterhin zu bemerken, dass die Einsenkung zwischen den westlichen und den östlichen kristallinen Fächermassiven einer Stelle entspricht, wo die Deckmassive am meisten nach Norden vorgreifen, woselbst ebenfalls die Präalpendecken am weitesten über die Molasse vorgeschoben wurden. Desgleichen fällt mit dem Untertauchen der Aar- und Gotthardmassive das Vordringen der ostalpinen Decken zusammen. Am Rhätikon liegen wohl die drei unterschiedenen Deckensysteme übereinander. Es ist zwar möglich, dass mit der Entwicklung der ostalpinen Überschiebungen die westalpinen an Amplitüde abnehmen; wie weit dies wirklich der Fall ist, kann noch nicht entschieden werden.

Aus den Profilen ist noch ersichtlich, dass der Entwicklung grosser Faltendecken im Sedimentärgebirge ebenso bedeutende Horizontalbewegungen im Kristallinen entsprechen müssen, ausgenommen für die Bewegungen, welche als Ursache die direkte Wirkung der Schwerkraft, im Sinne eines Abgleitens haben. Dieser

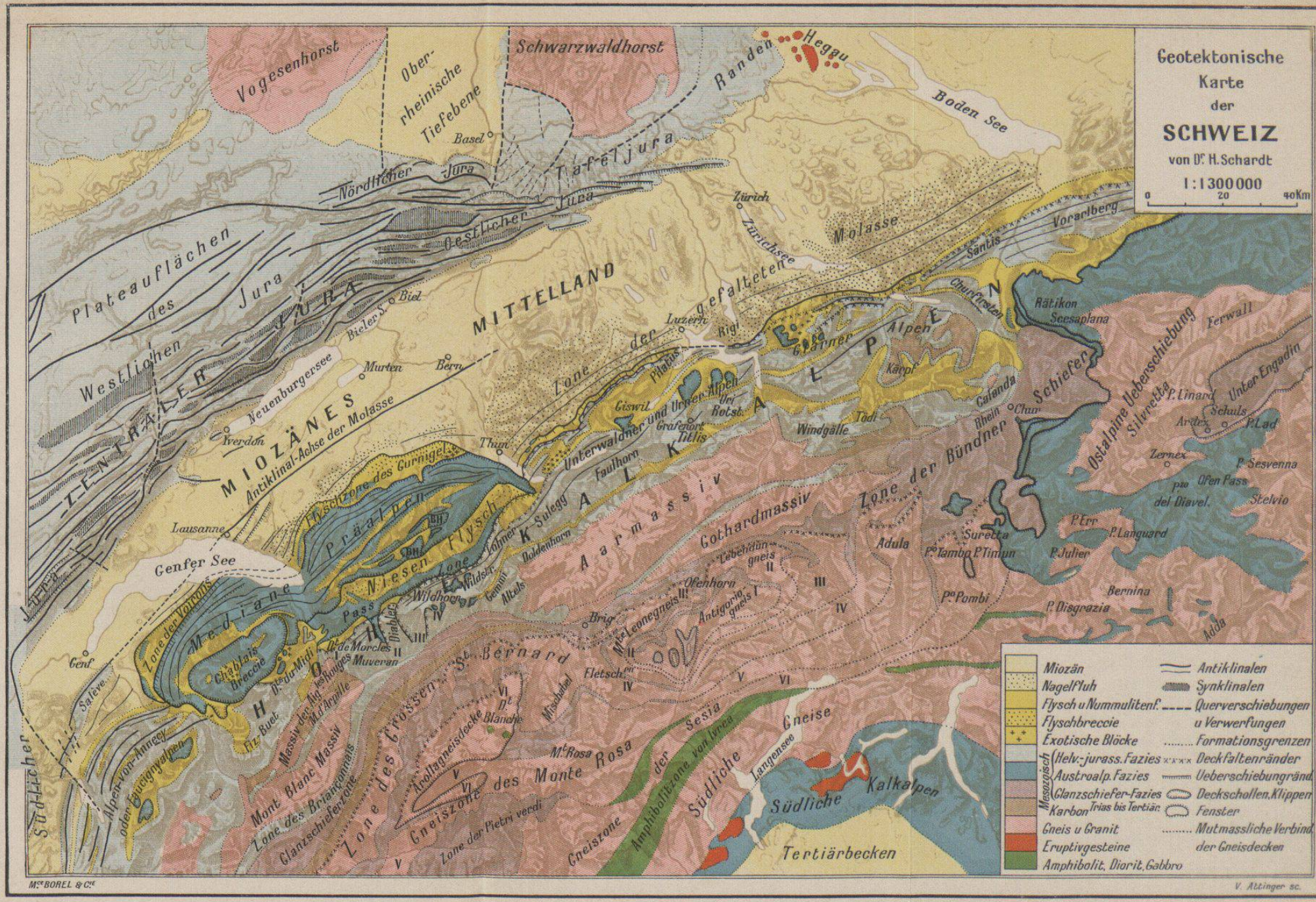
gar oft unterschätzte Einfluss ist besonders beim Umkippen von steil stehenden, zusammengedrängten Falten als wichtiger Faktor zu betrachten. In tatsächlicher Beziehung zu diesem Vorgange ist der Umstand, dass die Wurzelteile der Deckfalten immer sehr steil stehen, während die Falten selber sich horizontal ausbreiten oder gar kopfüber absinken.

Bekanntlich erklärt sich die jetzige tiefe Lage der südlichen Alpen durch die gewaltigen nachträglichen Einsenkungen dieses Gebietes.

Schlusswort.

Wenn auch heute ein fest begründetes tektonisches System der Alpen aufgestellt werden kann, so ist dies eigentlich nur ein erster Versuch, an dem gar vieles noch zu vervollständigen ist und wohl auch ebenso viel zu korrigieren sein wird. Es ist in grossen Zügen ein der Wirklichkeit nur im Prinzip ähnliches Bild.

Die endgültigen Beweislieferungen sind der Zukunft vorbehalten. Jeder Grat der Alpen enthält noch neue Rätsel, aus deren Lösung erst nach langen Forschungen ein vollständig richtiges Bild des alpinen Gebirgsbaues zusammengestellt werden kann. Deshalb bin ich weit entfernt, zu denken, dass unsern Nachfolgern nichts mehr zu entdecken übrig bleiben wird. Auf unsere jetzigen Kenntnisse gestützt, wird erst von nun an recht lohnende Arbeit verrichtet werden können!



Aus dem *Geographischen Lexikon der Schweiz.*

GEOLOGISCHE PROFILE DURCH DIE SCHWEIZ

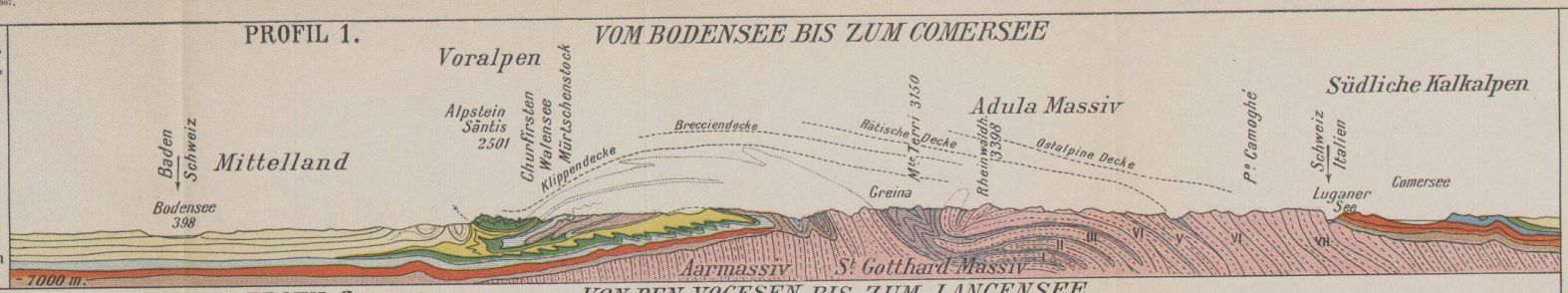
Nach den Aufnahmen von Alb. Heim, C. Schmidt, R. Zeller, A. Baltzer, H. Gerlach und nach den eigenen Beobachtungen konstruirt von

Dr. H. Schardt 1906.

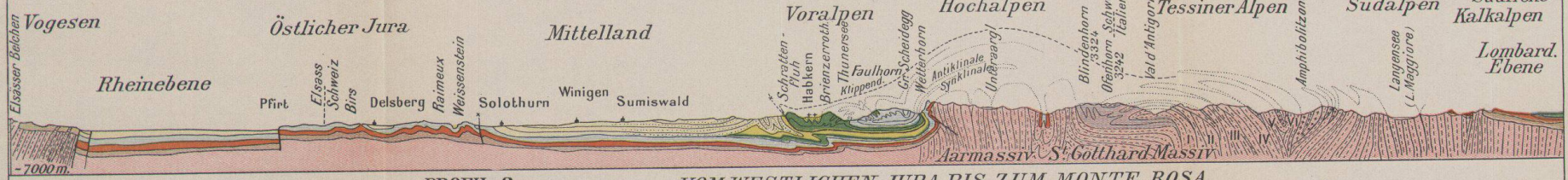
Massstab 1:650000

0 5 10 15 20 25 30 Km

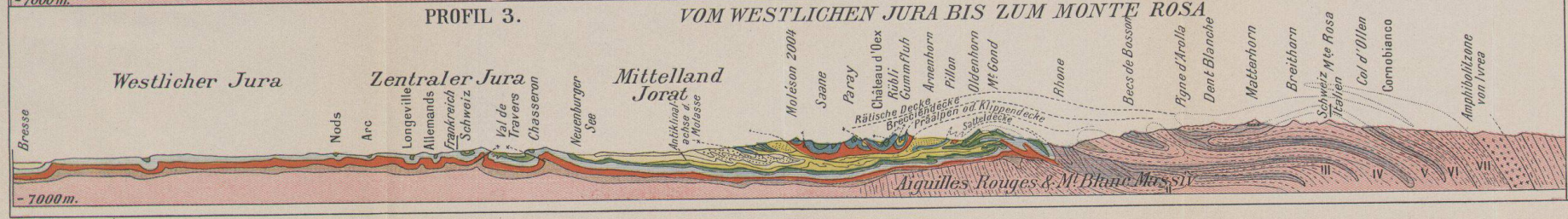
PROFIL 1. VOM BODENSEE BIS ZUM COMERSEE



PROFIL 2. VON DEN VOGESEN BIS ZUM LANGENSEE



PROFIL 3. VOM WESTLICHEN JURA BIS ZUM MONTE ROSA



Legende.

- Miozän u. ob. Oligozän Molasseformation
- Nagelfluh der Molasse
- Flysch u. Nummulitenformat.° unt. Oligozän u. Eozän
- Flyschbreccie
- Exotische Blöcke
- Kreideformation
- Jura: Helvetisch-Jurassische Fazies & Austroalpine u. Klippenfazies
- Trias: Glanzschieferfazies
- Trias, wenn ausgeschieden
- Perm u. Karbonformation
- Amphibolite, Diorit, Gabbro
- Granit, Gneis u. Grundgebg.
- Ausgehende Ueberschiebungs-Flächen u. Verwerfungen
- Supponierte Ueberschiebungs- u. Ueberfaltungsflächen der oberen Deckfalten
- I-VII Gneisdecken der Walliser u. Tessiner Alpen

Diese Profile sind, des sehr kleinen Maßstabes wegen, sehr schematisch. Sie geben aber wohl ein der Wirklichkeit ähnliches, wenn nicht genaues Bild der Tektonik der Schweiz.

Mce Borel & Cie

V. Attinger sc

Aus dem Geographischen Lexikon der Schweiz.

Wichtigste zitierte Literatur.

1. *H. Schardt,* Sur l'origine des Préalpes romandes. Archives, Genève, XXX, Dezember 1893.
2. *H. Schardt,* Die exotischen Gebiete etc. Vortrag, gehalten in Engelberg, *Eclogæ géol. helv.* V, p. 233, 1898.
3. *M. Lugeon,* Sur l'origine des Préalpes romandes. — Réponse de H. Schardt. C.-R. *Soc. Vaud. Sc. Nat.* 15. Mai 1895.
4. *Renevier* et Lugeon, Chablais et Faucigny-Nord. C.-R. *Soc. Vaud. Sc. Nat.* 2. Nov. 1892. — *Lugeon,* Brèche du Chablais, *Dissertation,* 1896.
5. *M. Lugeon,* Les grandes dislocation des Alpes de Savoie. — Observations de H. Schardt, C.-R. *Soc. Vaud. Sc. Nat.*, 6. Mai 1896.
6. *H. Schardt,* Les régions exotiques du Versant N. des Alpes suisses. *Bull. Soc. Vaud. Sc.* XXXIV, 1898.
7. *E. Haug,* Les régions dites exotiques du versant nord des Alpes suisses. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* XXXV, 1899.
8. *H. Schardt,* Encore les Régions exotiques. Réplique à M. Emile Haug. Ebd. XXXVI. 1900.
9. *E. Haug,* Remarques sur la communication de M. Lugeon. C.-R. *Soc. géol. France,* I, 1901. Id. 17. Févr. 1902.
10. *Steinmann,* Geologische Beobachtungen in den Alpen. II. *Ber. nat. Ges. Freib.* 1905.
11. *Lugeon,* Les grandes nappes de recouvrement etc. *Bull. Soc. géol. France.* I. 1901.
12. *Termier,* Nappes et synthèse des Alpes. *Bull. Soc. géol. France.* III. 1903.
13. *Schardt,* Profil du massif du Simplon. *Eclogæ géol. helv.* VIII. 1904.
14. *Lugeon* et *Argand,* Plis du gneiss des Alpes. C.-R. *Acad. des Sc. Paris.* 15 et 29 Mai 1905, 26 Mars 1906.
15. *Alb. Heim,* Gneisslappen des Tessinermassives. *Naturf. Ges. Zürich.* LI. 1906.
16. *M. Bertrand,* Alpes de Glaris. *Bull. Soc. géol. France.* XII. 1884.

17. *Arn. Heim,* Glarner Überfaltungsdecken. *Deutsche geol. Ges.* 1905.
18. *Alb. Heim,* Das Säntisgebirge. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz.* N. F. XVI, 1905.
19. *Lorenz,* Fläscherberg. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz.* N. F. X, 1900.
20. *Lorenz,* Südlicher Rhätikon. *Berichte Freiburg i. Br.* XII. 1901.
21. *Hoek,* Plessurgebiet um Arosa. *Ebd.* XIII. 1893.
22. *Paulke,* Antirhätikon. *Ebd.* XIV. 1904.
23. *Schiller,* Lischannagruppe. *Ebd.*
24. *v. Seidlitz,* Östlicher Rhätikon. *Ebd.* XVI. 1906.
25. *Schiller* und *Zöppritz,* Piz Lad-Gruppe und Oberengadin. *Ebd.* XVI, 1906.
26. *Hoek,* Zentrales Plessurgebiet. *Ebd.* XVI. 1906.
27. *Rothpletz,* Geologische Alpenforschungen. I. Grenzgebiet zwischen Ost- und Westalpen und Rhätische Überschiebung. 1900. — II. Ausdehnung und Herkunft der Rhätischen Schubmasse. 1905.

Die prähistorische Kulturstätte in der Wildkirchli-Ebenalphöhle

(Säntisgebirge, 1477—1500 m über Meer).

Von *Emil Bächler*, St. Gallen.

Die Entdeckung der Pfahlbauten in der Schweiz bei Obermeilen am Zürichsee (Winter 1853/54) war nicht nur für die schweizerische, sondern auch für die europäische Prähistorie ein bedeutendes Ereignis. Seit die Forschungen auf alle kleinern und grössern Seebecken der Schweiz ausgedehnt wurden, hat sich ein überaus reiches Material angehäuft, welches die vorgeschichtliche Bewohntheit unseres Landes und die Existenz des neolithischen Menschen dokumentiert.

Neben einigen kleinern Funden [1]) in der Nähe von *Veyrier* am Fusse des Salève [2]) (wenige Schritte von der Schweizergrenze entfernt), ferner bei *Villeneuve* (Grotte de Scé) [3]), zwischen *Delémont* und *Laufen* (im

[1]) *Gabriel de Mortillet*: Le préhistorique suisse, in Revue mensuelle de l'école d'anthropologie de Paris, huitième année V-, 15 mai 1898, pag. 137 ff.

[2]) *F. Thioly:* L'époque du renne au pied du mont Salève, extrait de la Revue savoisienne, 1868.

[3]) *Henri de Saussure:* Grotte de Scé, près Villeneuve. Station suisse du renne, 1870 (in Archives des sciences, Bibliothèque universelle, juin 1870, pag. 105—117).

Rütimeyer: Über die Renntierstation von Veyrier, im Archiv für Anthropologie, Bd. VI, fasc. 1.

Tale der Birs), d. h. bei *Liesberg*[1]) und im Tale des nämlichen Flusses bei *Bellerive*[2]), sowie endlich im *Freudental*[3]) bei Schaffhausen sind in der Folge die prähistorischen Stätten in letzterem Kantone: *Kesslerloch*[4]) bei Thayngen und *Schweizersbild*[5]) bei Schaffhausen die reichsten Fundgruben geworden für unsere Kenntnis des *jungpaläolithischen* Menschen in seinen Stadien als Mammut- und Renntierjäger. Eine ungeahnte Perspektive neuer Ideen eröffnete sich dem Forschergeiste der schweizerischen Prähistoriker.

Die Werkzeugindustrie sämtlicher hier aufgeführter Stationen gehört dem Typus des *Magdalénien* an. Geologisch gesprochen fällt das Kesslerloch dem Achen-

---

[1]) *A. Quiquerez:* Caverne à ossements du moulin de Liesberg.

[2]) *A. Quiquerez*: Notice sur des débris de l'industrie humaine découverts dans le terrain quaternaire, à Bellerive, près Delémont. Naturforschende Gesellschaft Bern, 15. Januar 1876.

[3]) *H. Karsten:* Studien der Urgeschichte der Menschen in einer Höhle des Schaffhauser Jura. Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft Zürich, 1874.

[4]) *A. Heim:* Über einen Fund aus der Renntierzeit in der Schweiz. Mitteil. der Antiquarischen Gesellschaft Zürich, 1874.

K. Merk: Der Höhlenfund im Kesslerloch bei Thayngen. Originalbericht des Entdeckers. Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft Zürich, 1875, XIX. Band.

J. Nüesch: Das Kesslerloch, eine Höhle aus paläolithischer Zeit. Neue Grabungen und Funde. Neue Denkschriften der schweiz. naturforsch. Gesellschaft, Bd. XXXIX, 2. Hälfte, 1904.

J. Nüesch: Das Kesslerloch bei Thayngen. Vergleichende Studie. (Neue Grabungen und Funde, II. Mitteilung.) Anzeiger für schweizerische Altertumskunde Nr. 4, 1904/05.

[5]) *J. Nüesch:* Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus paläolithischer Zeit. Neue Denkschriften der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Band XXXV, 2. Auflage, 1902.

stadium, das Schweizersbild dem Bühlstadium Pencks zu; beide sind also postglazialen Alters [1]). Dem letzteren entspricht auch die Fauna der betr. Fundstätten.

Ältere Stufen, wie solche des Solutréen, Moustérien, Chelléen-Acheuléen nach dem System von Gabriel de Mortillet (Le préhistorique, II. Aufl. 1885, III. Aufl. 1890, und Musée préhistorique) oder gar von Eolithen im Sinne Rutots (Le préhistorique dans l'Europe centrale, 1904) sind bis jetzt gänzlich unbekannt gewesen auf schweizerischem Gebiete. *Mortillet* [2]) sagt noch 1898: „Le paléolithique ancien paraît faire complètement défaut en Suisse. Cela se comprend, ce pays ayant été recouvert presque complètement par la glace pendant la grande extension des glaciers." Auch *Hoernes* [3]) vertritt die Anschauung, dass ältere paläolithische Funde als solche des Magdalénien in der Schweiz nicht erwartet werden dürfen. „Man hat öfter gefragt, warum in dem während der Eiszeiten vergletscherten Gebiete keine Spuren interglazialer menschlicher Besiedelung angetroffen würden. Man kennt doch die interglazialen Floren aus dem Innern der Schweiz und Tirols und sie bezeugen ein Klima, welches auch dem Menschen zuträglich gewesen wäre. Man hat vermutet, dass spätere Eiszeiten die Spuren menschlicher Besiedelung

[1]) *Penck*: Die alpinen Eiszeitbildungen und der prähistorische Mensch. Archiv für Anthropologie, N. F., Bd. I, pag. 84 ff.

Penck und Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter. Gekrönte Preisschrift. Leipzig 1901—1906, pag. 706.

Hugue Obermaier: Le quaternaire des Alpes et la nouvelle classification du Professeur Albrecht Penck. L'anthropologie. T. XV. 1904, pag. 25—36.

[2]) *Mortillet*: Le préhistorique suisse, pag. 137.

[3]) *Hoernes:* Der diluviale Mensch in Europa, die Kulturstufen der älteren Steinzeit. Braunschweig, 1903.

wieder verwischt hätten. Die richtige Antwort auf jene Frage ist wohl die, dass der Mensch in die alpinen Gebiete, auch wenn sie ihm zugänglich gewesen sind, als paläolithischer Jäger nicht eindrang, weil er ausserhalb derselben reichlich genügendes Jagdwild fand" (pag. 65 und Fussnote). Da aber bis zur Stunde auch im gesamten Umkreise des Alpengebirges überhaupt keine einzige prähistorische Niederlassung weder aus dem neolithischen noch aus dem paläolithischen Zeitalter nachgewiesen werden konnte, welche die Meereshöhe von 700 m ü. M. überstieg und *in den Alpen selbst* gelegen war, so war man zum Teil auch aus geologischen Gründen geneigt, anzunehmen, der vorgeschichtliche Mensch hätte wohl kaum das Gebirge, welches zwar an natürlichen Zufluchtsstätten (Höhlen, abris sous roches) mancherorts ziemlich reich ist, zu seinem Wohnplatze auserkoren. „Die Neolithiker", sagt Heierli [1]), „hielten sich im ganzen an die ebenen Teile des Landes und gingen höchstens den Flusstälern nach bis in die Nähe des Hochgebirges. Die Alpen haben sie jedenfalls nicht überschritten. Wohl aber sind Funde der Bronzeperiode hier nicht selten" [2]).

