

# Über das Aussterben der Arten.

Von **Dr. O. Abel**

Dozent für Paläontologie an der Universität Wien.

An den wissenschaftlichen Beweis der Existenz ausgestorbener Arten in den früheren Erdzeitaltern durch G. Cuvier knüpfte sich naturgemäß die Frage nach der Ursache des Aussterbens der Arten. Bekanntlich beantworteten Cuvier und mit ihm die Schule der Revolutionisten die Frage dahin, daß wiederholte, den ganzen Erdball umfassende Katastrophen alles Leben auf der Erde vernichtet und ebensoviele Neuschöpfungen die gleichsam mißlungenen Schöpfungsversuche durch die Erzeugung höherstehender und vollkommener Formen ersetzt hätten.

Diese abenteuerliche Theorie konnte den einsichtigeren und auf gesünderer Grundlage aufgebauten Anschauungen Lyells und seiner Schule nicht lange widerstehen. Der Grundgedanke dieser neuen Lehre, die langsame, aber stetige Veränderung der Erdoberfläche und Negierung von Katastrophen im Sinne Cuviers, mußte eine tiefe Rückwirkung auf die Frage nach der Entstehung, Umformung und dem Aussterben der Lebewesen nach sich ziehen. Ch. Darwin und neben ihm A. R. Wallace waren die ersten, welche die Lyellschen Ideen auf diese Frage mit durchschlagendem Erfolge übertrugen.

Während Darwin noch während seiner Weltreise gelegentlich der Entdeckung riesiger Säugetiere in den Pampastonen „fast unwiderstehlich zur Annahme einer großen Katastrophe geführt wurde“<sup>1)</sup>, sprach er sich in seinem Hauptwerke dahin aus, daß das Aussterben der Arten lediglich eine Folge des Kampfes ums Dasein sei; das Erlöschen der großen Säugetiere oder der riesigen Dinosaurier sei keineswegs wunderbar, da gerade eine beträchtliche Größe wegen der Schwierigkeit der Nahrungsbeschaffung das Erlöschen beschleunigen müsse<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Ch. Darwin, Reise eines Naturforschers um die Welt. 2. Aufl. 1845, pag. 199.

<sup>2)</sup> Ch. Darwin, Die Entstehung der Arten. 2. Aufl. 1859, pag. 394—399.

Diese Theorie galt lange Zeit hindurch für eine vollständig befriedigende Erklärung des Artentodes. Dennoch wollten die schon lange vor Darwin vorgebrachten Ansichten über die prädestinierte Lebensdauer der Arten, Gattungen, Familien usf. nicht verstummen und noch in letzter Zeit finden sich da und dort Vertreter für diese Anschauungen <sup>1)</sup>. Es ist kein Zweifel, daß nur eine unklare Erfassung und Mißdeutung gewisser Erscheinungen die Veranlassung zu diesen immer wieder von neuem auftauchenden Behauptungen geboten hat; in ein neues Stadium trat diese Frage erst im Jahre 1893 durch eine kurze Note D o l l o s, in welcher er folgende Grundsätze aufstellte: Die Entwicklung vollzieht sich sprungweise, ist irreversibel und begrenzt <sup>2)</sup>.

Diese Anschauungen, welche sich in den nächsten Jahren in verschiedenen Schriften vertreten finden <sup>3)</sup>, fanden ihre weitere Ausgestaltung in einer wichtigen Arbeit von D. Rosa: „La riduzione progressiva della variabilita“ <sup>4)</sup>. Da aber A. Weismann <sup>5)</sup> in seinen unlängst erschienenen „Vorträgen über Deszendenztheorie“ bei der Erörterung der Ursachen des Artentodes zu Schlüssen gekommen ist, welche in grellem Widerspruche zu den Ergebnissen der Paläontologie stehen, so verlohnt es sich wohl, dieser Frage etwas näher zu treten, zumal dies ein Gebiet ist, welches nach einem treffenden Ausspruche K o k e n s recht eigentlich als das der Paläontologie gelten kann <sup>6)</sup>.

Vor allem ist es notwendig, sich über den Begriff einer „ausgestorbenen“ Art klar zu werden.

<sup>1)</sup> W. Kobelt, Die Verbreitung der Tierwelt. Leipzig 1901, pag. 34.

<sup>2)</sup> L. Dollo, Les Lois de l'Évolution. Bull. Soc. Belge de Géol., Paléont. T. VII, Bruxelles 1893, pag. 164—166.

<sup>3)</sup> W. Bateson, Materials for the Study of Variation. London 1894.

W. Haacke, Gestaltung und Vererbung. Leipzig 1893.

Demoor, Massart et Vandervelde L'évolution regressive. Bibl. scientifique internat. Paris 1897.

Lameere, Entomol. Soc. Belg., Ann., XLIII, 1899, pag. 627.

H. de Vries, Mutationstheorie. Leipzig 1901, pag. 46.

<sup>4)</sup> D. Rosa, La riduzione progressiva della Variabilita. Verlag von C. Clausen in Turin, 1899. Deutsch von H. Boßhard: Die progressive Reduktion der Variabilität und ihre Beziehungen zum Aussterben und zur Entstehung der Arten. Verlag von G. Fischer in Jena, 1903.

Vgl. außerdem:

E. D. Cope, The Primary Factors of Organic Evolution, Chicago 1896. The Law of the Unspecialized, pag. 172—174.

<sup>5)</sup> A. Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie. II. Band. Jena 1902, pag. 390 ff.

<sup>6)</sup> E. Koken, Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte. Leipzig 1893, pag. 627.

Neuere Untersuchungen an fossilen Sirenen lehren, daß diese Unterordnung der Ungulaten auf die *Condylarthra* zurückgeführt werden muß und daß die Stammart, von welcher die Abzweigung erfolgte, den Gattungen *Pleuraspidotherium* und *Orthaspidotherium* sehr nahe gestanden sein muß. Ferner weiß man schon seit langem, daß die Wurzel des Equidenstammes gleichfalls auf die *Condylarthra*, und zwar auf die Gattung *Phenacodus*, zurückreicht. Von der Unterordnung der *Condylarthra* leben heute keine Vertreter mehr und man pflegt daher eine solche Gruppe als erloschen anzusehen. Diese Argumentation ist jedoch nicht richtig, da ja einzelne Gattungen und Arten dieser primitiven Gruppe der Huftiere in den Sirenen, Equiden usw. noch heute fortleben; man wird daher die *Condylarthra* in ihrer Gesamtheit nicht als ausgestorben ansehen dürfen, sondern muß sie als eine immutierte Gruppe betrachten und das gleiche gilt für alle Vorläufer der lebenden Tier- und Pflanzenwelt.

Dagegen werden wir uns umsonst bemühen, wenn wir die Nachkommen der *Ichthyosauria*, *Sauropterygia*, *Pythonomorpha*, *Dinosauria*, *Thalattosuchia*, *Mosasauria* usw. unter den lebenden Tieren aufsuchen wollten. Diese Gruppen sind völlig erloschen und stehen somit in scharfem Gegensatz zu jenen, als deren Vertreter die *Condylarthra* genannt wurden; die erwähnten Unterordnungen der Reptilien haben keine Nachkommen hinterlassen und sind als absolut ausgestorbene Typen zu bezeichnen.

Das Absterben der *Condylarthra* sowie aller Vorfahren der heutigen Fauna und Flora läßt sich durch das Unterliegen der schwächeren und mangelhaft adaptierten Form vor den besser adaptierten Nachkommen befriedigend erklären. Andererseits handelt es sich darum, zu untersuchen, warum eine so große Anzahl von Gruppen ohne Hinterlassenschaft eines besser adaptierten Nachwuchses zugrunde gegangen ist, und hierin liegt der Schwerpunkt der Frage, mit welcher wir uns zu beschäftigen haben.

Ohne Zweifel sind viele Arten im Kampfe ums Dasein so rasch vernichtet worden, daß es ihnen nicht möglich war, sich der Vernichtung durch die Erzeugung einer kampffähigen Nachkommenschaft zu entziehen und ebenso zweifellos hat diese Vernichtung gleichzeitig oder in rascher Aufeinanderfolge mehrere Arten einer Gattung, sogar mehrere Gattungen ergreifen können. Dagegen bot das scheinbar plötzliche Erlöschen weltweiter, arten- und individuenreicher Gruppen, eine der Hauptstützen der Katastrophentheorie, der Theorie Darwins große Schwierigkeiten. Darwin machte dagegen geltend, daß das Aussterben der Trilobiten, Ammoniten usw. nur scheinbar plötzlich erfolgt sei, da zwischen den betreffenden Formationsgrenzen viele

Formen langsam erloschen sein dürften. Die Schwierigkeit wird aber durch diese Argumentation nicht beiseite geschafft; man darf wohl eine Antwort auf die Frage verlangen, warum denn die verschiedenen weltweiten Arten der Trilobiten und später der Ammoniten keine lebensfähigen Nachkommen produzieren konnten, wo doch so lange Zeiträume supponiert werden und nach der Darwinschen Theorie ein Organismus jede beliebige Umformung erleiden kann, wenn ihm nur die nötige Zeit zu Gebote steht.

Bekanntlich stehen Darwin, Haeckel und Weismann auf dem Boden des Gesetzes von der unbegrenzten Variabilität. Am schärfsten finden sich die Konsequenzen dieser Theorie in den Weismannschen „Vorträgen“ ausgesprochen; nach Weismann wäre es seinerzeit der Dronte ganz leicht möglich gewesen, ihre bereits verloren gegangene Flugfähigkeit wieder zu erlangen: nicht die greisenhafte „Starrheit“ des Organismus hinderte diesen erloschenen Ratiten daran, seine Flügel wieder zu entfalten und so seinen Feinden zu entfliehen, sondern nur die „allen Arten zukommende Langsamkeit des Variierens“. Wenn das dem *Didus ineptus* möglich gewesen sein sollte, dann müßte es nach Weismann auch einem Delphin oder Bartenwal möglich sein, eines Tages wieder ein Landtier zu werden, und es müßte im Sinne Weismanns weiter möglich sein, daß dieses Landtier eine fledermausartige Lebensweise annehmen könnte!

Daß A. Weismann noch heute das Gesetz der unbegrenzten Variabilität verfißt, während zehn Jahre früher L. Dollo zuerst das Gesetz von der Nichtumkehrbarkeit der Entwicklung aufgestellt und seither in zahlreichen Arbeiten näher begründet hat, beweist, daß Weismann sich mit den deszendenztheoretischen Resultaten der modernen Paläontologie nicht recht befreunden konnte. Er äußert sich über diese Anschauungen nur insoweit, als er jede Behauptung von einem „Greisenalter“ der Art, von einer Erstarrung ihrer Form, ihrer Unfähigkeit endlich, sich weiter umzuwandeln, als eine „naturwissenschaftlich unzulässige Phantasmagorie“ brandmarkte.

Das Dollosche Gesetz von der Irreversibilität der Entwicklung beruht auf den langjährigen Beobachtungen der in den letzten Jahrzehnten forschenden Paläontologen, daß rudimentär gewordene oder gänzlich verloren gegangene Organe nicht wieder entstehen können und im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung nie wieder aufgetreten sind. Wäre die Entwicklung umkehrbar, so müßte sich leicht nachweisen lassen können, daß rudimentär gewordene Organe wieder funktionell geworden sind; bis jetzt ist kein einziger derartiger Fall bekannt. Dagegen weiß man, daß statt des verloren gegangenen Organs unter Umständen ein Ersatz für dasselbe geschaffen werden kann;

die Reduktion des primären Panzers bei den pelagischen Thecophoren und die Entstehung eines neuen sekundären Panzers über den Rudimenten des ersten bei den wieder zum littoralen Leben zurückgekehrten Atheken ist wohl ein glänzendes Beispiel für diese Erscheinung <sup>1)</sup>.

Andererseits sind die inadaptiv reduzierten Artiodactylen <sup>2)</sup> nicht imstande gewesen, ihre zu knötchenförmigen Gebilden reduzierten Metapodien zu langgestreckten Griffeln umzuformen, wie dies bei den Metapodien der lebenden, adaptiv reduzierten Artiodactylen der Fall ist; ein anderes schlagendes Beispiel für die Richtigkeit des Satzes von der Irreversibilität der Entwicklung, dem sich viele weitere anreihen ließen.

Neben der Nichtumkehrbarkeit der Entwicklung kann noch eine andere Erscheinung im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung zahlreicher Stämme beobachtet werden: die progressive Abnahme der Variation.

Schon E. Haeckel <sup>3)</sup> betont, daß Gruppen, welche im Aussterben begriffen sind, keine neuen Varietäten mehr hervorbringen. Rosa hebt mit Recht hervor, daß der Zusammenhang dieser Bemerkung mit dem Haeckelschen Gesetze von der unbegrenzten Variabilität nicht recht im Einklange steht.

