

MITTEILUNGEN DER
NATURWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT THUN

1932–38

HEFT 4

AUSGEGEBEN MÄRZ 1939

KOMMISSIONSVERLAG W. KREBSER & CO. . THUN 1939

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Chronik und Personelles	5
Fahrni C., Architekt S. I. A., Thun: Der Bau des Observatoriums auf der Sphinx, Punkt 3571.85 Jungfrauoch	21
Bider M., Dr. phil., Basel: Die meteorologischen Verhältnisse während des internationalen Segelfluglagers auf Jungfrauoch	43
Beck P., Dr. phil., Thun: Zur Geologie und Klimatologie des schweizerischen Altpalaeolithikums	57
Hadorn E., Dr. phil., P.D. Universität Bern, Biel: Die Verpup- pung der Fliegen als Beispiel eines hormonal bedingten Prozesses bei Wirbellosen	99
Lüthi A., Dr. med., Chirurgischer Chefarzt des Bezirksspitals Thun, Thun: Ueber operative Geburtshülfe	115
Streuli Hr., Dr. med., P.D. Universität Bern, Thun: Zur tech- nischen Entwicklung der operativen Heilung der Netzhaut- ablösung	121

Chronik der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Thun vom Oktober 1932–Oktober 1938

Nach der wohlgelungenen Durchführung der 113. Jahresversammlung der Schweiz. Naturforsch. Gesellschaft im August 1932 hat unsere Vereinigung neubeschwingt ihre Arbeit weitergeführt. Diese wird am einfachsten und zweckmäßigsten durch die Erwähnung der Veranstaltungen skizziert, die im Laufe der seither verstrichenen Jahre sich folgten, sowie durch eine kurze Angabe dessen, was der Vorstand und die Naturschutzkommission nebenbei geleistet haben.

A. Veranstaltungen

Vorträge

Allgemeines:

Prof. Dr. F. Baltzer, Bern: Bildungsanstalten der U. S. A. (32)

Botanik:

Dr. Ed. Frey, Bern: Aus der Biologie der Flechten. (32)

Prof. Dr. Ed. Fischer, Bern: Wandlungen des Artbegriffs. (33)

Dr. W. Müller, Thun: Ueber einige Charakterpflanzen der Camargue und Meeresalgen von Süd- und Nordfrankreich. (34)

Prof. Dr. W. Schopfer, Bern: Einige Wachstumsbedingungen bei niederen und höhern Pflanzen. Die Frage der Wachstumsfaktoren. (37)

Prof. Dr. Ed. Fischer, Bern: Hundert Jahre Pilzforschung. (38)

Chemie:

Dr. H. Labhardt, Münsingen: Die Explosionskatastrophe in der Ammoniakfabrik Oppau. (34)

Dr. C. Schenk, Thun: Die Verderbnis der Lebensmittel und ihre Verhütung. (35)

Dr. O. Wirth, Thun: Ueber Sprengstoffchemie. (37)

Geologie und Mineralogie:

Dr. F. de Quervain, Zürich: Gesteinsmetamorphosen in den Alpen, spez. im Gotthardgebiet und im Tessin. (33)

Dr. P. Beck, Thun: Die Bedeutung der Gletscherablagerungen der Umgebung von Thun für die Gliederung des Quartärs und des Pliocaens. (34)

- Dr. P. Bieri, Thun: Die geologische Lebensarbeit J. Oberholzers. (34)
 Dr. P. Beck, Thun: Neue Forschungsergebnisse über die alpinen Eiszeiten. (36)
 Dr. F. de Quervain, Zürich: Die Vorkommen des Goldes im allgemeinen mit spez. Berücksichtigung der Goldlagerstätten in Rumänien. (35)
 Prof. Dr. Arbenz, Bern: Leben und Wirken von Prof. Albert Heim. (37)

Geographie:

- Pfr. Ed. Streuli, Bern: Aus einer Kolonie von Deutschen in Brasilien.
 Dr. H. Gams: Als Naturforscher in den südrussischen Steppen und im Kaukasus. (33)
 Dr. E. Wegmann, Schaffhausen: Mit Hundeschlitten, Motorboot und Flugzeug durch die Fjorde Nordostgrönlands. (36)
 W. Krebser und Dr. Michel, Thun: Natur und Volk an der untern Donau (Filme). (36)

Ingenieurwissenschaften:

- Prof. Dr. A. Rohn, Zürich: Naturwissenschaft und Technik. (35)
 Ing. H. Theiler, Thun: Beton, seine guten und schlechten Eigenschaften als Baumaterial. (36)
 Arch. O. Fahrni, Thun: Der Bau des meteorologischen Observatoriums auf dem Sphinxgipfel. (38)
 G. Fluri, Thun: Besuch eines Bergwerkes im Saargebiet. (33)

Medizin:

- P.-D. Dr. Liechti, Bern: Die biologische Strahlenwirkung. (35)
 Dr. med. M. Olloz, Thun: Ueber die Registrierung der Herzströme beim Menschen. (36)
 Dr. med. E. Schmid, Thun: Psychophysische Realität. (33)

Naturschutz:

- Fürspr. Ed. Tenger, Bern: Fragen des Schweiz. Naturschutzes. (32)
 Dr. A. Lüthi, Thun: Kritische Gedanken über den Naturschutz.
 Korreferent Dr. W. Müller, Thun. (35)

Praehistorie und Palaeontologie:

- Prof. Dr. Obermaier, Madrid: Die Kunst des spanischen Eiszeitmenschen. (37)
 Dr. P. Beck, Thun: Ueber die Saurier von Perledo (Comersee). (33)

Physik:

- Prof. Dr. Scherrer, Zürich: Das Nordlicht. (34)
Dr. A. Krethlow, Thun: Das Problem der Schallmessung. (35)
Prof. van de Werfhorst, Holland: Die Gasentladungslampe im Dienste des modernen Verkehrs. (36)
Prof. Dr. Zickendraht, Basel: Aus der Praxis des modernen Akustikers. (38)

Zoologie:

- E. Rüttimeyer, Ing., Bern: Die Schmetterlingsfamilie der Danaiden. (32)
M. Naef, Thun: Ueber Cicaden. (33)
E. Rüttimeyer, Ing., Bern: Ueber das palaearktische Gebiet der Groß-Schmetterlinge. (36)
Dr. med. v. Morlot, Thun: Die Familie der Suiden. (35)
Prof. Dr. Bluntschli, Bern: Biologische Forschungen auf Madagaskar. (32)
M. Naef, Thun: Faunistisches aus Südfrankreich. (34)
Dr. E. Hadorn, Thun: Aus dem Leben niederer Tiere (Film). (34)
P.-D. H. Hediger, Basel: Das gegenseitige Verhalten zwischen Tier und Mensch. (37)
P.-D. Dr. E. Hadorn, Biel: Ergebnisse und Fortschritte der neuen Vererbungsforschung. (38)
Dr. V. de Roche, Thun: Ueber die Umstimmung der Erbsubstanz. (38)

Demonstrationen

- F. Amsler, Forstadj., Thun: Ein Steinadler aus dem Simmental.
Dr. E. Hadorn, Thun: Physiologische Demonstrationen am lebenden Tier.
F. Wuillemin, Thun: Ein Gletscherschliff am Thunersee. Hygroskopische Erscheinungen an Pflanzen.
M. Naef, Thun: Merkwürdigkeiten bei einigen Parasiten der Mörtelbiene.
Dr. E. Hadorn, Thun: Einige lebende Meerestiere von Banyuls s. M.
Dr. W. Müller, Thun: Ergebnisse von W. Beebe's Tiefseeforschung.
W. Krebser, Buchhändler, Thun: Ein Film vom Segelfliegerlager auf dem Jungfraujoch.
M. Naef, Thun: Faunistisches aus Marokko.
Dr. A. Krethlow, Thun: Der Kathodenstrahloszillograph.

Exkursionen

- Besichtigung der interglacialen Fundstelle Schnurrenloch bei Oberwil i. S. (gemeinsam mit der Naturforsch. Gesellsch. Bern) mit Referaten der Herren Gebrüder Andrist und Flückiger, von Dr. Staub, Dr. Beck, Dr. Bieri, Prof. Dr. Rytz und Dr. Gerber. (1932)
- Besichtigung der Elektro-Gießerei der von Roll'schen Eisenwerke in Gerlafingen (Führung Herr Dr. Dübi. 1933)
- Pontonfahrt Thun-Aarberg mit botanischen und geologischen Erläuterungen durch Prof. Dr. W. Rytz und Dr. P. Beck. (1933)
- Besuch des Alpengartens Schynige Platte unter Führung von Herrn H. Itten, Präsident der Gartenkommission. (1933)
- Besichtigung der Porzellanfabrik Langenthal. Führung Herr Dir. Kläsi. (1934)
- Begehung der Engehalsinsel bei Bern mit hist. Erläuterungen durch Herrn Prof. Dr. Tschumi. (1934)
- Besichtigung des neuen naturhistorischen Museums in Bern, unter Führung der Herren Prof. Dr. Baumann und Dr. Ed. Gerber. (1935)
- Besuch der Gwattbuchtreservation und der Anlagen der Kanderkies AG. Referenten: Dr. P. Bieri, Dr. Michel, Direktor A. Schmid. (1935)
- Fahrt nach der Grimsel zur Tagung des S.B.N. und Einweihung des Grimselreservats des S.B.N., 14./15. September 1935.
- Besuch der Staatswaldungen im Schallenberg-Rauchgratgebiet, unter Leitung von Herrn Oberförster Ammon, Thun. (1936)
- Exkursion ins hintere Lauterbrunnental. Leitung P.-D. Dr. W. Lüdi und Dr. P. Bieri. (1936)
- Fahrt nach Beromünster (Landessender), Hallwil, Wildegg, Kloster St. Urban. (1936)
- Besuch des Reservates Weißenau bei Interlaken unter Führung von Hrn. Hs. Itten, Bern. (1937)
- Fahrt in die Zuckerfabrik Aarberg, nach Petinesca und in die Klus von Court (Erdrutsch). (1937)
- Besichtigung des Neubaus der Lorraine-Brücke in Bern. Führung durch Herrn Ing. Gagg. (1938)
- Besuch des neuen Reservates Amez-Droz in Gunten unter Leitung von Dr. W. Müller. (1938)

B. Tätigkeit des Vorstandes und der Kommissionen

Der Vorstand setzte sich in der abgelaufenen Berichtsperiode wie folgt zusammen:

Dr. P. Bieri, Präsident von 1933—1937

Dr. E. Hadorn 1934—1937, dann ans Gymnasium Biel gewählt.

Dr. A. Krethlow ab 1934, Sekr. von 1936—37, Präs. seit 1937.

Frl. J. Labhard, Kassierin seit 1936 und Bibliothekarin seit 1930

Dr. Frz. Michel, seit 1938

Dr. med. M. v. Morlot, Sekretär bis 1938

Dr. W. Müller, Präsident bis Frühjahr 1933

F. de Quervain, seit 1929

Dr. H. Saurer, Kassier bis 1935

Dr. Hrch. Streuli, seit 1929

R. v. Wattenwyl, Ing., Sekretär von 1933—36.

(Die Zahl der Vorstandsmitglieder ist durch die Hauptversammlung vom Frühling 1934 auf 9 erhöht worden.)

Seine Tätigkeit: Neben der Organisation der Vortragsabende bildeten die Bemühungen um das Reservat Gwattbucht während fünf Jahren das Haupttraktandum der Vorstandssitzungen, vieler Besprechungen, Augenscheine und Schreibereien. Das Hauptsächliche hiervon sei kurz festgehalten:

Zunächst hatten wir einen großen Erfolg zu verzeichnen. Am 1. August 1933, dem schweiz. Naturschutztag, wurde nämlich ein Abtauschvertrag zwischen dem Staate Bern und der Kanderkies AG. unterzeichnet, wodurch deren Grundstück im Gwattlischenmoos dem uns bisher pachtweise überlassenen Staats-Areal einverleibt wurde. Gleichzeitig hat der Regierungsrat den nun 7,5 ha umfassenden Landkomplex der N. G. T. als Eigenbesitz zugesprochen in der Erwartung, daß sie daraus eine Totalreservation mache. Diesen Schenkungsvertrag hat die außerordentliche Hauptversammlung vom 14. August 1933 freudig genehmigt. Am Zustandekommen des Abtausches und der geschenkweisen Abtretung von Staatsbesitz zu Naturschutzzwecken hat unser Mitglied, Herr Fürsprech Ed. Tenger (Bern), damals Präsident des S. B. N., den größten Verdienst. Es sei ihm auch an dieser Stelle der Dank unserer Gesellschaft ausgesprochen.

Die Erwerbung eines Grundstückes zu Bauzwecken in nächster Nähe des Reservates (das Gebäude mußte auf Betonpfähle gestellt werden) machte die Festlegung einer „vorläufigen“ Bauverbotszone zur Notwendigkeit. Die diesbezügliche regierungsrätliche Verfügung

einerseits und andererseits die Befürchtung, es werde das künftige Schutzgebiet ihre bisherige Bewegungsfreiheit im Lischenmoos einschränken, brachte einige Bewohner vom Gwatt und Gwattstutz in Harnisch. Der Gwatt-Schoren-Buchholzleist eröffnete einen regelrechten Feldzug gegen die Reservation unter Hinweis auf eine stets größer werdende Mücken-, Staren- und Schlangenplage. Eine Eingabe an den Regierungsrat, gestützt auf einen Unterschriftenbogen, forderte nichts weniger als die Rückgängigmachung der Schenkung und Aufhebung des Schutzgebietes. Das Lischenmoos solle aufgefüllt und in Bauland mit vielen Anlagemöglichkeiten für Boote umgeformt werden. — Verschiedene Berichte und Eingaben unserer Gesellschaft an die Forstdirektion hatten schließlich den Erfolg, daß der Gwatt-Schoren-Buchholzleist veranlaßt wurde, eine öffentliche Versammlung zwecks gegenseitiger Aussprache anzuordnen. Diese fand am 4. Februar 1937 im „Lamm“ in Gwatt statt. Es referierten hiebei Herr Stadtrat Binz als Präsident des Leists, der die Aufhebung des Reservats verlangte; Dr. W. Müller sprach als Vertreter der N. G. T. und ihrer Naturschutzkommission über den naturwissenschaftlichen und ethischen Wert der Gwattbucht und Forstsekretär Bigler über die rechtlichen und allgemeinen Fragen. Der persönlich anwesende Herr Regierungsrat Stähli stellte die Angelegenheit Gwattbucht in den Rahmen kantonalen Naturschutzpflichten und -Aufgaben. Er hält die Bestrebungen des Naturschutzes und besonders des Seeuferschutzes für dringend notwendig und dankte all denen, die sich dafür einsetzen. Mit aller wünschbaren Deutlichkeit erklärte er das Reservat Gwattbucht als auf rechtlchem Wege zustande gekommen und demnach als bestehen bleibend. Ueber Detailfragen habe eine Verständigung zwischen den Parteien zu erfolgen. Diese wurden hierauf durch den Sekretär der Forstdirektion auf den 13. Februar einberufen. Die damalige Besprechung zeitigte als Ergebnis den Verzicht des Gwatt-Schoren-Buchholzleistes auf Aufhebung des Reservats. Er verlangte jedoch eine gründliche Absperrung des Schutzgebietes gegen die Landseite hin durch einen Damm und festen Zaun, ferner einen guten Ländteplatz am Ausgang des neuen Weges. Inbezug auf diesen Weg sei bemerkt, daß es sich um den Zugang zum See entlang dem eisernen Zaun bei der Jugendheimstätte handelt. Es war von jeher beabsichtigt, der Bevölkerung des Gwattstutzes die Möglichkeit offen zu halten, an den See zu gelangen. Es wurden hiefür zwei Projekte erwogen. Die Vertreter der N. G. T. und die Gemeindebehörde von Spiez einigten sich dann wie folgt:

Die N. G. T. erklärt sich bereit, der Gemeinde Spiez den notwendigen Geländestreifen zur Erstellung eines auch bei Hochwasser begehbaren, aber für Motorfahrzeuge verbotenen Weges abzutreten. Der Gemeinderat von Spiez verpflichtet sich seinerseits, längs dieses Weges einen festen Zaun (Drahtgeflecht mit Eisenpfosten) errichten zu lassen und während 5 Jahren für allfällig notwendige Reparaturen aufzukommen. Die Kosten des Wegbaus übernahm in höchst verdankenswerter Weise der Uferschutzverband Thuner- und Brienersee (U. T. B.). Nach mehrfachen Besprechungen an Ort und Stelle wurde die Vermarchung des Ländteplatzes vorgenommen. Die Vertreter von Spiez gaben hiebei die Versicherung ab, es solle die Ländte selber in ihrem bisherigen Umfang bestehen bleiben und dürfe nicht zum öffentlichen Badeplatz werden. Diese wichtigen Zusicherungen verdanken wir der klugen Geschäftsleitung des U. T. B., die die Ausrichtung eines Beitrages an die Erstellung der Badanstalt Einigen abhängig machte von einer für die Reservation Gwattbucht günstigen Lösung der Ländteplatzfrage.

Im Laufe der Jahre 1936 und 1937 hat Frau Lambert, die Besitzerin des von Bonstetten-Gutes die Einwilligung erteilt, das sog. von Bonstettenwäldli in die Bauverbotszone einzubeziehen. Ferner hat sie sich einverstanden erklärt, ihre Fischezenrechte im Mühle- und Gwattgraben dem Staate Bern abzutreten, wogegen sie die Erlaubnis erhalten wird, das Fischen im sog. Bonstettenkanal zu verbieten. Durch diesen Abtausch wird ein wichtiges Servitut für die Reservation hinfällig. Für dieses verständnisvolle und große Entgegenkommen ist unsere Gesellschaft Frau Lambert sehr dankbar. — Viel Mühe hat das Büro des Vorstandes namentlich in letzter Zeit darauf verwendet, das Schutzgebiet vor seiner endgültigen Umzäunung zweckentsprechend zu arrondieren. Ein wesentlicher Teil des Riedes befindet sich nämlich in privater Hand, die es der Lische-Nutzung wegen nicht veräußern will. Doch hoffen wir immer noch auf eine einigermaßen günstige Lösung.

Wie erbittert anfänglich die Stimmung in einem Teil der Bevölkerung von Gwatt gegen die Reservation war, geht daraus hervor, daß in der Nacht vom 28./29. April 1934 das dürre Ried und Röhricht in Brand gesteckt wurde, dem ein ziemlich großer Teil des vorjährigen

Schilfes und natürlich auch Vogelbrüt zum Opfer fiel. Seither ist glücklicherweise die Erregung nicht mehr auf Entzündungstemperatur angestiegen.

*

Die durch unser Mitglied F. Willemin veranlaßten und betreuten Grabungen im Wilerhölzli bei Allmendingen im Sommer 1933 hat unsere Gesellschaft mit einem Beitrag von Fr. 150.- aus dem Ausgrabungsfond unterstützt. Es wurden vier Bronzezeitliche Gräber freigelegt, wovon namentlich eines mit flachen Geröllsteinen sehr sorgfältig ausgekleidet war. Leider konnte sich die hiesige Museumskommission wegen Platzmangel nicht entschließen, diese Grabstätte abtragen und im Schloß Thun genau rekonstruiert aufstellen zu lassen. An Totenschmuck verdient eine große Halskette besondere Erwähnung. Sie besteht aus Hunderten von Häuschen der Mittelmeerschnecke *Columbella rustica* und bildet ein neues Belegstück für die weithinreichenden Handelsbeziehungen der damaligen Allmendinger. Sie ist mit andern Grab-Beigaben der praehistorischen Abteilung des Thuner Museums einverleibt worden.

Beziehungen zu andern Verbänden. Im November 1933 wurde unter dem Eindruck des Verkaufs der Chartreuse-Besitzung an eine Spekulantengruppe der Uferschutzverband Thuner- und Brienzsee (U. T. B.) mit Sitz in Interlaken gegründet mit Dr. H. Spreng als Präsident. Die N. G. T. trat ihm schon im Januar 1934 als Kollektivmitglied bei und ist in dessen Vorstand durch den Präsidenten ihrer Naturschutzkommission vertreten. Moralisch und finanziell ist unserer N. S. C. im Uferschutzverband eine äußerst wertvolle Hilfe erwachsen, was sich ganz besonders in Hinsicht auf die Reservate Gwattbucht und Weißenau schon gezeigt hat und noch weiter zeigen wird. Es sei auf seine Jahresberichte von 1934 bis 1937 verwiesen.

Seit 1934 besteht in Thun eine Kulturfilmgemeinde. Zur Auswahl der jeweiligen Film-Programme und zur Deckung der alljährlichen Fehlbeträge haben sich verschiedene hiesige Vereine, darunter auch die N. G. T., zusammengeschlossen. Wir ordnen auch in diese Organisation eine Vertretung ab.

Wir halfen ferner mit beim Tragen der finanziellen Lasten der S. N. G., spendeten Beiträge zur Durchführung der 100-Jahrfeier der Universität Bern und eines Kurses für Urgeschichte in Spiez.

Unsere Gesellschaft war vertreten beim 150-jährigen Jubiläum der Naturforschenden Gesellschaft Bern und bei

der Frühjahrstagung der Schweiz. Geolog. Gesellschaft am 30. April und 1. Mai 1938. Im Anschluß an Exkursionen in der nähern und weitem Umgebung von Thun — von unserm Mitglied Dr. P. Beck organisiert und geleitet — widmete sich diese ausschließlich der Diskussion von Eiszeit-Problemen.

Trotzdem wir seit dem Erscheinen des 3. Heftes unserer Mitteilungen im November 1932 nichts mehr publiziert haben, sind uns die naturwissenschaftlichen Gesellschaften, mit denen wir im Schriften-Austausch stehen, in höchst verdankenswerter Weise treu geblieben. Hauptsächlich ihren Schenkungen zufolge ist unser **Bibliotheks**-Bestand in der Berichtszeit von 299 Bänden und Broschüren auf 572 Bände und Broschüren angewachsen. Wir sind nun froh, mit der vorliegenden Publikation etwas von unserer Dankesschuld abtragen zu können.

Naturschutz. Unsere in Heft 3, Seite 69 angedeuteten Bestrebungen zu einer Umorganisation der Naturschutzarbeit im Kt. Bern durch Schaffung einer regelrechten kantonalen N. S. C. sind erfolgreich gewesen. Am 4. März 1933 fand die konstituierende Sitzung derselben unter Leitung von Herrn Oberforstinspektor Petitmermet statt. Eine gemeinsame Vereinbarung zwischen der Naturforschenden Gesellschaft Bern und der N. G. T. fand ihre Formulierung in einem „Regulativ für die Kantonal-Bernische Naturschutzkommission“ (Mitteilungen der N. G. Bern, Heft 1933, S. 205 f.). Die Kant. N. S. C. zählt ca. 15 Mitglieder, von denen die N. G. Bern 6 bis 7, die N. G. T. 3 bis 4 ernennt, die übrigen entfallen auf naturschützerisch interessierte Personen der andern Landesteile. Eine ihrer ersten Arbeiten war die Vorbereitung der Kant. Pflanzenschutzverordnung vom 7. Juli 1933, welche diejenige vom April 1912 mit Nachtrag von 1923 ersetzt. — Sechs Herren dieser großen Kommission bilden die von der Forstdirektion in einem regierungsrätlichen Dekret vom 28. August 1936 anerkannte offizielle kant. Naturschutzkommission. Gleichzeitig gliederte die Forstdirektion ihrer Abteilung für Jagd, Fischerei und Bergbau noch eine für den Naturschutz an: ein großes Maß Arbeit für einen Beamten, was wir im Lauf der Zeit sehr zu spüren bekamen. — Die Kant. N. S. C. beschickte die erste Schweiz. Naturschutz-Ausstellung in Luzern (23. Nov. bis 2. Dez. 1935) mit Karten und Bildern, worunter sich auch ein auf das Format 100/75 cm vergrößerte Flugbildaufnahme des Reservates Gwattbuch befand, das wir haben herstellen lassen. Es hängt nun im ersten Stock des kant. Lehrerinnen-

seminars. — Das durch die Thuner Delegierten in der Kant. N. S. C. beantragte Tafelwerk der im Kt. Bern besonders geschützten Pflanzen ist unter regster Mitarbeit des Verlegers W. Krebs (Thun) ausgezeichnet gelungen und im Juli 1937 herausgekommen. Es ist sowohl in Tafel- wie in Atlasform zu billigem Preis erhältlich. Hoffentlich erfüllt es wenigstens einen Teil der daran geknüpften Hoffnungen.

Die oben geschilderten Bemühungen des Vorstandes um das Reservat G w a t t b u c h t sind selbstverständlich von der N. S. C. redlich unterstützt und ausgiebig miterlebt worden. — Im Frühjahr 1936 trat Herr Oberförster Ammon von der Leitung der N. S.-Geschäfte zurück, die er seit 1921 inne hatte. Er erklärte sich aber glücklicherweise bereit, in der Kommission zu verbleiben. Des Dankes unserer Gesellschaft darf er sicher sein. Der Berichterstatter ist sein Nachfolger geworden. Seither beschäftigte sich die N. S. C. mit der Verschandelung der Umgebung des Fallbaches durch eine Steinbruch-Unternehmung, die leider nicht verhindert werden konnte; sie ersuchte die Gemeindebehörden von Reutigen um Schonung des Bergsturz- und Hochmoorgebietes im Seeweliswaal, sicherte so gut als möglich einen Standort von *Hippuris vulgaris* im Kandergrienwald bei Allmendingen, machte verschiedene Geschäftsleute und Wirte, bei denen ächter Frauenschuh in Vasen prangte, auf die Verordnung für Pflanzenschutz aufmerksam, ebenso die Thuner Blumenhandlungen, die Enzianen und Alpenrosen zum Verkauf ausstellten. Sie ersuchte ferner die Lehrerschaft des Amtes Thun in einem Aufruf, das massenhafte Pflücken von Pflanzen jeglicher Art bei Schülerreisen und -Ausflügen nicht zu dulden.

Seit 1937 sind wir in nähern Kontakt getreten mit dem Schweiz. Bund für Naturschutz und zwar durch das neu entstandene Reservat A m e z - D r o z in Gunten. Auf Wunsch und zum Andenken an den im Jahre 1935 verstorbenen Herrn Henri Amez-Droz, gewesener Brücken-Ingenieur der S. B. B., schenkte dessen Witwe, Frau Dr. med. M. Amez-Droz-Dodd im November 1936 ihre Besizung (1,2 ha) im Herzogenacker zu Gunten dem S. B. N. mit folgender Zweckbestimmung: „Das Grundstück soll als Pflanzen- und Tierreservation nach Möglichkeit in unverändertem Zustand belassen werden und insbesondere der Schuljugend im Sinn und Geist der Naturschutzbestrebungen dienen.“ — Nach Bekanntwerden dieser hochehrföulichen Abtretung boten wir dem S. B. N. unsere Hilfe an, worauf dessen Vorstand die Betreuung und Ausgestaltung des am Hang zwischen der Pension

Elisabeth und dem Hotel du Lac gelegenen Reservates der N. G. T. bzw. deren N. S. C. übertragen hat. Hierüber besteht eine beiderseits genehmigte schriftliche Uebereinkunft vom Januar 1938. Durch die Vermittlung unseres Mitglieds Herrn Oberförster Mützenberg in Gunten ließ sich die Gemeindebehörde von Sigriswil herbei, das Schutzgebiet durch Abtretung zweier angrenzender Waldparzellen am Steilhang zu vergrößern, was ihr auch hierorts herzlich verdankt sei. In gleich entgegenkommender Weise liefert sie unentgeltlich das Wasser zu einem neuerstellten kleinen Brunnen. Der S. B. N. machte daraufhin die Arrondierung vollständig durch Zukauf von zwei Grundstücken, so daß das Reservat heute rund 3 ha Planfläche aufweist. Es umfaßt einen keilförmig auslaufenden Geländestreifen von 300 m Länge mit einem Maximalhöhenunterschied von 110 m. Der unterste Teil ist durch einen Zaun gut abgeschlossen. Dort steht ein Häuschen, das eine Stube, einen Küchen- und Werkzeugraum enthält. In der Stube liegen Pläne und Beobachtungshefte auf, sowie einige Bestimmungsbücher. Eine Besuchsordnung (bei den Zauntüren angeschlagen) regelt den Zutritt, der für alle Mitglieder des S. B. N. mit Angehörigen, sowie für Schulklassen frei ist.

