

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: 119 (1938)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Hauptvorträge

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: 30.11.2025

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

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der S.N.G.

zur 119. Jahresversammlung in Chur

Von

Dr. ADOLF NADIG sen., Chur

I.

Es war freudige Kunde, als im Bündnerland laut wurde, dass die S. N. G. beschlossen habe, ihre 119. Jahresversammlung in Chur abzuhalten. Alte Bande der Freundschaft verknüpfen das Bündnerland und das Bündnervolk mit den Schweizer Naturforschern. Diese gegenseitige Sympathie ist keine Phrase, sie ist echt und begründet. Gibt es doch kaum einen zweiten Kanton, dessen wirtschaftliche Entwicklung mit der Wissenschaft der Naturforscher in so engem und unmittelbarem Zusammenhang steht. Mineralogen und Geologen haben als Verkehrspioniere unsere Bergstrassen und Alpenbahnen erschlossen; Chemiker haben unsere Mineralquellen neu entdeckt und zu hoher Blüte gebracht; Physiker und Mediziner haben das Höhenklima erforscht und seine Heilkraft erprobt und ausgebaut. Für die Botaniker und Geologen bildete das tibetartige Hochland im Südostzipfel der Schweiz allezeit eine schier unerschöpfliche Fundgrube, und den Entomologen möchte ich noch besonders unsere vier Talschaften mit Ausmündung nach dem Süden, *le nostre quattro vallate di favella italiana*, *con sbocco verso mezzogiorno*, in Erinnerung rufen, sind sie doch entomologisch ein Dorado, das höchstens noch vom klassischen Wallis übertroffen wird. Wenn wir anderseits an Hand der Ehren-
tafel von Dir. Bener feststellen, dass durch alle Generationen und aus den verschiedenartigsten Talschaften verdiente Bündner Naturforscher hervorgegangen sind, so erschliesst sich uns das erfreuliche Bild einer Symbiose von Wissenschaft und Volksschicksal, einer Symbiose, die wir gerne und bereitwilligst weiter hegen und pflegen wollen, wobei ich wohl bestimmt annehmen darf, dass die gegenwärtige Versammlung einen währschaften Baustein zu diesem schönen Werke beitragen werde.

Die Naturforscher sind somit altwerte Gäste im Bündnerland, und schon vor 112 Jahren haben sie erstmals ihre Jahresversammlung in Chur abgehalten. Noch zweimal sind sie später nach Chur gekommen. Zweimal tagten sie im Engadin, in Samaden und Schuls, zweimal in Davos, einmal in Thusis, im ganzen einschliesslich der heutigen Versammlung viermal in Chur und neunmal im Kanton. Naturforscher sind von Berufs wegen abgehärtet und anspruchslos, und so darf ich wohl annehmen, dass Sie nicht mit allzu grossen Komfortwünschen zu uns gekommen sind, welche wohl die Großstadt — ich denke an die vorjährige Versammlung in Genf — nicht aber unsere kleine Kapitale erfüllen kann. Auch sonst muss ich gestehen, dass wir, abgesehen von unserer Kathedrale, Ihnen keine einzige, nach Bädicker, dreisternige Sehenswürdigkeit bieten können. Vieles bei uns ist Vergangenheit — selbst in den freundlichen, modernen Gartenquartieren werden sie da und dort auf altes Gemäuer stossen, zurückreichend in nebelgraue Fernen der Jahrhunderte und Jahrtausende, oder wie ein Bündner Dichter frohmütig singt: « Der Römer tränkte einst sein Ross, in deinem Fluss Plessur, und mancher deutsche Königspross, ritt stolz hier durch die Flur. » Versunken ist die glänzende Epoche, da die Ambassadoren von Großstaaten sich um die Gunst des Schlüsselpunktes der 150 Alpentäler und besonders der umstrittenen Bündner Pässe, bewarben. Der Glanz der Bündner Pässe, welche das Glück, aber auch das Verhängnis von alt fry Rätien waren, ist erloschen, und weder die 19 km S B B-Tracé, welche ausgerechnet dem grössten Kanton zuteil wurden, noch auch die Neubelebung der Strasse durch das Auto und seinen mastodontischen Vetter, das Gesellschaftsauto, können die alte Herrlichkeit wieder aufleben lassen.

Dennoch hoffe ich, dass Ihnen die trauten Gassen unserer kleinen Kapitale da oder dort etwas bieten werden, das Sie interessieren und freuen kann, vor allem aber spreche ich den Hauptwunsch aus, dass Sie sich wohl und heimelig bei uns im Bündnerlande fühlen mögen. In diesem Sinne entbiete ich Ihnen, im Namen des Jahresvorstandes, im Namen der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens, im Namen des Bündnervolkes und seiner Regierung, allerherzlichsten Willkommgruss in Chur. Zugleich erkläre ich die 119. Jahresversammlung der S. N. G. als eröffnet.

Über den Parasitismus der Hymenopteren

Wohl jedem, der sich mit dem Studium der Hymenopteren befasste, ist mehr als einmal in seiner Arbeit das Gespenst des Parasitismus sinnstörend in die Quere gekommen. Besonders dort aber, wo der Parasitismus als Merkmal systematischer Einteilung Anwendung fand, hat er heillose Konfusion angerichtet.

Stellen wir vorerst die *G r u n d f r a g e* : Gibt es überhaupt Parasitismus bei den Hymenopteren? Der Laie, dessen Urteil davon abhängt, ob er behelligt wurde oder nicht, wird die Frage verneinen. Gelegentlich mag ihn eine gereizte Biene oder Wespe gestochen haben, aber eigentliche schmarotzerhafte Blutsauger und Quälgeister dieser Gruppe . . . nein, weder er noch seine Haustiere hatten sich solcher zu beklagen. Auch mancher Entomologe dürfte — wenigstens zaudern. Er wird erwägen, dass die Hymenopteren sich morphologisch durch einen Habitus vornehmer Einfachheit auszeichnen. Bizarre Auswüchse, Dornen, Hörner und Zangen, jene Hypertrophien und Atelien, die wir, fast als seltsame Naturspiele, an exotischen Orthopteren, Zikaden und Käfern bestaunen, fehlen der phylogenetisch jüngeren Ordnung fast ganz. Sollte diesem morphologischen Eumorphismus nicht auch ein biologischer entsprechen? Volksethisch begegnen uns ja gerade bei den Hymenopteren die bestbeleumdeten Insekten; die geschätzte Honigbiene, die fleissige Hummel, die emsig vorsorgliche Ameise, deren Gleichstellung mit abstossenden Formen, wie wir sie unwillkürlich mit dem Parasitenbegriff verbinden, uns widerstreben muss. In solchen Erwägungen mag auch mancher Entomologe zaudern, auf unsere Frage zu antworten.

Anders der entomologische Systematiker. Er zaudert keinen Augenblick: «Selbstverständlich gibt es Parasiten bei den Hymenopteren, in Hülle und Fülle » und prompt wird er nach Tabelle Nr. 1 aufzählen : Parasiten sind . . . und er wird die ganze rechte-seitige Reihe der Tabelle ablesen. Der Systematiker hat offenbar den Match gewonnen. Seine Parasitenliste ist überwältigend, sie rekrutiert sich aus allen systematischen und biologischen Kreisen, aus Terebrantiern und Akuleaten, aus *n o r m a l* karnivoren, wie phytophagen, solitären und sozialen Hymenopterengruppen, aus solchen mit und ohne Nestbau. Wenn wir jedoch den Schlüssel verlangen, der die Einreihung der Parasiten in die Tabelle recht-

fertigt, so tritt Stockung ein. Die klare Definition fehlt, der Parasitismus erweist sich als schaumartiger Begriff, der durch ethische Einschlüsse nicht durchsichtiger geworden ist.

Versuchen wir als Notbehelf, das Wesen des Parasitismus deduktiv festzulegen, durch Ableitung seiner typischen Merkmale von ausgesprochenen Schmarotzerformen, die wir der Insektenwelt, natürlich ausserhalb der Hymenopteren, entnehmen müssen. Flöhe, Läuse, Bettwanzen und Schafzecke (letztere zu den Pupiparen, Familie Hypoboscidae, gehörend) dürften als zünftige Schmarotzervertreter gelten. In welchen Merkmalen äussert sich nun der Parasitismus dieser Leitformen?

Wir konstatieren zunächst, dass alle Ecto-Parasiten sind, und zwar von Wirbeltieren. Sie leben dauernd oder vorübergehend, zahlreich oder einzeln auf dem Leibe des Wirtes. Das Grössenverhältnis zwischen Wirt und Parasit ist das eines Riesen gegenüber winzigen Pygmäen. Ziel und Zweck des Parasitismus bildet die Ernährung des Schmarotzers auf Kosten des Wirtes. Die Schmarotzer belästigen den Wirt, doch nur in seltenen Fällen wird dessen Existenz gefährdet. Ausgesprochen treten Degenerationserscheinungen auf, körperliche Abweichungen vom normalen Insektentypus im allgemeinen und von nicht parasitären Verwandtenformen im besondern.

Prüfen wir nun die Hymenopteren-Parasiten der Tabelle auf die soeben deduktiv gewonnenen Merkmale, wobei wir zuerst an die Grossmacht der Schlupfwespenartigen im weitesten Sinne (Ichneumonidea s. l.) herantreten wollen. Schon auf den ersten Blick ergeben sich gewichtige Unterschiede. Die Schlupfwespenwirte sind nie Wirbeltiere, sondern Insekten, in Ausnahmefällen andere Arthropoden, wie Spinnen und Tausendfüssler. Das Grössenverhältnis gestaltet sich dementsprechend ganz anders. An die Stelle der Pygmäen, die den Riesen behelligen, tritt nicht selten der Parasit, der seinem Wirt körperlich nicht nachsteht, was besonders dann zutrifft, wenn der Wirt schon im Jugendstadium als Larve oder Puppe angegriffen wird. Im Gegensatz zum Ectoparasitismus der Leitformen finden wir bei den Schlupfwespen nur Innenparasitismus, wobei es m. E. nicht darauf ankommt, ob schon das Muttertier ihr Ei durch

Anstechen in den Wirtsleib versenkt, oder ob aus dem nur an den Wirtsleib gehefteten Ei eine Larve ausschlüpft, deren erste Lebensaufgabe darin besteht, sich in den Wirt einzubohren. Die Larve zehrt vorerst an Säften und vegetativen Geweben des Wirtes, der innerlich ausgehöhlt wird und im Gegensatz zum Leitformenbrauch, den internen Verletzungen erliegt. Von *D e g e n e r a t i o n* bemerken wir bei den Schlupfwespen keine Spur, wir stehen vielmehr der formenreichsten, lebenskräftigsten Insektengruppe gegenüber, im Vollbesitz fein spezialisierter Organe. Endlich ist der *Z w e c k* des Schlupfwespenangriffs niemals Eigenernährung des Angreifers, sondern stets die *E i a b l a g e*. Die Operation bildet somit einen Bestandteil der *m ü t t e r l i c h e n F ü r s o r g e i n s t i n k t e*. Die Tatsache, dass nur die Schlupfwespenlarve vom Wirt zehrt, veranlasste manche Autoren zur Behauptung, der Parasitismus der Schlupfwespen beschränke sich auf ihr larvales Jugendstadium. Mich hat dieser Ausschluss der Imago aus dem biologischen *C y c l u s* nie befriedigen können. Das Muttertier nimmt derart aktiven Anteil an der Aktion, welche seine vornehmste Lebensaufgabe bildet, dass ihm die Teilnehmer-schaft und Mitverantwortung des Geschehens nicht abgesprochen werden darf. Schliesslich bezeichnet doch auch der Ornithologe den Kuckuck als Parasiten und nicht das Ei des Kuckucks.

Wir gelangen somit bei den Schlupfwespen zum überraschenden Resultat totaler Negation sämtlicher parasitären Merkmale der Leitformen. Wollten wir es jedoch wagen, schon auf Grund dieser Feststellung, die Schlupfwespen vom Parasitismus freizusprechen, würde dies wohl einen *S t u r m e t h i s c h e r* Entrüstung entfesseln. Die Schlupfwespen sind unbeliebt, selbst die sonst überall mitsprechenden Faktoren von « nützlich und schädlich », die im konkreten Falle durchaus zugunsten der Schlupfwespen ausschlagen würden, vermögen hier nicht aufzukommen.

Auch waren die Schlupfwespen biologisch bis in die neuere Zeit ein Buch mit sieben Siegeln. Noch am häufigsten gerieten sie in die Hände von Schmetterlingszüchtern, und wenn diesen aus wohlbehüteten Falterpuppen schlanke Wespen ausschlüpften, verstehen wir, dass die ungebetenen Gäste unfreundlich begrüsst wurden. Diese Gesinnung spiegelt sich auch in der Fachliteratur, in der, *mutatis mutandis*, saftig über faules, feiges und grausames Schmarotzertum losgezogen wird. Wer selbst auch nur oberfläch-

lich Tun und Treiben der Schlupfwespen beschaute, muss zugeben, dass diese ruhelosen, nervös beweglichen Wesen die Negation von Trägheit und Feigheit darstellen. Fatalistisch erfüllen sie eine Lebensaufgabe: die Eiablage. Mag sich das Opfer in Mulm und Rinde, tief im Holz, in dichten Schutzcoccons, in felsenharten Steinburgen, ja selbst in der Tiefe des Wassers verbergen, dem Spürsinn einer Schlupfwespenart, die speziell darauf eingerichtet ist, vermag es sicher nicht zu entgehen. Was die Grausamkeitsanklage betrifft, so ist die Natur gewiss vielerorts unerbittlich, wie ja die gesamte Tierwelt nur durch Zerstörung pflanzlicher oder tierischer Lebensformen ihr Dasein fristet. Den Versuch, die Schlupfwespen als abnormal grausam hinzustellen, vermag selbst das Ausspielen des « dolus occultus » Trumpfes nicht zu rechtfertigen. Zum Verständnis dieses schon mehr kriminalistisch anmutenden Faktors müssen wir den Schlupfwespen die etwas willkürlich, rein biologisch zusammengekoppelte Gruppe der *Raubwespen* gegenüberstellen, welche die grossen Familien der *Scoliidae* (Dolchwespen), *Sphegidae* (Grabwespen), *Psammocharidae* (Wegwespen) und *Vespidae* (eigentliche Faltenwespen) einschliesst. Die Tabelle qualifiziert die Raubwespen mit Ausnahme weniger Outsiders als Tugendbolde, daher als Nichtparasiten. Die Opfer der Raubwespen werden, dem Namen der Gruppe entsprechend, gewalttätig, durch räuberischen Überfall, getötet oder paralytisiert, im Gegensatz zum Schlupfwespenangriff, der vom Wirtstier kaum empfunden wird. Das Endresultat bleibt dasselbe.

Ob bei den Raubwespen unsere gewöhnliche Faltenwespe die überfallene Fliege sofort zerreisst und zu breiartigem Brutproviand zerkaut — ob die Grabwespe *Ammophila* die kunstvoll gelähmte Raupe ins Nest schleppt, oder ob anderseits die Schlupfwespe ihr Ei geschickt in eine fette Larve versenkt, die jäh aufzuckt, dann aber apathisch weiterfrisst — das Opfertier bleibt dem Tode verfallen. Nun hat das Volksempfinden aber allezeit den geheimen Mörder schwerer verurteilt als den leidenschaftlichen Totschläger. Jene normal fortfressende Raupe mit dem unsichtbaren Todeskeim des Schlupfwespenstichs in ihrem Innern, jene äusserlich intakte Puppe, aus der nie ein Schmetterling erstehen wird, beide in Wirklichkeit nur mehr lebende Hülle ganz anderer Lebewesen — in dieser Verschleierung liegt das Schlupfwespenmysterium, der dolus occultus, der sie mit einem fast unheimlichen Nymbus um-

geben hat. Lassen wir den *dolus occultus* als biologische Barriere zwischen Schlupfwespen und Raubwespen einstweilen bestehen. Spätere Erwägungen werden entscheiden, ob hier ein reales Trennungsmerkmal vorliegt, oder ob es sich nur um zweckmässige Varianten der gleichen Norm handelt. Gerne verlasse ich damit ethisches Gebiet, dem wir an dieser Stelle nicht ausweichen durften. Hüten wir uns vor anthropomorphen Irrungen, eingedenk der prophetischen Worte MAETERLINCK's, dass uns die Insektenwelt psychisch nie ferner steht, als wenn wir anmassend glaubten, ihr menschlich näherzutreten.

Nach den schlupfwespenartigen müssen wir in aller Kürze auch die andern Hymenopteren-Parasiten der Tabelle 1 an Hand der Leitformenmerkmale prüfen: die zoophagen *Cynipiden* (Gallwespen) reihen sich ganz den Schlupfwespen an. Eigenartige Spezialfälle, vielfach die Ausnahme der Regel darstellend, bilden die kleineren und kleinsten Familien der *Chrysididen* und *Trigonaliden*, der *Sapygiden* und *Mutilliden*. Das Gros der Aculeatengruppe bilden die *Apidae* und von diesen auf der Parasitenseite der Tafel, die *Schmarotzerwildbienen*, denen sich als Raubwespen-Outsiders die Gattung *Ceropales* der *Psammochariden* und seltene Arten der Gattung *Vespa* (letztere neuerdings als Untergattung *Pseudovespa* oder auch als eigene Gattung zusammengefasst) anreihen.

Bei den Apiden lässt sich der Zusammenhang des parasitären Astes mit dem Stamm, von dem er sich ablöste, noch da und dort wahrnehmen. Nur angedeutet ist diese Verwandtschaft bei den phylogenetisch älteren *Kurzzüglern* (Urbienen: *Prosopis*, *Colletes* und die beiden grossen Gattungen *Andrena* und *Halictus*), bei welchen sich in lang andauernder Trennung die Habitusunterschiede zwischen Wirt und Schmarotzer stärker ausprägen konnten. Bei den jüngeren *Langzüglern* (Gattungen *Osmia*, *Megachile*, *Anthophora*, *Bombus* usw.) dagegen weisen vielfach Wirte und Schmarotzer augenfällige Ähnlichkeit auf (so *Stelis* Schmarotzer von *Anthidium*, *Melecta* von *Anthophora* usw.). Den extremsten Fall bildet der Hummelparasit *Psithyrus*, bei dem nur der Kenner und auch dieser nicht auf den ersten Blick, Wirte und Parasiten zu unterscheiden vermag. Hier taucht auch die den Hymenopteren sonst fremde Erscheinung des Futterparasitismus auf. Der im Hummelnest aufgezogene *Psithyrus* verbleibt manch-

mal noch als Imago im Wirtsnest und lässt sich dort weiterfüttern. Solange die Zahl der Eindringlinge nicht übermässig anwächst, bildet dieser Commensalismus freilich keine eigentliche Existenzgefährdung des Hummelstaates, es erfüllt sich also wieder die Schmarotzerregel : Belästigung des Wirtes, ohne ihn zugrunde zu richten. Offensichtlich treten bei den parasitären Apiden Degenerationerscheinungen auf, morphologisch in Schwund der Sammelapparate und der Körperbehaarung, biologisch in der Preisgabe des für die Apidensippe so bedeutungsvollen Leitmotivs des eigenen Nestes. Allzuweit freilich dürfen wir auch hier nicht gehen. Durchaus nicht alle Schmarotzerapiden erwecken in uns den Eindruck körperlicher Entwertung. Melecta, Crocisa zählen zu den schönsten Bienen, wobei allerdings wieder menschliche Ästhetik zur Geltung gelangt. Die Gattungen Nomada, Ammobates, Phiarus, Epeolus, übertreffen an bunten Tegumentsfarben alle Sammelbienen und beim Männchen von Coelioxys treten am Hinterleibsende seltsame Dornbildungen auf. Dürfen wir alle diese Erscheinungen einfach als Degeneration interpretieren? Die Reduktion der Sammelapparate, teilweise auch der Körperbehaarung, kann durch den Wegfall der Sammeltätigkeit eine Erklärung finden, darüber hinaus muss man schon zu hochgespannten Hypothesen Zuflucht nehmen, wie etwa folgende : Die Brutpflege bildet die wichtigste, aber auch aufreibendste Aufgabe im normalen Apidenleben. Könnte die Ausschaltung dieser Leistung bei den Parasiten nicht eine anderweitige Steigerung des Bildungsdranges auslösen? Unter den optimalen Lebensbedingungen der Tropen soll ja die Sorglosigkeit des Daseins sich in hypertrophischen Bildungen Luft machen. Könnten die Dornfortsätze des Coelioxys-Männchens ähnlich gedeutet werden? Die Farbenfreudigkeit des Chitins, die mit dem Schwund der Behaarung zunimmt, könnte als atavistischer Rückschlag nach der Grabwespenrichtung gedeutet werden. Bei den Grabwespen bilden ja Kahlheit und bunte Tegumente geradezu das auffallendste Familienmerkmal und von dieser Familie werden die Apiden phylogenetisch abgeleitet. Der Verlauf wäre dann folgender : Der biologische Übergang vom carnivoren Sphegiden- zum phytophagen Apidenregime schuf primär den normalen Apidenhabitus; die mit dem Parasitismus ein tretende Preisgabe des Apidenregimes verursacht sekundär den Rückfall zum Sphegidenhabitus.

Das Totalbild des Aculeatenparasitismus weist somit einen durchaus andern Charakter auf, als das der Terebrantier. Bei den Schlupfwespen bildeten die als Parasitismus verschrienen Erscheinungen mit verschwindenden Ausnahmen die durchgreifende Regel. In andern Worten : Ob die Schlupfwespen Parasiten sind, mag fraglich sein — trifft es aber zu, so sind sie es totaliter, in globo. In der Aculeatengruppe dagegen stossen wir in der gleichen Familie, bei *Vespa* sogar in der Gattung des Schmarotzers, auf eine Verwandtschaft, die dem Parasitismus durchaus ablehnend gegenübersteht. Da die antiparasitische Verwandtschaft die überwiegende Majorität, ja den offensichtlichen Normalfall bildet, drängt es uns, die nur sporadisch da und dort auftauchenden Parasitenerscheinungen der Aculeaten als sekundäre Abweichung von der allgemeinen Regel aufzufassen.

II.

Wir haben geprüft, ob bei den Parasiten der Tabelle 1 die Merkmale, welche wir von Schmarotzerleitformen ableiteten, zutreffen. Bei den Schlupfwespen war das Resultat total negativ, bei den Aculeatenparasiten ist es partiell positiv ausgefallen. In der Folge möchte ich versuchen, die besprochenen Erscheinungen mit der phylogenetischen Entwicklung der Hymenopteren in natürlichen Zusammenhang zu bringen. Mitwirkende Faktoren sind : 1. die Differenzierung des Individuums und 2. der Drang nach Funktionserleichterung. Die Individuenserien reicher Grosssammlungen lehren uns, dass selbst Artsgenossen, aus derselben Gegend, in derselben Jahreszeit erbeutet, erhebliche morphologische Unterschiede aufweisen. Desgleichen lässt sich biologisch nachweisen, dass entgegen der konservativen Macht ererbter Instinkte, das Mass von Fleiss und Geschick der Einzeltiere ungleich ist. Jedes Individuum hat ferner den Drang, seine Lebenspflicht und -aufgabe zu erleichtern. Solitäre Bienen und Wespen umgehen den Nestbau, indem sie verlassene Wohnungen der eigenen Art oder anderer Insekten beziehen. Der Bienenzüchter weiss, dass seine Pfleglinge aussergewöhnliche Nährquellen, z. B. eine neubenachbarte Zuckerraffinerie, so gründlich auszubeuten wissen, dass sie darüber ihre Sammeltätigkeit in der Natur ganz einstellen. Im Jahre 1919 trat in Alagna, am Monte Rosa-Südhang, die grosse Holzwespe *Sirex*

gigas ungemein häufig auf. Auf einem Holzplatz im Bergwald überraschte mich die mehr als hundertfache Wahrnehmung, dass gefällte Stämme mit frisch abgeschroteter Rinde zur Eiablage bevorzugt wurden — ich kann mir nur denken, weil das Einbohren der Legeröhre dort leichter vonstatten ging. — Diese Beispiele aus den höchsten und niedersten Hymenopterengruppen (*Apis* und *Sirex*) bezeugen, dass der Drang nach Funktionserleichterung ein Leitmotiv bildet, das zeitweise verschwindend, doch die gesamte Hymenopterenreihe durchzieht.

Die vorliegende Tabelle Nr. 2 veranschaulicht frei nach HANDLIRSCH den Stammbaum der Hymenopteren. Unten ansetzend finden wir die phylogenetisch ältesten, heute noch mit ancestralen Relikten behafteten *Siriciden* (Holzwespen), die morphologisch, wie auch in ihrer Lebensweise, kaum von den fossilen Hymenopteren der noch blütenlosen Wälder der mittleren Jurazeit abweichen.

Das Muttertier versenkt mit der elastischen Legeröhre ihr Ei tief ins Tannenholz, wo dann die xylophage Larve Schutz und Nahrung finden wird. — Wir können uns nun vorstellen, dass vereinzelte Outsiders von dieser Regel abwichen, indem sie die Eiablage, statt in das sichere, aber die Entwicklung äusserst verzögernde Holzmilieu, in lebendes Tiergewebe vornahmen. Dieses, erstmals vielleicht zufällige, Anstechen einer Käferlarve im Holze, bedeutete evolutiv die Umschaltung von Holzwespen zu Schlupfwespen. Wie war die Weiterentwicklung? Lösten sich die Outsiders endgültig vom Holzwespenstamm, oder verblieb ein Zusammenhang, eine Brücke mit der xylophagen Sippe, ähnlich etwa dem *Bombus-Psithyrus*-Verhältnis unserer Tage?

Für nur allmähliche Ablösung könnte der Umstand sprechen, dass die tieferstehenden Schlupfwespen, die *Pimplinae*, mit ihrem breit ansetzenden Hinterleib, morphologisch den Holzwespentypus bewahrten. Es braucht ein geübtes Auge, um an einer Holzbeige *Xeris* als Holzwespe und *Ephialtes* als Schlupfwespe auseinanderzuhalten. Umgekehrt kann freilich geltend gemacht werden, dass die *Pimplinae* nur eine beschränkte ancestrale Gruppe bilden, während die überwältigende Mehrheit der Schlupfwespen keinerlei Beziehungen zu den Holzwespen aufweist.

Angesichts der Mannigfaltigkeit der Natur wäre es töricht, anzunehmen, dass sämtliche Outsiders denselben Weg einschlugen,

wie auch durchaus keine Veranlassung vorliegt, das uns geläufigere Apidenrezept allmählicher Ablösung auch der Schlupfwespen-Genesis aufzwingen zu wollen. Der Übergang vom Holzwespen- zum Schlupfwespenregime brachte ja an sich schon einschneidendere Veränderungen, als die schlaffe Ablösung der Apidenschmarotzer von ihren Wirten sie verursachen konnte. Das Muttertier musste feinen Spürsinn erwerben, um die unsichtbare Wirtslarve tief im Holz zu ermitteln und anzustechen. Die Larve, bisher xylophag, musste zum karnivoren Regime übertreten und ihre Wandlungen waren damit noch nicht abgeschlossen. Die Holzwespenlarve besass kümmerliche Lokomotionsorgane. Obwohl im Holzmilieu geborgen, war sie doch während langer Entwicklung auf sich selbst angewiesen, was eine gewisse Bewegungsfähigkeit voraussetzte. Die karnivore Schlupfwespenlarve dagegen, die im Überfluss kräftiger Nahrung schwimmt, soll sich vom Schlaraffenberg nicht entfernen, sie bedarf zu ihrer kurzfristigen Entwicklung keiner Bewegungsorgane. So entstand wohl frühzeitig aus der campodeiden Holzwespenlarve die fusslose Madenlarve der Schlupfwespen und aller höheren Hymenopteren.

Aus der Riesenzahl der Schlupfwespenarten müssen wir annehmen, dass das erfolgreiche Experiment der Eiablage in tierisches Gewebe auf alle zugänglichen Wirte ausgedehnt wurde: auf Insekten aller Ordnungen, in allen Lebensstadien, vom Ei bis zur Imago. Darüber hinaus wurden Spinnen und Myriapoden in den Kreis der Wirtstiere eingeschlossen.

Die Abwicklung dieses Riesenprogramms schuf grundverschiedene Situationen zwischen Angreifern und Angegriffenen. Der Mannigfaltigkeit der Aufgaben musste jedoch die Ausstattung der Beteiligten mit zweckmässigen Ausführungsorganen Schritt halten. Das Hauptorgan der Schlupfwespenarten bildet die Legeröhre. In seiner Verlängerung und Verkürzung, in der potenziellen Steigerung der elastischen Bohrkraft, bekundet dieses Organ eine so erstaunliche Variabilität, dass wir annehmen dürfen, seine Anpassungsfähigkeit könnte sich im Bedürfnisfall bis zum Funktionswechsel steigern. Das Aufeinanderprallen grundverschiedener Angreifer und Angegriffenen schuf solche zwingende Notfälle. Die Wespe, der als Gegner ein überlegenes Insekt oder eine wehrhafte Wolfsspinne mit Giftkiefen beschieden war, bedurfte unbedingt einer wirksameren Angriffswaffe als der zarten Legeröhre. Die

neue Waffe wurde durch die anatomische Umwandlung der Terebra in den Aculeus, den Giftstachel gewährt. Es erscheint mir wahrscheinliche These, den morphologischen Übergang der Terebrantier zu den Aculeaten, des Ichneumoniden — zum Raubwespentypus, in diesem Zusammenhang zu suchen.

« Da cosa nasce cosa », Ding schafft Ding, sagt der Italiener. Die neue leistungsfähige Waffe bedingte auch biologische Änderungen der Angriffstaktik. Schlupfwespen wie Raubwespen erstreben beide die Eiablage in oder an das Opfertier. Divergierend ist die technische Ausführung, zweckmässig verschiedenen Verhältnissen angepasst. Apathische Larven und starre Puppen liessen « leises Anstechen » zu, ja das angestochene Opfer durfte sogar vorerst weiterleben. Vom wehrhaften Wirte dagegen musste die Eiablage als Siegespreis erkämpft werden, sie konnte erst erfolgen, wenn der Gegner tot oder gelähmt, jedenfalls kampfunfähig am Boden lag. Zwingend trat der gewalttätige Überfall der Raubwespen an die Stelle des dolus occultus der Schlupfwespen, und so stehen wir neuerdings vor jener Schranke zwischen Schlupf- und Raubwespen, die wir provisorisch bestehen liessen. Hier müssen wir sie abschliessend fallen lassen. — Sie ist kein fundamentaler Trennungsfaktor, sondern nur eine Funktionserscheinung, die, speziellen Verhältnissen angepasst, mit deren Aufhören auch ihr natürliches Ende findet.