In der Tat steht es fest, daß eine große Reihe einseitig spezialisierter Formen dem Aussterben anheimfällt, weil dieselben nicht imstande sind, genügend zu variieren und, wie schon A. R. Wallace <sup>4)</sup> hervorgehoben hat, steht die Möglichkeit einer Vervollkommnung in direktem Verhältnisse zu der Zahl günstiger Variationen. Die Zahl der Variationen nimmt jedoch in dem Maße ab, als die Spezialisierung fortschreitet, und wir verdanken dieser Verringerung der Variationsbreite die Möglichkeit, gegen das Ende der Stammesreihen den genetischen Zusammenhang zwischen den einzelnen Formen leichter zu erfassen, als dies mit den Anfangsstadien einer solchen Reihe der Fall ist, weil hier die Variationen und Mutationen zahlreicher sind und die meist explosiv entstehenden Arten stark differieren.

Man sieht also, daß bei zunehmender Spezialisierung, beziehungsweise Vervollkommnung die Variationsbreite geringer wird; „jede

<sup>1)</sup> L. Dollo, Sur l'Origine de la Tortue Luth (*Dermochelys coriacea*). Bull. de la Soc. Roy. des scienc. médicales et natur. de Bruxelles, 1901.

<sup>2)</sup> Kowalewsky, Monographie der Gattung *Anthracotherium* und Versuch einer natürlichen Klassifikation der fossilen Huftiere. Palaeontographica XII (Neue Folge II, 3).

<sup>3)</sup> E. Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte. 9. Aufl.

<sup>4)</sup> A. R. Wallace, Der Darwinismus. Braunschweig 1891.

einschneidende Anpassung ist eine versteckte Gefahr für die Fortdauer des Typus“ (E. Koken).

Daß aber die progressive Reduktion der Variation bedingt ist durch die progressive Reduktion der Variationsfähigkeit oder Variabilität, hat D. Rosa in seiner zitierten Schrift überzeugend klargelegt.

Eine häufige Ursache des Aussterbens liegt in dem Anwachsen der Körpergröße. Es ist kein Zweifel, daß Gruppen von Tieren mit geringer Größe langlebiger sind als jene, welche Riesenformen umfassen. Niemals liegen die Riesenformen am Beginne, sondern stets am Ende der Stammesreihe<sup>1)</sup>; immer sind sie mit einer gewissen Spezialisationshöhe verbunden, welche keiner weiteren Steigerung fähig ist, und ihre Entstehung ist nur bei reichlich vorhandener Nahrung und Mangel von Feinden möglich. Die Säugetiere bieten mit ihren verschiedenen Arten, welche fast ausnahmslos im Quartär das Maximum der Körpergröße erreichen, das beste Bild einer an Größe stetig zunehmenden Gruppe dar; beachtenswert ist es, daß die Zunahme in einzelnen Stämmen unabhängig erfolgt, daß aber trotzdem die meisten Riesenformen im Quartär zusammentreffen. Es scheint mir dies nicht so sehr eigentümliche klimatische Verhältnisse, als den Höhepunkt der Entwicklung des Säugetierstammes anzudeuten.

Ebenso wie bei den Säugetieren liegen auch bei den Ammoniten die Riesenformen am Ende der Stammesreihen: *Pinacoceras* (Trias), *Arietites* (Lias), *Crioceras* (Kreide). O. Jaekel hat vor kurzem auf die Zunahme der Körpergröße bei den Brachyuren hingewiesen.

Das Auftreten zwerghafter Nachkommen von Riesenformen ist nicht geeignet, das Gesetz der konstanten Größenzunahme zu alterieren; dies sind Fälle von Degeneration wie bei den Zwergrassen der Elefanten, welche durch die Isolierung auf Inseln verkümmerten und rasch zugrunde gingen.

Dieses Gesetz muß bei der Verfolgung phylogenetischer Reihen eingehend berücksichtigt werden; so wird es notwendig sein, anzunehmen, daß die kleinen Zahnwalgattungen *Delphinopsis*, *Neomeris* und *Phocaena* nicht von dem riesigen Zeuglodon, sondern von einem anderen kleinen alttertiären Wal abstammen.

Aber nicht nur Hypertrophien des ganzen Körpers treten gegen das Ende der Stammesreihen auf, sondern vorwiegend sogar Hyper-

<sup>1)</sup> O. Jaekel, Über verschiedene Wege phylogenetischer Entwicklung. Jena, bei G. Fischer, 1902.

Ch. W. Andrews, Some Suggestions on Extinction. Geol. Mag., Dec. IV, Vol. X, Nr. 1, Jan. 1903, pag. 1.

trophien einzelner Organe; sehr häufig dürfte diese Erscheinung Veranlassung zum Aussterben der Arten gewesen sein. Beispiele dieser Erscheinung sind: *Pachyacanthus*<sup>1)</sup> (hochgradige Steigerung der schon bei alttertiären Sirenen beginnenden Hyperostose), *Helicoprion* (exzessive Steigerung der spiralen Einrollung der mittleren Zahnreihe des Kiefers); unter den lebenden Formen: *Georychus hottentottus* (exzessive Verlängerung der Inzisiven), *Mesoplodon* (exzessive Entwicklung der Unterkieferzähne, die sich in einem Falle über der Schnauze kreuzen).

Die vier genannten Formen besitzen einen Grad von exzessiver Spezialisierung, welcher keiner Steigerung mehr fähig ist. Alle durch orthogenetische Prozesse extrem ausgestalteten Typen starben schnell aus und wir können das gleiche für Formen wie *Georychus hottentottus* oder *Mesoplodon* voraussagen.

Die exzessive Spezialisierung am Ende der Stammesreihen führt uns zur Erörterung der Degenerationserscheinungen oder, wenn wir uns eines Haeckelschen Ausdruckes bedienen wollen, der Peracme einer Stammesreihe.

Durch das Vermischen des Begriffes der Senilität gewisser Typen mit den Begriffen einer prädestinierten Lebensdauer der Arten oder einer Beschränkung der „Lebenskraft“ ist viel Verwirrung in diese Frage getragen worden. Da gewisse ausgestorbene Formenreihen an ihren Enden ausgesprochene Degenerationserscheinungen zeigen, griff man zu der Erklärung, für jede Art, Gattung, Familie usw. eine prädestinierte Lebenszeit anzunehmen, nach deren Ablauf die Art ebenso wie das Individuum altern und hinschwinden sollte.

Die Gegner dieser Anschauungen wiesen mit Erfolg auf die Existenz persistenter Typen hin, von welchen ja einige vom Kambrium bis zur Gegenwart fort dauern<sup>2)</sup>; es ist dies ohne Zweifel ein sehr schwerwiegender Einwurf gegen die Annahme einer im voraus festgesetzten Lebenszeit.

Wenn wir uns jedoch die Erscheinung der progressiven Reduktion der Variabilität vor Augen halten, so wird gerade die Existenz persistenter, das heißt seit langer Zeit unveränderter Typen zu einer sehr wichtigen Stütze der Auffassung, daß die einseitige Spezialisierung und die mit ihr verbundene Reduktion der Variabilität eine Schwächung der inneren Konstitution bewirkt und das Aussterben rascher herbei-

<sup>1)</sup> P. Gervais, De l'Hyperostose chez l'Homme et chez les animaux. Journ. de Zoologie. IV, pag. 282, 455.

<sup>2)</sup> A. Heilprin, The Geographical and Geological Distribution of Animals. 2<sup>e</sup> edition. London 1894, pag. 207.

führt, während die konservativen persistenten Typen lange Zeiträume überdauern können. Ferner zeigt ein Überblick über die Zeiträume, in welchen sich die Entwicklung der einzelnen Stämme vollzog, daß rasch und reich variierende Gruppen rascher dem Aussterben verfallen als sich langsam entwickelnde Formenreihen.

Übrigens beweisen die persistenten Typen auf das schlagendste, daß eine allgemeine „Entwicklungstendenz“ nicht existiert, sonst müßten *Discina*, *Leda*, *Crania*, *Lingula*, *Limulus*, *Sphenodon* usw. längst zu höheren Typen umgeformt sein.

Wenn also auch von einem Erlöschen der prädestinierten Lebenszeit oder einer „Lebenskraft“ keine Rede sein kann, so kann man doch mit vollem Rechte von einer Degeneration und Senilität am Ende der Formenreihen sprechen.

Ein vorzügliches Beispiel dafür, wie sich bei hochspezialisierten Formenreihen schrittweise zunehmende Degenerationserscheinungen bemerkbar machen, bieten die Ammoniten <sup>1)</sup>.

Während die paläozoischen *Nautiloidea* in der Art der Aufrollung der Conchospirale eine große Mannigfaltigkeit zeigen, beginnen die ältesten Ammonoideen sofort mit regelmäßig eingerollten, bilateral-symmetrischen Spiralen. Ohne Zweifel ist dies vom mechanischen Standpunkte aus die beste Einrollungsform, weil die Schale, ohne die Bewegungsfreiheit zu schmälern, auf den kleinsten Raum zusammengeschoben wird. Daß ein Ammonit mit aufgerolltem Gehäuse eine größere Bewegungsfreiheit besitzt, wie Steinmann <sup>2)</sup> meint, dürfte sich wohl bestreiten lassen.

Die verschiedenen Ammonoideenstämme behalten in ihren Anfangsstadien diese Spiralforn durchaus bei und die Schalenveränderungen während der Blütezeit der Stammesreihen betreffen nie die Einrollung der Spirale.

Mit dem Niedergange der einzelnen Stämme stellen sich zuerst ganz unscheinbare, dann immer mehr und mehr zunehmende Veränderungen der Spirale ein. Diese Erscheinungen zeigen sich zuerst am Vorderrande der Wohnkammer, greifen langsam weiter nach hinten (*Sphaeroceras*), ergreifen sodann die Umgänge selbst (*Scaphites*) und endigen mit der Aufrollung des größten Teiles der Schale (*Choristoceras*, *Crioceras*, *Ancylloceras*). Bei dieser Gruppe bleiben die Gehäuse

---

<sup>1)</sup> J. F. Pompeckj, Über Ammonoideen mit „anormaler Wohnkammer“. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, 1894, pag. 220—290, Taf. IV.

<sup>2)</sup> G. Steinmann, Vorläufige Mitteilung über die Organisation der Ammoniten. Naturw. Gesellsch. Freiburg i. B. 1888, pag. 31—47; Elemente der Paläontologie, pag. 452—454.



noch bilateralsymmetrisch; bei anderen (*Turrilites*, *Cochloceras*) nimmt die Schale eine turmförmig gedrehte oder geradegestreckte Form an.

Mojsisovics<sup>1)</sup> und Pompeckj bezeichnen diese Veränderungen als senile Charaktere und Degenerationserscheinungen, welche entweder dem Tode der Gattung (Mojsisovics) oder den einzelnen Reihen derselben (Pompeckj) unmittelbar vorangehen.

Es ist wichtig, daß sich die Ausbildung dieser Nebenformen nicht auf die Kreide beschränkt, sondern daß sich diese aberranten Typen in verschiedenen Formationen wiederholen: so entspricht *Rhabdoceras* (Trias) — *Baculina* (Jura) — *Baculites* (Kreide); *Cochloceras* (Trias) — *Helicoceras Teilleuxi* (Dogger) — *Turrilites* (Kreide); *Choristoceras* (Rhät) — *Crioceras* (Kreide). Es sind also parallele Degenerations-Erscheinungen, die sich zu verschiedenen Zeiten bei verschiedenen Stämmen wiederholen, und zwar hat V. Uhlig<sup>2)</sup> darauf hingewiesen, daß neben den riesigen Crioceren und Ancyloceren zuweilen zwerghafte Formen im *Crioceras*-Stadium vorliegen (*Leptoceras*).

Die meisten Paläontologen haben sich dafür ausgesprochen, daß hier senile Erscheinungen vorliegen; O. Fraas<sup>3)</sup> hat das Bild gebraucht, daß es den evoluten Crioceraten an Kraft gefehlt hätte, die Windungen eng aneinanderzulegen; Steinmann sah in der Entstehung von Nebenformen das Bestreben ausgedrückt, die Schale behufs freierer Bewegung und Erzielung eines Eibehälters vom Körper loszulösen. Quenstedt<sup>4)</sup> und Neumayr<sup>5)</sup> haben unter anderem die Vermutung geäußert, daß Epidemien die Ursache der Entstehung der Nebenformen gewesen seien.

Die Wiederholung der Aufrollung der Spirale bei den Ammonoideen, die sich schon bei den paläozoischen Nautiloideen findet, in Verbindung mit einer gewissen Spezialisationshöhe der einzelnen Formenreihen scheint ebenso wie das Auftreten ceratitischer oder amaltheenartiger Loben bei Kreideammoniten darauf hinzuweisen, daß die Variabilität der betreffenden Gruppen erschöpft war und sich nunmehr langsam verschiedenartige Degenerationserscheinungen bemerkbar

<sup>1)</sup> E. v. Mojsisovics, Das Gebirge um Hallstatt. I. Abt., Bd. II. Abhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt VI. Bd. 2. Hälfte. Wien 1893.

<sup>2)</sup> V. Uhlig, Die Cephalopodenfauna der Wernsdorfer Schichten. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien 1833. 46. Bd., pag. 259.

<sup>3)</sup> O. Fraas, Vor der Sündflut! Stuttgart 1866, pag. 312.