Der starken landschaftlichen Gliederung wegen und infolge der nach Süden offenen Lage sind sowohl die Vegetation wie auch die Vogel- und Insektenwelt des Reservates schon an sich recht mannigfaltig und für die „Riviera des Thunersees“ typisch. Es ist beabsichtigt, mit Hilfe von freiwilligen Arbeitskräften, namentlich von Schülern, die verschiedenen Pflanzenarten des Thunerseegebietes nach bester Möglichkeit hier an kleinem Ort zu vereinigen und namentlich den gefährdeten Arten wie Frauenschuh (*Cypripedium*), Alpenveilchen (*Cyclamen*), Türkenbundlilie (*Lilium Martagon*) und verschiedenen *Ophrys*-Arten ein Refugium zu schaffen.

Bei heftigem Gewitter und strömendem Regen ist das Reservat am 22. Juni 1938 durch den Präsidenten des S. B. N., Herrn Dr. Pfahler (Solothurn), eingeweiht und seiner Bestimmung übergeben worden. Möchte es von alt und jung recht fleißig benutzt werden.

Thun, Ende 1938.

Der Chronist: Dr. W. Müller.

C. Personelles

Gegenwärtiger Vorstand.

Präsident: Herr Dr. A. Krethlow
Vizepräsident: „ Dr. P. Bieri
Kassierin: Frl. J. Labhardt
Sekretär: Herr F. Pfaller
Beisitzer: „ Dr. F. Michel
 „ Dr. W. Müller
 „ F. de Quervain
 „ Dr. Hr. Streuli
 „ Ing. R. v. Wattenwyl

Rechnungsrevisoren: Herr Dr. M. Loosli
 „ M. Naef

Delegierter in den Senat der S. N. G.: Herr Dr. Hr. Streuli

Vertreter in der kant.-bern. N. S. C.: Herr W. Ammon
 „ Hs. Itten
 „ Dr. W. Müller

Vertreter im Vorstand des U. T. B.: Herr Dr. W. Müller

Naturschutzkommisison:

Präsident:	Herr Dr. W. Müller, Thun	Herr Hs. Itten, Bern
Sekr.-Kass.:	„ W. Krebsler, Thun	„ W. Kasser, Spiez
	„ W. Ammon, Thun	„ Dr. E. Lüthi, Thun
	„ Dr. P. Bieri, Thun	„ Wuillemin, Allmendingen
	„ Dr. Brüscheiler, Thun	„ J. Wipf, Thun
	„ H. Bühler, Frutigen	„ R. Zingg, Sigriswil

Kommission für das Schutzgebiet Gwattbucht:

Die Herren: Dr. Müller, Dr. Bieri, Ing. Guggisberg, Dr. E. Lüthi, Dr. Michel, J. Wipf, Arch.

Kommission für das Reservat Amez-Droz, Gunten:

Die Herren: Dr. W. Müller, W. Krebsler, M. Brunner, Dr. Michel, Hs. Mützenbergl, Dr. de Roche und J. Büttikofer (Geschäftsführer des S. B. N.)

Mitgliederverzeichnis

(abgeschlossen auf Ende 1938)

- Herr Ammann E., Dr. med, Maulbeerplatz, Thun
„ Ammon M., Oberförster, Spiez
„ Ammon W., Oberförster, Lauenen 13, Thun
„ Barben, Gerichtspräsident, Spiez
„ Beck Paul, Dr. phil., Schulvorsteher, Blümlimatte 5, Thun
„ Begert F. J., Lehrer, Dürrenast
„ Bendel F., Teckniker, Niesenstraße 28, Thun
„ Biedermann P., Prog.-Lehrer, Länggasse 9a, Thun
„ Bieri P., Dr. phil., Karl Kochstraße 16, Thun
„ Billetter P., Stadtoberförster, Blümlimattstraße 25, Thun
„ Brunner M., Kaufmann, Hünibach
„ Brüscheiler A., Dr. phil., Henri Dunantstraße, Thun
„ Bühler H., Staatsanwalt, Frutigen
„ Bürgi F., Dr. med., Spiez
„ Bürki, Verwalter, Anstalt Heiligenschwendi
„ Dasen, Forstmeister, Spiez
„ Fahrni O., Architekt, Flurweg 8, Thun
Frau Fankhauser-Burger, „Seehalde“, Hilterfingen
Herr Fluri G., Gewerbelehrer, Steffisburg
„ Frieden Eugen, Goldschmied, Obere Hauptgasse, Thun
„ Frutiger F., Ingenieur, Beatenbucht
„ Frutiger W., Sek.-Lehrer, Karl Kochstraße 8, Thun
„ Genge, Sek.-Lehrer, Erlenbach i. S.
Frl. Gerber, Sek.-Lehrerin, Frutigstraße, Thun
Herr Giger M., Obergärtner, Niesenstraße, Thun
Frau von Goumoëns, Seestraße 49, Thun
Herr Good A., Dr. med., Hünibach
„ Gubler, Dr. phil., Direktor der Pulverfabrik Wimmis
„ Guggenheim L., Dr. med., Belair, Lauenen, Thun
„ Guggisberg F., Ingenieur, Hübeli, Thun
Frl. Gyr Susanna, Lehrerin, Blümlisalpstraße 3, Thun
Herr Hadorn E., Dr. phil., P.-D., Pavillonweg 16, Biel
„ Häfliger J., Apotheker, Rosenweg 7, Thun
„ Hakios A., Direktor, Bahnhofstraße 10, Thun
„ Häni O., Notar, Hofstettenstraße 20, Thun
„ Hari E., Kassier S.B.B., Karl Kochstraße 10, Thun
„ Hertig W., Ingenieur, Oberhofen

Herr Indermühle F., Lehrer, Thierachern
 „ Ingold W., Apotheker, Untere Hauptgasse 31, Thun
 „ Ingold W., Zahnarzt, Jungfraustraße 14, Thun
 „ Itten Arnold, Architekt, Unteres Eichbühl, Hünibach
 „ Itten H., Chef des Personellen der S. B. B., Tavelweg 20, Bern
 „ Jeanin J., alt Direktor, Niesenstraße 15, Thun
 „ Jost Ernst, Dr. med., Oberhofen
 „ Jost W., Dr. med., Bälliz 27, Thun
 „ Karlen K., Dr. med. dent., Mittlere Ringstraße 4, Thun
 „ Kasser W., Schulinspektor, Spiez
 „ Kehl A., Telephon-Adjunkt, Stockhornstraße 13, Thun
 „ Kohler P., Techniker, Bälliz 43, Thun
 „ König O., Direktor, Baumgartenrain 8, Thun
 „ Krebser W., Buchhändler, Hünibach
 „ Krethlow A., Dr. phil., Waisenhausstraße 4, Thun
 Frl. Kürsteiner Chr., Magnolia, Lauenen, Thun
 „ Labhardt J., Nußbühlweg 14, Thun
 Herr Lehmann O., Adj. der L. W. W., Dufoustraße 4, Thun
 „ Lehmann P., Prog.-Lehrer, Hohmaadstraße 36, Thun
 „ Leitzmann F., alt Lehrer, Sigriswil
 „ Liebi E., Gärtner, Blümlimatte, Thun
 „ Liebi W., Dr. med., Frutigenstraße 12, Thun
 „ Loosli A., Dr. phil., Chemiker, Waisenhausstraße 15, Thun
 „ Lüthi A., Dr. med., Mittlere Ringstraße 8, Thun
 „ Lüthi E., Dr. med., Lauitor, Thun
 „ Messerli H., Dr. med., Bälliz 64, Thun
 „ Meyer Alfr., Eidg. Beamter, Blümlimattstraße 20, Thun
 „ Michaud G., Ing.-Agronom, Magnoliastraße 5, Thun
 „ Michel E., Ingenieur, Rugenaustraße 3, Interlaken
 „ Michel F., Dr. phil., Karl Kochstraße 8, Thun
 „ Müller W., Dr. phil., Lauenen 12, Thun
 „ Müller Ad., Dr., Merligen
 „ Mützenberg, Oberförster, Gunten
 „ Naef R. M., Kaufmann, Lauitor 80, Thun
 „ v. Niederhäusern, Dr. med., Direktor, Heiligenschwendi
 „ Oesch F., Kaufmann, Niesenstraße 4, Thun
 „ Olloz M., Dr. med., Riedstraße, Thun
 „ Pfaller, Apotheker, Hauptgasse 9, Thun
 „ de Quervain-Paur, Riedstraße 4, Thun
 Frl. Rätz Marie, Bälliz 62, Thun

Herr Reist, Dr. med. dent., Aeüßere Ringstraße, Thun
 „ Rieder H., Dr. med., Erlenbach i. S.
 „ Ris F., Kaufmann, Sigriswil
 „ de Roche V., Dr. phil., Hofstettenstraße 12, Thun
 Frau Rytz, Wwe., alte Goldiwilstraße, Thun
 Herr Schärer, Pfarrer, Schloßberg, Thun
 „ Schenk C., Dr. phil., Lindenhofstraße, Thun
 „ Schmid A., Direktor, Seestraße 31, Thun
 „ Schmid M. W., Apotheker, Obere Hauptgasse 62, Thun
 „ Schmocker E., Lehrer, Blümlimatt 7, Thun
 „ Schneeberger W., Sek.-Lehrer, Thierachern
 „ Schneider F., Postbeamter, Blümlimatte, Thun
 „ Schneider S., Buchhändler, Obere Hauptgasse 60, Thun
 „ Schraner, Dr. phil., Seminardirektor, Lindenhofstraße 5, Thun
 „ Schüpbach E., Dr., Henri Dunantstraße 12, Thun
 „ Schuler, Sek.-Lehrer, Wattenwil
 „ Schürch, Apotheker, Obere Hauptgasse 33, Thun
 Frau v. Selve E., Dr., Seestraße, Villa Schadau, Thun
 Herr Séquin C., Ing., Chef d. Sekt. f. Schießversuche, Niesenstr. 10, Thun
 „ Siegenthaler C., Dr. med., Frutigen
 „ Siegrist R., Zahnarzt, Lauitor, Thun
 „ Simon Fr., Drogist, Aeüßere Ringstraße 8, Thun
 „ Sinzig Friedr., Chef-Mechaniker, Hirschweg 9, Thun
 „ Stähli J., sen., alt Lehrer, Dürrenast
 „ Stämpfli H., Dr. med. dent., Bahnhofstraße 8, Thun
 „ Staub-Fehr J., Göttibach, Thun
 „ Steiner, Dr. phil., Washington U. S. A.
 „ Stern H., Dr. med., Augenarzt, Scherzligweg 16, Thun
 „ Streit G., Kaufmann, Oberbälliz 64, Thun
 „ Streuli Hans, Dr. med., Scherzligweg 6, Thun
 „ Streuli Heinrich, Dr. med., Rougemontweg, Thun
 „ Stucki Fritz, Fabrikant, Untere Hauptgasse 15, Thun
 „ Studer E., Prog.-Lehrer, Schadaustraße 35, Thun
 „ Sydler, Gärtner, Schloß Burgistein
 „ Tenger E., Fürsprecher, Schwanengasse 7, Bern
 „ Theiler W., Ingenieur, Bächimatte, Thun
 „ Umiker G., a. Postverwalter, Beaurivage, Hofstettenstraße, Thun
 „ Vetter J., Buchdrucker, Seestraße 26a, Thun
 „ Vögeli Th., Ingenieur, Belairweg 1, Thun
 Frau Vogel-Born, Lehrerin, Gurnigelstraße 12, Thun

Herr Vollenwyder T., Sek.-Lehrer, Länggasse, Thun
 „ Walther R., Kreisoberingenieur, Thun
 „ v. Wattenwyl R., dipl. Ingenieur, Seestraße, Thun
 „ Wenger, Dr. med. vet., Krankenhausstraße 21, Thun
 „ Wipf J., Architekt, Aeußere Ringstraße 10, Thun
 „ Wirth O., Dr. phil., Chemiker, Waisenhausstraße, Thun
 „ Wirz F., Polizeiinspektor, Lauitor, Thun
 „ Wuillemin, Lehrer, Allmendingen
 „ Zaugg O., Auto-Garage, Bernstraße, Thun
 „ Zellweger, dipl. Ingenieur, Mittlere Ringstraße 6, Thun
 „ Ziegler Alfr., Kaufmann, Niesenstraße 7, Thun
 „ Ziegler Otto, Niesenstraße 7, Thun
 „ Ziegler Heinr., Chemiker, Niesenstraße 7, Thun
 „ Zingg R., Sek.-Lehrer, Sigriswil
 „ Züricher U. W., Kunstmaler, Sigriswil

Mitgliederzahlen	auf 30. IV. 1933	157
	auf 30. IV. 1934	155
	auf 30. IV. 1935	153
	auf 30. IV. 1936	151
	auf 30. IV. 1937	145
	auf 30. IV. 1938	140

In der abgelaufenen Berichtsperiode verlor unsere Gesellschaft durch den Tod folgende Mitglieder, denen wir ein ehrendes Andenken bewahren werden:

Herr C. Kürsteiner, Apotheker, Thun
 „ Ed. Wildbolz, Armeekorpskommandant, Einigen
 „ F. Beck, Drogist, Thun
 „ H. Keller, Direktor der Munitionsfabrik
 „ Dr. C. T. Baumann, Arzt, Thun
 „ O. E. Kunz, Drogist, Thun
 „ Dr. H. Saurer, Chemiker d. Munitionskontrolle, Thun
 „ Ing. Lowositz, Thun-Dürrenast
 „ F. Wasem, Prokurist, Thun
 „ E. Gutmann, Adjunkt der Spar- und Leihkasse, Thun
 „ W. Rytz, Direktor der L. W. W., Thun
 „ W. Volz, alt Apotheker, Hilterfingen
 „ Tr. Christen, alt Oberförster, Zweisimmen
 „ Dr. M. v. Morlot, Arzt, Thun

R. I. P.

Dr. med. Georg Markus von Morlot

1. Januar 1875 bis 2. Juli 1938

Die Naturwissenschaftliche Gesellschaft Thun hat durch den Hinschied von Dr. med. von Morlot einen ihrer Gründer und eines ihrer treuesten Mitglieder verloren. Von 1919 weg bis kurz vor seinem Tode diente er ihr im Vorstand, der ihn zeitweise mit dem Amt des Sekretärs, des Vice-Präsidenten und eines Delegierten in den Senat der SNG, betraute. Als Mann von grosser Lebhaftigkeit des Geistes und vielseitiger Interessen ist der Verstorbene von der Öffentlichkeit in mehrfacher Hinsicht in Anspruch genommen worden. Seine Hauptliebe galt aber, nächst seinem



Arztberuf, unserer Gesellschaft; darauf dürfen wir stolz sein. Sie äusserte sich darin, dass Dr. von Morlot nicht nur mithalf, für unsere Veranstaltungen wertvolle Kräfte zu gewinnen, sondern sich ihr vielfach selber mit seinem reichen und gründlichen Wissen zur Verfügung stellte. Er sprach in unserm Kreise über medizinische Themata, häufiger und lieber aber über Herkunft und Zucht unserer Haustiere, besonders über Pferde, Rinder und Schafe. Ueber diese Tiergruppen hat er ein reiches Material gesammelt. Feine Zeichnungen von seiner Hand tun kund, wie sehr er sich in diesen Stoff vertiefte. Anlässlich unserer Exkursionen, an denen Dr. von Morlot früher häufig teilnahm, kam der Charme seiner Persönlichkeit besonders zur Geltung; und wie anschaulich wusste er nach beendeten Vorstandssitzungen zu reden über die von ihm regelmässig besuchten Jahresversammlungen der SNG. oder über seine Besuche zoologischer Gärten, heimischer Tieraussstellungen und über seine Thuner Schwäne! Mancher Tierfreund ist kein Menschenfreund. Dr. von Morlot war beides. Von seiner Menschenfreundlichkeit wissen viele seiner Patienten zu erzählen, denen er ein guter Arzt und gütiger Helfer war. Geradheit und Offenheit und eine stets vornehme Gesinnung gegenüber jedermann waren ihm eigen und kamen auch in seiner äussern Erscheinung deutlich zum Ausdruck. Durch ein schweres Leiden hindurch ist er gefasst zur ewigen Ruhe eingegangen.

Requiescat in pace.

W. M.



Abb. 1. Ansicht des Sphinxgipfels mit dem Observatorium

Der Bau des Observatoriums auf der Sphinx P. 3571.85 Jungfrauoch

Von Otto Farni, Thun

Es würde zu weit führen und über den Rahmen eines Bauberichtes hinausgehen, wenn ich über die Entstehungsgeschichte eingehend berichten sollte.

Nach dieser Richtung sei vielmehr auf den gleichzeitig mit dieser Publikation herauskommenden Geschäftsbericht des Präsidenten der Sphinx AG. Jungfrauoch, unseres Mitgliedes Herrn Fürsprecher Tenger in Bern, verwiesen, worin alles Wissenswerte über die Gründung, Finanzierung und Bauausführung des Internationalen Forschungsinstitutes und Sphinx-Observatoriums zusammenfassend niedergelegt ist. — Ferner verweise ich auf die Festschrift zur Einweihung des For-

schungsinstitutes von 1931 und eine Arbeit in der Vierteljahrsschrift der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft von 1934 von Herrn Professor Dr. W. R. HESS in Zürich.

Da jedoch diese Publikationen nicht leicht zugänglich sein dürften, will ich versuchen, das Wesentliche mit einigen Daten festzuhalten, die ich dem vorerwähnten Geschäftsbericht entnommen habe.

Im Bundesbeschluß vom 21. Dezember 1894 betr. die Konzession für eine Jungfraubahn ist in Art. 9a folgende Verpflichtung festgelegt:

„Die Gesellschaft ist verpflichtet, nach partieller oder gänzlicher Vollendung der Linie an die Erstellung und Einrichtung eines ständigen Observatoriums, insbesondere für meteorologische und anderweitige tellurisch-physikalische Beobachtungszwecke, auf der Station Mönch oder Jungfrau, eventuell auf beiden, eine Summe von mindestens Fr. 100 000.— zu verwenden, sowie an die Kosten des Betriebes während der jeweiligen Beobachtungszeit einen monatlichen Beitrag von Fr. 1000.—, jedoch nicht mehr als Fr. 6000.— in einem einzelnen Jahre, beizutragen. Der Entscheid über Ort, Zeit und Art der Anlage des oder der Observatorien, über deren Betrieb und die Mitwirkung weiterer Subvenienten beim Bau und Betrieb ist Sache des Bundesrates.“

Diese Verpflichtung wurde vom Konzessionär GUYER-ZELLER auf Anregung seines Beraters und Mitarbeiters Dr. MAURER, den im vergangenen Jahr verstorbenen frühern Direktor der Meteorologischen Zentralanstalt, selbst vorgeschlagen.

Nachdem im Jahre 1898 die erste Teilstrecke der Bahn von Scheidegg bis Eigergletscher dem Betrieb übergeben werden konnte, begannen dort die Arbeiten an der bis Jungfraujoch ca. 7,5 km langen Tunnelstrecke. Bis Station Eismeer wurde die Bahn mit Zahnstange von maximal 25 % Steigung gebaut. Für die weitere Tracé-Führung sah das Projekt eine Adhäsionsstrecke vor, die den Mönch durchquerend im Fels unter dem Eise des Jungfraujoches das eigentliche Massiv der Jungfrau erreichen sollte, um wieder als Zahnradbahn — alles im Berginnern — einen möglichst hoch und senkrecht unter dem Gipfel der Jungfrau gelegenen Punkt zu erreichen. Von dieser Endstation bis zum Gipfel war die Erstellung eines Schachtes mit Lift geplant.

Während des Baues der Teilstrecke Eismeer-Jungfraujoch wurde, in der Hauptsache aus finanziellen Gründen, das Projekt der Bahn bis auf den Jungfraugipfel endgültig fallen gelassen und das Jungfraujoch als Endstation bestimmt. In der Folge wurde das Tracé geändert und kurz vor dem Joch von der Adhäsionsbahn zur Zahnstange übergegangen, um die letzte Steilstufe zu überwinden.

Am 1. August 1912 konnten die Bahn bis Jungfraujoch, 3457 m ü. M. und das dortige Touristenhaus eröffnet werden. Später ist das „Berghaus“, ein mit allem neuzeitlichen Komfort ausgestattetes Hotel, gebaut worden.

Ueber die Kriegs- und Nachkriegsjahre gerieten die Konzessionsbestimmungen etwas in Vergessenheit, bis der Berner Geograph Professor A. DE QUERVAIN, im Anschluß an einen Kongreßbesuch, von sich aus und ohne Kenntnis derselben sich für die Idee einsetzte, in dem von der Jungfraubahn erschlossenen Hochgebirge der Wissenschaft einen Stützpunkt zu schaffen. Er sicherte sich die Mitarbeit einiger Forscher und gründete mit diesen die sogenannte Jungfraujochkommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft. In der Jahresversammlung vom 24. August 1922 beschloß die Schweiz. Naturforschende Gesellschaft, das Projekt einer Forschungsstation als ihre Aufgabe anzuerkennen und betraute mit der Durchführung desselben obige Kommission. Im Jahre 1925 errichtete Prof. DE QUERVAIN auf dem Firn des Jungfraujoch-Plateaus den heute noch existierenden kleinen Holzpavillon mit meteorologischen Instrumenten, deren tägliche Ablesungen für den Wetterdienst der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt benützt werden. Leider erlebte er die Verwirklichung seiner Idee nicht mehr, er starb im Jahre 1927.

Dem neuen Präsidenten der Jungfraujochkommission, Prof. Dr. W. R. HESS, gelang es, das Unternehmen auf die breitere Basis einer internationalen Stiftung zu stellen, die durch die Mitgliedschaft der Schweiz. Naturf. Gesellschaft, der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Berlin, der Universität in Paris, Royal Society London, Akademie der Wissenschaften in Wien und unter Mitwirkung der Jungfraubahn im September 1930 in Bern begründet wurde mit dem Zweck, „Gelehrten aller Länder wissenschaftliche Forschungen aller Art im Gebiete des Jungfraujoches zu ermöglichen und zu erleichtern.“

Für den Bau der Forschungsstation ergab sich nach den örtlich beschränkten Platzverhältnissen und den Bedürfnissen der einzelnen Disziplinen naturgemäß die Gliederung in ein Hauptgebäude an der verhältnismäßig geschützten Lage des südlichen Sphinxhanges als Stützpunkt, und in ein Hilfsgebäude für spezielle Aufgaben, dessen Erstellung auf dem freiliegenden Sphinxgipfel nach dem übereinstimmenden Urteil speziell der Meteorologen als gegeben erschien.

Das Hauptgebäude wurde nach den Plänen der Architekten Gebrüder PFISTER in Zürich im Jahre 1929 in Angriff genommen und nach

einer schwierigen Bauperiode von zwei Jahren im Mai 1931 dem Betriebe übergeben. Die ersten beiden Betriebsjahre zeigten die Notwendigkeit umfangreicher Sicherungsarbeiten gegen eindringendes Schmelzwasser und Steinschlag, die in Verbindung mit den ohnedies beträchtlichen Mehrkosten des Hauptgebäudes zu einer nicht vorgesehenen schweren finanziellen Belastung der Stiftung führten und damit leider auch den abschließenden Bau des Meteorologischen Pavillons hinauschieben ließen.

Inzwischen hatten sich der schon finanziell behinderten Ausführung des Meteorologischen Pavillons, ganz abgesehen von der komplizierten und während geraumer Zeit stark umstrittenen Frage des Gipfeleigentums, noch weitere Schwierigkeiten in den Weg gestellt. Vor allem schien das Projekt an der Frage des Gipfelaufzuges scheitern zu wollen, dessen vorgängige Anlage eine unumgängliche technische Voraussetzung für jeden Bau auf dem Sphinxgipfel war. Während der schweren Krisenjahre kam die Erstellung dieses Liftes weder für die Forschungsstation noch für die Jungfraubahn in Frage. Aus der Verzögerung erwuchs die Gefahr einer Abwanderung der speziell für den Sphinxpavillon reservierten Dotationen des Schweizer Alpenklubs und der Meteorologie. Billigere Projekte einer äußeren Aufzugsanlage würden den prächtigen Sphinxhang verunstaltet haben.

Die Lösung aus diesen mannigfachen Schwierigkeiten wurde im Jahre 1936 gefunden durch den Vertreter der Forschungsstation im Verwaltungsrate der Jungfraubahn in enger und harmonischer Zusammenarbeit mit deren leider allzufrüh verstorbenen Verwaltungsratspräsidenten, Herrn Dr. EHRENSPERGER, mit der Konstituierung einer selbständigen und neutralen Gesellschaft, der Sphinx A.G. Jungfrau-Joch, die als gemeinsame Trägerin all der mit diesem Gipfelpavillon verknüpften, z. T. heterogenen Interessen, die Aufgabe übernahm, das ganze Projekt zu finanzieren und einheitlich auszuführen.

Die Kosten des Gesamtprojektes mit Inbegriff der Aufzugsanlage, Besuchergalerie und Aussichtsterrassen kamen mit Fr. 438 000.— nicht wesentlich über den Voranschlag zu stehen und wurden je zur Hälfte durch ein hypothekarisch versichertes Darlehnskaptal der an der Jungfraubahn interessierten Banken, sowie durch Schenkungen und Subventionen aufgebracht (Eidg. Arbeitsbeschaffungskredit, Meteorologische Zentralanstalt, Schweizer Alpenklub, Forschungsstation, Kantone Bern und Wallis, Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Forschung an der Universität Bern) — ein klassisches Beispiel harmonischer Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Alpinismus.

Durch die Sphinx AG. Jungfrauoch wurde dem Verfasser, der bereits die Skizzen für den Pavillon ausgearbeitet hatte, die Bauleitung für die eigentlichen Hochbauarbeiten übertragen, während für die Tiefbauarbeiten (Zugangsstollen, Schachtanlage und Aufzug) Herr Ingenieur BEETSCHEN in Meiringen als Bauleiter berufen wurde. Die gesamten Hoch- und Tiefbauarbeiten wurden im Submissionsverfahren an die Bauunternehmung Grimselstaumauern vergeben.

Abb. 1 zeigt eine Ansicht des Sphinxgipfels mit dem Observatorium aus Nordosten, im Hintergrund die Jungfrau, dem ursprünglich ins Auge gefaßten Endziel der Jungfraubahn.

Der Lageplan (Abb. 2) orientiert über den ganzen Bautenkomplex auf Jungfrauoch, deren Einzelbauten durch den nahezu horizontalen Sphinx-Stollen und durch 2 Schächte untereinander und mit der Station der Jungfraubahn, unabhängig von allen Unbilden der Witterung verbunden sind. Der Sphinxstollen ermöglicht dem Bergsteiger und Skifahrer nach Osten bequemen Zugang zum Jungfraufrn. Als dritte Stätte wissenschaftlicher Forschung befindet sich ca. 25 m über dem Stollenausgang, in die Südostwand des Sphinxfelsens eingebaut, der 1938 vollendete astronomische Pavillon der Universität Genf.

Schon im September 1936 konnte mit den Bauarbeiten des Observatoriums durch Absprengen des Sphinxgipfels bis auf Kote 3571.50 begonnen werden. Am 24. Oktober erfolgte die Absteckung des Gebäudes und die Festlegung des Schachtzentrums auf diesem Plateau.