Durch die Entdeckung der prähistorischen Stätte in der Wildkirchli-Ebenalphöhle im Säntisgebirge, auf einer Meereshöhe von 1477—1500 m, hat nun zum ersten Male die Tatsache eine feste Stütze gewonnen, dass der vorgeschichtliche Mensch der Steinzeit und zwar selbst des Altpaläolithikums von günstig gelegenen, vom Hügel und Flachland nicht allzuweit entfernten, gut erreichbaren, sehr geschützten Unterkunftsorten im Gebirge Besitz ergriffen und dort längere

[1]) *Heierli*: Urgeschichte der Schweiz. Zürich 1901, pag. 145.
[2]) *Penck:* Die Alpen im Eiszeitalter, pag. 638.

Zeit gehaust hat. Die an dieser *ersten alpinen prähistorischen Stätte* gemachten faunistischen Funde in Verbindung mit den am nämlichen Orte vorhandenen Artefakten sprechen für eine viel ältere Stufe, als wir sie vom Kesslerloch und Schweizersbild her kennen, nämlich für das Vorhandensein des altpaläolithischen Menschen, mit der Werkzeugindustrie der *Moustérien*-stufe vergleichbar oder zum Teil vielleicht einer noch etwas primitiveren Arbeitsweise angehörend.

Die nun folgende Abhandlung, welche einem ersten Fundberichte entspricht, beansprucht demnach in keinerlei Weise Vollständigkeit. Die Grabungen in der Wildkirchlihöhle dauern fort. Manche Fragen lassen sich erst nach Beendigung der Forschungen unter Herbeiziehung des gesamten Fundmaterials hinreichend beantworten. Doch dürfen schon heute eine Anzahl positiver Gesichtspunkte aufgestellt werden, die späterhin kaum eine andere Deutung erfahren werden.

In dem später von mir herauszugebenden grösseren Werk in Quartformat, ausgestattet mit vielen Tafeln, Karten, Plänen, wird den sämtlichen faunistischen und prähistorischen Fragen eine eingehendere Betrachtung zuteil; ausserdem dürften die historischen, topographischen, meteorologischen und geologischen Verhältnisse nach dem Stande der heutigen Kenntnisse gebührende Berücksichtigung finden in der monographischen Arbeit. — Über die allgemeine *Situation* der namentlich durch *Viktor v. Scheffels* herrlichen Roman: „Ekkehard“ in aller Welt bekannt gewordenen *Wildkirchlihöhle*, welche von Prof. *J. J. Egli*, dem Verfasser der „Nomina geographica“ und verschiedener geographischer Lehrbücher, eine eingehendere Beschreibung in topographischer, geologischer, meteorologischer, faunistischer und histo-

rischer Hinsicht erfahren hat,[1]) kann ich mich kurz fassen. Ich verbinde damit einige geologische Daten, soweit sie uns bekannt sind durch die Forschungen von Prof. *Arnold Escher von der Linth* [2]) und namentlich durch das eingehende Studium von Prof. *Albert Heim* [3]) und *Dr. Marie Jerosch*.

Die den *Ebenalpstock*, als östlichen Ausläufer der nördlichen von SW nach NO sich hinziehenden Säntiskette (Gyrenspitz, Öhrli, Altenalp-Türme, Zisler, Ebenalp, Bommenalp) gegen Osten jäh abschliessende, zum Teil senkrechte, wohl 100 m hohe Felswand enthält in weniger als halber Höhe derselben zwei grössere Höhlenöffnungen mit fast halbkreisförmigem Querschnitt. Die eine, südliche Öffnung, besitzt auf der rechten Seite das hart am Felsen anstehende Glockentürmchen. Von hier tritt man in die kleinere, zirka 12 m breite, 11 m lange und 3 m hohe *Altarhöhle,* an deren künstlich hergestellter Hinterwand (Mauer) ein Altar in Marmor und vor diesem 4 Reihen Betstühle angebracht sind. Alljährlich werden hier nach den Bestimmungen des Gründers des Wildkirchleins (siehe später) zwei Gottesdienste gehalten (Schutzengelfest, am zweiten Sonntag im Juli und Michelifest, 29. September). Eine hölzerne Türe führt in die einst in direkter Verbindung mit der Altarhöhle

---

[1]) *J. J. Egli: Die Höhlen des Ebenalpstockes* im Kanton Appenzell-I. Rh., Dissertation, 74 Oktavseiten. St. Gallen, Verlag von Huber & Co. (F. Fehr) 1865.

[2]) *Arnold Escher von der Linth*: Die *Sentis-Gruppe.* Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz; XIII. Lieferung, 1878. (Redigiert von C. Moesch, auf Grundlage der A. Escher'schen Notizen).

[3]) *Albert Heim* (unter Mitwirkung von *Marie Jerosch, Arnold Heim, Ernst Blumer)*: Das *Säntisgebirge,* mit Atlas. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Neue Folge, XVI. Lieferung. Bern, A. Francke, 1905.

gestandene *Kellerhöhle* (Weinkeller mit zirka 180 m² Oberflächeninhalt). Im Hintergrunde erhebt sich die zirka 3 m hohe Höhlendecke rasch, beinahe senkrecht aufsteigend zu dem über *27 m* hohen, im Grundriss elliptischen (untere Dimensionen 7,5 : 9,2 m) gegen oben sich zuspitzenden Schlote (das höchste und grösste „Kamin" der Höhlen). Aus demselben tropft beständig, Sommer und Winter, Wasser von oben, welches zum Hausbedarfe im „Äscher" und „Wildkirchligasthaus" Verwendung findet. Bei heftigen Regengüssen über der Ebenalp macht sich der vermehrte Wasserzufluss, der sich schon zu förmlichen Überschwemmungen in der Höhle gestaltete, bereits nach einer halben Stunde bemerkbar.

Der Zugang zu der Altarhöhle von Süden bezw. vom *„Äscher"* (Gasthaus unter der ebenfalls ca. 100 m hohen südlichen, teils überhängenden Felswand des Ebenalpstockes, 1460 m) her wird ermöglicht durch einen schmalen, sich langsam um die Südostecke der hier beinahe im rechten Winkel zusammenstossenden Felswände des Äscher und Wildkirchli hinaufziehenden Felsenweg, der wahrscheinlich erst durch Menschenhand (Sprengungen) erweitert und zugänglich gemacht wurde. An der gefährlichsten Stelle, da wo die unter der Stiege liegende Felswand zirka 26 m hoch ist, befindet sich seit historischen Zeiten ein hölzernes Brücklein mit Dach. Auf dem schmalen Felswege schreitet man vom Glockentürmchen (1477 m) weiter nördlich an der Felswand zirka *25 m* und gelangt zum Eingang der grossen Höhle, welcher rechts das kleine Wirtshaus zum „Wildkirchlein" (bis 1861 stand hier das Eremitenhäuschen) vorgebaut ist. —

Diese zweite Höhle bezeichnet *Egli* als „Durch-

gang", weil sie einen obern auf die Ebenalp hinaufführenden Ausgang besitzt, der zirka 20 m höher als der untere Eingang liegt. Ich ziehe eine Dreiteilung dieses Höhlenkomplexes vor: *Wirtshaushöhle* (mit zirka 500 m² Flächeninhalt und im Mittel 2,5 m Höhe), daran anschliessend: *enger Durchgang* (mit 12 m Länge, 5,5 m Breite und Minimalhöhe von 1,2 m) und *obere grosse Höhle* (mit Ausgang zur Ebenalp). Letzterer Höhlenteil umfasst ein Areal von nahezu 750 m², die Maximaldistanz der gewölbeartigen Decke vom Schuttboden beträgt 8 m im untern Dritteil, das Gefälle des Bodens 32—40 %. Alle drei Teile besitzen mehrere zum Teil ziemlich hohe Schlote. Unter dem grösseren Schlote in der Wirtshaushöhle finden wir im Winter (etwa vom Dezember bis Mitte April) eine prachtvolle Gruppe von zirka 130 Eisstalagmiten, deren grösste bis 3 m Höhe erreichen können und die charakteristische Gestalt von säulenförmigen Gebilden mit abwechselnd dicken und dünnen Partien (Kolben und Hälse) haben.

Vom geologischen Standpunkte aus betrachtet gehört der Ebenalpstock, dessen Oberfläche eine nach N NO stark geneigte, wenig undulierte Ebene darstellt (daher der Name Ebenalp), der am nördlichst gelegenen Kreidekette des Säntisgebirges an. Sie stellt ein vom Weissbachtal (Dornesseln) aufsteigendes, in den Ebenalphütten kulminierendes und gegen das Seealpseetal südlich abfallendes herrliches Gewölbe dar, dessen Schichten unter der Ebenalp im Äscher und in der Wildkirchlihöhle beinahe horizontal liegen. Der Nordschenkel des Gewölbes, an den sich bei Dornesseln (1123 m) eine schmale Zone Eocän (zirka 250 m breit) anschliesst, und weiter nordwärts das Tertiärgebiet der Nagelfluh und der Sandstein des östlichen Aus-

läufers des Kronberges steigt in steiler Lage mit sämtlichen Kreidestufen (Seewerkalk, Gault, Schrattenkalk und Neocom) zur Ebenalp auf. Der unterhalb der Wildkirchli- und Äscherwände anstrebende Hang setzt sich ost- und südwärts aus Neocom zusammen, die eben genannten Felswände bestehen aus Schrattenkalk. Der Gault tritt als schmales, längsgezogenes Band auf Ebenalp, über den Höhlen gelegen, auf und ist durch Querbrüche mehrfach unterbrochen, während der Seewerkalk gleichsam als Kappe der Ebenalp aufgesetzt ist. Der Südschenkel des Gewölbes (Äscher südwärts) ist ebenfalls steil aufgerichtet und enthält nur noch Neocom und Valangien, d. h. die untersten Stufen der Kreide. Die Tertiärformation greift also nirgends ins Säntisgebirge bezw. ins Ebenalpgebiet hinein; sie hält sich, mit Ausnahme des ganz schmalen übers „Blättli" heraufsteigenden Nummulitenzuges auf Bommen, also beinahe einen Kilometer in horizontaler Distanz und mit einem Höhenunterschied von 300 m von den Schrattenkalkfelsen der Wildkirchlihöhlen (1477 m) entfernt. (Siehe Abschnitt: Prähistorische Funde.) —

Steigen wir vom „Äscher" ostwärts über den Neocomhang unter dem Wildkirchli zur Bommenalp hinunter (Weg zum Weissbad), so treffen wir auf dem Plateau der letztern abermals den Seewerkalk als Decke an. Er ist das Äquivalent des Seewerkalkes der Ebenalp. Die Bommenalp ist der durch Vertikaldislokation ca. 300 m von der Ebenalp abgesunkene östliche Teil derselben. Schon *Escher* hat diese Dislokation als Bommenbruch bezeichnet. *Heim* und *Jerosch* (Das Säntisgebirge, pag. 66 ff. und 153 ff.) haben denselben näher untersucht. Er gehört in die Kategorie der im Ostende

der Säntisketten in grösserer Zahl auftretenden, beinahe senkrecht auf der Streichrichtung der Gewölbe stehenden Transversal- und Vertikalverschiebungen, und zwar speziell zu den Querverwerfungen. Sämtliche Dislokationen sind das Resultat des Horizontalschubes, welcher den herrlichen Faltenbau der von Süden her über jüngere Gesteine (Eocän) hertransportierten Säntisüberfaltungsdecke bewerkstelligte. Wenn die Säntisfalten nach Heim, Jerosch und Blumer erst gegen den Schluss der Überschiebung der Säntisdecke und deren Gewölbeschenkel gestaut wurden, so gehören die Querbrüche und Verwerfungen erst in die letzten Phasen der Faltung (*Heim*, das Säntisgebirge, pag. 650).

Die *Entstehung* der Wildkirchlihöhlen ist im innigsten Zusammenhange mit den eben geschilderten Transversal- und Vertikaldislokationen. Die starke Zerklüftung des Schrattenkalkes der Höhle, der in der Nähe liegende Bommenbruch haben dem in die Tiefe dringenden Wasser wohl ganz besonders einen Abzug in westöstlicher, d. h. in der Längsrichtung der Höhle, verschafft. Noch heute stehen die Wasser der Höhle mit den auf Bommenalp und dem Bommenhang zum Vorschein kommenden kleinern Quellen in Verbindung.

Zufolge dieser Tiefenentwässerung sind die Kluftsysteme grösser und umfangreicher geworden; es haben sich die Schlote (Kamine) und die grössern Hohlräume durch die chemisch lösende Kraft des Wassers gebildet. Die Wirkung der Korrosion dokumentiert sich ganz besonders auch in den *karrigen* Bildungen an den Höhlenwänden und an den Decken, selbst wo diese beinahe horizontale Lage besitzen. Auch der native Höhlenfelsboden hat karrige Oberfläche. Die unlöslichen Bestandteile, die zum Teil zur Entstehung der

weissen und gelben *Calcitsinterbildungen* („Bergziger", Montmilch) an den Wänden, namentlich aber in den Kaminen (oft bis 5 dm dick) Veranlassung gegeben, finden sich aber namentlich in grössern Mengen in den oberen Höhlenbodenschichten zwischen den Trümmern der enormen Ablagerungen des Deckensturzes.

Bei der Bearbeitung einer grösseren Zahl von Grabungsprofilen lässt sich aufs unzweideutigste der Nachweis leisten, dass eine erheblichere mechanische Erosion des Wassers bei der Höhlenbildung, etwa durch einen Fluss vollständig ausgeschlossen ist. Unsere Höhlen gehören also in die Gruppe der Sickerwasserhöhlen; sie haben mit dem Charakter der Flusswasserhöhlen nichts zu tun. Sämtliche Profile sind zum grössten Teile Produkt des langsam vor sich gehenden Deckenabbruches und der Abblätterung von oben her. Dieselben sind zeitweise in stärkerem, zeitweise in geringerem Masse tätig gewesen, je nachdem das Gleichgewicht der Gesteinsschichten der Höhlendecken mehr oder weniger gestört war. Gewaltige Deckensturzblöcke von mehr denn 3 m^3 Inhalt waren bis vor kurzem in der obern Höhle sichtbar; auch in der vordern, dem Licht und der Wärme ausgesetzten Altar- und Wirtshaushöhle sind beinahe ebenso grosse Schrattenkalkblöcke im Boden sichtbar geworden. Die *Höhlenausfüllung,* welche z. B. in der Altarhöhle die Tiefe von 5,50 m erreicht (hier kommt der native Felsboden zum Vorschein), ist also der Beweis für eine im Laufe bedeutender Zeiträume vor sich gegangene Höherlegung des Höhlenschuttbodens.

An dieser Stelle darf noch darauf hingewiesen werden, dass *Calcittropfsteinbildungen* nur in minimalen Ausbildungen in unsern Höhlen vorhanden sind. Calcit-

stalaktiten finden sich in der obern grossen Höhle, doch erreichen sie kaum die Länge von 5 cm. Calcitstalagmiten lassen sich etwa im Höhlenbodenschutte den einzelnen Trümmern aufsitzend auffinden; auch sie sind nicht höher denn 3—4 cm. — Ob die von *Gabriel Walser* in seiner „Kurtz gefassten Schweizergeographie" 1770 erwähnten grossen Tropfsteine (ca. 6 Zentner), welche ein fremder Herr von Paris sammelte und mit sich aus dem Lande trug, wirklich aus der Wildkirchlihöhle stammen, möchte ich heute beinahe bezweifeln. Der Sinterabsatz ist bei dem kleinen Kalkgehalt des Wassers entschieden zu allen Zeiten (selbst unter Annahme höherer Temperaturen) nie ein erheblicher gewesen. Man berücksichtige auch, dass das in die Höhlen eintretende Wasser kaum unter grösserem hydrostatischem Drucke mit dem Kalkstein in Berührung gewesen, somit noch nicht mit Kalk gesättigt war und das Wasser darum mehr gelöst als abgesetzt hat [1]).

Historische Daten über das Wildkirchli reichen bis zum Jahre 1621 zurück, während die Sage berichtet, dass schon in uralten Zeiten „wilde" Menschen hier gehaust haben sollen. Die älteste Urkunde stammt vom Stifter des Wildkirchleins selbst, Dr. Paulus Ulmann, Pfarrer zu Appenzell, geb. 24. Febr. 1613, gest. 15. April 1680. Er schreibt in seinem, während seines zweijährigen andauernden Aufenthaltes im Wildkirchli, wo er sich frommen Betrachtungen hingab, Gottesdienst hielt, Messe las und Berater vieler Leute ward (1658—1660), geführten Tagebuch [2]): „Waß dan

[1]) Vergl. *Heim*: Das Säntisgebirge, pag. 280.

[2]) Das *Tagebuch* von Pfarrer *Paulus Ulmann* befindet sich noch im Kircharchiv zu Appenzell. Ich verdanke die Einsicht

nun dieses Orth, nemblichen die Wilden Kirchen anbelangen thuot, so ist gantz und gar khein Zweiffel, daß dieses Orth (nicht) Artè, das ist, mit kunstreichen Handen des Menschen, sondern wie der Augenschein mit sich bringt Naturâ, das ist mit des Allmächtigen Hand Godtes von Anfang der Welt mit sambt anderen Gebirgen vnd wildnusen wunderbarlich erschaffen, vnd vil 100 Jahr von Jeder meinigklichen nit Anderß als ein Anderß wildes Orth beobachtet worden. Ausgenomen das bei Mansdenken ein kleines hölzines Altärlein da gsin, hin und her mit schlecht einfeltigen Creutzlin vmbsteckt, sambt dem Nachtmaal, welches von wissem Marmelstein gsin, aber nachmalen gmolet, vnd von Holtz ingfaßt worden. Aber weiterß gantz und gar khein Godtsdienst aldorten gerichtet worden; wer aber das Altärlein vnd Nachtmaal zum ersten dahin habe geordnet, khan man solliches nit wissen, ist wohl zu gedenken, etwa eine fromme, andechtige, godtsförchtige Person etc.“ — Nachdem schon Pater Philippus Tanner, Kapuziner zu Appenzell, anno 1621 bei Anlass einer Vieh- und Alpsegnung von der Obrigkeit die Erlaubnis erhielt, hier oben auf Kosten der letzteren einen hölzernen Altar zu bauen und ein Brücklein dem gefährlichen Felsenbande nach über den Abgrund, sowie vom Bischof von Konstanz die Lizenz zugesichert bekam, hier oben super altare portatile Messe zu lesen,

in diese interessanten Akten der grossen Zuvorkommenheit und Liebenswürdigkeit des Hochwürden bischöfl. Kommissarius, Herrn *Pfarrer Räss* in Appenzell. — Besondern Dank schulde ich auch Herrn *Fürsprech Dähler,* Landesarchivar, in Appenzell, welcher mir mit wertvollem historischem Aktenmaterial, insbesondere mit Überlassung der *Stiftungsurkunde* von Pfarrer Ulmann betr. Wildkirchli, in freundlichster Weise zur Seite gestanden ist.

tam pro secularibus quam pro regularibus Sacerdotibus, wurden die eigentlichen grössern Bauten (neuer Altar, Brücke, Eremitenhaus) erst durch Dr. Paulus Ulmann von Appenzell (1656) auf seine Kosten ausgeführt. Zwei Jahre hindurch (30. Juni 1658 bis 24. Juli 1660) lebte er selbst als Eremit oben; 1679 (26. Januar) setzte er sein Testament auf, in welchem er dem Staate Appenzell die Wildkirchli-Stiftung auf ewige Zeiten vermachte, samt der Alp Ober-Bodmen (Bommen) „Ledig und Los", und die Bestimmung traf, dass das Wildkirchli zur Einsiedelei auch für spätere Zeiten geschaffen werde, was es bis anno 1851 geblieben ist, nachdem deren 15—16 Eremiten oder „Waldbrüder" ihres Amtes gewaltet hatten und der letzte Eremit beim Kräutersammeln zu Tode fiel. Seither ist das Wildkirchli mehr das Ziel der Bergbesucher, denn ein Wallfahrtsort wie ehedem. Auch wurde das Bruderhaus (seit 1861 steht der jetzige Bau) von der Verwaltung der Stiftung, bezw. der Regierung der Verpachtung anheimgegeben.

Der Aufenthalt Ekkehards im Wildkirchli ist nicht historisch; dagegen war Viktor v. Scheffel, der Schöpfer dieses herrlichen, ewig schönen Romans, anno 1854 acht Tage als Gast im „Äscher" droben, und fand da, wie sein Ekkehard, wieder Friede und Freude am Leben.

* * *

Das Vorhandensein von Bärenzähnen und Knochen in der Wildkirchlihöhle ist schon seit lange bekannt gewesen. Die Eremiten verkauften dann und wann solche bei oberflächlicheren Grabungen zutage getretenen Dokumente an Bergwanderer. Ausser *Arnold Escher von der Linth* war es zuerst Professor *Rüti-*

meyer [1]), welcher 1861 von Funden des *Ursus spelæus* (nur Eckzähne), wenigen Knochen von *Capra ibex* und *Capra rupicapra* aus der Wildkirchlihöhle berichtet. Professor *Egli* [2]) veranstaltete 1863 und 1864 während seiner Untersuchungen in der Höhle auch mehrere kleinere Bodenaushebungen, namentlich im engen Durchgang, die er aber nicht tiefer als bis zu 1 m Tiefe ausdehnte, weil er daselbst den nativen Höhlenboden vermutete. Seine Nachforschungen in der Kellerhöhle, in der obern grossen Höhle blieben erfolglos. Ausser einer kleinern Zahl von Skelettknochen und ca. 120 Zähnen von *Ursus spelæus* fanden sich wenige Knochen von *Capra ibex* (1 Metatarsus und 3 Molaren). Ältere Erzeugnisse von menschlicher Hand gerieten ihm keine in die Hände.