<sup>4)</sup> F. A. Quenstedt, Handbuch der Petrefaktenkunde. 3. Aufl. Tübingen 1885, pag. 582.

<sup>5)</sup> M. Neumayr, Erdgeschichte, I. Aufl. I. Bd., pag. 356 u. 357, wendet sich entschieden gegen die Auffassung, daß in dem Auftreten der Nebenformen eine Entartung des ganzen Ammonitengeschlechtes zu erblicken sei.

machten. Wenn Epidemien die Ursachen der Entstehung der Nebenformen gewesen sein sollten, so würde das nur für eine allgemeine Schwäche und Widerstandslosigkeit der betreffenden Formen sprechen.

Somit bleibt die wahrscheinlichste Erklärung des Unterganges der Ammoniten am Ausgange der Kreidezeit die Erschöpfung der Gestaltungsfähigkeit des ganzen Stammes. Die Vernichtung durch den Kampf ums Dasein kann bei einer weltweiten und individuenreichen Gruppe, wie es die Ammoniten waren, keine bedeutende Rolle spielen und ebensowenig sind wir zu der Annahme berechtigt, daß sich die Existenzbedingungen für die Ammoniten an der Wende der mesozoischen und känozoischen Ära durchgreifend verändert haben.

Wenn es auch gewiß nie möglich sein wird, die letzten Ursachen des Artentodes in allen Fällen zu ermitteln, so werden wir doch daran festzuhalten haben, daß nicht nur äußere Faktoren dabei in Frage kommen, sondern daß die innere Organisation ein sehr wesentliches Wort mitzureden hat. In den meisten Fällen hat wohl eine zu weit gegangene einseitige Spezialisierung in Verbindung mit der Reduktion der Variabilität den Untergang herbeigeführt. Es öffnet sich hier noch ein weites Feld der Untersuchung, um unserer Kenntnis von den vielfach verschlungenen Pfaden der Entwicklung einen neuen Stein einzufügen.

# Zur Technik der Gletscheruntersuchungen.

Von Axel Hamberg (Stockholm).

Die praktischen Erfahrungen über Gletscheruntersuchungen, die ich mir hier erlaube weiteren Kreisen bekannt zu machen, habe ich während langjähriger Arbeiten in Schwedisch-Lappland erworben. Daß Gletscher in Schweden vorkommen, ist überhaupt nur wenig bekannt. Die ersten wurden jedoch schon im Jahre 1807 von dem berühmten Botaniker Göran Wahlenberg am Sulitelma entdeckt. Durch die Arbeiten schwedischer Kartographen in den siebziger Jahren und des Staatsgeologen Dr. Svenonius in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde eine noch größere Zahl von Gletschern in den gebirgigen Teilen von Nordschweden bekannt. Eine ausführlichere Untersuchung irgendeines dieser Gletscher fand jedoch nicht statt.

Eine Praxis für derartige Arbeiten hatte sich deshalb bei uns nicht herausgebildet, als ich im Jahre 1896 meine Untersuchung der wichtigsten Hochgebirgsgegend von Lappland, der Umgegend von Sarektjokko, speziell wegen der dortigen zahlreichen Gletscher anfang<sup>1)</sup>). Dieses Gebiet, das etwa hundert Gletscher enthält, von denen ungefähr die Hälfte im Anfange meiner Arbeiten noch vollkommen unbekannt war, umfaßt einen großen Teil des Landes zwischen den beiden Hauptzweigen des Lule-Elf und bildet das wichtigste Quellengebiet desselben. Zur Zeit, als ich dieses Unternehmen anfang, waren die schönen Arbeiten über Tiroler Gletscher von Finsterwalder, seinen Schülern und Nachfolgern noch nicht veröffentlicht, und ich befand mich betreffs Praxis und Theorie zunächst auf dem Standpunkte, auf welchen sie die Forscher der alpinen Gletscher in den vierziger und fünfziger Jahren gebracht hatten. Seit dieser Zeit hat bis zu den neunziger Jahren dieser Zweig der Wissenschaft verhältnismäßig nur wenig Fortschritte gemacht. Im Laufe der Untersuchungen fand ich aber bald, daß viele Verbesserungen und Erweiterungen der alten Methoden möglich, wünschenswert oder sogar notwendig waren.

<sup>1)</sup> Sarjekfjällen, En geografisk undersökning Ymer 1901. Seite 145—204 und 223—276. Referate in Petermanns Mitteilungen 1903, Geologisches Centralblatt, Band II, 1902 und La Géographie 1903.

Die Erscheinungen, die wir Gletscher nennen, beruhen bekanntlich hauptsächlich auf dem Übergewichte des gefallenen Schnees über den geschmolzenen und verdunsteten in den oberen Teilen der Gletscher, auf der plastischen Umformung oder Bewegung des Gletschereises und auf dem Überhandnehmen des Schmelzungsprozesses im Zungengebiete. Der erste und dritte dieser Faktoren sind hauptsächlich von dem Klima abhängig und bedingen durch Vermittlung des zweiten die Ausdehnung und Mächtigkeit der Gletscher. Bei der systematischen Untersuchung der Gletscher eines Gletschergebietes scheinen mir die Bestimmungen dieser drei Faktoren in erster Linie wichtig, wenn auch andere Beobachtungen von großem Interesse sein können. Ich will mich deshalb auf die Methoden für die Ermittlung dieser drei Faktoren beschränken.

Näher angegeben sind die zu bestimmenden Größen, die wir besprechen wollen, folgende:

1. Der Betrag der mittleren jährlichen Akkumulation im Firngebiete;
2. der Betrag der mittleren jährlichen Abschmelzung im Zungengebiete;
3. die mittlere jährliche Bewegungsgeschwindigkeit in beiden Gebieten.

Ich fange gleich mit den Akkumulationsbestimmungen an. Für diese scheinen bis jetzt eigentliche Methoden zu fehlen, obgleich jedoch einzelne Beobachtungen dieser Art schon vorliegen. Hierzu sind zu rechnen diejenigen älteren Angaben über die Dicke des jährlichen Schneelagers, die von der Voraussetzung ausgehen, daß jeden Sommer nur eine Schmelzrinde entstehe. Alle derartigen Angaben dürften aber sehr unsicher sein, da die Sommersaison im allgemeinen keine ununterbrochene Schmelzperiode bildet und der übrige Teil des Jahres häufig keine ganz ununterbrochene Kälteperiode darstellt. Eine wirkliche Methode wäre möglicherweise auf die Benutzung solcher aus Holzstangen zusammengesetzten Signale zu gründen, wie der sogenannten Stangendreikanten, die Blümcke und Heß<sup>1)</sup> bei den Messungen der Bewegungsgeschwindigkeit im Akkumulationsgebiete des Hintereisferners benutzten. Die Stangendreikanten scheinen sich aber nicht gut dazu zu eignen, weil sie von dem sich anhäufenden und zusammensinkenden Schnee zerdrückt werden. Besser dürften dann einzelne Stangen sein, wie sie von der Rhonegletschervermessung

<sup>1)</sup> Untersuchungen am Hintereisferner. Wissenschaftliche Ergänzungshefte zur Zeitschrift d. Deutsch. u. Österr. Alpenvereines. Band I, Heft 2, Seite 50.

angewandt werden. Die Ergebnisse dieser langjährigen Vermessung sind bis jetzt nur durch ziemlich knappe Mitteilungen bekannt<sup>1)</sup>, aber nach denselben zu urteilen, scheinen sowohl für die Ablations- als auch für die Akkumulationsbestimmungen in das Eis gebohrte Stangen benutzt zu werden. Sollen sie für Akkumulationen von etwa 4 *m* benutzt werden und für ein ganzes Jahr ausreichen, dürften sie ziemlich lang und schwer werden müssen, denn sie müssen wohl wenigstens 2 *m* tief ins Eis gebohrt werden und der hinausragende Teil braucht zumindest 1 oder 2 *m* länger als die vermutete Akkumulation zu sein. Für die Akkumulationsbestimmungen der lappländischen Gletscher sind solche eingebohrte Stangen indessen unter keinen Umständen zu verwenden, denn dort bleibt der Schnee noch im Sommer und Herbst sehr weich, und von einer Bildung des Firneises findet man auch in mäßigen Tiefen unter der Oberfläche keine Spuren. Ein Bohren würde also durchaus unnötig sein, denn man könnte jedenfalls die Stangen schon mit den Händen tief genug in den Schnee treiben, aber wegen der losen Beschaffenheit des Schnees würden sie sicherlich umfallen.

Die ersten von mir an lappländischen Gletschern benutzten Akkumulationsmesser waren aus Bambus angefertigt, etwa wie Fig. 1 zeigt. Zwei Bambusse wurden kreuzweise auf die Oberfläche des Schnees gelegt, am Kreuzungspunkte wurde das vertikale Rohr, mit welchem die Messungen angestellt werden sollten, befestigt und in der vertikalen Stellung durch Stage von dünnem Drahtseil festgehalten, welche an den mit Steinen beschwerten Enden des Bambuskreuzes festgebunden waren. Der vertikale Bambus war, wenn eben aufgestellt, 5—8·5 *m* lang. Die längsten Bambusrohre benutzte ich in den höchsten Teilen des Akkumulationsgebietes, die kürzeren in den niedrigeren Teilen, wo die Akkumulation geringer ist. In Abständen von etwa 1·6—2 *m* waren Marken angebracht, um die Messungen zu erleichtern.

Die Benutzung der Bambusse für diesen Zweck ist aber mit mehreren Übelständen verbunden. Wenn trocken, sind die Bambusse sehr fest, aber in feuchtem Zustande nicht mehr so fest. Bei wiederholtem Trocknen und Durchnässen bersten sie bald und werden auch dadurch weniger fest. Mehrere Ständer aus Bambus habe ich nicht wiedergefunden, wahrscheinlich weil sie abgebrochen waren. Die Drahtseilstage sind dadurch unzweckmäßig, daß sie dem Zusammen-sinken des Schnees im Wege stehen und dabei zerreißen können.

<sup>1)</sup> Vergl. Hagenbach-Bischoff, Vermessungen am Rhonegletscher. Verhandlungen des VII. internationalen Geographenkongresses, Berlin 1899, Band II, Seite 269, sowie die Berichte der eidgenössischen Gletscherkommission in jedem Jahrgange der Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft von 1895 an.

Ein dritter Übelstand besteht darin, daß das vertikale Rohr nicht leicht verlängert werden kann. Ist es zu kurz, um sicher für ein ferneres Jahr zu reichen, so muß man einen ganz neuen Ständer aufstellen.

Diese Übelstände habe ich im letzten Jahre durch die Wahl eines anderen Materials und durch zweckmäßige Anordnungen zu beseitigen versucht. Ich bin dabei zu folgenden Vorrichtungen gelangt.

Statt des Bambus benutzte ich Stahlröhren von derselben Sorte, wie sie für Fahrräder benutzt wird. Die Stahlröhren sind kaum schwerer und etwa ebenso fest wie die Bambusse, bersten nicht bei wiederholtem

Fig. 1.



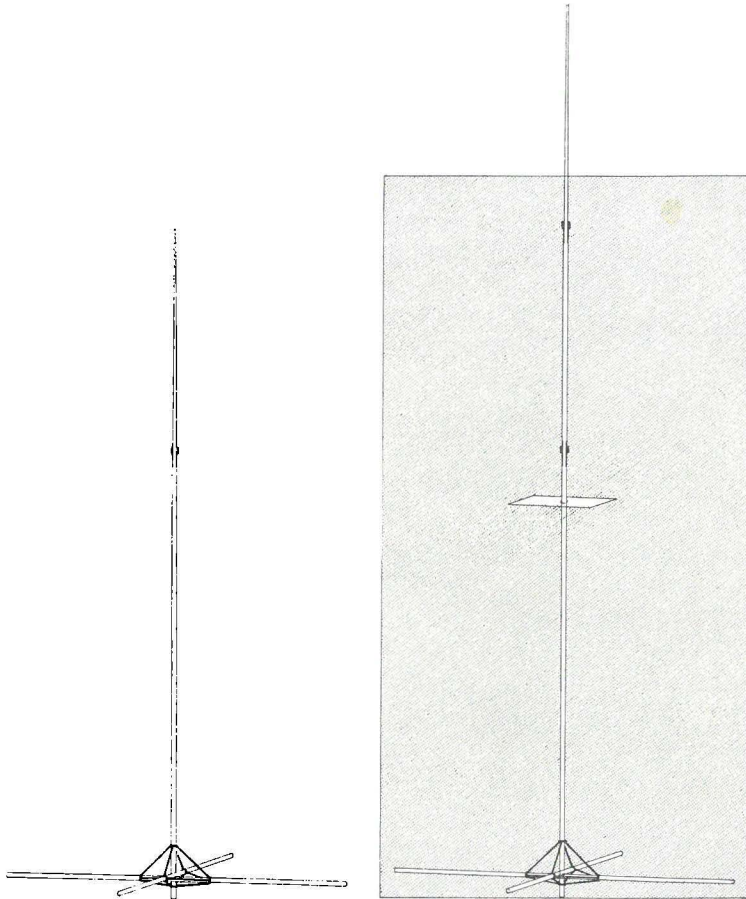
Akkumulationsmesser aus Bambus.