Schachtanlage und Aufzug.

Dem Baubericht des Herrn Ingenieur HANS BEETSCHEN in Meiringen entnehme ich folgendes:

„Die erforderlichen Vermessungsarbeiten zur Uebertragung des obern Schachtzentrums in dem Sphinxstollen führte Grundbuchgeometer A. FLOTRO in Meiringen aus.

Am 27. Oktober war der Ausgangspunkt für den Zugangsstollen zum untern Maschinen- und Warteraum abgesteckt und am 2. November wurde bereits mit den Sprengarbeiten begonnen.

Am 20. November waren der Seitenstollen und die Ausweitungen für die untere Station ausgebrochen und es konnte mit dem Schachtvortrieb begonnen werden, der am 1. März 1937 zum Durchschlag auf dem Gipfelplateau führte.

Die Ausführung des Schachtes sowie auch der gesamten Maurerarbeiten für das Observatorium wurde nach einer engern Submission der Sphinx-Unternehmung bestehend aus den Firmen H. Bürgi & Co., Bern, J. Frutiger's Söhne in Oberhofen und A. Marbach in Bern, übertragen. Die örtliche Lei-

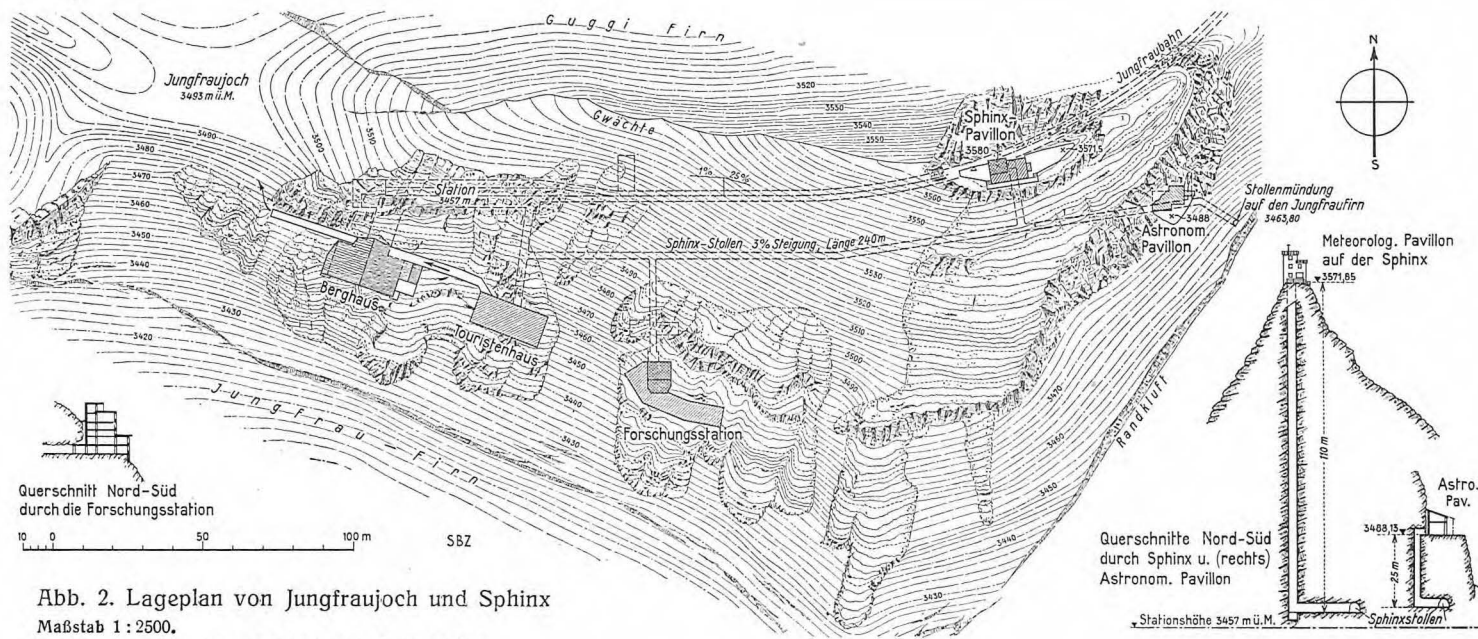


Abb. 2. Lageplan von Jungfraujoch und Sphinx

Maßstab 1 : 2500.

Geschlossene Höhenkurven Fels, langgestrichene Firn.

Topographische Aufnahmen Ing. R. u. M. Zschokke. Tunnel- und Stollenprojekte, Stationsanlage von Ing. Rich. Zschokke, Gontenschwil.

tung der Arbeiten für die Unternehmung besorgte Ingenieur W. GRIMM in Oberhofen.

Die wichtigste Aufgabe der Unternehmung bestand darin, das Problem der Entlüftung, des Materialtransportes und der Zugänglichkeit zur Schachtblust möglichst gut zu lösen, hing doch daran in erster Linie der Arbeitsfortschritt ab. Die Ventilation war so angeordnet, daß zwei im Zugangsstollen montierte Ventilatoren, die Schachtlust von der Schachtblust wegsogen und durch eine Leitung im Sphinxstollen in den Bergschlund des Jungfraufirnes drückten.

Der Arbeitsvorgang für den Schachtausbruch war folgender:

Der Schacht wurde von unten nach oben ausgebrochen. Die eine Hälfte des Profils diente als Materialsilo und war durch eine Rundholzwand abgeschlossen. Die andere Hälfte wurde als Zugang zur Arbeitsstelle benutzt und enthielt die Leitungen für Lüftung, Druckluft und Beleuchtung.

Als Aufstieg war ein hölzerner Turm aus Kantholz konstruiert, der mit wachsender Höhe des Schachtes immer nachgenommen wurde. Er ruhte unten auf einer Rollenbatterie, damit er später für das Betonieren der Schachtwandungen nach der Mitte des Profils verschoben werden konnte. Ein zweckmäßiger Abschluß oben verhinderte, daß das Abbruchmaterial der Abschlüsse in diesen offenen Zugang gelangen konnte. Durch diese Installation war ein verhältnismäßig müheloses Erreichen der Vortriebstelle möglich, auch der Materialtransport ging reibungslos vor sich. Das nicht zum Betonieren verwendete Ausbruchmaterial wurde auf dem Jungfraufirn abgelagert, wo es bald durch die Schneemassen zugedeckt wurde. Die Sprengungen erfolgten mittels elektrischer Zündung. Der Vortrieb wurde zuerst im zweischichtigen Betrieb durchgeführt. Nach Erreichung einer gewissen Höhe ging man zum dreischichtigen Betrieb über, um das richtige Verhältnis zu erhalten zwischen dem eigentlichen Vortrieb und dem Nachziehen der Silowandungen und des Aufstiegturmes.

Der Schacht wurde durchgehend 20 cm stark mit Beton verkleidet, um eine möglichst große Betriebssicherheit für den fertigen Aufzug zu erhalten. Um allfällige Wassereinsickerungen zu verhüten, wurde dem Beton Plastiment zugegeben. Des weitern wurden die ganze Kalkpartie von Kote 3504 bis 3530, sowie die beiden Anschlußpartien mittels Zementinjektionen (bis 20 atm) verdichtet. Die Gesteinstemperatur im Schacht betrug im Winter -4° C. — Durch eine Oelheizung wurde die Luft im Schacht während des Betonierens auf 8° C erwärmt. Nach Ausmauerung des Schachtes diente der Gerüsturm als Schlechtwetterzugang zur Arbeitsstelle für den Hochbau. Auch der Materialaufzug für den Hochbau war an diesem Turm montiert. Die ganze Durchführung des Schachtbaues brachte keinen nennenswerten Unfall. Für die Unterkunft und Verpflegung der Arbeiter stand das Touristenhaus der Jungfraubahn zur Verfügung. Da der Verkehr mit dem Tale während des Winters öfters für längere Zeit unterbrochen war, mußte die Arbeitsstelle für diese Zeit mit allem Notwendigen, Lebensmittel und Baumaterial, versorgt sein. — Das Trinkwasser wurde von der Station Scheidegg nach dem Jungfraujoch geführt. Die gutdurchdachte Installation der Baustelle, sowie eine zweckentsprechende Organisation der Arbeitsdurchführung haben die reibungslose Ausführung der Arbeiten sichergestellt.

Ueber die Stollen und Schachtbauten orientieren die folgenden Maßangaben:

Der Zugangsstollen zum Maschinen- und Warteraum des Aufzuges hat eine Breite von 2,50 m und eine Höhe von 2,20 m. Seine Länge bis zum Schachtzentrum mißt 21 m. Am Ende befinden sich Ausweitungen für den Maschinen- und Warteraum. Der Querschnitt des 110 m hohen, durchgehend ausgekleideten Schachtes ist kreisrund, mit einem lichten Durchmesser von 2,50 m.“

Die geologischen Verhältnisse am Sphinxgipfel waren vom Bau des Berghauses und des Forschungsinstitutes her im großen und ganzen bekannt. Der Aufschluß durch den Schacht ergab: Kote 3462 bis Kote 3504 Gastern-Kristalin, 3504 bis 3512 Kalk (oberer Jungfraukeil) 3512 bis 3513 Gastern-Kristallin, 3513—30 Kalk (oberer Jungfraukeil), 3530 bis 3571 (Gipfel) Erstfelder-Granit.

Für die Schachtanlage war hauptsächlich die Kalkschicht interessant, weil sie während des Hochsommers wasserführend sein konnte. Die gleiche Kalkschicht ist in der Galerie vom Berghaus zum Plateau des Jungfrauoches als schwarzes Band gut sichtbar.

Für die Ausführung der Stollen und Schachtbauten machte sich, da die Arbeitsstellen sich im geschützten Berginnern befanden, nur die große Meereshöhe mit ihrer „dünnen“ Luft nachteilig bemerkbar.

Beim Bau des Observatoriums kamen zu den Nachteilen der großen Höhe noch die Witterungsunbilden als ausschlaggebender Faktor hinzu.

Der Bau steht auf einem nach allen Seiten schroff abfallenden Felsgrat im Sattel zwischen Mönch und Jungfrau, ist daher den Winden in außerordentlicher Weise ausgesetzt. Die exponierte Lage und die Form des Geländes, ein breites, flaches Gletschertal auf der Sonnenseite und ein tiefes kaltes Trogtal auf der Guggiseite, begünstigen die Entstehung gefährlicher Fallwinde und Wirbel. Neun bis zehn Monate im Jahr herrschen in dieser Höhe arktische Klimaverhältnisse. Dazu kommen große Temperaturdifferenzen, die zersetzende Wirkung des Schmelzwassers und die Gefahr elektrischer Entladungen, die im Zuge des höchstens Alpenkammes besonders heftig auftreten können, alles Faktoren, die für die Durchführung der Bauarbeiten und die spätere Erhaltung des Gebäudes von ausschlaggebender Bedeutung gewesen sind.

Nach eingehenden Studien wurde deshalb beschlossen, über der Baustelle ein hölzernes und heizbares Schutzhaus zu erstellen, das gleichzeitig als Baugerüst diente. Seine Konstruktion erforderte wegen der ungewöhnlichen Windkräfte (250 kg pro m²) auf die geschlossenen

Wände genaue Berechnung und wegen des Transportes durch den Schacht möglichste Kleinheit der Bauelemente.

Die Binder sind als Gitterträger aus 45 mm dicken Brettern zusammengearbeitet und mit „Bulldogg“-Verbindern und Schrauben fest verbunden worden, desgleichen auch die meisten übrigen Konstruktionsteile. Hierauf wurde alles mit Brettern und Dachpappe eingekleidet. Gegen den vermehrten Winddruck auf die beiden Längsseiten wurde inwendig an allen Bindern eine zusätzliche Sicherung aus diagonal angeordneten starken Zugeisen angebracht. Die Schutzhütte hat uns sehr wertvolle Dienste geleistet. Nur so war es möglich, das Observatorium in der knappen Bauzeit von 3 Monaten zu vollenden. Die Installation einer Beleuchtungsanlage erlaubte eine Arbeitsteilung in zwei Schichten.

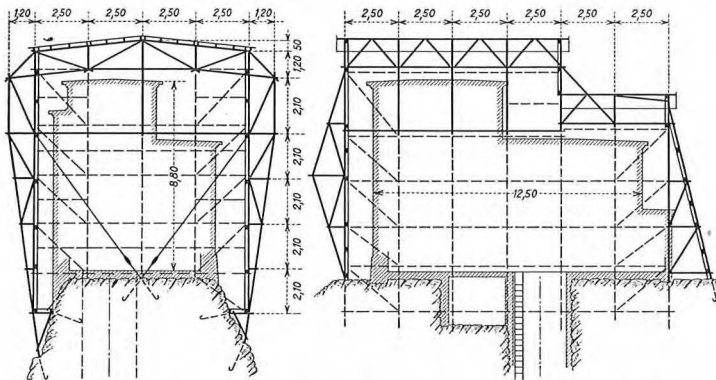


Abb. 3. Konstruktions-System der Schutzhütte — 1:350

Wohl die schwierigste und gefährlichste Arbeit am ganzen Bau war das Aufrichten der Schutzhütte. Wegen des Ueberhängens der Konstruktion über die nahezu senkrechten Wände nördlich und südlich des Gipfels durften nur absolut sichere und schwindelfreie Zimmerleute mit dieser heiklen Arbeit betraut werden. Leider herrschte fast während der ganzen Dauer des Aufrichtens schlechtes Wetter mit ergiebigen Schneefällen. Selten gab es einen windstillen Tag. Bei klarem Wetter blies ein heftiger Wind, der den Pulverschnee in großen Fahnen über den Sphinxgrat trieb, bei einer Temperatur bis zu -12° C. In ständiger Gefahr eines Absturzes mußten die Leute unter Aufbietung aller Energie arbeiten. Als am 12. Juli die Schutzhütte auf drei Seiten und oben geschlossen war, atmete jedermann auf, war doch alles ohne nennenswerte Unfälle oder Erkältungskrankheiten abgelaufen.



Abb. 4. Das Skelett der Schutzhütte kurz vor dem Einschalen

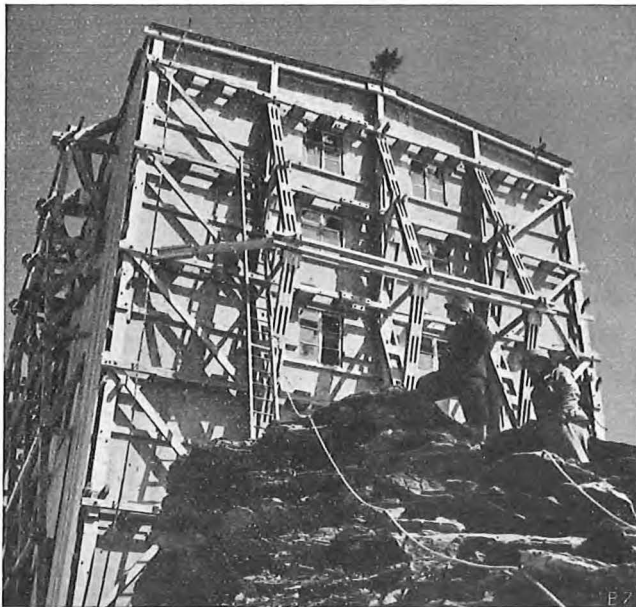


Abb. 5. Die fertige Schutzhütte auf der Sphinx aus Westen

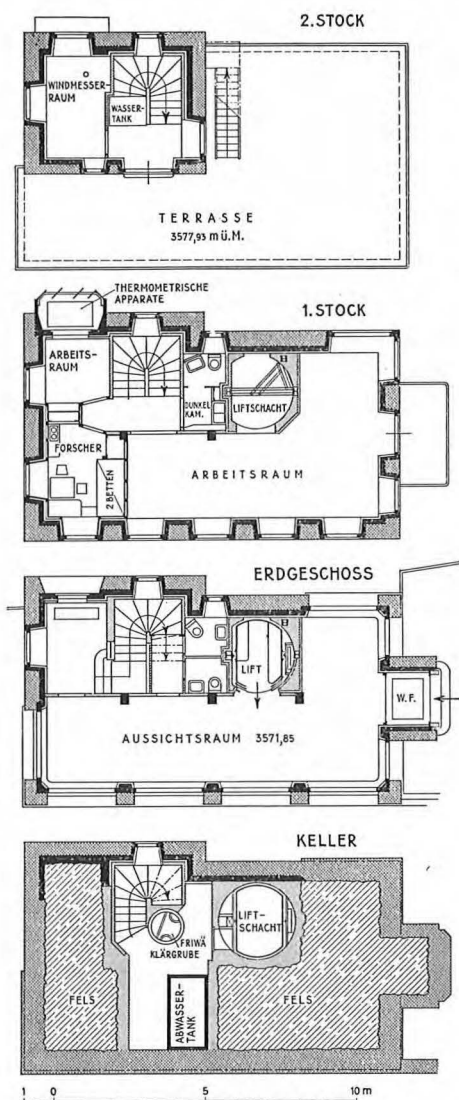


Abb. 6. Grundrisse Maßstab 1:250
Schwarz Eisenbeton, kreuzschraffiert Mauerwerk,
schraffiert Beton.

Die Abmessungen der Schutzhütte und das Konstruktionschema sind aus Abb. 3 ersichtlich. Es wurden dafür 37 m³ Konstruktionsholz, 757 m² Wand und Dachverschalung mit Dachpappe verarbeitet, 100 m² Gerüstbretter und 925 kg Zug- und Ankereisen verwendet. Ein Teil des Baumaterials mußte nach Vollendung des Baues verloren gegeben werden. Nach Entfernung der Fenster, Gerüstbretter und teilweise der Verschalung wurde die Hütte nach Demontage des Daches in 4 Teile auseinandergeschnitten. Die beiden Schmalseiten konnten auf den Felsterrassen östlich und westlich auseinandergenommen und durch den Schacht abtransportiert werden. Für die Längsfronten war ein Abmontieren schwierig und der Abtransport zu kostspielig, weil die Erstellung eines spez. Hängeseilzuges notwendig gewesen wäre. Man hat sie deshalb über die beiden Bergflanken auf den Gletscher abgeworfen, wo ein Teil des Materials als Brennholz für die im Jungfraugebiet befindlichen S.A.C.-Klubbütten geholt wurde.

Bezüglich der Einteilung des Observatoriums sei auf die Grundrisse und Schnitte (Abb. 6 und 7) verwiesen.

Die geräumige Erdgeschoßhalle ist öffentlicher Benützung zugänglich. Hier mündet auch der Aufzug. Große Spiegelglasfenster bieten freie Aussicht auf das großartige Panorama nach allen vier Himmelsrichtungen, wenn die Witterung den Aufenthalt auf den östlich und

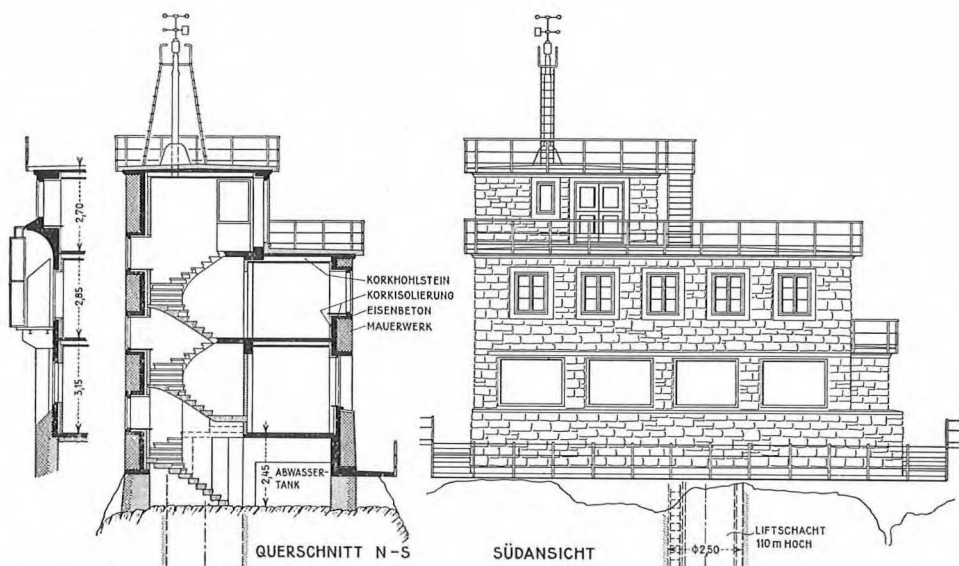


Abb. 7. Schnitte und Südfassade des Sphinx-Pavillon

Maßstab 1 : 250.

westlich vorgeschobenen Aussichtsterrassen nicht gestattet. Die Ausstattung des Raumes ist sehr einfach. Bis Fenstersimsenhöhe sind die Wände mit Lärchenholz vertäfelert, darüber hellgelb verputzt. Fenster- rahmen, Türen und die ganze Decke sind ebenfalls aus Lärchenholz. Eine Bronzetafel orientiert den Besucher über Gründung und Zweck des Baues.

Die Räume für die wissenschaftlichen Beobachtungen befinden sich im I. und II. Stock und sind, um den Forschern ein ungestörtes Arbeiten zu ermöglichen, streng abgeschlossen. Durch einen geräumigen Vorplatz im Erdgeschoß, in welchem Instrumente zur Beobachtung der Abenddämmerung Aufstellung finden sollen, erreicht man über eine bequeme Steintreppe den I. Stock. Rechts neben der Treppe gegen Norden befindet sich ein kleiner Raum, reserviert für die Beobachtungen und Arbeiten der Meteorologie. Dem nördlichen Fenster ist eine gegen Morgen- und Abendsonne-Bestrahlung geschützte Freiluftnische mit Blenden aus armiertem Beton und Eternit vorgebaut. Hier sind in einer Kabine alle der Meteorologie dienenden Instrumente aufgestellt und können abgelesen werden, ohne daß dabei das Fenster geöffnet werden muß.

Ein kleiner nach SW gelegener Wohn- und Schlafrum ist für Dauerbeobachtung mit allem für einen längeren Aufenthalt notwendigen



Abb. 8. Sphinx-Pavillon am 31. Okt. 1937



Abb. 9. Das Sphinx-Observatorium v. Osten. Sommerbild

Inventar ausgerüstet. Nebst elektrischer Kocheinrichtung mit komplettem Kücheninventar sind da Tisch, Bank, Büchergestell mit kleiner Bibliothek und 2 übereinander liegende Betten auf kleinen Raum zusammengedrängt. Das vollständig mit Lärchenholz getäfelte Zimmer macht einen freundlichen und warmen Eindruck.

Mehr als die Hälfte der Grundfläche des ersten Stockes konnte als Arbeitsraum für alle Zweige der Höhenforschung nutzbar gemacht werden. Zahlreiche Fenster gestatten Beobachtungen nach 3 Himmelsrichtungen.

Die Nordostecke des Raumes ist, soweit es die Konstruktion des Gebäudes erlaubte, für Beobachtung der Morgendämmerung, in große Fenster aufgelöst worden. Auf eine vielseitige Verwendung des großen Arbeitsraumes wurde baulich möglichst Rücksicht genommen. Er soll später in kleinere Abteilungen unterteilt werden, um den verschiedenen Disziplinen ein unabhängiges Arbeiten zu ermöglichen. Die kleine Terrasse über dem Windfang dient Beobachtungen im Freien.

Auf der gleichen Etage befinden sich noch eine vollständig eingerichtete Dunkelkammer und ein W.C. mit Toilette.

Im II. Stock befindet sich nur ein kleiner Arbeitsraum für Meteorologie, in welchem Windmesser und andere Apparate aufgestellt sind, und im Treppenvorplatz der eiserne Tank für die Frischwasserversorgung. Auf diese Anlage werde ich später noch zurückkommen.

Die großen Terrassen im II. und III. Stock dienen den vielfältigen Beobachtungen im Freien. Zur Durchführung von Kabeln und Leitungen sind in den Mauern und Decken zwischen dem Arbeitsraum im I. Stock und der Terrasse darüber verschließbare, und gegen Kondenswasser geschützte Röhren eingebaut.

Für die äußere Gestaltung des Gebäudes war besondere Rücksichtnahme auf die hochalpine Landschaft geboten. Der einfache, schlichte Zweckbau ist der Architektur des Forschungsgebäudes als Hauptgebäude angepaßt worden.

Dem Gebäude sind östlich und westlich zwei nach 3 Seiten steil abfallende Terrassen vorgelagert, von welchen man eine unvergleichliche Rundschau auf eine großartige Gletscherwelt einerseits, und über die düsteren Fels- und Gletscherschlünde des „Guggi“ hinweg in die grüne Voralpenlandschaft bis hinaus zu Schwarzwald und Vogesen anderseits genießt. Beide Terrassen sind durch einen, über die Südwand der Sphinx vorkragenden Balkon verbunden. Damit die Aussicht von der Erdgeschoßhalle nicht zu sehr beeinträchtigt wird, wurde dieser Balkon um 1,20 m gegenüber dem Erdgeschoßboden vertieft.

Um dem Besucher den Genuß einer ungestörten Gipfelfreude zu bewahren, ist eine Verpflichtung festgelegt worden, wonach auf dem Gipfel der Sphinx keine Wirtschaft betrieben und keine Reiseandenken verkauft werden dürfen.

Von besonderem Interesse dürfte die konstruktive Durchbildung des Gebäudes sein. Es besteht aus einer tragenden Betonkonstruktion von 18 cm Stärke (Beton P. 300 mit Plastiment-Zusatz) und einer äußern Schutzvormauerung, von 50 cm starkem häutigem Bruchsteinmauerwerk, im Eisenbeton rückwärts verankert und mit Beton sorgfältig hinterstampft. Diese Konstruktion wurde gewählt, um Wasserinfiltrationen möglichst zu vermeiden. Aus diesem Grunde sind auch die Fenstereinfassungen in den Eisenbetonkern einbezogen und bis zur äußern Bauflucht vorgezogen. Es hat sich nämlich erwiesen, daß Bruchsteinmauerwerk allein, auch wenn es noch so sorgfältig gemauert wird, bei Sturm keinen sichern Schutz gegen Regenwasser bietet. Nicht nur die Arbeitsfugen können wasserdurchlässig sein, sondern auch ein poröser oder falsch gelagerter Stein. Das gewählte Zweischichten-System hat nicht nur den großen Vorzug eines doppelten Schutzes gegen Regen oder Rückstauwasser, es ist naturgemäß auch viel wärmehaltender und vor allem stabiler.

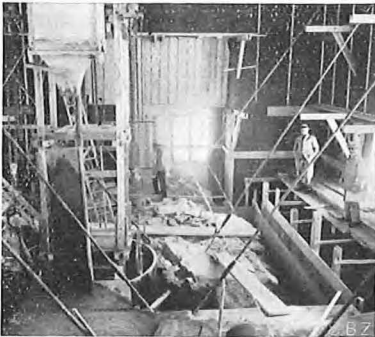


Abb. 10. Beginn der Fundamentierung um den Felskern herum, in der Hütte



Abb. 11. Betonieren der Decke über I. St., links hinten Thermometer-Nische

Die innere Isolation besteht aus 4 cm starken Korkplatten, mit Hydrasphalt auf die rohe Betonwand aufgezogen, mit Kalkmörtel verputzt, der mit Streckrabitz armiert wurde. Die Gesamtstärke der Außenwand beträgt demnach 74 cm. Sämtliche Deckenkonstruktionen sind ebenfalls in Eisenbeton ausgeführt mit Hohlkörpern aus Kork.

Die Berechnungen und Pläne zu den gesamten Eisenbetonarbeiten wurden vom Ingenieurbureau H. THEILER in Thun, unter Mitarbeit von FR. ROTH erstellt.