Wir haben die Umwandlung der Terebra in den Aculeus als morphologischen Übergang von den Schlupf- zu den Raubwespen gedeutet. — In der Umschaltung der Angriffstaktik dürfen wir die biologische Brücke zwischen beiden Typen erkennen. Die Technik des neuerworbenen Aculeus entwickelte sich zu erstaunlicher Vollkommenheit. Schon die höheren Schlupfwespen hatten den starren, breit angewachsenen Holzwespen-Abdomen, den wir noch bei den Pimplinae antrafen, aufgegeben. Die Einschnürung steigert sich bei den Raubwespen zur Wespentaille, sie verleiht dem Hinterleib erst jene Beweglichkeit, die zur geschickten Waffenführung, sowie zu den erstaunlichen Lähmungsoperationen unerlässlich ist. Es erfüllt uns mit Genugtuung, dass diese evolutiven Fortschritte sich im Zusammenhang mit den Mutterinstinkten entfalteten. Elterliche Fürsorge wird Leittrieb der Entwicklung. Die Muttersorge der Holzwespen beschränkte sich auf die Eiablage in geeignetes Milieu. Die Führerrolle der Brut-

pflege übernahm eigentlich das Holzmilieu selbst, das der Brut in ihrem vieljährigen Entwicklungsgang Schutz und Nahrung gewährte. Grundsätzlich war es auch bei den Schlupfwespen nicht anders, mit dem Unterschied, dass das Holzmilieu durch tierisches Gewebe ersetzt wurde. Übereinstimmend war jedoch in beiden Fällen mit der Eiablage jegliche Mutterpflicht abgeschlossen. Diese frühzeitige Ausschaltung der mütterlichen Betreuung musste jedoch aufhören, als die nun stachelbewehrte Jägerin ihre Jagdbeute zweckmässig zu verwerten hatte. Imperativ trat eine neue Mutterpflicht auf, die uns dem bedeutsamsten Entwicklungsfaktor der Insektenwelt zuführt: dem eigenen Nest. Versuchen wir den Werdegang des Nestes bei den Raubwespen zu verfolgen: Die Scoliidae oder Dolchwespen graben im Mulm nach fetten Lamellicornier-Larven, die sie in situ anstechen, lähmen und mit dem Ei belegen. Von Nest keine Spur. Auf der gleichen Stufe stehen Arten der Psammocharidae, der Wegwespen oder Spinnenjäger. Sie dringen in Spinnenerdgänge ein, überwältigen deren Bewohnerin und legen das eigene Ei an die Spinne. Die Spinnenhöhle wird, ohne Bautätigkeit der Wegwespe, zum Brutraum ihrer Nachkommenschaft. Andere Wegwespen — die Arten sind in ihrer Taktik auffallend konstant — pflegen beim Verlassen der Spinnenhöhle diese durch Einschaufeln von Sand primitiv zu verschliessen. Gewisse Wegwespenarten, welche nestlose Spinnen im freien Felde angreifen, suchen nach dem Überfall in nächster Nähe des Kampfplatzes einen Ablegeort, wobei sie sich bis zur Erstellung einer kleinen Sandgrube versteigen, die nach Aufnahme von Opfer und Ei flüchtig zugeschaufelt wird. Endlich gibt es Wegwespenarten, welche solche Sandgruben vor der Jagd bereitstellen und ihre Jagdbeute mühsam dieser vorbestimmten Grube zuschleppen — dem Neste, denn in jener kleinen Erdgrube entsteht uns erstmalig das Wunder des eigenen Nestes. Es ist einer jener propulsierenden Faktoren, wir dürfen sie schon Kulturfaktoren nennen, welche neuer Entwicklung weite Bahn eröffnen. Nicht länger passt sich die Mutter mit mehr oder weniger Geschick einem Milieu an, das ihr fremd bleiben wird. Das Milieu hat sein Primat verloren, der Intellekt des Insektes hat sich ihm übergeordnet im Moment, da im Muttertier das instinktive Bewusstsein erwachte, dass es aus eigener Initiative, prophylaktisch, ein Bauwerk zu erstellen habe, zum Schutz der Nachkommen-

schaft. Welche Möglichkeiten eröffnen sich hier den Fähigkeiten des Insekts ! Unbegrenzt sind die Abstufungen des Fleisses, der Geschicklichkeit in der Bauart des Nestes. In endlosen Varianten steigt es empor, von der kümmerlichen Sandgrube, zu kräftigen, innen geglätteten Stollen, in Erde, Lehm, Holz — zu bescheidenen Anfängen eigener Maurerarbeit bis hinauf zu stattlichen Burgen aus Harz, Kartonmasse, Zement, Fasern und Wachs.

Zugleich mit der Brutstube entstand auch das Proviantmagazin der Raubwespen, und Jahrmillionen, bevor Menschen die Erde bewohnten, fand das Fleischkonservierungsproblem hier eine vielleicht grausam erscheinende, aber zweckmässige Lösung. Der Brut wird für die Dauer ihrer vier- bis achtwöchigen Entwicklung frisches Fleisch gesichert. Die Opfertiere im Neste verwesen nicht, so leblos sie uns in ihrer Bewegungslosigkeit erscheinen. Sie sind keine Kadaver, sondern gelähmte Tiere, die von der Larve des Eroberers bei lebendigem Leibe langsam aufgefressen werden. So hat der Mutterinstinkt gleich zwei lebenskräftige Instinkte erschlossen : die Kunstfertigkeit des Nestbaues und die geniale Lösung des Verproviantierungsproblems. Auch hier gibt es keinen Stillstand : aus dem fruchtbaren Schosse der Mutterinstinkte wird sich auch die höchste biologische Blüte der Insektenwelt erschliessen : die soziale Gemeinschaft, ein Wunderland, dessen Schwelle wir heute nicht überschreiten wollen.

Lassen Sie mich zusammenfassen : Aus dem Grundstock holzwespenartiger Urformen sprossden die schlupfwespenartigen und entwickelten sich zu unerhörter Mannigfaltigkeit. Vom riesigen Ichneumonidenexperiment lösen sich durch Umwandlung der Terebra in den Aculeus die Aculeaten ab. Unter Beibehaltung karnivorer Bruternährung konsolidiert sich die biologische Gruppe der Raubwespen. In ihr erwacht (auf der Stufe der Psammochariidae) der Nestgedanke. Dem Grabwespenstamm entspringen die Apiden, die eigentlichen Blütennimmen mit vegetarischem Brutregime.

Biologisch erscheint sowohl die Brutpflege der Schlupfwespen wie die Raubwespenmethode zweckmässig. Für die nomadenhaften, nestlosen Schlupfwespen bildete die Praxis, den angestochenen Wirt anscheinend unbehelligt fortleben zu lassen, ja ihn zum Beschützer und Treuhänder der Kuckucksbrut in seinem Innern

zu bestellen, eine geniale Lösung, die vor allem vom Raume ganz unabhängig war. Das eigene Nest dagegen lokalisierte die Brutentwicklung, der Wirt durfte nicht mehr aktiv als Brutträger vagieren, sondern nur mehr passiv als Beute, tot oder in bewegungslosem Zustand, an das Nest gebunden werden.

Rückblickend auf den glanzvollen Auftakt der Schlupfwespenentwicklung müssen wir gestehen, dass kein einziger Faktor vorliegt, der es rechtfertigen könnte, die Ablösung der Schlupfwespen von den Holzwespen als parasitäre Entwertung einzuschätzen. Tatsachen sprechen und der als Endresultat vorliegenden Grossmacht der Schlupfwespen können wir nur dadurch gerecht werden, dass wir sie als Produkt einer fruchtbar fortschrittlichen Evolution anerkennen. Wagen wir daher den ketzerischen Entscheid, die Schlupfwespen, bei denen kein einziges der als typisch erachteten Parasitenmerkmale zutrifft, die keinerlei Degenerationserscheinungen aufweisen, die unter Ablehnung des eigenen Nestes eigene Wege einschlugen und die reichste Formenreihe aller Insekten, ja aller Tiergruppen schufen, als Nichtparasiten auszurufen.

Und nun die *Aculeaten*: Auch hier begegnen wir einer kräftig ansteigenden Gruppe, quantitativ freilich nicht entfernt an die Schlupfwespengrossmacht heranreichend. Als propulsierende Faktoren wirkten die erstmalig auf der Stufe der Wegwespen einsetzende Affirmation des Nestes und das vom Grabwespenstamm ausgehende, aber erst bei den Apiden zu reicher Entfaltung gelangende vegetarische Brutregime. Diese frisch aufsteigende Aculeatenkurve wird jedoch sporadisch unter dem Einfluss des uralten biologischen Rezeptes individueller Trägheit durchbrochen. Rückschläge treten auf, einzelne verzichten auf die von der Gesamtheit errungenen Fortschritte. Diese retrograde Bewegung ist nicht stark genug, um die aufsteigende Entwicklung aufzuhalten, da sie jedoch zur Kreierung zahlreicher stabiler neuer Gattungen und Arten führte, darf sie gleichsam als Negation der für die Gruppe generell massgebenden Prinzipien nicht übersehen werden. Im Gegensatz zur Schlupfwespenentwicklung empfinden wir jedoch hier keinen Augenblick den frischen Antrieb fortschrittlich evolutiver Impulse. Weit eher deprimiert uns der Eindruck sekundärer Erschlaffung altererbter Instinkte. Wenn wir noch die ausgesprochenen Degenerationserscheinungen dazuzählen, können

wir bei den Aculeaten-Outsiders nach derzeitigem Maßstab das Vorhandensein parasitärer Erscheinungen nicht in Abrede stellen.

Wenn ich es wagte, die Schlupfwespenartigen von der Parasitentabelle zu streichen, und dagegen die Aculeatenschmarotzer dort zu belassen, so geschah es als Versuch, als das Bedürfnis, morphologisch und biologisch Grundverschiedenes provisorisch zu trennen. Ich bin mir durchaus bewusst, dass der endgültige Entscheid, soweit solcher überhaupt möglich sein wird, erst auf Grund der überzeugenden Definition des Parasitismus erfolgen kann, die uns heute noch fehlt.

Die Prägung dieser Definition dürfte sich kaum auf dem Gebiete der Hymenopteren, wenigstens nicht der solitären, erfüllen. Die sozialen Hymenopteren, die Ameisen vor allem, und über die Hymenopteren hinaus die ebenso ancestralen als sozial hochentwickelten Termiten, werden zweifellos wertvolles Material beitragen, aber es ist durchaus nicht ausgeschlossen, dass der Schlüssel, das Leitmotiv, jenseits der Insektensphäre, vielleicht in der Welt der Würmer oder Milben erschlossen werde. Jedenfalls muss der Definition ein umfangreichstes Material zugrundeliegen, wobei auch die Komplikationen der Hyperparasiten zweiten und mehrzähligen Grades, wie auch der Polyembryonie, die heute von mir ganz übergangen wurden, Beachtung finden müssen.

Die Definition darf aber auch nicht kleinlich ausfallen, wird sie doch im ständigen Flusse des Weltalls immer temporär und provisorisch bleiben. Wenn wir uns vergegenwärtigen, dass eine Riesenfront von Hunderttausenden von Arten und Milliarden von Individuen mit der Zähigkeit und der Jahrtausende Geduld, die nur die Natur aufbringt, unablässig neue Wege anstrebt, ist es offensichtlich, dass Einzelfälle nicht berücksichtigt werden können. Auch in der Riesenphalanx der Schlupfwespen werden Rückschläge nicht ausbleiben und Dr. FERRIERE hat uns in Genf bereits von « Chalcidides gallicoles » berichtet, die rückfällig phytophag wurden. Die Zahl dieser Outsiders ist heute verschwindend klein gegen Hunderttausende von Schlupfwespenarten, sie wird, sie muss aber zunehmen.

Bei der Formulierung der Definition wird es stark darauf ankommen, wie Ziel und Zweck der sogenannten Parasitismuserscheinungen aufgefasst und bewertet werden. Mutterinstinkte

der Brutpflege dürfen nicht mit Futterschmarotzertum in einen Tiegel geworfen werden. Hochwertige, aufstrebende Evolution und passiv retrograde Erschlaffung bereits erworbener Instinkte sollten sauber distanziert werden. Anthropomorphe Momente, seien es die sogenannten ethischen Faktoren, oder der bewusst und unbewusst mitspielende Pferdefuss « nützlich — schädlich », sollten ausgeschaltet werden. Die Beiziehung parasitärer Erscheinungen als Merkmale für die Systematik sollte ganz unterbleiben oder doch sorgfältigst dosiert werden.

Wir treiben in unsern Tagen vielleicht allzusehr im breiten Strom intensiver Entwicklung, um uns Prognosen der Endresultate zu erlauben. Was wird mit *Psithyrus* geschehen? Wird er sich aus dem indolenten Commensalismus bei nächstverwandten Hummelarten, nach Schlupfwespenfaçon zu einer unabhängigen Existenzbasis aufschwingen? Oder wird zunehmendes Schmarotzertum und entsprechend gesteigerte körperliche Degeneration die Entwicklungskurve zum physischen und psychischen Abgrund führen, wie ihn uns der Niedergang der Ameisenreihe *Polyergus*, *Strongylognatus* und *Anergates* in fast tragischer Grösse vor Augen führt?

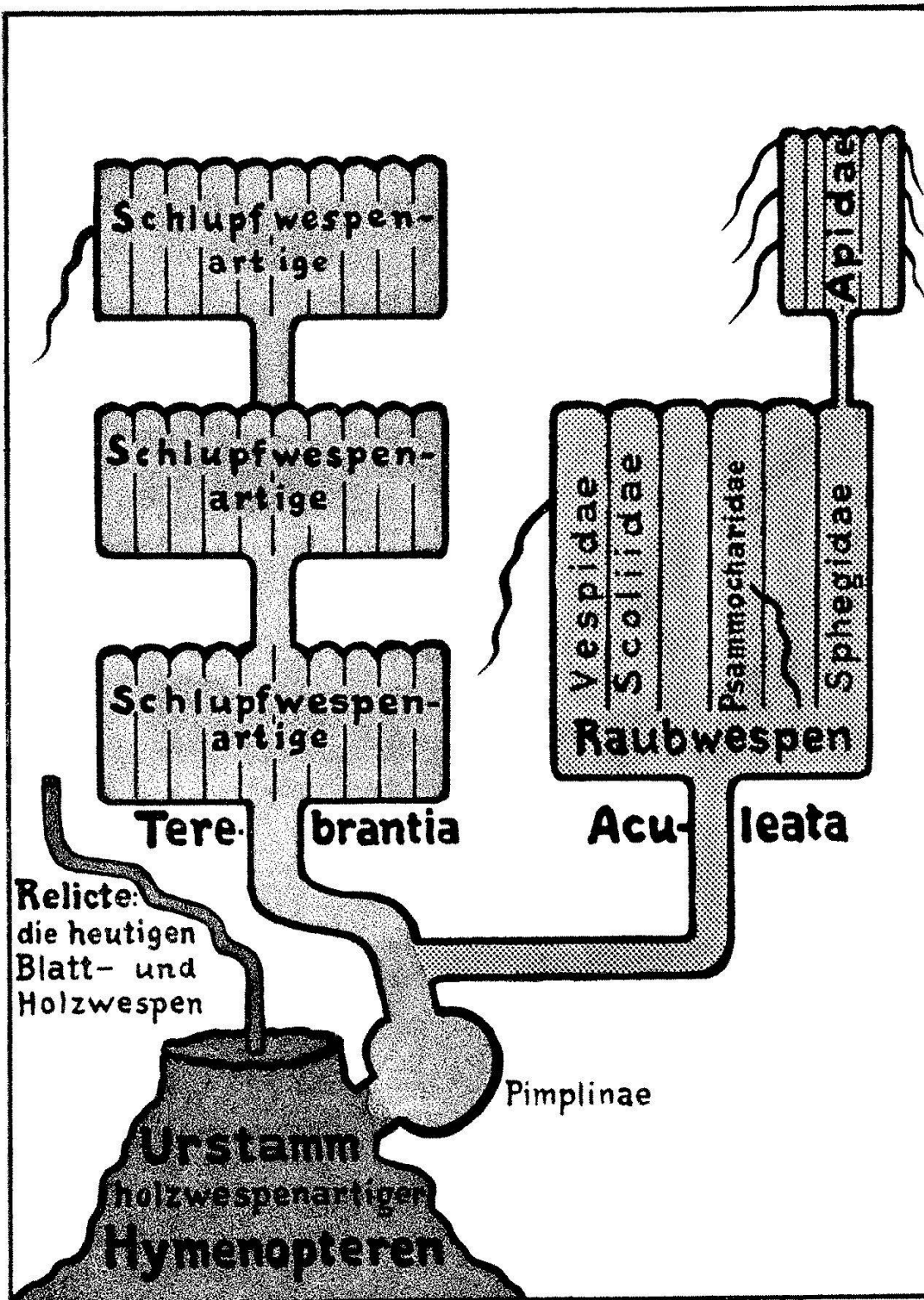
Zum erstenmal habe ich vorgehend die Ameisen zitiert und es mag Sie überrascht haben, dass dieselben nur angedeutet wurden. Da ich mich manches Jahr vorwiegend mit Ameisen beschäftigte, dürfen Sie mir glauben, dass ich diese anziehende Gruppe nicht vergessen habe. Dennoch gelange ich hier wie in andern biologischen Fragen zur Auffassung, dass die Ameisen seit altersher viel zu sehr einsame Eigenwege einschlugen als dass wir sie schlechthin in die allgemeinen Cadres einschalten könnten. Sie erheischen, mit den übrigen sozialen Hymenopteren, getrennte Behandlung, die uns heute allzusehr vom Wege abgelenkt hätte.

Tabelle Nr. 1

Hymenoptera	
<u>Nicht-Parasiten</u>	<u>Parasiten</u>
I. Terebrantia	
Symphita Blatt- und Holzwespen	<u>Ichneumonidea</u> (Schlupfwespen im weitesten Sinne)
Cynipidae (Gallwespen)	
Phytophage	Zoophage
II. Aculeata	
	<i>Chrysididae, Sapygidae</i> <i>Mutillidae</i>
Raubwespen	
Fam. Scoliidae	
Fam. Psammocharidae	↔ <i>Ausn.: Ceropales</i>
Fam. Vespidae	↔ <i>Ausn.: Pseudovespa</i>
Fam. Sphegidae	
Formicidae	<i>mit Ausnahmen</i>
Apidae	↔ <i>mit Ausnahmen:</i> <i>Parasitäre Apiden</i>

Einteilung der Hymenopteren in Nicht-Parasiten und Parasiten, nach Autoren

Tabelle Nr. 2



Stammbaum der für das Referat in Betracht fallenden Hymenopteren in Anlehnung an Handlirsch. Die rückläufigen Wellenlinien bedeuten: bei Terebrantia vereinzelte Fälle von „Nichtparasitismus“ (S. 16), bei Aculeata Rückfälle zum „Parasitismus“ (S. 15)

Rückblicke und Ausblicke in der Biochemie

Von

P. KARRER, Zürich

Die Aufgabe der Biochemie erschöpft sich nicht darin, organische Stoffe aus Organismen zu isolieren und chemisch zu untersuchen; SCHEELE und andere, die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts diesen Weg beschritten, rechnen wir nicht zu den Biochemikern. Biochemie beginnt dort, wo man besondere chemische Verbindungen oder besondere chemische Reaktionen als wesentliche Faktoren eines lebenden Systems, die zur Formbildung und zum Ablauf der Zellreaktionen unerlässlich sind, als solche erkennt und studiert. Zu den Aufgaben der Biochemie gehört also vor allem die Erforschung des Schicksals, dem die chemischen Stoffe in der lebenden Zelle unterworfen sind, die Aufklärung der chemischen Reaktionen, auf denen die Lebensvorgänge beruhen.

Zu den ersten, die biologisches Denken mit Chemie zu verbinden suchten, gehören LIEBIG und PASTEUR; sie trachteten u. a. danach, über die Vorgänge der Gärung genauere Vorstellungen zu gewinnen. Dass diese Bestrebungen damals nur geringe Erfolge haben konnten, können wir heute, wo wir die ganze Kompliziertheit dieser Vorgänge besser überblicken, leicht verstehen. Die organische Chemie war damals noch viel zu wenig entwickelt, die Zeit für eine erfolgversprechende biochemische Forschung noch nicht gekommen. Die folgenden fünf Jahrzehnte sehen wir denn auch ganz im Zeichen einfacherer chemischer Aufgaben: man synthetisierte, erschloss die Benzolderivate und entwickelte aus diesen die grossen Gruppen künstlicher Farbstoffe und Pharmaceutica. Erst um die letzte Jahrhundertwende erwachte die Biochemie, getragen von der ungeheuren Fülle neuer Erkenntnisse der organischen Chemie, zu neuem Leben.

Wie ein Fluss, der aus unsern Alpen kommt, häufig nicht eine einzige Quelle hat, sondern sich aus mehreren oder vielen

kleinen Bächen formt, so geht auch die biochemische Forschung auf verschiedene Ausgangspunkte zurück. Gestatten Sie mir, aus diesen drei herauszugreifen, die sicherlich zu den wichtigsten und folgenschwersten gehörten und die zeitlich alle ungefähr in die Jahre der letzten Jahrhundertwende fallen.

Den einen Ausgangspunkt bilden die bekannten und klassischen Untersuchungen EMIL FISCHERS über Kohlenhydrate, Aminosäuren, Polypeptide und Eiweiss, sowie über Purine. In meisterhafter Weise gelang es ihm, die Chemie dieser Naturstoffe zu erschliessen und über ihre Entstehung und ihr Schicksal im Organismus manche wertvolle Auskunft zu erlangen; sie sind zum Teil verbunden mit wertvollen Studien über enzymatische Vorgänge.

Ein zweiter Ausgangspunkt der modernen biochemischen Forschung ist die 1897 erfolgte Entdeckung BUCHNERS, dass Presssaft aus Hefezellen Zucker in Gärung versetzen kann, dass sich also das Enzym der Gärung von der Hefezelle trennen lässt. Diese Entdeckung war nicht nur für die Erkenntnis der Gärungsvorgänge von fundamentaler Bedeutung, sondern hat wie wenige andere allgemein befruchtend auf die biochemische Forschung gewirkt. Das Gärungsproblem, das seit PASTEUR keine nennenswerten Fortschritte erfahren hatte, war damit einer eingehenderen Bearbeitung zugänglich gemacht. Aber fast 40 Jahre hat es noch gedauert, bis sich unsere Vorstellungen darüber abrundeten; es ist reizvoll, diese verschiedenen Stadien wissenschaftlicher Erkenntnisse heute an uns vorbeiziehen zu lassen, geben sie uns doch ein eindrucksvolles Beispiel, wie weitgehend sich die Auffassungen ändern und wie kompliziert ein biologisch-chemischer Vorgang gestaltet ist.

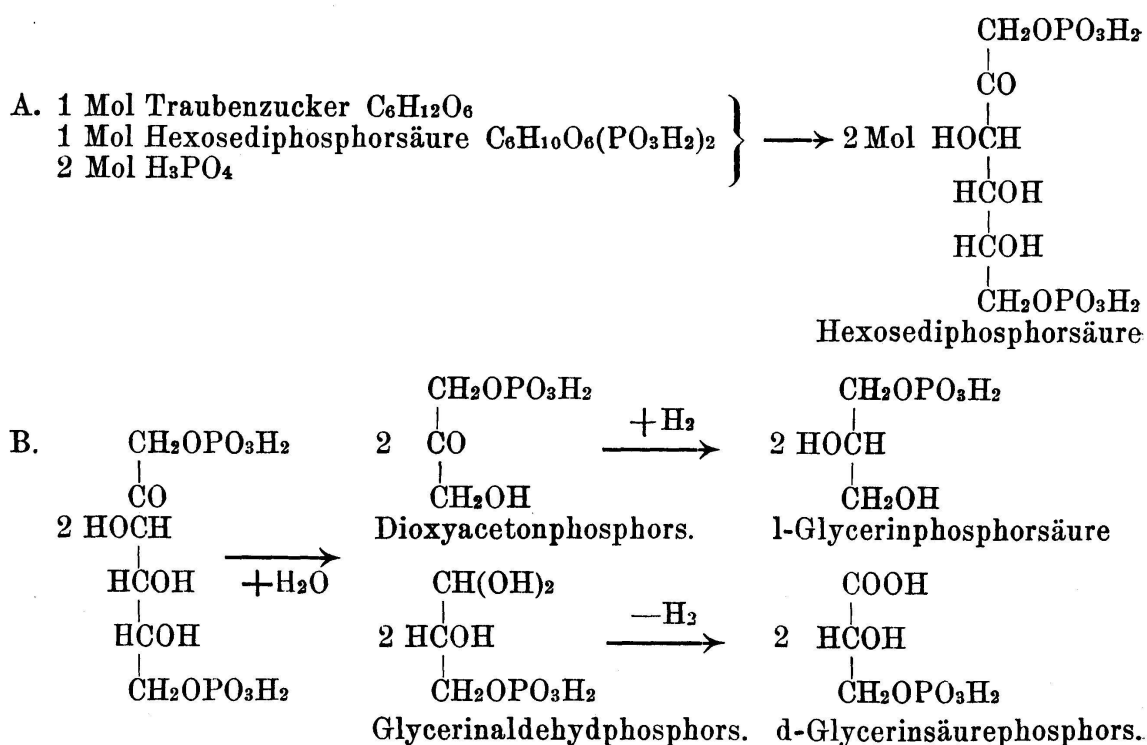
Durch LAVOISIERS Untersuchungen wurde vor 150 Jahren der Nachweis erbracht, dass Zucker bei der Gärung Alkohol und Kohlendioxyd liefert; GAY LUSSAC ermittelte die Mengenverhältnisse, in denen sich diese Reaktion vollzieht, die wir in unsern heutigen Formeln durch die Gleichung

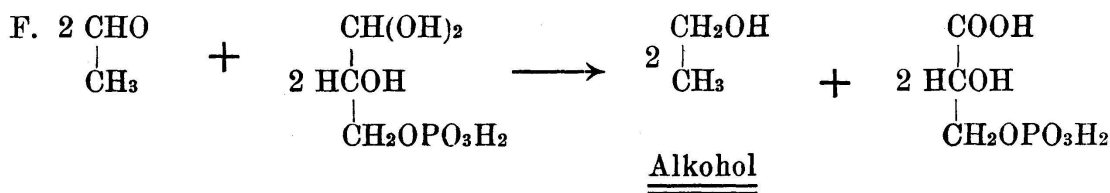
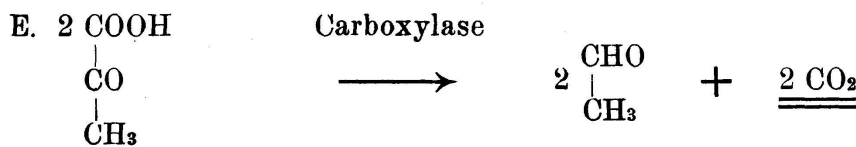
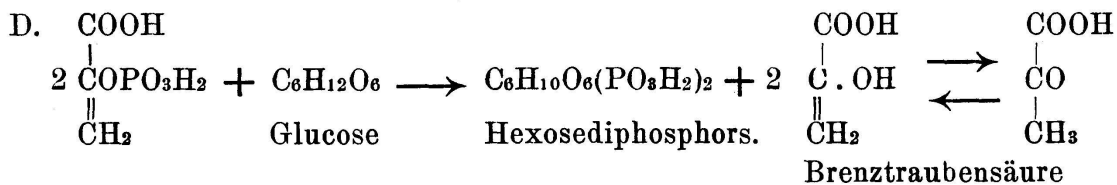
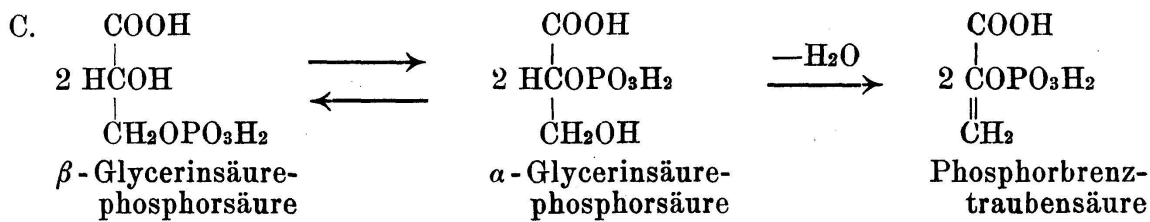


ausdrücken. 1835 zeigten dann CAGNIARD DE LA TOUR und SCHWAMM ungefähr gleichzeitig und unabhängig voneinander, dass die Hefe, die die Gärung veranlasst, ein lebender Organismus ist. Von TURPIN stammt das Bild, der Zucker sei das Nahrungsmittel der Hefe und Alkohol und Kohlendioxyd, die Gärprodukte, würden von den Pilzen als Stoffwechselprodukte ausgeschieden, sie seien deren

Exkrementen. Die Tatsache, dass wenig Hefe eine grosse Zuckermenge zu zersetzen vermag, suchte sich LIEBIG (1839) so zu erklären, dass er annahm, ein Ferment, wie die Hefe, sei ein in Zersetzung begriffener Körper, der seine innere Bewegung auf die gärfähigen Stoffe übertrage und deren Zerfall herbeiführe. PASTEUR endlich vertrat die Auffassung, die anärobe alkoholische Gärung werde dadurch veranlasst, dass die Hefepilze dem Zucker Sauerstoff entziehen und diesen damit zum Zerfall bringen.

Die moderne Erforschung der Gärungsvorgänge setzte, wie bereits gesagt, mit der Entdeckung BUCHNERS ein, dass ein von der Hefezelle abtrennbares Ferment oder Enzym, die Zymase, die Spaltung des Zuckers in Alkohol und CO_2 bewirkt. In Forschungen, die sich über vier Jahrzehnte erstrecken und die sich insbesondere an die Namen NEUBERG, HARDEN, v. EULER, EMBDEN, MEYERHOF und WARBURG knüpfen, wurde nun einerseits versucht, den Mechanismus der alkoholischen Gärung, d. h. die Zwischenprodukte des Zuckerzerfalls, aufzuklären, andererseits die chemische Natur der Gärungsfermente zu ermitteln. Sie sehen hier das heutige Gärungsschema aufgezeichnet, das in allen wesentlichen Punkten als bewiesen angesehen werden darf. In einem komplizierten Mechanismus wird das Zuckermolekül über viele Zwischenstufen schliesslich bis zu den Endprodukten Alkohol und CO_2 abgebaut :





Wenn wir uns nochmals erinnern, dass TURPIN die Gärungsprodukte Alkohol und Kohlendioxyd als Exkremente der Hefepilze auffasste und damit das moderne Gärungsschema vergleichen, so werden uns die eminenten Fortschritte bewusst, welche die systematische biochemische Forschung auf diesem Gebiet zeitigte.

Alle die besprochenen Teilvorgänge der alkoholischen Gärung werden durch das Eingreifen besonderer Fermente ausgelöst, auf die ich später zurückkomme.