Naßwerden und Trocknen und sind leichter als sie durch Ansetzen eines neuen Stückes zu verlängern.

Zwei 3 m lange Röhren (vergl. Fig. 2) bilden den Fuß, durch eine Vorrichtung aus Schmiedeeisen wird die vertikale Röhre daran befestigt. Diese besteht zunächst aus einem 4 m langen Stück. An das Ende können sowohl andere gleich weite Röhrenstücke als auch ziemlich leichte konische Spitzen von 2—3 m Länge angefügt werden. Die Spitzen sind nicht — wie im Bilde — gleichmäßig konisch, denn derartige würden schwierig herzustellen sein, sondern verjüngen sich von dem dicken bis zum schmalen Ende stufenförmig in zwölf gleich

langen Absätzen. Der Zweck der Spitzen ist der, den Ständern eine genügende Länge zu geben, ohne zugleich das Gewicht des oberen Teiles erheblich zu vergrößern.

Das erste Jahr kommt die Spitze unmittelbar auf die 4 m lange



**Fig. 2.**

**Fig. 3.**

Fig. 2. Neu aufgestellter Akkumulationsmesser aus Stahlröhren.

Fig. 3. Derselbe im dritten Sommer.

(Zum Teil perspektivisch, zum Teil im Durchschnitt.  $\frac{1}{60}$  der natürlichen Größe)

Röhre (Fig. 2), da die Schneeakkumulation höchstens 6 m betragen dürfte. Im folgenden Sommer finde ich nun einen größeren oder geringeren Teil der Spitze oder sogar der Röhre über dem Schnee und kann daraus die Dicke des Schneelagers berechnen. Sobald das

spezifische Gewicht nach untenstehender Methode bestimmt worden ist, wird der Ständer für das kommende Jahr hergerichtet, wie folgt. Die Spitze wird abgenommen und eine Scheibe von Eisenblech, die in der Mitte ein Loch hat, über das Rohr geschoben, um die augenblickliche Schneeoberfläche zu markieren. Danach verlängere ich die Röhre um ein ebenso dickes — je nach Bedarf — 2, 3, 4 etc. *m* langes Stück, auf dessen oberes Ende die Spitze wieder aufgesteckt worden ist.

Im dritten Sommer ist natürlich die Blechscheibe im Schnee begraben (Fig. 3), aber die durch Graben oder Sondieren zu ermittelnde Tiefe, in welcher sie liegt, entspricht offenbar der Dicke der Schneeschicht des verflossenen Jahres. Diese Beobachtungen scheinen mir beliebig lange fortgesetzt werden zu können, wenn man nur jeden Sommer die Röhre genügend verlängert und eine neue Scheibe zum Markieren der jedesmaligen Schneeoberfläche des Sommers auflegt. Die einzelnen Jahresschichten des Schnees werden in dieser Weise zwischen zwei Eisenscheiben eingeschlossen und mit dem Ständer in die sich häufenden Schneemassen begraben werden. Doch fehlen noch genügende Erfahrungen darüber, wie lange die Kontinuität der Beobachtungen ohne größere Schwierigkeiten beibehalten werden kann.

Die von mir benutzten Röhren haben einen Durchmesser von 32 *mm* und eine Wandstärke von 1·2 *mm*. Die Wandstärke der Spitzen am dicken Ende ist 0·9 *mm*. Bei einer Länge von nicht mehr als 6 *m* dürften diese Ständer auch den heftigsten Stürmen widerstehen können. Wenn mit Raufrost stark beladen, könnten sie aber von einem Sturm abgebrochen werden. An Stellen mit starker Raufrostbildung sind daher größere Ständer zu nehmen.

Wenn ich mit diesen Bestimmungen die Ermittlung der an der betreffenden Stelle sich mit dem Gletscher vereinigenden Quantität des Niederschlages bezwecke, muß ich auch Bestimmungen über die Dichte des Schnees ausführen. Nachdem die Dicke der Schicht ermittelt ist, lasse ich deswegen eine hinlänglich tiefe Grube mit einem Spaten graben, was übrigens eine ziemlich mühsame Arbeit ist. Eine 2 *m* tiefe Grube erfordert etwa eine Stunde Arbeit eines Mannes. Aus den Wänden der Grube nehme ich mit einem Zylinder von starkem Eisenblech, der etwa 6·5 Liter hält, Proben des Schnees, die mit einer Federwaage gewogen werden. Derselbe Zylinder wird auch leer und mit Wasser gefüllt gewogen und danach wird das spezifische Gewicht berechnet.

Ich lasse hier einige im Akkumulationsgebiete des Mikagletschers ausgeführte Bestimmungen der Dicke und Dichte der im Sommer liegenbleibenden Schneeschicht folgen, da ähnliche Angaben in der Literatur sehr selten sind.



Meereshöhe in Meter	Zeitperiode	Dicke der Schne- schicht in Meter	Tiefe der Probe in Meter	Spezifisches Gewicht der Probe	Entsprechende Wasserrhöhe der Schneeschicht in Meter
1500	4. Aug. 1900 bis 25. Aug. 1901	1·16	—	{ etwa wie in 1490 m für die- selbe Periode	0·63
1500	25. Aug. 1901 bis 2. Sept. 1902	2·10	{ 0·0 1·0 2·0	{ 0·524 0·566 0·588	1·18
1490	4. Aug. 1900 bis 25. Aug. 1901	1·03	{ 0·0 0·5 1·0	{ 0·332 0·595 0·591	0·56
1490	25. Aug. 1901 bis 2. Sept. 1902	1·90	—	{ etwa wie in 1500 m für die- selbe Periode	1·06
1410	4. Aug. 1900 bis 25. Aug. 1901	1·24	{ 0·0 0·5 1·0	{ 0·423 0·554 0·565	0·67
1410	2. Sept. 1902 bis 29. Juli 1903	4·51	{ 0·5 1·0 2·0	{ 0·593 0·578 0·633	2·8
1340	2. Sept. 1902 bis 29. Juli 1903	2·35	{ 0·5 1·5	{ 0·578 0·597	1·38

Noch am Ende des Sommers übersteigt die Dichte des Schnees auch in der Tiefe von 2 m kaum 0·6. Auf den lappländischen Gletschern bildet sich also im Akkumulationsgebiete in der Nähe der Oberfläche überhaupt kein Firneis.

Ich gehe jetzt zu den Ablationsbestimmungen über. Diese werden wohl nunmehr fast ausschließlich durch Messung der Abschmelzung von Bohrlöchern ausgeführt, sei es nun, daß sie durch Holzstäbe gefüllt oder leer gelassen sind. Diejenige Methode, die sich auf das allmähliche Auftragen von Eispartien, die durch schlechte Wärmeleiter geschützt sind, gründet, wird wohl nunmehr kaum angewandt, obgleich vielleicht auch mit ihrer Hilfe gute Resultate zu erhalten wären.

Das Bohren im Gletschereise hat durch die gelungenen Versuche von Blümcke und Hess in den letzten Jahren bekanntlich eine für die Gletscherforschung bedeutungsvolle Entwicklung erfahren. Diese tiefen Bohrlöcher, die außerhalb meines Erfahrungskreises liegen, sind aber eigentlich nicht für die Ermittlung der Ablation bestimmt, sondern vielmehr für Tiefлотungen. Für die Ablationsbestimmungen auf den Gletschern, die jeden Sommer wenigstens einmal besucht werden können, genügen

in Lappland Löcher von etwa 4 *m* Tiefe. Das Bohren so kurzer Löcher ist eine ziemlich einfache Sache, da aber Angaben über die praktische Ausführung der Gletscheruntersuchungen außerordentlich sparsam sind und der Anfänger in den meisten Fällen wohl nur nach mißlungenen Versuchen ein praktisches Verfahren findet, gestatte ich mir, die von mir benutzte Methode zum Bohren im Eise kurz zu erwähnen. Verschiedene Konstruktionen von Bohrern sind vorgeschlagen, wie Löffelbohrer, Spiralbohrer und Meißelbohrer; ich habe die letzteren vorgezogen, die ja auch beim Gesteinsbohren mit der Hand die gebräuchlichsten sind. Das Bohrmehl entfernt sich bei der Anwendung eines Meißelbohrers sehr gut, wenn das Loch nur mit Wasser gefüllt ist, denn bei jedem Hammerschlage spritzt es mit dem Wasser heraus.



**Fig. 4 und 5.**  
Meißelbohrer aus  
eisenbeschlagenen  
Holzstäben.  
( $\frac{1}{10}$  der natür-  
lichen Größe.)

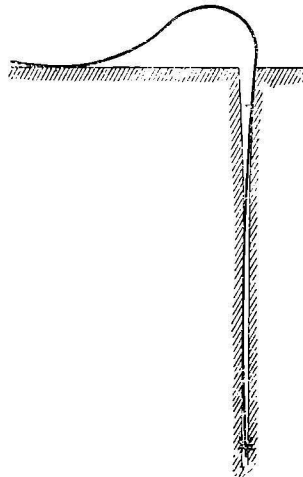
Um Gewicht beim Transport zu sparen, lasse ich diese für Bohrungen im Eise bestimmten Meißelbohrer zum größten Teile aus Holz anfertigen. Jeder Bohrer besteht aus einem Stabe von gutem Holz (z. B. der Esche), an dessen einem Ende (Fig. 5) die aus Stahl angefertigte Schneide befestigt ist, während am anderen ein stählerner Schutz gegen die Schläge des Hammers angebracht ist. Wenn der Holzstab aus ausgezeichnetem Material ist, bietet er genügende Festigkeit und Dauerhaftigkeit. Ich habe fünf Jahre lang dieselben Bohrer benutzt, ohne daß die Stäbe beschädigt worden sind, nur die Deckel, welche die Hammerschläge aufnehmen, und einige Schrauben habe ich durch neue ersetzen müssen. Für ein Loch von 4 *m* sind vier Bohrer nötig, von denen der längste 4·15 *m* lang, die übrigen um je 1 *m* kürzer sind. Der längste Bohrer muß für den Transport in zwei Teile zerlegt werden können, die nach Art der Fig. 4 mittels eines Eisenrohres wieder zusammengesetzt werden. Ein tüchtiger und des Gesteinsbohrens kundiger Mann kann nach dieser Methode ein Loch von 4 *m* in einer Stunde bohren. Für tiefere Löcher als 5—6 *m* dürfte die Methode kaum brauchbar sein, denn dann würde

es gewiß zu mühsam sein, diese Bohrer mit der Hand zu drehen.

Der Boden des Loches ist der Normalpunkt für die Ablations-

bestimmungen. Dieser Punkt kann sich verrücken, zum Beispiel wenn sich der untere Teil des Loches unter dem Drucke des Eises verschließt, dann hebt sich der Boden, oder wenn das Loch kurz ist und voll Wasser steht, dann kann durch Konvektionsströmungen das warme Wasser der Oberfläche den Boden des Loches schmelzen und merkbar senken. Zur Vermeidung des ersteren Übelstandes werden von anderen Gletscherforschern, wie Held am Rhonegletscher, Blümcke und Hess am Hintereisferner, Holzstäbe in die Löcher gesteckt. Wenn man aber den Boden des Loches belastet, tritt auch eine Schmelzung daselbst ein, denn der Druck erniedrigt den Schmelzpunkt. Besonders tritt diese Fehlerquelle hervor, wenn die unteren Enden der Stäbe aus wärmeleitendem Material, wie Eisen, bestehen. An die Kontakt-

Fig. 6.



Bohrloch mit Rotang, zum Teil herausgeschmolzen.

stelle, wo die Temperaturerniedrigung stattfindet, wird dann immerfort Wärme geleitet und dadurch die Schmelzung beschleunigt. Um allen Druck am Boden des Loches zu vermeiden, stecke ich in das Loch statt eines massiven Stabes einen hinlänglich langen, aber nur 3—4 mm dicken Rotang (Fig. 6), an dessen unterem Ende Stückchen von steifem Stahldraht befestigt sind, die als Widerhaken dienen und den Rotang, der mit Hilfe des längsten Bohrers in das Loch eingeführt wird, an einem bestimmten Punkte festhalten. Der dünne Rotang drückt nicht merklich, weil der herausgeschmolzene Teil sich wie eine Schnur auf die Oberfläche des Eises legt. Wenn sich der Boden des Loches durch Schmelzen senken sollte, so hat das bei dieser Anordnung wenig zu bedeuten, da die Drähte den Rotang festhalten, wenigstens bis das

Loch so stark abgeschmolzen ist, daß es nicht mehr für die Ablationsbestimmungen verwendbar ist.

Die Bambusrohre, Stahlröhren oder Holzstäbe im Akkumulationsgebiete können natürlich auch zu den Bestimmungen der Bewegungsgeschwindigkeit daselbst gebraucht werden. Dazu kann man ebenfalls die Bohrlöcher des Abschmelzungsgebietes benutzen, wenn sie nur genau vertikal gebohrt sind. Da die Bohrlöcher abschmelzen und an ihrer Seite jährlich neue gemacht werden, so müssen dann auch die Fixpunkte der Geschwindigkeitsmessungen jährlich versetzt werden, was unbequem ist. Gewöhnlich hat man auch von den Geschwindigkeitsbestimmungen verlangt, daß sie an möglichst vielen Punkten angestellt werden sollen und deshalb fast immer nur möglichst einfache Marken, deren Anordnung weder kostspielig noch zeitraubend ist, als erkennbare Punkte auf dem Eise verwendet.