Besondere Sorgfalt ist der Konstruktion der Dachterrassen gewidmet worden. Da voraussichtlich später schwere Apparate zur Aufstellung gelangen, hat man sie entsprechend stark konstruiert und ein Material gewählt, das Witterungseinflüssen und den großen Temperaturdifferenzen am besten widersteht. Ich habe deshalb auch hier, ähnlich wie bei der Fassade, eine zweischichtige Konstruktion gewählt, eine tragende und eine schützende.

Ueber die tragende eisenarmierte Decke wurde eine isolierende Zwischenschicht und darüber eine freiaufliegende „schwimmende“ Schutzdecke aus armiertem Beton von 12—16 cm Stärke gelegt. Die Isolierschicht besteht aus einer Grundierung mit Hydrasphalt, darüber 2 Lagen 2 mm starker Bitumenpappe mit Hydrasphalt aufgezogen, nochmaligem Anstrich mit Hydrasphalt B, der mit trockenem sauberem Sand beworfen wurde. Die beiden Jutepappen sind mit 10 cm Ueberlappung kreuzweise verlegt worden. Gegen seitliche Rückstauwasser sind die Anschlußstellen zwischen Terrasse und aufgehender Wand durch Hochziehen dieser Zwischenschicht speziell gesichert.

Alle äußern Eisenteile wie Geländer, Beschläge, Tragkonstruktionen, Treppe etc. sind im Vollbade verzinkt, weil Oberflächenanstrich sich im Hochgebirge nicht bewährt.

Schwierig gestaltete sich der innere Ausbau bei den engen Platzverhältnissen in der Schutzhütte. Dank guter Organisation und tüchtiger Unternehmer konnten indessen auch diese Arbeiten rechtzeitig fertiggestellt werden. Eine Zeitlang herrschte ein fürchterliches Gedränge auf der Baustelle, wo Schreinerarbeiten, elektrische und sanitäre Installationen, Boden- und Wandbeläge und Schlosserarbeiten ineinandergriffen. Dabei waren die Maurerarbeiten noch in vollem Gange und jede verfügbare Ecke in der Schutzhütte mit Material vollgepropt. Zu gleicher Zeit mußte der Materialaufzug abgebrochen und der definitive Lift montiert werden, was unliebsame Unterbrüche im Baumaterialtransport zur Folge hatte. Diese Wochen aufreibender, geistig und körperlich zermürender Arbeit werden wohl allen Beteiligten in lebhafter Erinnerung bleiben.

Es würde zu weit führen, über alle Einzelheiten der Konstruktion und Arbeitsausführung ausführlich zu berichten. Es gab manch schwieriges Problem zu lösen, ich erwähne nur Heizung, Wasserversorgung und Blitzschutzanlage.

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt mittels elektrischer Energie. Sämtliche Arbeits- und Nebenräume haben Strahlungsheizung durch Wandöfen erhalten. In der Aussichtshalle ist eine Fußbodenheizung installiert worden, die je nach Bedarf stufenweise geschaltet werden kann. Diese Beheizungsart ist sehr angenehm, bedarf jedoch ziemlich viel elektrischer Kraft. Bei Volleistung, d. h. bei einer Außentemperatur von -30°C und einer Innentemperatur von $+18^{\circ}\text{C}$, erfordern die 18 Heizkörper der Fußbodenheizung 9 K. W.

Sehr schwierig war die Versorgung des Observatoriums mit Frischwasser. Eine Wasserefassung am Sphinxgipfel (Regen- oder Schmelzwasser) kam, weil zu unsicher und unhygienisch, nicht in Frage. Es war deshalb das Gegebene, filtriertes Schmelzwasser aus der großen Tankanlage des Forschungsinstitutes zu entnehmen und mittelst einer Hochdruckzentrifugalpumpe 120 m höher in ein im II. Stock des Observatoriums montiertes Reservoir zu pumpen, von dem aus die Verteilung zu den verschiedenen Zapfstellen erfolgt. Die fast 300 m lange Eisenrohrleitung wurde im Kabelgraben des Sphinxstollens und offenen Lichtschacht montiert, sie ist deshalb sehr der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt, weil die Temperatur im Schacht bis zu 5°C unter den Gefrierpunkt sinken kann. Um allen Eventualitäten vorzubeugen, wurde ein einfaches System von Pumpen und Schaltern errichtet, das wie folgt arbeitet: Ist mittelst der vorerwähnten Hochdruckpumpe das Reservoir im Observatorium gefüllt, so wird mittelst eines Schwimmerschalters die Förderpumpe ausgeschaltet, worauf sich ein elektromagnetisches Entleerungsventil öffnet und den ganzen Wasserinhalt der Leitung in ein kleines Reservoir beim Forschungsinstitut zurückfließen läßt. Sobald der Wasserstand darin eine bestimmte Höhe erreicht hat, wird durch eine ähnliche Schaltvorrichtung wie beim obern Reservoir, eine kleine Phönixpumpe in Betrieb gesetzt, die das Wasser wieder in den großen Tank zurückbefördert. Diese Disposition hat den Vorteil, daß die Druckleitung auch bei allfälligen Störungen im elektrischen Leitungsnetz funktioniert, weil sich das Entleerungsventil nur durch Stromloswerden öffnet. Die ferngesteuerte, vollautomatisch und sicher arbeitende Anlage bedarf ein Minimum an Wartung und es geht nichts von dem kostbaren Wasser verloren.

Besondere Aufmerksamkeit mußte dem Problem des Blitzschutzes gewidmet werden. Ich weiß aus Erfahrung als Bergsteiger, wie heftig elektrische Entladungen an derart exponierten Hochgebirgsgräten auf den Menschen wirken können, wie vielmehr mußte ein Gebäude mit vielen Tonnen eingebautem Rundeisen Anlaß dazu geben. Die

Meinungen über die zu treffenden Schutzmaßnahmen gingen sehr auseinander und die Erfahrungen vom Säntis- und Sonnblickobservatorium, sowie von isoliert stehenden Klubbhütten konnten wegen den grundverschiedenen örtlichen und baulichen Verhältnissen nur in geringem Maße wegleitend sein. Ein ganzer Fragenkomplex tauchte auf, speziell war zu prüfen, welchen Einfluß das eiserne Gestänge des Lifts auf eine allfällige Entladung haben könnte, weil dieses in trockenen Fels mündet und nicht geerdet werden konnte. Um etwas Erfahrung zu sammeln, wurde die Schutzhütte die ersten zwei Wochen des Monats Juli ohne Blitzschutz gelassen. An gewitterhaften Tagen zeigten sich, auch bei schönem Wetter, sofort die üblichen Erscheinungen, wie Elmsfeuer und Funkenbildung, speziell zwischen den Zugstangen und herumliegendem Werkzeug oder Rundeisen. Als Provisorium haben wir eine einfache Blitzableitung aus 20 mm breitem Kupferband, in Form einer Ringleitung längs den 4 Dachkanten erstellt. Alle 2—3 m wurde eine Auffangspitze von etwa 25—30 cm Länge aus dem gleichen Material angelötet und die Ringleitung mit Kupferband an 2 Stellen nach der im Sommer nassen Guggseite geerdet. Von diesem Moment an konnten nicht die geringsten elektrischen Entladungen mehr beobachtet werden. Die Annahme, daß das Netzwerk des Betonrundeisens, welches mit den Verankerungen der Fundamente verbunden ist, einen sogenannten Faraday'schen Käfig bilde, erwies sich als richtig. Trotzdem wurde eine zusätzliche Blitzschutzanlage aus Kupferband an allen eisernen Geländern angebracht und selbstredend auch der exponierte Windmesser angeschlossen. Die Erdung erfolgte in gleicher Weise wie oben erwähnt.

Es bleibt noch kurz über die Liftanlage zu berichten. (Abb. 12.) Der Liftschacht ist kreisrund und hat 2,50 m Durchmesser. Der Aufzug hat eine Hubhöhe von 109,80 m ohne Zwischenhalt. Die Hubgeschwindigkeit beträgt 1,5 m Sek., die An- und Ausfahrtgeschwindigkeit 0,4 m Sek. Die Fahrzeit beträgt ca. 80 Sekunden. Mit dieser Liftanlage ist eine Bahnanlage geschaffen worden, welche die Landschaft in keiner Weise beeinträchtigt. Sie vermittelt auch Berguntüchtigen ungestörte Gipfelfreuden und erschließt ihnen ein herrliches Stück unserer schönen Heimat.

Der Einfluß der Höhenlage auf die Arbeitsleistung entspricht, soweit es sich um

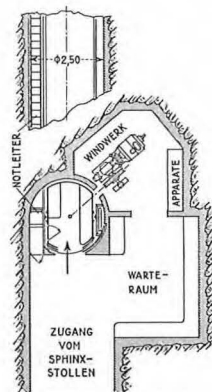


Abb. 12. Zugang unten

Arbeiten in der geschlossenen Schutzhütte, oder im Schacht handelt, ziemlich genau der Annahme unserer Vorberechnung. Die Minderleistung gegenüber dem Tiefland macht etwa 15 bis 20 % aus, je nach Arbeit und körperlicher Eignung, dagegen schwankt sie außerordentlich stark bei Arbeiten im Freien. Eine Abschätzung ist hier unmöglich, es ist sehr verschieden, ob bei ruhigem Wetter oder bei Wind gearbeitet werden muß. Bei Wind steigt das Sauerstoffbedürfnis sehr stark und kann schon bei einem schwachen Sturm direkt zu Atemnot führen. Im Oktober 1937 hatte man im Tiefland 3 Wochen lang sehr schönes und warmes Föhnwetter, über das Jungfraujoch und besonders den Sphinxgrat raste während dieser ganzen Zeit ein Föhnsturm mit starker Reifbildung (vergl. Abb. 8), der ein Arbeiten im Freien fast unmöglich machte. Die Schlosser, welche die Geländer zu setzen hatten, hielten es höchstens eine halbe Stunde im Freien aus und mußten halb- bis dreiviertelstündige Pausen einschalten, um sich zu erholen.

Die kurze, zur Verfügung stehende Bauzeit bedingte eine Arbeitsteilung in 2 Schichten à 11 Stunden. Diese intensive Inanspruchnahme hatte naturgemäß eine raschere Ermüdung der Arbeiter zur Folge. Nach gewisser Zeit machten sich Störungen körperlicher und seelischer Art, wie Appetit- und Schlaflosigkeit und im Zusammenhang damit eine gewisse Gereiztheit bemerkbar. Wir nannten diesen Zustand „Höhenkoller“. Um sich von den ermüdenden Wirkungen des Höhenklimas zu erholen und um den Arbeitern Gelegenheit zu geben, ihre Angehörigen zu besuchen, wurde alle 14 Tage Schicht gewechselt, und die Arbeit vom Samstag mittag bis Montag mittag eingestellt. Diese Maßnahme hat sich als sehr gut erwiesen, nur so konnte die Arbeitsleistung des einzelnen Mannes bis zum Schluß auf annähernd der gleichen Höhe gehalten werden.

Von den gesamten Hochbauarbeiten beanspruchten die Maurer- und Eisenbetonarbeiten den größten Teil, sie stehen zu den übrigen Arbeiten etwa im Verhältnis von 13:8.

Die Belegschaft begann am 17. Mai mit 4 Mann, stieg bis Ende Juni auf 16 Mann, um mit Einführung des Schichtenbetriebes 46 Mann zu erreichen, die zum Teil auch noch mit Tiefbauarbeiten, u. a. mit Injektionen im Schacht beschäftigt waren. Die Einrichtung der Baustelle und Organisation der Arbeit verdient volle Anerkennung, desgleichen die Ausdauer und Disziplin der Arbeiterschaft. Eine große Erschwerung und Verteuerung verursachte die Notwendigkeit, alles Material durch den 110 m hohen Schacht hinaufzubefördern. Hiefür diente ein Rapidaufzug von 1000 kg Tragkraft und 30 cm/Sek. Hub-

geschwindigkeit. Der Hochbau, mit Beginn der Fundamentierungsarbeiten (Abb. 10) am 1. August, war schon am 8. September im Rohbau vollendet, ein Tempo, das obige Anerkennung vollauf rechtfertigt. In diese Anerkennung sind natürlich auch die Organe der Jungfrau-bahn einzubeziehen, die ihrerseits die Arbeiten nach Kräften förderten.

Mit dem Bau des Liftes und des Observatoriums hat das — man darf angesichts der enormen Bauschwierigkeiten wohl sagen — monumentale Werk der Jungfrau-bahn seinen endgültigen Abschluß und seine Krönung erfahren. Mit dem Bau des Meteorologischen Pavillons als Schlußstein der Forschungsstation sind auch die in der Konzession niedergelegten wissenschaftlichen Bedingungen erfüllt und das von GUYER-ZELLER mit großem Weitblick und Optimismus begonnene Werk vollendet.

Was die wissenschaftliche Bedeutung des Meteorologischen Observatoriums auf dem Sphinxgipfel anbelangt, hat sich Professor A. VON MURALT, der Stiftungsratspräsident der Forschungsstation, in der Presse wie folgt geäußert:

„Die wissenschaftliche Bedeutung der meteorologischen Station auf dem Sphinxgipfel liegt vor allem in ihrer einzigartigen Lage.

Für den Astronomen bietet sie die Möglichkeit, den Dunstschichten des Tieflandes mit seinen umfangreichen und schwer transportablen Instrumenten zu entfliehen. Die unmittelbare Nähe der Bahnstation gestattet die Aufstellung von fast jedem astronomischen Instrument auf der Terrasse der neuen Station. Dadurch wird es möglich, das Licht mittelstarker und schwacher Sterne, das bezüglich seines Anteiles an ultravioletten Strahlen besonders interessant ist, genau zu untersuchen. Durch die Dunstschichten der tiefern Erdatmosphäre dringen gerade diese Strahlen nicht hindurch, so daß dem Astronomen durch die neue Station ganz neue Möglichkeiten erschlossen wurden. Aber nicht nur die Dunstschichten der Erdatmosphäre haben eine starke Absorption für die ultravioletten Strahlen, sondern auch sehr viel höher gelegene Schichten, die aus Ozon gebildet werden. Die Untersuchung und Vermessung dieser hochgelegenen Ozonschicht, die jahreszeitlich bedingte Schwankungen und Verschiebungen auf der Erdoberfläche erleidet, hat außerordentlich wichtige Ergebnisse gezeitigt. Die neue Station wird für die Untersuchung der Ozonschicht und ihrer Verteilung in der Erdatmosphäre von großer Bedeutung werden, weil in ihr in geeigneter Weise auch die erdnahe Komponente der Ozonschicht gemessen werden kann, wie es bisher noch nicht möglich war.

Für die Meteorologen wird die Station zu einem eigentlichen Heim für alle Fragen des Höhenklimas. Ein besonderer Raum ist für die Beobachtung und Vermessung der im Zusammenhang mit der Dämmerung auftretenden Purpurfarben in der Atmosphäre eingerichtet worden. Diese Farben

haben insofern eine große wissenschaftliche Bedeutung, als sie nicht mit den Dunstschichten der tiefern Atmosphäre zusammenhängen. Die Messung der Purpurtöne, die besonders schön zu beobachten sind, wenn zwischen dem Beobachter und der Stelle des Sonnenunterganges ein Hochdruckgebiet liegt, hat erwiesen, daß bedeutungsvolle Zusammenhänge zwischen meteorologischen Faktoren und Dämmerungserscheinungen bestehen. Beobachtungen, die sich die Wetterkundigen aller Zeiten in mehr empirischer Weise zunutze gemacht haben, können jetzt in der neuen Station einer eingehenden wissenschaftlichen Aufklärung unterworfen werden.

Die freie Lage der Station wird sich auch für die Aufnahme von Zeitraffer-Filmen der Wolkenbildung und des Zerfließens dieser Gebilde, die am Jungfraujoeh besonders schön beobachtet werden können, hervorragend eignen. Derartige Filme haben für den Meteorologen mit Rücksicht auf die Wolkenforschung großes Interesse. Aber auch der Aerodynamiker interessiert sich dafür, weil ihm die Wolken als suspendierte Indikatoren für die Luftströmungen in den Bergen dienen. Aus derartigen Beobachtungen und Messungen können die Strömungslinien der Luft um ein alleinstehendes Gebirge konstruiert werden. Die Aviatik, der Segelflug und die Wetterkunde haben für diese Vermessungen ein unmittelbares praktisches Interesse.

Für die Physiker wird vor allem der freie Beobachtungsbalkon der Station unschätzbare Dienste leisten. Die Erforschung der kosmischen Strahlung hat ja gezeigt, daß diese aus zwei Komponenten besteht. Die eine Komponente besteht aus sehr schnellen Elektronen. Diese Partikel besitzen Energien von 100 bis 100 000 Millionen Elektronen-Volt, während das sichtbare Licht aus Quanten besteht, die nur eine Energie von einigen Elektronen-Volt besitzen. Man hat in der kosmischen Strahlung eine Strahlungsquelle entdeckt, die Teilchen mit Energien aussendet, wie sie bei uns auf der Erde bis jetzt noch nicht bekannt sind. Man verspricht sich daher von der Wechselwirkung dieser Teilchen mit Materie Möglichkeiten des Experimentes, die zur weiteren Aufklärung des Feinbaues der Moleküle und Atome führen werden. Um diese Strahlung möglichst in ihrer ursprünglichen Form fassen zu können, muß der Physiker mit seinen Apparaturen, die Tonnen wiegen können, so hoch hinauf (die Aufstiege von Picard waren ja auch hauptsächlich für die Erforschung der Höhenstrahlung beabsichtigt), als es die Transportmöglichkeiten erlauben. In dieser Hinsicht eröffnet die Station auf dem Sphinxgipfel ganz einzigartige Möglichkeiten. Man wird auf dem Beobachtungsbalkon in den nächsten Jahren umfangreiche Apparaturen sehen, in denen die kosmische Strahlung aufgefangen und durch elektrische und magnetische Felder größter Stärke höchst interessanten Versuchen unterworfen wird.

Die zweite Komponente der kosmischen Strahlung stellt ebenfalls eine auf unserer Erde ganz unbekannte Strahlung dar. Sie ist durchdringender als die härtesten Röntgenstrahlen und hat ein beträchtliches theoretisches Interesse. Von den Untersuchungen dieser Komponente in der neuen Station darf man sich äußerst interessante Ergebnisse versprechen.

Was ist die kosmische Strahlung überhaupt? Sie bringt uns Kunde von gewaltigen Energieumsetzungen im Weltall, wie wir sie in solchem Ausmaß in unserem Sonnensystem gar nicht kennen und auch sonst noch nirgends beobachtet haben. Ihr Ursprung ist aber vorläufig noch ganz

dunkel. Durch eine seit einem Jahr auf dem Jungfraujoch durchgeführte Dauerregistrierung der Höhenstrahlung wird aber versucht festzustellen, ob die Höhenstrahlung im Zusammenhang mit dem Auftreten neuer Sterne (sogenannte *Novae* oder *Supernovae*) sich ändert. Für diese Dauerregistrierung wird die Station auf der Sphinx mit ihrem großen Horizont ausgezeichnet sein. Man darf wohl hoffen, daß eine Abklärung über den so eifrig gesuchten Ursprung der kosmischen Strahlung eine kommende Frucht dieser neuen Station wird.

Neben diesen Arbeitsgebieten bietet die Station noch Möglichkeiten zur Untersuchung von Windströmungen, Temperaturschwankungen, Luftdruckmessungen, Strahlungsmessungen und Ladungsmessungen. Für die Aufklärung der elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre, für die Abklärung der komplexen Einwirkung des Föhnes und vieler anderer Fragen sind hier ganz neuartige und wertvolle Vorbedingungen auf Schweizer Boden entstanden.“

Der Bau des Sphinxpavillons hat nicht nur in viele Familien den willkommenen Verdienst gebracht, er hat auch alle, die daran arbeiten durften, um ein tiefes Erlebnis bereichert.

Speziell erwähnen möchte ich noch das gute Einvernehmen und gegenseitige Verständnis zwischen Bauherrschaft, Bauleitung und Unternehmung, das für eine reibungslose und rasche Durchführung dieses Baues von ausschlaggebender Bedeutung gewesen ist.

Daß trotz wirtschaftlicher Krise das Werk letztes Jahr seiner Zweckbestimmung übergeben werden konnte, ist in erster Linie das Verdienst von Herrn Fürsprecher TENGGER. Seiner tatkräftigen Initiative und seinem Elan ist die Gründung der Sphinx AG. zu verdanken, die das Ganze zum Erfolge führten.

Die Clichés 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12 wurden von der Schweiz. Bauzeitung in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

Die meteorologischen Verhältnisse während des internationalen Segelfluglagers auf dem Jungfrauoch 4.–18. September 1935

Von M. Bider, Basel

Das im September 1935 auf dem Jungfrauoch veranstaltete internationale Segelfliegerlager sollte erstmals die Möglichkeiten des Segelfluges in großem Maßstabe im Hochalpengebiet erforschen. Daß zu diesem Zwecke das Jungfrauoch (3400 m) gewählt wurde, liegt an der leichten Erreichbarkeit dieses Gebietes durch die Jungfraubahn, auch wurden von hier aus schon früher vereinzelt Segelflüge mit gutem Erfolg unternommen. Die ganze Veranstaltung hatte nicht einen rein sportlichen Charakter, sondern diente gleichzeitig der Untersuchung über die Möglichkeit der Erforschung des Segelfluges und damit auch der Erforschung der Luftströmungen im Alpengebiet, speziell im Jungfraugebiet. Obwohl diese Erforschung der Luftströmungen aus mannigfachen Gründen nicht im gewünschten Maße durchgeführt werden konnte, so seien doch in dem folgenden kurzen Bericht, der auf Wunsch der Veranstalter verfaßt wurde, die vorläufigen Ergebnisse zusammengefaßt.

Für die Wahl des Zeitpunktes (1. Hälfte September) war die Ueberlegung maßgebend, daß in dieser Periode die relativ größte Wahrscheinlichkeit für günstiges Wetter bestehe. Diese Ueberlegung hat sich dann auch im großen und ganzen für das Segelfliegerlager 1935 als richtig erwiesen. Für eine eventuelle Wiederholung des Lagers würde sich aber nach den Erfahrungen der Segelflieger doch ein früherer Zeitpunkt empfehlen, da sich in der wärmeren Jahreszeit eine verstärkte Thermikströmung (Aufwinde, bedingt durch vom Boden erwärmte Luftmassen) einstellt, dagegen wäre naturgemäß mit vermehrter Gewittertätigkeit zu rechnen, was aber nicht in jedem Fall eine Verunmöglichung der Segelflüge bedeuten würde, ja in gewissen Fällen wären die gewaltigen Aufwinde, die mit jeder Gewitterbildung verbunden sind, für Segelflüge erwünscht.

Als Jungfrauoch wird bekanntlich der tiefe Einschnitt zwischen Jungfrau und Mönch bezeichnet. Gegen Nordwesten fällt das Gebiet sehr steil über den Guggigletscher in das Trümmleten- und Lauterbrunnen-Tal ab, gegen Südosten ist der Abfall weniger steil, hier erstreckt sich zwischen dem Trugberg und dem Kranzberg, einem

südlichen Ausläufer des Jungfraumassivs, der Jungfrauirn, der auf dem Konkordiaplatz in den mächtigen und langen Aletschgletscher mündet, der sich zunächst gegen Südosten ausdehnt, und dann allmählich in südlicher bis südwestlicher Richtung gegen das Rhonetal abfällt. Durch diese orographische Lage des Jochs werden die Luftströmungen in ganz besonderer Weise beeinflußt, es kommen fast nur nördliche bis nordwestliche und südliche bis südöstliche Winde auf dem Joch vor, gleichzeitig werden diese Luftströmungen durch die Düsenwirkung wesentlich verstärkt. Entscheidend für die Windrichtung ist in erster Linie der Druckunterschied zwischen Nord- und Südfuß der Alpen. Bei der praktischen Beurteilung muß allerdings berücksichtigt werden, daß in der Höhe des Jungfraujoches die Größe und Richtung des Druckgefälles wesentlich verschieden von denjenigen auf den Basisstationen (z. B. Lugano-Zürich, resp. Sierre-Bern) sein können. Die orographische Gestaltung wirkt sich auch in der Entwicklung der Bewölkung deutlich aus: bei nordwestlichen Winden wird sich die Luft an der Nordseite der Berneralpen stauen, sie wird zum Aufsteigen gezwungen und es bildet sich die typische Staubewölkung, die häufig auch das Jungfraujoche in dichten Nebel hüllt. Wenn nun bei tiefem Druck im Nordwesten südliche Winde wehen, also im nördlichen Alpenvorland Föhn herrscht, bildet sich meist über dem Aletschgletscher eine Wolkenwand, die sogenannte Föhnmauer, während es auf dem Joch selbst noch heiter ist, oder nur eine hohe Cirrusbewölkung herrscht. Bei einer allgemeinen Westwind-Wetterlage wechseln die beiden geschilderten Lagen häufig miteinander ab. Wenn ein Hochdruckgebiet über den Alpen lagert und im schweizerischen Mittelland vorwiegend wolkenloses Wetter herrscht, bilden sich meist auf den Alpengipfeln im Laufe des Tages kumulusartige Wolken, die oft die Gipfel einhüllen. Im Herbst und Winter bildet sich bei dieser Drucklage, besonders wenn gleichzeitig eine Depression über Italien liegt, eine Hochnebeldecke über dem Mittelland, während es über 2000 m wolkenlos ist, wobei dann meist Temperaturinversion auftritt, d. h. in den Niederungen ist es kälter als auf den Voralpengipfel-Stationen. Zur Erforschung der lokalen Luftströmungen waren Doppelvisierungen von Pilotballonen geplant; unvorhergesehener Umstände wegen (Schwierigkeit für Montierung, Mangel an Personal) mußte aber dann darauf verzichtet werden. Wichtige Aufschlüsse für die Segelflieger gaben die Lancierungen von sorgfältig ausgewogenen Pilotballonen, die visuell verfolgt wurden und über vertikale Luftbewegungen und Turbulenz unerwartete Einblicke gewährten. Leider wurden wegen anderweitiger Beanspruchung keine

Aufzeichnungen über die Flugbahnen dieser Ballone gemacht, sodaß diese Sondierungen nicht verwertet werden können.

Bevor wir auf das Wetter an den einzelnen Flugtagen eingehen, wollen wir kurz die folgende Flugstatistik betrachten, in der die Anzahl Flüge bestimmter Dauer für jeden Tag angegeben ist:

Sept.	0-30 m	31-60 m	1-2 h	2 h	Total Flüge	Totale Flugdauer in Stunden u. Minuten
5.	—	—	—	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—
7.	4	—	—	—	4	4
8.	1	2	2	—	5	4.47
9.	3	3	4	1	11	11.56
10.	—	—	—	—	—	—
11.	—	1	1	—	2	1.46
12.	1	3	2	—	6	4.39
13.	2	2	2	—	6	5.16
14.	1	2	2	—	5	3.52
15.	—	—	—	—	—	—
16.	—	1	2	2	5	11.31
17.	—	1	6	—	7	9.47
18.	1	1	1	4	7	16.13
	13	16	22	7	58	

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung zunächst, daß 58 Starts unternommen wurden, daß davon aber nur 7 zu Flügen von über 2 Std. Dauer führten. Die Hälfte aller Flüge dauerte weniger als eine Stunde, und 22 Flüge dauerten 1—2 Stunden. Vom meteorologischen Gesichtspunkte aus sind im allgemeinen die Flüge bis zu etwa 40 Minuten Dauer nicht von Interesse, denn bei der Starthöhe des Jungfraujoches und einer Landung im Mittelland oder in den Alpentälern entspricht diese Zeit einem reinen Gleitflug ohne jedes Segeln. Wenn man die leider nicht für alle Flüge erhältlichen Flugrapporte, in dem die Flieger insbesondere über die angetroffenen Vertikalströmungen (Auf- resp. Abwinde) berichten sollten, zu Rate zieht, so ergibt sich, daß 26 Flüge reine Gleitflüge waren, daß bei 16 Flügen die Dauer des Segelns (Flug ohne Höhenverlust) auf 10—30 Minuten geschätzt werden kann, bei 8 Flügen auf 30—60 Minuten, bei 3 Flügen auf 1—2 Stunden und bei 5 Flügen auf über 2 Stunden.