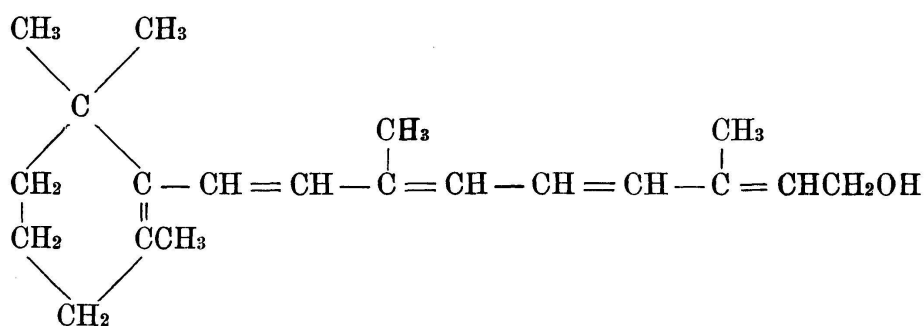
Vorher möchte ich auf einen dritten Ausgangspunkt der modernen biochemischen Forschung hinweisen. Das 19. Jahrhundert hatte die Erkenntnis gebracht, dass Eiweiss, Kohlehydrate und Fette die wichtigsten und unentbehrlichen Bestandteile der tierischen und menschlichen Nahrung sind. Aber bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde beobachtet, dass man Mäuse wohl mit Milch ernähren kann, nicht aber mit einer Mischung von gereinigtem Eiweiss, Fett und Kohlehydraten. Dies veranlasste den Physiologen BUNGE in Basel, in seinem Lehrbuch der Physiologie und pathologischen Chemie im Jahre 1887 die Frage aufzuwerfen: « Enthält die Milch ausser Eiweiss, Fett

und Kohlehydraten noch andere organische Stoffe, die gleichfalls für die Erhaltung des Lebens unentbehrlich sind? »

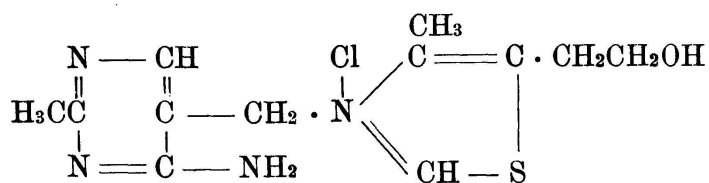
Dass es solche Stoffe gibt, kann man heute nicht nur in Lehrbüchern der Physiologie und Chemie, sondern auch in jedem besseren Kochbuch und in jeder Tageszeitung lesen; es sind die Vitamine, von vielen als gute Geister der Küche verehrt und angebetet, andern eine stete Ursache der Angst, da sie fürchten, für ihr leibliches Wohl nicht genügender Mengen habhaft werden zu können.

Die ersten grundlegenden Beobachtungen über die Existenz solcher Vitamine fallen ebenfalls in die Zeit der Jahrhundertwende und sind mit den Namen ELJKMAN, HOPKINS, HOLST, MC COL- LUM, MENDEL, OSBORNE, STEENBOCK und vielen andern verbunden. Heute kennen wir eine grössere Zahl unentbehrlicher Wirkstoffe, die der Organismus nur in kleiner Menge bedarf, die in diesen Quantitäten aber unentbehrlich sind. Dazu gehören auch viele Elemente, die sich im tierischen und menschlichen Organismus nur in Spuren finden und daher in früheren Betrachtungen vernachlässigt worden sind. Als lebensnotwendig dürfen ausser Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Sauerstoff, Wasserstoff, Kalium, Magnesium, Calcium, Eisen, Jod auch verschiedene andere Elemente bezeichnet werden, insbesondere Mangan, Bor, Kupfer, Zink, Natrium, Chlor, vielleicht auch Aluminium und Silicium.

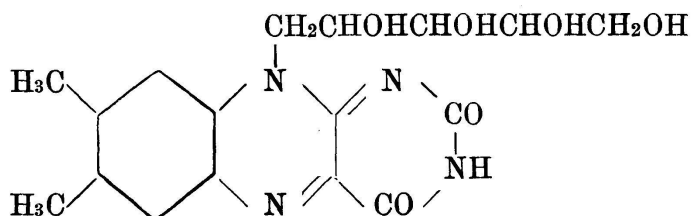
Die eigentlichen Vitamine sind kompliziert gebaute, organische Stoffe, die fast ausnahmslos Verbindungsgruppen angehören, die vor der Bearbeitung der Vitamine unbekannt gewesen waren. Nachstehend folgen die Formeln der bisher konstitutionell aufgeklärten Vitamine, die einen Überblick über dieses Gebiet erlauben :



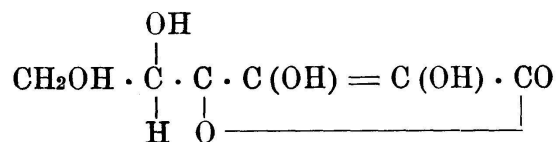
Vitamin A;
Axerophthol epithelisierendes (antixerophthalmisches) Vitamin



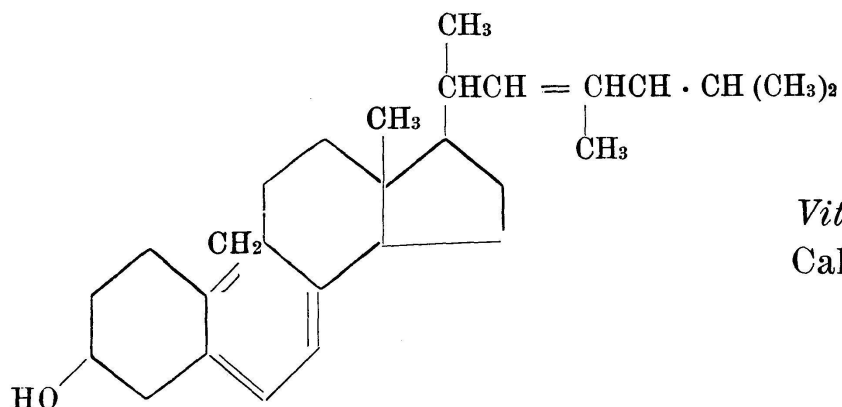
Vitamin B₁;
Aneurin antineuritiches (antiberiberi-) Vitamin



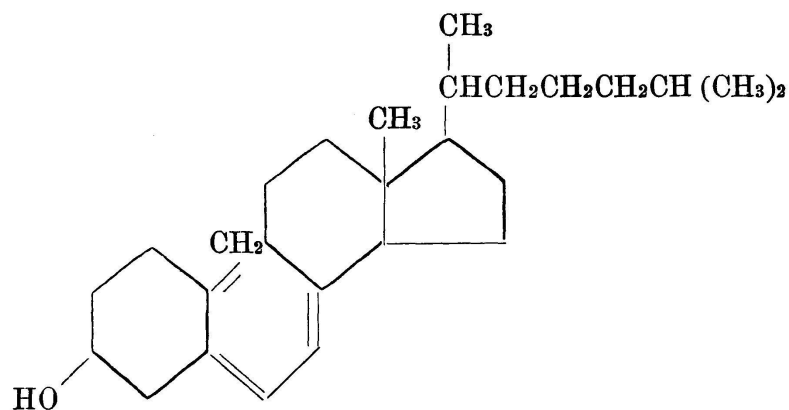
Vitamin B₂
Lactoflavin



Vitamin C;
l-Ascorbinsäure antiskorbutisches Vitamin

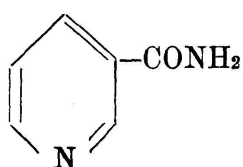


Vitamin D₂
Calciferol



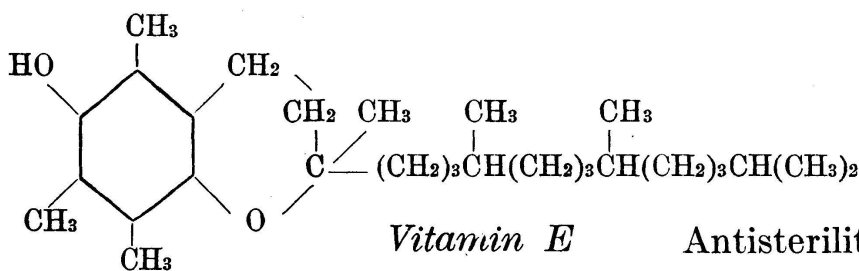
Vitamin D₃

anti-
rachi-
tische
Vita-
mine



Nicotinsäureamid

Gegen Pellagra und black tongue-Krankheit wirksames Vitamin



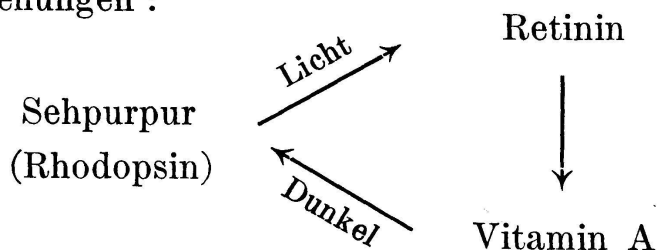
Vitamin E

Antisterilitäts-Vitamin

α -Tocopherol

Mit Ausnahme der Vitamine D_2 und D_3 konnten die hier aufgeführten Ergänzungsstoffe der menschlichen Nahrung alle synthetisiert werden (die Synthese des Vitamins A ist fraglich) und bieten daher vom rein chemischen Standpunkt aus keine wesentlichen Probleme mehr. Dagegen liegt über der Frage ihrer Wirkungsweise in der lebenden Zelle, im Organismus, noch ein dichter Schleier, der nur in einzelnen Fällen etwas gehoben werden konnte.

Die chemischen Vorgänge, bei denen Vitamin A in der Zelle eingreift, sind noch unbekannt. Dagegen wissen wir, dass dieses Vitamin beim Sehakt eine Rolle spielt. Der Sehpurpur in den Sehstäbchen der Retina ist nach Untersuchungen von G. WALD ein Carotinoidpigment, das bei der Einwirkung von Licht in ein zweites Pigment, Retinin, übergeht, aus dem sich hierauf durch einen thermischen Vorgang Vitamin A bildet. In hell adaptierten Augen findet man daher stets erhebliche Mengen Vitamin A. Im Dunkeln verschwindet Vitamin A aus der Retina wieder; es wird auf einem im einzelnen noch unbekannten Weg in Sehpurpur zurückverwandelt. Zwischen den drei Pigmenten bestehen somit folgende Beziehungen :

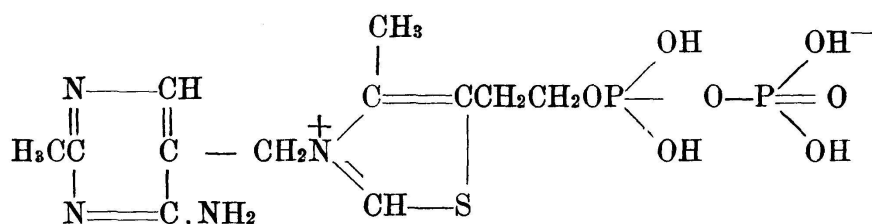


Fehlt im Organismus Vitamin A, so ist auch die Möglichkeit der Sehpurpurbildung nicht vorhanden und es kommt zu einer Sehstörung, der sogenannten Nachtblindheit oder Hemeralopie, bei der das Sehvermögen bei Dämmerlicht reduziert bzw. aufgehoben ist.

Wir haben hier ein Beispiel, das uns zeigt, wie sich der Mangel an einem Vitamin beim Menschen in bestimmten Ausfallserscheinungen auswirkt. Ohne dass wir die Vorgänge schon in chemische Formeln auflösen vermögen, ist ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen Stoff und einer seiner Wirkungen in vivo gefunden. Bei Vitamin-A-Mangel fehlt dem Körper die Möglichkeit, den lichtempfindlichen Farbstoff der Sehstäbchen, der ein Vitamin-A-Derivat ist, aufzubauen und damit wird dieser Mangel zur Ursache der Sehstörung.

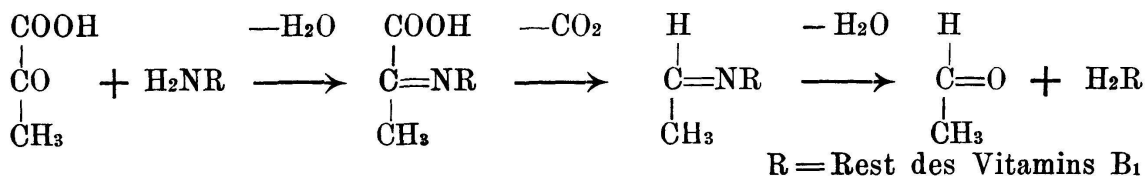
In einigen andern Fällen ist es der Forschung der letzten 2—3 Jahre gelungen, in den Mechanismus der Vitaminwirkungen noch tiefere Einblicke zu gewinnen. Man hat gefunden, dass die Vitamine B₁, B₂ und Nicotinsäureamid Teile, sogenannte Wirkungsgruppen, von Fermenten sind. Ein Ferment besteht in vielen Fällen aus zwei Bestandteilen: einem hochmolekularen Träger, der meistens ein Eiweißstoff ist, und aus einer niedermolekularen Wirkungsgruppe. Kolloide Trägersubstanz und Wirkungsgruppe lassen sich oft durch vorsichtige Eingriffe trennen und nachher wiederum zum Ferment vereinigen; in andern Fällen gelingt dies nicht. Beide Anteile sind getrennt wirkungslos; erst nach ihrer Vereinigung treten fermentative Eigenschaften auf.

Die drei erwähnten Vitamine (B₁, B₂ und Nicotinsäureamid) gehören als Wirkungsgruppen Fermenten an, deren Wirkungen man zum Teil schon längere Zeit kennt. So ist ein Pyrophosphorsäureester des Vitamins B₁

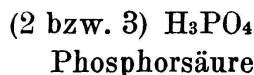
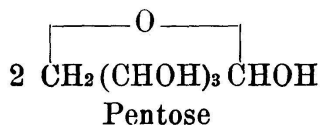
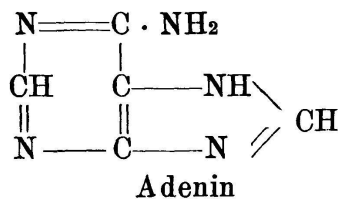
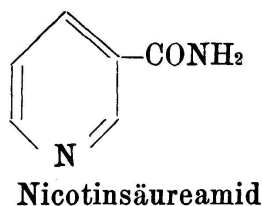


die Wirkungsgruppe der Carboxylase, die bei der alkoholischen Gärung die Decarboxylierung der Brenztraubensäure zum Acetaldehyd hervorruft (Gleichung E). Auch im menschlichen und tierischen Körper hat sie dieselbe Funktion; fehlt sie hier, so entstehen aus der Brenztraubensäure, einem Zwischenprodukt des Kohlenhydratstoffwechsels, Milchsäure, Acetonverbindungen und dergleichen und dadurch werden die Erscheinungen der Beriberi-krankheit ausgelöst.

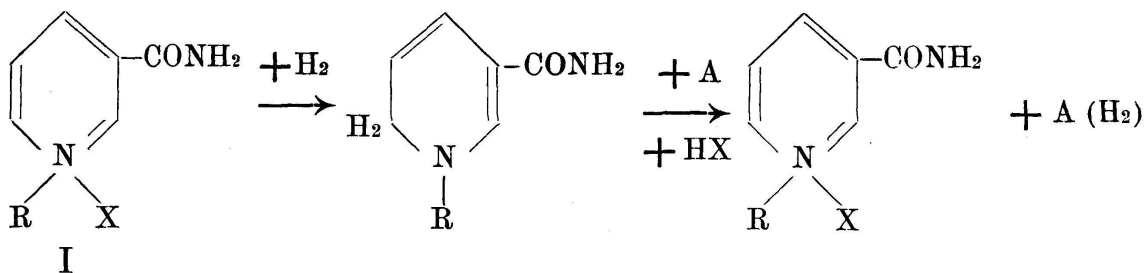
Man kann sich nun weiter fragen, in welcher Art und Weise dieser Vitamin-B₁-pyrophosphorsäureester die CO₂-Abspaltung aus der Brenztraubensäure bewirkt. Es ist möglich, dass sich das Vitamin mit seiner freien Aminogruppe mit der Brenztraubensäure zu einem Ketimid vereinigt; solche Ketonsäure-imide zerfallen dann erfahrungsgemäss leicht in folgender Art :



Die Vitamine B₂ (Lactoflavin) und Nicotinsäureamid gehören als Wirkungsgruppen 2 Fermenten an, die sich bei Oxydationsvorgängen, bzw. Dehydrierungen, im Organismus betätigen. Nicotinsäureamid ist Bestandteil der Codehydrase I oder Cozymase und der Codehydrase II, in denen es sich zusammen mit Adenin, Pentose und Phosphorsäure vorfindet :



Beide Codehydrasen übertragen Wasserstoff, wirken also dehydrierend. Man konnte zeigen, dass diese Wasserstoffübertragung an den Nicotinsäureamid-Anteil gebunden ist. Eine Wasserstoffübertragung erwies sich nur durch Nicotinsäureamidderivate möglich, in denen der Pyridinstickstoff quaternären Charakter besitzt. Solche Verbindungen (I) gehen durch Aufnahme des von dem Substrat abgespaltenen Wasserstoffs in ortho-Dihydroderivate (Formel II) über, die hierauf den Wasserstoff an andere Verbindungen (A) weitergeben :



Um aus einem Substrat, z. B. einem Zuckerderivat, 2 H-Atome abzuspalten, ist somit die Inangsetzung eines sehr komplizierten Mechanismus in der Zelle nötig, der sich vier verschiedener Fermentsysteme bedient. Die Wirkungsgruppen zweier hier tätiger Fermente sind die Vitamine B₂ und Nicotinsäureamid. Fehlen sie im tierischen Organismus, der sie selbst nicht zu erzeugen vermag, so sind die besprochenen Dehydrierungsvorgänge unmöglich; es kommt zu Stoffwechselstörungen, d. h. es tritt das Krankheitsbild einer Avitaminose auf (Black tongue-Krankheit, Pellagra und andere Störungen).

Die Codehydrase I oder Cozymase (mit Nicotinsäureamid) ist als Wirkungsgruppe der Zymase (Zymase = Cozymase + kolloider Eiweissträger) auch bei der alkoholischen Gärung mitbeteiligt; sie vermittelt die Wasserstoffübertragung in den Reaktionen B und F.

Wir haben uns an einigen Beispielen von der Wirkungsweise von Vitaminen und Fermenten Rechenschaft gegeben. Es handelt sich hier um neueste Erkenntnisse, die in den nächsten Jahren vermutlich noch eine beträchtliche Verbreiterung und Vertiefung erfahren werden. Aber schon erhebt sich dahinter eine noch viel grössere und tiefer zielende Frage, die Frage nach dem Zusammenhang solcher fermentativer Prozesse mit den eigentlichen Lebensvorgängen.

Es wäre vermessen, voraussagen zu wollen, dass der eingeschlagene Weg schliesslich auch in das Geheimnis des Lebens führen werde. Was man aber heute feststellen darf, ist die Tatsache, dass die Biochemie in letzter Zeit eine Reihe von Beobachtungen sammelte, die im Hinblick auf jene Frage grosse Beachtung verdienen. Es sind dies die neuen Untersuchungen über Virusarten und Bakteriophagen.

Die Anfänge der Virusforschung gehen auf IWANOWSKI (1892) zurück, der feststellte, dass der Saft mosaikkranker Tabakpflanzen auch nach der Filtration durch Chamberland-Filter, die alle Lebewesen zurückhalten, infektiös bleibt. Es musste sich also, wie BEIJERINK 1898 ausführte, um einen von Bakterien verschiedenen, filtrierbaren Krankheitserreger handeln, den man Virus nannte.

Zu den Virusarten gehören die Erreger zahlreicher anderer pflanzlicher und tierischer bzw. menschlicher Krankheiten, z. B. diejenigen der Maul- und Klauenseuche, des Gelbfiebers, der Hühner-

pest usw. Nicht alle Viren passieren bakteriendichte Filter; manche sind so gross, dass sie, von spezifischen Farbstoffen gefärbt, im Mikroskop sichtbar werden. Ihre Grössen lassen sich entweder durch Ultrafiltration, mit der Ultrazentrifuge oder durch Ultraviolettphotographie bestimmen. Dabei ergab sich die sehr bemerkenswerte Tatsache, dass ihre Durchmesser ungefähr zwischen jenen der grössten bekannten Moleküle und jenen der kleinsten Lebewesen (Bakterien) liegen. Sie füllen hier eine Lücke aus. Dasselbe trifft für die Bakteriophagen zu. Hierüber orientiert die folgende Tabelle.

<i>Virusarten</i>	Grösse in μ , bestimmt durch	
	<i>Zentrifuge</i>	<i>Ultrafiltration</i>
Variola-Vaccine	160—180	125—175
Kanarienvirus	120	125—175
Herpes simplex	200	100—150
Influenza	85—100	80—120
Hühnerpest	100	60— 90
Rous-Sarkom	70	75—100
Tabak-Mosaikkr.	50	25
Gelbfieber		22
Polyomyelitis		10
Maul- und Klauenseuche . . .		8—12
Bakt. Coli-Phage	100	

Vergleichswerte

Bakt. prodigiosum	1000
Staphylokokkus	800
Pleuro-Pneumonie-Erreger . .	200—500
Ovalbumin-Molekül	4,3
Hämoglobin-Molekül	3,5

Viren und Bakteriophagen nehmen aber nicht nur der Grösse nach eine Mittelstellung zwischen grossen Molekeln und kleinsten Lebewesen ein, sondern auch in manchen andern Eigenschaften. Sie vermehren sich durch Zweiteilung — eine Eigenschaft, die sie auch mit den Genen, den Erbanlagen in den Chromosomen, teilen. Bisher konnten solche Virusteilungen nur innerhalb lebender Zellen wahrgenommen werden, doch stehen diese Forschungen noch in den Anfängen; Entwicklungsstadien liessen sich nie feststellen.

Der grosse Fortschritt der Virusforschung in letzter Zeit beruht auf den Arbeiten W. M. STANLEYS einerseits, BAWDENS und PIRIES anderseits, denen es durch chemische Reinigungsverfahren und mit Hilfe der Ultrazentrifuge gelang, das Tabak-Virus in reinem, kristallisierten Zustand abzuschneiden und ohne Veränderung der Wirksamkeit bis 15mal umzukristallisieren. Es handelt sich um ein typisches Nucleoproteid mit dem Mol.-Gew. von zirka 17,000,000. Es besitzt antigene Eigenschaften und erzeugt im Tierversuch Antikörper.

Andere Viren liessen sich wegen ihrer grossen Zersetzlichkeit nicht auf chemischem Wege, wohl aber durch Sedimentation in der Ultrazentrifuge rein gewinnen.

Diese Viren, die in chemischer Hinsicht Nucleoproteide oder Eiweisskörper wie andere Eiweissverbindungen sind, besitzen also die Fähigkeit, sich im Zellinnern zu teilen. Dürfen wir hier schon von « lebenden » chemischen Molekülen sprechen? Diese Frage — die auch bezüglich der Bakteriophage seit Jahren eine Streitfrage war — soll weder mit ja noch mit nein beantwortet werden. Aber eine Überlegung, wie sie namentlich STANLEY anstellte, mag diese Ausführungen beschliessen. Es gibt Fermente — wir haben Beispiele von Fermentwirkungen besprochen — die hochmolekulare Kohlenhydrate oder Eiweisskörper synthetisieren. Denken wir uns nun, dass ein solches eiweissaufbauendes Ferment, eine solche Protease, nicht andere Eiweisskörper bildet, sondern autokatalytisch wirkt, d. h. das eigene Eiweissmolekül weiter ausbaut oder auch spaltet, dann haben wir die Erscheinung des Wachsens oder der Teilung, die als Äusserungen des Lebens betrachtet werden. STANLEY weist darauf hin, dass Fälle dieser Art in den eiweiss-spaltenden und eiweissaufbauenden Fermenten Pepsin und Trypsin vorliegen, die autokatalytisch, unter der Wirkung einer Spur aktiven Ferments, aus ihren Vorstufen Pepsinogen bzw. Trypsinogen entstehen. Um ähnliche autokatalytisch wirkende Fermente könnte es sich bei den Viren handeln. Aber selbst wenn man dem Virus eigentliche Lebensfunktionen zuerkennen wollte, so würde das Problem der lebenden Materie um nichts einfacher geworden sein. Das Molekulargewicht des Mosaikvirus liegt — wie wir gehört haben — in der Grössenordnung 17 Millionen; das bedeutet, dass rund 2 Millionen Atome dieses Molekül zusammensetzen. Die Erforschung aller Struktureinheiten, die Konstitutionsaufklä-

rung eines so kompliziert gebauten Gebildes liegt heute ausserhalb aller experimentellen Möglichkeiten. Ob uns die Aufgabe gestellt ist, Lebensvorgänge aus der Struktur eines kristallisierten Virusmoleküls oder aus derjenigen eines nur zirka 10mal grösseren Bakteriums abzuleiten — diese Aufgabe erscheint in beiden Fällen gleich schwierig und mit unsern heutigen Mitteln und Methoden unlösbar.

Wenn wir also auf diese neuesten Ergebnisse der Virusforschung in bezug auf die Aufklärung der Lebensvorgänge keine übertriebenen Hoffnungen setzen dürfen, so ist es anderseits aber wohl erlaubt, dem Glauben Ausdruck zu geben, dass von ihnen noch manche beachtenswerte Erkenntnisse ausgehen werden und dass hier ein neues Sprungbrett der Biochemie gefunden ist, von dem sich eine neue Entwicklung anbahnen kann.

Scienze della natura e scienze dell'uomo

Von

Prof. Dr. ALBERTO MOCHI, Kairo

Signor Presidente, Signore e Signori,

Invitato ad esporre dinanzi a Voi i risultati dei miei studi sulla conoscenza scientifica, non voglio dilungarmi in preamboli. Permettetemi soltanto di esprimere alla Società elvetica di Scienze naturali e particolarmente al suo Presidente tutta la mia riconoscenza per avermi permesso di prendere la parola in questo paese che considero come una seconda patria, in questa città che amo come la mia città natale.

Per la scienza, l'uomo è l'ignoto : lo ha affermato uno dei più celebri biologi moderni, il Carrell, in un libro divenuto rapidamente popolare. Meditando questo libro, non si può sfuggire all'impressione che, nel suo tentativo per dimostrare la verità dell'affermazione contenuta nel titolo, l'autore è andato oltre le sue stesse intenzioni : la parte più convincente dell'opera non è infatti la critica, ma la ricostruzione. Proprio quando propone dei metodi per correggere i mali prodotti dall'industrializzazione e dalla meccanizzazione della vita moderna, l'impotenza della scienza salta agli occhi. Non soltanto le proposte dell'uomo di laboratorio, se fossero accettate, non contribuirebbero a neutralizzare gli effetti della crisi, ma piuttosto li aggraverebbero, accelerando il movimento che conduce al disastro.

Tutto quello che la scienza propone, attraverso alla parola di uno dei suoi più grandi cultori nel campo biologico, è l'applicazione all'uomo dei metodi che servono per gli animali. Il miglioramento della società si dovrebbe ottenere per mezzo dell'eugenetica : gli uomini dovrebbero far tacere i sentimenti, rinnegare l'amore, sottrarsi alla passione e unirsi in matrimonio spinti soltanto dal desiderio di procreare una discendenza perfetta. Il Carrell

non osa proporre il matrimonio eugenetico obbligatorio : sogna un' umanità che accetterebbe spontaneamente di sostituire la ragione al sentimento, ma dimostra così di non conoscere né l'anima umana, né i metodi delle applicazioni della scienza. Impossibile giungere alla soluzione razionale di un problema senza imporla, almeno in un primo tempo : il vaiuolo continuerebbe le sue stragi se la vaccinazione non fosse stata resa obbligatoria.

In alcuni paesi l'eugenetica è in grande onore. Gli individui che potrebbero trasmettere alla discendenza delle malattie o delle tendenze antisociali sono sterilizzati; l'aborto è legalmente ammesso per ragioni sociali; l'esame sanitario prenuziale è consigliato ed anche imposto. I risultati di questi provvedimenti sono quanto mai sconcertanti ed è prevedibile che lo saranno sempre più. Il tecnico che pratica la scelta dei riproduttori in zootecnia per migliorare una razza è in primo luogo sicuro di non incontrar resistenze da parte dei suoi soggetti : né i tori, né i cavalli, né i montoni complicano l'istinto sessuale con la passione e tornano sessualmente neutri quando il periodo della fregola è passato. D'altra parte, sa esattamente quel che vuole : montoni a lana lunga, vacche da latte o cavalli da corsa. Si pretenderebbe forse di far qualche cosa di simile per l'uomo ? L'eugenetica avrebbe forse lo scopo di creare degli stipiti specializzati di « operaie » o di « guerrieri » come nel formicaio ? Federico Guglielmo di Prussia selezionava i suoi granatieri, ma non credo che la scienza moderna voglia seguirne l'esempio.

Prima di migliorare gli uomini, bisogna definire il miglioramento; e questo l'eugenetica non sa e non può farlo. Preoccupata di evitare la trasmissione delle malattie o delle tendenze antisociali — quest'ultima, del resto, tutt'altro che dimostrata — sterilizza dei maschi in piena attività sessuale e forma dei veri « maschi pubblici », che conservano la potenza senza poter più procreare e vengon quindi ricercati dalle femmine come strumento sicuro di piacere, spandendo il vizio, e soprattutto le malattie veneree. L'aborto legale attenua l'istinto materno e finisce per sommarsì all'aborto clandestino, diminuendo la prolificità anche attraverso alle complicazioni cui dà luogo. Quanto alla proibizione del matrimonio per ragioni igieniche non ha altro risultato che quello di spingere i disgraziati privi della possibilità di farsi una famiglia verso l'amore libero, aumentando il numero dei bastardi.

Sorvolo sulle altre proposte contenute nel libro del Carrell : eliminazione « umanitaria » dei criminali incorreggibili e dei malati incurabili, degli idioti, dei pazzi, per mezzo di una specie di eutanasia legale; pene corporali rimesse in onore... Tutti provvedimenti che condurrebbero al ripristino della pena di morte e della tortura. Come non dar ragione ai teologi ed ai filosofi che, d'accordo del resto col senso comune, proclamano il fallimento della scienza? Accettando le proposte del Carrell, che trae le conclusioni logiche da un certo numero di premesse scientifiche, si tornerebbe a dei metodi assai peggiori di quelli che l'umanità ha impiegati nei periodi più torbidi della sua storia. Mille volte meglio accettare gl'insegnamenti della saggezza tradizionale, tornare alla religione, alla moderazione tomistica, alla filosofia ben compresa. I filosofi e i profeti, in fondo, conoscevano l'uomo mille volte meglio dei nostri scienziati : tenevan conto dell'insieme delle sue tendenze e non si arrestavano a qualche carattere soltanto, creando un essere artificiale per sostituirlo alla realtà vivente. Sapevano che il miglioramento della società e degli individui non può essere ottenuto con dei procedimenti quasi meccanici, con una selezione artificiale di caratteri biologici, con l'imposizione di misure vessatorie che sempre risvegliano reazioni violente, spingendo finalmente la società nella direzione opposta a quella che si pretendeva imprimerle.