Die häufigsten dieser bei Geschwindigkeitsbestimmungen im Abschmelzungsgebiete angewandten erkennbaren Marken sind wohl durch Farbe bezeichnete Steine. Solche benutzte ich auch im Anfange meiner Untersuchungen. Die Messungen selbst führte ich in der Weise aus, daß ich jedesmal mit einem Distanzmesser und einer Latte eine Karte der von den Steinen gebildeten Linie und der in den Gebirgswänden angeordneten Fixpunkte im Maßstabe 1 : 5000 ausführte. Ich fand aber bald, daß ich mit dieser Methode keine genauen Resultate bekommen könnte. Als Beispiele führe ich hier die Messungen an einer auf dem Mikagletscher ausgelegten Steinlinie an.

I Stein- Nummer	II Entfernung vom linken Gletscher- ufer	III Zurückge- legter Weg vom 3. Aug. 1895 bis zum 20. Aug. 1897	IV Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel	V Zurückge- legter Weg vom 28. Juli bis zum 20. Aug. 1897	VI Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel
	m	m	cm	m	cm
1 . . . .	0	3·5	0·5	—	—
2 . . . .	61	14·2	1·9	1·7	7·4
3 . . . .	101	23·5	3·2	2·0	8·7
4 . . . .	152	31·2	4·2	2·2	9·6
5 . . . .	200	38·0	5·1	1·7	7·4
6 . . . .	253	44·5	6·0	2·5	10·9
7 . . . .	298	49·2	6·6	3·2	14·0
8 . . . .	348	53·5	7·2	3·7	16·1
9 . . . .	392	56·5	7·6	4·2	18·3
10 . . . .	427	56·5	7·6	3·5	15·2
11 . . . .	488	55·5	7·5	2·0	8·7
12 . . . .	526	56·0	7·5	2·0	8·7
13 . . . .	580	56·0	7·5	2·7	11·7

I	II	III	IV	V	VI
Stein- Nummer	Entfernung vom linken Gletscher- ufer	Zurückge- legter Weg vom 8. Aug. 1895 bis zum 20. Aug. 1897	Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel	Zurückge- legter Weg vom 28. Juli bis zum 20. Aug. 1897	Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel
	m	m	cm	m	cm
14 . . . .	631	52·5	7·1	2·9	12·6
15 . . . .	682	52·5	7·1	3·0	13·0
16 . . . .	728	50·0	6·7	3·0	13·0
17 . . . .	779	47·0	6·3	3·5	15·2
18 . . . .	834	43·0	5·8	3·0	13·0
19 . . . .	833	33·5	4·5	—	—
20 (am rechten Ufer)	973	3·0	0·4	—	—

Die vierte Kolonne enthält die Durchschnittsgeschwindigkeiten zweier Jahre, die sechste aber nur die von 23 Sommertagen. Wenn wir diese Kolonnen vergleichen, finden wir, daß die Jahresmittel von den Ufern aus nach der Mitte hin anwachsen, daß die Werte für den Sommer aber nicht nur größer als die Jahresmittel, sondern auch viel unregelmäßiger sind. Infolgedessen entstand bei mir der Gedanke, daß die Steine im Sommer an der Eisoberfläche mehr oder weniger abwärts glitten. Ich legte deshalb an derselben Stelle eine neue Linie von Steinen aus, in der jeder Stein auf einem Dreifuß von Stahldraht (Fig. 8) befestigt war, welcher das Gleiten desselben verhindern sollte. Außerdem verbesserte ich die Messungsmethode, indem ich außer der graphischen Aufnahme auch genaue Winkelmessungen mit einem Universalinstrument vom Endpunkte der Linie ausführte. Die Resultate dieser Bestimmungen waren folgende:

I	II	III	IV	V	VI
Stein- Nummer	Entfernung vom linken Gletscher- ufer	Zurückge- legter Weg zwischen 25. Juli 1899 und 30. Juli 1901	Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel	Zurückge- legter Weg zwischen 30. Juli und 25. Aug. 1901	Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel
	m	m	cm	m	cm
19 . . . .	50·5	11·77	1·602	0·39	1·48
18 . . . .	106·0	22·13	3·011	0·73	2·80
17 . . . .	138·0	28·15	3·830	0·895	3·44
16 . . . .	186·0	36·66	4·988	1·29	4·97
15 . . . .	232·0	43·28	5·839	1·71	6·59
14 . . . .	279·5	48·14	6·550	1·92	7·37
13 . . . .	330·0	52·55	7·149	1·82	6·99
12 . . . .	382·0	54·89	7·468	2·035	7·83
11 . . . .	417·0	56·17	7·643	2·11	8·10
10 . . . .	473·0	56·73	7·719	1·95	7·49
9 . . . . .	534·0	56·73	7·718	2·29	8·80

I	II	III	IV	V	VI
Stein- Nummer	Entfernung vom linken Gletscher- ufer	Zurückge- legter Weg zwischen 25. Juli 1899 und 30. Juli 1901	Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel	Zurückge- legter Weg zwischen 30. Juli und 25. Aug. 1901	Zurückge- legter Weg pro Tag im Mittel
	<i>m.</i>	<i>m</i>	<i>cm</i>	<i>m</i>	<i>cm</i>
8 . . . .	575·5	55·73	7·582	2·16	8·29
7 . . . .	623·0	53·62	7·295	2·03	7·81
6 . . . .	661·5	51·56	7·015	1·90	7·30
5 . . . .	715·0	48·61	6·613	1·73	6·64
4 . . . .	777·5	44·75	6·089	1·595	6·13
3 . . . .	845·5	38·71	5·266	1·39	5·36

Die neue Linie wurde 1899 ausgelegt, aber wegen ungünstiger Schneeverhältnisse mußte ich zwei Jahre warten, bis ich Gelegenheit bekam, in demselben Sommer zwei Messungen ausführen zu können; schließlich gelang es indessen Ich bekam nun als Jahresmittel viel regelmäßiger Werte als vorher, was besonders bei der graphischen Darstellung der Resultate hervortritt. Für den Sommer ist der Unterschied noch größer. Auch ein anderer Umstand ist auffallend. Wenn ich Steine ohne Sperrvorrichtungen benutzte, bekam ich für den Sommer bedeutend größere Bewegungsgeschwindigkeiten als für das Jahr im Mittel. Die Steine mit Sperrvorrichtungen gaben aber ziemlich gleiche Werte für den Sommer wie für das Jahr.

Offenbar hing dies davon ab, daß die Steine ohne Sperrvorrichtungen im Sommer auf dem Eise etwas abgerutscht waren. Die einzelnen Steine sind dabei verschieden weit geglitten, deshalb bekam ich sowohl größere als auch unregelmäßigere Werte für den Sommer als für das ganze Jahr. In den Jahresmitteln treten diese Unregelmäßigkeiten nicht hervor, weil die Steine im Winter festgefroren liegen. Die Winterszeit ist im Gebiete der lappländischen Gletscher lang und kann bis auf 9—10 Monate veranschlagt werden. Die Fehler, welche das Gleiten auf dem Eise verursacht, üben deshalb auf die Werte für das ganze Jahr bei weitem keinen so großen Einfluß wie auf die Bestimmungen des Sommers. Mit lose liegenden Steinen kann man also zwar nicht genaue, aber doch immerhin recht gute Werte der mittleren Bewegung erzielen. Gilt es aber die Bestimmung der Geschwindigkeiten des Sommers, so geben sie beinahe wertlose Resultate. Die Ungenauigkeit, die von der eigenen Bewegung der Steine herrührt, ist natürlich bei langsam fließenden Gletschern, wie es die lappländischen sind, verhältnismäßig beträchtlicher als bei den großen Alpengletschern. Bei sehr geneigter Oberfläche dürfte auch das selbständige Gleiten der Steine beträchtlicher sein als bei flacherer.

An der betreffenden Steinlinie auf dem Mikagletscher war die mittlere Neigung nur etwa  $6^{\circ}$ , im einzelnen war aber die Oberfläche sehr unregelmäßig und zeigte alle möglichen Neigungswinkel.

Wie bekannt, haben viele ältere Bestimmungen eine bedeutend größere Geschwindigkeit für die Sommermonate gegeben. Die Herren Blümcke und Hess<sup>1)</sup>, die aus theoretischen Gründen zu der Ansicht gelangt sind, daß jeder Punkt eines stationären Gletschers seine Geschwindigkeit nicht mit den Jahreszeiten ändert, suchen die Erklärung der älteren Angaben in der Ungenauigkeit der Messungen selbst. Ich glaube dagegen, daß das Gleiten der Marken im Sommer die wesentlichste Ursache ist.

Mehrere Gletscherforscher haben jedoch beiläufig bemerkt, daß die Steine auf dem Gletscher nicht still liegen, sondern eine eigene Horizontalbewegung erkennen ließen. Blümcke und Hess<sup>2)</sup> erwähnen es auch und erklären diese Tatsache durch die Annahme, daß



Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Verhalten von Steinen und Blechplatten auf einer geneigten und abschmelzenden Eisoberfläche.

die Steine bisweilen Gletschertische bildeten und beim Herabrollen von den Eissäulen kleine Horizontalverschiebungen erlitten. Diese Erklärung trifft aber bei den lappländischen Gletschern nicht zu. So kleine Steine bilden hier keine Gletschertische, sondern schmelzen um sich herum ein Grübchen aus. Am Boden dieses Grübchens gleiten sie aber abwärts (Fig. 7) und liegen also der niedrigeren Wand näher, wo sie den Schmelzungsprozeß beschleunigen.

Reid<sup>3)</sup> erwähnt auch das Tischen der Steine und schlägt die Benützung von Blechplatten statt der Steine vor, vielleicht weil die Blechplatten keine Gletschertische bilden würden. Gleichzeitig mit den oben angeführten Versuchen der Sperrvorrichtungen unter den Steinen machte ich auch einige Versuche mit Blechplatten, die in der Nähe

<sup>1)</sup> Untersuchungen am Hintereisferner. Wissensch. Ergänzungsb. d. Deutsch. und Österr. Alpenvereines, Bd. I, 2, Seite 45.

<sup>2)</sup> l. c. Seite 49.

<sup>3)</sup> Journal of Geology, Bd. III (1895), Seite 287.

der Steine ausgelegt wurden. Die Versuchsperiode umfaßt die Zeit vom 5. August 1900 bis zum 30. Juli 1901. Beobachtungen an gewöhnlichen Steinen wurden ebenfalls ausgeführt. Die Länge des Weges, um welche diese Steine und die Blechplatten während der angegebenen Zeit den Steinen mit Sperrvorrichtungen vorangeilt waren, ist folgende:

Stein der Reihe auf den Seiten 759 und 760	Stein ohne Sperrvorrichtung	Blechplatte
Nummer	<i>m</i>	<i>m</i>
11 .	0·1	0·0
9 . . .	0·3	0·7
8 . . . .	0·3	1·3
7 . . . .	0·4	2·0
6 . . . .	0·3	3·0
5 . . . .	1·0	8·7
3 . . . .	0·3	1·0

Die gewöhnlichen Steine waren also etwa 0·1—1·0 *m*, die Blechplatten 0·0—8·7 *m* weiter abwärts getrieben als die Steine mit Sperrvorrichtungen. Die Blechplatten geben daher ein noch weniger genaues Resultat als die gewöhnlichen Steine. Dies dürfte davon abhängen, daß die Platten, weil flach und eben, noch leichter als die Steine in den Schmelzgrübchen weiter gleiten. Tatsächlich schneiden sie sich sogar schief in der Richtung der Neigung ins Eis ein, etwa wie die Fig. 9 zeigt.

Es ist offenbar zweckmäßig, daß die Unterseite möglichst uneben ist. Darauf beruht ebenfalls der Vorteil, welchen die Steine mit den Drahtfüßen darbieten; ein vollkommenes Resultat geben jedoch auch diese nicht, sondern sie gleiten ebenfalls etwas an der Oberfläche abwärts. Dies beweisen folgende Vergleichen mit Bohrlöchern, die am 1. August 1901 an der Steinlinie neben einigen von den Steinen gebohrt wurden. Nach Verlauf von 24 Tagen hatten sich die Steine um folgende Wegstrecken von der Linie der Bohrlöcher entfernt:

Stein mit Sperrvorrichtung	Abgleiten in 24 Tagen
Nummer	<i>m</i>
3 . . .	0·0
7 . . .	0·0
11 . . . .	0·15
17 . . .	0·2

Zwei von den Steinen waren also an der Linie liegen geblieben, die beiden übrigen 15—20 *cm* abgeglitten. Von wirklich genauen Bestimmungen der sommerlichen Geschwindigkeiten kann also auch



bei dieser Methode nicht die Rede sein. Diese kleinen Fehler sind in der Tat groß genug, um die Ungleichmäßigkeiten in der fünften und sechsten Kolonne der Tabelle auf den Seiten 759 (unten) und 760 zu erklären. Die für den Sommer gefundene geringe Vergrößerung der Bewegungsgeschwindigkeit liegt ebenfalls vollständig innerhalb der Fehlergrenzen. Damit darf es auch als nicht sicher bewiesen angesehen werden, daß die Bewegungsgeschwindigkeit im Sommer wirklich größer als im Winter sei. Ein geringer Unterschied in dieser Richtung dürfte wohl doch vorliegen.