Seit meiner Studienzeit an der Universität Zürich war mir die treffliche Publikation Prof. Eglis bekannt. In meiner Eigenschaft als Konservator des st. gallischen naturwissenschaftlichen Museums gedachte ich nachmals Belegobjekte aus der Wildkirchlihöhle für unsere Sammlungen zu gewinnen. Wie ich später erfahren habe, ist das von Prof. Egli gesammelte Material wahrscheinlich verloren gegangen; ausser wenigen Resten vom Ursus spelæus in der polytechnischen Sammlung in Zürich und in der Altertumssammlung zu Appenzell sind mir weitere Fundobjekte aus dem Wildkirchli unbekannt.

Schon vor Beginn der im Winter 1903/04 in mehr rekognoszierender Weise vorgenommenen Grabungen

---

[1]) *Rütimeyer:* Fauna der Pfahlbauten, in „Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften". 1861, pag. 67.

[2]) *J. J. Egli:* Die Höhlen des Ebenalpstockes.

in der Wildkirchlihöhle war mir das Glück zuteil, in Herrn Otto Köberle in St. Gallen nicht nur einen tüchtigen, kenntnisreichen und äusserst findigen Mineralsammler an der Seite zu haben, der schon 2—3 Jahre vorher auf meinen Auftrag hin das ganze Säntisgebiet und das Rheintal mit grossem Erfolge nach Mineralien absuchte,[1]) sondern Herr *Köberle* erwies sich, als ich ihm den Auftrag erteilte, Probegrabungen in der Wildkirchlihöhle zu veranstalten, auch als durchaus zuverlässiger, gewissenhaft-sorgfältiger und intelligenter Höhlengräber. Ohne Herrn Köberle wären die Ausgrabungen nie in dem Masse gediehen, wie sie heute, dank seiner Unermüdlichkeit, seiner seltenen Geduld und Treue, vor uns liegen. Sein Name wird mit den Forschungen im Wildkirchli alle Zeit aufs engste verbunden bleiben. — Die eigentlichen, in streng systematischer Form veranstalteten Nachforschungen fanden besonders während der Winter 1904/05 und 1905/06 statt. Sie sollen auch weiterhin fortdauern, um so mehr, als dieselben in zoologischer und prähistorischer Beziehung Wichtigkeit erlangt haben. Wegen des starken Fremdenstromes im Sommer müssen wir die Grabungen in die Wintermonate hineinverlegen; sodann ist auch der Wasserdampfgehalt der Höhle im Sommer ein prozentual höherer und für die Gesundheit gefährlich.

Die *Wildkirchlihöhle* mit den dazu gehörigen Gebäulichkeiten, samt Altar und Glockentürmchen, ist Eigentum des Staates *Appenzell-Innerrhoden*. Für die

---

[1]) *E. Bächler*: *Beiträge zur Kenntnis der Höhlen des Säntisgebirges.* I. Die Flussspathöhle „Dürrschrennen". II. Das Calcitloch und die Flussspatgrotte westlich der Dürrschrennenhöhle. Jahrbuch der st. gallischen naturwissensch. Gesellschaft 1904.

Zwecke unserer Forschungen bedurften wir der Erlaubnis der hohen Landesbehörde in Appenzell. Es gereicht mir zur grossen Ehre, der hohen Standeskommission dieses Kantons und vorab den Herren *Landammann Dähler* und *Sonderegger*, sowie besonders der *Hochw. Geistlichkeit* von Appenzell, insbesondere Herrn *Bischöfl. Kommissarius Räss* den ausgezeichneten Dank abzustatten für das grosse Wohlwollen und das so freundliche Entgegenkommen durch uneingeschränkte Erlaubnis [1]) zur Ausgrabung sämtlicher Höhlenteile, für das lebhafte Interesse, welches die genannten geistlichen und weltlichen Behörden der Forschung überhaupt von Anfang an zuteil werden liessen.

Vorzügliche Anerkennung gebührt vor allem jener Behörde, welche die neue Forschung durch die kräftige finanzielle Unterstützung so eigentlich ins Leben gerufen hat, dem löblichen Verwaltungsrate der Genossenbürgergemeinde der Stadt St. Gallen. Dieselbe ist Eigentümerin des städtischen naturhistorischen Museums. Herr *Verwaltungsratspräsident* W. Gsell hat das grosse Verdienst, mit der ihm eigenen Tatkraft und Weitsichtigkeit seit Jahren für wissenschaftliche Interessen des Museums eingetreten zu sein; seiner Energie verdanken wir den günstigen Fortgang der Wildkirchli-Ausgrabungen. —

Die Fundobjekte fallen den Museen zu St. Gallen und Appenzell zu. Letzterer Ort erhält eine genügende Serie der wichtigsten Belege — als Entgelt für die Konzessionsgewährung. Wir huldigen dem Grundsatz, die Originalfunde im Lande selbst, in der *engern Fundheimat zu belassen* und sie nicht, wie dies leider nur

[1]) Die Konzession ist schriftlich und vertragsmässig abschlossen.

zu oft geschehen ist, in alle Welt zu zerstreuen, damit die Forscher gezwungen sind, Wochenreisen zu machen, um Fundobjekte von *einer* Lokalität stammend, zu besichtigen.

Es war mir schon längst bekannt, wie die Methoden der prähistorischen Ausgrabungen bedeutende Wandlungen erfahren hatten im Laufe der Zeit, von der blossen Wühlerei mit gänzlicher Ausserachtlassung der Lagerungsbestimmung der einzelnen Funde bis zur minutiösen Behandlung und Interpretation der kleinen und kleinsten Niveaus in den Höhlenausfüllungen.

Ausser der Erstellung zahlreicher *zeichnerischer Grabungsprofile* wurde von *jedem* Funde seine genaue Tiefenlage in Abscissen und Ordinaten und die jeweilige Zugehörigkeit zum Zeichnungsprofil bestimmt und in letzterem eingetragen. So wird es möglich werden, einmal was die Tierfunde anbelangt, das Neben-, Über- und Untereinander der einzelnen Tierarten zu einer Art Tiergeographie und zugleich zur Evolution der Tierwelt in der Höhle zu konstruieren, die Häufigkeit oder Seltenheit bestimmter Spezies nach kleinsten Lokalitäten zu eruieren; sodann gibt die exakte Horizont-Bestimmung der Artefaktenfunde darüber Aufschluss, mit welchen Tierspezies der Mensch als koëxistent bezeichnet werden darf und welche Arten er unter Umständen als Jagdtiere benützte.

Diese mathematische Ortsbestimmungsmethode wird danach ihren Wert für immer behalten, wenn auch im Laufe der kommenden Dezennien neue Gesichtspunkte in der prähistorischen Forschung in den Vordergrund treten werden; unser Fundmaterial leistet für alle spätern Untersuchungen, Zusammenstellungen und Vergleichungen die gewünschten Dienste.

Unsere *Grabungsmethode* ist — in kurzen Worten gesagt — weniger ein Graben mit Pickel und Schaufel; sie ist eine Kratzmethode. Nur der oberste Bodenteil, die jüngste Schuttdecke, in welcher sozusagen kein älteres Fundmaterial vorhanden, wird mit Pickel und Schaufel bearbeitet. Sobald wir auf den gänzlich intakt gebliebenen Teil der Höhlenausfüllung stossen, tritt das Kratz- bezw. *Zieheisen* in Funktion, ein gut geschmiedeter, 40 cm langer und 1 cm dicker Eisenstab, der vorn zu einem im rechten Winkel stehenden Haken umgebogen ist (zweihakige Zieheisen sind ungeeignet). Nachdem ein ca. 2 m langer und $1^1/_2$ m breiter Bodenstreifen oberflächlich abgetragen ist, wird mit dem Zieheisen in die Tiefe gearbeitet und Terrassen von 20—30 cm Äquidistanz erstellt. Der terrassenförmige Abbau der Profile ermöglicht bis zur Erreichung des nativen Bodens stets eine deutliche Übersicht über das gesamte Arbeitsfeld. Die Funde werden jeweilen sofort in bereit gehaltene Papiersäcke untergebracht (sofern es sich um kleinere Objekte handelt), welche mit dem in unsern Zeichnungsprofilen vorgesehenen Zeichen und den Abcissen- und Ordinaten-Vermerken überschrieben sind. Wenn die Zieheisenmethode eine stärkere Verletzung der Knochen- und Artefaktenfunde in den meisten Fällen vollständig verhütet, und wir derselben die grosse Zahl intakter und gut erhaltener Knochenfunde, z. B. jene der beiden fast kompletten Schädel von Ursus spelæus und einer grossen Zahl von Skelettknochen verdanken, so sichert nur der Terrassenbau der Profile und die sofortige genaue Inventarisation der Funde vor Verwechslungen der Tiefen- bezw. Horizontlage derselben.

Mit Bezug auf die *Grabungsprofile* — wir haben

deren mehr als 10 durchgearbeitet — mögen folgende allgemeine Bemerkungen hier angebracht sein:

1. Die Profile wurden an den *verschiedensten* und von uns als am wichtigsten erachteten Teilen des *gesamten* Höhlenkomplexes gegraben. Besondere Beachtung fanden die trockeneren und belichteten Höhlenteile, also die Altar- und Wirtshaushöhle, welche sich zugleich als die Fundstätten des grössten Teiles der Artefakten erwiesen haben. Umfangreiche Grabungen schlossen sich an die dunkle, grosse, obere Höhle an, der ein bedeutendes Knochenmaterial entstammt. Es darf behauptet werden, dass wir schon durch diese ersten Exploitationen einen allgemeinen Einblick in die Beschaffenheit des ganzen Höhlenareals erhielten.

2. Sozusagen mit Absicht wurden vorderhand bei unsern genauern Nachforschungen jene Stellen unberücksichtigt gelassen, wo nachweisbar in historischer Zeit eine tiefere Aufwühlung des Bodens durch Menschenhand stattgefunden; wir liessen auch die Plätze undiskutiert, an denen Prof. J. J. Egli seinerzeit gegraben hatte. Er ist übrigens nirgends auf den nativen Höhlenboden vorgedrungen; bei *ca. 1 m Tiefe* stellte er die Nachforschungen ein (vergl. Egli, pag. 60).

3. Alle von uns bearbeiteten Profile sind *durchaus* ungestört, namentlich von jenen Tiefen an, in denen Tier- und Werkzeugfunde auftreten. Die Altar- und die Wirtshaushöhle haben in ihren obersten Bodenteilen Abtragungen erfahren in historischer Zeit, die aber, wie sich vielleicht noch nachweisen lässt, nicht über 40 bis 50 cm betragen.

4. Die Gesamtheit der Profile ist in den wesentlichen Teilen *gleichartig* beschaffen. Ihre Tiefe variiert selbstverständlich in den einzelnen Höhlenteilen, da

der native, karrige Felsboden mannigfach coupiert erscheint. Die grösste bis jetzt erreichte Tiefe beträgt 5,5 m (Altarhöhle), in andern Höhlenpartien wurde der Boden schon bei 3—2½ m erreicht. Wie früher erwähnt, handelt es sich um Deckensturzprofile, welche aber doch eine völlig genügende Einsicht verleihen in den Aufbau derselben. Wenn auch auf den ersten Blick da und dort keine ganz scharf abgesetzte Schichtung sich erkennen lässt, so findet sich das geübte Auge bald zurecht in den einzelnen Profilteilen, welche einen deutlichen Wechsel verschiedener mehr oder weniger horizontal verlaufender Ablagerungen von grösseren und kleineren Gesteinsstücken, dann von Schichten feinerer Erde mit weniger und kleineren Deckenbruchstücken aufweisen. In allen grösseren bis jetzt bearbeiteten Profilen zeigen sich wenigstens oberwärts deutliche *Farbenunterschiede* in den zeitlichen Ablagerungen, die sich als förmliche *Bänder* durch die Profile ziehen. Ihr *ununterbrochener* Verlauf ist uns sehr wichtig.

5. Kein einziges Grabungsprofil liefert den sichern Beweis von durch Wasser eingeschwemmten Materialien. Typische Lehmschichten von grösserem Umfange, gerundete Steine im Sinne von Flussgeröllen fehlen gänzlich. Noch weniger lassen sich Spuren von glazialen oder fluvioglazialen Ablagerungen erkennen. Es sind keine Wirkungen von Gletscherarbeit in der Höhle, keine Schliffe und Schrammen weder an den über noch an den unter dem Höhlenschutte gelegenen Höhlenwänden sichtbar. Die grosse, fast senkrechte, ebene, geglättete Wand, welche die obere grosse Höhle nach unten zum Teil abschliesst, ist eine Scheer- oder Kluftwand, deren grosse Rutschfläche das Produkt der Vertikaldislokation bedeutet. Sodann ist zu betonen, dass, wo gelegentlich

kantengerundete Steine in den einzelnen Profilteilen auftreten, die Kantenabstumpfung ganz und gar der Verwitterung innerhalb des Ausfüllungsmateriales (*„subterrane Verwitterung"*) und namentlich auch der Auslaugung durch das den Höhlenboden leicht und ungehindert durchfliessende Wasser zugeschrieben werden muss. Es lassen sich Stellen nachweisen, wo solche kantengerundete Steine, in einigen Fällen sogar nesterartig beisammen, genau unterhalb jenen Höhlendeckenteilen sich befinden, welche in sich ein kleineres Kluftsystem bergen. Das reichlicher abtropfende Wasser hatte hier Gelegenheit, seine Tätigkeit intensiver einzusetzen. Übrigens muss ausdrücklich gesagt werden, dass diese gerundeten Steine immer in direkter Gesellschaft und vermischt mit eckigem, kantenschärferem Material auftreten. Da meines Wissens bis heute keinerlei genaue und detaillierte Untersuchungen bestehen über den subterranen Verwitterungsprozess,[1]) so werde ich in einer späteren Abhandlung ganz besonders jene interessante Gesteinsverwandlung zu behandeln versuchen, welche sich gerade bei den Schrattenkalkschuttstücken in der Wildkirchlihöhlenausfüllung in so charakteristischer Weise vorfindet: Ein grosser Teil der Kalkschuttstücke besitzt eine selbst bis zum innersten Schrattenkalkkern reichende Verwitterungskruste von beinahe reinweisser Kreidefarbe. Es sind keine Kalktuffe, wie von verschiedenen Seiten angenommen wurde. Der grossen Mürbheit dieser Rinde zufolge hat sich aus ihr ein Gutteil der feinern Erde gebildet, die ihre Entstehung im fernern dem *feinen*

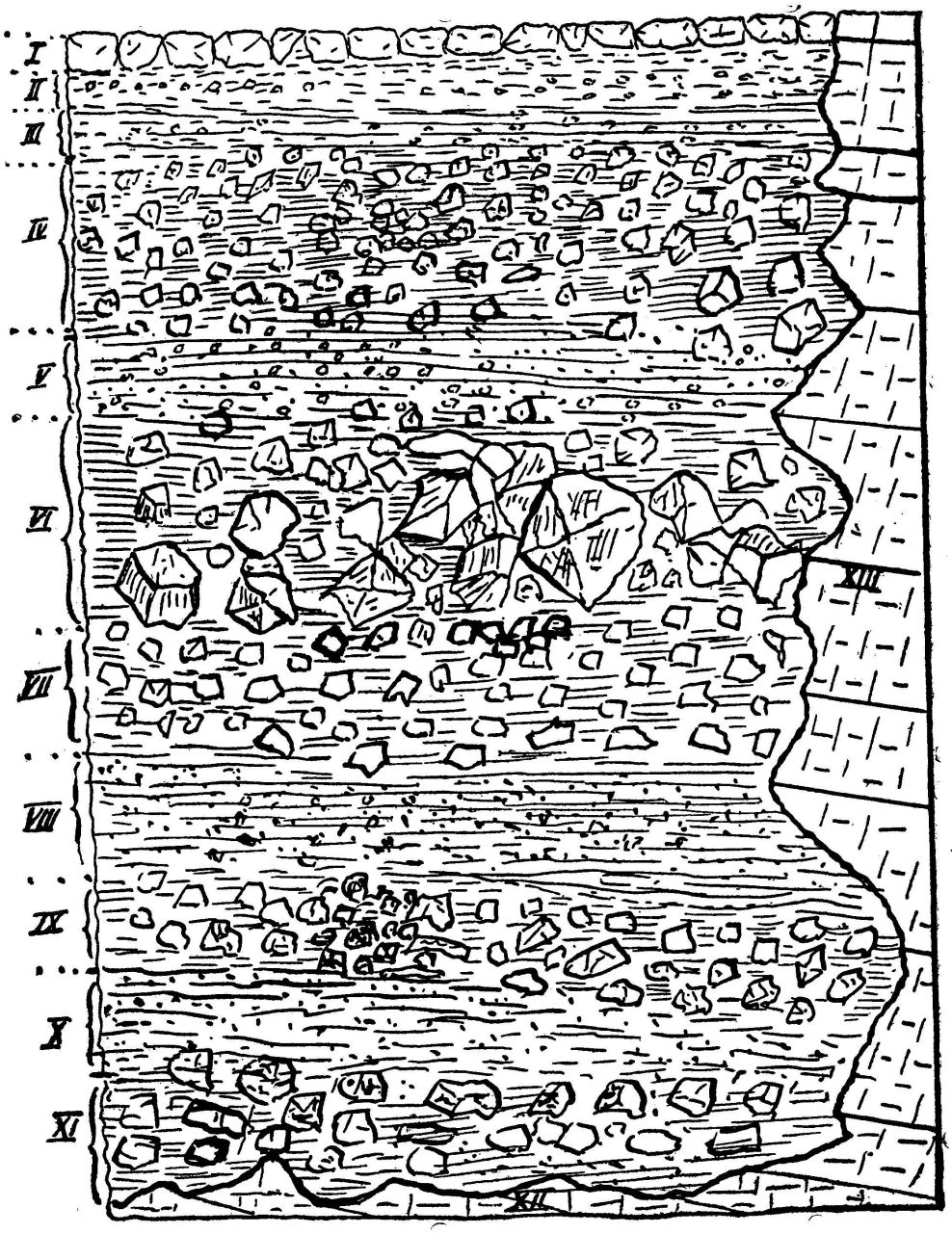
[1]) Vergl. *J. Walther*: Einleitung in die Geologie. III. Lithogenesis der Gegenwart. Jena 1894. *E. Kayser:* Lehrbuch der Geologie I. Stuttgart 1905.

Kalkmehl (als Sinterabsatz bezw. Rückstand aus dem kalkhaltigen Wasser) verdankt, welches in den obersten Profilteilen vorwiegend noch fast schneeweiss oder gelblich ist, gegen die Tiefe zu aber immer dunklere Farben annimmt. Der Absatz fester Materialien aus dem Wasser macht sich namentlich dort geltend, wo das letztere unter plattenförmigen Gesteinstrümmern eine Stagnation erfahren hat; die Absätze erscheinen dann als nesterartig angeordnete traubige bis kugelförmige Gebilde von Bohnengrösse und mehr. Bei der geringsten Berührung zerfallen sie zu Erde von graulicher Farbe. Natürlich haben die Verwesungsprodukte der tierischen Knochen, teilweise wohl auch das Festtreten des Höhlenschuttes durch den Menschen (in der Altar- und Wirtshaushöhle) und der Druck des überliegenden Schuttes diese Erdenbildung ebenfalls unterstützt. Die sehr erdreichen Profilteile enthalten oft viel Knochenmaterial, doch ist dasselbe vielfach so mürbe, dass es sich in der Hand völlig zerreiben lässt und zu einem rötlich- bis dunkelbraunen, feuchten Mehl zerfällt, wenn es blossgelegt wird.

6. Mit Ausnahme der menschlichen Artefakte, Abfallstücke, Nuclei setzt sich das Ausfüllungsmaterial, soweit dasselbe aus grösserem eckigem oder kantengerundetem Schutte besteht, sozusagen gänzlich *aus dem Schrattenkalk der Höhle* zusammen. Wenn in der Altar- und Kellerhöhle zerstreut auch sehr stark zersetzte, nahezu „verfaulte“ und mürbe, kantengerundete Gaultbrocken von kleineren Dimensionen sich vorfinden, so entstammen diese zweifelsohne dem hohen Schlote in der Kellerhöhle, der wohl noch bis in den Gault der über der Höhle gelegenen Partie der Ebenalp hinaufreicht.

Zur nähern Orientierung sei hier ein *Grabungs-*

profil aus der *Altarhöhle* beigegeben, ein Teilprofil von zirka $3^1/_2$ m Länge und einer Tiefe bis zum nativen



Höhlenfelsboden von 5,45 m. Dasselbe zeigt sehr deutlich den Wechsel verschiedener Ablagerungen von ungestörter Reihenfolge, trotzdem Stein- und Erd-

schichten nicht ganz scharf abgegrenzt sind, sondern teilweise unregelmässig ineinander übergehen. (Es darf noch bemerkt werden, dass die vielen Einzelprofile später zu einem Gesamtprofile vereinigt werden.)