Più gli scienziati cercano di trarre dalle conoscenze che hanno acquistate in altri campi un rimedio ai mali che ci colpiscono e più dimostrano la loro impotenza. Per la maggior parte, del resto, si rassegnano a passare in second' ordine e convengono che la scienza non deve occuparsi di questioni morali, che il suo dominio è quello dell' « essere » e non quello del « dover essere », che l'ideale le sfugge e che, se anche arrivasse a distinguere astrattamente il bene dal male, non avrebbe alcun mezzo per obbligare gli uomini a volere il meglio. Il metodo positivo non serve che nel campo delle scienze naturali : le scienze dello spirito si servono del metodo storico e filosofico : dove questo fallisce, interviene la religione.

Il male si è che i risultati di queste attività sono ormai conosciuti; non c'è quindi da farsi illusioni, la loro impotenza è sicura. C'è un abisso fra l'efficacia pratica della scienza e quella della dialettica o della fede. Se la medicina non avesse progredito paral-

lamente allo sviluppo delle industrie e dell'urbanesimo sarebbe stato necessario rinunciare alla maggior parte delle applicazioni pratiche della fisica e della chimica: gli uomini sarebbero stati avvelenati dalle esalazioni delle officine o distrutti dalle epidemie. Analogamente, se gl'inconvenienti della meccanizzazione e del progresso della biologia, che prolunga la vita degli individui deboli e tarati, non sono corretti da un mutamento rapido delle condizioni sociali, la scomparsa della scienza s'impone per evitare la distruzione o la degenerazione dell'umanità. Impossibile spingere l'ottimismo fino a credere che la filosofia o la religione possano esser sufficienti ad ottener questo scopo: sono migliaia d'anni che lavorano, e tutti sanno quello che possono dare. O si giunge rapidamente ad un mutamento radicale della conoscenza dei fatti umani, oppure *la filosofia e la religione salveranno l'umanità distruggendo la scienza.*

* * *

Prima di rassegnarsi a considerar fatale questa soluzione, vale la pena di esaminare a fondo il problema della conoscenza scientifica. Potrebbe darsi che né gli scienziati stessi né l'opinione pubblica si fossero ben resi conto della natura della scienza. Il fatto non sarebbe nuovo. Ogni volta che si è cominciato a studiare un gruppo di fatti appartenenti ad un campo inesplorato, si è dovuto mutare radicalmente la teoria della conoscenza: ricordo soltanto le rivoluzioni che hanno caratterizzato la nascita della chimica organica, della biologia e della psicologia. Da principio tutti hanno creduto che bastasse applicare alla nuova materia dei metodi già conosciuti, ma più tardi ci si è resi conto della loro insufficienza e si son dovuti foggare nuovi istrumenti, si è dovuti passare per vie nuove e superare ostacoli insospettati. Quasi sempre gli scienziati si son lanciati spontaneamente, benchè incoscientemente, nella nuova direzione, ma la rivoluzione non si è compiuta che quando la riflessione ha giustificato e inquadrato i metodi in via di sviluppo, permettendone l'impiego razionale. Siamo oggi alla svolta più decisiva della storia della scienza, poichè si tratta di passare dalla conoscenza della natura a quella dell'uomo, e quindi tutto, anche i principii di apparenza meno discutibili, deve esser rimesso in questione. Bisogna che ci domandiamo se è vero che *la scienza studia quello che è senza occuparsi di quello che deve*

essere, cioè che si occupa del reale senza interessarsi dell' ideale ed anche che cosa intendiamo dire quando affermiamo che è possibile applicare la scienza alla pratica astraendo da ogni considerazione morale.

Molte sono le ragioni che hanno contribuito a lasciar nell'ombra la componente ideale della conoscenza scientifica; eppure non c'è dubbio che la realtà è conosciuta scientificamente soltanto in quanto è stata messa in rapporto con delle costruzioni del nostro spirito che rispondono esattamente alla definizione platonica dell' idea. Le astrazioni al limite, fondamento indispensabile della ricerca positiva, non esistono nel mondo esterno, ma sono il frutto di un' estensione tutta ideale di certe proprietà degli oggetti. Le troviamo fin dai primi capitoli della fisica, nella cinematica e nella dinamica: basta citare il principio di Galileo e quello dell' azione e reazione. Abbondano nei capitoli seguenti: le proprietà dei gaz sono classificate per rapporto al gaz perfetto, che non corrisponde a nessun oggetto reale. Per costruire le astrazioni al limite lo scienziato ricorre a due metodi concordanti: estende le qualità osservate al di là dell' esperienza, e sceglie queste qualità fra quelle che allontanano di più il suo oggetto — il gaz, mettiamo — da quelli che non appartengono al suo gruppo — i liquidi e i solidi —. Si forma così tutta una serie di idee e di concetti che hanno in comune il carattere di denotare una « perfezione nel proprio genere » e che dirigono lo scienziato in ciascun campo.

Ogni formula chimica è un' « idea », poichè il corpo che corrisponderebbe esattamente ai rapporti qualitativi e quantitativi che esprime non esiste e l'opera del chimico consiste precisamente nel crearlo, avvicinandosi sempre più alla purezza ideale senza mai raggiungerla. In biologia la funzione delle astrazioni al limite è anche più evidente: impossibile studiare la vita senza farsi un' idea di quello che deve essere, cioè di quello che distingue l'essere vivente dalla natura inerte. Questa idea domina il lavoro del biologo, che non può fare a meno dei concetti di superiore e di inferiore. Via via che si sale nella scala biologica l'ideale della vita è meglio realizzato e le proprietà degli esseri viventi si allontanano da quelle dei non viventi: l'animale è superiore alla pianta, il vertebrato all'invertebrato. Lo studio di ogni ordine è legato all' idea di quello che dovrebbe essere: vi sono delle crit-

togame più « crittogame » delle altre, che si allontanano di più dalle piante degli altri ordini, realizzando meglio l'idea di quello che una crittogama dovrebbe essere. Il fatto si ripete per ogni famiglia, per ogni genere, per ogni specie : gli individui che si allontanano dal tipo — anche se il tipo è stato scelto per caso — sono delle varietà, delle razze, delle aberrazioni. Occorre appena osservare che i concetti di « normale » e di « patologico » sono intimamente legati all'idea di quello che dovrebbe o non dovrebbe essere.

È vero che la componente ideale della scienza, così intesa, non serve a risolvere il problema che ci interessa perchè nelle scienze naturali i termini « dover essere », « superiorità », « perfezione » non hanno un significato morale, ma sono impiegati piuttosto nel senso estetico. Si tratta di una specie di sensibilità che, di fronte ad un qualunque fatto, ci fa concepire quello che potrebbe essere se fosse raggiunta una certa armonia. Questa armonia, questa simmetria o regolarità ideale, può essere indifferentemente applicata al bene o al male. Lo scienziato puro prova la stessa soddisfazione dinanzi ad un polmone perfettamente sano e dinanzi ad uno nel quale ha potuto, in un animale, produrre i segni tipici di una tubercolosi in pieno sviluppo. Qual'è del resto il medico che non si è rallegrato nello studiare un « bel caso », anche se si è trattato di una malattia mortale ?

L'emozione estetica può quindi bilanciare l'emozione morale anche quando si tratta dell'uomo; perciò, quando si è pensato di poter studiare l'uomo seguendo la via tracciata dalle scienze della natura, ci si è accorti che la componente ideale della ricerca ha piuttosto un valore negativo dal lato morale. L'economia crea l'immagine più pura possibile di quello che sarebbe l'uomo se fosse privo di ogni altra forma di sensibilità all'infuori di quella che lo spinge a soddisfare i suoi bisogni materiali, la criminologia, l'immagine del delitto perfetto come la patologia quella della perfetta malattia e così di seguito. Le conoscenze acquisite su queste basi possono essere usate indifferentemente per raggiungere qualunque scopo : la scienza non indica qual'è la miglior via di servirsi delle forze che ha scoperte; tutt' al più può insegnare qual'è la maniera più efficace. La conoscenza del delitto, per esempio, serve indifferentemente per organizzare meglio la polizia o per istruire i criminali ad esser più accorti. Il cattivo uso delle conoscenze scien-

tifiche è impedito dalle leggi, ma il diritto non ha nulla a che vedere con la scienza positiva; è fondato su altre basi. La scienza, neutra, s'inclina al codice. In tempo di guerra la chimica e la patologia sono impiegate per avvelenare o per render malati i nemici.

* * *

Nel corso del secolo scorso l'economia politica, la psicologia collettiva e la sociologia con le sue branche hanno voluto fissar delle leggi analoghe a quelle della fisica o della biologia, ma non vi sono riuscite. L'uomo pratico esprime il suo disprezzo per le elucubrazioni dei teorici chiamando « scientismo », termine peggiorativo, la tendenza all'applicazione illegittima dei metodi scientifici. Eppure, come dicevo or ora, esistono spesso delle branche della ricerca all'interno delle quali si elaborano, quasi sempre senza che coloro che le coltivano se ne rendano conto, dei metodi radicalmente nuovi che rivoluzionano le nostre idee sulla scienza e ci aprono degli orizzonti insospettati. Per colpire il valore di questi metodi basta spesso cambiare certe definizioni generalmente indiscusse e spesso neppure espresse.

Ormai siamo avvezzi a vedere nel passaggio dalle scienze della Materia a quelle dello Spirito la causa prima del fallimento del metodo positivo. Non potrebbe darsi che questa distinzione fosse sbagliata? La psicologia si sta trasformando in una scienza dell'ordine della biologia conservando la propria individualità, eppure non ha la materia per oggetto! Lo studio della biologia e della psicologia e delle loro applicazioni all'uomo mi ha condotto a considerar falsa la distinzione corrente fra scienze della Natura e scienze della Civiltà o dello Spirito. Il fallimento del metodo positivo nel campo dei fatti sociali dipende dal fatto che la conoscenza positiva dell'uomo si ottiene seguendo vie differenti da quelle seguite studiando la natura. La scienza non è impotente dinanzi ai fatti sociali; occorre soltanto che si renda conto che, *creata dall'uomo nell'interesse degli uomini, non deve mai dimenticare il valore dell'uomo* quando imprende a studiarlo.

Pochi son quelli che si domandano qual'è l'origine delle nostre conoscenze sull'organismo umano. Sembra evidente che siano il risultato delle ricerche di laboratorio: le funzioni degli organi si studiano sugli animali e non c'è poi che da generalizzare. La

generalizzazione è spesso legittima, eppure il procedimento nel suo insieme è soggetto a cauzione. Qualche volta, per esempio nel caso del sistema nervoso, le differenze fra uomo e animale sono così grandi che il controllo diretto è necessario; e allora i metodi ordinari non servono più. Non si possono eseguire sull' uomo esperimenti di vivisezione : lo zelo dello scienziato e il desiderio di conoscere urtano contro ostacoli insormontabili. Di fatto, le ricerche dirette sull' organismo umano hanno sempre avuto un' importanza trascurabile, ma ci sono invece delle esperienze indirette che hanno acquistato un valore di prim' ordine. Nel corso dei tentativi per guarire le malattie, il medico ha avuto occasione di verificare la legittimità delle generalizzazioni dei risultati ottenuti sugli animali. La medicina non è un' applicazione pratica della scienza paragonabile a tutte le altre, poichè il lavoro del medico è caratterizzato dall' unione indissolubile della pratica e della teoria : il pratico, pur avendo sempre di mira la guarigione del malato, sperimenta e osserva come il biologo puro ed acquista conoscenze altrettanto sicure di quelle ottenute nei laboratori.

In uno dei miei lavori ho cercato di dimostrare che l'esperimento clinico non può mai esser sostituito dall' esperienza diretta sull' uomo. A più riprese è stato proposto di permettere agli scienziati di usare per delle esperienze di laboratorio i condannati a morte, gl' idioti, i pazzi, i malati incurabili. Se queste proposte fossero state accettate, non solo la scienza non ne avrebbe tratto profitto, ma avrebbe subito un regresso. L'esperimento, infatti, dà dei risultati attendibili a due condizioni : che soltanto lo scienziato sia autorizzato a modificare l' oggetto di studio, gli interventi estranei al suo essendo impediti o strettamente controllati; e che l'esperimento possa esser ripetuto tante volte quante ne occorrono per rispondere alle obiezioni che risorgono continuamente, via via che i fatti debbono esser messi in rapporto con delle nuove ipotesi o con delle esperienze nuove. Quando si tratta di animali, la forza basta a realizzare la prima di queste due condizioni, in quanto l' animale può esser facilmente dominato e non si oppone volontariamente e coscientemente all' intervento; ma quando si tratta dell' uomo, non c'è forza al mondo che possa impedire alla vittima di tentar tutti i mezzi per sottrarsi al carnefice : e allora le cause di errore si moltiplicano. L'individuo sacrificato alla scienza odia lo scienziato, le sue sofferenze ridestano la pietà e

spingono ad aiutarlo : se già le esperienze sugli animali sono combattute per ragioni sentimentali, come non lo sarebbero quelle sull'uomo ? Lo stesso scienziato non potrebbe mai dimenticare di operare su un essere umano e perderebbe il sangue freddo e l'oggettività. Inoltre, la ripetizione indefinita degli esperimenti per risolvere i problemi che sempre son posti dallo sviluppo del pensiero sarebbe impossibile. Infine, lo scienziato che accettasse di torturare i suoi simili non sarebbe più un oggetto di rispetto e di amore da parte delle folle, ma un oggetto di orrore, come il carnefice di cui avrebbe accettato di prendere il posto, seppure anche lui « lavorasse » legalmente.

L'esperimento clinico non presenta nessuno degli inconvenienti ora ricordati. È vero che, lo scopo di guarire dovendo passar sempre in prima linea, molti interventi sono impossibili, ma il numero sempre crescente dei malati che ricorrono alla cura permette al medico di trovar facilmente il caso che si presta alla soluzione di ciascun problema, in mezzo alle combinazioni infinite di fenomeni di ogni ordine che gli passano sotto gli occhi. Appena ha a sua disposizione il materiale che gli occorre, può realizzare nella miglior maniera le condizioni sperimentali, poichè il soggetto, sicuro di contribuire al proprio miglioramento, segue volentieri le prescrizioni e i consigli e diviene il collaboratore dello scienziato, mentre se anche cerca di sottrarsi alla cura per ragioni contingenti, finisce per aver contro di sè i suoi parenti, i suoi amici, l'opinione pubblica e spesso anche la legge. D'altronde, è nell'interesse di tutti che le esperienze si moltiplichino, poichè coincidono sempre coi tentativi terapeutici.

La psicologia ha subito uno sviluppo analogo. Finchè gli psicologi si son contentati di stabilire dei principii a priori e di dedurne delle conseguenze, oppure di analizzare e di classificare i fatti che osservavano passivamente, hanno fatto opera di filosofi senza influire sul progresso delle soluzioni dei problemi pratici. Soltanto quando hanno cominciato ad eseguire degli esperimenti nel senso proprio della parola la psicologia ha cambiato natura. Le esperienze sugli animali e sull'uomo hanno esercitato una funzione ancor più limitata che in biologia : il periodo dei tentativi e delle incertezze non ha preso fine che quando la pratica e la teoria si sono avvicinate fino a fondersi. La psicologia ha preso allora un nuovo aspetto, ha abbandonato definitivamente il campo spe-

culativo e si è piazzata accanto alle altre scienze. Le sue scoperte si succedono e la sua efficacia aumenta ogni giorno, sia nel campo della medicina e dell'igiene che in quello della pedagogia. I tentativi per guarire i malati, la ricerca dei metodi più efficaci per istruire gl'ignoranti, sono usati ogni giorno per meglio conoscere le leggi del pensiero normale; l'imperfezione naturale dell'intelligenza dei bambini, le alterazioni prodotte dalla malattia nel pensiero dell'adulto prendono il posto delle lesioni sperimentali. Il pratico-scienziato che cerca di migliorare i suoi soggetti può al tempo stesso studiarli a suo agio, scegliendo i casi che si prestano alla soluzione dei vari problemi. La sua situazione è identica a quella del medico — e del resto è spesso lui stesso un medico — e le conoscenze teoriche progrediscono di pari passo col miglioramento degli individui studiati. La scienza, lungi dall'allontanarsi dalla pratica, prende la pratica al suo servizio.

È facile vedere quello che avviene se questi principii fondamentali sono dimenticati. Basta che sorga il sospetto che il medico « studia » il malato invece di curarlo perchè la confidenza scompaia e con la confidenza la collaborazione del malato e del pubblico. Quelli che possono farlo sfuggono al controllo scientifico e si affidano agli empirici, che fondano la loro fama sul successo e non su ricerche teoriche; quelli che sono obbligati a mettersi nelle mani dello scienziato lo fanno col fermo proposito di non seguirne le prescrizioni al di là dei limiti che ritengono utili. Le esperienze scientifiche danno così risultati inesatti, poichè il malato e il pubblico cercano di contrastare l'opera del sanitario a sua insaputa; d'altronde la medicina empirica sotto le sue varie forme erge i suoi successi contro quelli della medicina scientifica e introduce criteri incontrollabili. Alla fine, si torna alle condizioni in cui l'arte sanitaria si trovava prima dello sviluppo della biologia.

Ecco perchè, quando l'uomo diviene oggetto di studio, *la scienza progredisce soltanto se è benefica; se appena dimentica che bisogna conoscere l'uomo al solo scopo di renderlo migliore e che non c'è altro mezzo per conoscerlo che di migliorarlo*, le discussioni filosofiche riprendono il disopra, l'esperimento diviene impossibile e si torna alle deduzioni incontrollabili ed all'osservazione passiva.

Per mezzo di queste considerazioni ho cercato di mettere in chiaro le cause del fallimento dello scientismo. Delle false analogie e delle generalizzazioni affrettate hanno impedito di colpire finora la vera natura del lavoro scientifico e di fissare i metodi necessari per passare dalla conoscenza della natura a quella dell'uomo.

Il contenuto metafisico della scienza — se per metafisica s'intende la maniera di concepire il significato dell'universo e il valore delle sue parti — è implicito nel suo metodo. La scienza conosce il reale, non facendo astrazione dall'ideale, ma anzi mettendo sempre in rapporto le cose quali sono con le cose quali dovrebbero o potrebbero essere; non conosce la natura facendo astrazione dai valori umani, ma al contrario, mettendo sempre questi valori al primo posto; e accetta per vero soltanto quello che, essendo compreso da tutti nello stesso modo, non può esser considerato falso da chi lo ha compreso. Lo scienziato vuole esser sicuro che le sue convinzioni non gli sono personali e che debbono esser condivise da tutti quelli che lo hanno capito, non cerca la sua propria verità, ma la verità umana nel senso più largo della parola; perciò sua prima cura è di elaborare i metodi che gli permettono di sapere se è stato capito.

Mai, in nessun caso e in nessun campo, l'osservazione passiva può fornir la prova di questa comprensione. Le conoscenze positive debbono esser basate sull'esperimento oppure sull'osservazione attiva, preceduta cioè da una modificazione, da una fissazione o da una preparazione dell'oggetto di studio. L'osservazione passiva, sia sotto forma di analisi di quello che avviene sotto i nostri occhi, sia sotto forma di indagine storica, è la base della filosofia, non della scienza. La verità filosofica differisce dalla verità scientifica precisamente perchè è sempre impossibile di dimostrare che tutti quelli che la accettano la capiscono nello stesso modo. Lo scienziato deve disporre senza limiti del suo oggetto perchè deve esser sicuro che gli effetti che osserva dipendono soltanto da determinate cause, che è riuscito ad isolare; il suo intervento non deve quindi esser neutralizzato o contrastato da altri. Se nel campo dei fatti naturali basta garantirsi la neutralità del prossimo per poter modificare a propria volontà ciò che si studia, il primo elemento necessario per poter far lo stesso sull'uomo è che questi accetti la modificazione, poichè altrimenti si oppone con

la sua intelligenza agli sforzi dello scienziato e i risultati sono falsati. Come dicevo or ora, *il miglioramento dell' uomo è condizione indispensabile per la conoscenza dell' uomo*. La medicina ci insegna in che cosa deve consistere il miglioramento. Fissate due condizioni di fatto, bisogna poter dimostrare che una delle due è sicuramente migliore dell' altra non solo per un individuo determinato, ma per tutti coloro che ne hanno compresa la natura. Sempre e dovunque, la salute è preferibile alla malattia; perciò sempre e dovunque guarire un malato significa sostituire uno stato di fatto cattivo con uno migliore. È il criterio della « perfezione nel suo genere » trasportato nel campo morale.

L'analisi delle scienze della natura ha data l'impressione che la ricerca teorica debba sempre precedere le applicazioni pratiche e che quindi lo scienziato sia sempre spinto dal solo scopo di conoscere e resti impassibile dinanzi ai problemi pratici. È falso. Lo scienziato è uomo pratico prima di esser teorico. La scienza non è una contemplazione fredda di ciò che esiste, ma è spinta dal desiderio di sottrarre l'uomo alle necessità naturali e di mettere un numero sempre maggiore di forze al suo servizio. Conoscer meglio la fisica o la biologia vuol dire metter l'uomo al disopra delle cose e degli esseri viventi non umani, che passano al suo servizio.

Ma proprio per questo la neutralità deve cessare quando lo scienziato studia degli esseri umani! Se è vero che la scienza conosce la realtà mettendola in rapporto con l'ideale, *gli uomini debbono esser classificati a seconda che si avvicinano più o meno all' idea di quello che dovrebbero essere*. Dopo aver messo la natura al servizio dell' uomo, *la scienza deve contribuire a sviluppare nell' uomo i caratteri che lo rendono superiore alle bestie*.

Mi domando perchè una conoscenza fondata su tali principii dovrebbe esser considerata estremamente difficile se non impossibile e soprattutto antiscientifica. Quando gli scienziati vogliono studiare un oggetto determinato non si limitano a mettere in evidenza quello che lo rende simile agli altri, ma cercano anche di colpirne i caratteri propri. A quanto pare, soltanto quando si tratta dell' uomo questa via non si dovrebbe seguire! È permesso fare la biologia, la psicologia o l'economia dell' uomo, metter cioè in evidenza quello che ha in comune con gli altri animali quando vive, quando manifesta il suo egocentrismo o quando tende verso

la soddisfazione dei suoi bisogni materiali, ma è proibito di cercar di conoscere quello che lo allontana dal resto del mondo organico, sotto pena di uscire dal campo scientifico. Perchè meravigliarsi, allora, se la scienza fa fallimento? Non ha forse rinunciato a priori a conoscere quello che più ci interessa, cioè quello che nell'uomo è « umano » perchè incommensurabile per rapporto alle proprietà degli altri animali?

Proviamo una buona volta a tener conto di questa esigenza e sbarazziamoci dei pregiudizi che hanno impedito il progresso! Non vogliamo abbandonare il metodo positivo, anzi, vogliamo applicarlo nel modo più coerente e più rigoroso. Seguiamo l'esempio del fisico che, per conoscere i gaz, sceglie e idealizza le proprietà che li rendono diversi dai liquidi e dai solidi, e scegliamo anche noi quello che allontana l'uomo dalla bestia. Invece di applicare all'interpretazione dei fatti umani quello che la scienza ci ha insegnato sul mondo animale, guardiamo nella direzione opposta a quella che essa scienza ci indica e cambiamo il segno dei valori. Ci sarà allora possibile di enunciare dei principii di questo ordine:

L'animale è spinto dall'istinto a conservare la propria vita e quella della specie, l'uomo invece sa di dover morire e *cerca coscientemente di perpetuarsi al di là dell'esistenza materiale.*

L'animale si adatta all'ambiente quale lo trova, l'uomo invece interpreta quello che è in funzione di quello che deve essere e *adatta l'ambiente alla sua idea del meglio.*

L'animale subisce la lotta per l'esistenza che garantisce la sopravvivenza del più adatto, l'uomo invece *cerca la collaborazione e la scelta intelligente delle attitudini e delle capacità.*

Può darsi che sia possibile mettere in evidenza altre differenze dello stesso ordine fra l'uomo e l'animale, ma per il momento importa più segnare una direzione che esaurire l'argomento. Senza dubbio i principii ora enunciati corrispondono a delle realtà almeno quanto quelli sui quali si fondano la psicologia e l'economia. Si tratta di usarli seguendo l'esempio di queste discipline per classificare i fatti sociali a seconda che se ne allontanano o meno.

* * *

Anche quando si fosse giunti ad una classificazione di questo genere, non si sarebbe certo costituita una scienza: si tratterebbe ancora di conclusioni tratte dall'osservazione passiva e dall'inda-

gine storica, quindi di una forma di filosofia. Se si pretendesse fondare delle leggi su queste basi per applicarle senz'altro alla pratica si cadrebbe nell'errore della sociologia e dell'economia: si farebbe dello scientismo. Ciò nonostante, lo sforzo potrebbe non essere sterile. Il tentativo di classificare i fatti sociali a seconda che le loro conseguenze allontanano più o meno l'uomo dall'animale, permettendogli di risolvere seguendo la via più breve e più diretta i problemi che la natura risolve con mezzi inumani, anzi antiumani, condurrebbe a proporre la sola definizione del progresso sulla quale l'accordo potrebbe esser raggiunto. Si verrebbero così a valutare i fatti sociali a seconda che si allontanano più o meno dall'imperfezione morale dei fatti naturali, a stabilire quella scala di valori che permette di scegliere senza incertezza e senza dubbi il meglio dal peggio. *Il problema della salute e della malattia sociale*, intorno al quale tanti sociologi si sono affannati, *sarebbe risolto*; si sarebbe quindi compiuto il primo passo per istituire delle esperienze scientifiche fondate sul tentativo di sostituire ad uno stato di fatto sicuramente cattivo uno migliore, come in medicina.

Quando si pensi possibile una valutazione comune, seppure approssimativa, del meglio e del peggio nel campo sociale, una classificazione degli uomini secondo una scala che li avvicini più o meno all'idea di quello che l'uomo dovrebbe essere; quando si impieghino questa valutazione e questa classificazione non già per condannare gli uni e per esaltare gli altri, ma per determinare quale posto ciascuno debba legittimamente occupare affinché i migliori possano riuscire ad elevare il livello comune e sia reso impossibile che invece i peggiori si impongano; quando si cerchi di metter sempre in rapporto la concezione ideale con le necessità reali, vedendo le cose quali sono e non quali vorremmo che fossero, appunto perchè soltanto quando ci si rassegna a accettarne le imperfezioni si riesce ad eliminarle; quando si segua questa via, dicevo, non mancheranno le analogie per stabilire un metodo di ricerca abbastanza preciso, che permetta di valutare le difficoltà, e quindi di trovare i mezzi per superarle, di scuoprare gli errori e quindi di indicare la via per evitarli.

In una serie di lavori ho cercato di iniziare questa analisi. Impossibile qui di riferire, anche in succinto, i risultati cui son giunto. Mi limito ad esporre brevemente alcune conclusioni.

Quando ci si ponga dal punto di vista che ho proposto, si può dimostrare che la grande maggioranza dei mali che ci affliggono dipendono dall'incapacità di valutare la realtà morale quale la ho ora definita. Da un lato si son voluti mettere sullo stesso piano gruppi umani, istituzioni, forme di civiltà che senza dubbio debbono esser situati a dei livelli differenti; dall'altro si son prese delle differenze qualitative, che esprimono una diversa maniera di concepire uno stesso progresso, una delle infinite forme che può prendere lo sforzo cosciente per allontanare l'uomo dall'animalità, e se ne son fatte delle differenze quantitative, pretendendo di porre su livelli diversi popoli, istituzioni e civiltà che di fatto si trovano sullo stesso piano. Si può anche, d'altronde, dimostrare che l'insuccesso degli sforzi per migliorare la società dipende da due tipi di errori. Da un lato si è voluto far troppo, immaginando che la buona volontà fosse sufficiente per raggiungere di colpo la perfezione, senza rendersi conto degli ostacoli insormontabili opposti dalla natura umana. È allora entrata in azione quella che ho chiamata la *legge dello specchio*: chi si lascia ipnotizzare dall'ideale e vi si lancia contro ottiene il risultato opposto a quello che voleva ottenere. Dall'altro lato si è fatto troppo poco; costatati cioè gl'insuccessi dei tentativi per raggiungere l'ideale, si è cessato di tenerne conto e si è lasciato libero campo all'egoismo e all'interesse: è entrata allora in azione un'altra legge, che ho chiamata la *legge dell'inerzia morale*, secondo la quale quando si cessa di migliorare la soluzione di un gruppo di problemi, ritenendone il miglioramento impossibile, tutti i vantaggi ottenuti risolvendo altri problemi nel senso più propriamente umano si trasformano in danni.

La mia analisi mi ha condotto anche ad un'altra conclusione. Il livello morale dei fatti umani non dipende da una valutazione soggettiva, ma dovendo esser necessariamente stabilito in un modo unico, essendo basato su dei dati certi quali sono quelli forniti dalle scienze della natura, dei quali non si ha che da cambiare il segno per ottenere la definizione del progresso, è oggettivo nello stesso senso nel quale sono oggettivi i colori o le forme delle cose. Chi cerca di classificare i fatti umani a seconda che sono migliori o peggiori non crea una scala di valutazioni soggettive, che altri potrà stabilire a suo beneplacito in modo diverso, ma tende a scuoprire della qualità reali. Come il fisico che studia i gaz, come

il biologo che esamina il potere tossico di una sostanza, può sbagliarsi od esser nel vero, può contribuire al progresso delle conoscenze o all'aumento della confusione. Da questo modo di concepire le valutazioni morali deriva il corollario che queste agiscono come delle vere e proprie forze : non tenerne conto, pretendere di utilizzare, adoperare o modificare i fatti umani come se non esistessero o come se fosse legittimo farle diverse da quello che devono essere equivale a pretendere usare, adoperare o modificare le proprietà della materia o degli esseri viventi senza conoscere la chimica o la biologia. Come l'uomo non ha potuto innalzarsi nell'aria finchè non ha esattamente valutato le forze fisiche da vincere e da utilizzare per farlo, così non potrà sfuggire ai pericoli delle guerre e delle rivoluzioni se non saprà valutare le forze morali in giuoco nella società. La buona volontà non servirà a niente se non avrà al suo servizio delle conoscenze esatte.

Dal punto di vista del metodo è probabile che uno studio più esatto della via seguita dal medico e dallo psicologo per passare dai tentativi di miglioramento degli individui all'acquisizione delle conoscenze scientifiche possa fornire delle utili analogie per indicare quel che è da farsi nel campo sociale. I filosofi si sono finora occupati quasi esclusivamente del metodo della scienza pura senza tenere abbastanza conto di quello delle applicazioni pratiche; eppure anche qui si possono stabilire dei canoni che hanno valore universale, che valgono anche al di là del dominio nel quale sono stati usati la prima volta. La medicina, quando se ne colpisca la natura, quando se ne valutino esattamente i principii, quando si sappia intendere lo sforzo che in essa si compie per fondere la pratica e la teoria, l'empirismo, la tradizione e la scienza, può fornire delle basi preziose. Chi saprà estendere al dominio sociale i metodi impiegati dal medico compirà un'opera altrettanto feconda quanto quella che compirono un Pasteur od un Claude Bernard quando estesero alla biologia i metodi della chimica e della fisica.