Weiterhin ist der Tabelle 1 zu entnehmen, daß naturgemäß der Flugbetrieb an den einzelnen Tagen sehr verschieden intensiv war. An 4 Tagen, dem 5., 6., 10. und 15. fanden überhaupt keine Starts statt. An den beiden ersten Tagen spielte neben dem zeitweise nebligen Wetter die noch mangelnde physische und psychische Akklimatisation der Piloten eine wesentliche Rolle, während an den beiden spätern Daten das Wetter aus verschiedenen Gründen sich nicht für Flüge eignete.

Wetter und Flugleistungen an den einzelnen Tagen.

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen sei auf die graphischen Darstellungen (Fig. 1 und 2) hingewiesen. Figur 1 stellt die wichtigsten meteorologischen Elemente auf Jungfrauoch für die 3 Beobachtungstermine 7.30, 13.30 und 18.30 Uhr dar; zuunterst ist der Verlauf der Bewölkung (in Zehntel der gesamten Himmelsfläche: 0 = wolkenlos, 10 = bedeckt) vermerkt. Die darüber liegenden teilweise ausgefüllten Kreise geben die Bewölkung am Nordfuß unterhalb des Jungfrauoches an, (der schwarze Teil des Kreises gibt den Betrag der Bewölkung an, sodaß also z. B. ein völlig schwarzer Kreis eine geschlossene Wolkendecke bedeutet, usw.) und ihr Abstand von der Nulllinie entspricht der Höhe der betreffenden Wolkenschicht über Meer. ($\equiv$ in der Höhe von 3400 m bedeutet, daß das Jungfrauoch selbst in den Wolken steckte (Nebel). In der darüber liegenden Kurve ist dann zu den 3 Terminen jeden Tages die Temperatur, die Windrichtung und die Windstärke (halbe Beaufortskala) angegeben. Zuoberst ist die Dauer der einzelnen Segelflüge eingezeichnet.

Figur 2 enthält Daten aus der freien Atmosphäre. Unten sind die Höhenwinde in 1000, 2000 und 3000 m Höhe aufgezeichnet, wie sie durch Messung mit Pilotballonen an einem der schweizerischen Flugplätze (Basel, Genf, Zürich)* bestimmt wurden. In der oberen Hälfte ist die Temperatur für jeden Tag in den verschiedenen Höhen nach Angaben von Friedrichshafen,** am 8., 15. und 17. von München** dargestellt.

Wenn auch an den ersten Tagen des Lagers keine Flüge unternommen wurden, so ist es doch zweckmäßig, die Entwicklung des Wetters von Beginn an zu verfolgen.

* Wetterberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich.

** Aerologische Berichte vom Reichsamt für Wetterdienst, Berlin 1935.

Am 4. September liegt eine ziemlich flache Depression über der nördlichen Nordsee, eine Front erstreckt sich von Norwegen über England nach Westfrankreich, in der Schweiz herrscht bedecktes, gewitterhaftes Wetter, bei vorherrschend südwestlichen Winden.

Am 5. hat sich die erwähnte Depression nordostwärts nach Schweden verlagert und gleichzeitig ist der Luftdruck von Süden her angestiegen. Die erwähnte Front hat unser Gebiet passiert, doch folgen weitere Störungslinien, Jungfrauoch hat bei mäßigen Nordwinden bedeckten Himmel und zeitweise dichten Nebel und Schneefall.

Am 6. ist die Depression unter Vertiefung rasch ostwärts abgezogen, während sich ein Hochdruckband von Grönland her über England ausgebildet hat. Die Witterung in der Schweiz bleibt zunächst gestört, Jungfrauoch ist meist im Nebel bei kräftigen Nordwinden.

Am 7. September hat sich das Hochdruckgebiet von England her über ganz Westeuropa bis zu den Alpen ausgedehnt, was eine rasche Aufheiterung in der Höhe verursacht, über dem Mittelland breitet sich in etwa 2400 m (obere Grenze) eine teilweise durchbrochene Hochnebeldecke (Stcu) aus, die besonders am Alpennordrand wegen Stauwirkung verstärkt ist. Diese Aufhellung in der Höhe wird benützt, die Flugzeuge an die Startstelle zu schaffen, was in kurzen Flügen vom Ausgang des Sphinxstollens hinunter auf den Jungfraufirn und dann durch Beförderung mit den Motorschlitten bewerkstelligt wird.

Für Starts vom Jungfrauoch ist die ziemlich dichte Wolkendecke unterhalb des Joches hinderlich, abgesehen von dem noch völligen Mangel an Startroutine. Dagegen benützt H. SCHREIBER die günstige Wetterlage zu seinem Streckenflug über die Alpen (vgl. Bericht am Schlusse dieser Arbeit).

Am 8. verstärkt sich dann das Hochdruckgebiet noch etwas, in der Schweiz herrscht allgemein heiteres bis leicht bewölktes Wetter, über den Mittag bilden sich kleine Cumuluswolken (Cu. hum.), deren Gipfel nur bis 2800 m heraufreichen. Das prächtige Wetter wurde zu den ersten Flügen mit Start auf Jungfrauoch gegen Lauterbrunnen benützt, sehr günstig waren dabei die frischen Nordwinde. Von den 5 Flügen dieses Tages waren 2 reine Gleitflüge (nach Interlaken und Thun). Bei zwei weitem Flügen konnten die Thermik-Aufwinde im Voralpengebiet, über Thun und dem Belpberg bei Bern ausgenützt werden. In einem Flugrapport (GODINAT) wird auch auf die ziemlich starken Aufwindkammine an der Eigernordwand hingewiesen, die wohl auf kombinierte Thermik und Stau zurückzuführen sind. Interessant ist der kurze Flug (5 Minuten Dauer) von GUMPERT mit Start gegen Lauter-

brunnen und Landung auf Jungfraufirn, also Ueberfliegen der Startstelle, da er deutlich den Aufwind vor der Startstelle über dem sonnenbeschienenen Schneefeld zeigt; über dem Jungfraufirn herrschten aber starke Abwinde (Leeseite).

Am 9. hat sich das Hochdruckband wieder etwas abgeschwächt, über dem Golf von Biscaya liegt eine flache Depression. In der Höhe hat wieder leichtere Bewölkung (Acu und Ci) eingesetzt, auf dem Jungfraujoch wehen bei wesentlich höheren Temperaturen immer noch nördliche Winde, während in der freien Atmosphäre eine westliche bis nordwestliche Luftströmung vorherrscht. Nach den Messungen längs der Wengernalp- und Jungfraubahn ist, ebenso wie aus den Werten der Voralpengipfel und den Aufstiegen von Friedrichshafen eine Isothermie bis 2000 m mit einzelnen kleinen Inversionen vorhanden. An diesem Tag fand die größte Zahl von Starts (11) während des ganzen Lagers statt. 2 Starts waren nur Dislokationsflüge vom Sphinxstollen auf den Jungfraufirn; 3 weitere Flüge waren reine Gleitflüge (einer nach Interlaken, zwei nach Thun). Bei 5 Flügen konnte während einer Dauer von 10—30 Minuten gesegelt werden; die Piloten meldeten leichte und begrenzte Aufwindzonen in der Nähe des Startortes und ganz nahe an den Felsen des Eigers (es wird auch auf die Schwierigkeiten der Distanzschätzungen hingewiesen), dann leichte Thermikaufwinde über dem Männlichengrat (bis zu 0.75 m/sec.) und über die Höhenzüge längs Thuner- und Brienzersee, speziell am Harder. Weitaus am interessantesten war aber der Flug von DITTMAR, der die Aufwindzone nahe an den Felsen des Mönchs ausnützen konnte und nach 1000 m Höhengewinn in ein ruhiges Aufwindfeld hineinkam, das ihm stundenlanges Segeln (Flugdauer 4 Stunden) zwischen Jungfrau-Mönch-Eiger, in einer Höhe von 4000—4600 m ermöglichte.

Am 10. hat sich die Biscayadepression ausgefüllt und das Hochdruckgebiet hat sich wieder etwas verstärkt. Der Luftdruckunterschied zwischen Alpensüd- und Nordseite ist größer geworden und entsprechend ist auf der Alpennordseite die Staubewölkung wieder stärker, die am Morgen das Jungfraujoch in Nebel hüllt und im Laufe des Tages eine festgeschlossene Hochnebeldecke in 2700 m erzeugt, sodaß keine Flüge unternommen werden konnten. (Eigenartigerweise wurde auf dem Jungfraujoch um 7.30 Uhr SW 2 verzeichnet, vgl. Fig. 1.). Am folgenden Tag, dem

11. September, verlagerte sich das Zentrum des Hochdruckgebietes südostwärts und zugleich hat sich das Druckgefälle über den

Alpen umgekehrt, sodaß sich eine schwache Föhnlage (Inversion!) ausbildete. Am Vormittag herrschte wolkenloser Himmel, im Laufe des Nachmittages traten *Acu. lent.* und *Ast.* auf, gleichzeitig bildete sich in 3000 m eine gegen Abend dichter werdende Wolkenschicht. Trotzdem der Wind zum ersten Mal an einem Flugtag vom Süden her wehte und so ein Start gegen Lauterbrunnen etwas schwieriger schien, wagte KRAMER einen Start gegen Norden und landete nach reinem Gleitflug in Interlaken. Später startete dann noch BARONI zu einem ersten Flug nach Süden, der ihn über den Aletschgletscher ins Wallis gegen Leuk führte. Er konstatierte über dem Aletschgletscher nur ganz schwachen Aufwind (bis zu 0,5 m/sec.), der sich nur in der Nähe des Märjelsees so verstärkte, daß er ohne Höhenverlust segeln konnte. Auch im Rhonetal und an dessen Hängen wurden nur ganz geringe Aufwinde beobachtet, in der Nähe von Leuk wurde aber durch starke Abwinde (2,3 m/sec.) eine rasche Landung erzwungen.

Am 12. ist die westliche Depression gegen den Kontinent vorgestoßen, ein Ausläufer erstreckt sich über West-Frankreich bis zu den Pyrenäen; die Föhnlage verstärkt sich, am Vormittag herrscht nur leichtere Bewölkung (*Ci*), am Nachmittag bilden sich größere *Cu.*, die bis 3000 m heraufreichen. Auch die an diesem Tage unternommenen Flüge waren fast alle reine Gleitflüge (Landungen in Interlaken, zwei in Thun, zwei in Bern), nur an den Hängen des Thunersees wurden vereinzelte leichte Aufwinde beobachtet.

Die Luftdrucklage zeigt am folgenden Tag (13. September) keine großen Veränderungen. Bei Luftdruckanstieg im Süden hält die Föhnlage an, und neben der Cirrusbewölkung herrscht wie am Vortage in etwa 3000 m eine *Acu*-Schicht, die sich im Laufe des Tages teilweise auflöst. Von den an diesem Tage ausgeführten Flügen ist besonders derjenige von DITTMAR mit Landung bei Giswil am Sarnersee erwähnenswert, denn dort konnte der Flieger in 600 bis 1000 m Höhe $1\frac{1}{2}$ Stunden segeln. Die übrigen längeren Flüge führten nach reinem Gleiten zu Landungen im Gürbetal (Mühlethurnen), im Entlebuch und bei Bern.

Auch am 14. September hat sich die Luftdruckverteilung nur unwesentlich geändert. Eine mittelhohe Wolkenschicht hüllt am Morgen das Jungfraujoch in Nebel, es fällt etwas Schnee, doch später verzieht sich der Nebel und die hohen (*Ci*) und mittelhohen Wolken (*Acu* und *Cu*) werden sichtbar, es wehen nur schwache Winde veränderlicher Richtung. Unter diesen Verhältnissen waren wieder meist nur reine

Gleitflüge möglich (Landungen in Interlaken und Thun), immerhin konnte DITTMAR bei einem Flug nach Luzern ganz vereinzelte Aufwinde entdecken, und VON LERCH konnte sich kurze Zeit über dem Männlichen halten und über $1\frac{1}{2}$ Stunde durch Thermikwinde am Harder segeln.

Am Sonntag, dem 15. September bricht eine intensive Störung (Kaltfront), die sich um 8 Uhr von Nordengland bis zu den Pyrenäen erstreckt, mit großer Geschwindigkeit ein. Sie bedingt zunächst auffrischende südwestliche Winde und hüllt das Jungfrauoch den ganzen Tag in Nebel und in der Nacht fällt Schnee. Bei dieser Wetterlage sind Flüge natürlich ausgeschlossen.

Am 16. September liegt die erwähnte Kaltfront bereits über Polen, und nördlich der Alpen hat sich ein Hochdruckkeil von Westen her ausgebildet. Er bedingt bei frischen nördlichen Winden auf Jungfrauoch Aufhellung in der Höhe; im Alpenvorland herrscht lückenhafte Staubbewölkung (Stcu) in 2600 m Höhe. Dieses Wetter begünstigte den Flugbetrieb. Außer 2 reinen Gleitflügen nach Thun und Aeschlen am Thunersee konnten mehrere eigentliche Segelflüge unternommen werden. VON LERCH segelte nach Durchfliegen der fest geschlossenen Wolkendecke über eine Stunde in den Thermikaufwinden am Beatenberghang und Harder. Den Fliegern DITTMAR und GUMPERT gelang es, die Aufwinde der Luvseite am Jungfrau-massiv so auszunützen, daß sie in das obere Aufwindfeld über dem Gletschergebiet hinaufsteigen konnten und dann Höhen bis zu 4500 m erreichten. DITTMAR beobachtete den stärksten Aufwind (4 m/sec.) direkt beim Jungfrauoch, der bis 100 m über dem Start sehr böig, darüber vollkommen ruhig war. Weiterhin fand er dann stärkeren Aufwind am Finsteraarhorn; er flog nach stundenlangem Segeln über den Gletschern zwischen Jungfrau-Eiger-Finsteraarhorn dem Aletschgletscher entlang gegen den Simplon und landete in Visp. Auch GUMPERT, der zwischen Jungfrau, Mönch und Eiger fast 5 Stunden segelte, bis ihn die einbrechende Dämmerung zu einer etwas harten Landung auf den Jungfraufirn zwang, (Unsicherheit im Schätzen der Distanzen), meldete ein ziemlich gleichmäßiges und breites Aufwindfeld über dem erwähnten Gebiet.

Am 17. September hat sich die immer noch sehr aktive westliche Depression wieder stark vertieft (Minimum 725 mm) und ihr Zentrum gegen Südosten verlagert. Dadurch bildet sich schon wieder eine Föhnlage aus. Während auf dem Jungfrauoch relativ mäßige Südostwinde wehen, erreichen die Südwest-Westwinde in der freien At-

mosphäre Sturmesstärke (Pilotballons Zürich in 3000 m 84 km/h). Durch die Föhnlage waren die Start- und Flugbedingungen nicht mehr so gut, da vor der Startstelle ein Abwindfeld entstand, das nach Beobachtungen von Baur 10 m/sec. (!) betrug. Trotz diesen ungünstigen Startverhältnissen wurden 7 Flüge unternommen. Bei den meisten (3 Landungen in Interlaken, je 1 bei Thun und bei Meiringen) konnte nur kürzere Zeit (bis zu 30 Minuten) gesegelt werden. Nur BARONI und BAUR gelang es, Aufwindfelder zu finden und für längere Flüge auszunützen. BAUR fand stärkere Aufwinde an der Luvseite der nord-südlich verlaufenden Gebirgszüge der Voralpen (Männlichen $+ 4$ m/sec.; Sigriswilergrat $+ 2$ m/sec.) und landete nach fast 2stündigem Flug in Zollbrück (Emmental). BARONI konnte seinen Flug bis Solothurn (Luftlinie 82 km) ausdehnen; er meldete „Thermikaufwinde“ bei Regen ($+ 0,5$ m/sec.), es dürfte sich wohl eher um böige orographisch bedingte Aufwinde handeln, da er zugleich einen Weststurm bis zu 120 km/h erwähnt.

Am letzten Tage des Lagers hat sich die Depression nordostwärts verlagert gleichzeitig mit starkem Luftdruckanstieg von Südwesten, sodaß wegen des Tiefdruckgebietes über Norditalien auf Jungfrauoch wieder nördliche Winde bei tiefen Temperaturen (bis -10°) wehten. Im Alpenvorland lagerte in 2600 m Höhe eine lückenhafte Stcu-Decke. Die Nordströmung begünstigte die Startverhältnisse und trotzdem nur noch vormittags gestartet wurde, ergab sich die größte Gesamtflugzeit während des ganzen Lagers (über 16 Stunden). Abgesehen von 2 Flügen überschritt die Flugdauer jedes Fluges $1\frac{1}{2}$ Stunden. Die absolut längste Flugdauer (bei den offiziellen Bewertungen wurden nur Flüge mit Landung in nächster Nähe des Joches als „Dauerflüge“ bezeichnet), erreichte VON LERCH mit $5\frac{1}{2}$ Stunden, meistens durch Segeln über dem Harder bei Interlaken. UDET konnte durch nahes Heranfliegen an die Felswände des Mönchs die Aufströmung der Luvseite (verstärkt durch Düsenwirkung beim Joch) so ausnützen, daß er in das obere Aufwindfeld gelangte und eine Höhe von fast 4100 m erreichte; er landete nach $2\frac{1}{2}$ stündigem Flug in Lützelflüh. Die größte Distanz (108 km) erreichte in etwa 3stündigem Flug HOFFMANN mit Landung bei Wald, Kt. Zürich, er meldet nur Aufwindfelder unter 2000 m, die Aufwindfelder seien sehr zerrissen und nur von kurzer Dauer gewesen. Von den beiden übrigen Flügen, die zu Landungen bei Thun und Einsiedeln führten, liegen leider keine Flugrapporte vor.

Zusammenfassende Betrachtungen.

Wenn man versucht, aus den hier geschilderten Erfahrungen einige allgemeine Schlüsse über die Eignung des Jungfraujochs für den Segelflug zu ziehen, so muß man sich vor Augen halten, daß diese Schlußfolgerungen z. T. durch die während des Lagers herrschende Witterung bedingt sind. Zunächst können wir der Fig. 1 entnehmen, daß an 12 der 45 Beobachtungstermine Nebel herrschte. Man muß also damit rechnen, daß während etwa $\frac{1}{4}$ der Zeit nicht gestartet werden kann. Da bei Schneefall (Regen kommt auf Jungfrauoch nur ganz ausnahmsweise vor) fast immer Nebel herrscht, so dürften mit Ausnahme stürmischer Winde, kaum andere behindernde Faktoren auf dem Joch selbst auftreten. Dazu kommt nun allerdings, daß gelegentlich unterhalb des Joches eine geschlossene Stcu-Decke lagert und einen Abflug gefährlich gestaltet. Immerhin sieht man aus der Figur 1, daß bei nebelfreiem Jungfrauoch nur einmal (am Vormittag des 13.) eine völlig geschlossene Wolkendecke auftrat. Im allgemeinen kann man auf Grund der Erfahrungen während des internationalen Segelfliegerlagers die Verhältnisse als günstig bezeichnen.

Zur Beurteilung der Verhältnisse für günstige Segelflugbedingungen kommen mehrere Faktoren in Betracht. In erster Linie die Windverhältnisse: Windrichtung und Windstärke auf dem Joch und in der freien Atmosphäre. Wie aus dem Vergleich zwischen Figur 1 und 2 hervorgeht, besteht zwischen den Winden in der freien Atmosphäre, wie sie durch die Messungen mittelst Pilotballons an den schweizerischen Flugplätzen festgestellt wurden, und denjenigen auf dem Joch selbst nur ein recht loser Zusammenhang. Das rührt nun in erster Linie von den früher erwähnten orographischen Verhältnissen her. Nach den Erfahrungen der Flieger ergibt sich, daß die günstigsten Flugbedingungen, insbesondere für Höhenflüge, bei starken nördlichen Winden auf Jungfrauoch gegeben sind; nur an solchen Tagen gelang es den erfahrensten Segelfliegern, das obere Aufwindfeld zu erreichen und wesentliche Höhengewinne zu erzielen. Nun stellen aber die Windmessungen der nördlich der Alpen gelegenen Stationen die über dem Alpenkamm in der freien Atmosphäre herrschenden Strömungen nicht einwandfrei dar und leider stehen mir keine Messungen von Stationen südlich der Alpen zur Verfügung. So sollte man am 11. und 16. (nach den vorliegenden Beobachtungen in der freien Atmosphäre) auf dem Joch eher südliche als nördliche Winde erwarten (vgl. Fig. 2). Am 16. herrscht über den Alpen ein ausgesprochenes nord-süd-

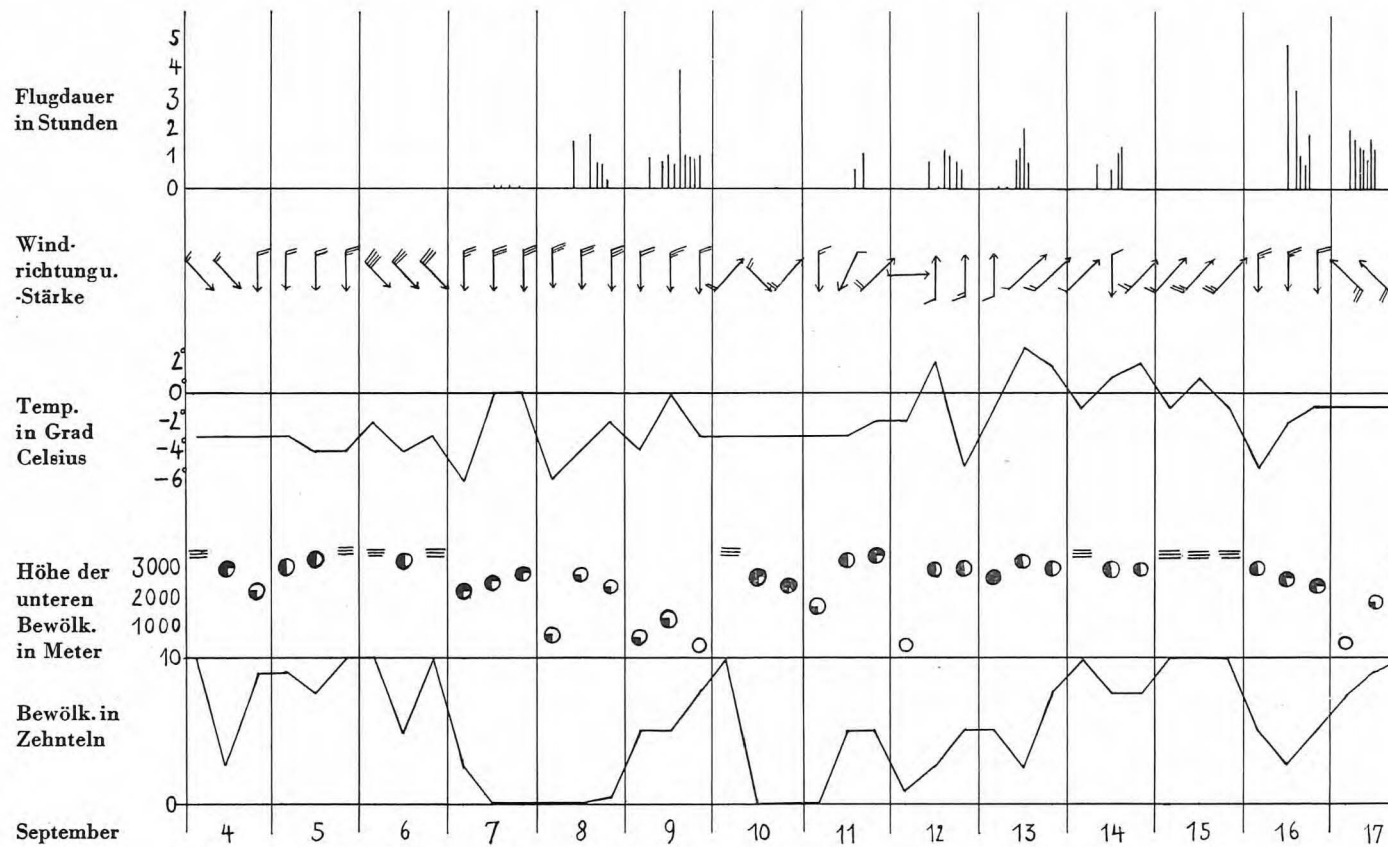


Fig. 1

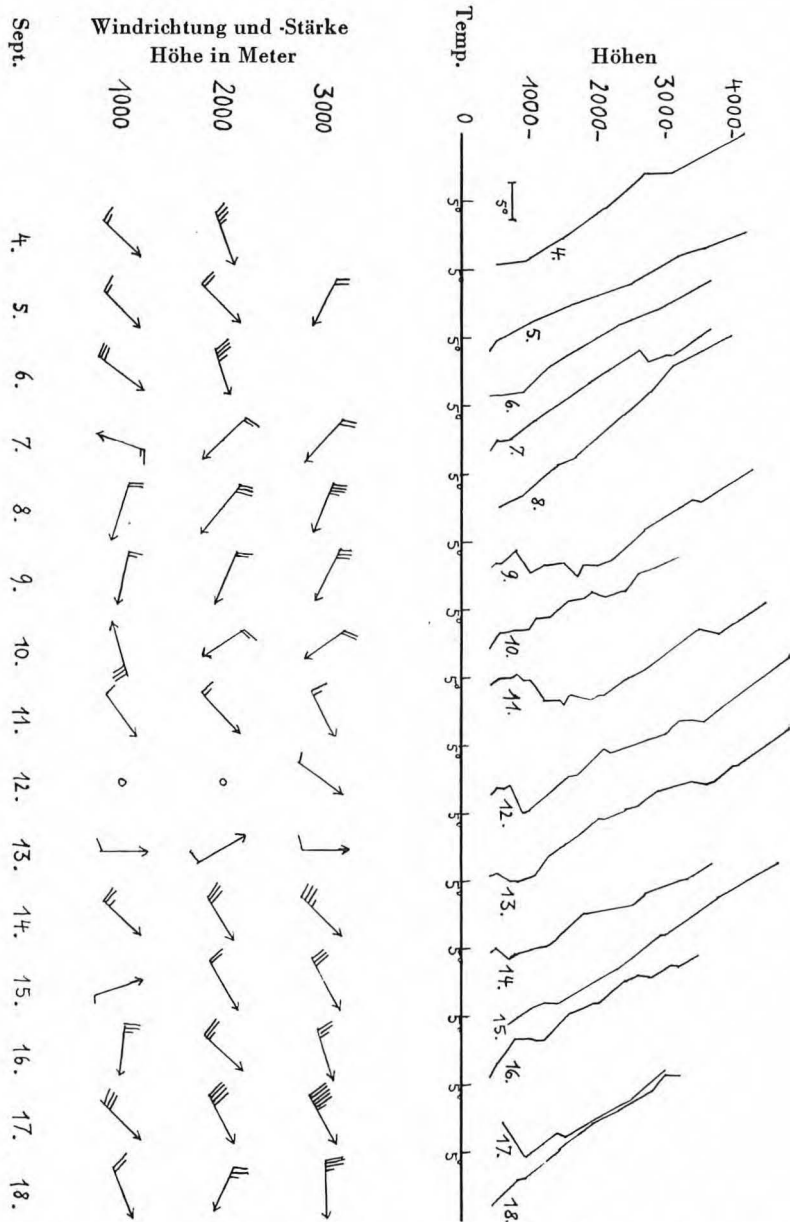


Fig. 2

liches barometrisches Gefälle, sodaß ein Wind aus Norden ohne weiteres verständlich ist. Sonst werden im allgemeinen auf Jungfraujoch Winde mit nördlicher Komponente fast alle zu reinen Nordwinden, diejenigen mit südlicher Komponente aber zu SW- und S-Winden.