Der oberste Teil (I) wird gebildet durch das aus historischer Zeit, wahrscheinlich aus der Mitte des 17. Jahrhunderts stammende *Steinpflaster,* welches nach Verebnung der Altarhöhle aufgesetzt wurde. Es hat eine Dicke von zirka 15 cm. Die Kalksteine sind roh behauen und von verschiedener Grösse und Form. Der Kuriosität halber sei noch bemerkt, dass sich zwischen zwei Pflastersteinen eingeklemmt ein nach leichtem Abreiben noch völlig glänzender Zürcher-Batzen mit dem Prägungsjahr 1621 vorgefunden hat. Wahrscheinlich ist es ein Opfergeldstück. Seine Lage deutet mit Sicherheit darauf hin, dass der Altarhöhlenboden bezw. seine Oberfläche seit 250 Jahren keine Umarbeitung erfahren hat. Die unter dem Steinpflaster folgenden Profilteile mögen hier noch kurz charakterisiert sein:

II. *Calcitsinterschicht.* Kalkmehl von weisser bis gelblicher Farbe, welches den Kalkabsatz des tropfenden Wassers darstellt. Bei starkem Regenfalle, namentlich aber zur Zeit der Schneeschmelze und selbst im Winter, vermag das atmosphärische Wasser auch durch die feinzerklüftete Gesteinsdecke der Altarhöhle hindurchzudringen. In manchen Wintern entwickeln sich daher auch in letzterer Eisgebilde (Stalaktiten und Stalagmiten). Diese Kalkmehlschicht nimmt die Profiltiefe von 15—30 cm (von der Oberfläche der Pflastersteine an gerechnet) ein und zieht sich als ein helles, kontinuierliches, ununterbrochenes Band von durchschnittlich 15 cm Dicke durch das Gesamtprofil:

ein deutlicher Beweis für die Ungestörtheit dieser nicht mehr ganz jungen Ablagerung. Natürlich befinden sich auch in diesem Profilteile Gesteinstrümmer; sie sind aber meist von unbedeutender Grösse.

III (30—60 cm Profiltiefe): *feinere hellbraune Erde* mit kleinen eckigen und kantengerundeten Trümmern. In dieser Ablagerung treten bereits von 50 cm an die ersten Knochenfunde von Ursus spelæus auf, ebenso die menschlichen Artefakte.

IV (60—145 cm): *Steinschicht* mit eng gedrängten eckigen, grösseren und kleineren Schuttstücken, dazwischen helle, braune Erde.

V (145—170 cm): *dunklere Erde* mit weniger Steinmaterial, dagegen viele Knochenreste (Zähne und Splitter von Knochen).

VI (170—240 cm): *grössere Steinblöcke*, bis zu 0,8 × 0,6 × 0,5 Dimension, nebst ganz verschiedenen Grössen. Dazwischen dunklere, braune Erde. Hier beginnt jener eigenartige Verwitterungsprozess der Schrattenkalke; viele Gesteinsstücke sind mit verschieden dicker, *schneeweisser Verwitterungsrinde* bedeckt. Es ist durchaus keine Übersinterungsrinde. Der dunkle Schrattenkalkkern hat oft nur noch geringe Dimension, in manchen Fällen ist auch dieser gänzlich verschwunden. Daneben sind stark ausgelaugte Stücke nicht selten und die Mehrzahl kantenabgerundet.

VII (240—295 cm): *Steinschicht* mit dunkler Erde. Viel ausgelaugtes und oft sehr mürbes Material.

VIII (295—385 cm): *ganz dunkelbraune, oft fast schwärzliche Erde,* ganz wenig Steine. Sehr viel Knochenmaterial; dieses vielfach zersetzt und mürbe.

IX (385—440 cm): *Steinschicht* nebst ziemlich viel

Erde, fein, oft von verschiedenster Färbung (rostbraun, dunkelbraun, schwärzlich).

X (440—485 cm): *dunkle Erde* mit stark verwitterten, weissen, mürben Gesteinsfetzen; einzelne Erdpartien sandig oder schwach lehmig. Viel Knochenmaterial.

XI (485—545 cm): grössere, zum Teil stark zersetzte Gesteinsblöcke, plattenförmige Abbruchstücke, nebst dunkler Erde und Knochen bis nahe zum nativen Felsboden.

XII: *Nativer,* zum Teil karriger Felsboden.

XIII: Nördliche Felswand der Höhle. Sie springt unregelmässig und dickbankig in den Höhlenschuttboden vor. Längs der seitlichen Felswand hat der Sinterprozess die prächtigsten traubigen und kugelförmigen, meist eng gescharten Absatzgebilde auf den der Felswand anlehnenden Schuttgesteinsstücken erzeugt, in der Regel von schneeweisser Farbe.

Prozentuale Bestimmungen des Erd- und Schuttmaterials in den verschiedenen Profilteilen, chemische Analysen einzelner charakteristischer Ablagerungen werden in meiner Spezialarbeit Berücksichtigung finden. Schon während der Grabungen findet eine Auslese von typischem Material statt zur Erstellung naturgetreuer Profile in den Museen zu St. Gallen und Appenzell.

Die tierischen Funde.

Ohne heute schon eine definitive Evolutionsreihe der aus der Wildkirchlihöhle zutage geförderten Tierwelt unter genauem Hinweis auf Lagerung, Verbreitung in einzelnen Niveaus der verschiedenen Tierspezies zu bieten, möchte ich dem faunistischen Inventar doch

einige Worte widmen. Die endgültigen Resultate werden in meiner Spezialarbeit veröffentlicht.

Es war vorauszusehen, dass die Artenzahl der aufgefundenen Tiere keine sehr erhebliche sei angesichts der Höhenlage und des alpinen Charakters der Fundstätte. Jede Tieflandstation kann natürlicherweise eine bedeutend reichere Fauna enthalten. Da aber die Wildkirchlihöhle die erste auf solcher Meereshöhe bekannt gewordene faunistische Stätte ist, so versteht es sich von selbst, dass wir den Tierfunden eine erhöhte Aufmerksamkeit widmen, um alle in Betracht kommenden Fragen möglichst genau zu eruieren.

Anderseits erwies sich schon bis heute die Art der Tierfunde als höchst interessant, besonders vom tiergeographischen Standpunkte aus, zumal mehrere Tierarten gefunden wurden, von denen man keine Ahnung besass, dass sie sich auf solcher Höhe je hätten einfinden können.

Weil sich die Wildkirchlihöhle als eine echte *Bärenhöhle* nach dem Typus mancher Württembergerhöhlen kennzeichnete und das königl. Naturalienkabinett in Stuttgart wohl das umfangreichste Originalmaterial Europas enthält, überliess ich die Determination und Bestätigung unserer Tierfunde Herrn Prof. Dr. Eberhard Fraas in Stuttgart, welcher mir in seiner bekannten Liebenswürdigkeit und grossen Zuvorkommenheit seit Beginn unserer Forschungen zur Seite gestanden. Für diese eminent wichtigen Dienste sind wir Herrn Prof. Fraas zu herzlichstem Danke verpflichtet.

Von den an der Oberfläche im Schutte gelegenen rezenten Knochenresten [1]), namentlich Fledermäusen

[1]) Der Verfasser hat nicht unterlassen, genaue Nachforschungen über die die Höhlen des Wildkirchli *jetzt* bewohnende Tier-

(Vesperugo pipistrellus, Vespertilio murinus, Synotus barbastellus), Mäusen (Mus musculus), Wühlmäusen (Arvicola arvalis), Schafen, Ziegen, sogar von einem Pferde (ein Unterkiefer), [letztere drei eingeschleppt durch den Menschen!], von Vögeln (Alpendohle, Ringdrossel, Hausrotschwänzchen etc.) nehmen wir hier nur kurz Notiz.

Die ersten 25—30 cm der Bodenprofile von oben weisen in der Altar- und Wirtshaushöhle, in der obern grossen Höhle, wo die Schuttdecke mit den charakteristischen Calcitsintereinlagen zwischen den Steinen bis 1 m Mächtigkeit besitzt, keine Funde der *älteren Fauna* auf. Diese beginnt demnach bei ca. 40 cm in der Wirtshaus- und Altarhöhle, bei ca. 1 m in der obern Höhle. Diese eigentliche alte Tierwelt reicht fast in allen Profilen bis beinahe zum nativen Höhlenboden hinunter.

Was die *Verteilung der Knochenreste* anbelangt, so ist sie keineswegs eine gleichmässige, auch mit Bezug auf die Quantität. Bestimmte Horizonte liefern nur eine karge Ausbeute; andere dagegen zeichnen sich durch eine förmliche Akkumulation von Tierresten aus. Oft sind ansehnliche Knochennester zwischen eckigem, grobem Schutte eingezwängt. Relativ ergiebig sind einzelne stark erdige Partien; doch ist infolge weit fortgeschrittener Zersetzung der Knochen der Erhal-

---

welt anzustellen (Chiroptera, Rodentia, Aves, Coleoptera, Lepidoptera, Mollusca etc.). Sämtliche jetzigen Insassen gehören zu den Gruppen der Troglophilen und der zeitweiligen Höhlenbewohner (vergl. *O. Hamann*, Europäische Höhlenfauna. Jena 1896, pag. 2, und *W. von Knebel*, Höhlenkunde. Braunschweig 1906, pag. 196). Troglobien, d. h. echte Höhlentiere, habe ich noch keine nachzuweisen vermocht.

tungszustand derselben oft ein so bedenklicher, dass es mit keiner Methode gelingt, dieselben intakt herauszubringen, namentlich wegen des Steingehaltes der Erde.

Wo der Sinterprozess des Wassers in einzelnen Höhlenteilen sich leicht und ungehinderter abspielen konnte, sind die Knochen stark bekrustet mit Sinterabsatz; an gewissen Stellen treten Knochen in stärker calciniertem Zustande auf. Sie sind spezifisch bedeutend schwerer als sie es im rezenten Alter gewesen, und klingen beim Anschlagen etwas metallisch. Genauere Untersuchungen über den Calcinierungsprozess in Knochen älterer Herkunft sind mir nicht bekannt; vielleicht bietet das Knochenmaterial vom Wildkirchli willkommene Gelegenheit, auch den mancherlei Fragen über Veränderung der Knochensubstanz innerhalb der sie bergenden Erd- und Gesteinsablagerungen in Höhlen näher zu treten.

Die relativ günstige Konservierung und Instandhaltung der Tierknochen hängt ausser vom langsamer fortschreitenden Verwesungsprozesse und der Übersinterung namentlich auch von dem Umstande ab, ob der über den Knochen wirkende Druck der obern Profilpartien sich in mehr oder weniger starkem Masse geltend machte. Wir besitzen Belegmaterial dafür, dass Gesteinsdruck eine Sprengung und Zersplitterung der Knochen, ja sogar Deformationen hervorzubringen vermochte. Infolge Gesteinsdruckes sind die tiefer liegenden Röhrenknochen (namentlich Femur und Humerus) *der Länge nach* und zwar meist beidseitig gespalten. Gesteinsdruck kann auch das Abbrechen der Knochenenden, namentlich von Röhrenknochen bewirkt haben. Mannigfach hat das Knochenmaterial gelitten durch den Gesteinsabbruch von der Decke.

Auf einen geradezu frappanten Unterschied in der Art der Knochenfunde in den verschiedenen Höhlenteilen ist hier aufmerksam zu machen. Ich komme im prähistorischen Abschnitte nochmals darauf zu sprechen.

In der oberen grossen, mehr oder weniger unbelichteten Höhle, deren Wasserdampfgehalt[1]) wohl zu allen Zeiten grösser gewesen ist als jener der vorderen, belichteten Höhlenteile, lagen in der untern, rechtsseitigen Bucht, hart an der Höhlenwand, die Reste eines und desselben Höhlenbären beinahe regelrecht beisammen. Von dorther stammt das relativ komplette Skelett dieses Tieres, namentlich aber sind es *zwei* annähernd vollständige *Schädel* von *Ursus spelæus,* die *ersten derartigen Funde schweizerischer Provenienz.* — Überhaupt zeichnet sich diese Stelle durch viele Funde *besterhaltener Knochen, die meist zusammengehörig sind,* aus. Es hat ganz den Anschein, als ob sich hier die Tiere zum letzten Schlafe in die hintersten Höhlenwinkel zurückgezogen hätten. Verschleppungen der Knochen durch später hinzugekommene Tiere oder Menschen sind aber auch hier vorhanden. Dislokationen von Skelettteilen mögen auch durch niedergefallene Höhlendeckensteine, die auf dem 32—40 % abschüssigen Schuttboden noch weiter in Bewegung blieben, stattgefunden haben. Ganz anders verhält es sich in der gut belichteten, trockeneren *Altar-* und der früher mit ihr in direkter Kommunikation gestandenen *Kellerhöhle,* sowie in der *Wirtshaushöhle,* Stätten, welche für

[1]) Bei geschlossenem Raume (früher war auch diese obere grosse Höhle in natürlicher Weise wenig geöffnet, daher die meteorologischen Verhältnisse bei den wechselnden Luftzugrichtungen anders als heute) beträgt der Wasserdampfgehalt während der Wintermonate fast konstant 90 %.

den Aufenthalt der Menschen prädisponiert gewesen. Da liegen die Knochen bunt und wild durcheinander geworfen: Reste von alten und jungen, schlanken und robusten, männlichen und weiblichen Tieren, Kieferstücke, in denen noch Zahnwechsel vorhanden, Zähne jeden Alters bis zum tief abgekauten. Kaum ein Stück Knochen — ausser Zähnen, Fuss- und Handknochen — ist ganz, alles zerbrochen, oft in kleinste Splitter aufgelöst. Nur im untersten Teile auf 5,30 m Tiefe, 20 cm vom nativen Boden entfernt, fand sich ein Höhlenbärenschädel, der aber unter dem gewaltigen Steindruck arg gelitten hatte.

Man darf es kaum für möglich halten, dass Steinschlag, Steindruck selbst später, als das Knochenmaterial in weichern Zustand übergegangen war, eine solche gründliche Zersplitterung und Vermischung nicht zusammengehöriger Teile bewerkstelligt haben; auch Tiere sind kaum im Stande gewesen, diesen Zustand zu schaffen.

So wenig im Ausfüllungsmaterial der verschiedenen Höhlenteile irgend ein zwingender Beweis für Rollung des Gesteinsschuttes durch stärker fliessendes Wasser erbracht werden kann, ebensowenig finden sich typisch *gerollte Knochen* vor. Mehrere geglättete, der Fortsätze des Kieferastes entbehrende Unterkiefer von Ursus spelæus lassen viel eher auf eine Benützung in Menschenhand hindeuten.

Manche Knochen von Ursus spelæus weisen pathologische Erscheinungen auf, Knochenwucherungen, deformierte Skelettteile, namentlich Metacarpalia und Metatarsalia, Fuss- und Handwurzelknochen, Verwachsungen, Vernarbungen früherer Bisswunden etc. Kariöse Zähne fehlen nicht. Von Tieren benagte Knochen sind ziemlich häufig zu finden.

Sicher ist sämtliches Knochenmaterial auf *primärer* Grundlage, d. h. weder durch Wasser eingeschwemmt, noch durch Gletscher hineintransportiert. — In den vordern belichteten Höhlen haben wir zweifelsohne zum grössten Teile die Reste der durch den Menschen in die Höhle geschleppten und dort ausgeweideten Jagdtiere.

Der *Hauptregent,* ja man darf beinahe sagen, der *Alleinherrscher* in der Wildkirchlihöhle war der *Höhlenbär (Ursus spelæus)*, jener längst ausgestorbene Raubtierkoloss, welcher unsern gemeinen Bären (Ursus arctos) an Grösse ums doppelte übertroffen hat (Länge bis 3,2 m!). Seine Reste betragen an unserm Fundorte im quantitativen Vergleiche mit den übrigen Tierfunden wohl 99,5 % der Gesamtfunde.

In den tiefsten Profilen (5,5 m in der Altarhöhle) hat er eine vertikale Verbreitung von 50 cm bis 5,3 m Tiefe. Er scheint in zwei Niveaus besonders häufig zu sein, nämlich nahe dem Höhlenboden bis 4,8 m und dann etwas über der Mitte bei 1,5—2 m. Die Zahl der Exemplare, von welchen wir Reste besitzen, beträgt bis jetzt, approximativ berechnet, deren 200. Es ist ziemlich sicher, dass dieselbe auf 1000 ansteigt, wenn wir das sämtliche Höhlenareal durchgearbeitet haben werden.

Tafel I gibt das Bild des von den fünf am besten erhaltenen Schädel des Höhlenbären (Gesamtlänge = *53 cm*, Höhe = *28 cm*, Breite, bei der stärksten Ausladung der Jochbogen gemessen = *30 cm*). Durch die Schädelfunde ist die Identität des Wildkirchlibären mit Ursus spelæus wohl am besten erwiesen. Von dem beträchtlichen, bis jetzt zutage geförderten Belegmaterial für Ursus spelæus aus der Wildkirchlihöhle

haben sich die Besucher der Jahresversammlung der schweizerischen Naturforscher in St. Gallen (29. Juli bis 1. August 1906) überzeugen können. Es war dies ein kleinerer Teil der gesamten Funde. Ich verzichte darauf, hier ein Verzeichnis derselben aufzustellen.

Von ganz besonderer Bedeutung und in tiergeographischer Hinsicht entschieden ein Unikum ist nun das Auftreten von drei weiteren Raubtieren:

2. *Felis leo var. spelæa* (Höhlenlöwe), mehrere Zähne (Eckzahn und Molaren) und Kieferstücke. Tiefe im Profil 2,20—3 m.

3. *Felis pardus var. spelæa* (Höhlenpanther), Eckzähne, Molaren, Kieferstücke, Extremitätenknochen. Tiefe 1,5—3,6 m.

Beide Tiere sind in der Wildkirchliköhle vergesellschaftet mit Ursus spelæus. Ihr Auftreten hier oben ist aber als ganz spärlich zu bezeichnen. Meines Wissens existieren in Europa keine Fundorte dieser beiden Katzen, welche mehr als 700 m Höhe erreichen [1]).

4. *Cuon alpinus fossilis* (Alpenwolf), Eckzähne, Molaren und andere Skelettteile, ebenfalls in Tiefen von 1,50—3 m (mit Ursus spelæus zusammen!). Der mit seinen Verwandten, den Hyänenhunden, heute noch zwischen Jenissey und Amur vorkommende Alpenwolf ist als grösste Seltenheit nur aus zwei europäischen Höhlen bekannt geworden, nämlich in der Sipkahöhle [2]) und im Heppenloch bei Gutenberg am Nordabhang

---

[1]) *Marcellin Boule*: Les grands chats des cavernes. Annales de Paléontologie t. I. 1906.

[2]) *Hugue Obermaier:* La station paléolithique de Krapina, II, comparaison, in L'Anthropologie, T. XVI, 1 (1905) und laut gütiger schriftlicher Mitteilung dieses Autors.

des schwäbischen Jura.[3]) Taubach, Krapina, Baumannshöhle besitzen Cuon alpinus nicht.

5. *Canis lupus* (Wolf). Profiltiefe 1,50—3,20 m. Eckzähne, Molaren, Kieferstücke.

6. *Meles taxus* (Dachs). Profiltiefe 0,5—1,6 m.

7. *Mustela martes* (Edelmarder). Profiltiefe 0,5 bis 2,7 m. (Kieferstücke mit Zähnen.)

8. *Capra ibex* (Steinbock). Profiltiefe 1,40—2,70 m.

9. *Capella rupicapra* (Gemse). Profiltiefe 1,0—3,0 m.

10. *Cervus elaphus* (Edelhirsch). Profiltiefe 0,4 m.

11. *Arctomys marmotta* (Murmeltier). Profiltiefe 2,7 m.

12. *Lutra vulgaris* (Fischotter) [?] Profiltiefe. Ein einziger Eckzahn. Wenn sich die Bestimmung des letztern bewährt, so wäre das Vorkommen dieses Tieres in der Wildkirchlihöhle nur denkbar dadurch, dass der Mensch das tote Tier heraufgeschleppt hat. Oder ist es einem andern Raubtier zum Opfer gefallen?

13. *Pyrrhocorax alpinus* (Alpendohle). Profiltiefe bis 1,40 m.

Bis zur Stunde liessen sich keine Reste nachweisen von *Felis lynx* (Luchs), *Felis catus* (Wildkatze), *Canis vulpes* (Fuchs), *Lepus variabilis* (Schneehase), *Cervus capreolus* (Reh), ebenso fanden sich bis jetzt *nicht* vor die rezenten Tierspezies: Tetrao urogallus (Auerhahn), Tetrao tetrix (Birkhuhn), Lagopus alpinus (Schneehuhn), Caccabis saxatilis (Steinhuhn), Aquila fulva und Gypaëtos barbatus. Ganz eigentümlich berührt das Fehlen von Ursus arctos (gemeiner Bär), der doch im Appen-

---

[3]) *A. Hedinger*: Die Höhlenfunde aus dem Heppenloch. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. 47. Jahrgang, 1891, pag. 1—14.

E. Fraas: Die Höhlen der schwäbischen Alb. Schriften des schwäbischen Höhlenvereins. Nr. 4, pag. 30. Tübingen 1904.

zellerlande gelebt hat (der letzte wurde 1673 bei Urnäsch geschossen; der Kopf desselben war über einer Haustüre lange Zeit befestigt und der Schädel endlich in neuerer Zeit in einen naheliegenden Bach geworfen, wo er verloren ging [!]).

Aus der Höhle auf *Alpeel* (*1800 m*) im Säntisgebirge, welche wir bereits einer nähern Untersuchung unterzogen haben, sind schon seit langem reichliche Funde von *Ursus arctos fossilis* bekannt.

Hat in der Wildkirchlihöhle *Ursus spelæus* seinem wohl noch zeitgenössischen Vetter Ursus arctos den Eintritt verwehrt, oder hat der Mensch, als er nicht mehr Bärenjäger gewesen, jenem das Revier strittig gemacht? — Wenn auch das Vorkommen von *Ursus spelæus* auf Ebenalp (1644 m) mit Bezug auf die vertikale Verbreitung ebenfalls ein Unikum ist (die höchste Station, wo er gefunden wurde, liegt meines Wissens nicht höher als 800 m), so muss es uns entschieden nicht wundern, wenn derselbe unter Umständen bis 1800 m, d. h. bis zur obern Waldgrenze hinaufreicht. Künftige Nachforschungen speziell in den Alpenhöhlen werden über diese Fragen Aufschluss geben. *Überhaupt wird uns das exakte Studium einer Anzahl Höhlen des Appenzellerlandes, welches wir im Arbeitsprogramm der nächsten Jahre definitiv vorgesehen haben, in erster Linie für die Kenntnis der* alpinen Höhlenfaunen *wichtige Vergleichspunkte liefern, die um so erwünschter sind, als bis jetzt noch gar keine hinreichenden Angaben darüber in der Forschung vorhanden sind.* — Damit wird auch die Interpretation der *Wildkirchlifauna* eine um so sicherere Grundlage gewinnen.