In pratica, se una scienza dei fatti umani sarà possibile nel campo sociale, non potrà sorgere che come è nata la scienza dei fatti umani nel campo della biologia e della psicologia. Non è già l'applicazione passiva di leggi scoperte in altri campi che favorirà il progresso, ma l'impiego di un metodo che permetta di verificar delle ipotesi nel momento in cui si cerca di migliorare il mondo

esterno. Questo metodo non potrà imporsi che in seguito ad un mutamento del punto di vista filosofico. Come dicevo in principio, il passaggio dalle scienze della natura alle scienze dell' uomo implica una profonda rivoluzione, non di molto meno importante di quella che ha permesso di passare dalla scolastica al metodo sperimentale, dalla medicina fondata sulla tradizione, sull' empirismo e su speculazioni a priori alla medicina fondata sulla biologia.

In un primo tempo, la *biologia dell' uomo* non esisteva ancora, eppure lo spirito scientifico è penetrato nella pratica ed ha permesso al medico di verificare al letto del malato i risultati delle esperienze sugli animali. I primi biologi eran considerati dai medici pratici come dei visionari: il meraviglioso film che riproduce la vita di Pasteur è venuto recentemente a ricordarcelo. Il primo medico che affermò la necessità di lavarsi le mani prima di esaminare una partoriente per evitare l' infezione puerperale morì nella miseria, in preda alla disperazione, messo all' indice dai colleghi e dalla scienza ufficiale del suo tempo. Eppure, la verità ha finito per imporsi. Il filosofo che studi i fatti sociali seguendo la via ora indicata, se nella teoria che fa dei valori morali delle forze oggettivamente dimostrabili c' è del vero, potrà porre delle prognosi ed indicare le ragioni probabili dell' insuccesso. Da principio non sarà ascoltato, ma verrà forse il giorno in cui un' uomo politico si deciderà a tentar l' esperimento, a verificare l' ipotesi. Quel giorno, un po' di scienza penetrerà nella pratica, forse all' insaputa di colui stesso che agisce, forse contro l' opinione del teorico che non si sarà saputo abbastanza sbarazzare dei suoi preconcetti. Il primo risultato potrà essere utilizzato, altri teorici verranno a correggere gli errori dei primi, altri pratici tenteranno nuove vie. Lentamente l' abisso che separa il pensiero puro dall' azione sarà colmato. È possibile prevedere un' epoca nella quale la soluzione di un gruppo di problemi sociali potrà esser migliorata in modo da permettere una progressione sicura e rapida e da rendere inconcepibile la regressione. *Altri problemi si presenteranno allora, cui i metodi nuovi non saranno applicabili; e nuove rivoluzioni nel mondo dello spirito si imporranno per risolverli.*

Ritengo che in questa conclusione stia la massima giustificazione del metodo che ho proposto. Non si tratta di una panacea per raggiungere la perfezione o la felicità; non di un' ispirazione

che prometta di portar sulla terra il paradiso. Si tratta semplicemente di una via da seguire per migliorare la soluzione di certi problemi considerati in sè, staccati dal resto della vita : di quei problemi che oggi si riassumono nella questione dei rapporti fra stati e stati, fra governanti e governati. Una soluzione razionale di questi problemi ne porrà dei nuovi, come ne hanno posti le applicazioni della fisica e della chimica mettendo un numero sempre maggiore di forze a disposizione dell' uomo, la medicina e l'igiene prolungando la vita degli esseri deboli e tarati. Siamo nel campo della scienza. La scienza non si disinteressa della morale, ma scinde il problema globale del bene e del male in una serie di problemi parziali, come scinde la verità nel suo insieme nella serie delle verità fisiche, biologiche, psicologiche. Per la scienza è bene che le forze della natura sian messe al servizio dell' uomo, che la vita degli individui e delle collettività sia protetta in tutti i modi contro gli agenti di malattia e sia prolungata fino ai limiti del possibile, che tutti, anche coloro che son dotati di intelligenza debole, ricevano un' istruzione adeguata, senza preoccuparsi se lo sforzo per ottenere un risultato minimo è immenso. Come abbiamo visto, se appena uno di questi principii morali è rinnegato, la scienza si arresta perchè i suoi metodi non son più applicabili all' uomo. Ma l'applicazione di ciascuno di questi principii pone dei problemi nuovi e rischia di mettere in azione la legge d'inerzia morale se la progressione si arresta, se cioè un gruppo di problemi resta inaccessibile al metodo scientifico. Nella possibilità di rispondere successivamente ai quesiti che essa stessa ha contribuito a porre sta la legittimazione della scienza. Se questa possibilità non esiste, se vi sono dei problemi dinanzi ai quali essa deve dichiararsi definitivamente impotente, meglio vale abbandonare in blocco la concezione della vita su cui essa si fonda.

Altes und Neues vom Flimser Bergsturz

Vortrag gehalten auf Con am 28. August 1938¹

von

RUDOLF STAUB

Meine Damen und Herren !

Sie alle werden mit mir unserem hochverehrten Jahresvorstand dankbar dafür sein, dass er im Anschluss an die Versammlungen in Chur diesen herrlichen Abstecher in den Flimserwald in sein Programm aufgenommen hat. Und wenn auch heute, den düsteren Zeitläufen entsprechend, der sonst so strahlende Bündnerhimmel verhängt bleibt und schwere Wolken über dem Lande liegen, so haben Sie doch auf dem Weg zu dieser stillen Matte gespürt, wie denkwürdig und einmalig diese ganze Landschaft hier über den Tobeln des jungen Rheines ist. Duftender Bergwald, aus zähem, echt bündnerischem Holz, in einer Wildnis grotesker Felsblöcke, und aus dieser Waldespracht immer wieder aufleuchtend, bald da, bald dort, das blaue Auge eines kleinen Sees, das Ganze behütet vom einsam stehenden Kalkklotz des Flimsersteins, das sind die tiefen Eindrücke, die uns dieser schöne Ausflug hinterlässt.

In der Tat ist diese Landschaft einmalig und denkwürdig zugleich. Sie ist es auch in ihrer Geschichte. Wohl gibt es im weiten Umkreis der rhätischen Gebirge und Täler Landschaften von klassischerer Schönheit, Berge von edlerem Mass und Seen leuchtender an Pracht, Talschaften, wo die Welt des ewigen Eises wie ein wundersames Märchen in die braunen Stuben der Menschen hineinschaut und ein Himmel von tieferem Blau sich spannt; aber solche südliche Bergesschönheit findet sich auch anderswo, im Wallis, in Savoyen, in Piemont, wenn auch nirgends in jener vollendeten

¹ Nachträglich etwas erweitert.

Harmonie wie im Engadin, im einzigartigen Bergland Südbündens überhaupt. Die Landschaft von Flims aber gibt es in den ganzen Alpen nicht mehr, sie ist einzig in ihrer Art und einmalig in ihrer Geschichte.

Die Geschichte der Landschaften Graubündens ist eines der schönsten Kapitel der schweizerischen Geologie. Auch hier ist Bünden das Land der Gegensätze, zugleich aber auch das Land der diese Gegensätze überbrückenden Verbindungen. Die Mannigfaltigkeit der rhätischen Kulturen im Gegensatz zum bewusst einheitlichen Zug der bündnerischen Geschichte ist nur die logische Konsequenz dieser im vollsten Sinne erdgeschichtlich begründeten Konstellation. Aber so grossartig auch das geologische Bild des rhätischen Bodens erscheint, und so entscheidend auch die Rolle der bündnerischen Geologie für die moderne Erkenntnis vom Bau und Werden der ganzen Alpen geworden ist, so fügt sich doch eben dieser Bau Graubündens nur ganz harmonisch ein zwischen West- und Ostabschnitt der Alpenkette und zwischen Nord- und Südfuss der Alpen. Die geologischen Phänomene Graubündens finden sich, wenn auch nirgends so grossartig akzentuiert und auf so kleinem Raum gesammelt, mit geringen Ausnahmen auch in andern Alpenteilen; fazielle Gegensätze, grosse Überschiebungen, grandiosen Deckenbau, mannigfaltigste morphologische Geschichte zeigen auch Wallis und Tirol, die Westalpen und sogar weite Teile der helvetischen Alpenkette. Zwei Phänomene aber sind dem bündnerischen Raum in ganz besonderem Masse eigen: Bünden besitzt im Bergell das schönste und klarste Beispiel einer jungen, spätalpinen Eruptivmasse, und es beherbergt in der Landschaft um Flims den grössten Bergsturz der Alpen. Bergellermassiv und Flimser Bergsturz werden so zu ganz spezifisch bündnerischen Objekten der gesamten Alpengeologie.

In der Waldlandschaft von Flims liegt, vom Becken von Ilanz bis hinab nach Reichenau und hinein ins untere Safiental, vielleicht sogar bis über Rhäzüns hinaus, die grösste Bergsturmasse Europas vor Ihnen. Schon THEOBALD hat, in seinen « Naturbildern aus den rhätischen Alpen », die Hügel um Flims als « Bergschlipf-Haufwerke », vermischt mit Moränen, aufgefasst. Dieser vortreffliche Beobachter schrieb schon 1862 von den Hügeln der Waldhäuser zu Flims: « Der Boden besteht hier und noch viel weiter abwärts aus grossen Felstrümmern, wahr-

scheinlich Resten eines grossartigen Bergschliffs oder alter Gletschermoränen vom Segnes her. » Aber erst ALBERT HEIM hat, über 15 Jahre später, mit voller Bestimmtheit sogar erst 1883, die wahre Natur der Flimser Hügellandschaft erkannt und einen «Flimser Bergsturz» in aller Welt bekannt gemacht. Die in diesem Bergsturz niedergebrochene Masse schätzt er auf 12—15 km³ Gestein. Auf 15 km Länge sperrt dessen gewaltiger Trümmerhaufen, von Kästris bis Reichenau, das sonst so weitgehend ausgeglichene Tal des Vorderrheins, und bis zu 600 m Tiefe entblösst heute dessen junge Schlucht nichts anderes als Trümmerwerk. Die Nische, aus welcher ALBERT HEIM zwischen Flimserstein und Piz Grisch oberhalb Flims diesen Bergsturz herausfahren liess, weist allerdings nur eine Breite von gegen 3 km auf, die Abbruchhöhe der niedergestürzten Schichten aber beträgt, gemessen am Flimserstein, um die 800 m. In Form eines ungeheuren Felsschliffes ist der Flimsersturz, auf einer wohl von Sickerwasser intensiv geschmierten Schichtfläche oder auf einem ganzen System von solchen, aus der erwähnten Nische herausgebrochen, überfuhr, mit primärer Schussrichtung gegen Versam/Carrera, das vor ihm liegende, sicher schon weitgehend eingetiefte Talstück des Vorderrheins, und brandete auf dessen Südseite am Gegenhang, den Bündnerschiefergebirgen; dabei sich teilend in zwei seitlich abgetriebene Arme, von denen der eine bis Kästris, der andere bis Reichenau vorfuhr. Vorder- und Hinterrhein, aber auch die Rabiusa des Safientales, wurden durch diese Bergsturzmasse aufgestaut zu Seen, die erst allmählich wieder verlandeten, durch jüngere Zuschüttung besonders von den Seiten her; und erst nach der Verlandung dieser Stauseen grub sich der Vorderrhein sukzessive seine tiefe Schlucht durch die Sturzmasse, dieses gewaltige Tobel, über dem Sie stehen.

Diese ursprüngliche Konzeption ALBERT HEIMS, die in ihrer lapidaren Wucht auch heute noch im Grundprinzip die richtige ist — sie erscheint sinnfällig wie keine andere — hat sich im Laufe der letzten Zeiten recht beträchtliche Modifikationen und sogar auch entschiedenen Widerspruch gefallen lassen müssen.

Zunächst wurde bekannt, dass über der Bergsturz-Trümmermasse da und dort noch M o r ä n e n liegen, mit erratischen Blöcken typischer Bündneroberländer-Gesteine, vor allem von Punteglias-Graniten. Schon ALBERT HEIM hat einige solcher Moränen-

reste gekannt. Der Flimser Bergsturz musste somit in die Eiszeit, zumindest vor den letzten Vorstoss der eiszeitlichen Gletscher, fallen. Ob er aber in der grossen « Interglazialzeit » zwischen Riss- und Würmvergletscherung niederging oder erst am Ende der Würm-Eiszeit, d. h. vor einem letzten, nur mehr bescheidenen und mehr lokalen Vorstoss des Würm-Eises zur Zeit der spätglazialen « Rückzugsstadien », blieb vorderhand unentschieden. Sicher blieb während langer Zeit nur der Bergsturzcharakter der ganzen Landschaft und deren prähistorisches, eiszeitliches Alter, belegt durch die der eigentlichen Sturzmasse aufgelagerten Grundmoränenreste und die erratischen Blöcke. Gerade hier in dieser grünen Matte von Con liegt solche Grundmoräne vor. Als Ursache der gesamten Felsbewegung betrachtete HEIM, und mit ihm die Mehrzahl der Geologen, die Schaffung übermaximaler Böschungen durch den tiefen erosiven Einschnitt des Vorderrheins, und die ein Abrutschen von Felsmassen gegen das Rheintal hin begünstigende südfallende Schichtlage in der Kette des Flimsersteins. Für die Glazialgeologen kam hinzu noch die seitliche Unterschneidung des Gehänges durch die eiszeitlichen Gletscher.

Bis vor 20 Jahren blieb diese wenig modifizierte HEIMSche Auffassung der Flimser Landschaft als einer riesigen spätglazialen Sturzmasse unbestritten, und der Flimser Bergsturz ging als grossartigstes Beispiel einer Felsbewegung in alle Lehrbücher ein. 1918 wurde die erste Bresche in diese einheitliche Auffassung geschlagen. GSELL hat, im Sinne seines Lehrers Schardt, den Versuch unternommen, die Trümmersmasse des Flimser Sturzes noch weiter zu gliedern; und er kam dabei zur Auffassung, dass im Grunde nur die tiefliegenden Partien der Rheinschlucht und der Tobel von Versam und Laax, mit ihren typischen Sturzbreccien, als Bergsturz im Sinne HEIMS zu betrachten seien, die Waldlandschaft um Flims und Versam aber in erster Linie aus Moränen rein lokaler Gletscher bestünde. Im besondern wäre ein späteiszeitlicher Segnes-Gletscher über Flims bis hierher in die unmittelbare Nähe von Con vorgerückt und lägen die Flimserseen zwischen deutlichen Moränenkämmen desselben. Wer aber aufmerksam die Trümmerwildnis zwischen Flims und Con betrachtet hat oder dieselbe gar eingehender studiert, wird zugeben, dass für Moränen hier wohl etwas zu grosse und vor allem auch zu eckige Blöcke vorliegen und dass die Deutung dieser Wälle als Stauschwellen in

der Bergsturzmasse, wie ALBERT HEIM und nach ihm auch OBERHOLZER sie aufgefasst haben, bei weitem natürlicher ist. Dies um so mehr als bis jetzt, trotz sorgfältiger Untersuchung durch OBERHOLZER ganz besonders, in diesen Trümmernmassen noch nie ein Rest von Nummulitengesteinen des helvetischen Eozäns gefunden worden ist, wie solche vor allem im Einzugsgebiet eines Segnesgletschers weit verbreitet sind. Deren Fehlen in den Schuttmassen von Flims lässt sich aber ohne Schwierigkeit erklären, wenn es sich um Trümmer eines Bergsturzes handelt, der ausserhalb des Eozänbereiches der Segnesregion, etwa aus der Wand des Flimsersteins und der Gegend direkt nördlich der Alp Cassons, niedergebroschen ist. Und wenn in diesem Flimser Trümmerwerk neben dem Hauptbaumaterial des Flimsersteins, dem helvetischen Hochgebirgskalk des Malm, auch noch Kreide und Verrukano in grossen Massen vorkommen, wie GSELL vor allem sehr sorgfältig festgestellt hat, so kann daran erinnert werden, dass diese beiden Formationen, Kreide und Verrukano, auch auf dem Flimserstein in grosser Verbreitung, auf dem Malm vorhanden sind und dort, genau wie unten in der Trümmernmasse von Flims, im allgemeinen den Malm bedecken. GSELL ist zu dieser Moränenendeutung der Flimserhügel vielfach auch deswegen gelangt, weil in diesen Sturzmassen da und dort feines lehmiges Material zwischen den grösseren Blöcken vorkommt; aber auch aus diesem Grunde braucht nicht auf ein spätes Vorstossen des Segnesgletschers bis hierher nach Con geschlossen zu werden, denn diese moränenverdächtigen Partien der Sturzmasse können wohl ebensogut verstanden werden als mit der grossen Sturzmasse zusammen niedergegangene Reste einer alten Moränenbedeckung des Abrissgebietes. Es muss daher aus allen diesen Gründen die GSELLsche Deutung der Flimser Waldlandschaft als Moränengewirr, abgelagert von Lokalgletschern, vor allem aus dem Segnesgebiet, abgelehnt werden. Die Flimser Waldlandschaft besteht, von der Rheinschlucht und dem Laaxertobel bis hinauf zu den Waldhäusern und an den Flem, in allererster Linie aus Bergsturzmateriale eines grossen Flimsersturzes im Sinne THEOBALDS und ALBERT HEIMS.

Wenn nun aber anderseits ein Eisarm des Bündneroberländer-Gletschers nochmals die tieferen Teile der Flimser Sturzmasse be-

deckt und auf denselben Grundmoräne und Punteglias-Blöcke abgesetzt hat, so wird es doch wiederum sehr wahrscheinlich, dass zur selben Zeit jenes letzten Gletschervorstosses auch Eis aus der Vorab-Segnes-Ringelspitz-Kette nochmals weit über deren Südabdachung hinab vorgedrungen ist und die Gegend von Flims wohl noch erreicht hat. Diese Lokalgläser haben aber nicht bis in die Trümmerwildnis der Flimser Waldlandschaft vorgestossen, denn deren Blockwerk ist nicht fortgeräumt oder mit jüngerer Grundmoräne solcher Segnesgletscher auch nur verschmiert — es liegt in der ganzen wilden Bergsturzunordnung noch da — sondern diese Lokalgläser aus der Segneskette wurden durch die grossen Trümmernmassen von Flims direkt abgelenkt und schmiegt sich deren Umrissen weitgehend an. Deutlich sind die alten Gletscherbetten mit ihren gerundeten Schliffbahnen zwischen Flims und den Alpen Platta und Cassons zu sehen, und abermals zwischen Trinsermühle und Alp Bargis. Die Prada südlich von Mulins ist ein jung zugeschüttetes Zungenbecken eines Bargisgletschers, der nach dem Niedergang der Flimser Sturzmasse in jene eindrang und erst am Südrand der Mulinser Prada mit einem deutlichen Moränenkranz endigte. Nicht umsonst ist der sonst überall so scharf abgegrenzte Nordrand des Flimser Trümmerstromes zwischen Crestasee und Porclas unterbrochen und der Flem durch die Prada nach Süden direkt in die Rheinschlucht abgelenkt: der Vorstoss jenes Bargisgletschers hat hier die Nordflanke des Flimser Trümmerstromes durchfahren und ausgeräumt, und gleichzeitig den früher längs diesem Staurand in der Richtung auf Trins gegen Osten sich windenden Flem gegen Süden direkt zum Rhein abgedrängt. Das Zungenbecken der Prada ist ein prachtvoller Zeuge dieses Geschehens. In durchaus analoger Art aber dürfen wir im grünen Plan, wo heute das Dorf Flims liegt, den Rest eines jung zugeschütteten Zungenbeckens eines spätglazialen Segnesgletschers sehen, dessen Südende durch die Flimser Sturzmassen, von Flims abwärts, gegen Osten abgelenkt worden ist. Den Zungenbecken von Flims und Prada aber folgen, wie anderwärts in solchen Fällen, die durch die kräftigen Gletscherbäche von diesen Zungenenden aus tief eingesägten schluchtigen Abflussrinnen, unterhalb dem Flimser Plan gegen die Prada und unter der Prada zum Rhein. Und wenn wir in diesem Zusammenhang an den gewaltigen Einschnitt des Laaxertobels den-

ken, so könnten wir uns vorstellen, dass auch dort eine Abflussrinne von in erster Linie spätglazialer Entstehung und Anlage zumindest vorliegt, die von einem der Mulinser Prada direkt entsprechenden Zungenbecken oberhalb Laax eingetieft worden wäre. Die von Norden aus der Vorab- und Segnesgruppe herausstossenden Eismassen hätten sich dann an der Flimser Sturzmasse direkt geteilt und aufgespalten, in den gegen Osten abgedrängten Flimserarm und die den Trümmerhaufen des Flimserwaldes im Westen umfliessende Eiszunge von Laax, deren unterstes Ende noch heute so deutlich durch ein prachtvolles Zungenbecken zwischen Laax und Giaratsch markiert erscheint.

Es hat also auf jeden Fall der Flimser Bergsturz ausser der Eindeckung seiner tieferen Teile durch Oberländer Eis auch noch Eingriffe von lokalen Eisströmen aus der Segnes-Ringelspitz-Gruppe erlitten, aber diese Eingriffe beschränkten sich in erster Linie auf das heute gut besiedel- und bebaubare Gebiet der jungen Zungenbecken von Flims und der Prada von Mulins. Bis hierher, im Westen etwa bis um Laax, erkennen wir Überreste der nochmals, nach dem Niedergang des grossen Sturzes, vorgestossenen nördlichen Lokalgletscher; die grosse Hauptmasse des Flimserwaldes aber besteht aus Bergsturzmaterial. Die These GSELLS, dass von der Flimser Hügellandschaft nur die tiefsten Teile einer grossen Sturzmasse im Sinne HEIMS angehören, der grosse Flimser Wald aber aus Moränen der Seitengletscher aus dem Segnestal bestehe, muss somit auch heute wieder abgelehnt werden.

Auf das Alter des Flimser Bergsturzes jedoch werfen diese durch die Auffassung GSELLS erst zur Diskussion gegebenen Zusammenhänge zwischen Bergsturzmasse, Rheinmoräne und Lokalmoränen heute ein recht klares Licht. Es ist ausgeschlossen, dass ein Gletscher der Würm-Hocheiszeit den Flimser Bergsturz überdeckt hat, wie beispielsweise ALBERT HEIM dies noch in seinem letzten Werke über « Bergsturz und Menschenleben » zur Diskussion gestellt hat. Ein solcher Würmgletscher hätte ja bis über den Bodensee, weit ins Schwäbische hinaus gereicht, wie die betreffenden Moränen zwischen Bodensee, Ravensburg, dem Donautal und Schaffhausen dies kundtun; bis ein Rheingletscher aber bis dorthin vorgestossen wäre, hätte sicher das Oberländer Eis

reichlich Zeit gehabt, den unruhigen Blockhaufen des Flimsersturzes zu modellieren, d. h. zu glätten und zu frisieren. Nichts von solcher Coiffeurarbeit aber ist an den Hügeln von Flims zu sehen; keine Pomade ist in Form von Grundmoräne auf dieselben gestrichen worden, sondern das Blockgewirr des Flimsersturzes, das Sie so klar am Wege hierher gesehen haben, ist frisch gebrochen wie am ersten Tage nach dem Sturz. Etwas Bodenbildung und der herrliche Wald, das sind die einzigen Veränderungen in dieser Gegend seit dem Sturz.

Es kann sich somit nur um einen späteren, weit bescheideneren und zeitlich begrenzten letzten Vorstoss des Oberländer Eises handeln, der die Punteglias-Blöcke auf das Gebiet der Bergsturzbreccie gebracht hat. Das durch dieses Punteglias-Erratikum als nochmals, nach dem Sturz, von Oberländer Eis überflossen bestimmte Gebiet des Flimser Bergsturzes beschränkt sich dabei ganz klar auf die breite Furche zwischen den Hügeln des Flimser Waldes und den am Gegenhang des Signina-Gebirges aufgeworfenen äussersten Brandungswellen des Sturzes. In diese hinter der Brandungszone naturgegebene, scheinbar ziemlich breite Rinne drang das Oberländer Eis nochmals ein, um schliesslich bis in die Gegend um Reichenau vorzustossen. Der Bergsturzhügel von Ils Aults im Osten des Hinterrheins ist noch mit Moränen bedeckt, die auch Oberländer Gesteine führen; das Oberländer Eis hat also effektiv die Gegend um Reichenau nochmals erreicht. Vielleicht sind von diesem Gletscherstand aus, durch die sicher in jener Zeit, besonders beim beginnenden neuerlichen Rückzug des Eises sehr kräftigen Schmelzwässer, auch die berühmten T o m a s der Gegend um Ems aus einem Calanda-Bergsturzhaufen geformt worden. Erst beim Rückzug des Eises nach diesem letzten Vorstoss schnitt der Hauptteil der Rheinschlucht zwischen dem Becken von Reichenau und jenem von Ilanz sich ein, wohl ganz direkt vor der Front der nunmehr rapid zurückschmelzenden Eismassen. Die höheren Teile der Flimser Sturzmasse aber ragten während dieses ganzen neuerlichen Gletschervorstosses aus dem Oberländer Eis heraus, und nur die nördlichsten Ränder derselben und deren Westflanke wurden ihrerseits von lokalen Gletschern aus Segnes und Bargis noch etwas modelliert.

Ist somit das Alter des Flimser Bergsturzes durch diese Tatsachen als p o s t w ü r m i s c h sichergestellt, durch Fehlen einer

Moränendecke über grossen Teilen des Flimserwaldes, durch die beschränkte Verbreitung der Oberländer-Erratika und weiter durch das Fehlen jeder würmeiszeitlichen Modellierung der Oberfläche, so bleibt die Frage zunächst noch offen: In welches Stadium der allgemeinen Gletscherrückzüge fällt dies ganze Geschehen?

In der klassischen Eiszeitchronologie von PENCK und BRÜCKNER, welche Forscher übrigens, wie auch WALTER STAUB, den Flimser Bergsturz seit langem gleichfalls in die Zeit der allgemeinen Gletscherrückzüge verlegen, wurden zwischen der Würm-Hocheiszeit und den heutigen Gletscherständen drei grosse Hauptstadien des Gletscherschwundes unterschieden, das B ü h l -, das G s c h n i t z - und das D a u n s t a d i u m. Eine Reihe von Studien, in den Alpen und im Alpenvorland, in der Schweiz und in den Ostalpen, ergaben aber bald die Notwendigkeit einer beträchtlichen Revision dieses einfachen Bildes. Wohl hatten schon PENCK und BRÜCKNER, sowohl beim Bühl- wie beim Gschnitzstadium und in einzelnen Fällen sogar beim Daunstadium, jeweilen wieder ganz beträchtliche Gletschervorstösse angenommen, also bedeutende Schwankungen; aber erst die genauere Parallelisierung der verschiedenen Jungmoränengürtel im Alpenvorland, die auf AMPFERER zurückgehende Entdeckung einer eigenen S c h l u s s e i s z e i t, einer sehr klaren Schlussvereisung, und auch die Kombination dieser geologischen Tatsachen mit den erst vor wenigen Jahren zum Abschluss gelangten Berechnungen der säkularen Änderungen in der Erdbestrahlung durch MILANKOVITCH, besonders fussend auf den neueren Arbeiten BECKS, vermögen heute einen genaueren Einblick in die V o r g ä n g e d e r a u s k l i n g e n d e n E i s z e i t zu vermitteln.

Sicher stehen zwei benachbarte Endmoränenkränze der Würm-Hocheiszeit, im Linthgebiet jene von Killwangen und Schlieren, und ein etwas jüngeres Stadium, verbunden mit einem neuerlichen Vorstoss, das sogenannte Zürcherstadium; diese drei Gletscherstände relativ nahe und eng beieinanderliegend und durch einen relativ langen Zeitraum vom folgenden Bühlstadium, im Linthgebiet belegt durch die Moränen von Hurden-Rapperswil, getrennt. Diesem Bühlstadium des Linthgletschers entsprechen im Rheingebiet Moränenreste bei Dornbirn und Altstätten. Das Flimserstadium des Rheingletschers, d. h. die

neuerliche Überdeckung des Flimser Bergsturzes durch das Bündneroberländer Eis, das an sich ja allerdings noch viel weiter talabwärts reichte — wohl bis gegen Chur, wie einzelne Moränenreste auf den Tomas von Ems noch belegen, aber sicher nicht weiter — ist somit ganz bedeutend jünger als das Bühlstadium. Es dürfte daher, zunächst rein theoretisch betrachtet, an und für sich am ehesten etwa dem « Gschnitzstadium » PENCKS entsprechen, vor welches ja auch von diesem Forscher der Flimsersturz datiert worden ist. Es ist aber heute sehr zweifelhaft, ob diese Parallelisierung des Flimser-, resp. Churerstadiums mit dem Gschnitzstadium der Ostalpen wirklich zutrifft; denn es macht immerhin etwelche Beschwerden, sich den Rheingletscher bis sicher über Reichenau, d. h. vom Talhintergrund an der Oberalp rund 60 km zum mindesten, vorstossend vorzustellen in einer Zeit, wo im Brennergebiet, im Gschnitztal, die dortigen Lokalgletscher nur knapp 15 km bis zum klassischen Gschnitzstadium von Trins hinausreichten. Man mag das grössere Einzugsgebiet des Rheingletschers und den erhöhten Niederschlagsreichtum des Rheingebietes, des nördlichen wie des südlichen, gegenüber dem Gschnitzgebiet in Rechnung stellen, es bleibt doch immer ein gewaltiger Unterschied zwischen dem Gschnitzstadium der Ostalpen und dem Flimser- resp. Churerstadium des Rheingletschers bestehen. Wir wollen daher lieber ein eigenes Flimser- oder Churerstadium der Gletscherstände in der ausgehenden Würm-Eiszeit der Schweizeralpen ausscheiden und dasselbe vom klassischen Gschnitzstadium unabhängig gewertet wissen.