Neben der Windrichtung ist natürlich auch die Windstärke von großer Bedeutung, am günstigsten sind recht starke Winde.

Weniger eindeutig sind die Erfahrungen über eigentliche Thermikaufwinde, da die Jahreszeit für diese Art Luftströmungen schon etwas vorgeschritten war. Immerhin zeigt sich, daß trotzdem am Nachmittag Thermikaufwinde über den Hängen der Voralpen ziemlich häufig sind, (auch das Aufwindfeld über dem Jungfraujoch dürfte zu einem Teil thermisch mitbedingt sein), daß sie aber nur dann größere Intensität erreichen, wenn sie durch stärkere Winde unterstützt werden, die durch die orographischen Verhältnisse zum Aufsteigen gezwungen werden. Da Thermikströmungen am ehesten bei instabiler Lagerung der Atmosphäre zu erwarten sind, so ist die auf einen Kaltlufteinbruch folgende Aufheiterung (also nördliche Luftströmungen) ganz allgemein die günstigste Wetterlage für Segelflug im nördlichen Voralpen- und Alpengebiet.

Relativ ungünstig gestalten sich die Verhältnisse bei südlichen Winden, die auf der Alpennordseite meist föhnigen Charakter haben. Ob sich auf der Südseite des Jungfraumassivs dann günstige Bedingungen ergeben, läßt sich auf Grund der vereinzelt Flüge nach Süden nicht beurteilen, immerhin darf man wohl bei weitem Versuchen damit rechnen, daß auch bei dieser Wetterlage Höhenflüge möglich sind.

Der Alpenflug von H. Schreiber am 7. September 1935.

Obwohl der Alpenflug von H. Schreiber nicht zu den eigentlichen Wettflügen des I. S. J. 1935 gehörte, so darf hier doch über diesen so interessanten einzigartigen Flug, [über den der Flieger einen ausführlichen Rapport erstattet hat], im Zusammenhang mit den dabei beobachteten meteorologischen Verhältnissen berichtet werden. Der erfahrene Segelflieger schreibt seinen Erfolg mehrfachen früheren Versuchen, der geistigen Vorbereitung und dann vor allem der richtigen Einschätzung der Wetterlage zu. Wichtig war auch die Einteilung des Fluges in Landeplatz-Teilstrecken für die nötige Sicherheit und für die Ruhe zum Absuchen der Aufwindfelder. Wie aus der weiter oben gegebenen Skizzierung der Wetterlage der einzelnen Tage hervorgeht, wehte am 7. Sept. kräftiger Nordwind, der rasche Aufheiterung über ganz Mittel-Europa gebracht hatte; es herrschte also sehr günstiges Flugwetter mit Aufwinden auf der Nordseite der Alpen. (Einzelheiten der Wetterlage siehe Seite 47 und Figur 1 und 2). Nach einem Schleppflug von Thun klinkte der Flieger um 12.19 Uhr über der kleinen Scheidegg

in 3600 m aus. Er fand in dieser Höhe am Jungfraumassiv einen ruhigen Aufwind, der ihn bis auf eine Höhe von 4750 m trug. Nach fast zweistündigem Segeln im Aufwindfeld des Jungfraumassivs entschloß sich der Flieger zu einem Streckenflug über die Alpen. Zunächst segelte er nördlich des Kammes, der sich von der Jungfrau zum Gletscherhorn und Breithorn zieht, überflog das Breithorn in 4400 m Höhe, dann traversierte er das Lötschental, wo er stellenweise starken böigen Abwind (wohl Leewirkung bis zu -4 m/sec.) vorfand. Auf der südlichen Talseite stellte sich wieder ein guter Hangwind ein, sodaß der Flieger dem Hang etwas entlang segelte, das Bietschhorn im Westen umflog und dann über das Baltschidertal (nördliches Seitental des Rhonetales gegenüber von Visp) ins Rhonetal gegen Visp steuerte, wo er stellenweise stärkere Abwinde beobachtete. Auf dem weiteren Flug direkt zur Simplonpaßhöhe, die er in 3200 m überflog, fand der Flieger häufig Thermikaufwinde, besonders am Hübschhorn (2 m/sec.). Auf der Südseite des Simplons herrschten sehr böige Winde, Auf- und Abwinde wechselten häufig und rasch miteinander ab; über Domodossola hat der Wind in 2000 m eigenartigerweise gegen Südwesten gedreht, (ca. 30 km/h; auch am Matterhorn ist die Leefahne gegen E gerichtet). Im Valle di Vigizzo und im Centovalli ließen sich auf dem Südhang der nördlichen Talseite tragende Aufwinde (bis zu 2 m/sec. Hangthermik) finden, es wurden Höhen bis zu 1800 m erreicht. Von hier ging es im Gleitflug über Locarno (1500 m) nach Bellinzona, wo der Flieger um 17.20 Uhr glatt landete.

Aus dem geschilderten Flugverlauf sieht man, wie durch eine direkt klassisch zu nennende Ausnützung der gegebenen orographischen und meteorologischen Bedingungen der Erfolg gesichert wurde.

*

Es ist mir eine angenehme Pflicht, folgenden Herren bestens zu danken: Herrn W. KREBSER, Thun, dem Leiter der Veranstaltung, Herrn Prof. Dr. P.-L. MERCANTON, Direktor der Eidg. Meteorologischen Zentralanstalt, für die leihweise Ueberlassung von Instrumenten, Herrn Dr. P. BERGER, für die wertvollen Informationen über die Wetterlage während des Segelfliegerlagers, Herrn Prof. Dr. W. HESS, Präsident des Stiftungsrates der hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch für die Unterkunft in den Räumen des Forschungsinstitutes und für die Ueberlassung eines Laboratoriums, und last not least Herrn Ing. R. GSELL vom Eidg. Luftamt für seine persönliche Mithilfe während des Segelfliegerlagers.

Zur Geologie und Klimatologie des schweizerischen Altpalaeolithikums

(Mit 6 Textfiguren)

Paul Beck, Thun

INHALT

	Seite
1. Das Problem der Gletscherschwankungen	57
2. Das auf astronomischer Grundlage ermittelte Klima der Riß-Würmzeit	60
3. Die Ursachen der alpinen Eiszeiten	64
4. Die ungleichen Gletscherschwankungen als Folgen der verschiedenen Gletscherdicken	65
5. Die geologische Datierung der alpinen Höhlenfunde ins letzte Interglazial	69
6. Die geologische Erklärung und Datierung der Funde von Cotencher	70
7. Gruppierung der letztinterglazialen Tierarten nach klimatischen Gesichtspunkten	78
8. Die Faunenverteilung in den letztinterglazialen Ablagerungen .	82
9. Das astronomisch begründete Klima und die Faunen der Fundstellen	86
10. Die Einordnung der menschlichen Spuren in die letzte Interglazialzeit	92
11. Literaturverzeichnis	96

Diese Publikation ist die erweiterte Form eines Vortrages, gehalten am Kurs für Urgeschichte der S. G. U. im September 1938 in Olten.

1. Das Problem der Gletscherschwankungen.

Die Geologie des schweizerischen Palaeolithikums beschränkt sich auf die Dauer der beiden letzten Eiszeiten Riß und Würm. Diese Periode ging der heutigen unmittelbar voran, und es wäre demnach zu erwarten, daß die Geologie und ihre Nebenwissenschaften Paläozoologie und Paläobotanik dem Prähistoriker jede auftauchende Frage rasch und klar beantworten könnten. Leider trifft dies nicht zu; denn das große Naturgesetz, das die damaligen Ablagerungen und auch ihre Zerstörung beherrschte, war das Klima. Die Rekonstruktion desselben und des Ablaufes des Jungquartärs aus den Moränen und den Schottern, den Tier- und Pflanzenresten, den Durchtalungen und der Lößausbreitung ist mit einem Zusammensetzspiel zu vergleichen, bei dem aus vielleicht 5 % der Einzelteile die ganze Darstellung erkannt werden soll. Je nach den Gruppen von Bausteinen, die dem oder jenem Forscher zur Verfügung stehen, erhält man abweichende, oft auch widersprechende Auffassungen, für deren Wahr-

scheinlichkeit ein jeder aus seinem Beobachtungsmaterial gute Gründe beibringen kann. Daher darf es niemand verwundern, wenn die verschiedenartigen Forschungsergebnisse die Einordnung der menschlichen Spuren in den Ablauf der Eiszeiten erschweren und gelegentlich widersprechend gestalten.

Für die alpinen Verhältnisse bleibt die Parallelisation der menschlichen Spuren mit den 4 Eiszeiten Günz, Mindel, Riß und Würm, die ALBRECHT PENCK und EDUARD BRUECKNER im klassischen Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ (32*) begründeten, die Basis. Allerdings verursachten diese bedeutendsten Glazialforscher selbst gewisse Unsicherheiten, indem sie in dieser Publikation zwischen dem Höhepunkt der letzten Eiszeit und heute 2 bedeutende Eistrückzüge, gefolgt von nicht unerheblichen Vorstößen wahrscheinlich machten, nämlich die Laufenschwankung zwischen den äußern und inneren Jungmoränen, dem sog. W I und W II, und die Achenschwankung zwischen W II und dem sog. Bühlvorstoß. Unter dem Einfluß der Einwände OTTO AMPFERERS (1) und neuen eigenen Beobachtungen verzichtete PENCK (30, 31) 1922 auf diese bedeutenden Schwankungen und versetzte die verschiedenen zwischen hangenden und liegenden Moränen vorkommenden Schotter des Inn- und Isargebietes in die letzte Zwischeneiszeit.

Im gleichen Zeitpunkt ergaben aber die Neuaufnahmen des Aare-Kandergebietes in der weitem Umgebung von Thun (5, 6, 8) 4—5 übereinander gelagerte und durch Schotter getrennte Moränen, so daß sich hier die alte PENCK und BRUECKNER'sche Einteilung zu bewähren schien, was auf der geologischen Karte Thun-Stockhorn 1:25 000 (16) zum Ausdruck kam. Studienreisen in den Ostalpen veranlaßten aber 1934 den Verfasser, sich versuchsweise der vereinfachten Chronologie AMPFERER's und PENCK's anzuschließen und die oberste Moräne als Würm und die zweitoberste als Riß zu bezeichnen. Leider besitzt keine einzige Moräne absolute oder auch nur relative Altersmerkmale, wie sie in den Meeresablagerungen des Juras und der Kalkalpen in Form von Fossilien vorkommen, um die Richtigkeit ihrer Benennung und Zuteilung direkt zu beweisen. Diese hängt vielmehr von Voraussetzungen ab, deren Zuverlässigkeit von verschiedenen Forschern auch verschieden beurteilt wird. Die Untersuchungen der Nord- und Ostschweiz, sowie des Vorlandes der Ostalpen ergaben widerspruchlos, daß die

*) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die zugehörigen Nummern des Literaturverzeichnisses.

von PENCK (32) als Mindel und Günz bezeichneten ältesten Vergletscherungen ihre Moränen und Schotter hoch über den heutigen Talböden ausbreiteten, in einem Niveau, das bei Thun in ca. 900—1000 m Meereshöhe liegt (Burgfluhniveau, nach der Burgfluh bei Wimmis). Günz und Mindel gingen der Eintiefung unserer Täler auf das heutige Niveau voraus. Machte man sich die Lehre von AMPFERER und PENCK „Es gibt keine Schwankungen der Würmeiszeit!“ zu eigen, so wurden von den 4 Moränen des Kander-Glückschgebietes 2 überzählig, die zeitlich der großen Talbildung folgten und den Riß- und Würmeiszeiten vorangingen. Deshalb postulierte der Verfasser 2 neue Eiszeiten, die Glücksch- und die Kandervereisung (9). Die beiden Gletscherablagerungen dehnten sich wahrscheinlich nur innerhalb der vier bekannten Vergletscherungsgrenzen aus, so daß ihre Spuren durch die Riß- und Würmgletscher weitgehend zerstört und bedeckt werden konnten. Mehrere Studienreisen vom Isèregebiet in den Westalpen bis nach Wien, sowie eingehende Untersuchungen im Süden der Alpen (9, 10, 11, 12) erbrachten keine entscheidenden Beweise, ob man es mit Eiszeiten oder Schwankungen zu tun habe.

Für die Einordnung der urmenschlichen Spuren aber ist das Problem der Schwankungen von entscheidender Bedeutung. Gibt es nur zwei einheitliche Eisvorstöße, dann müssen wir mit JOSEPH BAYER (3) das Aurignacien in die Riß-Würmschwankung stellen, wie er die letzte Interglazialzeit auffaßt und nennt, und das Moustérien fällt dann in die große Interglazialzeit. Dieser scheinbar einfache Einordnungsversuch widerspricht zahlreichen Beobachtungen. Denn schon damals, wie auch heute noch, deuten viele Forschungen in den nichtvereisten Gebieten auf mehrere klimatische Schwankungen hin. Beispielsweise ergaben die 30jährigen Forschungen in den Höhlen Ungarns folgenden, nach den menschlichen Kulturen geordneten Wechsel des Baumbestandes (28):

Ende des Magdalénien I: Wachholder, Ulme, Eiche, Esche

Magdalénien I	Bergföhre
Hochsolutréen	Bergföhre
Frühsolutréen	Bergföhre
Protosolutréen	Kiefer, Tanne, Lärche, Vogelbeerbaum
Spätaurignacien	Kiefer
Spätmoustérien	Bergföhre, Lärche, Arve
Hochmoustérien	Kiefer, Lärche, Kornelkirsche, Hainbuche, Perückenbaum

Die Veränderungen der Baumbestände bringen mehrere Klima-
wechsel, wenn auch nicht sehr extreme, deutlich zum Ausdruck und
ermöglichen einen Vergleich mit den alpinen Eisvorstößen.

Das Aurignacien tritt an vielen Stellen (Elsaß, Niederösterreich) (36)
zwischen den beiden jüngsten Lössschichten oder in Terrassen auf,
welche sich mit Moränen der Würmvereisung verknüpfen (Polen), so
daß es einer Würmschwankung einzuordnen wäre. Da in der Schweiz
bisher Aurignacienfunde fehlen, können wir vorläufig diese Argumente
weder zur Datierung unserer Ablagerungen beiziehen, noch aus ihrem
Fehlen Schlüsse auf die Vergletscherungsverhältnisse ziehen.

2. Das auf astronomischer Grundlage ermittelte Klima der Riß-Würmzeit (13, 1. Teil)

Da die geologische und archaeologische Beweisführung in der
Schweiz erschöpft war, so wandte sich der Verfasser klimatischen
Studien zu und zwar gestützt auf die astronomischen Berechnungen
der Strahlungsveränderungen der Sonne während den letzten 600 000
Jahren durch MILUTIN MILANKOVITCH in Belgrad (26, 27) einerseits
und die festgestellten Werte unserer schweizerischen meteorologi-
schen Stationen andererseits (25). Wie die astronomischen Beobach-
tungen ergaben, ändert die Erde auf ihrem Lauf durch den Welten-
raum periodisch die Stellung ihrer Achse zur Erdbahn. Dadurch wer-
den die Wärmeunterschiede zwischen dem Sommer und dem Winter
eines Ortes verschärft oder vermindert. Ferner wurde festgestellt,
daß die nördliche Halbkugel der Erde sich zeitweilig während ihrer
Sommerzeit in der durch die elliptische Bahn bedingten Sonnennähe

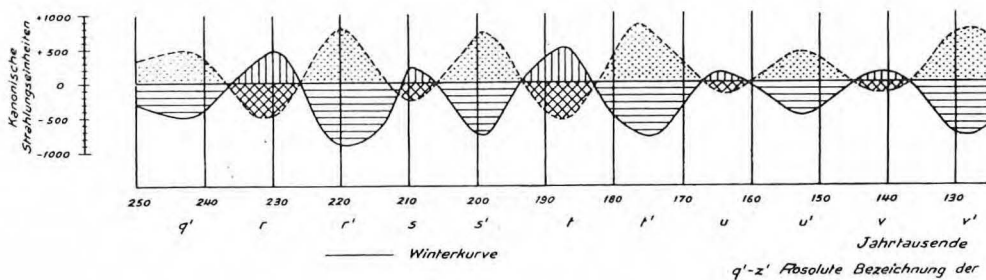


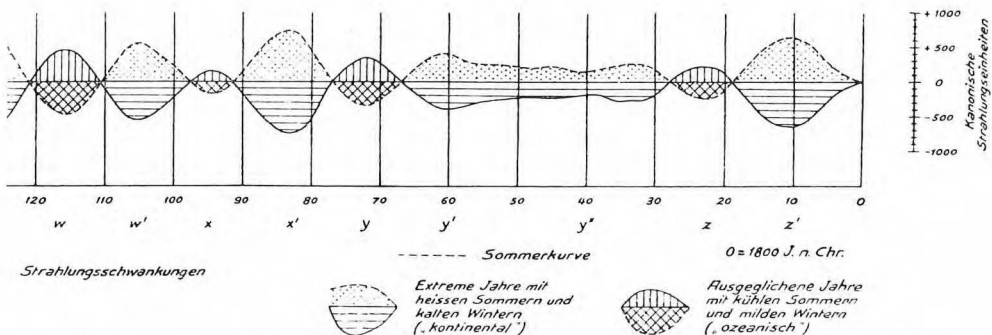
Fig. 1. Graphische Darstellung des säkularen Ganges der Erdbestrahlung für

Aus *Eclogae geologicae*

befindet, zu andern Zeiten aber während des Winters, was z. B. gegenwärtig der Fall ist. Fallen Sommer- und Sonnennähe zusammen, so werden die erstern heißer als heute, treffen sich aber Sonnenferne und Winter, so sind die letztern kälter. Endlich verändern sich auch die Sonnennähe und -ferne der Erde, was die von der Erde aufgefangene Strahlungswärme vermehrt oder vermindert.

Wie MILANKOVITCH (27) darlegt, führten LEVERRIER und STOCKWELL die Berechnungen der astronomischen Grundlagen so genau durch, daß die Aenderungen der Ekliptikschiefe für die vergangenen 100 000 Jahre auf die Winkelsekunde, diejenigen des Perihels auf Winkelminuten genau sind. Um aus dem berechneten Bestrahlungsgang eine Verschiebung der Schneegrenze auf 20 m genau zu erhalten, genügt eine Genauigkeit auf 150 Sekunden für die Ekliptikschiefe und auf 10 Grade für die Länge des Perihels. Die Genauigkeiten sind somit im ersten Fall 150 mal, im zweiten Fall sogar 600 mal größer als sie für 20 m Schneegrenzenverschiebung erforderlich wären. Beeinträchtigt wird diese Genauigkeit durch Perihelbewegungen, die erst durch die Gravitationstheorie EINSTEIN's nachgewiesen wurden. Sie wirken sich aber erst von 600 000 Jahren an so stark aus, daß die geforderte Genauigkeit von 20 m Schneegrenzenverschiebung zuerst in geringem, später aber in zunehmendem Maße beeinträchtigt erscheint. Die für unsere Untersuchung in Betracht fallenden 250 000 Jahre verbürgen volle Zuverlässigkeit der astronomischen Grundlagen.

Was unsere neuen Studien von allen bisherigen unterscheidet, ist die volle Berücksichtigung der winterlichen Strahlung, die beispielsweise auch in den allerneuesten Arbeiten von W. SOERGEL (35) in Freiburg



den 45.⁰ nördlicher Breite nach der Tabelle 15 von MILUTIN MILANKOVITCH 1930.

Helvetiae, Vol. 31, 1938

i. Br. und M. MILANKOVITCH (27) selbst, fehlt. Bevor also auf die geologischen Verhältnisse des Palaeolithikums eingetreten wird, sollen diese astronomisch bedingten Klimaänderungen für unser Land genauer erfaßt werden. Viele Ergebnisse liefern uns wertvolle und überraschende Fingerzeige für die Lebensverhältnisse des Palaeolithikers (13).

Zuerst zeigte es sich, daß in der Vorzeit nicht wärmere und kältere Klimate in dem Sinne wechselten, daß gleichzeitig Sommer und Winter und die mittlere Jahrestemperatur geändert hätten, sondern daß die Gegensätze zwischen Sommer und Winter schwankten. Heute scheinen wir in einer Art Normalzeit zu leben, während vor 10 000 Jahren der Juli um ca. 6°C heißer, der Januar aber um ebensoviel kälter war. Umgekehrt sank die Sommertemperatur vor 22 000 Jahren im Juni/Juli um $2,8^{\circ}\text{C}$, während sie im Winter um den gleichen Betrag stieg. Um die Auswirkung dieser Veränderungen klar zu erfassen, stellten wir für die schweizerischen meteorologischen Stationen die Zahl der Frostmonate, d. h. der Monate mit einem Temperaturmittel unter 0° , fest und leiteten durch die Kombination der beobachteten Beträge mit den errechneten Abweichungen die Zahl der Frostmonate auch für die Vergangenheit ab. Der Wegfall eines intensiven Klimawechsels, auf den die Geologen aus den verschiedenen Moränen und den eingeschalteten Schieferkohlen, Floren und Faunen geschlossen hatten und der allgemein anerkannt worden war, löst die z. T. längst erkannten und sich stets vermehrenden Widersprüche zwischen der geologischen Auffassung und derjenigen der Säugetierpalaeontologen und vieler Botaniker. In den stets eisfreien Gebieten gelang es wohl, geringe Klimaschwankungen in der Flora zu erkennen, aber keineswegs extreme Unterschiede zwischen wärme- und kälteliebenden Pflanzen. Ein treffliches Beispiel aus Ungarn wurde oben mitgeteilt. Die Säugetierpalaeontologen bestätigten wohl das Zunehmen und Südwärtsdringen von Tierarten, die wir heute im hohen Norden oder in den Hochalpen antreffen. Diese Erscheinung war aber nur eine einmalige und zwar erst während und nach der letzten Eiszeit. Sie erreichte ihr Maximum merkwürdigerweise auch nicht während der größten Ausdehnung des Würmgletschers, sondern sehr viel später, zur Zeit des Magdaléniens, als sich die Gletscher weit und endgültig in die Alpen zurückgezogen hatten. Die heißen Sommer vermochten die Vegetationsgrenze weit über die heutige zu heben, so daß die höhern Alpen wirtlicher wurden. Die gleichzeitigen kalten Winter verhinderten aber das Eindringen wärmebedürftiger Tiere. Sie förderten die Erhaltung der Arten, die

heute im hohen Norden oder in den Alpen leben. Extreme Temperaturen erzeugen durch die unregelmäßigen Niederschläge im Mittelland und in den Alpentälern eher Parklandschaften als geschlossene Hochwälder, also Verhältnisse, die uns durch die Tierfunde der interglazialen Schieferkohlen und der alpinen und jurassischen Höhlen bestätigt werden. Wesentlich scheint mir zu diesen Zeiten auch die Schuttführung der Flüsse und die Anreicherung der Geröllhalden im Gebirge zu sein, für die wir ebenfalls Anhaltspunkte besitzen. Es ist sehr wohl möglich, daß damals einige Höhlenstationen, wie z. B. das Schnurrenloch im Simmental, durch nahe Schutthänge zugänglicher waren als heute.

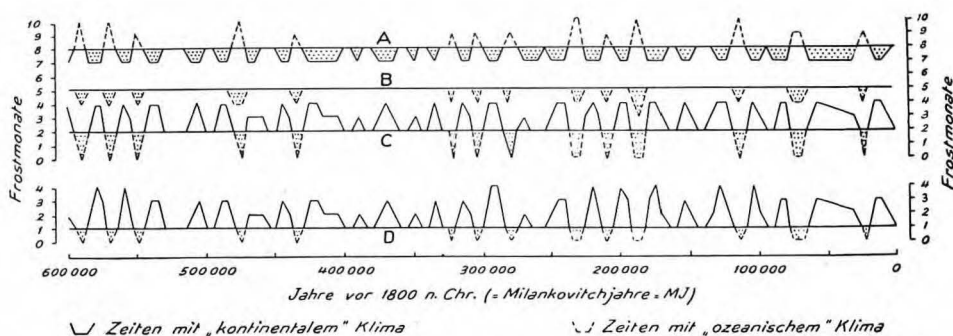


Fig. 2. Einfluß der solaren Strahlungsänderungen auf die Zahl der Frostmonate wichtiger meteorologischer Stationen der Schweiz. Aus *Eclogae geologicae Helvetiae*, Vol. 30, 1937.

Die Kurven bezeichnen:

- | | |
|---|---------------------------|
| A Säntis: Heutige Schneegrenze | C Thun: Alpenrandstation |
| B Andermatt: Würmzeitliche Schneegrenze | D Basel: Eisfreie Station |

Um den Verlauf des Klimas für verschiedene Orte zu bestimmen, berechnete der Verfasser den Wechsel in der Zahl der Frostmonate im Verlauf der letzten 600 000 Jahre für 4 verschieden hoch gelegene meteorologische Stationen. Die außerhalb jeglicher Vergleichen gelegene Station Basel und die Alpenrandstation Thun ergaben einen gleichsinnigen Verlauf der Klimawechsel. Beide sind dadurch gekennzeichnet, daß während 65 % der Zeit die Zahl der Frostmonate um 2 bis 3 größer war als heute. Allerdings wirkten zu gleicher Zeit die heißeren Sommer auf das Klima ein. Als Station in der Höhe der würmzeitlichen Schneegrenze zeigte die Kurve von Andermatt für 76 % der Dauer die gleiche Zahl der Frostmonate wie heute und für die übrige Zeit eine Verminderung derselben um einen und zu Beginn

der Rißeiszeit sogar um deren zwei. Die warmen Winter wurden allerdings durch bedeutend kühlere Sommer mehr als ausgeglichen. Als bisher höchste Station der Schweiz mit brauchbaren Beobachtungen stellt sich der Säntis zu den Ergebnissen von Basel und Thun in einen völligen Gegensatz. Während ca. 405 000 Jahren hatte der Säntis kürzere und mildere Winter, d. h. 2 Frostmonate weniger als heute, 70 000 Jahre waren gleich und 125 000 Jahre wiesen eine Vermehrung der Frostmonate bis zu 2 auf. In den wärmsten Wintern sank die Zahl der Frostmonate auf 6, so daß der Effekt wohl einer Verlängerung des Sommers und der Vegetationsperiode gleichkommt, nicht aber einer Bewohnbarkeit dieser Höhenlage im Winter. Die Bedeutung dieser Feststellungen für das Problem des alpinen Palaeolithikums liegt auf der Hand.

3. Die Ursachen der alpinen Eiszeiten (13, 2. Teil).

Sicher drängt sich auch die Frage auf, ob denn die kühlen Sommer genügen, um Vergletscherungen von der Größe der Würm- und Rißvereisungen zu erzeugen. Die Eisvorstöße bezeugen jeweilen ein Sinken der Schneegrenze, d. h. der Zone, oberhalb welcher die festen Niederschläge in der warmen Jahreszeit nicht ganz abschmelzen. Diese wichtige, sehr unregelmäßig verlaufende Linie besitzt für die oben genannten Eisvorstöße Mittelwerte von 1200, resp. 1300 m Depression gegenüber der heutigen. Die kühlen Sommer erzeugten eine Vermehrung der Frostmonate, so daß nicht nur der Säntis, sondern auch der Große St. Bernhard und der St. Gotthard über die Schneegrenze zu liegen kamen. Dies entspricht einer Senkung der Schneegrenze um ca. 650 m. Sie würde genügen, um den Rhonegletscher bis nahe an den heutigen Genfersee, das Aareeis bis zum Brienzersee und den Reußgletscher bis nach Altdorf vordringen zu lassen. Diese Beträge umfassen einzig die Wärmeveränderungen, welche die Strahlungswechsel erzeugten, nicht aber deren Auswirkung auf die Niederschläge.