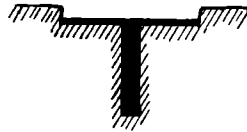


Fig. 10.

Alle obenerwähnten, auf das Eis gelegten Marken haben also für den Sommer ein mehr oder weniger falsches Resultat gegeben. Dies ist auch sehr natürlich, denn auf der schiefen Unterlage muß immer eine Komponente entstehen, die die Marke in der Richtung der Neigung abwärts führt. Es ist sogar ein kleines Problem, eine Form oder eine Konstruktion zu finden, welche die eigene Bewegung relativ zum Eise beseitigen könnte. Ich habe die Lösung in folgender Weise gesucht:

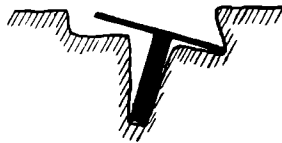
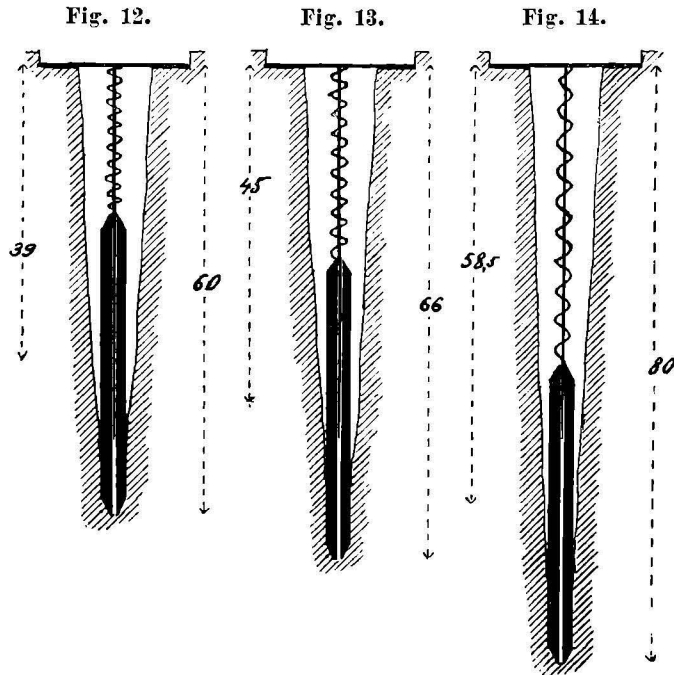


Fig. 11.

Wenn wir eine Platte aus Eisenblech auf eine horizontale, abschmelzende Eisoberfläche legen, so schmilzt sie wohl ziemlich genau vertikal ein. Nun könnte man glauben, daß die Platte, wenn man ein Gewicht darunter befestigte, sich vielleicht auch auf einer geneigten Eisoberfläche in der horizontalen Lage erhalten könnte. Wenn man also einen Apparat von der Form der Fig. 10 hätte, könnte man vielleicht glauben, daß die Scheibe sich hier horizontal halten und der Apparat sich genau vertikal einschmelzen würde. Das wäre aber nicht der Fall, denn der Apparat kann nicht sowohl mit der Scheibe (in horizontaler Lage) als auch mit dem Lot gleichzeitig auf dem Eise

ruhen. Wenn das in einem gegebenen Augenblicke der Fall wäre, so würde im nächsten die Schmelzung unter der Platte überhandnehmen und der Apparat auf der Spitze ruhen. Dann würde aber das Gleichgewicht sogleich labil werden und der Apparat eine schiefe Stellung einnehmen, etwa wie die Fig. 11 zeigt.

Um zu bewirken, daß die Scheibe immer gleichzeitig mit dem Lot auf das Eis drücken und dabei ein stabiles Gleichgewicht erhalten bleiben kann, habe ich mir folgende Konstruktion als eine mögliche Lösung der Frage gedacht. Es sei die Scheibe (vergl. Fig. 12—14)



mit dem Lote nicht fest verbunden, sondern das Lot senkrecht zur Scheibe beweglich und an einer Spiralfeder unter derselben aufgehängt. Durch die Spiralfeder wird die Last, mit welcher der Apparat auf das Eis drückt, auf die Unterlage der Scheibe und die Spitze verteilt. Es seien das Gewicht des Lotes  $4\text{ kg}$ , das der Scheibe  $0.1\text{ kg}$ , die Länge des Lotes  $40\text{ cm}$ , der Abstand zwischen Scheibe und Lot bei ungespannter Feder  $20\text{ cm}$ , dagegen  $40\text{ cm}$ , wenn die ganze Last des Lotes auf der Feder ruht. Das Gewicht der Feder selbst und des im Lote beweglichen Stieles seien hier der Einfachheit wegen unberücksichtigt gelassen.

gebietes jedoch zuverlässige dauernde Marken sehr erwünscht, da eine Verrückung der zu den Messungen dienenden trigonometrischen Punkte sehr lästig ist.

---

Die hier mitgeteilten Methoden und Erfahrungen hinsichtlich der Untersuchungen der Gletscher haben ihre Anwendung hauptsächlich in den Gegenden, wo sie gemacht worden sind. In Gegenden mit ganz anderen klimatischen Verhältnissen, wie in den Alpen, dürften sie vielleicht zum Teil nicht zweckmäßig sein. Aber in manchen anderen Teilen der Erde könnten sie vielleicht wieder Anwendung finden.

---

Wenn das Lot in ein ins Eis gebohrtes Loch gebracht wird, so daß die Scheibe auf der Eisoberfläche ruht, können folgende Grenzfälle des Gleichgewichts entstehen.

Sobald die Feder gar nicht gespannt ist, wie Fig. 12 darstellt, ruht der Apparat auf der Spitze des Lotes. Die ganze Länge ist dann 60 *cm*, der Unterstützungspunkt befindet sich also in dieser Tiefe unter der Scheibe. Der Schwerpunkt des Apparats liegt aber in 39 *cm* Tiefe, also 21 *cm* höher als der Unterstützungspunkt. Dieses Gleichgewicht ist somit labil und der Apparat würde sich bald schräg stellen.

Wenn die Feder 6 *cm* ausgezogen ist, wie die Fig. 13 darstellen soll, so lastet 1·2 *kg* des Lotes auf der Scheibe, die übrigen 2·8 *kg* auf der Spitze des Lotes. Der Aufhängepunkt des Systems befindet sich dann in 45 *cm* Tiefe und fällt mit dem Schwerpunkte zusammen. Die Stellung des Apparats ist nun nicht mehr labil, sondern indifferent; wegen der Friktion der Scheibe gegen das Eis dürfte sie doch als stabil angesehen werden können.

Wenn zuletzt, wie in der Fig. 14 dargestellt ist, die Feder um 20 *cm* verlängert worden ist, dann zieht die ganze Schwere des Lotes an der Scheibe. Der Aufhängepunkt des Systems befindet sich also an der Oberfläche, während der Schwerpunkt in 58·5 *cm* Tiefe liegt. Das Gleichgewicht des Apparats ist deshalb vollkommen stabil.

In allen Zwischenlagen zwischen denjenigen, welche die Fig. 13 und 14 darstellen, ist auch das Gleichgewicht stabil. Das Lot strebt dann immer, die Scheibe in horizontaler Stellung zu halten, und der ganze Apparat dürfte sich dabei vollkommen vertikal ins Eis einschmelzen. Daß er nicht tief einschmilzt, besorgt die Scheibe. Da der Schmelzprozeß unter dem Lote durch den Druck desselben befördert wird, dürfte die Feder einigermaßen gespannt und der ganze Apparat stabil gehalten werden.

Noch fehlt aber eine genügende praktische Prüfung des oben angeführten Vorschlages. Bei einer solchen dürfte sich wahrscheinlich herausstellen, daß die Fähigkeit des Lotes, sich einzuschmelzen, nicht groß genug ist, um eine gute Funktion des Apparats auch auf den schnell abschmelzenden unteren Teilen der Gletscherzunge zu erlauben. Ehe eine genügende praktische Prüfung vorliegt, kann die Methode natürlich nicht empfohlen werden. Für genaue Messungen der Bewegungsgeschwindigkeit zu verschiedenen Jahreszeiten sind also bis auf weiteres nur vertikale Bohrlöcher zu verwenden. Weil die Löcher ja bald vollständig abschmelzen und danach unmöglich wiederzufinden sind, wären für die Geschwindigkeitsbestimmungen des Abschmelzungs-

# Das Naphthavorkommen von Borysław in seinen Beziehungen zum geologisch-tektonischen Bau des Gebietes.

Von Ing. Claudius Angermann.

Mit 5 Tafeln (einer Situationsskizze, 4 Durchschnitten) und einer schematischen Figur im Text.

Die größte Naphthagrube von Mitteleuropa, welche gegenwärtig pro Monat zirka 5000 Zisternenwagen à 10.000 *kg* Erdöl liefert, hat in den Fachkreisen ein gebührendes Aufsehen erregt. Es dürfte deswegen von Interesse sein, die dortigen geologisch-tektonischen Verhältnisse näher kennen zu lernen.

Die tertiären gebirgsbildenden Bewegungen haben in den Nordkarpathen ansehnliche, 100 bis 150 *km* breite Faltungen zurückgelassen, welche eine Menge mit Naphtha gefüllter Spalten in sich bergen.

Dieser Reichtum an Naphthalinien, die ein halbes Jahrhundert bestehende Exploitation, stets vorschreitende Bohrtechnik und eifrige Bohrlust haben Galizien zu einem Lande gemacht, welches wie geschaffen erscheint, das Naphthavorkommen wissenschaftlich aufzuklären. So wurden hier die guten und erfolglosen Bohrstellen in tektonisch-geologischer Hinsicht studiert, die Erfahrungen gesammelt und auf Grund dieser Ergebnisse wurden zum erstenmal gewisse Grundsätze aufgestellt.

Die bisher geltende Annahme, daß die Sedimentschichten gar keine freien Räume zurückgelassen haben, wurde als eine unrichtige bewiesen und das Aufsuchen der Spalten wurde zu einem rationellen Studium der jüngsten Tochter der geologischen Wissenschaft, „der Naphthageologie“, gemacht. Man kann heute auf Grund der geologisch-tektonischen Studien reichere und ärmere Spaltenzüge: „die Naphthalinien“, unterscheiden und gerade Borysław muß als ein lehrreiches Beispiel angesehen werden. Der hiesige Naphthareichtum ist

durch die geologisch-tektonischen Verhältnisse vollkommen aufgeklärt, was ich mir in kurzen Worten vorzubringen erlaube.

Zu meinen Studien habe ich die folgenden Anhaltspunkte gehabt: die natürlichen Aufdeckungen, die Wachsgruben und eine große Reihe von Bohrungen, von welchen manche bis 1000 m Tiefe erreicht haben.

Eine speziell hierzu angefertigte Situationskarte im Maßstabe 1:1000 (Vgl. Pl. I) von dem ganzen Gebiete diente zur Markierung der Schächte etc.

Die Aufdeckungen werden bei der Beschreibung der tektonischen Verhältnisse angeführt, bezüglich der Bohrungen muß ich jedoch einige Worte vorausschicken. Diese Bohrungen, von denen etwa 200 durchgeführt wurden, haben Daten geliefert, welche reich an der Zahl sind, jedoch in qualitativer Beziehung viel zu wünschen übrig lassen. Die galizisch-kanadischen Bohrapparate liefern keine Kerne, deswegen kann das Beobachten der durchbohrten Schichten nicht absolut genau sein. Trotzdem liefern die Bohrrapporte und die herausgebrachten Steinstücke ein wichtiges Material, aus welchem man bei einiger Routine vieles entnehmen kann. Manche Stellen, wie der Übergang vom weichen Schiefer zum harten Sandsteine, starke Schiefer- und Sandsteinpartien, die Gase, Naphthaspuren und Ausbrüche, drückende und schüttende Stellen wird ein jeder Bohrmeister vormerken und schon diese Vormerke nebst den gesammelten Steingattungen geben viele Anhaltspunkte zum Studium. Wenn man zwei neben einander gemachte Bohrungen vergleicht, wird man finden, daß eine gewisse Anzahl der auf diese Weise angemerkten Stellen jeweilig in einer und derselben harmonischen Reihenfolge erscheint. Jene Stellen sind die Anhaltspunkte, welche zugleich auch die Neigung der Schichten klarlegen.

Eine so gemachte Zusammenstellung der nebeneinander befindlichen Bohrungen gibt das Gerüst für die Querschnitte, und die am meisten markanten Schichten werden schon in der Skizze hervortreten.