Sicher steht weiter, dass dieses Stadium von Flims, aber wohl auch jenes von Gschnitz, nicht der eigentlichen Schlussvereisung im Sinne OTTO AMPFERERS zugehört, sondern dass diese Schlussvereisung ganz bedeutend jüngeren Datums ist. Kein Talgletscher hat in dieser letzten Vereisungsperiode mehr die grossen Haupttäler der Alpen erreicht oder gar bedeckt, geschweige denn dass ein solcher gerade im Vorderrheintal seine 60 km vorgerückt wäre. Die Schlussvereisung AMPFERERS zeigt zwar ein deutliches Wiederaufleben eiszeitlicher Klimaverhältnisse nach erfolgter fast völliger Ausaperung der Gesamtalpen bis zu den heutigen Gletscherständen etwa; sie führte aber nur mehr, wie

gerade AMPFERER ja so vielfach gezeigt hat und wie ich in grosser Klarheit neuerdings im Oberengadin feststellen konnte, zu einer Vergletscherung der obersten Nebentäler. Die Gletscher der eigentlichen Schlussvereisung erreichten beispielsweise gerade noch das oberste Engadin, das Puschlav und das Bergell, aber keine dieser Talkammern wurde als solche noch von schlusseiszeitlichen Gletschern überflutet. Diese Schlussvereisung ist daher sicher auch jünger als das klassische Gschnitzstadium der Ostalpen, wo ja die Gletscher der sicher bescheideneren Hochregion der östlichen Stubaier Alpen und der Tribulaungruppe bei Trins immerhin bis auf 1200 m herunterstiegen und das relativ tiefgelegene Gschnitztal noch auf rund 15 km Länge mit Eis erfüllten. Und wenn wir nun die Vereisungsmöglichkeiten und die Moränenbilder der Umgebung von Flims etwa mit jenen des Oberengadins vergleichen, so kommen wir zum Schluss, dass wohl am ehesten die Moränenstände der Segneshütte oder um Bargis den Lokalgletscherständen der Schlusseiszeit entsprechen, d. h. die Schlussvereisung blieb auch hier auf die hochgelegenen Kammern der Seitentäler beschränkt. Das Flimserstadium des Rheingletschers aber liegt ganz bedeutend weiter zurück, und damit natürlich auch das grosse Bergsturzereignis selber, das somit nicht nur vor die Schlussvereisung, wie AMPFERER sich dies vorstellt, fällt, sondern vor das Flimserstadium, und damit bestimmt auch lange vor das eigentliche Gschnitzstadium der klassischen Chronologie.

Bedeutet das Flimserstadium nun eine nur lokale Schwankung der Gletscherenden, in welcher der Rheingletscher bloss etwa aus der Gegend um Ilanz nochmals bis über Reichenau hinaus vordrang, oder aber einen neuen kräftigeren Vorstoss der im Schwinden begriffenen Würmgletscher nach deren Zurückweichen bis in weit höhere Regionen des Oberlandes hinauf? Die Schuttbildungen des Beckens von Ilanz und des Oberlandes könnten uns darüber am ehesten Aufschluss geben, aber gerade da fehlen heute noch entscheidende Untersuchungen.

Die wenigen sicheren Aufschlüsse in jenem Gebiete zeigen aber doch, dass auf jeden Fall im Becken von Ilanz, das bisher so unbedenklich als direktes Erbe eines durch den Berg-

sturz von Flims bedingten Stausees betrachtet wurde, der Bergsturzschutt nicht zuerst von Seeablagerungen, Kiesen, Schottern, Sanden und lakustren Tonen überdeckt wird, sondern von klarer Grundmoräne des Rheingletschers. Schon dieses eine Faktum allein würde genügen, die Auffassung zu vertreten, dass zwischen Flimser Sturz und Neuvorstoss des Rheingletschers zum Flimser resp. Churerstadium keine längere Akkumulationsperiode sich einschaltete, sondern dass der Vorstoss des Flimserstadiums relativ rasch über den niedergegangenen Sturz sich vollzog. Mit andern Worten, dass das Flimserstadium bestimmt noch in die generelle Rückbildungsperiode der Würmvergletscherung fällt und nicht einen Vorstoss nach weitgehender Ausaperung darstellt, d. h. dass das Flimserstadium damit auch ganz bestimmt nicht zur Periode der alpinen Schlussvereisung gehört. Das aber würde wiederum besagen, dass der Flimser Sturz am ehesten zu einer Zeit niedergangen sein muss, als der Rheingletscher sich nur relativ wenig hinter das Becken von Ilanz, vielleicht nur bis Ruis, bestenfalls aber bis gegen Truns zurückgezogen hatte, dass er also niederbrach, fast unmittelbar nachdem das Talstück Reichenau-Ilanz gegen das Ende der Würmeiszeit zum erstenmal vom Eis geräumt worden war. In der Tat könnte man sich vorstellen, dass der Bergsturz zur Auslösung kam, kurze Zeit nachdem der Eisdruck auf die tektonisch zu Felschlipfen schon weitgehend prädestinierte nördliche Talflanke, infolge Abzugs des Gletschers, für die Stützung der bereits in hohem Grade niedergangsbereiten Felsmassen in Wegfall gekommen war. Auf jeden Fall aber ist der eigentliche Ilanzer See, dessen Ablagerungen wir kennen, ein wesentlich jüngeres Phänomen. Dieser See wurde nicht einfach durch den Bergsturz als solchen gestaut, sondern derselbe ist jünger als der Neuvorstoss des Rheingletschers im Flimserstadium. Es handelt sich in der Talweitung von Ilanz viel eher um die Füllung eines jungen Zungenbeckens, das ein erneutes Stationieren des Rheingletschers nach dem Vorstoss des Flimserstadiums illustriert, und von dem aus auch die eigentliche Durchtalung der Sturzmasse, d. h. das Einsägen der Rheinschlucht, durch den ungestümen Schmelzbach der Ilanzer Gletscherzunge, aus ganz direkter Nähe betrieben wurde. Erst nach diesem Ilanzerstadium zog sich

dann das Oberländer Eis abermals im Sinne des allgemeinen Gletscherschwundes um eine grosse Strecke zurück, wohl am ehesten bis in die Gegend um S o m v i x , wo Reste eines weiteren Rheingletscherstandes wieder klar erhalten sind. Das könnte am ehesten das Aequivalent des G s c h n i t z s t a d i u m s der Ostalpen sein, vielleicht zusammen mit den relativ wenig oberhalb folgenden Moränenresten der Umgebung von Disentis. Vielleicht aber gehört auch die auffallende Talweitung des T r u n s e r - b e c k e n s noch zu diesem selben Gschnitzstadium, als Zungenbecken dieses Gletscherstandes, und ist der relativ weit engere Talabschnitt von Tavanasa am unteren Ende der Trunserweiterung als Abflussrinne jener Zeit zu deuten.

Es scheint mir auf solche Art der natürliche Ablauf der die Talgeschichte des Vorderrheintals zur Zeit des Flimser Bergsturzes bedingenden Ereignisse wie folgt gegeben :

1. Rückzug des würmeiszeitlichen Rheingletschers vom Bühlstadium im st. gallischen Rheintal bis mindestens oberhalb Ilanz, aber höchstens bis gegen das Trunserbecken.
2. Niedergang des Flimser Bergsturzes, unmittelbar dem Nachlassen des vom diluvialen Eis ausgeübten Seitendruckes auf die Talflanken folgend.
3. Erneuter Vorstoss des Rheingletschers über die tieferen Teile der Sturzmasse, verbunden mit Ablagerung von Moränen auf derselben und im Gebiete des Ilanzerbeckens. Äusserster Vorstoss bis gegen Chur : Flimser-Churerstadium des Rheingletschers.
4. Rückzug dieses Flimserstadiums bis etwa Reichenau, verbunden mit der Bildung der Tomas von Ems usw.
5. Weiterer Rückzug des Eises bis ins Zungenbecken von Ilanz, d. h. zum Ilanzerstadium, verbunden mit kräftiger Erosion in der Rheinschlucht zwischen Reichenau und Sagens.
6. Freigabe des Beckens von Ilanz durch weiteren Rückzug des Eises, Stauung des Rheins im Zungenbecken der Gruob, zum See von Ilanz, dann sukzessive Zuschüttung desselben durch die Gletscherbäche der langsam zum Gschnitzstadium zurückweichenden Gletscher der Surselva und des Lungnez.
7. Erneute Erosion in der Rheinschlucht und im Becken von Ilanz, unter Umständen genährt durch einen Vorstoss im

Gschnitzstadium oder vielleicht sogar erst durch die Schmelzwässer der Schlussvereisung.

Rein lokal betrachtet, könnte der relativ kurze Vorstoss des Flimserstadiums, d. h. das relativ bescheidene nochmalige Wachstum des Rheingletschers von oberhalb Ilanz bis über Reichenau hinaus, sehr wohl auf die durch die Talsohlenerhöhung des Flimsersturzes an sich naturnotwendig bedingte Klimaverschlechterung des in Frage stehenden Talabschnittes zurückgeführt werden; denn der Talboden des Vorderrheintales wurde schliesslich durch den Flimsersturz bis zu 600 m erhöht, was sicher auf die Vereisungsbedingungen, resp. das Abschmelzen des Vorderrheingletschers nicht ohne Einfluss bleiben konnte. Wir werden aber Umschau halten müssen, ob hier effektiv nur ein lokales, an den Flimser Bergsturz effektiv gebundenes Phänomen vorliegt oder ob dem Flimser- resp. Churerstadium entsprechende Gletscherstände auch in andern Talschaften erkannt werden können.

Auf jeden Fall aber kann heute nach diesen vergleichenden Studien als sicher festgehalten werden, dass der Bergsturz von Flims ganz bedeutend jünger ist als das Bühlstadium, aber auch ganz bedeutend älter als das klassische Gschnitzstadium der Ostalpen, und sicher sehr viel älter als die eigentliche Schlussvereisung.

Es ist nun von hohem Interesse, dass, erst in den letzten zehn Jahren, im grossen Vereisungsgebiet der Ostalpen zwischen Bühlund Gschnitzstadium immer deutlichere Anzeichen eines dem Flimserstadium weitgehend äquivalenten Gletscherstandes gefunden worden sind, der vorderhand im besondern von KLEBELSBERG gefunden und von ihm nach seinen ersten Entdeckungen in den Schlerndolomiten Südtirols als Schlernstadium benannt worden ist. Die Front des Oetztalgletschers lag zu dieser Zeit beispielsweise noch rund 50 km von den Talhintergründen entfernt, im Inntal vorn, und ein eigener Brennergletscher reichte südlich Innsbruck bis auf 1100 m hinab. Vom Gschnitzstadium und den Bühlgletscherständen sind diese Gletscherenden deutlich unterschieden, sie werden aus diesem Grunde von KLEBELSBERG auch als erneute kräftige Vorstösse im Zeitraum zwischen Bühlund Gschnitz gedeutet. Es liegen damit auf jeden Fall unserem Flimser/Churerstadium recht ähnliche Verhältnisse vor.

Dann machen es ferner die Studien von BECK im Aaretal sehr wahrscheinlich, dass auch im Gebiet des einstigen Aaregletschers, in den Moränen von Interlaken, Zeugen eines Rückzugsstadiums der alpinen Vereisung vorliegen, die recht gut mit unserem Flimserstadium zusammenpassen. Dem Gschnitzstadium des Aaregletschers kann dieser Interlakener Gletscherstand so wenig entsprechen wie jener des Flimserstadiums, und natürlich noch viel weniger der Schlussvereisung AMPFERERS. AMPFERER hat zwar gerade das Schlernstadium als erste Phase seiner Schlussvereisung aufgefasst, aber es kann, nunmehr vom Flimserstadium aus betrachtet, heute als ausgeschlossen gelten, dass zwischen Flimser Bergsturz und Flimser Gletschervorstoss, der ungefähr dem Schlernstadium entspricht, das Gebirge zur fast völligen Ausaperung gelangt und sozusagen eisfrei geworden wäre. Wie dies ja vor der AMPFERERSchen Schlussvereisung, die durch eine solche Ausaperung deutlich von der Würmeiszeit geschieden sein sollte, der Fall sein müsste. Diese Ausaperung hat sicher stattgefunden, aber erst sehr viel später, unmittelbar vor der Oberengadiner Schlussvereisung, so dass auf solche Art weder Schlern- noch Gschnitzstadium zur effektiven Schlussvereisung gezählt werden dürfen.

Und wenn wir nun weiter etwa die von BECK nach den Tabellen von MILANCOVITCH errechneten Kurven der Bestrahlungsänderungen der Erde unvoreingenommen betrachten und feststellen, dass nach den grossen Schneegrenzendepressionen der Würm-Eiszeit, etwa im Zeitraum zwischen —65,000 bis über —30,000 MILANCOVITCH-Jahren, die damaligen Schneegrenzendepressionen sich in bescheidenem Rahmen hielten und erst nochmals um das Jahr —22,000 und wiederum um das Jahr —10,000 grössere Beträge erreichten, so könnten wir uns vorstellen, dass in den erstgenannten Zeitraum etwa die grosse Abschmelzperiode der eigentlichen Würmgletscher fällt, verbunden mit deren Rückzug bis weit hinter das Gschnitzstadium, dass in diesen Zeitraum hineingehören als gewisse Marken das Bühl-, das erste und das zweite Ilanzerstadium und das Stadium von Flims-Chur, d. h. das Schlernstadium, und dass erst lange nachher, gegen das MILANCOVITCH-Jahr —20,000 etwa, die Gschnitzvereisung, und abermals weit später, gegen das Jahr —10,000, die eigentliche Schlusseiszeit vom Typus der Oberengadiner Schlussvereisung folgte. Aber vorder-

hand stehen alle diese Dinge noch etwas in der Luft und bedürfen noch dringend weiterer Abklärung.

Als sicheres Ergebnis aber kann vorderhand gelten, dass der grosse Bergsturz von Flims in die ausgehende Eiszeit fällt, dass er älter ist als das sogenannte Schlernstadium oder das Stadium von Flims, aber bedeutend jünger als Bühl, bestimmt aber viel älter als Gschnitz und die Schlusseiszeit.

* * *

Eine ganz andere Deutung der Dinge um Flims hat erst vor kurzem OTTO AMPFERER gegeben. Dieser grosse ostalpine Forscher, der eine seltene alpine Erfahrung als Frucht einer herrlichen Lebensarbeit sein eigen nennen darf, fasst die bisher als Bergsturzbreccien gedeutete Hauptmasse des Flimserwaldes als eine gewaltige Mylonitmasse auf, als eigentlich anstehendes Zermalmungsprodukt des helvetischen Malmkalkes in erster Linie, der bei der Überschiebung des Bündnerschiefergebirges, die ja erst lange nach der HEIMSchen Konzeption erkannt worden war, völlig zu einer Breccie zerdrückt worden sei. Die Bündnerschiefer hätten nach OTTO AMPFERER ein altes Rheintal, somit ein altes morphologisches Relief, in Form einer « Reliefüberschiebung » überfahren und den in diesem Relief blossliegenden Malmkalk aufgepflügt und innerlich völlig zertrümmert. Die Moränen auf den Breccien fasst AMPFERER in ihrer Gesamtheit als solche seiner Schlussvereisung auf.

In der Tat erscheinen gewisse Partien der Flimser Trümmersmasse derart kompakt, dass sie an und für sich leicht als Anstehendes gedeutet werden könnten. So vor allem an der Strasse zwischen Versamertobel und Bonaduz, wo grosse zusammenhängende Felspartien sich im Grunde effektiv nur schwer als aufgebrandete Bergsturzmasse verstehen lassen. Im übrigen hat schon ALBERT HEIM ähnliche Fragen aufgeworfen und dieselben in seinem Mechanismus der Gebirgsbildung diskutiert. Aber anderseits ergibt sich doch klar und deutlich, dass einmal die fraglichen Malmkalkkomplexe über dem zur nördlichsten penninischen Zone über dem Gotthard gehörenden Bündnerschiefer der Versamerbrücke liegen, statt von demselben im Sinne AMPFERERS und der ganzen

modernen Deckentheorie überschoben zu werden, und dann erscheint auch in der Basis dieser zusammenhängenden Kalkkomplexe östlich der Versamerbrücke, in den Abhängen gegen die Rheinschlucht hin, zweifellose, feinsplittrige, echte Bergsturzbreccie, als deren Unterlage. Diese zusammenhängenden Partien von zertrümmertem Malmkalk schwimmen regelrecht, wie schon HEIM dies berichtet, in der eigentlichen Bergsturzbreccie, sie sind als Ganzes, in den Trümmerstrom eingehüllt, relativ gut davongekommen. Und wenn AMPFERER aus dem Auftreten von Dogger östlich von Versam und dessen « Fehlen » im Abrissgebiet oberhalb Flims, in der Nische westlich des Flimsersteins, die sicher nur einen Teil des gewaltigen Schichtausbruches darstellt, auf ein effektives Anstehen dieses Doggers schliesst, so muss daran erinnert werden, dass, im Gegensatz zu dieser Anschauung, Dogger im Abrissgebiet des Flimsersturzes sicher vorhanden war, nämlich in der westlichen Fortsetzung der Doggerkerne von Trins, dass somit die AMPFERERSche Argumentation nicht stichhaltig ist. Was aber schliesslich entscheidend gegen die Auffassung AMPFERERS spricht, ist die Tatsache, dass erstens wir solche « Mylonitbildungen » von der Art der Flimserbreccie wohl längs der ganzen Bündnerschieferüberschiebung finden sollten, nicht nur zwischen Reichenau und dem Becken von Ilanz, dass aber effektiv diese « Mylonitbildungen » auf einen relativ nur ganz kleinen Abschnitt der Bündnerschieferfront beschränkt sind, obwohl wir heute dieselbe bis hinüber ins Wallis und weiter kennen; und zweitens, dass der Trümmerhaufen des Flimserwaldes einen gewaltigen Fremdkörper im Talweg des Vorderrheins darstellt, der in seiner Entstehung sicher jünger ist als die normale Durchtalung. Als einen in ein altes, bis unter das heutige Niveau eingetieftes Vorderrheintal niedergebrochenen Bergsturz im Sinne THEOBALDS und HEIMS vermögen wir den dunklen Riegel des Flimserwaldes zwischen den weitgehend ausgeglichenen Talabschnitten des Oberlandes und des Churer-Rheintals zu verstehen, aber niemals hätte eine durch die allgemeine Bündnerschieferüberschiebung hier geschaffene Mylonitzone gerade in diesem Talabschnitt der Erosion des Rheins und der eiszeitlichen Gletscher einen vermehrten Widerstand entgegengesetzt; sondern die Talbildung wäre gerade hier als in einer schon tektonisch zertrümmerten Gesteinszone

ganz bedeutend leichter vor sich gegangen und der Talweg müsste auf solche Art gerade hier weit ausgeglichener sein. Weil er dies aber eben nicht ist und ganz im Gegenteil der ganze Flimserwald im Talweg des Vorderrheins einen ganz jungen, von der Erosion noch kaum überwältigten Fremdkörper darstellt, ist die ganze Deutung AMPFERERS nicht akzeptabel, sondern einzig und allein die alte Auffassung THEOBALDS und ALBERT HEIMS, dass hier eine grossartige Bergsturm-*ma s s e* vorliegt. ALBERT HEIM selber hat noch, im Verein mit Dr. OBERHOLZER, der seither das ganze Gebiet für seine Monographie der Glarneralpen aufgenommen hat, auf diese Widersprüche in der AMPFERERSchen These hingewiesen und dieselbe abgelehnt.

Und doch liegt wohl in dieser AMPFERERSchen Idee einer riesigen Mylonitbildung im Vorderrheintal ein wertvoller Fingerzeig für das wirkliche Verständnis des grossen Flimsersturzes. Dessen näheren Ursachen wurde bisher nur recht wenig nachgespürt und vieles blieb völlig rätselhaft. Das hat wohl seinen Grund darin, dass noch nie der Flimser Bergsturz in nähere Beziehung zu den modernen Erkenntnissen der Alpengeologie gesetzt worden ist, sondern das Verstehen desselben stets auf der alten Basis der 80er Jahre versucht wurde. Und doch hängt dieser gewaltige Sturz auf das allerengste zusammen mit der ganzen geologischen Geschichte dieses Alpenabschnittes, mit Baumaterial, innerer Struktur, tektonischem und sogar morphologischem Geschehen. Ein ganz kurzer Hinweis nur sei mir in dieser Richtung hier noch erlaubt.

* * *

Das Vorderrheintal, von Chur bis über Ilanz hinauf, liegt an der Grenze gewaltiger alpiner Schubmassen und zugleich an der Grenze ganz verschiedener Faciesräume der alpinen Sedimente. Den kalkigen Schichtreihen der helvetischen Kette, d. h. der Tödi-Ringelspitzkette, im Norden, steht die Bündnerschieferentwicklung im Süden des Rheins gegenüber. Diese Bündnerschiefermassen sind, wie erst vor kurzem auf Grund ausgedehnter vergleichender Studien nachgewiesen werden konnte, die vom gewaltigen kristallinen Kern der Adula und den über demselben liegenden höheren Überschiebungskörpern Mittelbündens von den tiefliegenden Tessiner Gneissmassen abgeschürften, nach Norden vorgetragenen Sedimenthüllen des Tessiner Grundgebirges, und was Sie da

drüben jenseits der Rheinschlucht an mächtigen dunklen Schieferbergen sehen, das stammt aus heute ganz unbedeutenden Gesteinsfugen im Tessin-, Calanca- und Bleniotal, aus Fugen, die nunmehr als schmale Trümmerzonen in Form ausgedehnter Überschiebungsflächen die verschiedenen Gneissareale zwischen Leventina- und Adulamasse voneinander scheiden.

Vor diesen Tessiner Elementen lag, heute weitgehend von denselben überschoben und eingedeckt, das Gotthardmassiv, und abermals weiter nördlich dasjenige des Finsteraarhorns, das sogenannte Aarmassiv, das in seinen östlicheren Teilen die alte Basis der Tödikette bildet; beide Massive primär bedeckt mit einer vorwiegend kalkig ausgebildeten Sedimentserie, der sogenannten helvetischen Schichtreihe. Beim Vorschub der Tessiner Elemente, d. h. bei der Überschiebung der Bündnerschieferzone gegen diese helvetische Region, wurde nun zunächst die Sedimenthülle des unmittelbar benachbarten Gotthardmassivs von der allgemeinen Nordbewegung der Massen in Mitleidenschaft gezogen und nach Norden gepresst, bis sie schliesslich als eigenes Schichtpaket von ihrer angestammten kristallinen Unterlage abgetrennt und separat nach Norden vorgeschürft wurde. Dieses primär gotthardmassivische Sedimentpaket überschob sich dabei auf den nordwärts anschliessenden Schichtenstoss des Aarmassivs, grosse Teile desselben an seiner Basis mit sich vorwärtsreissend und in einzelnen Gesteinscherben dieselben weithin mitschleppend in der Richtung auf den Alpenrand. Das ist nichts anderes als die grosse Glarner Überschiebung auf die einzelnen Elemente des Aarmassivs, jene klassische Glarner Überschiebung, deren Zeugen bei klarem Wetter in so prachtvoller Schärfe in den Tschingelhörnern, am Piz Segnes und am Ringelspitz die Flimserlandschaft hier beherrschen. Dabei ist diese ganze Glarner Schubmasse sehr deutlich in eine Tiefenzone, eine Depression der ihr primär vorgelagerten Aarmassiv-Schwelle hineingestossen worden, zwischen dem eigentlichen Aarmassiv im Westen und dem kleinen Sondermassiv von Vättis im Osten. Dahinter aber rückte in gewaltiger Front das Bündnerschiefergebirge nach, überdeckte zunächst den seiner primären Sedimenthaut durch Abschürfung in die Glarner Schubmasse beraubten Kristallinkörper des Gotthardmassivs und legte sich schliesslich sogar noch über weite Teile der heutigen

helvetischen Kette hinweg, die südlichen Teile der Glarner Schubmasse und das Aarmassiv weit unter sich begrabend.

Die Überschiebung der Glarner Schubmasse im Gefolge der grossen allgemeinen inneralpinen Bündnerschieferüberschiebung und die erwähnte Depression der tektonischen Achsen zwischen Tödi und Vättisermassiv lassen nun, zusammen mit der weiteren morphologischen Geschichte des Gebirges, die Ursachen des Flimsersturzes in recht hellem Licht erscheinen.

Zunächst ist im hintersten Teil der Aarmassivzone am Grunde der Glarner Schubmasse, durch den Vorschub derselben, der Gesteinszusammenhang bestimmt stark geschwächt, d. h. weitgehend gelockert worden. Eine kräftige Mylonitisierung, d. h. Gesteinszermalmung, lässt sich, gerade im Gebiet des heutigen Flimsersteins, der an der Basis der grossen Schubmassen der Glarneralpen liegt, feststellen; und diese mechanische Zerrüttung mag vom Flimserstein gegen Süden, mit weiterer Annäherung an die grosse Bündnerschiefermasse jenseits des Rheins, noch weit stärker gewesen sein. Diese Zertrümmerung der Kalkplatten unter der Glarnerüberschiebung aber mag einen ersten Grund zum Abbruch eines Bergsturzes vom Charakter der Flimser Sturzmasse gegeben haben, indem der Zusammenhang im Gebirge selber dadurch ganz wesentlich gelockert wurde.

Dann zeigt die geologische Geschichte des Flimsergebietes, in einen allgemeineren alpinen Zusammenhang gestellt, weiter, dass, lange nach den alle alte Ordnung umwälzenden grossen Überschiebungsphasen der Alpenfaltung, nach dem Bündnerschieferanschub, nach dem Vorschub der Glarner Schubmasse über das Aarmassiv, das Gebirge im Norden des Rheintales nochmals eine weit jüngere Emporwölbung von ganz beträchtlichem Ausmass erfahren hat. Zur Zeit des mittleren Oligozäns, im sogenannten Stampien, strömten nämlich über das spätere Gebiet von Flims, hoch über den heutigen Tälern und Pässen, in allgemeiner Richtung über Segnes und Vorab, die Wasser eines ersten Ur-Rheins, von den Hochregionen um die heutige Bernina quer zum Oberengadin und hoch über dem heutigen Oberhalbstein und Domleschg, un-

behindert durch eine Tödikette, direkt dem Molassemeer des heutigen Unterlandes zu. Die Depression in den kurz vorher erst durch die grossen Überschiebungen geschaffenen inneralpinen Strukturelementen, der diese uralte erste Querentwässerung der bündnerischen Zentralalpen folgte, als einer vorhandenen, tektonisch bestimmten Tiefenlinie ersten Ranges, ist durch den heute noch erkennbaren Gebirgsbau halb Graubündens festgestellt vom Oberengadin bis in die Tödikette hinaus, und vor derselben liegt, als ganz direkter Zeuge dieses uralten Flusslaufes, im einstigen Mündungsgebiet dieses Quer-Rheins, sogar ein mächtiger Schuttkegel oligozänen Alters bis heute aufbewahrt, in der grossartigen, heute selber ein ganzes Bergland bildenden Nagelfluhmasse des Speergebietes. Schon im oberen Oligozän aber, im sogenannten Aquitan, hörte diese rheinische Geröllschüttung in das spätere Speergebiet auf und unterblieb auch weiterhin durch das ganze weiter folgende Miozän. Der alte Quertalweg des ersten Rheins wurde immer mehr verbogen durch den beginnenden Aufstieg der Tödikette und dabei der Rhein gezwungen, sich seinen Ausweg aus den Alpen immer weiter östlich zu suchen. Die weitere Analyse der Nagelfluhbildungen und der helvetischen Strukturen aber zeigt, dass die Tödikette, vom Aquitan durch den ganzen Rest der Tertiärzeit bis in die Eiszeiten hinein immer höher stieg, ruckweise allerdings, dabei getragen von der späten Emporwölbung des ganzen Aarmassivs. Dass bei diesem Vorgang das schon primär bei den Überschiebungen angelegte Südgefälle der Kalkplatten der Ringel-Segnesgruppe gegen das Vorderrheintal hin ganz wesentlich verstärkt wurde, liegt auf der Hand.

Gleichzeitig mit dieser Hebung der Tödikette ging aber der Abtrag der höheren, seinerzeit über dieselbe hinweggeschobenen inneralpinen Schubmassen, vor allem der sogenannten ostalpinen Deckenelemente, seinen Gang; was seinerseits eine weitere plastische Deformation der Gesteine derselben, die ja nur in einer gewissen Rindentiefe möglich ist, immer mehr erschwerte. Es bildeten sich daher offene Brüche und Kluftsysteme, und dies besonders im Gebiet der alten Achsendepression, wo die Durchtalung von allem Anfang an gewirkt hatte und damit der Abtrag am tiefsten griff, und wo auch schon von früher her die Deformation des Gesteinsmaterials die kräftigste war. So

lassen sich gerade im Gebiet des Flimsersteins, wie u. a. auch die eben zur Publikation gelangten stereo-geologischen Aufnahmen von Dr. R. HELBLING in prachtvoller Art zeigen, heute eine ganze Reihe von jungen Kluftsystemen erkennen, die nun ihrerseits abermals, wenn auch erst lange nach ihrer Bildung, nach der seitherigen Untergrabung der Flimserberge durch den Rhein und deren darauf weiterfolgenden intensiven Unterschneidung durch die eiszeitlichen Gletscher, sehr wohl die Ablösung einer an sich schon geschwächten und dazu noch nach dem Rheineinschnitt abfallenden Schichtplatte ganz gewaltig erleichtern, ja vielleicht überhaupt bedingen und ermöglichen konnten. Die grossen Abstürze des Flimsersteins gegen Westen, Süden und Osten folgen solchen jungen Kluftsystemen, der Flimserstein ist direkt längs solchen herausgeschnitten.

Südost- und Nordost-, d. h. zur allgemeinalpinen Schubrichtung parallel und quer dazu verlaufende Kluftsysteme finden sich aber auch noch anderwärts am Südabfall der helvetischen Kette, vor allem auch in der Calanda- und der Ringelgruppe; es können somit nicht diese Kluftsysteme allein es gewesen sein, die zur grossen Katastrophe von Flims geführt haben. Warum aber ist gerade hier im Raume von Flims der gewaltigste Bergsturz der Alpen herausgebrochen?

Der Bergsturz von Flims steht einzig da in seiner Geschlossenheit und Grösse, aber er hat doch auch noch gewisse Analoga in andern Tälern der Schweizeralpen. Da liegt im Wallis, mitten im Rhonetal, bei Sierre, sein wahres Gegenstück. In durchaus analoger Lage, am Südabfall der helvetischen Kette herausgebrochen, die innere Zertrümmerung und Zerklüftung seines Abrissgebietes durchaus analog begründet durch die grosse Bündnerschieferüberschiebung der Walliseralpen; und auch da erkennen wir in der grossen Wildstrubelsenke eine uralte Quertalanlage über das grosse jüngere Längstal hinweg wie hier hoch über Flims, und damit einen analogen spätalpinen Aufstieg der helvetischen Kette auch im Raume der Nordkette des Wallis. Dazu kommt auch bei Siders die auffällige Lage der Abrisszone im Raume einer grossen Achsendepression. Vielleicht nicht mathema-

tisch genau, aber doch in grossen Zügen. Siders und Flims, die beiden grössten spätglazialen Bergstürze der Schweizeralpen, sie liegen beide in solchen axialen Depressionsgebieten. Es liegt daher nahe, in diesen Achsendepressionen des alpinen Strukturhaufens irgendwie abermals eine fundamentale Ursache für die Auslösung dieser eigentlichen Riesenfelsstürze zu sehen und diese irgendwie mit der Depressionslage der betreffenden Gebiete in kausalen Zusammenhang zu stellen.

In was nun können die eine Ablösung von solchen Felsmassen begünstigenden Faktoren in solchen Depressionsräumen bestanden haben?