Eine kleinere Anzahl Knochenreste von *Arvicoliden* in der Wildkirchlihöhle harrt noch der genaueren Be-

stimmung. Trotz spezieller Aufmerksamkeit auf Funde von kleinen Nagern, die in neueren Untersuchungen so wichtig geworden, konnten wir aus den tiefern Schichten der ältern Fauna gar kein Material ausfindig machen.

Ohne Zweifel wird sich mit dem Fortgang der Grabungen in der Wildkirchlihöhle die Faunaliste, die jetzt 12 gut bestimmte Arten aufweist, noch vergrössern. *Taubach* im Tieflande (ca. 300 m Meereshöhe) zählt mit den isolierten und zwei unsicheren Arten 18 Tierspezies [1]) (Ursus spelæus fehlt dort), *Krapina* (203 m) ebenfalls 18 Arten [2]), *Sipkahöhle* [3]) 19 Arten.

Der Vergleich mit den genannten Stationen, welcher um der prähistorischen Funde im Wildkirchli willen hier angebracht ist, führt zur Bemerkung, dass im Wildkirchli ausser dem bis heute vollständigen Fehlen von *Hyœna spelœa* vor allem auffällt, dass die charakteristischen Tiere der ältern Höhlenablagerungen aus dem Tieflande gänzlich mangeln, nämlich *Rhinoceros Merckii* oder *Rh. tichorhinus*, *Elephas antiquus* oder *E. primigenius*, *Bos primigenius* oder *B. taurus*, *Sus scrofa*, *Equus caballus*, *Rangifer tarandus*, welche Tiere für die Altersbestimmung von prähistorischen Stationen eine bestimmte Bedeutung erlangt haben. Es ist die Frage aufzuwerfen, ob die eint oder andern dieser Tierspezies, falls sie im tiefer gelegenen Gebiete des Appenzellerlandes gleichzeitig mit Ursus spelæus gelebt, die Höhe von 1600 m überhaupt je erstiegen haben mögen.

Eine Tatsache muss bei der Besprechung der Wild-

---

[1]) *Hugue Obermaier.* La station paléolithique de Krapina. L'anthropologie. T. XVI, 1. pag. 24 (Tableau comparatif de la Faune des stations du Paléolithique inférieur de l'Europe centrale).

[2]) Ebenda, pag. 16.

[3]) Ebenda, pag. 24.

kirchlifauna besonders hervorgehoben werden: *Das enorme Dominieren von Ursus spelæus* über alle andern in der Höhle vorhandenen Tierspezies und die *ganz bedeutende Zahl der Reste* dieses grossen Räubers ist ein evidenter Beweis für eine *Blütezeit des Höhlenbären im Wildkirchli* und zwar durch lange Perioden hindurch. Wir haben gesehen, dass er namentlich in den unteren und mittleren Profilteilen seine stärkste Verbreitung hat. Man wäre fast versucht, hier wie in so manchen Höhlen Württembergs (Hohlenstein 98 %, Charlottenhöhle 99 %, Hohlenfels b. Schelkingen, Sibyllenhöhle an der Teck, 95 %) [1]) oder in *Krapina* [2]) und Sloup in Mähren u. a. O., besonders auch in Belgien und Frankreich, die von *Eduard Lartet* [3]) für die erste Quartärzeit postulierte *Epoque de l'ours des cavernes* vor sich zu sehen. In den obersten Profilteilen nimmt Ursus spelæus im Wildkirchli allmählich ab an Häufigkeit, doch ist er, *was mir sehr wichtig erscheint*, durch das ganze Profil (mit Ausnahme der zirka 1 m mächtigen obersten Schuttdecke in der obern grossen Höhle) *ohne Unterbruch* vertreten. Es gibt kein einziges Niveau, in dem er total fehlt.

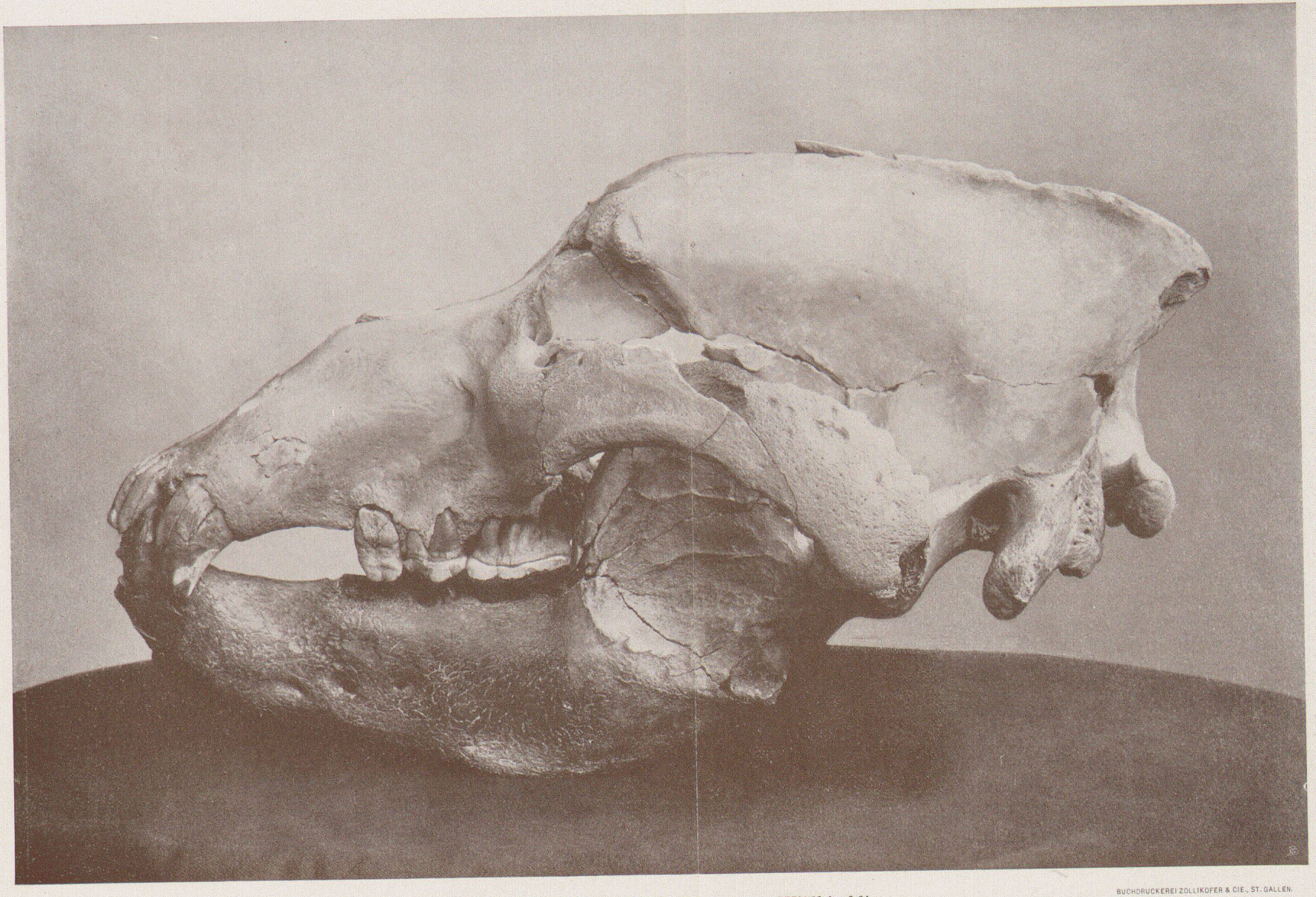
Der grösste Teil des bis jetzt von der Wildkirchlihöhle eruierten Tierinventars weist im ganzen auf

---

[1]) *Eberhard Fraas*: Die Höhlen der schwäb. Alb. 1901, pag. 24, ferner die Speziallitteratur in: *E. Fraas*: Die Sibyllenhöhle auf der Teck bei Kirchheim. Mitteilungen aus dem kgl. Naturalienkabinett zu Stuttgart. Nr. 10 in Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Jahrgang 1899, pag. 82.

[2]) *K. Gorjanović-Kramberger*. Der paläolithische Mensch und seine Zeitgenossen aus dem Diluvium von Krapina. 1901, und *Hœrnes*, der diluviale Mensch in Europa, pag. 105.

[3]) *Mortillet*, Le préhistorique, II. Auflage, 1885, pag. 208. *Salomon Reinach*, Antiquités nationales, I., pag. 47, Paris 1889.



Tafel I. Schädel des Höhlenbären vom Wildkirchli.

Länge 53 cm, Höhe 28 cm, Breite 30 cm.

BUCHDRUCKEREI ZOLLIKOFER & CIE., ST. GALLEN.

eine alpine Waldfauna hin, welcher wahrscheinlich auch Ursus spelæus, als Bewohner bergiger Waldgebiete, zuzuweisen ist, da wir ihn sowohl zur „kalten“ als auch zur „wärmeren“ Fauna rechnen dürfen.

Überraschend ist aber das Auftreten von *Felis leo var. spelœa* und *Felis pardus var. spelœa,* welche, wie früher betont wurde, in Gemeinschaft mit Ursus spelæus und zwar konstant in *mittleren* Profilteilen vorkommen. Wie lässt es sich erklären, dass diese beiden anscheinend „warmen“ Tiere auf die Höhe des Wildkirchli bezw. der Ebenalp gelangen? Ich komme im letzten Teile meines Vortrages auf diese Tatsachen zurück. Was die *Altersfrage* der Wildkirchlifauna anbetrifft, so werde ich mich ebenfalls an jener Stelle darüber verbreiten.

Wer die Menge der Bärenreste aus der Wildkirchlihöhle und das im Vergleiche hiezu geradezu verschwindend kleine Material der übrigen Tierfunde kennt, kommt unwillkürlich zum Vergleiche mit den oben erwähnten württembergischen Bärenschlupfen, in denen sich fast ausschliesslich Bärenknochen vorfinden. Da der Höhlenbär im Wildkirchli sozusagen konstanter Bewohner gewesen, so lange der Mensch nicht anwesend war und jener seine Beute nicht nach der Höhle schleppte, sondern nach der Gewohnheit der Bären *vor* derselben auffrass, so lässt sich der Mangel reicherer Funde von anderen Tierarten wohl begreifen. Bekanntlich verhalten sich Hyänenhöhlen gerade entgegengesetzt, da die Hyäne ihren Frass zur Höhle schleppt [1]) und daher

[1]) *E. Fraas,* Die Höhlen der schwäb. Alb, pag. 27.

W. Boyd Dawkins, Die Höhlen und die Ureinwohner Europas. Höhlenjagd. Übersetzt von J. W. Sprengel. Leipzig und Heidelberg, 1876, pag. 91 und 249—252.

erstaunliche Mengen der *Reste gefressener Tiere dem Forscher in die Hände* fallen.

Die prähistorischen Funde.

Wenn man den sagenhaften Überlieferungen im Appenzellerlande von den „wilden Mannli", welche auch die Höhlen des Wildkirchli in allerfrühesten Zeiten bewohnt haben sollen, nicht mehr Bedeutung zumisst, als ihnen gebührt, so ist von einer prähistorischen Ansiedelung da droben bis jetzt nichts bekannt gewesen. In der „Reise eines Engelländers" [1]) wird zwar einer Tradition Erwähnung getan, wonach die Felsengrotte des Wildkirchli einst ein heidnischer Tempel gewesen sei, der später in eine christliche Kirche umgewandelt wurde. Keine Landeschronik und kein Appenzeller wissen heute etwas von diesem Berichte.

Die ausserordentlich günstige Lage der Wildkirchlihöhlen, welche sozusagen *allen* Anforderungen, die man an ein prähistorisches Refugium des Menschen stellt, Genüge leisten (Obdach, Schutz vor Überfällen durch wilde Tiere und Menschen, geeigneter Auslug- und Verteidigungspunkt, reichliches Jagdrevier, genügend Wasser) hat gleich von Anfang der systematischen Grabungen an in mir den Gedanken erweckt, dass unter Umständen prähistorische Funde zutage treten könnten. Ich getraute mir aber damals nicht, an eine ältere Stufe als jene des Kesslerloches und Schweizersbildes (Magdalénien) zu denken. Allmählich gestaltete sich die Annahme zur Tatsache durch die Beobachtung,

[1]) Reise eines Engelländers durch einen Teil von Schwaben und einige der unbekanntesten Gegenden der Schweiz. 1798.

dass die Tierknochen in den beiden vorderen Höhlen (Altar- und Wirtshaushöhle) in total anderer Weise auftreten als in der obern grossen Höhle (siehe den vorhergehenden Abschnitt über die tierischen Funde!). Volle Gewissheit erlangten wir aber erst durch die Funde von Artefakten unzweifelhafter Natur und zwar vorzüglich in den beiden genannten vorderen Höhlen, welche dem Lichte und der Wärme ausgesetzt sind. Nur ganz wenige Artefakte sind bis heute in der grossen, dunkleren Höhle zutage getreten; gerade diese letzteren sind nun aber mit Bezug auf die Frage der Koexistenz der Menschen mit dem Höhlenbären sehr wichtig.

Wenn nun auch die *Artefakte* bis zur Stunde die *einzige* unantastbare Hinterlassenschaft eines vorgeschichtlichen Bewohners der Wildkirchlihöhlen bilden, so genügt dieselbe schon heute zur Beleuchtung wichtiger prähistorischer Tatsachen.

Ein überaus günstiger Umstand, welcher das Auffinden der Artefakte überhaupt verursacht hat und heute nach erlangter Übung des Auges sehr erleichtert, besteht in der Qualität des *Gesteinsmateriales der Artefakte.* Letzteres ist samt und sonders *fremden* Ursprunges, d. h. in und in der nächsten Nähe der Höhle nicht anstehend. Diese besteht aus Schrattenkalk, wie früher geschildert, die Höhlenausfüllung, soweit sie Steinschuttmaterial ist, aus dem nämlichen Kreidegestein und wenig Gault.

Der grösste Teil der Wildkirchli-Artefakte besteht aus *Quarziten,* welche den Kreidestufen des Säntisgebirges gänzlich fehlen. Es sind folgende *Quarzvarietäten* hauptsächlich vertreten:

schwarze Quarzite, schwarze Hornsteine oder *Lydite,* Phtanite (Material der Probiersteine). In

den wenigsten Fällen sind sie reinschwarz, sondern meist von bräunlichen Streifen (oft parallel angeordnet) oder helleren Flecken durchzogen. (Beispiele: Tafel II und III, Fig. 3, 4, 8, 9, 10, Tafel IV, Fig. 3, 22.)

Jaspis, von dunkelroter Farbe, Tafel IV, Fig. 5, 6, 8, aber auch mit bräunlich-gelbem Kolorit, Tafel IV, Fig. 25.

Chalcedone von trüber, bläulicher Farbe, Tafel II und III, Fig. 13, Tafel IV, Fig. 11, 12, 13, 23.

Weisse Quarzite, milchweiss, teilweise mit eisenoxydhaltiger, rötlicher Oberfläche.

Eocäne Ölquarzite. Farben: dunkelgrünschwärzlich, dunkelgrün und alle Farbentöne in grün bis hellgrün, aber auch hellbräunlich, meist mit Fett- bezw. Ölglanz. Enthalten viele feinste Glimmerschüppchen. Die Mehrzahl der bis jetzt gefundenen Artefakte setzt sich aus solchen Ölquarziten zusammen (Beispiele: Tafel II und III, Fig. 1, hellbraun mit dunklen Streifen und Flecken, zum Teil grob-netzaderig; Fig. 2, dunkelgrün bis schwärzlich, mit helleren Partien, Tafel IV, Fig. 9, 10, 11, 21, 26, 27.)

Ausser den Artefakten liessen sich nun auch eine grössere Zahl *Nuclei* auffinden. Namentlich gut vertreten sind die eocänen Ölquarzite, rote Jaspis und bläuliche Chalcedone, weisse Quarzite, während von Lyditen bis jetzt noch keiner nachgewiesen werden konnte. Der grösste Nucleus hat die Dimensionen 7,5 : 5,6 : 5,3 cm, der kleinste 5,2 : 4,9 : 2,1 cm.

Eine nähere Untersuchung des Artefaktengesteinsmateriales weist sofort auf eine Identität mit den das Konglomerat der *Nagelfluh* zusammensetzenden, in der-

selben prozentual aber sehr gering vertretenen Quarzvarietäten (Lydite, Jaspis von verschiedener Farbe, bläuliche Chalcedone, weisse Quarzite) und Gesteine hin.[1]) Ebenso gehören die eocänen Ölquarzite der zwischen der tertiären Nagelfluhregion und dem Kreidegebiete des Säntis als schmaler Streifen hinziehenden, in der Fähnern aber breiter ausladenden Zone des *Eocäns* an (vergl. die geologischen Angaben von früher). — *Der grösste Teil des Gesteinsmateriales der Wildkirchliartefakte stammt also aus dem Tale des Weissbaches, nördlich des Ebenalpstockes, von woher es der Mensch zur zirka 300—400 m höher gelegenen Wildkirchlihöhle hinaufgetragen und zum Teil hier erst zu Werkzeugen geschlagen und geformt hat.*

Eine Anzahl Nuclei, namentlich den Nagelfluhgesteinen angehörend, besitzt typische Geröllnatur; sie sind entweder dem Flussbette des Weissbaches entnommen worden, da der Weissbach die Nagelfluh an den verschiedensten Stellen erodiert hat, oder aber sie entstammen direkt der anstehenden Nagelfluh. An eine Verschleppung der Artefakte in die Höhe hinauf durch Tiere, Gletscher, Wasser kann vernünftigerweise niemals gedacht werden. Auch die Artefakte des Wildkirchli sind auf *primärer* Grundlage gelegen.

Mit Rücksicht auf das Artefaktengesteinsmaterial muss ich noch darauf hinweisen, welche mit Scharfsinn durch den Menschen betriebene Selektion mit Bezug auf das Rohmaterial uns hier entgegentritt. Es *fehlen* nämlich unter den zu Werkzeugen verarbeiteten Gesteinssorten sämtliche Vertreter, die weicher sind als

[1]) Vergl. *J. J. Früh,* Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. Gekrönte Preisschrift. Denkschriften der schweiz. naturforschenden Gesellschaft, Band XXX, 1888.

Quarz und seine Varietäten, nämlich Sandsteine (auch silikatreiche), Kalksteine, Dolomite; es fehlen sozusagen gänzlich die Granite, Diorite, Gabbro, Porphyre, also die prozentual stärker als Quarzite vertretenen Komponenten der Nagelfluh.

Auch im Wildkirchli bestätigt sich die Regel, dass der Mensch bei der Gewinnung des Rohmateriales für die Herstellung seiner Artefakte das unter den gegebenen Umständen beste und für die Werkzeugindustrie geeignetste Material ausgesucht und alles übrige weniger passende bei Seite gelassen hat. —

Vergleicht man die Wildkirchli-Artefaktengesteine, die Quarzvarietäten, mit dem Feuerstein der Ostsee, jenem von Belgien, Nord- und Süd-Frankreich, so ergibt sich für die ersteren das relativ schlechte, weniger gut bearbeitbare Material. In diesem Sinne darf es uns nicht wundernehmen, wenn der Formenreichtum der Quarzwerkzeuge vom Wildkirchli ein ziemlich ausgedehnter ist und atypische Formen so häufig sind. — Versuche, welche ich während der beiden letzten Jahre mit Rohmaterial, das zum Teil im Weissbachtal gesammelt wurde, angestellt, beweisen das Gesagte zur Genüge. Selbst eine genaue Kenntnis des Bruchcharakters z. B. eines eocänen Ölquarzites, eines Jaspis oder Lydites, und die daraus resultierende Schlagweise schützt nicht vor dem Entstehen vieler „zufälliger" Formen, um so mehr, als sich in den genannten Gesteinsarten oft sogen. Absonderungsflächen befinden, welche den Bruch in ungewollter Weise dirigieren.