Andere weniger mächtige Schichten werden auf die Weise ausgesucht, daß man aus einer größeren Anzahl von dergleichen Stellen die am meisten vorgemerkten herausfindet. Wenn zum Beispiel auf vierzig Bohrrapporte dreißig einen Sandstein konstatieren und der Rest lauter Schiefer vorgemerkt hat, so wurde der Sandstein als ein tatsächlich bestehender betrachtet und eingezeichnet. Die Aufdeckungen müssen mit den Ergebnissen der Bohrungen vollkommen im Einklange sein, wenn die gemachten Querschnitte der Wahrheit entsprechen sollen. So hat man eine Kontrolle der Arbeit. Auf diese Weise wurde das dortige Bohrmaterial vorbereitet und durchstudiert, was wohl eine Arbeit von einem halben Jahre gewesen ist.

Im südlichen Teile von Boryslaw, oberhalb des Friedhofes, treten unverkennbar deutliche Menilitschiefer, schwarze schuppige Schichten mit schwachen Einlagen von schwarzen Hornsteinen zu Tage. Das miocäne Alter der Erdölschichten von Boryslaw wurde früher als eine Tatsache allgemein angenommen, obwohl Beweise fehlten; die Aufdeckungen zeigen so deutlich die typischen Menilite und die darunter liegenden sogenannten eocänen Schichten, daß nunmehr wohl kein Zweifel über das Alter sein kann. Die Menilitschiefer werden allgemein als oligocän angesehen, der Mangel an Fossilien erlaubt jedoch diese Frage heute noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Unter den Meniliten liegt eine Partie von etwa 500 *m* Mächtigkeit von grünlichgrauen Schiefen, mit ganz schwachen Sandsteinen wechselagernd, welche als das Eocän des nördlichen Karparthenrandes anzusehen wäre.

Darunter folgt ein 200 *m* starker Komplex von schwarzen harten Schiefen, mit stärkeren Sandsteinen vergesellschaftet, welcher die ersten Naphthazuflüsse liefert. Selbstredend kommen jene Zuflüsse nur aus den Sprüngen in den Sandsteinen, da die plastischen Schiefer zur Spaltenbildung weniger geeignet sind. Unter diesem Komplex wurde ein zirka 100 *m* starker Sandstein mit ganz unbedeutenden schwarzen Schieferschichtchen durchbohrt, welcher den reichen Haupthorizont von Boryslaw darstellt.

Dieser Sandstein ist mit dem mächtigen Jammasandsteine, auch Ruinensandstein genannt, identisch, welcher in Schodnica, Bóbrka—Rawne, Kryg usw. die größten Ölmengen geliefert hat.

Zu den tektonischen Verhältnissen übergehend, fange ich im Norden bei den Erdwachsgruben an. In den Wachsgruben von Wolanka der galizischen Kreditbank und des französischen Konsortiums hat man eine Antiklinale (*AB*) konstatiert, welche von SO gegen NW in der gewöhnlichen Karpathenrichtung streicht. Der nördliche Abhang hat ein Fallen von zirka 40°, der südliche ein variables (*B* Schnitt I, II). Hier und da in den Wachsgruben gefundenes steiles nördliches Fallen entspricht einem parallel verlaufenden Schliff der Abrutschung und keiner Lagerfläche der Schichten.

Die nördlich angelegten Bohrschächte Nr. 8 und 12 der Aktiengesellschaft für Naphthaindustrie waren trotz bedeutender Tiefe trocken. Im Scheitel der Antiklinale, wo sich ergiebige Spalten befinden dürften, wurden bis nun keine Bohrungen gemacht, und zwar aus dem Grunde, weil gerade hier das verbaute Zentrum des Städtchens Boryslaw sich erstreckt.

Längs dem ganzen Rücken der Antiklinale von Wolanka SO bis

NW zur Grube der Herren Styber und Zeitleben bestanden früher kleine Wachsgruben, welche die Ausfüllung der Spalten aus Tiefen bis 200 *m* exploitiert haben.

Diese Naphthagrube der Herren Styber und Zeitleben (*A*) ist der Knotenpunkt von ganz Boryslaw, hier macht die Antiklinale eine Wendung gegen Süden nach Rotoczyna um zirka 40°.

(*C* Situation und Schnitt III.) In den Spalten der Antiklinale liegen die guten Naphthabohrungen Nr. 2, 3, 4, 7, 18, 19, 20, 24, 26, 31, 32, 38, 46, 47 der Galizischen Karpathen-Aktiengesellschaft, Nr. 8, 10, 14 Mecinski, Płocki, Sroczynski, Suszycki.

Diese Abbiegung der Antiklinale mußte einen Einfluß auf die Verteilung der Spalten und auf den tektonischen Bau der im Süden befindlichen Schichten ausgeübt haben, da die gewaltige Kubatur der im Süden angrenzenden Schichten zusammengedrückt wurde und mußte einen Weg nach oben suchen. Auf diese Weise wurde von der Bruchstelle der Antiklinale (*A*) ein dritter Sattel nach Süden hinaufgepreßt (*AD* Situation, *D* Schnitte). Derselbe läuft in der Richtung des Tysmienicaflusses quer zur Kosciuszkostraße gegen das Dorf Mraznica zu, über die Bohrlöcher Nr. 7 Perkins, M. Kintos, Nr. 35, 36 der Galizischen Karpathen-Naphthagesellschaft, Nr. 1, 4 Mecinski-, Płocki-, Sroczynski-, Suszycki-Grube, Nr. 6, 15 Galizische Sparkasse, Nr. 2, 3, 5, 6 Dr. Freund Nr. 1, Syndikatgrube, Klaudiusgrube usw.

Das Tysmienicatal hat sein Bestehen der Antiklinale zu verdanken, weil hier die Erosion des Wassers leichter vor sich gegangen ist.

Über den Bau jener Antiklinale gibt ein Aufschluß am linken Tysmienicaufer, gegenüber der Grube des Dr. Freund eine Aufklärung.

(Querschnitt I, *D*.) Auf zirka 150 *m* Länge sieht man hier folgende Verhältnisse: Hinter Nr. 6 der Aktiengesellschaft für Naphthaindustrie liegen gelb verwitternde weiche Sandsteinbänke in der Lage 345° 70° S, etwa 20 *m* weiter nördlich 346° 60° S, nachher eine kleine Partie lotrecht aufgerichteter Sandsteine und Schiefer, wonach wieder ein flacheres, 35–45° Fallen gegen Süden (22–25° in der Schnittfläche, Querschnitt I *D*) folgt. Einige Meter weiter sind stark zusammengepreßte Schiefer, nachher folgt wieder ein 50° nördliches Fallen, welches sofort in ein 65° südliches übergeht. Die Bohrlöcher Nr. 41, 49 der Galizischen Karpathen-Aktiengesellschaft ergänzen die weiteren Verhältnisse gegen Osten.

Das Angeführte zeigt, daß hier die Antiklinale infolge des Hinaufpressens der Schichten im Scheitel gerissen und verschoben ist. Die



Bruchstelle ist hier mit lotrecht und steil aufgerichteten Sandsteinen und Schiefertrümmern markiert. Der weitere südliche Verlauf des Sattels im Tysmienicatale ist in dem Schnitte III (*D*) zu ersehen, wo jene Antiklinale einen mehr ruhigen Bau aufweist. Im Schnitte II (*D*) ist der NW-Abhang des Sattels am weitesten gegen Mraźnica zu sichtbar, der SO-Abhang ist hier durch Bohrungen noch nicht klargelegt.

Außer jenem dritten, in dem nördlichen Knotenpunkte *A* beginnendem Sattel ist hier noch ein vierter kleiner Sattel entstanden, welcher ebenfalls hier seinen Ursprung genommen hat. (*AE* Situation, *E* Schnitt III.) In der Antiklinale liegen sehr gute Bohrlöcher der Gruben Perkins, M. Kintos Nr. 4, 8, die Nr. 25, 28 der Galizischen Karpathen-Aktiengesellschaft, Schacht Klaudius, Grube Sroczyński, Fibich, Etna, Feilerschacht Mikucki, Perutz, Nr. 6 Syndikatgrube Felizitas und Nr. 14 der Aktiengesellschaft für Naphthaindustrie, welche während der Exkursion der Kongreßmitglieder fontanierte und 17 Zisternenwagen Rohöl pro Tag lieferte.

Gegen Süden verflacht sich jene Antiklinale und im Schnitte I (*E*) ist dieselbe nicht mehr zu sehen.

Die vier breiten Sattelrücken bergen hier vier Reihen von reichen Spalten, welche alle in dem angeführten Knotenpunkte (*A*) zusammenmünden. Zwischen den Antiklinalen ruhen Synklinalen, welche auch spaltenreich sind, und so ist hier eine zirka 2 km<sup>2</sup> messende große Fläche mit den Naphthaspalten entstanden, welche ihr Entstehen dem Abbiegen der Antiklinale bei *A* zu verdanken haben.

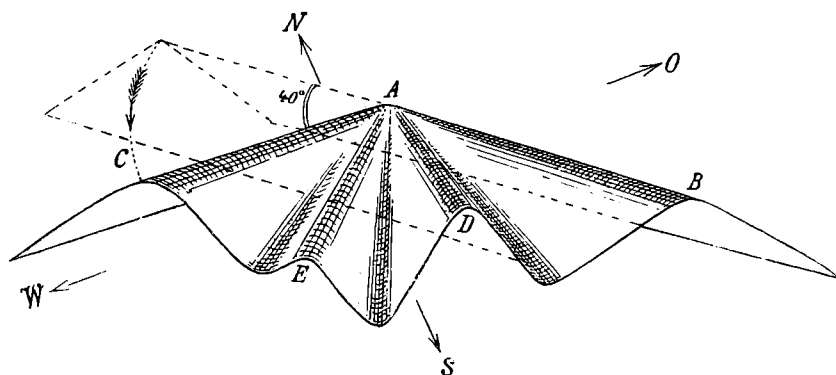
Ein Biegen der Antiklinale mußte aber auch an der Außenseite des Bruches bei *A* Spalten verursacht haben. An dieser Stelle wurden die Schichten bei der Deformation auf Zug in Anspruch genommen, somit auseinandergerissen und so sind auch an der Stelle Spalten entstanden, welche in der Tiefe Naphtha und höher oben das Erdwachs liefern.

Das Entstehen dieser tektonischen Verhältnisse läßt sich leicht auf einem entsprechend gebogenen Stück Papier demonstrieren wie die umstehend befindliche Figur zeigt.

Mit dem Angeführten wäre die NW- und NO-Grenze des produktiven Terrains gegeben, fehlt noch die SW- und SO-Grenze.

Das Relief der beschriebenen Fläche stellt eine gegen Süden schwach ansteigende Ebene von 400 m absoluter Höhe dar, welche von der Südseite mit der Horodyszczce—Ratoczynekette (646 - 720 m) abgeschlossen ist. Mehrere von diesen Bergen fließende Bäche geben reiche Aufschlüsse, nach welchen jener Teil von Boryslaw auch ohne Bohrungen studiert werden kann. Gehen wir entlang dem in der Mitte des Terrains (*EA*) fließenden Bache.

Unterhalb des Schachtes Nr. 3 Anglo Galizian treten deutliche Menilitschiefer (schwarze schuppige Schiefer mit Hornsteinlagen) in der Lage  $335^{\circ} 10^{\circ} S$ , somit beinahe horizontal auf. 40 m gegen Süden ist die Lage  $110^{\circ} 35^{\circ} S$  und auf der Grube Parana die Lage  $315^{\circ} 15^{\circ} S$ . Auf einer Stelle sieht man einen kleinen Schichtenabbruch (V Schnitt I). Bei der Abzweigung des Feldweges gegen Süden sind die Menilitschiefer in der Lage  $330^{\circ} 30^{\circ} S$  zu finden. Weiter südlich ist das südliche Fallen der Schichten stets ein größeres,  $45^{\circ} S$ ,  $65^{\circ} S$  und noch steiler, endlich übergeht es in ein lotrecht aufgerichtetes Trümmerzeug in der Verwerfung. So sieht man hier auf einer Breite von 300 m, daß das Fallen der Schichten von  $10^{\circ} S$  sich allmählich auf  $65^{\circ}$  und auf ein lotrechtes geändert hat, was auf ein Bestehen der bekannten tektonischen Form „einer Umbiegung der Schichten in der Nähe des Verwurfes“ deuten würde.



Eine solche tektonische Form birgt auch parallel zum Verwurfe verlaufende Spalten, welche hier von Ratoczyna, Bohrloch Nr. 1 Sroczyński Bogusz, am Fuße der Bergkette und parallel zu derselben sich erstrecken. (NN Situation.) Der südlich gelegene Verwurf bildet hier die Grenze von Borysław (Schnitt I, U), an denselben grenzt südlich ein steiler Menilitsattel, wie man solche gewöhnlich an der südlichen Seite der Verwerfungen in den Karpathen findet.

Westlich von dem beschriebenen Bache wäre noch die Aufdeckung in Ratoczyna bei dem Bohrloche Sroczyński Bogusz zu erwähnen, wo die Menilitschiefer in der Lage  $270^{\circ} 40^{\circ} S$  und die gleiche Umbiegung der Schichten zu sehen ist.