Die Antwort auf diese Frage ist im Grunde genommen sehr einfach: Einmal ist der Vormarsch der gegen den Alpenrand vorwandernden grossen Schubmassen im Gebiete der axialen Depressionen bedeutend leichter vor sich gegangen und auch beträchtlich weiter vorgedrungen als nebenan in den Gebieten axialer Kulminationen, wo es ja vielfach zu Stauungserscheinungen gekommen ist; die Überschiebungen sind dabei, weil leichter, wohl auch rascher als in den axialen Hochgebieten vorgeschritten. Die Folge dieser tektonischen Gesetzmässigkeit war eine bedeutend stärkere mechanische Beanspruchung des überfahrenen Gesteinsgutes im Bereiche solcher axialer Depressionen; eine relativ weitgehende Mylonitisierung ist daher in erster Linie in solchen Depressionsgebieten zu erwarten. Für die Segnes-Vorab-Depression trifft eine derart gesteigerte Mylonitisierung der darin gelegenen Gesteine unbedingt zu. — Dann aber ist von hoher Bedeutung, dass auch das Sickerwasser in erster Linie gegen diese Depressionsgebiete drängt und dort vor allem, quer zum allgemeinen Streichen, zu seitlichem Abfluss tendiert. Es sammeln sich so in diesen Depressionsgebieten die grössten Sickerwassermengen an und diese ihrerseits bedingen nun gerade in diesen Depressionen eine grösstmögliche Schmiebung eventuell durch den Gebirgsbau schon gegebener natürlicher Ablösungsflächen. Im Falle des Flimsersturzes mochte die Schubfläche des Flimserstein-Malmkalkes an der Basis der so-

genannten Tscheppschuppe zur Ablösungsfläche prädestiniert gewesen sein, wobei die Schmierung der Malmbasis — es braucht sich dabei nicht um die exakte untere Grenzfläche des Malms zu handeln, sondern es kann derselben eine ganze Gleitflächenschar mit tonigen Belägen folgen — auf jeden Fall noch ganz bedeutend erleichtert worden ist durch den grossen Bruch, der Süd- und Nordhälfte des Flimsersteins im Norden von P. 2438 bis gegen Alp Cassons hin so radikal durchreisst und der auf einem der HELBLINGSchen Aufrisse so klar dargestellt erscheint.

Der heutige Rand der Abrissnische des grossen Flimser Sturzes greift vom Hügel von Porclas wenig westlich von Trins der Val Turniguel entlang gegen Norden vor, folgt dann dem Süd- und Westabbruch des Flimsersteins bis über Alp Cassons und weicht von da wieder gegen Laax zurück. Die Nische, aus welcher der grosse Sturz erfolgte, ist also ganz bedeutend grösser als bisher angenommen wurde. Die vor dem Sturz noch vorhandene nördliche Talflanke zog sich seinerzeit wohl aus der Gegend über Trins in einem nur schwach gegen Norden vorspringenden Bogen gegen die so klar unterschrittene Steilstufe zwischen Fellers und Sagens, zwischen sich und dem Bündnerschiefergebirge auf der Südseite des Rheins nur ein Tal von ungefähr der gleichen Breite wie bei Ems etwa freilassend. Dieser alte, weit vorgeschobene Südabfall des Flimsersteins wurde vom Rhein untergraben, und unterschritten von den eiszeitlichen Gletschern, so lange bis die ohnehin tektonisch gelockerten und von Sicker- und Schmelzwasser weitgehend geschmierten Gesteinsmassen aus dem Gleichgewicht, d. h. ins Gleiten kamen und in riesigem Felsschlipf zu Tale fuhren. Dass dies ziemlich rasch nach dem Hinfall der noch einigermaßen wirksamen letzten Stützung durch das Eis des Vorderrheingletschers nach der grossen Abschmelzperiode zwischen Bühl- und erstem Ilanzerstadium geschah, ist ebenfalls plausibel, und dazu mögen die Schmelzwasser der zu dieser Zeit das nördliche Gebirge noch teilweise bedeckenden Lokalgletscher abermals das ihrige zur Schmierung der genannten Gleitflächen getan haben.

So führten schliesslich eine ganze Reihe von Faktoren verschiedenster Art zum gewaltigen Niederbruch. Ent-

scheidend aber war die Vorbereitung der ganzen Konstellation, die weit in die geologische Geschichte des Gesamtgebirges zurückgreift. Überschiebung der Glarner Schubmasse auf das Aarmassiv und dessen primäre Bedeckung, im Gefolge des inneralpinen Vorschubes der Bündnerschiefer auf das Gotthardmassiv, verbunden mit weitgehender innerer Zertrümmerung der an der Basis der Glarner Schubmasse gelegenen Zone des Flimsersteins, im besondern der Tscheppschuppe; jüngere Hebung der helvetischen Kette, dokumentiert durch die Unterbrechung der primären Quertalrinne zwischen Engadin und Molassemeer im Speergebiet, verbunden mit der Ausbildung mächtiger Kluftsysteme; grösstmögliche Schmierung der an der Basis der Tscheppschuppe entstandenen Diskontinuitätsfläche im Raume einer axialen Depression, und endlich Unterschneidung dieser dergestalt schon weitgehend zum Abgleiten vorbereiteten Felsmassen durch den Vorderrhein und die eiszeitlichen Gletscher bis gegen das Ende der Hauptvereisung, sicher bis lange nach dem Bühlstadium; alle diese verschiedenen Dinge führten schliesslich zum gewaltigsten Felssturz der Alpen. Dass aber die Lage in einer Achsen-depression bestimmt von Bedeutung für diesen Niederbruch war, zeigt die durchaus analoge Lage des Bergsturzes von Siders.

Hochverehrte Damen und Herren! Damit glaube ich Ihnen einiges Wissenswerte aus der Geschichte des Flimserwaldes vermittelt zu haben. Ein Bergsturz gewaltigsten Ausmasses liegt effektiv da vor Ihnen, wie THEOBALD und ALBERT HEIM dies schon vor Jahrzehnten erkannt haben. Aber ein Bergsturz ohne Schrecken, der höchstens die Menschen der Drachenlochzeit mit Entsetzen erfüllte, der aber sonst zu einem Segen des Tales geworden ist. Eine herrliche Landschaft ist hier durch jene ferne Katastrophe geschaffen worden, Ungezählten zur Freude und bleibenden Erholung. Und noch ein weiteres verdanken wir diesem klassischen grössten Felssturz der Alpen. Er schuf, bis in die Zeit der Eisenbahnen, ein gewaltiges Hindernis im Verkehr zwischen Oberland und Churertalung, eine Barre, hinter der, intensiver und länger als irgendwo in den Alpen, das angestammte uralte rhätische Sprach- und Kulturgut sich unvermischt erhalten konnte. Ohne diesen schwer überquerbaren und fast nur von dichtem

Walde besiedelten Trümmerhaufen des Flimser Bergsturzes wären Sprache und Sitten des Churer Rheintales und damit die Germanisierung schon seit Jahrhunderten bis ins Oberland vorgedrungen; so aber wurde derselben und manchem andern ein natürlicher Wall entgegengesetzt, und nicht ohne tieferen Sinn heisst heute auch, fast als Ausdruck des Dankes der rhätischen Urbevölkerung des obersten Rheingebietes an den grossen, seit Jahrtausenden waldbestandenen Flimsersturz, die altromanische Talschaft des bündnerischen Oberlandes die *S u r s e l v a*. Möge sie auch weiterhin, trotz Eisenbahn, Auto und Radio und trotz lärmender Propaganda, den Flimserwald für immer als ihren kulturellen Vorposten betrachten.

Wichtigste Literatur

- THEOBALD, G., Naturbilder aus den Rhätischen Alpen, Chur 1862.
- HEIM, ALB., Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, Basel 1878.
- Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein, Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Lief. 25, Bern 1891.
- PENCK, ALBR. und BRÜCKNER, E., Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1909.
- STAUB, W., Die Tomalandschaften im Rheintal zwischen Reichenau und Chur, Jahresber. Geograph. Ges. Bern 1910.
- GSELL, R., Beiträge zur Kenntnis der Schuttmassen im Vorderrheintal, Jahresber. Naturf. Ges. Graubündens, Chur 1918.
- OBERHOLZER, J., Geologische Karte der Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein, Spez. Karte No. 63, Bern 1920.
- Geologie der Glarneralpen, Beitr. Geol. Schweiz, N. F. L. 28, Bern 1933.
- AMPFERER, O., Neue Wege zum Verständnis des Flimser Bergsturzes, Sitzber. Akademie d. Wiss. Wien, Bd. 143, 1934.
- Tektonische Studien im Vorderrheintal, Ebenda 1934.
- Waren die Alpen zwischen Würmeiszeit und Schlussvereisung unvergletschert? Ebenda 1936.
- HEIM, ALB., Bergsturz und Menschenleben, Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1932.
- HEIM, ALB. und OBERHOLZER, J., Zu Otto Ampferers « Gleitformung der Glarneralpen » und « Flimser Bergsturz », Ecl. Geol. Helv. 1934.
- STAUB, R., Der Bau der Alpen, Beitr. Geol. Schweiz. N. F. Lief. 52, 1924.
- Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie, Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 69, 1934.
- Gedanken zum Bau der Westalpen zwischen Bernina und Mittelmeer, I. Teil, Viertelj. Naturf. Ges. Zürich, 1937.
- Zur Frage einer Schlussvereisung im Berninagebiet, Ecl. Geol. Helv., 1938.
- Prinzipielles zur Entstehung der alpinen Randseen, Ebenda 1938.
- Einige Ergebnisse vergleichender Studien zwischen Bünden und Wallis, Ebenda 1938.
- BECK, P., Studien über das Quartärklima im Lichte astronomischer Berechnungen, Ebenda 1938.
- HELBLING, R., Zur Tektonik des St. Galler Oberlandes und der Glarneralpen, Beitr. Geol. Schweiz, N. F. L. 76, Bern 1938.

Le problème de l'Anoxémie

Par

le Docteur FRÉDÉRIC ROULET

Priv.-Doc. à l'Université de Bâle, Prosecteur à l'Institut pathologique

Conférence plénière faite à la 119^{me} Session de la Société helvétique des
Sciences Naturelles, Coire 1938

Depuis l'époque où SIVEL, CROCÉ-SPINELLI et TISSANDIER entreprirent leur ascension en ballon libre (15 avril 1875) qui leur permit d'atteindre l'altitude de 8790 m, mais qui coûta la vie à deux d'entre eux, la question du manque d'oxygène n'a cessé de préoccuper les aéronautes et les savants. C'est à un Français également, à PAUL BERT, que l'on doit les premières observations scientifiques sur les effets de la pression barométrique. Dans un ouvrage devenu classique sur la pression barométrique (1878), PAUL BERT a posé la première pierre de l'édifice actuel de la physiologie du climat de haute montagne, une grande partie de ses résultats expérimentaux ayant été confirmés par la suite. C'est lui qui attira le premier l'attention sur le rôle que joue le manque d'oxygène dans la pathogénèse de divers phénomènes pathologiques observés chez l'homme ou chez les animaux soumis à une raréfaction progressive de l'air, c'est-à-dire à une dépression barométrique. Les recherches ultérieures se sont occupées plus particulièrement des échanges respiratoires, du métabolisme, de la circulation sanguine, des réactions du système nerveux et de questions connexes, qui offrent une valeur théorique d'une part et pratique d'autre part, surtout si l'on songe à l'importance de tels facteurs pour l'aéronautique.

L'on peut se demander quel intérêt l'anatomo-pathologiste peut avoir à de tels problèmes qui sont d'ordre physiologique; nous verrons qu'une déficience d'oxygène, une hypoxémie, géné-

rale ou locale, dépendant de façon plus ou moins nette de facteurs circulatoires, peut provoquer au niveau des divers tissus des désordres graves qui se manifestent non seulement par des troubles fonctionnels, mais aussi sous forme de lésions anatomiques. L'étude de ces lésions est à l'ordre du jour plus que jamais, du moment que l'aéronautique moderne s'efforce de plus en plus, pour des raisons tant pratiques que stratégiques, à déplacer les lignes de vol à de hautes altitudes; à partir d'une certaine hauteur se manifestent chez les pilotes des troubles comparables à ceux qui furent observés à la fin du siècle dernier par PAUL BERT, LÖWY, HALDANE, VON HASSELBACH et d'autres dans leurs expériences effectuées au moyen de chambres pneumatiques; ces expériences sont aujourd'hui des plus actuelles, leur application est devenue courante pour les examens physiologiques auxquels sont soumis les élèves pilotes des écoles d'aviation militaire et civile.

Parmi les pionniers de la physiologie des hautes altitudes, il convient de citer encore MARCET et VIAULT, dont les observations sur l'élévation du nombre des globules rouges au cours d'un voyage dans les Andes péruviennes sont classiques, les travaux des Suisses MIESCHER, EGGER, JAQUET, ceux de MOSO et de ses collaborateurs, entrepris au Mont-Blanc et à la cabane « Regina Margherita » puis à l'Institut du Col d'Olen dans le massif du Mont-Rose, les recherches de KRONECKER (1894) et de ZUNTZ et tout particulièrement aussi celles de ADOLF LÖWY. Nous pouvons considérer Löwy comme l'un des premiers physiologistes qui reconnut l'intérêt de la physiologie du climat de haute montagne; son activité au cours des dix années pendant lesquelles il dirigea l'Institut de recherches de Davos a enrichi nos connaissances non seulement dans le domaine de la climatophysiologie, mais ses travaux et ceux de ses collaborateurs ont fourni le point de départ d'une foule de recherches actuelles en faisant ressortir le rôle prépondérant de la raréfaction de l'air, de l'hypoxémie, dans divers processus pathologiques dont nous nous occuperons tout à l'heure. Si la climatophysiologie de l'altitude est devenue plus que jamais un problème actuel, c'est certainement grâce à l'activité inlassable et à l'esprit actif du chercheur que fut ADOLF LÖWY, à la mémoire duquel nous tenons à rendre hommage ici.

Les travaux consacrés aux nombreuses modifications apportées à l'organisme par le manque d'oxygène sont pour la plupart,

comme nous l'avons dit, d'ordre physiologique : ainsi furent étudiés tout d'abord les phénomènes d'hyperventilation et d'augmentation de l'amplitude respiratoire, la tachycardie et l'augmentation du débit cardiaque. Cette augmentation du débit ventriculaire en particulier augmente parallèlement à la diminution de la teneur en oxygène de l'air inhalé, c'est-à-dire en relation indirecte de la pression barométrique (GOLLWITZER-MEIER, HARRISON). Les nombreux travaux de BARCROFT sur les dépôts sanguins et ceux de HERING et de son école sur les éléments régulateurs de la pression artérielle ont fait ressortir l'importance des mécanismes circulatoires qui règlent la constance de l'apport d'oxygène aux organes selon leurs besoins momentanés; l'on sait entre autre que l'organisme est capable de faire sortir de la circulation une certaine quantité de sang qui est mis en réserve, en dépôt pour ainsi dire dans des territoires vasculaires déterminés (rate, pannicule adipeux, foie). Ce sang est repris par la circulation en cas de besoin; ainsi peut s'observer au cours d'une déficience d'oxygène, d'une hypoxémie, un déplacement considérable de la masse sanguine qui quitte la région splanchnique afin de compenser en quelque sorte par une augmentation de la masse circulante la déficience d'oxygénation de l'hémoglobine. Seule toutefois une intégrité de l'appareil nerveux dans le domaine splanchnique permet de semblables compensations (GOLLWITZER-MEIER). On constate donc lors d'un séjour de courte durée sous pression barométrique basse, avec raréfaction d'oxygène de l'air, des troubles concernant surtout la fonction respiratoire et la circulation sanguine dans son ensemble. Si le séjour à l'altitude se prolonge ou si l'on laisse pendant plus de 48 heures des animaux de laboratoire dans une chambre pneumatique, on observe toute une série de phénomènes qui sont d'une part le résultat d'une accommodation et d'autre part le résultat de troubles fonctionnels et anatomiques plus ou moins graves selon la pression barométrique envisagée. Ces troubles résultent d'un côté du manque d'oxygène, de l'hypoxémie, et se manifestent au niveau de certains organes dont le besoin physiologique en oxygène est particulièrement élevé; ils sont aussi la conséquence de troubles profonds du métabolisme, troubles qui intéressent tout particulièrement la dégradation des hydrates de carbone, dont certains produits intermédiaires, tels que des dérivés de l'acide lactique, sont capables de se fixer à des

groupes aminés et dont la chimie est loin d'être éclaircie. Il s'agit ici de l'un des chapitres les plus intéressants et les plus compliqués de la chimie biologique, où les phénomènes de synthèse organique jouent le rôle principal. Je n'ai pas la prétention de vous en entretenir. Retenons seulement, pour y faire appel plus tard, que la condensation de dérivés du glyoxal avec de l'ammoniaque et de la formaldéhyde est importante pour les synthèses de dérivés de l'imidazol; nous rencontrons dans l'organisme des substances où le groupement de l'imidazol entre en considération, ainsi dans l'histamine, dont les propriétés biologiques déclenchent probablement des troubles vasculaires que nous allons étudier par la suite.

L'on sait que le besoin d'oxygène des différents territoires de l'économie n'est pas le même et que certains organes, comme le cœur ou le système nerveux central de même que tous les organes en hyperfonction utilisent davantage d'oxygène pour subvenir à leur dépense d'énergie; on peut dire que ces organes sont avides d'oxygène. Il est évident que c'est à leur niveau que l'on rencontrera les lésions fonctionnelles et anatomiques les plus intenses : Tout organe en travail ou en hyperfonction est en danger lorsque cette avidité pour l'oxygène ne peut être satisfaite (REIN). Il est bien évident aussi que des phénomènes d'adaptation entrent en jeu ici : l'homme et les animaux s'habituent à vivre à de hautes altitudes lorsqu'ils sont soumis à un entraînement progressif, ceci grâce à un balancement fort compliqué des échanges gazeux. Nous savons que chez l'homme et la plupart des mammifères les premiers symptômes graves d'hypoxémie s'installent lorsque la pression barométrique atteint 300 mm Hg (7000 m environ) : ils augmentent progressivement d'intensité et conduisent à des symptômes graves entraînant la mort aux environs de 200 mm Hg (9000 m environ). Comme dans beaucoup d'autres phénomènes pathologiques nous devons nous attendre à ce que ces troubles soient tout d'abord et principalement d'ordre fonctionnel, sans modifications grossières de la structure tissulaire; une hypoxémie d'une certaine durée entraînera par contre des troubles graves traduits par des lésions anatomiques. Ce sont ces lésions qui retiendront notre attention au cours de cet exposé; nos connaissances actuelles sur les recherches de la pathologie expérimentale de l'hypoxémie en formeront le point de départ, et nous cherche-

rons par la suite des analogies dans l'anatomie pathologique humaine.

Les expériences de LEWINSTEIN (1896) et celles de VON SCHRÖTTER (1902) ont montré que l'abaissement de la tension de l'oxygène dans l'air inspiré a pour résultat une dégénérescence graisseuse du foie et des fibres musculaires cardiaques; VON SCHRÖTTER avait émis l'hypothèse qu'il s'agissait ici d'un ralentissement du métabolisme accompagné d'hyperproduction d'acide lactique. Des résultats identiques furent obtenus plus tard (1926) par M^{lle} ROSIN, dont les expériences presque contemporaines de celles de CAMPBELL, peuvent être considérées comme les premières recherches systématiques sur les lésions anatomiques au cours de l'anoxémie. La première modification que l'on observe déjà après 36—48 heures d'un séjour à une pression barométrique de 300 mm Hg est une surcharge graisseuse du foie localisée au centre des lobules, suivie d'une véritable dégénérescence graisseuse des cellules hépatiques centrolobulaires. Cette manifestation massive d'un trouble fonctionnel est précédée, comme l'a montré M^{lle} ROSIN, dans des expériences entreprises à Davos sous ma direction, par une altération marquée du chondriome de la cellule hépatique : comme pour beaucoup d'autres lésions anatomiques, des lésions des mitochondries précèdent les premiers symptômes de dégénérescence; ainsi l'on rencontre des cellules clarifiées, à mitochondries trabéculaires, groupées à la périphérie des épithelia hépatiques, bien avant l'apparition des premières gouttelettes graisseuses. Cette dégénérescence graisseuse est un phénomène passager : elle s'atténue et disparaît progressivement si les animaux s'habituent aux nouvelles conditions atmosphériques ou si on les retire de l'expérience. Il ne s'agit donc que de l'expression anatomique d'une lésion fonctionnelle, marquée par un trouble métabolique de l'azote avec augmentation de l'azote résiduel et par un arrêt passager des combustions locales avec accumulation de corps gras, de phosphatides en particulier.

Si l'hypoxémie dure plus longtemps ou si l'on abaisse encore la pression barométrique, on observe l'apparition de lésions plus importantes : il s'agit d'une nécrose cellulaire, phénomène irréversible et caractérisé par la coagulation du cytoplasme. Ces nécroses atteignent également le centre des lobules hépatiques et sont précédées dans la règle par la dégénérescence graisseuse de la cel-

lule; elles sont entourées par la suite d'une zone cellulaire à forte surcharge grasse. Les expériences de LUFT ont confirmé ces données. Il n'est pas étonnant que la nécrose des cellules hépatiques atteignent la zone centrolobulaire, car à ce niveau le sang de la circulation porte a déjà libéré la plus grande partie de son oxygène et se trouve surchargé de CO_2 . Il s'agit donc ici d'une lésion anoxémique pure. Nous avons d'ailleurs pu montrer avec LÖWY que si l'on établit chez des cobayes au niveau du foie une hyperémie et que l'on soumette ces animaux à une dépression barométrique violente, on n'obtient qu'une légère dégénérescence graisseuse, sans nécrose, ce qui prouve l'importance du facteur anoxémique.

Notons en passant qu'une interruption d'expériences semblables est suivie d'une restitution complète de l'état anatomique du lobule hépatique. Deux jours après le retour à une pression normale, des animaux soumis préalablement à une dépression de 330—230 mm Hg présentent des phénomènes de réparation très nette au niveau du foie, avec multiplication des cellules hépatiques, déblaiement des cellules nécrosées et l'on peut finalement observer une minime cicatrice fibreuse. Si par contre les nécroses sont très intenses et fort étendues, la mort peut aussi survenir quelques jours après l'arrêt de l'expérience avec tous les symptômes d'une insuffisance hépatique.

Le foie, organe particulièrement sensible au manque d'oxygène, montre chez l'homme aussi les premières lésions imputables à une anoxémie locale; l'on connaît depuis longtemps la dégénérescence graisseuse des zones centrolobulaires dans toutes les anémies graves. ASKANAZY l'a décrite l'un des premiers dans l'anémie pernicieuse; RÖSSLE a reconnu le premier l'importance du facteur hypoxémique ou anoxémique dans la pathogenèse de cette dégénérescence graisseuse dans diverses formes d'anémies (anémies secondaires, cachexie cancéreuse, infections aiguës): Les globules rouges qui parviennent au lobule hépatique par la zone périphérique abandonnent à ce niveau la plus grande partie de leur oxygène, de sorte que les zones centrales fonctionnent avec un déficit d'oxygène et ne brûlent plus les graisses qui s'accumulent. « Tous les processus qui provoquent ou favorisent une déficience d'oxygène doivent être pris en considération pour expliquer l'apparition d'une dégénérescence graisseuse centrolobulaire »

(RÖSSLE, 1907). Il est probable qu'une partie des dégénérescences graisseuses observées dans les cirrhoses du foie soit la conséquence de ce mécanisme; nous ne devons pas oublier en effet que le sang porte est du sang veineux, relativement pauvre en oxygène, et que tout remaniement pathologique de la structure hépatique entraîne un trouble circulatoire plus ou moins marqué, favorisant l'anoxémie locale. Tous les poisons qui entravent les phénomènes d'oxydation, comme le phosphore, l'arsenic, le chloroforme, l'oxyde de carbone, provoquent au niveau du foie l'apparition de lésions semblables, avec ou sans nécroses, ce qui confirme les faits établis par les expériences de ROSIN, CAMPBELL, LUFT et d'autres. Il est rare que l'on rencontre chez l'homme des anoxémies directes graves, mortelles, par insuffisance d'oxygène dans l'air inspiré, les intoxications à l'oxyde de carbone étant mises à part. Une maladie du poumon, la tuberculose pulmonaire, serait capable d'amener progressivement un état hypoxémique, lorsqu'une grande partie de la surface respiratoire est détruite. Ici interviennent des phénomènes de compensation et de plus des phénomènes de stase veineuse au niveau du foie avec dégénérescence graisseuse dans la périphérie des lobules, ce qui complique l'appréciation des images rencontrées. Dans certains cas toutefois, tout particulièrement lorsqu'un pneumothorax spontané complique de façon plus ou moins aiguë l'évolution d'une tuberculose pulmonaire chronique, on peut observer, en dehors de tout trouble circulatoire au niveau du foie une dégénérescence graisseuse et des foyers de nécroses que l'on ne peut expliquer autrement que par l'intervention d'une anoxémie grave (2 observations personnelles de matériel de Davos).

Le foie n'est pas le seul organe atteint par une déficience d'oxygène. Ainsi que l'ont montré déjà les expériences de PAUL BERT et toutes les recherches physiologiques dont nous avons sommairement fait mention, l'appareil circulatoire est toujours atteint; le myocarde présente en particulier des lésions fort remarquables, d'autant plus intéressantes qu'elles concordent également avec des modifications qui sont bien connues en pathologie humaine. Le cœur augmente de volume et subit une hypertrophie assez considérable au cours de l'accoutumance à la dépression barométrique : les expériences de LINTZEL et RADEFF ont montré que chez de jeunes rats le poids du cœur peut augmenter de

30—40 %; VAN LIERE obtint chez des cobayes après un séjour de 105 jours dans une atmosphère maintenue à une tension d'oxygène de 10,5—12,25 % une augmentation du poids du cœur pouvant atteindre 150 % ! Beaucoup plus importantes du point de vue de l'anoxémie sont les modifications histologiques des fibres myocardiques : LEWINSTEIN, VON SCHRÖTTER et CAMPBELL avaient déjà attiré l'attention sur la dégénérescence graisseuse du myocarde; M^{lle} ROSIN a retrouvé cette lésion chez tous les animaux soumis à une dépression barométrique; souvent même elle précède les modifications hépatiques. C'est aux élèves de BÜCHNER, à LUFT en particulier, que l'on doit une étude approfondie des lésions cardiaques au cours de l'anoxémie. Il s'agit ici, tout comme dans le foie, de nécroses, de lésions irréversibles, atteignant en particulier les muscles papillaires et la pointe du ventricule gauche, de même que la portion gauche du septum interventriculaire. Ces nécroses sont caractérisées par une fonte progressive du myoplasme avec formation de blocs hyalins et vitreux; elles sont généralement suivies d'une réaction leucocytaire plus ou moins intense et d'une prolifération fibroblastique. Des lésions exactement superposables, offrant non seulement la même image histologique mais aussi la même localisation, ont été observées par CHRIST dans l'intoxication expérimentale à l'oxyde de carbone. On les retrouve aussi chez des animaux anémisés ou non, soumis à un effort musculaire considérable, chez lesquels se produit une déficience aiguë de la circulation des artères coronaires (BÜCHNER, VON LUCADOU), ce que l'on nomme en clinique une crise d'angine de poitrine. Les recherches de l'école de BÜCHNER se basent sur les expériences du physiologiste REIN sur la physiologie de la circulation coronaire. REIN a montré que le cœur, comme tout autre organe, règle sa circulation propre selon le travail qu'il fournit : la circulation coronaire augmente d'intensité au moment d'un effort, elle diminue au repos. Une insuffisance coronaire se produira donc dès que le muscle cardiaque ne sera pas vascularisé dans la mesure de ses besoins, c'est-à-dire lorsqu'il se produit, par défaut circulatoire, une anoxémie momentanée du myocarde. Ceci peut provoquer une crise d'insuffisance coronaire, comme l'ont admis en 1928 déjà KUFER et RESNIK et comme l'ont prouvé expérimentalement S. DIETRICH et SCHWIEGK chez le chien. Ces auteurs ont étudié au cours d'une déficience d'oxygène réglable

les modifications apportées à l'électrocardiogramme, c'est-à-dire à la courbe enregistrant le courant d'action du cœur. Ils ont pu montrer que l'onde T de l'électrocardiogramme, habituellement positive, tend à devenir négative; le complexe ST devient progressivement aplati et finalement négatif; si l'hypoxémie augmente, on observe tout comme dans la crise aiguë d'angine de poitrine chez l'homme, suivie d'infarctus du myocarde, un électrocardiogramme dans lequel le complexe ST quitte l'onde R beaucoup plus haut que normalement. Des observations identiques furent faites chez des sujets soumis à une dépression barométrique expérimentale dans une chambre pneumatique. BÜCHNER confirma ces données et montra que chez des lapins anémisés et soumis à un effort musculaire assez considérable, l'électrocardiogramme présente des modifications semblables : le substratum anatomique de ces troubles de la conductibilité cardiaque consiste en des nécroses multiples, identiques à celles décrites précédemment. Les expériences de CHRIST avec l'oxyde de carbone, donc dans des conditions d'hypoxémie absolue, ont montré, comme nous venons de le voir, non seulement des lésions nécrotiques du même ordre, mais aussi une modification exactement superposable de l'électrocardiogramme avec négativisme de l'onde ST.

Les images rencontrées chez l'homme dans les cas d'anoxémie générale grave, comme certaines anémies graves (OPITZ), dans les intoxications à l'oxyde de carbone, aux gaz nitreux offrent une similitude remarquable avec ces nécroses disséminées des expériences que nous venons de citer. On les retrouve également — et ceci est important pour expliquer la pathogénèse de l'angine de poitrine chez l'homme — dans une bonne part des cas d'insuffisance coronaire qui sont, anatomiquement, la conséquence d'une artériosclérose sténosante des artères coronaires ou d'une mésoartite syphilitique avec sténose progressive de l'origine coronaire, sans qu'existe pour cela une anoxémie générale proprement dite. Toute lésion coronaire sténosante entraîne une gêne circulatoire, ce qui revient à dire que le système artériel n'est plus capable, lorsqu'il le faut, de faire circuler au niveau du myocarde plus d'une certaine masse sanguine. Si dans un cas semblable le cœur est obligé par la suite d'un effort musculaire, d'une émotion subite, de fournir brusquement un travail plus considérable que normalement, on peut observer le déclenchement d'une crise d'an-

gine de poitrine, d'une angine d'effort, dont le corollaire anatomique est représenté par la nécrose disséminée du myocarde, nécrose hypoxémique, offrant, comme l'a démontré BÜCHNER, la même répartition que chez les animaux soumis à une dépression barométrique. La crise d'angine de poitrine est donc une crise d'anoxémie du muscle cardiaque; on peut d'une part la provoquer à volonté chez des malades souffrant d'artériosclérose coronaire si on les fait respirer des mélanges gazeux pauvres en oxygène (DIETRICH et SCHWIEGK); et d'autre part nous savons depuis les expériences de BÜCHNER et de VON LOUCADOU qu'un effort musculaire violent suffit, chez des animaux anémisés, pour déclencher l'image électrocardiographique de l'angine d'effort et la lésion anatomique caractérisée par les nécroses du myocarde.