Unser besonderes Interesse beanspruchen nun aber eine Anzahl formguter Artefakte mit sorgfältiger Randschärfung und teilweise noch scharfen Rändern, deren Gestein durchaus *exotischen Ursprunges* ist, d. h. weder

in dem dem Wildkirchli nahegelegenen Tertiärgebiet des Eocäns noch in der Nagelfluh als anstehend bekannt ist. Herr Prof. *Dr. J. Früh* in Zürich, wohl der beste Kenner des Nagelfluhgesteins, welcher die betreffenden Artefakte besichtigt hat, erinnert sich nicht, je einen solchen Gesteinsvertreter in der Nagelfluh beobachtet zu haben. Es sind *echte Silex,* von grünlicher Farbe, kantendurchscheinend, [1]) siehe als Beispiel Tafel II und III, Fig. 5. Es ist noch nicht sicher, wo solches Material anstehend vorhanden; nach der Ansicht verschiedener Forscher möchte dasselbe auf die Westalpen hindeuten lassen. Nuclei hievon fehlen. Sehr wahrscheinlich handelt es sich um eingetauschtes, durch Handel bezogenes Material. Ziemlich unwahrscheinlich ist die Annahme, dass der Mensch, als er zum erstenmal hieher kam, solche Silex mit sich genommen, und nachdem ihm das Material zur Herstellung derselben ausgegangen, zum schlechtern Quarzmaterial der Weissbachgegend Zuflucht genommen. Mehrere fremde Silex wurden nämlich in den mittleren Profilteilen gefunden, gemischt mit gemeinen Quarzartefakten. Sowohl die unterhalb als auch die höher gelegenen Horizonte enthielten Weissbachtalgesteine. —

Möglicherweise lassen sich nach näherer Bestimmung des Herkunftsortes der grünlichen Feuersteinartefakte an Hand derselben die Fäden ziehen zur Verbindung mit andern prähistorischen Stätten und vielleicht die Lösung der Frage von der Herkunft des Wildkirchlijägers ermöglichen, die ja gerade vom wissenschaft-

[1]) Für die genaue petrographische und mineralogische Charakterisierung des Materiales der Wildkirchliartefakte werden s. Z. von sämtlichen Gesteinsarten chemische Untersuchungen angestellt und Dünnschliffe gemacht.

lichen Standpunkte aus ein bedeutendes Interesse beansprucht. Mehr denn je macht sich heutzutage in der Prähistorie das Bestreben geltend, nicht nur die genauen Existenz-Tatsachen des vorgeschichtlichen Menschen an vielen Orten, sondern vor allem das Woher und Wohin derselben kennen zu lernen. Zur endgültigen Lösung dieser Fragen bedürfen wir aber eines viel reicher mit prähistorischen Stationen punktierten Netzes; es bedarf eines noch viel grösseren, kritisch gesichteten Fundmateriales. Ausserdem ist die Vergleichung der Gesteine nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften noch nicht genügend durchgeführt; wir entbehren leider noch einer gründlichen Untersuchung namentlich jener Gesteinsarten, welche für die Erstellung menschlicher Werkzeuge in ältesten Zeiten zur Benützung gelangten; es mangeln namentlich genaue und ausreichende Angaben über die Lokalitäten des anstehenden Gesteins, über die Gleichheit oder Veränderlichkeit eines und desselben Gesteins von gleichen oder verschiedenen Orten etc. etc.

Während das Erscheinen einer Menge von unförmlichen oder atypischen Artefakten im Wildkirchli anfänglich die Meinung aufkommen liess, es handle sich um die durch *Mortillet*, *Boucher de Perthes* und besonders durch *A. Rutot* in Brüssel bekannt gewordenen und seither auch in Deutschland [1]) aufgefundenen *Eolithen*, welche heute noch ein scharfes Streitobjekt in der Prähistorie bilden, zeigte es sich in der Folge,

[1]) Fundorte von Eolithen in Deutschland: Kochstadt-Mosigkau, Chörau bei Dessau, Bière bei Magdeburg, Neuhaldensleben, Salzwedel, Britz, Rixdorf, Rüdersdorf, Eberswalde, Freyenstein. Siehe *Wiegers*, Entstehung der norddeutschen Eolithe, in Zeitschrift für Ethnologie. Jahrgang 1906, Heft 3, pag. 401.

als das Artefaktenmaterial reicher wurde, dass im Wildkirchli eine mehr oder weniger typische *altpaläolithische* Werkzeugindustriestufe von durchwegs gleicher Art vorliegt. Es versteht sich von selbst, dass einzelne wenige Artefakte aus einer Fundstätte nie ein richtiges, sondern unter Umständen ein irriges Bild zur Beurteilung einer Werkzeugstufe geben können. Ausschlaggebend ist nur ein möglichst umfangreiches Material. Es darf zum vorneherein hier auch unsere Tendenz Erwähnung finden, *sämtliche* bei den Grabungen auftretenden Funde, selbst die kleinsten Absplisse und kleinste Splitter von Quarzmaterial und nicht nur die typischen Artefakte zu sammeln. Nach meinen Erfahrungen und nach dem, was ich in prähistorischen Museen beobachtet, scheint man mancherorts bei Exploitationen von prähistorischen Stätten nur Wert auf möglichst schöne und charakteristische Artefakte gelegt zu haben. Das „schlechte" Belegmaterial wurde einfach ignoriert. Zu einem Gesamturteil muss aber auch das letztere herbeigezogen werden. —

Schon anlässlich eines Besuches der Herren *Dr. J. Heierli* in Zürich und *Dr. Hugo Obermaier* aus Regensburg (jetzt Privatdozent für Urgeschichte an der Universität in Wien) im Wildkirchli (28. Dezember 1905) sprach sich letzterer, ein tüchtiger Kenner der altpaläolithischen Kulturstufen Frankreichs und der Länder östlich von Frankreich, dahin aus, dass die Wildkirchliartefakte durchaus identisch seien mit dem klassischen *Moustérien* Frankreichs. Im Verlaufe einer kleineren Studienreise nach Brüssel (Juni 1906), wo mich mein verehrter Kollege, Herr *A. Rutot*, Conservateur au musée royal d'histoire naturelle, in liebenswürdigster Weise in sein Eolithenproblem einweihte, hatte ich Gelegen-

heit, mich davon zu überzeugen, dass die Wildkirchliartefakte mit den Eolithen im Sinne Rutots nichts zu tun haben; Rutot selbst ordnete die ersteren (ich hatte zirka 70 Wildkirchliwerkzeuge mitgenommen) in sein belgisches *Montaiglien* ein. In *Paris*, wohin ich mich von Brüssel weg begab, konnte ich Vergleiche mit den Sammlungen im Muséum d'histoire naturelle, sowie mit jenen des grossen prähistorischen Museums in *Saint Germain-en Laye* vornehmen; eine weitere Reise nach Süd-Frankreich, deren überaus günstigen Verlauf ich der grossen Zuvorkommenheit von Herrn Prof. *Marcellin Boule* und Herrn *Abbé Breuil* verdanke, welche Herren als Leiter einer grössern wissenschaftlichen Exkursion mich zu dieser in liebenswürdigster Weise einluden, gab mir Gelegenheit, die klassischen prähistorischen Stätten der Dordogne bezw. des Vallée de la Vézère (Les Eyzies, Laugerie haute, Laugerie basse, La Micoque, Le Moustier [daselbst Grabung unter Leitung von Prof. Boule und Abbé Breuil], Grotte de Combarelles, Grotte de Font de Gaume) kennen zu lernen. Natürlich wurde der Besuch des musterhaft arrangierten prähistorischen Museums in Perigueux nicht versäumt.

Das gesamte *Material der Steinwerkzeugindustrie*[1]) des Wildkirchlimenschen zerfällt nach genauer Sichtung in folgende Kategorien:

1. *typische*, in verschiedenen beabsichtigten Formen, Umrissen und Grössen auftretende, bearbeitete und zu verschiedenen Zwecken *gebrauchte Werkzeuge;*

[1]) Bezüglich der Nomenklatur für die Werkzeugindustrie halte ich mich an das mir von Herrn *Prof. Dr. Schweinfurth* in Berlin als Probedruck gütigst übermachte deutsch-französische Wörterverzeichnis der die Steinzeit betreffenden Litteratur. (April 1906). Absichtlich werden vielerorts im Texte auch die französischen Ausdrücke gebraucht.

2. *atypische*, „formlose“ Werkzeuge, jedoch mit allen Merkmalen des Zuschlages, der Randretouchierung und des Gebrauches;
3. *rohe Abschlagstücke,* teils ungeformt, teils schon in der Form der zur Benützung gelangenden Instrumente, doch nicht zur Arbeit verwendet;
4. *Absplisse*, Absprengstücke (éclats de débitage) und Splitter (esquilles), wohl von der Randbearbeitung herstammend;
5. *Kernstücke* (Nuclei);
6. *Schlagsteine* (percuteurs) von verschiedenen Formen; davon ein Stück von handrechter Form, welche zum Teil wohl schon durch die Natur gegeben war;
7. *Ambosse* (enclumes).

Von den *typischen* Formen sind besonders vertreten:

a) *das Dreieck* (*die Spitze, Handspitze, pointe à main*). Vergl. Tafel II und III, Fig. 1—10 und Tafel IV, Fig. 22 – 25. Es sind dies zugleich die schönsten unserer Funde.
b) der *rectanguläre Typus* (*Eclat Levallois).* Vergl. Tafel IV, Fig. 4, 11—13.
c) die *discoïde Form.*

Einige wenige *atypische* Formen sind auf Tafel II und III, Fig. 11 – 13, Tafel IV, Fig. 1, 2, 8 wiedergegeben.

Das charakteristische Merkmal *aller* Wildkirchli-Artefakte, selbst der atypischen, ist neben der *flachen* Gestalt die intakte, unbearbeitete Rückseite von meist konvex gewölbter Oberfläche. Sie stellt das Produkt des kurzen, heftigen Schlages auf den Nucleus dar, welcher zur Erzeugung eines Abschlagstückes ausgeführt wurde. Dem Bruchcharakter z. B. der eocänen Ölquarzite entsprechend finden wir namentlich bei den Artefakten aus diesem Material den *Schlagbulbus* (con-

choïde de percussion), vergl. Tafel III [Rückseite der Artefakte von Tafel II], Fig. 1, 2, 5, 6, 7. Derselbe ist auch zum Teil bei den Lyditen vorhanden (Tafel III, Fig. 3, 4, 8, 9 und 10). Ausgeprägte Schlagbuckel besitzen ferner die Artefakte auf Tafel IV, Fig. 22, 25, 26 (dort nur die Vorderseite illustriert). Fast überall tritt uns auch die *Schlagnarbe* (Esquillement de percussion) entgegen. Die *Schlagfläche* (plan de frappe) bildet in den meisten Fällen, namentlich auch bei der Dreieckform die dicke Basis des Werkzeuges, welche bei der Weiterbearbeitung desselben meist intakt gelassen, in gewissen Fällen aber im Sinne der Akkommodation noch retouchiert wurde. Gegen die Spitze hin nimmt der Dreieckartefakt an Dicke ab. Die Spitze selbst ist in manchen Fällen deutlich ausgeprägt, d. h. mit Absicht erstellt (vgl. Tafel IV, Fig. 22, 25, 26). Bei einem Vergleiche mit den schönen Spitzen von Le Moustier (pointes moustériennes) fällt allerdings auf, *dass neben der relativ geringen Höhendimension des Artefaktes die Spitzen der Wildkirchli-Werkzeuge immer nur ganz kurz ausgezogen* und in selteneren Fällen noch scharf sind.

Versuche, welche ich an Quarzmaterial vom Weissbach, namentlich mit eocänen Ölquarziten angestellt, haben dargetan, dass zwar die Erstellung einer kürzern Spitze wenig Mühe bereitet, jene einer längern dagegen mehr Schwierigkeiten begegnet. In allen Fällen ist die Dauerhaftigkeit der Spitze bei Gebrauch niemals jene der Spitzen aus französischem oder nordischem Material.

Wie sehr der Charakter des Steins bei der feinern Zubearbeitung gerade der Spitzen ausschlaggebend ist, lässt sich übrigens auch bei den Wildkirchli-Artefakten aus echtem, fremdem Feuerstein, Tafel II und III, Fig. 5, mit schärferer Spitze demonstrieren.

Im Gegensatze zur nicht bearbeiteten Hinterseite der Wildkirchliartefakte weist nun die *Vorderseite* (vergl. Tafel II und IV) alle Merkmale des beabsichtigten Zuschlages zur Gewinnung der seitlichen Schneidekanten, entweder nur einer derselben oder beider, wie namentlich bei den Spitzenformen, auf. Dabei ist es sehr charakteristisch, wie sich durchwegs das Bestreben des Werkzeugerstellers bezeugt, mit *möglichst wenigen* aber gut geführten Schlägen *direkt die Aussenkante* zu gewinnen. So z. B. mit 2 – 3 Schlägen: Tafel II, Fig. 2, 3, 6 und 8, Tafel IV, Fig. 26, besonders aber Fig. 27, woselbst eine einzige Mittelkante vorhanden ist, die in ihrem untern Teile weggeschlagen wurde, um das Instrument handpassend zu gestalten, oder mit mehr Schlägen, vielleicht vieren: Abschlag der Mittelkante, woraus eine grössere Mittelfläche und zwei seitliche, dem Rande nahe gelegene Kanten resultieren (vergl. Tafel II, Fig. 1, 7, 9 und Tafel IV, Fig. 22.

Ein weiteres ganz charakteristisches Merkmal unserer Artefakte besteht also *im Mangel der feinern Randbehauung*, d. h. der Gewinnung einer scharfen Arbeitskante durch den allmählichen Abschlag (oder Abdrücken?) feiner Splitter gegen den Rand hin. Doch finden wir diese feinere Randschärfung an einem der fremden Silex vom Levallois-Typus und zwar längs des rechten Vorderrandes in musterhafter Ausführung, sowie bei dem Jaspis-Artefakten, Tafel IV, Fig. 6, am linken und rechten obern Rande gegen die Spitze hin. Sowie also die durchschnittlich *geringe Grösse* der Wildkirchli-Artefakte entschieden die direkte Folge des Mangels an grössern Stücken von Rohmaterial, namentlich aus der Nagelfluh (z. B. Jaspis und Hornsteine) ist, während das Rohmaterial z. B. aus dem Eocän, der

Ölquarzit, grössere Nuclei lieferte, so ist das Fehlen der feinern Randbehauung *sicher auf die Natur des zur Bearbeitung gelangten Materiales zurückzuführen.* Ich verweise abermals auf meine praktischen Versuche [1]) mit identischem Quarzmaterial. Sie haben mich vollständig davon überzeugt, dass namentlich die feinere Randzuschärfung mittelst Schlag oder Druck von gleichartigem und anderem Gestein (z. B. französischem Feuerstein und solchem von Rügen) in verschiedenen Beziehungen recht schwierig ist, weil beinahe jedesmal ein unregelmässiges Ausbrechen des Gesteins stattfindet. — Wie ausschlaggebend das Gesteinsmaterial für die Erstellung besserer oder schlechterer Artefakte sein kann, das zeigen uns die Artefaktenkollektionen im prähistorischen Museum von Saint Germain-en Laye bei Paris, nämlich jene Acheuléen-Typen von Bois du Rocher, St. Hélen (Côtes du Nord), La Gauterie, von Sossaye und Benarne (Dép. des Landes), die aus gemeinen Quarziten (nicht Feuerstein) bestehen und welche einen äusserst groben Zuschlag besitzen.

Was nun die eigentliche *Randschartung*, die Retouchierung am äussersten Kantenteile anbelangt, so ist eine solche auch bei unserem Material vorhanden. Doch sind — und dies ist wiederum ein Hauptmerkmal der Wildkirchli-Artefakte — *die meisten Randretouchen*, sofern sie nicht der Akkommodation dienten, entschieden *Gebrauchsretouchen (retouches d'utilisation)*, also entstanden durch die Arbeit. Gerade dieser Um-

[1]) Da ich der Meinung bin, dass zu einer Kritik einer Steinindustrie unbedingt technische Prozeduren an gleichem Gesteinsmaterial notwendig sind, habe ich seit zwei Jahren Versuche angestellt (Schlag und Druck mit Stein und Knochen), über deren Resultate ich in meiner Hauptarbeit referieren werde.

stand hat nebst dem Fehlen des Randzuschlages den Wildkirchli-Artefakten das Prädikat einer plumpen und rohen Steinindustrie (grossier) eingetragen. Die Randkerben weisen oft eine ganz grobe Ausbildung auf; in vielen Fällen ist der Rand total abgebraucht, keineswegs im Sinne der Akkommodation abgeschlagen. Diese gänzliche Abnützung ist uns aber zum Teil durchaus verständlich, im Hinblick auf das spärliche Vorhandensein des Rohmaterials, welches den Menschen zu grösster Sparsamkeit gezwungen hat. Ob eine spätere Nachschärfung abgenutzter Artefakten durch den Ersteller der Werkzeuge stattgefunden habe, das müssen wir vorderhand undiskutiert lassen; *dagegen halte ich es für gänzlich ausgeschlossen, dass die Artefakte, welche frühere Bewohner des Wildkirchli da droben liegen gelassen haben mochten, von den Nachzüglern später wiederbenützt* bezw. vielleicht auch neugestaltet wurden.

Namentlich bei den Dreieckformen (Spitzen) treffen wir nun sehr häufig die Benützung sowohl des linken als des rechten Randes derselben; die Basis ist Akkommodationsfläche für den Zeigefinger oder für den Handballen. Öfters tritt auch die Spitze als Akkommodationsfläche auf; sie ist in diesem Sinne stumpf zubehauen. In diesem Falle finden wir dann öfters die ursprüngliche oder scheinbare Basis zur Schneide zugeschärft.

Die Randkerben, entstammen sie nun direkt der durch Schlag oder Druck erzeugten Retouchierung oder seien sie als Gebrauchsretouchen anzusehen, befinden sich an einem und demselben Artefakten so angeordnet, dass sie

1. nur an *beiden* Rändern der Vorderseite vorhanden (Hauptfall!),
2. längs eines vordern und längs des entgegengesetzten

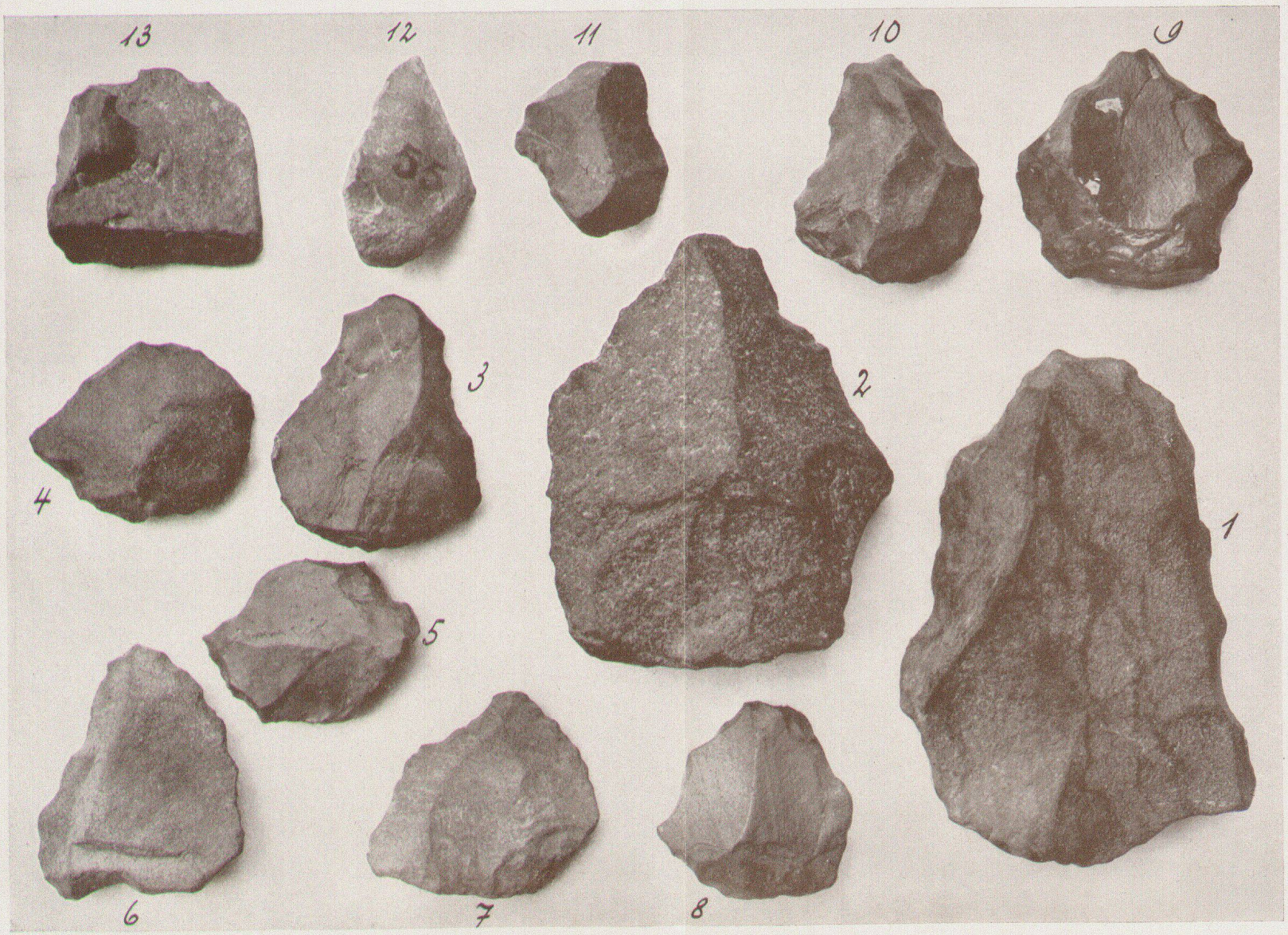
hintern Randes (dann sind gewöhnlich Basis *und* Spitze Akkommodationsflächen),

3. am obern Teil einer Seite nach vorn, am untern Teil der gleichen Seite nach hinten oder umgekehrt,
4. längs einer Kante beinahe regelrecht alternierend, eine Kerbe nach vorn, die andere nach hinten,
5. ganz unregelmässig auf einer, auf beiden Kanten, vorn oder hinten vorhanden sind.

Die gleichen Anordnungen sind bei den Dreieckformen und bei den rectangulären Typen zu verfolgen; *sie treten aber auch in der nämlichen Art und Weise bei den* atypischen *Formen auf.* Diese letzteren sind also in der Retouchierung bezw. auch im Gebrauche absolut *gleichartiger* Natur.