Wo die Verwerfung mit dem Hauptsattel AC zusammenkommt, fließt von SW ein Bach, welcher die Grenze zwischen Borysław und Popieleddorf bildet.

Am linken Ufer des Baches in Popiele sieht man ebenfalls die Menilitschiefer, welche auf einer Breite von 250 m ein steiles 70° S Fallen sogar 90° behalten. Diese Aufdeckung in Popiele müßte man als die Ausfüllung der Verwurfsspalte betrachten.

Merkwürdig ist es, daß die Verwurfsspalte in Borysław eine schmale war und hier westlich hinter dem Grenzbache eine so breit entwickelte ist.

Die Aufdeckungen zeigen, daß von dem Bache an sich die tektonischen Verhältnisse gänzlich geändert haben und dort die Borysławer Spalten nicht mehr zu finden sind.

Übergehen wir zu dem SO-Teile der Verwerfung in Borysław. Hinter dem Friedhofe gegen Süden sind ausgezeichnet klare Aufschlüsse zu finden, an welchen wieder die beschriebene Umbiegung der Schichten zu sehen ist.

Die Richtung des Verwurfes jedoch ist nicht mehr die gleiche wie vorher, sondern dieselbe verläuft in einer S-artigen Ausbiegung (Situation *uu*) und unter einem Winkel zur früheren Richtung gegen das Tysmienicatal. Dort, wo die erste Abbiegung der Verwurfsrichtung begonnen hat (Situation *N*) hat auch der sekundäre Sattel *AE* seine Richtung genommen und es ist sehr leicht möglich, daß beides infolge eines gegenseitigen Einflusses entstanden ist.

Das wäre die SW-Grenze des Borysławer Terrains. Die SO-Grenze von Borysław ist noch nicht ermittelt worden, hier in Tustanowice vertiefen sich die Schichten (Querschnitt IV,) in eine Synklinale und deswegen muß man hier tiefer als im Zentrum von Borysław bohren, um in die gleichen Horizonte zu gelangen.

Der offene Weg gegen SO für Borysław gibt hier noch ein breites Feld zur Entwicklung der Gruben; es ist sehr leicht möglich, daß weiter in der Richtung sich die Schichten wieder heben werden und man dort noch reiche Antiklinalen wird erschließen können.

Diese Gegend wartet noch auf die Erforschung jener Stellen, wo die Spalten sich in größerer Menge vorfinden werden.

Was die Ergiebigkeit der Schächte anbelangt, so variieren dieselben vom halben bis 20 Zisternenwagen in 24 Stunden. Die oberen Horizonte sind ärmer, die tieferen reicher.

Im allgemeinen läßt sich hier dasselbe sagen, was für alle Naphthaterrains Geltung besitzt, daß nämlich die Ergiebigkeit eine Funktion der Anhäufung von Spalten, der Tiefe und der Stärke der Naphthasandsteine ist.

Bisher kannte Borysław keine Pumpen; Fontainen und hunderte von Syphonen arbeiten hier jahrelang mit besten Erfolgen. Es gibt

Schächte, die bereits 3000 Wagen Rohöl geliefert haben; interessant ist auch der Umstand, daß hier die Assoziation des kleinen Kapitals in einem erfreulichen, bisher nicht bekannten Maße zur Geltung kam. Manche Schächte gehören bis zu vierzig im Vereine arbeitenden Kompagnons. Der Fortschritt in finanzieller Beziehung, selbstredend auch in technischer Bohrarbeit ist ein staunenswerter. Schächte von 1000 *m* Tiefe und 5 Zoll unterem Diameter bohrt man hier ohne Schwierigkeit.

Ein allgemeiner Blick auf die Boryslawer tektonischen Verhältnisse zeigt uns hier eine sehr interessante Komplizierung der gewöhnlichen Faltung der Karpathen, wobei der angeführte Knotenpunkt (*A*), die Grube der Herren Styber und Zeitleben, als die am meisten zerdrückte Stelle von ganz Boryslaw erscheint. Hier in der Nähe sind auch die reichsten Wachsspalten zu finden. Nach dem Entstehen der Karpathen mußte hier eine offene Kommunikation mit der Oberfläche gewesen sein; das Wasser hat das Salz, Gips und den Calcit in den Spalten abgesetzt. So findet man heute kleine Spalten in den Sandsteinen, welche an den Wänden angesetzte Gips- oder Calcitkristalle aufweisen; diese Kristallisation wurde jedoch unterbrochen und das Innere der Spalten ist mit dem Erdwachs ausgefüllt.

Die von unten hinaufgepreßten Erdgase haben das Wasser verdrängt und es fing der Kondensationsprozeß der Gase an. Die Kondensationsprodukte, „das Rohöl“, mußten den Weg gegen die Oberfläche suchen und so mußte hier durch eine gewisse Zeitperiode eine natürliche Gasquelle, nachher Naphthaquelle bestanden haben. Im Laufe der Zeit wurden die Spalten derart von schwereren Kohlenwasserstoffen ausgefüllt, daß die Quelle versiegte; die leichteren Kohlenwasserstoffe wurden von den angrenzenden Schichten aufgesaugt.

Diese Ausfüllung der Spalten ist das heute gewonnene Erdwachs, unter welchem das schwere Rohöl mit 5% Paraffingehalt und tiefer stets leichtere Kohlenwasserstoffe sich befinden.

Würde man sich heute die 900 *m* mächtigen oberen Schichten abgetragen denken, so kommt man zur Überzeugung, daß es möglich wäre, die frühere versiegte natürliche Naphthaquelle wieder zu erhalten. Dies würde weiter zeigen, daß aller Wahrscheinlichkeit nach der so erhaltene Naphthazufuß ein langandauernder sein würde und daß man mit der weiteren Bohrung auf eine sehr tiefgreifende Spaltenausdehnung rechnen könnte.

In dem Tale des Tysmienicaflusses am linken Ufer, unweit von Boryslaw, hat man Schiefer gefunden, in welchen faustgroße Findlinge des Jurakalkes eingebettet erscheinen. Wie weit von der Stelle die Juraklippe in dem Karpathenmeere gewesen ist, läßt sich nicht ermitteln,

jedenfalls nahe, da so schwere Steingerölle keinen langen Weg in dem leichten Meeresschlamme nehmen konnten.

Möglich ist, daß gerade diese Jurainsel die ruhige, gleichmäßige Faltung der tertiären Sedimente in Boryslaw aufgehalten hat, so dass hier die vom Norden angeschobene Antiklinale angehalten und gebrochen wurde. Der westliche Teil der Antiklinale wurde weiter gegen Süden geschoben als der östliche und so könnten die beschriebenen Verhältnisse entstanden sein.

Diese Hypothese scheint auch der Umstand zu bestätigen, daß die Verwerfungsspalte im Westen in Popiele eine weitaus breitere und der Absturz der Schichten bedeutender ist als im südlichen Teile von Boryslaw, wo die Verwurfsausfüllung eine ganz schmale ist und zu beiden Seiten des Verwurfes gleichartige Schichten der Menilit-schiefer sich befinden.

Die tieferen Bohrungen und weiteren Studien können in der Zukunft mehrere Anhaltspunkte zur Klarlegung der Frage liefern.

Die riesige Menge der in den Erdspalten aufgespeicherten Naphtha, der Wert und die Bedeutung, welche das Naphthavorkommen für die Menschheit besitzt, sind enorm und dieser Wert wird stets größer.

Man muß jedoch die Erforschung der Naphthaterrains auf eine rationelle und ganz detaillierte Weise führen. Die Tektonik muß in der Zukunft die wissenschaftliche Basis für die rationelle große Naphtha-exploitation sein; es fehlen jedoch noch die nötigen Lehranstalten, wo man die künftigen Spezialisten erziehen könnte.

Die Naphthageologie ist ein sehr schweres, aber äußerst interessantes Studium und verdient, daß man ihr die gebührende Stelle einräumt.

Mögen die wenigen angeführten Worte die Herren Kongreßmitglieder überzeugen, daß das Naphthavorkommen im innigen Zusammenhange mit der Tektonik steht und daß in allen Naphtha-gebieten der Erde in Hinsicht auf das Studium dieses Zusammenhanges erst ein kleiner Anfang gemacht wurde

Es liegt im Interesse Ihrer eigenen Heimat, der Tektonik mehr Interesse, als es bisher der Fall war, zu widmen.

## Erklärung zu Pl. I—V.

---

**Pl. I.** Situationsskizze von Boryslaw. Die Linien I—I, II—II, III—III und IV—IV bezeichnen die Richtung der in Pl. II—V gezeichneten Durchschnitte. Der Blauaufdruck zeigt wie die sattelartigen Biegungen verlaufen.

**Pl. II.** Querschnitt in der Richtung I—I der Situationsskizze.

**Pl. III.** Querschnitt nach der Linie II—II der Situation.

**Pl. IV.** Querschnitt nach der Linie III—III.

**Pl. V.** Querschnitt nach der Linie IV—IV der Situation.

Die besonders charakteristischen Schichten wurden zur besseren Orientierung mit den Reihenziffern 1—19 bezeichnet; die beigesetzten Lettern bedeuten:

*L* = Schieferschichten.

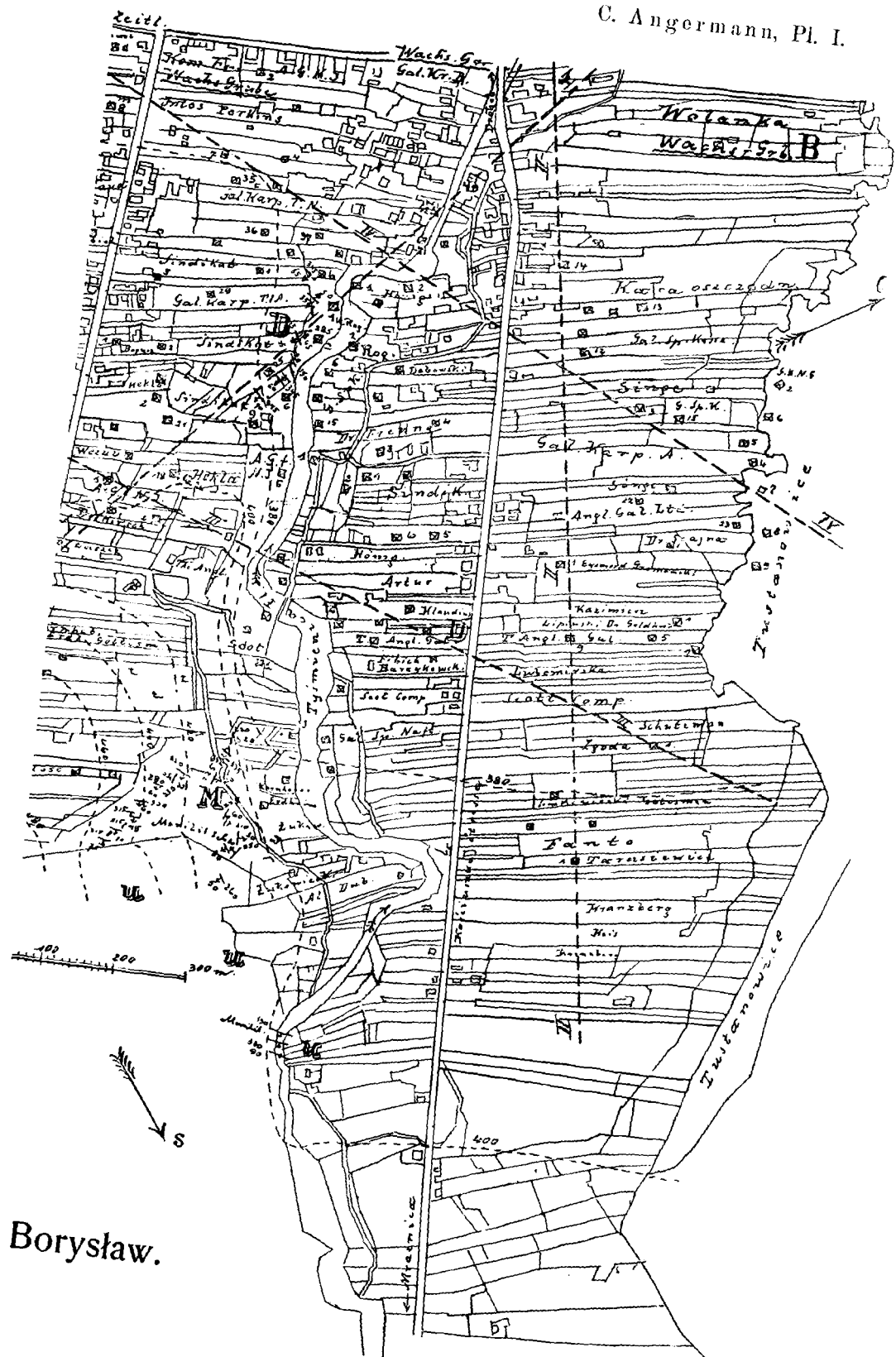
*P* = Sandsteinbänke.

*LP* = Schiefer mit Sandsteinbänken.

*W* = Spalten mit Erdwachs.

---





1 Boryslaw.