Von den Nordalpen bis zum Jura herrscht die mitteleuropäische Niederschlagsverteilung, die ein ausgesprochenes Sommermaximum aufweist, während die Wintermonate verhältnismäßig trocken sind (25). Nun hängt die Eisbildung in erster Linie von der Aufspeicherung der winterlichen Niederschläge in fester Form ab. Die Vermehrung der Frostmonate greift in die niederschlagsreicheren Jahreszeiten ein. Dadurch vermehrt sich, wie aus den Messungen der meteorologischen Stationen hervorgeht, die auf die verlängerte Frostperiode entfallende Niederschlagsmenge um 50 %, was eine ebenso starke Eisvermehrung

bedeutet. Diese bewirkt, daß die Gletscher weit über die aus thermischen Gründen bezeichneten Grenzen hinaus vorrücken.

Auch die warmen Wintermonate bewirken indirekt eine Vermehrung des Eises. Die gegenüber heute wärmere Luft transportierte einen höhern Wasserdampfgehalt vom Golf von Biscaya in unsere Alpen. In den kältesten Monaten macht die Vermehrung 37—41 % der heutigen Feuchtigkeit aus, im ganzen Winter im Mittel ungefähr 25 %. Damit soll nicht gesagt sein, daß sich der sämtliche in vermehrtem Maße hertransportierte Wasserdampf in Eis verwandelte. Wir dürfen aber annehmen, daß dies gleichsinnig mit den heutigen Verhältnissen geschah und sich das Eis um den genannten Prozentbetrag vermehrte.

Es ist eine vielfach und längstbekannte Tatsache, daß eine ganzjährige Vermehrung der Niederschläge die Schneegrenze herabdrückt. Wie viel mehr muß dies der Fall sein, wenn der Zuwachs in die Frostperiode fällt! Zwei Beispiele, eines aus Alaska und Norwegen, das andere aus dem neuenburgischen und dem französischen Jura, ermöglichten es, zu bestimmen, welche Schneegrenzensenkung die 75 % Niederschlagsvermehrung erzeugen. Die gefundenen Zahlen stimmten trotz der sehr verschiedenen Herkunft vollständig überein und ergaben für die Nordalpen eine Depression von 625—650 m. Zählen wir diesen Betrag zu dem oben aus der Vermehrung der Frostmonate erhaltenen zusammen, so erhalten wir im Maximum eine Schneegrenzensenkung um 1275—1300 m, eben den Betrag, der aus den Moränen der Rißeiszeit für diese größte aller Vergletscherungen ausgerechnet wurde. Die berechneten Strahlungsänderungen genügen somit zur Erklärung der Vergletscherung unserer Schweizeralpen: Die großen Gletscher bildeten sich in Perioden kühler Sommer, indem die Vermehrung der Frostmonate einerseits und die beträchtliche winterliche Erhöhung der Niederschläge andererseits, so bedeutende Eismengen erzeugten, daß die Schneegrenzen um 1200—1300 m sanken, was dem beobachteten Moränenverlauf entspricht. Diese Erklärung stützt sich ausschließlich auf meteorologische und astronomische Beobachtungen und deren rechnerische Auswertungen.

4. Die ungleichen Gletscherschwankungen als Folgen der verschiedenen Gletscherdicken (13, 2. Teil).

Trotz den neuen Einblicken in die Eiszeitprobleme, die wir durch diese astronomisch-klimatischen Studien gewonnen haben, wissen wir

noch nichts über die überaus wichtige Frage der Gletscherschwankungen. Ihrer Lösung kommen wir näher durch die Fragestellung: Welchen Einfluß besitzen die Eisdicke und die vermehrte Reflexion der Wärme durch die große Inlandeisoberfläche auf die Erhaltung der Gletscher und die Ueberdauerung klimatisch wärmerer Zeiten? Sie wird für das nordeuropäische Inlandeis schon seit einiger Zeit diskutiert (z. B. in 26).

Die von MILANKOVITCH errechnete Zeit von 10 000 Jahren von einer Normalperiode zur andern läßt erkennen, daß vom Beginn bis zum Maximum der klimatischen Vereisungsbedingungen rund 5000 Jahre verfloßen, eine Zahl, die recht wahrscheinlich ist, wenn man bedenkt, daß sie vom riesigen Rhonegletscher nur einen jährlichen Fortschritt von 60 m verlangt, damit er in der angegebenen Zeit von seinem Quellgebiet aus die Endmoränen der Würmzeit bei Bützberg-Oberbipp erreicht. Mit diesen Zahlen stimmt auch die Tatsache überein, daß bisher von keiner Seite Vorrückungsschwankungen im üblichen Sinn zur Diskussion gebracht wurden. Können aber die Gletscher auch ebenso schnell zurückschmelzen? Das ist ganz und gar ausgeschlossen, und es scheint wahrscheinlich, daß sie zu diesem Vorgang ein Mehrfaches von 5000 Jahren benötigten. Ein erster Hauptgrund ist ein geologischer: Die kühlen Sommer der MILANKOVITCHberechnungen betragen von heute bis zum Beginn der Rißeiszeit zusammen nur ca. 50 000 Jahre auf eine Zeitspanne von ca. 250 000 Jahren. Jeder der 5 Vorstöße, wovon der letzte allerdings nicht aus den Alpen heraustrat, müßte sich im ganzen Alpengebiet einzeln nachweisen lassen, was speziell für das Inn-Isargebiet nach AMPFERER und PENCK nicht der Fall ist. Die Dauer des letzten Interglazials würde 60 000 Jahre übersteigen, die Schwankung zwischen dem sog. Würm I und Würm II mehr als 30 000 Jahre dauern, und seit dem letzten Vorstoß ins Mittelland würden 65 000 Jahre verfloßen sein. Diese Zeiträume hätten zweifelsohne den Alpenflüssen Gelegenheit verschafft, in den Alpentälern die Vergletscherungsspuren auszutilgen und dem ganzen Eintiefungssystem den Charakter der Wassererosion aufzuprägen. Dies ist aber nicht der Fall. Vielmehr erscheint das ganze alpine Landschaftsbild rein glazial. Es besitzt nur geringe junge Einschnitte durch Flußerosion.

Der Hauptfaktor, der zur Erhaltung der Alpengletscher beitrug, war ihre Dicke. Wenn im heute 400 m ü. M. gelegenen Rhonetal ein 1600 m mächtiger Gletscher lag, dann mußte die Schneegrenze schon sehr viele hundert Meter steigen, bis die Gletscheroberfläche in die Abschmelzzone geriet. Jede Gletscherdicke hatte ungefähr die gleiche Wirkung

wie eine Schneegrenzensenkung von gleichem Ausmaß. Dazu trat gegenüber heute das Fehlen der Föhnwirkung, weil diese erst in der Tiefe der Täler entsteht und diese damals mit Eis gefüllt waren. Hiezu gesellten sich die vermehrte Rückstrahlung der Wärme gegenüber dem heutigen aperen Land und die Einwirkung der früher besprochenen Verlängerung der winterlichen Frostzeit im Mittelland und den Alpentälern um einige Monate. Alle diese Faktoren vereinigt, genügten, um die Gletscher sehr langsam zurückschmelzen zu lassen.

Wie schon betont, ist die Gletscherdicke der ausschlaggebende Faktor, auch für die andern eiserhaltenden Kräfte. Von den abschmelzenden Faktoren wirkt die langsam, aber stetig arbeitende Erdwärme unbekümmert um die Mächtigkeit des überlagernden Eises bei allen Eisströmen gleichmäßig. Der Einfluß der Erwärmung der apertalhängen aber nimmt an Bedeutung in dem Maße zu, in dem sich die Gletscheroberfläche unter die Schneegrenzen senkt. Warme Talwinde vermehren auf dünnen Gletschern die Ablation gegenüber den höher hinauf ragenden dickern. Das eigentliche Schmelzen des Eises durch die zugestrahlte Sonnenwärme bleibt in beiden Fällen gleich. So kommen wir zum Schluß, daß die im Alpeninnern wurzelnden Großgletscher, wie diejenigen der Rhone, des Rheins und des Inns, gar wohl die Schmelzperioden zwischen zwei benachbarten Gruppen kühler Sommer überdauern konnten, während die kleinern Gletscher mit dünneren Zungen, wie Aare- und Linthgletscher, bis in die Alpen zurückschmolzen, und dann, infolge der neuen Vorstoßzeit, wieder weit ins Mittelland vordrangen.

Diesen theoretischen Erwägungen entsprechen denn auch die geologischen Verhältnisse. Im Becken des Genfersees wurden bis heute nur 2 Moränen festgestellt, die durch mächtige, vermutlich interglaziale Schotter getrennt sind. Im Aare- und Linthgebiet dagegen kennen wir 4—5 verschiedenaltige Moränen, die zusammen der Riß-Würmzeit entsprechen. Während der letzten Eiszeit darf die Eisdicke des Rhonegletschers über dem Genferseespiegel mit 1000 m eingesetzt werden. Für das Aaregebiet sind wir durch viele Moränenwälle sehr gut über die Eishöhen in den verschiedenen Stadien unterrichtet. Im Würmmaximum erreichte der Aaregletscher eine Eisdicke über dem Thunerseespiegel von 6—700 m. Die zugehörigen Moränen sind verwaschen und unterscheiden sich stark von den frischen Formen des Würm II, dessen Eisdicke bei Thun noch ca. 550 m betrug. Im Boden des Aaretals formen die frischen Morä-

nen eine drumlinisierte, unzusammenhängende Moränendecke. Darunter folgen horizontale Schotter, die am linken Thunerseeufer alpenwärts bis nach Spiez reichen. Sie konnten sich nur dann längs des Berganges ablagern, wenn das Thunerseebecken mit Eis gefüllt war und dieses die Schmelzwasser und Bäche verhinderte, direkt in den See zu fließen. Das Gletscherende lag damals zwischen Thun und Uttigen. Dieses Vorkommen ist zur Beurteilung der eiszeitlichen Vorgänge sehr wertvoll, zeigt es uns doch, daß das extreme Klima zwischen den beiden Würmvorstößen imstande war, eine Eisschicht von ca. 600 m zu schmelzen. Alle Gletscher des Alpennordrandes, die dicker waren, behielten somit ihre Gebiete besetzt und schützten diese vor Zuschüttung durch Schotter, so daß sie uns in der Hauptsache noch heute als Seen entgegentreten. Nun kennen wir die Lösung des Widerspruchs, daß im Aaregebiet mehr Moränen vorkommen, als im Inn-Isargebiet: Der verhältnismäßig dünne Aaregletscher schmolz in der Würm I-Würm II-Schwankung bis in die Alpen zurück; der doppelt so dicke Innegletscher dagegen überdauerte diese Wärmezeit.

Der Fund eines Backenzahnes von *Elephas primigenius* in den Schottern von Münsingen, die unter einer drumlinisierten Moränendecke liegen, lieferte den paläontologischen Beweis zu diesen Schlüssen, ermöglichte die genaue Einordnung dieser Schwankung in die Chronologie der nichtvereisten Gebiete; denn die Schmelzfalten dieses Fossils stimmen sehr gut mit denen der Mammutschicht in der Vogelherdhöhle in Württemberg überein, und diese wiederum lieferte Aurignacienartefakte (33*).

Diese Feststellung zeigt uns erstens, daß das Aurignacien zwischen dem Gurtenstadium (Würm I) und dem Berner Stadium (Würm II), also

*) Außer ED. SCHERTZ (33) prüfte auch H. G. STEHLIN den Elephaszahn. Er äußerte sich darüber brieflich folgendermaßen: „... Das Fragment aus dem Grabental stammt offenbar aus einer Ablagerung, die jünger ist als die großen Würmmoränen. Seine morphologischen Merkmale stehen damit im Einklang; er repräsentiert ein vorgerücktes Stadium obiger Entwicklung. Es spricht also alles dafür, daß es irgendwo in die spätern Phasen der Würmvergletscherung einzureihen ist ...“ Beide Forscher stimmen also vollständig überein, daß der Fund jünger als das Maximum der Würmeiszeit ist. Dann können die Schotter, in denen er lag nicht interglazial, sondern nur würm-interstadial sein. Da die hangenden Moränen aber sich bis nach Bern fortsetzen und die Schotter alpenwärts bis über Spiez hinauf reichen, so kann es sich nicht um ein unbedeutendes spätes W-Stadium handeln, sondern einzig um die große Schwankung zwischen W I und W II.

in die Spiezerschwankung *) zwischen den äußern und innern Jungmoränen einzuordnen ist. Zweitens unterbricht sie die große, artefaktenfreie Lücke zwischen dem Magdalénien und dem alpinen Palaeolithikum und weist damit das letztere zweifellos in die letzte Interglazialzeit.

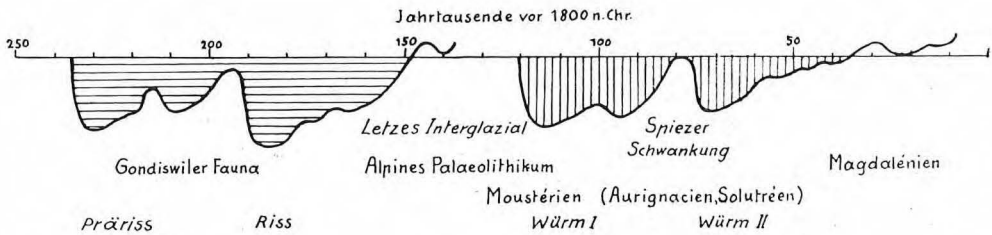


Fig. 3. Vergletscherungskurve des Aaregletschers bis vor 250 000 Jahren bezogen auf den Alpenrand bei Thun und die Stellung der menschlichen Kulturen.

5. Die geologische Datierung der alpinen Höhlenfunde ins letzte Interglazial.

Dieses Ergebnis stimmt namentlich mit dem geologischen Befund des Schnurrenlochs im Simmental überein (21). In dieser 1220 m hoch gelegenen Station lagern die wenigen und nicht sehr typischen Artefakte über einem unauffällig gebänderten Lehm, der bis auf den Fels reicht. Die Kulturschicht wird aber von einem direkt ästhetisch wirkenden Bänderton zugedeckt, der durch zeitweilige Austrocknung (Schwundrisse) und nachherige Fortsetzung der Sedimentation, die die gelockerten Krustenteile umhüllt, stellenweise die Form einer Lehm-breccie annimmt. Daß die Bänderung auf den Wechsel der schwebenden Bestandteile des Schmelzwassers des Gletschers, der die Höhle verschloß, infolge verschieden gearteten Abschmelzbedingungen zurückzuführen ist, liegt auf der Hand. Ebenso leicht erklärt sich die Ursache der zeitweiligen Austrocknung, nämlich das temporäre Auslaufen des Höhlenseeleins durch Gletscherspalten, ganz wie dies vor der

*) In den Schweizeralpen könnte man statt von einer Spiezerschwankung von einer Würmschwankung sprechen, was klarer und einfacher wäre. Auch für die nordische Vergletscherung stellt W. SOERGEL eine einzige starke Schwankung zwischen Würm I und Würm II dar. Doch könnte der Name zu Verwechslungen mit der kleinen W II/W III-Schwankung führen. In dieser Frage dürften die nordischen Glaziologen entscheiden.

Tieferlegung beim Märjelensee am Aletschgletscher der Fall war. Von keiner andern Station des alpinen Palaeolithikums sind ebenso deutliche Beweise bekannt, daß auf der Kulturschicht gletscherbedingte Ablagerungen folgen. Es fragt sich nun, mit welchem Vorstoß der abdämmende Gletscher zu identifizieren sei. Auch diesbezüglich liegen klare Verhältnisse vor. Aus der Höhe des Einzugsgebiets des Simme-gletschers läßt sich ermitteln, daß im Bernerstadium (Würm II) die Gletscherstirn bis nach Weißenburg hinabreichte. Der Gletscher endete somit fast genau am Fuß des Gsäßgrindes, dessen Südhang das Schnurrenloch birgt, das sich aber ca. 500 m über dem Gletscherrücken öffnete. Da Würm II somit außer Betracht fällt, können nur noch das Würmmaximum für die hangenden und die Rißeiszeit für die liegenden Bändertone in Betracht fallen. Für eine Gleichsetzung mit Mindel oder Günz fehlen jegliche Anhaltspunkte, und sowohl die gefundene Fauna, wie die Artefakte widersprechen energisch einer Datierung ins Alt-quartär.

Die im Schnurrenloch beobachtete Dreiteilung der Schichten — die postglaziale Humusschicht wird hier außer Acht gelassen — wurde schon vorher in den ostschweizerischen Höhlen erkannt. Eine obere, sterile, weiße Lehmschicht bedeckt nach EMIL BAECHLER's jahrzehntelangen Forschungen die mittlere, hell- bis rötlichbraune, lehmig-erdige Kulturschicht. Diese ruht ihrerseits wiederum auf einer weiß-grauen Lehmschicht (20). Das Fehlen organischer Einschlüsse und der Mangel an Verwitterungsfarben deuten auch hier auf eine Sedimentation während den Gletscherzeiten hin, aber nicht so eindeutig wie die Bändertone des Schnurrenlochs. Wildkirchli (1477 m Mh.), Wildenmannisloch (1628 m Mh.) und Drachenloch (2445 m Mh.) befinden sich über dem Höchststand der Würmvereisung.

In der Steigelfadbalm (2) waren die Verhältnisse einer klaren Profilbildung und -erhaltung ungünstig. Außerdem wäre hier eine Unterscheidung von Würm I und Würm II sehr schwierig.

6. Die geologische Erklärung und Datierung der Funde von Cotencher.

a) Lage der Station Cotencher und ihre Schichten (Fig. 4).

Die „grotte de Cotencher“ liegt am linken Hang der Areuseschlucht am Ausgange des Traverstales in 659 m Höhe. Die ausgebeuteten Schichten reichen bis auf 652,7 m hinab. Die Erforschung der schon früher als prähistorische Station bekannten Höhle wurde 1916—1918 durch H. G. STEHLIN und A. DUBOIS ausgeführt, weil sie vermuteten, es könnte hier gelingen, die Moustérienkultur genau in die Eis-

zeitenfolge einzuordnen. Dementsprechend wendeten die beiden Forscher äußerste Sorgfalt an, um alle Anhaltspunkte zu erkennen. Das abschließende Werk „La grotte de Cotencher“ erschien 1933 (19) und legt ein zuverlässiges Material zur Deutung vor.

Die unterste sterile Schicht, von DUBOIS und STEHLIN als „argile jaune“ bezeichnet, dürfte größtenteils einem normalen, durch Verwitterung etwas verfärbten Höhlenlehm entsprechen. Er schließt nach A. WERENFELS auch zugeschwemmte und zugeblasene Partikel ein, erstere mikroskopisch kleine fremde Mineralien der Molasse oder des Erratikums, letztere gerundete Teilchen von weniger als 0,02 mm Durchmesser.

Die „couche brune“, eine darüber liegende Mischung von Humus, Kalksteinen, Sand und Phosphaten, welch' letztere durch die Verwitterung der organischen Beimengungen entstanden, korrespondiert bezüglich ihrer Meereshöhe von 552 m so vorzüglich mit einem Delta am Schluchtausgang, daß sowohl die zeitweilige Ueberschwemmung des Höhlenbodens und die dadurch bedingte Ablagerung von Bachschutt und Wassertrübe (gerollte Kalke, Sand) als auch die gleichmäßige Besiedlung durch Menschen und Tiere (gleichmäßige Verteilung der Artefakte und Knochen, Humus und Phosphate) leicht verständlich werden. Ihre Mächtigkeit beträgt 1,1—1,5 m.

Nun folgt eine 1,0—1,8 m messende „couche à galets“: Haselnuß- bis kopfgroße, meist nur kantenbestoßene, selten runde Gerölle, die alle Gesteinsarten des Traverstaies und, in sehr untergeordneter Menge und gleichmäßig durch die ganze Schicht verteilt, auch erratisches, alpines Material vertreten. Alle stecken in hellem Lehm. Diese Schicht zeigt dieselbe Zusammensetzung wie die talaufwärts gelegenen Geröllhalden und lokalen Moränendecken, die einen minimalen erratischen Einschlag an Wallisergesteinen aufweisen und deren weiche Gesteine rasch zu einer lehmartigen Masse verwittern. Das Anreissen von Schutthalten durch Bäche und Flüsse und die baldige Wiederablagerung des weggespülten Materials in einer stillen Bucht, wie die Höhle solch' eine darbot, gehören zu den gewöhnlichsten geologischen Geschehnissen. Frische und gerollte Knochen und Artefakten waren auch hier gleichmäßig verteilt anzutreffen. Sie deuten auf eine kontinuierliche Benutzung und Aufschüttung hin.

In der vierten Schicht, als „l'argile blanche“ bezeichnet, ändern die Grundbedingungen der Sedimentation, indem ein Seeschlamm von 1,5—1,7 m Dicke auf eine erneute Abdämmung des Areusetales durch den Rhonegletscher hindeutet.

Postglazialer Blockschutt vom Dache der Höhle selbst, „les éboulis“, deckt die letzte eiszeitliche Bildung 4 m dick zu.

b) Die Einordnung in die Eiszeitfolge durch A. DUBOIS.

AUGUSTE DUBOIS (19), der geologische Mitarbeiter der Ausgrabung, erwähnt in der braunen Schicht Anreicherungen von Lehm und Sand. Die Geröllschicht entstand nach seinen Beobachtungen zweifellos durch Bacheinschwemmung. Im obern weißen Lehm fand A. WERENFELS (19) mehr Lößpartikel als im liegenden gelben Lehm. Die Entstehungsbedingungen für geschichtete Tone in einer an einem Berghang gelegenen Höhle erscheinen DUBOIS unklar, weshalb er auf die zutreffende Deutung DESOR's als Schlammabsatz in einem kleinen Eisstausee hinweist. Leider geben auch die chemischen und sedimentpetrographischen Analysen keine Aufschlüsse über die Herkunft und die Entstehungsweise der verschiedenen Schichten, da die verschiedenartigsten benachbarten Gesteinslagen den gleichen Chemismus aufweisen und auch der Bestand an seltenen oder schweren Mineralien es nicht gestattet, erratische, d. h. durch den Rhonegletscher aus dem Wallis herbeigebrachte Gesteine von denen der Molasse, die während der Tertiärzeit durch Deckenschub und Flußtransport ebenfalls aus der Zone der penninischen Alpen ins Neuenburgerland transportiert wurden, zu unterscheiden.

Die genaue Einordnung der Station Cotencher durch A. DUBOIS und H. G. STEHLIN (19) in den Zeitraum zwischen Riß- und Würmmaximum beruht auf der Annahme, daß zu Beginn und am Ende einer Gletscherzeit ein Areusegletscher die Gegend von Colombier vor dem Rhoneeis erreicht und dasselbe Areal nach dem Abschmelzen des Hauptgletschers nochmals überdeckt habe. Diese Annahme beruht auf einer unzutreffenden Interpretation von Gletscherschuttformen in der Gegend von Bôles und auf der ungenügenden Berücksichtigung der Ausdehnungsmöglichkeiten der Lokalgletscher des Traverstaes bei den beobachteten Schneegrenzenlagen, wie verschiedene Forscher seither nachwiesen. Mit Recht betonten die beiden Forscher, daß die „couche à galets“ nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem abschmelzenden Rißgletscher sein könne, da sie viel zu wenig Alpenmaterial führe und dieses überdies stärker verwittert wäre. Aber die Erklärung eines Bachlaufes, 130 m über dem Talweg der Areuse, der fast ausschließlich Lokalschutt transportierte und gerollte und frische Artefakte und Knochen relativ gleichmäßig mischte und sie in einen Lehm einlagerte, was gegen die gewohnte Natur der Bachauf-

schüttungen geht, machte den beiden Erforschern der Cotenhergrotte große Mühe und verursachte viele wissenschaftliche Diskussionen. Die beiden nahmen an, das fragliche Material sei von einer ersten Lagerstätte unter dem Höhleneingang, der damals weiter talwärts gereicht habe, durch einen „torrent“ ins Innere der Höhle verfrachtet worden. Zweifellos trifft dies in irgendeiner Form zu. Sofort erhebt sich die Frage, ob dies in kurzer Zeit oder in langsamerem Aufbau geschehen sei. Im ersten Falle wäre die Einbettung in Lehm vollständig unverständlich, da ein rasch arbeitender Bach sein Geschiebe sortiert, was hier nicht der Fall ist. Da der Hintergrund der Höhle keinen Ausgang besitzt, so hätte der Bach ein Gefälle vom Eingang nach innen durch Anhäufung von Material erzeugen müssen. Dies hätte aber die Entstehung eines mehr oder weniger tiefen Tümpels verursacht, dessen Anwesenheit sich bei der Ausgrabung durch Deltaschichten oder Bändertone hätte ausweisen müssen, was wiederum nicht der Fall war. Ganz unerklärt bleibt im Falle einer raschen Aufschüttung und Umlagerung der Kulturschicht die Bildung der „couche brune“, die auf langsame Entstehung hinweist, trotzdem sie eine Sandlinse einschließt. Aus den sorgfältigen Beobachtungen der Ausgräber und ihrer genauen Beschreibung ergibt sich mit aller Deutlichkeit, daß die gleichmäßigen Schichten der „couche brune“ und der „couche à galets“ sehr langsam entstanden sind und daß die normale primäre Ablagerung von Artefakten und Knochen mit der Sedimentation der Gerölle und des Lehms so intensiv wechselten, daß beide eine genetische und zeitliche Einheit bilden. Eine Trennung des Vorganges in eine erste biologische Phase und eine zeitlich mehr oder weniger spätere Umlagerung, verbunden mit der Deponie des Gesteinsmaterials, erscheint ganz ausgeschlossen.

Um den Bachlauf oben am Hang zu erklären, griffen DUBOIS und STEHLIN zur Hypothese, das Wasser sei durch eine Seitenmoräne dem Gehänge entlang und an der Höhle vorbei geleitet worden. Da ein Moränenwall am steilen Hang der Areuseschlucht zur Ablenkung des Baches nicht genügte, nahmen die beiden Forscher an, ein Areusegletscher habe bis zur Höhe der Grotte gereicht und den Moränenwall gestützt. Dies sei ein „glacier précurseur“ gewesen, d. h. der lokale Areusegletscher, der vorgestoßen sei, bevor der Rhonegletscher die Mündung des Areusetales erreicht habe und in das letztere eingedrungen sei. Nun wurde schon oben darauf hingewiesen, daß ein solcher Gletscher aus Gründen der Höhenlage des Einzugsgebietes theoretisch nicht zu erwarten sei. Ferner wäre es ganz unverständlich, daß der

Bach aus der unmittelbar benachbarten Moräne kein einziges gekritztes Geschiebe in die Höhle geschleppt hätte. Die Erforscher betonten übrigens ausdrücklich, daß die „couche à galets“ keine Moräne sei. Ein wichtiger Gegengrund gegen den Erklärungsversuch DUBOIS-STEHLIN liegt in der weiter oben dargelegten Tatsache, daß die eingeschlossenen Knochen und Artefakte mit den mineralischen Sedimenten gleichzeitig, resp. in kleinen Portionen wechselweise abgelagert worden seien, so, als ob einzelne Hochwasser den mehr oder weniger dauernd bewohnten Höhlenboden zeitweilig mit Schlamm und Geröll überführt und das oberflächlich liegende biologische Material umgelagert hätten. Dieser Vorgang würde aber die Gleichzeitigkeit von Gletscher und Besiedlung der Höhle durch Mensch und Tier voraussetzen, was nach allen bekannten Beobachtungen ausgeschlossen ist. Wenn der Aurignacienmensch, so viel wir wissen, die Schweiz mied, als die Gletscher sich während der Würmschwankung bis in ihre Stammbecken, d. h. ungefähr in die heutigen Seen zurückgezogen hatten, ist es auch nicht verständlich, daß der Moustérienmensch und die damalige Fauna unmittelbar an einem Gletscherrand in der denkbar ungünstigsten Lage gelebt haben sollen, worauf übrigens auch die beiden Erforscher selbst hinwiesen.