Dies ist ein unzweideutiger Hinweis auf die *Gleichzeitigkeit der Erstellung* der *atypischen* Formen mit den typischen Gestalten, d. h. jenen, die wir bis jetzt aus der altpaläolithischen Stufe des Moustérien kennen. Die atypischen Formen, welche oft eine verblüffende Regelmässigkeit der Anordnung der Retouchen besitzen, sind nichts anderes als die *zufälligen* Formen, der gleichen Hand des Werkmeisters entstammend, der die „gesetzlichen", herkömmlichen Formen geschaffen. Wir dürfen dies mit umso grösserer Sicherheit behaupten, *weil die atypischen Formen ohne Ausnahme stets im Vereine, gemischt mit typischen Werkzeugen, in den nämlichen Horizonten und Profilteilen gefunden werden können.*

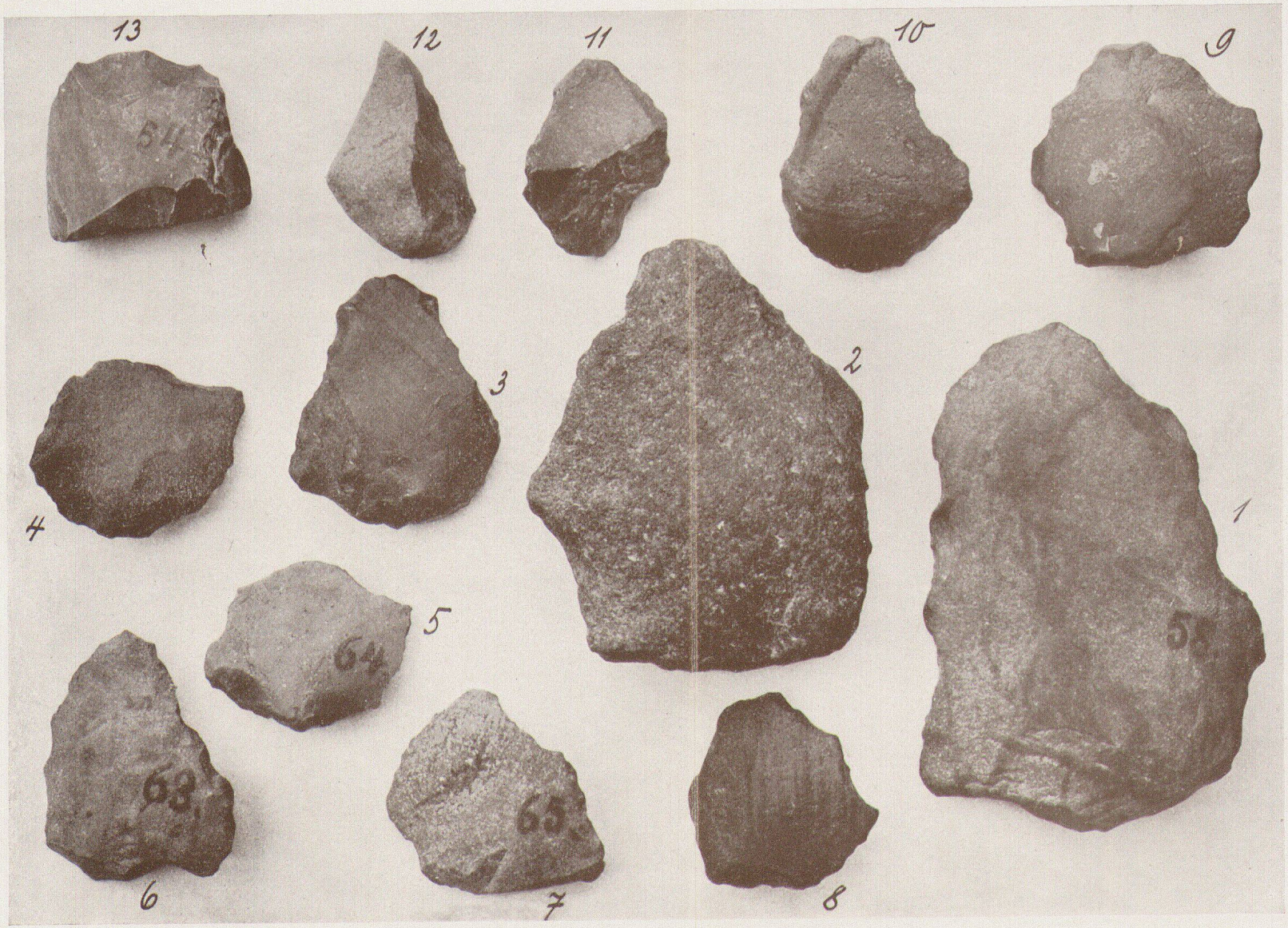
Die gesamte Kollektion atypischer Werkzeuge besitzt natürlich viele Anklänge im eolithischen Material des Reutélien, Mafflien und Mesvinien, welche Stufen sich, wie *Rutot* selbst sagt, in den Formen ja nicht unterscheiden lassen. Wir finden aber auch im atypischen Material von Taubach, das mir leider nur aus Abbil-



Tafel II. Steinwerkzeuge des Wildkirchlimenschen. Vorderansicht.

BUCHDRUCKEREI ZOLLIKOFER & CIE., ST. GALLEN.

Fig. 5, welche von links nach rechts um 90° gedreht werden sollte, stellt einen echten fremden Silex (Feuerstein) dar. Man beachte die scharfe Spitze.



Tafel III. Steinwerkzeuge des Wildkirchlimenschen. Hinteransicht.

BUCHDRUCKEREI ZOLLIKOFER & CIE., ST. GALLEN.



Tafel IV. Steinwerkzeuge des Wildkirchlimenschen.

BUCHDRUCKEREI ZOLLIKOFER & CIE., ST. GALLEN.

dungen bekannt ist, zum Teil die nämliche Formlosigkeit.

Mit Bezug auf die typischen Formen des Wildkirchli aber können wir bis zur Stunde keinen andern Vergleich konstruieren, als jenen mit der Le Moustier-Industrie. Ich kann nicht unterlassen, noch zu bemerken, dass die wenigen (7) paläolithischen Feuersteingeräte aus der neuen Baumannshöhle [1]) die grösste Ähnlichkeit aufweisen mit vielen der Wildkirchli-Werkzeuge, wenigstens mit Bezug auf Form und Grösse. (Die feinere Randbearbeitung kann ich nach den Abbildungen in Blasius selbst nicht beurteilen!)

Wenn man die Werkzeuge der Wildkirchlimenschen nach ihrem *Gebrauchszwecke* einreihen will, so wird man wie in andern Fällen daran erinnert, wie wenig man eigentlich über den Zweck und die Handhabung der Werkzeuge namentlich der altpaläolithischen Menschen weiss.

Viele unserer „Spitzen“ mögen als solche zu den verschiedensten Manipulationen, auch zum Bohren benützt worden sein. Das nämliche Instrument kann mit seinen Kanten schneidende und sägende Tätigkeit vollzogen haben; die meisten haben aber zweifelsohne so gut wie jene vom Levallois-Typus und von den atypischen Formen als *Schaber* (racloirs) und einige als *Kratzer* (grattoirs) gedient. Doch ist der letztere ganz schwach vertreten.

Die *Klopfer*, *Zuschläger* und *Ambosse* habe ich schon früher erwähnt. Sie zeichnen sich mit wenigen Ausnahmen durch ihre Formlosigkeit aus, wie dies nicht anders zu erwarten ist. —

---

[1]) *Wilh. Blasius,* Spuren paläolithischer Menschen in den Diluvialablagerungen der Rübeländer-Höhlen. Beiträge zur Anthropologie Braunschweigs. Festschrift, 1898, Taf. II u. III.

Die *Grösse*[1]) der eigentlichen Werkzeuge mit typischen Formen schwankt bedeutend. Der grösste Artefakt auf Tafel II und III, Fig. 1, hat die Dimensionen 8,13 (Höhe) : 6,15 (grösste Breite im untern Drittteil) : 1,63 cm (Dicke). Fig. 2 = 7,34 : 5,8 : 1,96 cm. Die mittleren Grössen, wie solche u. a. auf Tafel II, III und IV[1]) vorhanden, betragen ungefähr 3,5—4 : 2—2,5 : 0,6—0,9 cm; die kleinsten messen zirka 1,5 : 1,2 : 0,5 cm.

Wenn an manchen Wildkirchli-Artefakten sowohl die Randkanten als auch solche auf der Vorderfläche derselben unscharf und gerundet auftreten, darf man niemals auf eine Abrollung derselben etwa durch Wassertransport schliessen. Vielmehr sind diese Kanten einfach *abgenützt durch den Gebrauch,* doch mag auch eine Kantenabwitterung durch Zersetzung der Patina stattgefunden haben unter Mitwirkung der Kohlensäure des die Höhlenablagerung durchfliessenden Wassers. Experimentelle Versuche werden vielleicht auch über letzteren Punkt Aufschluss geben. Wichtig ist die Tatsache, dass kantenabgerundete Artefakte mit scharfkantigen gemeinschaftlich auftreten. Wenn die Nuclei oft gerundete Oberflächen besitzen, so entspricht dies der Natur z. B. der Nagelfluhgerölle, von denen ja ein Teil des Rohmateriales für die Artefakte herstammt.

Im allgemeinen sind die Artefakte aus unsern Profilen gewöhnlich von Erde eingehüllt, ebenso wie die Grosszahl der Tierknochen. Doch adhäriert die Erde an den Quarziten viel weniger stark als z. B. an den Schrattenkalkschuttstücken. — Artefakte aus den obern Profilteilen sind zumeist von einer gelblich-weissen Calcitsinterschicht überzogen, die oft wieder Spuren der

[1]) Die Abbildungen der Tafeln II, III und IV sind ganz wenig verkleinert.

Auslaugung aufweist. In tiefern Horizonten zeigen die Artefakte je nach dem Gesteinsmaterial eine dickere oder dünnere Patina, die natürlich auch den Funden aus den obern Niveaus nie gänzlich fehlt. Mehrere Stücke besitzen zweierlei Patina, eine ältere und eine jüngere. Der betreffende Artefakt muss in einer spätern Zeit Verletzungen, wohl durch Steinschlag, erlitten haben. Es sind ziel- und richtungslose Absprengungen, stammen also nicht vom Menschen her. Aus tiefsten Profilteilen stammen z. B. Nuclei von Ölquarziten, deren Oberfläche total verwittert, rauh und sandsteinweich geworden.

Von grösster Tragweite für die Gewinnung definitiver prähistorischer Daten aus den Wildkirchliforschungen sind nun vor allem die Tatsachen über die *Lagerung* und *Verbreitung der Artefakte* in den einzelnen Profilhorizonten. Wenn wir schon dem Knochenmaterial mit Bezug auf die genaue Bestimmung der Lage, Häufigkeit, Verbreitung besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben, so sind wir in der Horizontbestimmung der Artefakte mit beinahe noch grösserer Genauigkeit vorgegangen. Hängt von derartigen Erhebungen doch in erster Linie — angesichts *ungestörter Profile* — der Nachweis der Koëxistenz des Menschen mit gewissen Tierarten ab, mit denen er auch zusammengelebt, bezw. welche Arten er als Jagdtiere benützte.

Folgende Resultate stehen heute mit Bezug auf die Wildkirchli-Forschungen als gesichert da:

1. Der grösste Teil sämtlicher Artefakte befindet sich in jenen Höhlenteilen, welche dem Lichte und der Wärme zugekehrt sind, d. h. in der Altar-, Keller- und der Wirtshaushöhle. Letztere sind mehr oder weniger auch die trockensten Höhlenkomplexe. Ein verschwindend

kleiner Teil ist bis heute in der obern grössern, dunkleren Höhle aufgefunden worden.

2. In Normalprofilen beginnen die Artefakte bei zirka 50—70 cm Tiefe in den vorderen Höhlenteilen und sie reichen bis in eine Tiefe von über 3 m. Der tiefste Artefakt in der 5,50 m tiefen Altarhöhle liegt bei 3,35 m, in der obern, grossen Höhle auf 2,60 m. d. h. *direkt auf dem Höhlenfelsboden*, woselbst auch noch Knochen von Ursus spelæus vorhanden sind.

3. Die Artefakte treten also in allen jenen Horizonten auf, in denen namentlich der Höhlenbär Hauptregent gewesen und zugleich *in seiner Blütezeit* gestanden hat. Artefakte sind aber auch dort vorhanden, wo der Höhlenlöwe und der Höhlenpanther, sowie ein grosser Teil der früher genannten Fauna in ihren Resten liegen. In Anbetracht dieses Umstandes und der Beschaffenheit des Knochenmateriales darf mit voller Sicherheit darauf geschlossen werden, *dass in der Kulturstätte des Wildkirchli der Mensch als koëxistent mit Ursus spelæus* aufzufassen ist. Es gibt keinen einzigen vorurteilslosen Einwand gegen diese wichtige Tatsache. Die Ablagerungen sind durchaus ungestört; an eine Aufschüttung z. B. von mehr als 400 cbm Erde und Steinmaterial in der Altarhöhle zu geordneten und deutlich getrennten Ablagerungshorizonten durch den Menschen ist gar nicht zu denken. Das nämliche müsste dann auch der Fall sein in den andern viel grössern Höhlenteilen, deren allgemeine Profilbeschaffenheit die nämliche ist. — Bekanntlich wird von verschiedenen Autoren die Tatsache der Koëxistenz des Menschen mit Ursus spelæus bestritten, weil, wie es scheint, bei gewissen Untersuchungen nicht die nötige Sorgfalt in der Entscheidung dieser Frage obgewaltet habe und

eine Umwühlung des Bodens nicht ausgeschlossen sei.[1]) Eines *wichtigen Fundes* darf noch Erwähnung getan werden. Von den wenigen Artefakten aus der obern grossen Höhle befanden sich solche unter einem normal gelagerten mehr zusammenhängenden Skelette von Ursus spelæus; etwas über dem letztern abermals ein Artefakt, alles in der Tiefenlage, wo der Höhlenbär am stärksten auftritt.

4. Der grösste Teil des Knochenmaterials in den vordern Höhlen kommt von den Jagdtieren der Wildkirchlimenschen her. *Das Hauptjagdtier war Ursus spelæus.* Darüber können keine Zweifel herrschen. Ein grosser Teil der Höhlenbärenfunde in der obern grossen Höhle stammt aus der Zeit, wo der Höhlenbär diese Teilkaverne als Zufluchtsort benützte, *während der Mensch nicht anwesend war.* Eine Symbiose von Ursus spelæus mit dem Menschen, d. h. *ein gleichzeitiges Bewohnen der Höhle durch Beide* ist natürlich ausgeschlossen. Auf welche Weise der Mensch, wenn er anwesend war, des gewaltigen Raubtieres, das sein Revier auf Ebenalp, Gartenalp, Zisler etc., d. h. oberhalb der Höhlen gehabt, habhaft wurde, wissen wir nicht. Das Terrain war für natürliche Tierfallen wie geschaffen. Sicherlich haben die Artefakte nicht als Waffen gedient; es sind Werkzeuge.

5. Soweit bis heute die Profile durchgearbeitet sind, lässt sich sagen, dass die Artefakte nicht durch alle Niveaus gleichmässig verteilt sind; es gibt kleinere sterile Horizonte, wo sie gänzlich fehlen, andere, wo sie häufiger auftreten. Meiner grössern Publikation bleibt es vorbehalten, speziell über das Abnehmen, Zu-

[1]) *Hœrnes,* der diluviale Mensch in Europa, pag. 156.

nehmen, Ausbleiben von Artefakten in einzelnen Profiltiefen exakte Daten zu liefern, da diese Fragen ungemein wichtig sind.

6. Die Zahl der eigentlichen Werkzeuge (typische und atypische) beträgt bis heute über 400; eine relativ geringe Menge, wenn man den enormen Reichtum der Artefakte z. B. aus den südfranzösischen Höhlen aus eigener Anschauung kennt.

Es ist wohl möglich, dass das Wildkirchli im Verlaufe langer Perioden abwechselnd, d. h. mit längern Unterbruchszeiten von kleinern Horden von Jägern bewohnt gewesen ist. Man könnte an eine *Jägerstation* denken, welche der Mensch zeitweise vom Tale aus besucht hat, um dem Fange wilder Tiere obzuliegen.

Dann müssten sicherlich noch *Talstationen* des nämlichen Menschen auffindbar sein. Die grössere Zahl der Nuclei und der Absprengstücke ist aber ein Hinweis darauf, dass der Mensch auch für einen einmaligen Aufenthalt doch jeweils etwas längere Zeit droben sich aufgehalten und dort die Werkzeuge erstellt hat. Dass auch im Wildkirchli, als einem günstigen Jagdgebiete, ein zufälliges Auftauchen und Wiederverschwinden kleiner Jägergruppen, das sich nach dem jeweiligen Jagdtierreichtum richtete,[1]) vorliegt, ist nicht unwahrscheinlich.

---

[1]) *F. Ratzel,* Ber. sächs. Ges. d. Wiss. 1900, pag. 98 (in Hœrnes, a. a. O., pag. 25): „Es liegt in der Natur dieser Lebens- und Ernährungsweise, dass die einzelnen Gruppen nicht zahlreich sein konnten. Also kleine und weit zerstreute Horden, im besten Falle (Frankreich) grosser Reichtum der Reste in beschränkten Gebieten, der längeres Verweilen oder häufige Wiederkehr beweist. Mit der weiten Zerstreuung kontrastiert auf den ersten Blick in merkwürdiger Weise die Übereinstimmung der Funde auf einem weiten Gebiete. Die vielbestaunte

7. Wohl das frappanteste Resultat der Wildkirchliforschungen bildet wie z. B. in Krapina *das Auftreten einer einzigen Werkzeugindustriestufe,* nämlich jener, die mit dem Moustiertypus am ehesten übereinstimmt. Es ist also keinerlei Vermischung mit irgendwelchen Typen anderer Kulturstufen vorhanden. Mit Rücksicht auf die Profiltiefe dürfen wir wohl einen Schluss auf die Zeitdauer dieser Wildkirchli-Werkzeugstufe ziehen. Der Deckenabbruch und die Erdbildung in der Wildkirchlihöhle sind sicherlich das Produkt langer Zeiträume. In der obern grossen Höhle besitzt das oberste Schuttlager, welches gar keine ältern Funde aufweist, eine durchschnittliche Mächtigkeit von einem Meter.

Wenn wir nun der Frage näher treten, welche Hauptmomente für das Vorhandensein einer der ältesten paläolithischen Ansiedelungen im Wildkirchli sprechen, so sind es folgende:

1. Die *Werkzeugindustrie,* welche sich am ehesten mit den Formen der Kleinindustrie der Le Moustierstufe vergleichen lässt. Es *fehlen* jegliche Artefakten vom Typus des Chelléen und Acheuléen (Faustkeile), des Présolutréen, des Solutréen (Lorbeerblattspitzen, gekerbte Spitzen, die allerdings gar nicht die Bedeutung führender Typen besitzen, grattoir double, perçoir double etc.), der Magdalénien etc., sowie des Neolithicums und der Metallzeit. Die vorherrschenden Werkzeuge sind

Gleichförmigkeit der paläolithischen Kultur, d. h. richtiger der einzelnen paläolithischen Kulturstufen über einen grossen Teil von Europa in derselben geologischen Periode erklärt sich leicht aus der grossen Beweglichkeit des mit den Riesensäugetieren unbeschränkt wandernden Menschen der ältern Quartärzeit. Durch den oft erwähnten Reichtum französischer Fundschichten darf man sich nicht eine von vornherein unwahrscheinliche Sesshaftigkeit der quartären Jägerstämme vortäuschen lassen.

der Schaber (racloir) und die Dreieckform (Spitze, Handspitze, pointe à main).

2. Das Fehlen typischer und ganz unzweideutiger Bearbeitung von Knochen, keine Hirschhorn, Mammut-Elfenbein- oder Rentiergeweih-Bearbeitung beziehungsweise Schnitzerei in Knochen und Elfenbein und der Mangel an Werkzeugen aus den genannten Materialien.

3. Es fehlen jegliche Spuren von einem Vorhandensein der période glyptique, von Knochengravierungen, Höhlenwandgravierungen und -Malereien (gravures et peintures).

4. Die *Höhlenfauna* (s. Abschnitt: Tierische Funde), vor allem das ganz ausgesprochene Dominieren und die grosse Zahl der Individuen von Ursus spelæus, welcher, soweit unsere heutige Kenntnis der Höhlengebiete von Mitteleuropa reicht, als Charaktertier für die älteste Diluvialperiode angesehen werden muss [1]). Freilich ist der Höhlenbär auch noch in jung-paläolithischen Kulturstufen, selbst solchen, die der postglazialen Zeit angehören [2]), vertreten, doch ist er schon vom Solutréen an im allmäligen Verschwinden begriffen und fehlt im Neolithicum völlig. Die übrige im Wildkirchli mit Ursus spelæus vergesellschaftete Fauna steht ebenfalls nicht im Widerspruch mit den aus altpaläolithischen Kulturstätten bekannt gewordenen Tierarten. Man konsultiere z. B. die Faunenlisten von Krapina, Taubach, Sipka, Certova dira und Wiérzchow [3]), die

[1]) *Hoernes*, „Der diluviale Mensch in Europa", pag. 9.

[2]) *Hugue Obermaier*, Beiträge zur Kenntnis des Quartärs in den Pyrenäen. Archiv für Anthropologie (Neue Folge), Bd. IV, Heft 4, und Bd. V, Heft 3 und 4.

[3]) *Hugue Obermaier*, La station paléolithique de Krapina. L'anthropologie, T. XVI, 1905, pag. 24.

wir zum Teil mit noch grösserem Rechte zum Vergleiche herbeiziehen dürfen für unsere so hoch gelegene Kulturstation als die französischen und belgischen Tierinventare. Allerdings fehlen im Wildkirchli Hauptcharaktertiere, wie der eine oder andere Vertreter der diluvialen Pachydermenfauna, das Rentier, der Elch, das Pferd, deren Ausbleiben hier oben wir nur durch die Annahme erklären können, dass sie das Ebenalpterrain nicht okkupiert hatten.