Comme le relève BÜCHNER, dans une conférence faite l'an dernier à la société des médecins de Davos, ces faits donnent à penser, à une époque surtout où les records sportifs sont à l'ordre du jour et où plus que jamais on cherche à faire rendre à la « machine humaine » le maximum d'effort. L'anatomo-pathologiste n'a pas eu l'occasion, à ma connaissance du moins, d'observer jusqu'ici des nécroses du myocarde chez des individus morts à la suite de travail musculaire exagéré; ce que l'on sait toutefois des modifications de l'électrocardiogramme et des fonctions cardiaques chez des sportifs (REINDELL, JOCKL), nous fait penser que des lésions d'anoxémie sont imminentes. Nous ne pouvons que nous associer à BÜCHNER lorsqu'il dit: « Bien que nous comprenions les plaisirs du sport et que nous encourageons le redressement sportif de la jeunesse, nous devons comme médecins placer l'idéal à atteindre non pas dans le record mais dans un travail sportif de bonne moyenne, si nous voulons éviter des lésions cardiaques qui souvent ne se manifestent que plus tard dans la vie. »

Ce que l'on sait des cas de collapsus sportif, comme on peut les observer chez les coureurs cyclistes ou dans l'épreuve olympique du Marathon, met en valeur l'importance d'un autre facteur encore, celui de l'hypoglycémie, c'est-à-dire de l'abaissement du taux du sucre sanguin. Si l'on pratique chez un animal un choc insulinique qui provoque une hypoglycémie aiguë, on observe à l'électrocardiogramme les mêmes modifications de l'onde ST indiquant une déficience de la circulation coronaire, le myocarde présente les mêmes nécroses disséminées d'ordre anoxémique

(MEESSEN). Il est possible qu'il s'agisse ici d'un résultat de la diminution de la masse sanguine circulante; on pourrait expliquer l'apparition d'une telle modification aussi par la mise en liberté de substances intermédiaires du métabolisme des hydrates de carbone et des albumines, par suite de la diminution des combustions intracellulaires. L'administration de tels produits intermédiaires de la désintégration des albumines, comme *l'histamine*, amène également chez l'animal un collapsus grave dont les répercussions sur l'état anatomique des organes furent particulièrement étudiées ces dernières années. Les recherches de RÜHL, d'EPPINGER et de son école, celles de HEINLEIN, ont précisé les lésions provoquées par l'histamine au niveau des vaisseaux et des parenchymes; nous ne les envisagerons que dans la mesure de leurs relations avec celles de l'anoxémie. L'électrocardiogramme montre au cours du choc à l'histamine des modifications identiques à celles décrites jusqu'ici dans l'anoxémie. Ici aussi le myocarde présente des nécroses disséminées à répartition systématisée. Cette constatation est d'importance pour la question clinique de l'état que l'on nomme collapsus, caractérisé par une inégalité dans la répartition de la masse sanguine qui remplit pour ainsi dire les dépôts périphériques. Ceci a pour effet une anoxémie passagère de la centrale régulatrice de la circulation, c'est-à-dire du cœur, avec ses conséquences; celles-ci de leur côté compliquent encore les conditions circulatoires par suite de la déficience myocardique, de sorte qu'une catastrophe circulatoire est imminente ou du moins peut intervenir après un délai plus ou moins long, selon l'état du myocarde. Ce que l'on nomme chez le lapin le collapsus orthostatique n'est que la reproduction expérimentale d'un état semblable : si l'on maintient un lapin debout pendant 20 à 60 minutes, il peut présenter un collapsus grave, au cours duquel on enregistre des troubles électrocardiographiques surperposables à ceux mentionnés tout à l'heure: le sang ici s'accumule dans le territoire splanchnique; le cœur fonctionnant en anoxémie relative présente une vingtaine d'heures après la fin de l'expérience des nécroses caractéristiques. On retrouve dans ces cas les mêmes nécroses du foie, atteignant les régions centrolobulaires, que nous avons étudiées tout à l'heure; ces nécroses sont parfois fort importantes, surtout si l'on répète l'expérience et l'on peut, après quelques semaines, rencontrer même des images de pseudocirrhose

hépatique (MEESSEN). On se trouve donc ici en présence d'une lésion anoxémique reposant uniquement sur un phénomène de dysfonction circulatoire, dépendant en particulier d'une inégalité dans la répartition de la masse sanguine. Le fait que l'on rencontre au niveau des artérioles, dans le cœur surtout, des foyers de tuméfaction du tissu conjonctif accompagnés de dégénérescence fibrinoïde des parois vasculaires au cours du simple collapsus orthostatique, donc sans l'intervention d'une substance vasoactive quelconque, parle en faveur de l'hypothèse formulée par BÜCHNER que la perméabilité vasculaire est réglée par des facteurs dynamiques de la circulation. Il est de fait que l'on trouve souvent au cours de troubles anoxémiques des modifications importantes de la perméabilité vasculaire : les troubles du métabolisme tissulaire sont en relation inéluctable avec des modifications de la circulation capillaire. Il est naturellement possible que certaines substances du métabolisme intermédiaire de l'albumine, certains acides aminés par exemple, ne soient pas suffisamment oxydés au niveau des tissus lorsqu'intervient une anoxémie locale; on pourrait s'expliquer de cette façon aussi l'apparition d'œdèmes péricapillaires et de tuméfactions conjonctives semblables à celles observés par EPPINGER dans les intoxications expérimentales à l'allylamine et à l'histamine de même que dans les autointoxications intestinales ou dans les brûlures graves (ZINCK, WERTHEMANN et ses collaborateurs).

Il ressort des travaux de P. HOLTZ et de ses élèves, sur les conditions dans lesquelles l'histamine apparaît au niveau des tissus, que la transformation de l'acide aminé, l'histidine, en son amine, l'histamine, s'effectue plus facilement en anaérobiose, donc sans oxygène. Si l'on se rappelle que c'est au niveau du foie et des reins que cette transformation se produit, on est tenté d'établir une relation entre les lésions décelées dans ces organes au cours de l'anoxémie avec la mise en liberté d'histamine. Tous les processus pathologiques qui provoquent un déficit de circulation, et par conséquent un déficit d'oxygène des tissus, peuvent avoir pour conséquence une production exagérée d'histamine, qui, de son côté, exagère encore les lésions tissulaires. Cette hypothèse est étayée de plus par le fait que le ferment qui neutralise normalement dans ces tissus l'action de l'histamine, l'histaminase, est inactivé lors d'un déficit d'oxygène (P. HOLTZ).

A côté du foie et du cœur, c'est au niveau du système nerveux central que l'on observe les modifications les plus importantes au cours de l'hypoxémie. Les résultats expérimentaux concordent ici également avec la pathologie humaine. Il était logique que l'on recherche si les centres nerveux ne sont pas plus ou moins sévèrement atteints par des lésions anatomiques, car l'on sait qu'au cours d'ascensions même banales peuvent survenir chez des individus particulièrement labiles des symptômes psychiques et somatiques souvent fort remarquables. Les animaux soumis à de fortes dépressions barométriques présentent également des symptômes cérébraux qu'avait déjà notés PAUL BERT au cours de ses recherches : ils meurent souvent après une série de crampes et de crises tétaniformes; on peut aussi observer certaines formes d'ataxie et une apathie progressive. Si l'on examine en coupes histologiques le cerveau de ces animaux, comme le firent BÜCHNER et LUFT, chez des cobayes soumis en chambre pneumatique et progressivement au cours d'une semaine à une dépression barométrique variant de 400 mm Hg (environ 5100 m) à 220 mm Hg (9000 m), on peut observer des dégénérescences symétriques des cellules ganglionnaires. Ces lésions sont constantes même chez des animaux que l'on a peu à peu habitués à l'air raréfié et qui succombent après qu'on les ait remis dans des conditions normales. Il s'agit d'une lésion grave, irréversible, des cellules nerveuses, une dégénérescence que l'on nomme depuis NISSL rétraction simple, dégénérescence ischémique des cellules ganglionnaires : la cellule se rétracte, elle devient peu à peu anguleuse, le cytoplasme et sa substance tigroïde dégénèrent et les corps de NISSL se désagrègent en poussière qui infiltre les dendrites devenus trapus et rigides. On rencontre ces groupes de cellules dégénérées répartis dans certains noyaux du plancher et du toit du IV^{me} ventricule, en particulier dans les noyaux moteurs, dans la moëlle allongée et dans le cervelet où les cellules de Purkinje montrent un noyau homogène et une tigroïde poussiéreuse. Il semble donc que ce soient surtout les groupes cellulaires régulateurs de la circulation et de la respiration qui dégénèrent, après avoir été particulièrement mis à contribution par suite des troubles circulatoires et respiratoires. BÜCHNER envisage ce phénomène comme une confirmation du fait que l'influence délétère générale de l'hypoxémie est aggravée encore par une surcharge fonctionnelle. LUFT a pu démontrer l'an

dernier que ces dégénérescences ganglionnaires sont plus graves chez de jeunes animaux qui ne présentent aucune modification anoxémique du myocarde et qui supportent la dépression barométrique avec moins de symptômes objectifs que de vieux animaux. Il est intéressant aussi de relever un point qu'ont particulièrement mis en évidence des recherches de HOPPE, un autre élève de BÜCHNER : il tenta de localiser ces lésions dégénératives aux groupes de cellules nerveuses des noyaux de la base en pratiquant entre deux courts séjours dans un air raréfié une ligature uni- ou bilatérale de l'artère carotide interne. Le résultat fut négatif, c'est-à-dire que chez ces animaux opérés les lésions obtenues n'ont été ni plus étendues ni plus graves que dans les expériences de contrôle. Ceci démontre nettement le rôle joué par l'hypoxémie générale : le manque d'oxygène à lui seul est capable de provoquer l'apparition de lésions graves du système nerveux central. Ces lésions ne dépendent pas de la déshydratation que l'organisme subit de façon plus ou moins prononcée au cours de la dépression barométrique, car on les retrouve si l'on fait respirer aux animaux d'expérience, à pression barométrique normale, des mélanges gazeux dont la teneur en oxygène est équivalente à celle de l'air inspiré dans les expériences en chambre pneumatique citées tout à l'heure : les animaux meurent dans ces conditions après avoir présenté les mêmes symptômes convulsifs; ici aussi les centres végétatifs du IV^{me} ventricule nécessaires à la vie sont atteints de lésions dégénératives symétriques.¹ Dans toutes ces expériences, ces lésions diminuent d'intensité au niveau des noyaux centraux et font défaut dans l'encéphale. Il est intéressant de rapprocher cette répartition avec celle de l'acide lactique; l'on sait non seulement que la teneur de la substance nerveuse en acide lactique

¹ On peut constater chez des animaux soumis à une inanition progressive des lésions ganglionnaires superposables, à localisation presque identique. On pourrait penser que l'inanition seule soit responsable des dégénérescences en question, car il est un fait d'observation courante qu'à basse pression barométrique, les animaux ne prennent aucune nourriture et qu'ils perdent rapidement de poids. DELLAPORTA a pu montrer toutefois dans un travail qui n'est pas encore publié qu'au cours d'une hypoxémie, les lésions ganglionnaires apparaissent plus rapidement et sont infiniment plus graves que celles provoquées par l'inanition seulement. (Je dois la communication de ces recherches à l'amabilité du Prof. Dr. F. BÜCHNER, auquel j'exprime mes meilleurs remerciements.)

s'élève au cours de l'hypoxémie (McGINTY et GESELL), mais les recherches de HALDI, WARD et WOO ont montré que la concentration d'acide lactique est le plus faible au niveau de l'écorce cérébrale, augmente légèrement dans les noyaux du mésencéphale pour atteindre un maximum dans la moëlle allongée.

Si l'on cherche dans la pathologie humaine l'équivalent des lésions que nous venons de décrire, la première idée qui saute à l'esprit est sans doute celle d'un rapprochement avec la dégénérescence symétrique du noyau lenticulaire, plus spécialement du globus pallidus, rencontrée après intoxication subaiguë à l'oxyde de carbone. Tout comme les nécroses du myocarde, ces lésions de l'intoxication à l'oxyde de carbone peuvent être considérées comme le résultat d'une anoxémie grave; nous ignorons toutefois pourquoi elles se localisent toujours au niveau du pallidum. On doit admettre que cette région est particulièrement sensible et qu'elle souffre électivement lorsque pour une raison quelconque l'apport d'oxygène est insuffisant. Il est frappant, en effet, que c'est dans cette région du cerveau également que l'on peut trouver dans des anémies graves des lésions dégénératives symétriques, comme le font penser les observations de OVERHOF dans un cas d'anémie grave par ulcère gastrique et celles de SCHERER dans des cas d'anémies secondaires. On pourrait se demander également, comme le fait BÜCHNER, si la myélite funiculaire de l'anémie pernicieuse n'est pas, elle aussi, en rapport avec une insuffisance d'oxygène du sang. L'importance d'une telle insuffisance, d'une hypoxémie, en pathologie humaine est mise en valeur par d'autres observations encore : WUSTMANN et HALLERVORDEN ont trouvé au niveau du système nerveux central de malades ayant survécu quelques heures à une embolectomie pulmonaire (opération de Trendelenburg) et chez lesquels le cœur avait cessé de battre pendant 6 minutes, des lésions ischémiques des cellules ganglionnaires, avec rétraction et condensation nucléaire et dégénérescence de la substance tigroïde, lésions identiques à celles observées après dépression barométrique chez les animaux. La répartition toutefois n'est pas la même, ce sont les cellules ganglionnaires de l'écorce cérébrale et les cellules de Purkinje du cervelet qui dégénèrent surtout dans ces cas, alors que chez les animaux c'est la moëlle allongée qui est atteinte de préférence, comme nous l'avons vu. Ceci dépend probablement du mécanisme de

l'anoxémie qui est fort différent; au moment, en effet, où une embolie obture l'artère pulmonaire, le cœur s'arrête de battre et le cerveau est brusquement privé de toute circulation, donc de tout apport d'oxygène. Chez les animaux soumis à une dépression barométrique, par contre, le manque d'oxygène est général et entraîne des modifications tout particulièrement au niveau des centres végétatifs qui fonctionnent jusqu'aux dernières minutes de la vie. Une comparaison n'est donc possible qu'en ce qui concerne la lésion cellulaire et son mécanisme.

On pourrait se demander de plus, en recherchant des analogies dans la pathologie humaine, si les petits foyers de ramollissement du cerveau que l'on rencontre souvent de façon disséminée dans les cas d'hypertension artérielle, en particulier au niveau des noyaux centraux et du pont de Varole, ne relèvent pas eux aussi d'une hypoxémie partielle. Ces foyers de dégénérescence sont bien connus depuis les recherches systématiques de RÜHL, de K. WOLFF, les recherches récentes de WIRTZ et d'autres, et sont considérés comme les lésions primitives qui peuvent se cumuler et conduire à une apoplexie cérébrale. On trouve en effet ces lésions localisées de préférence là où se produit en général la grande hémorragie cérébrale courante, au niveau des noyaux centraux, et elles correspondent aux petites attaques si fréquentes chez les hypertendus. Depuis WESTPHAL, la clinique parle dans ces cas d'angiospasmes et d'ictus angiospastiques : l'anatomiste trouve généralement des vaisseaux perméables mais plus ou moins modifiés, souvent artérioscléreux et l'on est en droit d'admettre avec BÜCHNER que ces dégénérescences de la substance cérébrale sont le résultat d'une hypoxémie locale, provoquée par une circulation devenue insuffisante du fait de la lésion des vaisseaux nourriciers. BÜCHNER a émis également l'hypothèse que les troubles nerveux, les petites attaques apoplectiformes rencontrées au cours de l'insuffisance aortique puissent s'expliquer par une hypoxémie des centres nerveux, rendue possible par les conditions circulatoires spéciales et l'abaissement souvent considérable de la pression diastolique dans cette forme de l'insuffisance cardiaque.

En dehors des recherches sur le métabolisme de l'acide lactique au niveau du cerveau, nous ne savons que fort peu de choses, nous l'avons vu, sur la mise en liberté de produits intermédiaires du métabolisme des albumines ou des hydrates de car-

bone dans les tissus au cours de l'anoxémie. Le fait qu'au cours du manque d'oxygène la réaction du sang, son équilibre acide/base en particulier, subit des modifications plus ou moins importantes, pourrait faire songer que des substances insuffisamment oxydées puissent s'accumuler et agir directement sur la perméabilité vasculaire d'une part, sur le protoplasme lui-même d'autre part. Il est de fait que l'on rencontre au niveau des reins d'animaux soumis un certain temps à une dépression barométrique des nécroses plus ou moins étendues ou massives dans les tubes contournés : elles peuvent représenter le résultat d'une hyperfonction dans des conditions d'oxygénation insuffisante. Comme le prouvent une foule d'expériences (voir Löwy), la fonction rénale est modifiée au cours de l'anoxémie, le rein s'efforçant de contrebalancer l'acidose imminente de l'organisme. Il est possible également qu'une lésion protoplasmique directe par accumulation de produits toxiques puisse intervenir ici; nous n'avons jusqu'ici aucune confirmation de cette hypothèse. Nous savons seulement que les lésions provoquées par l'histamine au niveau du cœur et du foie offrent une grande ressemblance avec celles observées dans d'autres états de collapsus d'une part, comme le collapsus orthostatique, et celles que l'on rencontre dans les états anoxémiques. Ces faits donnent à penser et démontrent tout particulièrement peut-être l'importance qu'il convient d'attribuer aux facteurs circulatoires, à la circulation capillaire. Nous sommes encore fort mal orientés en anatomie pathologique sur les modifications des vaisseaux capillaires, car la plupart des états pathologiques de ces vaisseaux ne se manifestent que par des lésions fonctionnelles sans images pathologiques déterminées ou décelables.

Il convient de se rappeler pour terminer cet exposé des lésions observées dans les états anoxémiques que les organes hématopoïétiques, la moëlle osseuse en particulier, subissent dans ces conditions, aussi bien chez les animaux que chez l'homme, une excitation remarquable. On constate non seulement dans le sang circulant l'apparition de globules rouges jeunes, de réticulocytes, parfois même de normoblastes, mais la moëlle elle-même réagit : elle montre une augmentation notable de foyers d'érythropoïèse (BALÓ, SHIBUYA, VON ZALKA) avec de nombreux globules rouges jeunes. Cette érythropoïèse intense correspond à l'augmentation du nombre des globules rouges que l'on constate toujours aux

hautes altitudes et à l'érythropoïèse particulièrement accentuée chez les habitants de régions élevées; même à l'altitude de 1500 m déjà on constate une hyperplasie médullaire presque constante ainsi que j'ai pu m'en rendre compte dans la plupart des autopsies pratiquées à Davos ou en Engadine. Ces modifications sont l'expression d'un phénomène de compensation physiologique d'une part, ils résultent probablement aussi de l'excitation du système nerveux sympathique qui règle l'hématopoïèse, comme l'ont fait entrevoir les recherches toutes récentes de SOMOGYI et de MORIKAWA. Nous ignorons encore la valeur qu'il faut attribuer à la leucopénie observée dans des conditions d'hypoxémie même minimes et si elle doit être mise en relation avec la phagocytose exagérée de corps leucocytaires par les mégacaryocytes, comme l'a relevé BALÓ. On pourrait peut-être envisager ce phénomène de phagocytose intense comme le résultat d'une hyperfonction des mégacaryocytes, ce qui fournirait aussi une explication pour l'élévation du nombre des plaquettes sanguines que l'on observe au cours de la dépression barométrique. On sait aussi depuis longtemps que le sang coagule plus rapidement à l'altitude qu'en plaine, fait remarquable si l'on se rappelle les relations existant entre la coagulation du sang et les plaquettes sanguines; il est possible aussi que la lipémie qui s'établit au cours de l'hypoxémie puisse représenter un facteur adjuvant de la coagulation.

Nous avons relevé au début de cette étude que la question de l'anoxémie était devenue un problème actuel, dont la valeur et la portée fut reconnue surtout par des physiologistes. Nous nous sommes efforcés de montrer que l'importance du problème dépasse de beaucoup les limites de la physiologie et que l'on peut faire entrer l'anoxémie dans le cadre des phénomènes qui intéressent aussi bien le clinicien que l'anatomo-pathologiste. La collaboration des diverses disciplines de la science médicale ou plus généralement des sciences biologiques s'est montrée ici aussi, comme pour beaucoup de questions médicales, de la plus grande valeur; c'est à elle que nous sommes redevables des résultats acquis, c'est cette collaboration entre cliniciens, physiologistes, chimistes et pathologistes qui nous a permis d'envisager ici sous le même angle toute une série de problèmes à première vue indépendants. Il s'agit en d'autres termes d'un travail de synthèse dont il convient de souligner la valeur au sein d'une assemblée

qui groupe des représentants de toutes les sciences naturelles; car, comme l'a dit fort justement un savant français du début de ce siècle: « toutes les branches de la connaissance humaine se réunissent en un tronc commun; elles exercent les unes sur les autres la plus active influence et concourent à se perfectionner mutuellement ».

Littérature

- ASZTALOS, F., H. ELIAS und H. KAUNITZ : Blutbild bei Sauerstoffmangel. Wien. klin. Wschr. 1932, I, 397—398.
- BALÓ, J. : Die Wirkung der Luftverdünnung auf das Blut und die blutbildenden Organe. Z. exp. Med., 59, H. 3/4, 303 (1928).
- BERNHARD, E. : Experimenteller Beitrag zur Frage des Spättodes bei Verbrennungen. Z. exp. Med., 98, 278 (1936).
- BERT, PAUL : La pression barométrique. Masson & C°. Paris 1878.
- BINET, L., STRUMZA, M. V., et ORDONEZ, J. H. : Modifications de l'électrocardiogramme au cours de l'anoxémie aiguë chez le chien. C. r. Soc. Biol. Paris, 21 mai 1937.
- BÜCHNER, F. : Die Rolle des Herzmuskels bei der Angina pectoris. Beitr. path. Anat. 89, 644 (1932).
- Das morphologische Substrat der Angina pectoris im Tierexperiment. Beitr. path. Anat. 92, 311 (1933).
 - Herzmuskelschädigungen durch Coronarinsuffizienz. Klinik d. Erkrankungen d. Herzmuskels, X. Fortbildungslehrgang Bad Nauheim (Sept. 1934).
 - Zur Pathologie der Koronardurchblutung. Verhd. d. Dtsch. Ges. f. Kreislaufforschung, VII. Tagung 1934.
 - und v. LUCADOU, W. : Elektrokardiographische Veränderungen und disseminierte Nekrosen des Herzmuskels bei experimenteller Coronarinsuffizienz. Beitr. path. Anat., 93, 169 (1934).
 - Die pathogenetische Bedeutung der Hypoxaemie. Klin. Wschr., Jg. 16, Nr. 41, 1409 (1937).
 - und LUFT, U. C. : Hypoxaemische Veränderungen des Zentralnervensystems im Experiment. Beitr. path. Anat. 96, 549 (1935/36).
- CAMPBELL : Brit. Journ. Pathol. 8 (1927).
- MCCANCE, R. A. : The effect of sudden severe anoxemia on the function of the human kidney. Lancet 1935, II, 370—372.
- CHRIST, C. : Experimentelle Kohlenoxydvergiftung, Herzmuskelnekrosen und Elektrokardiogramm. Beitr. path. Anat. 94, 111 (1934).
- DIETRICH, S., und SCHWIEGK, H. : Angina pectoris und Anoxie des Herzmuskels. Z. klin. Med. 125, 195—242 (1933).
- EPPINGER, H., KAUNITZ, H., und POPPER, H. : Die seröse Entzündung. Julius Springer, Wien 1935.
- MCGINTY, D. A., and GESELL, R. : On the chemical regulation of respiration Amer. Journ. Physiol. 75, 70—83 (1926).

- GOLLWITZER-MEIER, K. : Über den Einfluss des Sauerstoffmangels auf die Kreislaufperipherie. *Zbl. inn. Med.*, 1930, 271—275.
- GOVALEWSKI, G. : Anoxaemie und Zentralnervensystem. *Z. Neur.* 158, 83 (1937).
- HALDI, J. A., WARD, H. P., and WOO, L. : Differential metabolism in brain tissue as indicated by lactic acid determinations. *Amer. Journ. Physiol.* 83 (1928).
- HEINLEIN, H. : Chronische Histaminvergiftung und Entzündung. *Virchows Arch.* 296, 448 (1935).
- HERBST, R., und MANIGOLD, K. : Das Verhalten von Kreislauf und Atmung bei Sauerstoffmangel. *Arb. Physiol.* 9, 166—181 (1936).
- HOLTZ, P., und HEISE, R. : Über Histaminbildung im Organismus. *Arch. f. exper. Pathol.* 186, 377 (1937).
- HOPPE, H. J. : Über den Einfluss der Carotisunterbindung auf die hypoxaemische Schädigung des Gehirns. *Beitr. path. Anat.* 101, 14 (1938).
- IMAI, H. : Über den Einfluss von Adrenalin und einigen anderen Substanzen auf die blutbildende Funktion des Knochenmarkes. *Fol. endocrin. jap.* 12, H. 7, 47 (1938).
- JOCKI, C. : Zusammenbrüche beim Sport. Manz, Wien 1936.
- KEEFER, Ch. S., und RESNIK, W. H. : Angina pectoris. A syndrome caused by anoxemia of the myokardium. *Arch. of int. Med.* 41, Nr. 6, 769—807 (1928).
- KNIPPING, H. W. : Über die Anoxaemie. *Klin. Wschr.* 1934 I, 721—725.
- LEWINSTEIN : Pflügers Arch. 65 (1896).
- VAN LIERE, E. J. : Wirkung der länger dauernden Anoxämie auf Herz und Milz beim Säugetier. *Amer. J. Physiol.* 116, 290 (1936).
- PARKER, H. S., CRISLER, G. R., und HALL, J. E. : Die Wirkung der Anoxaemie auf die Harnsekretion beim Hund. *Proc. Soc. exper Biol. a. med.* 33, 479 (1935).
- LOEWY, A. : Über Beziehungen der Höhlenklimafaktoren zur Pathologie. *Dtsch. med. Wschr.* 1927, Nr. 1, 4—7.
- Physiologie des Höhenklimas. Julius Springer, Berlin 1932.
- Wirkung der Hyperaemie auf die Folgen der Luftverdünnung an Leber und Nieren. *Virchows Arch.* 294, 702 (1935).
- LUFT, U. C. : Irreversible Organveränderungen durch Hypoxaemie im Unterdruck. *Beitr. path. Anat.* 98, 323 (1937).
- Irreversible hypoxaemische Organveränderungen bei alten und jungen Tieren im Unterdruck. *Beitr. path. Anat.* 99, 351 (1937).
- Das morphologische Bild hypoxaemischer Organveränderungen. *Luftf. Med.* 2, 231—238 (1938).
- MALOWAN, L. S. : Einfluss des Sauerstoffmangels auf den Lipasegehalt von Blut und Leber. *Z. exper. Med.*, 88, 579 (1933).
- MARCZEWSKI, S. : Untersuchungen über den Einfluss einer kurzdauernden Wirkung niedrigen atmosphärischen Druckes auf den Organismus. *Lek. Wojsk.* 28, 193 (1936).

- MEESSEN, H. : Über Coronarinsuffizienz nach Histaminkollaps und nach orthostatischem Kollaps. *Beitr. path. Anat.* 99, 329 (1937).
- Weitere experimentelle Untersuchungen zum Kollapsproblem. *Verhandl. Dtsch. Ges. Kreislaufforschung*. 11. Tagung, 275 (1938).
- MORIKAWA, K. : Über die autonome Innervation der Knochenmarkshaematopoese. *Mit. med. Ges. Tokio*, 52, 95 (1938).
- OVERHHOF, K. : Über das Vorkommen symmetrischer Gehirnerweichungsherde bei sekundärer Blutarmut. *Virchows Arch.* 287, 784 (1933).
- ROESSLE, R. : Über die Lokalisation des Fettes in der Leber. *Verh. Dtsch. path. Ges.* 11. Tagung, Dresden, 17 (1907).
- ROSIN, A. : Leberschädigungen durch Anoxaemie. *Acta Davosiana*, Jg. 5, Nr. 16, 13 (1937).
- Morphologische Organveränderungen beim Leben unter Luftverdünnung. I. *Beitr. path. Anat.* 76, 153 (1926).
- Morphologische Organveränderungen beim Leben unter Luftverdünnung. II. *Beitr. path. Anat.* 80, 622 (1928).
- ROTTER, W. : Über hypoxaemische Veränderungen des Zentralnervensystems unter Sauerstoffmangelatmung bei normalem Luftdruck. *Beitr. path. Anat.* 101, 23 (1938).
- RÜHL, A. : Atherosklerotische Gefässruptur oder Spasmus als Ursache der apoplektischen Gehirnblutung. *Beitr. path. Anat.* 78, 160 (1927).
- SHIBUYA, K. : Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten des tierischen Knochenmarkes bei Luftverdünnung. *Z. exper. Med.* 63, 353 (1928).
- SOMOGYI, J. C. : Experimentelle Beiträge über die Rolle des sympathischen Nervensystems bei der Blutbildung. *Z. Biol.* 98, 464 (1938).
- SCHERER, E. : Symmetrische Erweichungsherde im Globus pallidus bei sekundärer Anaemie. *Z. Neur.* 150, 632 (1934).
- SCHRÖTTER, H., v. : *Verhandl. Dtsch. path. Ges.* 1902.
- ULRICH, H. : Organverfettungen bei Sauerstoffmangel und Hunger. *Frankf. Z. Path.* 52, 80 (1938).
- WERTHEMANN, A., und RÖSSIGER, W. : Über gewebliche Veränderungen bei wiederholten mehrzeitigen Verbrennungen der Haut der weissen Maus. *Z. exper. Med.*, 76, 631 (1930).
- WESTPHAL : Über die Spontanblutungen des Gehirns. *Verhandl. Dtsch. path. Ges.*, 29. Tagung, 55 (1936).
- WIRTZ, H. : Die disseminierten Erweichungsherde des Hypertonikergehirns und ihre pathogenetische Bedeutung für die grosse Hochdruckblutung. *Beitr. path. Anat.* 97, 219 (1936).
- WOLFF, K. : Untersuchungen und Bemerkungen zur Lehre von der hypertonen apoplektischen Hirnblutung. *Virchows Arch.* 299, 573 (1937).
- WUSTMANN, O., und HALLERVORDEN : Beobachtungen bei Trendelenburgschen Embolieoperationen. *Dtsch. Z. f. Chir.*, 245, 472 (1935).
- ZALKA, E., v. : Blutkörperchenzahl und Organveränderungen nach Luftverdünnung und das reticuloendotheliale System. *Z. exper. Med.*, 76, 120 (1931).
- ZINCK, K. H. : Pathologische Histologie des Kreislaufs nach Verbrennungen. *Verhandl. Dtsch. Ges. Kreislaufforschung*, 11. Tagung, 263 (1938).