Weil bei Punkt 2 der Mangel typischer, von Menschenhand bearbeiteter Knochen betont wurde, so dürfen wir doch der Analogie halber jener Funde im Wildkirchli nicht vergessen, wie sie aus den verschiedensten Bärenhöhlen bekannt sind und die man teilweise als Knochenartefakte betrachtet. Wir besitzen mehrere Unterkiefer von Ursus spelæus, mit abgeschlagenen Kieferästen; die betreffenden Knochen weisen eine eigentümliche Rundung bezw. Glättung an der Oberfläche auf, die man sich nur durch längern Gebrauch in Menschenhand erklären könnte. Es ist keine Rollungserscheinung, hervorgerufen durch Dislokation z. B. im Wasser. Sämtliche Stücke befanden sich in Gesellschaft von normalen Fundstücken. Eine Anzahl Hüftgelenkpfannen entbehren der beiden Fortsätze; die übrig gebliebenen, ebenfalls abgegriffen aussehenden Stummel haben ältern Bruch; es war unmöglich, diese Fortsätze ausfindig zu machen, da sie total fehlten am Fundorte. Ob die Kiefer als Schlagwaffe, die Hüftgelenkpfannen als Trinkgeschirre dienten, mag vorderhand dahingestellt bleiben. Ein noch grösseres Fundmaterial mag uns vielleicht einmal zur definitiven Lösung der Frage dienen. Mehrere andere Knochen, wie z. B. Fibula, sind am einen Ende schief abgebrochen,

dadurch zugespitzt und die Bruchfläche ebenfalls geglättet und scheinbar gerollt. — Bis heute ist aber noch kein durchbohrter Eckzahn von Ursus spelæus zum Vorschein gekommen.

Auffallenderweise sind bis heute noch keinerlei Spuren einer *Brandstätte* aufgetreten. Kleinere Stücke kohlenartiger Substanzen in einer Profiltiefe von über 1,5 m (Altarhöhle) berechtigen noch zu keinem definitiven Schluss. — Bekanntlich gibt es Moustérienstationen ohne Brandstätten.

Ein anderer Umstand bedarf besonderer Erwähnung. Unter dem gesamten enormen Material der mehr oder weniger stark zersplitterten Knochen aus allen Höhlenteilen, namentlich jenem der vorderen Cavernen, befindet sich *nicht ein einziger typischer Beleg dafür, dass dieselben und besonders die grossen Röhrenknochen durch Menschenhand mit Steinen aufgeschlagen worden wären,* zur Gewinnung des Markes. Es mangeln die bekannten Schlagspuren. Knochen mit Löchern sind vorhanden; allein es lässt sich nicht entscheiden, ob dieselben durch Steinschlag beim Abbrechen bezw. Niederfallen von Deckengesteinsteilen entstanden oder der menschlichen Intention zuzuschreiben sind. Genauere Prüfungen des Materials werden nicht ausbleiben. Der wirre Durcheinander unzusammenhängender, oft gänzlich zersplitterter Knochenteile kann aber unmöglich dem Steinschlag oder der Zertrümmerung und Verschleppung durch Tiere entsprungen sein. Ob der Mensch eine andere Methode des Aufschlagens der Knochen angewendet, z. B. jene des blossen Aufschlages auf Steine?

Reste von Skelettteilen des Menschen selbst haben wir noch keine aufgefunden. Die Möglichkeit des Vorhandenseins solcher ist in Anbetracht der Höhlensituation

und des grossen Umfanges der Lokalität gar nicht ausgeschlossen; die weitern Grabungen werden darüber Klarheit verschaffen, ob die Höhle auch das letzte Ruhelager von Menschen gewesen ist oder nicht. Dass wir es bei allfälligen Funden von Menschenknochen an einer möglichst genauen Untersuchung der Lage derselben und der Profilbeschaffenheit nicht mangeln lassen werden, braucht nicht speziell gesagt zu sein.

Von welch hoher Wichtigkeit der Fund einer einzigen Schädelkalotte im Wildkirchli wäre, erhellt aus der Annahme, dass wir es per Analogie zu schliessen unter Umständen mit dem *Homo primigenius* von *Neandertal* zwischen Düsseldorf und Elberfeld (1856), *Spy,* Belgien (1886), und *Krapina* [1]) zu tun hätten, also jenes ältesten Menschentypus mit dem flachen, dolichocephalen Schädel, den enorm entwickelten Superciliarbogen und der stark fliehenden Stirne. — Eine grössere Zahl kompletter Knochen- bezw. Skelettfunde des Menschen hier oben würde der Wissenschaft ein willkommenes Vergleichs- und Belegmaterial zu den so wichtigen Studien über die primitivste Menschenform verschaffen.

Die geologische Altersfrage der Wildkirchlistation.

Die Diskussion über das geologische Alter der paläolithischen Kulturstufen ist seit Mortillets Zeiten erst so recht zur vollen Würdigung gelangt. Sie befindet sich gegenwärtig im vollsten Flusse, je mehr das grosse Problem der Glazial- und Interglazialzeiten durch die neuen Tatsachen der hochbedeutsamen Forschungen

[1]) *G. Schwalbe,* Die Vorgeschichte des Menschen. Braunschweig 1904. Daselbst auch die reiche Literaturangabe.

von *Penck* [1]) und seinen Schülern in ein helleres Licht gerückt werden. Freilich fehlt es nicht an gegnerischen Standpunkten, [2]) die mit einer Vierzahl der Eiszeiten sich nicht befreunden können und welche die Schrecknisse der Eiszeit, welch letztere mit Floren, Faunen und dem Menschen erbarmungslos aufgeräumt, bezw. dieselben verdrängt haben soll, bedeutend zu mildern versuchen. Natürlicherweise müssen heute Diluvialgeologie und Diluvialarchäologie unbedingt im engsten Kontakte stehen, um die Altersfragen prähistorischer d. h. speziell altpaläolithischer Kulturstufen zu präzisieren. Von ihrem einheitlichen Zusammenwirken werden allmählich die positiven Resultate sich herausschälen, an Hand welcher sich die Leitlinien finden lassen für eine sichere Interpretation des Alters der Menschheit selbst.

Wenn wir hier die an Mortillets System der ältern Steinzeit sich anknüpfende, das Gebiet von Frankreich umfassende geologische Altersbestimmung übergehen, weil derselben die Annahme einer *einzigen* grossen Glazialzeit bezw. *einer* grossen Ausdehnung der Gletscher unterliegt, so erinnern wir an die verschiedensten Versuche, welche im Osten (Österreich und Deutschland) im Laufe des letzten Jahrzehnts gemacht wurden, die altpaläolithischen Kulturstufen in die einzelnen Interglazialzeiten zu rubrizieren. [3]) Die neuesten Einteilungen beruhen alle auf dem *Penck*'schen System der vier Glazialperioden und ihren korrespondierenden Zwischeneis-

[1]) Vergl. *Penck*, die Alpen im Eiszeitalter. Hauptwerk.

[2]) Vergl. *J. E. Geinitz*, die Eiszeit. Heft 16 der „Wissenschaft". Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien. Braunschweig 1906.

[3]) *Hœrnes*. Der diluviale Mensch in Europa, pag. 8 und 212.

zeiten. *Penck* selbst hat in einer seiner wichtigen Publikationen [1]) eine Einteilung geschaffen, welche als Grundlage für verschiedene prähistorische Arbeiten benützt wurde. Auch *Obermaier* [2]) hat neuestens eine Übersicht gegeben, die dem Wunsche einer Einigung des Ostens und Westens Europas in prähistorischen Altersfragen gerecht wird.

Penck und *Obermaier* verlegen das *Moustérien* in die letzte, d. h. die dritte Interglazialzeit (Riss-Würm-Zwischeneiszeit). *Obermaier* lässt zwar speziell das Moustérien à faune chaude in die erste Hälfte der dritten Interglazialzeit fallen, während er das Moustérien à faune froide (d. h. das Moustérien des cavernes) der dritten Glazialzeit zuweist.

Darnach würden z. B. die prähistorischen Stationen von Taubach und Krapina der Riss-Würm-Interglazialzeit, jene von Sipka, Certovā dira und Wiérzchow der Riss-Eiszeit angehören. Die Fundstellen der Rübeländer-Höhlen, d. h. die Baumannshöhle und Hermannshöhle, jene von Lindental bei Gera, der Irpfelhöhle (Württemberg) und von Vöklinshofen (Elsass) können für eine genauere Altersbestimmung nicht herangezogen werden, da nur wenige Spuren der Industrie des Men-

---

[1]) *Penck.* Die alpinen Eiszeitbildungen und der prähistorische Mensch. Archiv für Anthropologie. N. F. Bd. I, 1903, pag. 78—90 bezw. pag. 90. Siehe auch die treffliche Abhandlung von

Hugue Obermaier: Le quaternaire des Alpes et la nouvelle classification du Professeur Albrecht Penck. L'Anthropologie. Tome XV, 1904, pag. 25—36.

[2]) *Hugue Obermaier:* La station paléolithique de Krapina. L'Anthropologie. Tome XVI, 1905, pag. 26—27.

Der grossen Zuvorkommenheit von Herrn Dr. H. Obermaier verdanke ich sehr wertvolle Mitteilungen über die altpaläolithischen Stationen des Ostens (Deutschland und Österreich etc.).

schen vorhanden und die Schichten, wie es scheint, gestört sind.[1])

Von grösster Tragweite für die prähistorische Forschung ist nun sicher die *geologische Altersbestimmung der Wildkirchlistation* nicht nur mit Bezug auf eine kritische Vergleichung mit den viel tiefer liegenden, der nämlichen Kulturstufe angehörenden Stationen, sondern vielleicht selbst für die Präzisierung verschiedener Daten aus der alpinen und voralpinen Diluvialgeologie.

Es ist unmöglich gewesen, schon bis heute (Juli 1906) sämtliche auf die diluvialen Erscheinungen im engern und weitern Ebenalp-Wildkirchli-Gebiet sich beziehenden Tatsachen einer genauen Prüfung zu unterziehen. Das Studium der ganzen Gegend erfordert einen Sommer Arbeit und es ist Sache meiner Hauptpublikation, dieses Kapitel besonders zu behandeln und in einer detaillierten geologischen Karte die Verhältnisse darzustellen.

Einige Gedanken mögen aber heute schon zum Ausdruck gelangen. Sie haben natürlich nur den Wert einer vorläufigen Betrachtung.

Wo wir in prähistorischen Stationen im Profile Gletscherablagerungen begegnen, lassen sich leicht positive Anhaltspunkte finden für die Altersbestimmung derselben. Das wird auch mehr oder weniger der Fall sein, wenn die Glazialserien in der Umgebung der Fundlokalitäten, wie im Vorlande der Alpen typisch entwickelt sind. Weit schwerer, ja vielleicht unmöglich wird sich die Lösung der Frage gestalten, wenn

[1]) Laut brieflicher Mitteilung von Herrn *Dr. Hugo Obermaier* in Wien, welcher mir die Daten aus einem ungedruckten Manuskripte in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt hat.

es sich mit der Zeit um prähistorische Stationen in den Alpen handelt, wo die Spuren der grossen Vergletscherungen gar nicht vorhanden oder kaum angedeutet sind.

Wir können zum vorneherein sagen, dass gerade unsere Untersuchungen in dem an Moränenmaterial und fluvioglazialen Schottern wie an grösseren Gletscherwirkungen so armen Säntisinnern [1]) auf Schwierigkeiten stossen werden. Wie an früherer Stelle bemerkt wurde, birgt die Wildkirchlihöhle keinerlei Gletscherrelikte, ja selbst die Ebenalp und was ganz auffallend erscheint, auch die ca. 350 m tiefer gelegene Bommenalp (1269 m) entbehren derselben vollständig. Das Fehlen von glazialen Ablagerungen in der Wildkirchlihöhle ist natürlich noch kein Beweis für ihre Entstehung eventuell in postglazialer Zeit. Ein Gletscher ist nicht gezwungen, an allen Stellen seiner Ausdehnungsfläche Material abzuladen. Es gibt moränenfreie Partien auf dem Gletscher, Eis, das Erhebungen überfliessen kann, ohne sie mit erratischem Material zu überschütten. Auch westwärts des Ebenalpgebietes, d. h. auf der nördlichen Seite des Seealpseetales, sind in Höhen von 1200—1600 m keine Glazialspuren aufzufinden. Im Brülltobel finden sich beiderseits in Felsennischen in einer Höhe von 1260 m fluvioglaziale Ablagerungen. Welcher Glazialserie sie angehören, werden spätere Untersuchungen lehren. Erwähnung verdient noch, dass die höchsten Punkte, wo erratische Gesteine auf dem nördlich von der ersten Säntiskette gelegenen *Kronberg* (1666 m Höhe), sowie auf der im Nordosten befindlichen Fähnern gefunden wurden, nicht über 1300 m hoch liegen.

---

[1]) *A. Heim,* Das Säntisgebirge, pag. 287—290.

So viel scheint für heute sicher zu stehen, dass Moränenreste, welche im Innern des Säntisgebirges über *1500 m* liegen, weniger den allgemeinen grossen Vergletscherungen, als vielmehr Lokalgletschern der Rückzugsphasen angehören (Mar unter Bogartenfurkelnische, Kreuzbühl ob Meglisalp). — *Penck*[1]) setzt das letztere Vorkommen (ca. 1500 m) dem Gschnitzstadium gleich; anderseits betrachtet er die prächtige Endmoräne beim *Weissbad* (Loosmühle-Belvedère)[2]) auf einer Höhe von rund 800 m als dem Bühlstadium angehörend. — Einer genaueren Untersuchung müssen die Moränen auf der Nordseite der ersten Säntiskette im Weissbachtal, sowie jene ob dem Endmoränenbogen des Weissbades-Dürrmösli, Ebnet etc., im ferneren die Moränen am Brülisauerbach, bei Horst, Gämmerli, Schaies, Katzensteig hinter Wasserauen, beim Aufstieg zur Hüttenalp, Seealpsee-Reslen unterworfen werden, die alle tiefer liegen als die Wildkirchlihöhle, aber höher als das Bühlstadium beim Weissbad.

Bis heute sind von keinem Geologen die Spuren einer mehrfachen *grossen* Vergletscherung im Säntisgebiet selbst entdeckt worden; darüber können uns vielleicht nur die Untersuchungen im nördlichen Vorlande Auskunft geben. Mein Freund, Herr Reallehrer *Falkner* in St. Gallen, welcher sich mit Herrn Lehrer *Ludwig* der speziellen Erforschung des Tertiär- und

---

[1]) *A. Penck,* Die Alpen im Eiszeitalter, pag. 438/39.

[2]) *A. Gutzwiller,* Das Verbreitungsgebiet des Säntisgletschers zur Eiszeit. Berichte der st. gall. naturw. Gesellschaft. 1871/72, pag. 94.

A. Gutzwiller, Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Lief. XIV, pag. 90.

A. Heim, Das Säntisgebirge, pag. 290.

Diluvialgebietes von St. Gallen[1]) widmet, teilt mir gütigst mit, dass er in der Gegend südlich von Wil bereits die Spuren eines *zwei*maligen Vorstosses des Säntisgletschers zu konstatieren vermocht habe. Nach den *Penck*'schen Forschungen wäre eine Vierteilung der Eiszeit auch in unserem Gebiete anzunehmen. — *Penck* setzt in seinen letzten Publikationen die Schneegrenzen während der Risseiszeit 1300, jene der Würmvergletscherung 1200, die des *Bühlstadiums* 900—1000 m *tiefer* an als die heutigen.

Der Säntis (2504 m) erreicht heute die klimatische Schneegrenze nicht, nur die topographische (Blauschnee, der einzige Gletscher des Gebietes). Nach *Penck* müsste also im Säntisgebiete während der Risseiszeit die Schneegrenze auf ca. 1200—1100 m, während der Würmeiszeit auf ca. 1300 m, und während des Bühlstadiums auf ca. 1600—1500 m gelegen gewesen sein. Das Ebenalpgebiet würde demnach in den beiden letzten Eiszeiten und zum Teil noch während des Bühlstadiums vom Säntisgletscher in irgend einer Weise beeinflusst, zum Teil wohl vom Gletscher überdeckt worden sein.

Herr *Prof. Heim*, der Monograph des Säntisgebirges, welcher die Freundlichkeit hatte, am 30. April 1905 vom Stande unserer Ausgrabungen Einsicht zu nehmen, teilte mir später brieflich seine Ansicht über das Schneegrenzeverhältnis im Säntisgebiet während der Eiszeiten mit. „Die Ebenalp und die Felswand des Wildkirchli waren überhaupt gar nie, auch nicht während der Haupteiszeiten, vom Säntisgletscher bedeckt. Die Schneelinie stand so, dass Ebenalp und Wildkirchli zur Zeit der

[1]) *Falkner und Ludwig*, Beiträge zur Geologie von St. Gallen und Umgebung. Berichte der st. gall. naturw. Gesellschaft. 1902 und 1903.

Vereisungen *Nunataks* gewesen, die eben noch den Kopf zum Eise herausstreckten. In den Zwischeneiszeiten oder in Rückzugs- oder Vorstossstadien sah man vom Wildkirchli, das dann schneefrei war, hoch auf die Eisfluten herab.“ —

Wir dürfen wohl kaum eine Besiedelung der Wildkirchlihöhle während einer der letzten Eiszeiten bezw. während der letzten Hauptvergletscherung annehmen, auch wenn es sich bewahrheiten sollte, dass die Höhle mit dem Ebenalpstocke als Klippe in dem Eise dagestanden wäre. Dagegen ist die Möglichkeit der Bewohntheit durch den Menschen in einer interglazialen Periode, also *während der Riss-Würm-Zwischeneiszeit* nicht direkt von der Hand zu weisen. Wenn die Schneegrenze während dieser Zeit 400—500 m höher gelegen war als heute, wie wir nach den *Penck*schen Folgerungen annehmen dürften, so musste z. B. der Säntis im Sommer gänzlich schnee- und eisfrei gewesen sein. Die damals wohl etwas höheren Jahrestemperaturen konnten der Entwicklung von Flora und Waldfauna z. B. auf Ebenalp und Umgebung nur förderlich sein. — Die eigentliche Waldgrenze daselbst liegt heute so ziemlich in gleicher Höhe wie die Wildkirchlihöhle; sie lag aber noch in historischer Zeit nachweisbar viel höher und erreichte im Säntisgebiete überhaupt die Höhe von 1800 m.

Bei früherer Gelegenheit ist darauf hingewiesen worden, dass in einzelnen Profilen die Knochenreste z. B. jene von Ursus spelæus bis auf den Höhlenfelsboden hinunter reichen und dass sie, den obersten Profilteil abgerechnet, sozusagen *in jedem Niveau* der Höhleneinfüllung auftreten. Das ist ganz besonders der Fall in der grossen, obern Höhle, woselbst auch

die Artefakte und ein Nucleus bis direkt zum Felsboden hinabreichen. *Die Höhle war also von Anfang an*, d. h. als der grössere Hohlraum geschaffen war, *bewohnt und später mit Unterbruch unbestimmter Zeiten wiederbesiedelt.*

Nicht mit Unrecht ist daher der Gedanke aufgetaucht, dass die Höhle, d. h. ihre Bewohnung unter Umständen *postglazialen* Alters sein könnte. Sollte sich das letztere im Verlaufe der Spezialuntersuchungen bewahrheiten, so würden daraus für die prähistorischen Forschungen neue Gesichtspunkte von eminenter Tragweite resultieren. An eine sogenannte *verspätete Kultur* im Wildkirchli möchte ich aber heute noch aus verschiedenen Gründen nicht denken, etwa weil dieselbe im Alpengebiete gelegen ist, und so sicher es auch ist, dass mit der Verbesserung der Klimate Flora und Fauna denselben nachhinken und zuletzt auch der Mensch in deren Bereich sich einfindet.

Ausser der eingehenden Prüfung der gesamten glazialen Erscheinungen im Vorlande des Säntisgebirges und in seiner direkten Umgebung werden uns künftighin auch noch die Fragen über das Alter der Wildkirchliwand, das Alter der Bildung und Ausweitung der Höhle und jene der ersten Besiedelung durch Tier und Mensch beschäftigen.

Für heute lassen sich aus den bisherigen Untersuchungen in der Wildkirchlihöhle etwa folgende *Hauptresultate* feststellen, die auch mit Rücksicht auf den weitern Fortgang der Grabungen kaum mehr eine Remedur erfahren werden:

1. *Das Wildkirchli ist in Hinsicht auf die tiergeographischen Verhältnisse die höchste bis heute in Europa bekannt gewordene Unterkunftsstätte von*

Ursus spelæus, Felis spelæa, Felis pardus var. spelæa und Cuon alpinus.

2. *Die Gleichzeitigkeit des Menschen mit Ursus spelæus ist im Wildkirchli eine unumstössliche Tatsache.*
3. *Das Wildkirchli ist — selbst als Jägerstation — bis zur Stunde die erste im eigentlichen Alpengebiete entdeckte prähistorische altpaläolithische Kulturstätte. Sie ist damit bis dato auch die höchstgelegene Station des Urmenschen in Europa. Der Niveauunterschied zwischen den bekannten altpaläolithischen Kulturstätten in Deutschland, Österreich-Ungarn und Polen und dem Wildkirchli beträgt im Minimum 1000 m.*
4. *Die Werkzeugindustrie der Wildkirchli-Troglodyten lässt sich am ehesten und vorderhand einzig mit der Moustérien-Stufe vergleichen. Mit diesem Ergebnis harmoniert im ganzen der faunistische Befund: Das ausgesprochenste Dominieren und die vielen Funde von Ursus spelæus.*
5. *Das Wildkirchli ist die erste sicher beglaubigte altpaläolithische Stätte innerhalb der Jungmoränen der Alpen.*
6. *Über die kleine Wildkirchlibrücke weg, als Pfeiler, spannt sich heute der erste grosse Verbindungsbogen zwischen den ältesten Menschen Deutschlands und Österreichs im Osten und Frankreichs im Westen.*
7. *Durch die Entdeckung der prähistorischen Stätte im Wildkirchli hat speziell die schweizerische Prähistorie eine ungeahnte Erweiterung und Vervollständigung gefunden, indem sich nunmehr die Kette der urgeschichtlichen Kultur von den jüngsten bis zu den ältesten Gliedern geschlossen hat. —*