Gestützt auf die eben widerlegte Hypothese vom „glacier précurseur“, der den „torrent“ in die Höhle lenkte, wurde das Alter der Station Cotencher wie folgt bestimmt: „Partant la couche à galets s'est déposée à l'extrême fin de la phase de crue würmienne, immédiatement avant le maximum de cette glaciation La station moustérienne de Cotencher appartient à la phase de crue de la glaciation würmienne.“

c) Neue Gesichtspunkte zur Erklärung der Höhlensedimente (Fig. 4).

Die Jurarandstation Cotencher liegt in ca. 652—659 m Meereshöhe und damit so tief, daß sie sowohl vom Würm I-Rhonegletscher, der in dieser Gegend seine Seitenmoränen in 1100—1200 m Höhe ablagerte, wie auch vom W II-Eis, das noch bis 8—900 m hinaufreichte, zugedeckt wurde. Die Wirkung des zweiten Vorstoßes auf die Höhlensedimente scheint ganz unwesentlich zu sein. Vermutlich füllte das Eis die ganze Grotte. Andererseits können wir aus dem Rückzug des Aaregletschers bis nach Thun schließen, daß auch bei Cotencher das Gletschereis seine Mächtigkeit um 600 m verminderte und das Neuenburger Seebecken, dessen Wasserspiegel heute 432 m Höhe mißt, nur noch bis auf 5—600 m Meereshöhe füllte. Da dieser Zustand erst

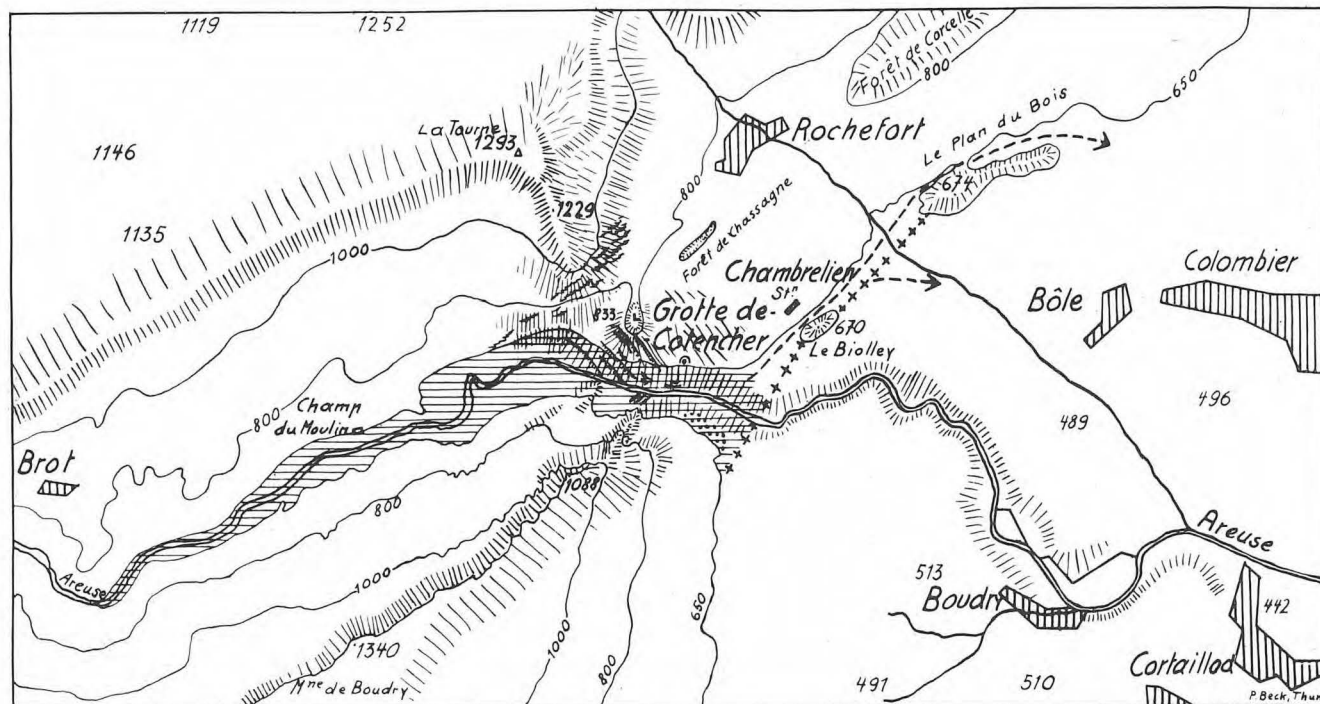


Fig. 4. Das Areusetal mit der Grotte de Cotencher.

Horizontal schraffiert = ungefähre Ausdehnung der interglazialen Schwemmebene
 Die Reihe von Kreuzen = vermutliche Lage der abdämmenden Moräne
 Strichel mit Pfeilspitzen = ungefährer Lauf der interglazialen Areuse
 Punktirt = die Ueberreste der Schwemmebene in Deltaform.

kurz vor dem neuen Vorstoß erreicht wurde, so ist die Einwanderung der Cotencher-Fauna und die Besiedlung durch Menschen während der Spiezerschwankung, also zwischen den beiden Würmvorstößen, ausgeschlossen. Die Cotencherkultur zeichnet sich übrigens vor ihren gleichaltrigen Vorkommen in den alpinen Höhlen dadurch aus, daß sie am sichersten mit der Moustérienstufe identifiziert werden kann. Dies ist ein weiterer Grund dafür, daß die Spiezerschwankung als Alter außer Betracht fällt, da letztere einen Elephanten der Aurignacienzeit lieferte.

Die heutige Lage der Höhle, an einem Hang hoch über dem Talweg des Flusses, erschwert die geologische Deutung ihrer verschiedenen Schichten. Doch weist ein nur 5—600 m entferntes, talauswärts und auf dem Gegenhang gelegenes Delta in 650 m Mh. darauf hin, daß der rißzeitliche Rhonegletscher beim Rückzug die Areuseschlucht abdämmte. Dadurch verwandelte sich die Areuseschlucht bis zum Saut-du-Brot hinauf erst in einen See, in dem sich beispielsweise die Seetone von Champs-du-Moulin ablagerten, dann aber in einen Talboden, dessen Höhe genau mit derjenigen der Grotte übereinstimmt. Diese Verhältnisse bestanden solange, als die Ablagerung der Fundschichten in der Höhle dauerte. Dies setzt weiter voraus, daß die Areuse verhindert war, das Delta wieder auszuräumen. Dies war der Fall, wenn der Fluß seinen Lauf nicht direkt dem Neuenburgersee zuwendete, sondern, ähnlich der Sihl an der Schindellegi, durch eine Moräne und den Eisrand des Rhonegletschers solange verhindert war, den kürzesten Weg einzuschlagen, bis er sich als Gletscherrandflußlauf so stark eingeschnitten hatte, daß er seinen Weg auch nach dem Schwinden des Eises beibehielt. Heute noch weisen zwei Felsentälchen unterhalb der Mündung des Areusetales, in 650 und 640 m Höhe gelegen, auf diese Verhältnisse hin (siehe Kartenskizze und Lit. 15).

Die Zuschüttung des 130 m tiefen, aber außerordentlich engen Areusetales überrascht keinen Beobachter, der die hochgelegenen Schotter verschiedener, erst spät vereister Alpentäler kennt. Im sehr viel breiteren und nur halb so langen Tal von Adelboden reichen sie beispielsweise bis 300 m über den Talweg, gestaut durch den Kander-gletscher.

Stimmt man, gestützt auf den Deltarest, dem frühern Vorhandensein eines Areusetalbodens während der Riß-Würm-Interglazialzeit zu, so hat man es nicht mehr nötig, einen Areusegletscher zur Erklärung der Einschwemmungen in die Cotenchergrotte vorauszusetzen, weil diese heute hoch am Hang ist. Dank der Schwemmebene, sie dürfte ähnlich

ausgesehen haben wie der weite Schotterboden im Val Plavna im Unterengadin, war es bei Hochwassern dem Talfluß leicht, Ueberschwemmungstone auf dem Höhlenboden abzulagern und diesen nach und nach zu erhöhen. In trockenem Zustande aber wurde die Grotte von Menschen und Tieren in Anspruch genommen, die Artefakten und Knochenreste hinterließen. Die „couche brune“ stimmt ihrem Aufbau und ihrer Zusammensetzung nach sehr gut mit diesen Vorstellungen überein.

Der starke Wechsel der Ablagerungsverhältnisse, der im schroffen Uebergang zur „couche à galets“ zum Ausdruck kommt, läßt sich durch eine dauernde Wasservermehrung der Areuse und eine dadurch vermehrte Transportkraft erklären oder, noch einfacher und mit den Verhältnissen gut übereinstimmend, durch eine Verlegung des Flußlaufes auf die linke Talseite. Dadurch war die Areuse instand gesetzt, talaufwärtsgelegene Gehängeschutt- und Moränenhalden zu unterschneiden und das weggeführte Material teilweise in der Höhle als „couche à galets“ wieder abzulagern. Wiederum wechselten Einschwemmungen mit Besiedlungen durch Mensch und Tier, was in der gleichmäßigen Verteilung der Funde zum Ausdruck kommt.

In den Alpentälern treffen wir heute verhältnismäßig häufig Balmen am Rande von Schotterebenen, die von den Ueberschwemmungen erreicht werden.

Wie entstand aber die sog. „argile blanche“? In der Nähe des Einganges ist dieser Lehm etwas sandig, im allgemeinen aber so feinkörnig, daß A. WERENFELS auf äolischen Transport hinweist und die Ablagerungen teilweise mit Löß in Beziehung bringt. Als eigentliche direkte Windablagerung, also als Löß, könnten nur die untersten 15 cm der Schicht in Frage kommen, da in dieser Zone der Lehm neben vielen Geröllen auch Bärenknochen einschließt und daher von DUBOIS und STEHLIN noch zur Geröllschicht gezählt wurde. Für die vollständig sterilen obern Lagen kommt dagegen einzig eine Entstehung im stehenden Wasser in Frage. Schon DESOR erklärte dieses Vorkommen durch einen Gletscherrandsee. Da keine andere Deutungsmöglichkeit durch die Natur selbst angeregt wird, so fragen wir uns, ob es sich um eine Stauung des Talausganges durch den Rhonegletscher oder um ein Verstopfen des Höhleneinganges durch das Eis selbst handle. Die genaue Beschreibung der Sedimente ergibt keine Anhaltspunkte für die unmittelbare Eisnähe, wie sie etwa durch die Lehm-breccie des Schnurrenlochs unzweifelhaft nachgewiesen ist. Vielmehr deutet das Vorwiegen der außerordentlich feinen Körnungen auf bedeutende Entfernung vom abdämmenden Gletscher und vom einströmenden Talfluß.

Es ist naheliegend, diese Vorgänge zeitlich dem vorrückenden Rhonegletscher der Würmzeit und nicht dem zurückschmelzenden zuzuweisen. Dadurch vergrößert sich der zeitliche Abstand der Besiedlung der Höhle vom Maximum des Würm. Ein direkter oder auch nur ein mittelbarer Zusammenhang der Sedimentation der Kulturschichten mit einem Gletscher ist zu verneinen. Die Besiedlung von Cotencher fällt ganz einfach in die eisfreie Zeit zwischen Riß und Würm, deren Dauer nach den astronomischen Zeiten auf 10—15 000 Jahre geschätzt werden darf. Dieses Beispiel mag zeigen, wie selbst in vorzüglich untersuchten Gebieten die Deutung der Vorgänge und ihrer Umstände auf größte Schwierigkeiten stößt.

7. Gruppierung der interglazialen Tierarten nach klimatischen Gesichtspunkten.

Kann denn die Fauna nicht genaue Auskunft über die Klimawechsel und die Einordnung in die Eiszeitfolge geben? STEHLIN (19) prüfte diese Frage mit größter Sorgfalt und kam zum Ergebnis, daß sowohl die braune Schicht, wie auch die Geröllschicht ein- und derselben Klimaphase angehören. Er teilt die festgestellte Fauna, die 67 Arten umfaßt, ein in die große Gruppe derjenigen, die weder „warm“ noch „kalt“ sind, zweitens die Arten, die aus dem Norden einwanderten, drittens die Tiere, die aus den Alpen niederstiegen und viertens die „interglaziale“ oder „mittelmeerische“ oder einfacher gesagt „wärmere“ Fauna. Von den heute nordischen Arten befinden sich das wollhaarige Rhinoceros, der Lemming und 2 der nordischen Steppe angehörende Mäusearten in der untern braunen Schicht, der Polarfuchs und das Schneehuhn dagegen in der Geröllbank, während der Vielfraß und namentlich das Ren in allen Niveaux von der Basis der braunen Schicht bis zur Decke der Geröllzone gefunden wurden. Ähnlich verhalten sich die Funde alpiner Tiere: Schneehase, Murmeltier, Schneemaus, Gemse, Steinbock und Alpenrabe lagern in beiden Schichten. Einzig die Alpendohle ist nur in der untern Schicht vertreten, allerdings nur durch einen einzigen Knochen. Ähnlich verteilen sich die „wärmern“ Tierarten. Namentlich der Steppenfuchs und ein kleiner Luchs wurden an beiden Orten gehoben. Die Mittelmeerfledermaus *Miniopterus Schreibersi* und das MERCK'sche Rhinoceros, das im Riß-Würm-Interglacial sich vom Süden Italiens bis an die Ostsee ausbreitete, gehören einzig der obern Schicht an, Spitzmaus, großohrige Fledermaus und hamsterartige Nager der untern.

Mit Recht betont STEHLIN, daß über diesen heute für Cotencher fremdartigen Formen die überwiegende Zahl der heutigen nicht zu vergessen sei. Die Gleichzeitigkeit der sich klimatisch widersprechenden Tierformen wurde auch in andern Höhlen durch sorgfältigste Grabungen festgestellt.

Trotz diesen wenig aussichtsreichen Darlegungen versuchen wir, neue Einblicke in die Lebensbedingungen der Tierwelt zu gewinnen, indem wir die Faunen aller schweizerischen interglazialen Vorkommen in die von STEHLIN aufgeführten Gruppen einteilen und aus den wechselnden Anteilen derselben Schlüsse auf die genauere Zuteilung innerhalb der Zwischeneiszeit ziehen. Wir geben zunächst eine Zusammenstellung der bekannt gewordenen interglazialen Tierarten.

Verzeichnis der Tierarten der letzt-interglazialen Fundorte	Geordnet nach klimatischen Gruppen und der Höhenlage der Höhlen										
	Waldorf	Gondiswil (Lit. 22)*	Lehm und Sand	Dürnten-Werzhof, 515 m (24)	Aesch, 420 m (37)	Couche brune, 654 m Cotencher (19)	Couche à galets, 655 m	Schnurrenloch, 1220 m (21)	Wildkirchli, 1477 m (20)	Widenmannsloch, 1628 m (20)	Rangloch, ca. 1650 m (21)
Alpine Arten	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
<i>Lepus variabilis</i> PALLAS, Schneehase	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	+
<i>Arctomys marmota</i> L., Murmeltier	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Microtus nivalis</i> MARTINS, Schneemaus	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
<i>Rupicapra rupicapra</i> L., Gemse	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	+
<i>Capra ibex</i> L., Steinbock	—	—	—	+	+	+	+	+	+	—	+
<i>Pyrrhocorax alpinus</i> V., gelbschnäblige Alpendohle	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
<i>Graculus graculus</i> L., rotschnäblige Alpenkrähe	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Accentor alpinus</i> L., Alpenbraunelle	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+
	1	0	0	3	7	6	3	7	7	1	7
	8 ⁰ / ₁₀			21 ⁰ / ₁₀	13 ⁰ / ₁₀	14 ⁰ / ₁₀	30 ⁰ / ₁₀	37 ⁰ / ₁₀	44 ⁰ / ₁₀	33 ⁰ / ₁₀	50 ⁰ / ₁₀
Gewöhnliche Fauna											
<i>Rhinolophus ferrum equinum</i> SCHR., Große Hufeisennase	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Myotis myotis</i> BORKH., Gemeine Fledermaus	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Myotis spec.</i> , Langohrfledermaus	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Ursus spelaeus</i> ROSENM., Höhlenbär	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ursus arctos</i> L., Brauner Bär	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
<i>Meles taxus</i> L., Dachs	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—

*) Gondiswil ist nach geolog. Lage, wenn auch nicht direkt bewiesen, vorrisszeitlich u. hier zum Vergleich beigelegt

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
<i>Canis lupus</i> L., Wolf	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cuon alpinus</i> var. <i>europaeus</i> BOURG., Wildhund	+	—	—	—	+	+	—	+	—	—	—
<i>Vulpes vulpes</i> L., Fuchs	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	+
<i>Lutra vulgaris</i> L., Fischotter	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Mustela martes</i> L., Edelmarder	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
<i>Mustela erminea</i> L., Großes Wiesel	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
<i>Mustela nivalis</i> L., Kleines Wiesel	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Putorius putorius</i> L., Iltis	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Felis spelaea</i> GOLDFUSS, Höhlenlöwe	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	—
<i>Felis pardus</i> L., Panther	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	—
<i>Felis silvestris</i> SCHREBER, Wildkatze	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—
<i>Felis (Lynx) lynx</i> L., Silberluchs	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Hyaena spelaea</i> GOLDF., Höhlenhyäne	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sciurus vulgaris</i> L., Eichhörnchen	—	—	?	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Castor fiber</i> L., Biber	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Myoxus glis</i> L., Siebenschläfer	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Eliomys quercinus</i> L., Gartenschläfer	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Apodemus sylvaticus</i> L., Waldmaus	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Arvicola amphibius</i> L., Wasserratte	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Eutamias glareolus</i> SCHREB., Waldwühlmaus	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—
<i>Microtus arvalis</i> PALLAS, Feldmaus	—	—	—	—	+	+	—	+	+	—	+
<i>Sus scrofa</i> L., Wildschwein	+	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Bison priscus</i> BOJ., Bison, Wisent?	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bovide</i> , Wildrind	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Bos primigenius</i> BOJ., Auerochse oder Ur	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cervus elaphus</i> L. var., Edelhirsch	+	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—
<i>Megaceros giganteus</i> BLUMB., Riesenhirsch	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Alces alces</i> GILB., Elentier	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Equus</i> cfr. <i>germanicus</i> NEHRING, deutsches Pferd	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Equus spec. a.</i> , 2. Pferdart	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Equus spec. b.</i> , 3. Pferdart	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Capreolus capraea</i> GRAY, Reh	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rhinoceros</i> sp., Nashorn	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Corvus corax</i> L., Kollkrabe	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Phalacrocorax carbo</i> L., Kormoranscharbe	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Turdus spec.</i> , Drossel	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Pyrrhula pyrrhula</i> L. var. major, Gimpel	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Fringilla montifringilla</i> L., Bergfink	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Gecinus canus</i> GM., Grauspecht	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Micropus melba</i> L., Spyrtschwalbe	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Bubo bubo</i> L., Großer Uhu	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Aquila chrysaetos</i> L., Steinadler	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Aquilinarium</i> gen. et spec. indet.	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
<i>Falco peregrinus</i> L., Wanderfalke	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Anas boscas</i> L., Stockente	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Anseridarum</i> gen. et spec. indet.	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Glaucion clangula</i> L., Schellente	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Anatidarum</i> gen. et spec. indet.	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Tetrao urogallus</i> L., Auerhahn	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Lyrurus tetrix</i> L., Birkhuhn	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Lagopus lagopus</i> L., Schneehuhn	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Emys orbicularis</i> L., Sumpfschildkröte	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rana</i> , Frosch	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Bufo</i> , Kröte	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Esox lucius</i> L., Hecht	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12	4	4	7	32	33	5	12	9	2	7
	92%	57%	66%	50%	61%	71%	50%	63%	56%	67%	50%
Nordische Fauna											
<i>Vulpes (Leucocyon) lagopus</i> L., Eisfuchs	—	—	—	+	—	+	+	—	—	—	—
<i>Gulo gulo</i> L., Vielfraß	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Microtus ratticeps</i> (KAISERLING et BLASIUS), Rattenköpfige Maus	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Microtus anglicus</i> HINTON, Englische Maus	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Dicrostonyx Henseli</i> HINTON, Lemming	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Rangifer tarandus</i> L., Renttier	—	+	—	+	+	+	—	—	—	—	—
<i>Elephas primigenius</i> BLUMENB., Mammut	—	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rhinoceros tichorhinus</i> CUV., Wollhaariges Nashorn	—	?	+	+	+	—	—	—	—	—	—
	0	3	1	4	6	3	1	0	0	0	0
		43%	17%	29%	12%	7%	10%				
Interglaziale Arten											
<i>Sorex</i> spec., Spitzmaus	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—
<i>Felis (Lynx) pardina</i> TEMM., Panter? Pardel?	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Rhinoceros Merki</i> JAEGER et KAUP., Merk'- sches Nashorn	—	—	—	—	—	?	—	—	—	—	—
<i>Elephas antiquus</i> FALC., Altelephant	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	0	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0
			17%		4%	4%	10%				
Steppenarten											
<i>Vulpes corsac</i> L., Steppenfuchs	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Cricetus cricetus</i> L., Hamster	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Cricetidarum</i> gen. et spec. indet., Hamsterart	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Allocricetus bursae</i> SCHAUB	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0
					8%	2%					

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Mediterrane Arten											
<i>Plecotus auritus</i> L. var., Großohrige Fledermaus	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Miniopterus Schreibersi</i> KUHL, Schreibers langflüglige Fledermaus	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
					2%	2%					
Zahl der Tierarten	13	7	6	14	52	46	10	19	16	3	14

8. Die Faunenverteilung in den letztinterglazialen Ablagerungen.

Wir wenden die STEHLIN'sche Einteilung der Tiere in klimatisch oder geographisch verschiedene Gruppen auf unsere alpinen Höhlenfunde, diejenigen aus den ebenfalls letztinterglazialen Schieferkohlen von Dürnten und Umgebung, aus Aesch im untern Birstal und vergleichshalber auch auf diejenigen aus den großinterglazialen, also den präißzeitlichen Ablagerungen von Gondiswil an. Die große Tabelle ermöglicht die Einsicht in die Tierarten einer jeden Station; die graphische Darstellung Fig. 5 faßt die Gruppen als Ganzes zusammen, indem sie die Anteile jeder einzelnen in % darstellt, durch die Breite der Kolonnen aber auch die Gesamtzahl der Tierarten einer Fundstelle zum Ausdruck bringt. Gondiswil und Cotencher werden durch je zwei Kolonnen vertreten, da an jedem dieser Orte deutlich zwei verschiedene Horizonte ausgebeutet wurden.

Aus Dürnten und Gondiswil stehen relativ wenig Arten zur Verfügung, weil man s. Z. bei der Ausbeutung im Zürcher oberland den kleinen Knochen wenig Bedeutung beimaß, im bernischen Oberaargau dagegen die Fundsichten ausbaggerte und an große Depositionen leerte, was den Ertrag ebenfalls stark verminderte und namentlich auf größere Knochen beschränkte. Arm sind auch die Simmentalerhöhlen, namentlich das Ranggiloch. Die Gruppe der sog. wärmeliebenden Arten wurden noch aufgeteilt in interglaziale, solche der Wärmesteppen und in mediterrane. Es muß aber sofort darauf hingewiesen werden, daß die beiden Fledermäuse von Cotencher, um die es sich hier handelt, allerdings vorwiegend in südlicheren Gegenden heimisch sind, daß aber die großohrige Fledermaus bis nach Skandi-

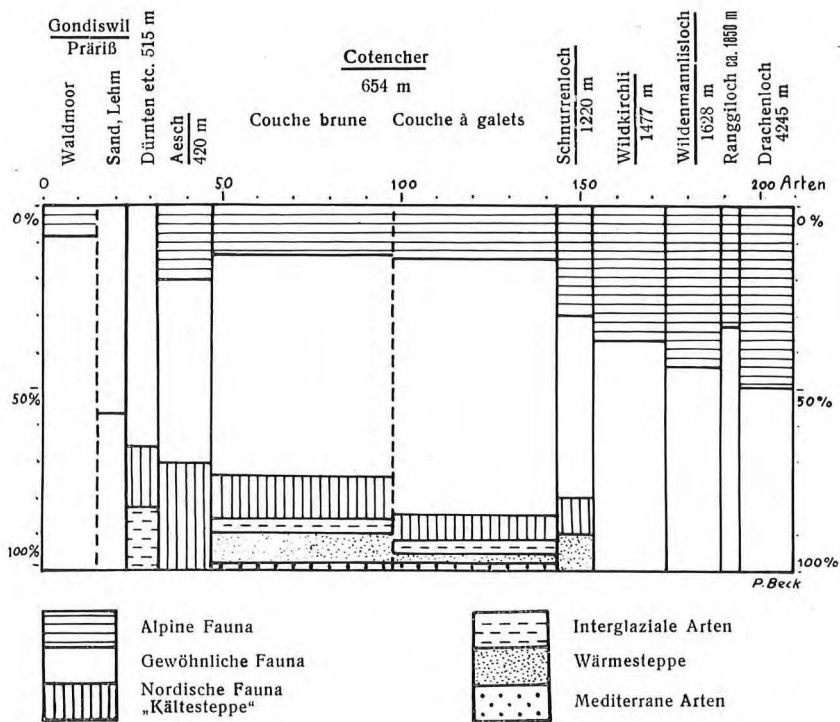


Fig. 5. Faunenverbreitung der letztinterglazialen Ablagerungen.

navien und Rußland hinauf und von Spanien bis zum Ural und Kaukasus vorkommt oder fossil ausgebeutet wurde und auch die stärker auf das Mittelmeergebiet, Asien und Australien beschränkte langflüglige SCHREIBER'sche Fledermaus im Jura und bei Chur rezent festgestellt werden konnte (19). Beide Fledermäuse weichen somit nicht oder nur wenig von der örtlich gewöhnlichen Fauna ab.

Die graphische Darstellung (Fig. 5) zeigt klar und deutlich, daß unsere heutige Fauna vorwiegt. Sie nimmt mit zunehmender Höhenlage ab bis auf 50 %. Im gleichen oder noch stärkerem Maße nimmt aber die alpine Fauna, die in den alpinen Höhlen ebenfalls als „gewöhnliche“ Fauna betrachtet werden muß, zu. Diese beiden Gruppen lassen sich nur schwer trennen, da ja in der postglazialen Eichenmischwaldzeit die Gamsen in jurassischen und mittelländischen Pfahlbauten angetroffen werden und sich auch heute noch in den Wäldern und Felswänden der nächsten Umgebung von Thun und Oberdießbach seit vielen Jahren aufhalten. Jeden Winter umschwärmen große Züge von gelbschnäbligen Alpendohlen die großen Schulhäuser

Thuns und der Alpenmauerläufer sucht die Stützmauern des Schloßberges und des Thunerhofes nach Nahrung ab. Wir dürfen somit aus der ehemaligen Verbreitung alpiner Tiere kaum auf einen wesentlichen Klimawechsel schließen; denn die menschliche Rodung und Besiedlung scheint in diesen Verhältnissen stark mitzuspielen. Größere Bedeutung kommt dagegen der Tatsache zu, daß die gewöhnliche Fauna des Mittellandes noch im Drachenloch die Hälfte der Arten aufbringt und durch das massenhafte Vorkommen des Höhlenbärs bez. der Individuenzahl weitaus dominiert. Daraus ergibt sich, wie jedem Forscher vertraut, der Schluß, daß das damalige Höhenklima der Vegetations- und Tierverbreitung günstiger gewesen sein muß als das heutige.

Größeres Interesse bieten die stärker abweichenden Arten der Mittellandstationen Dürnten und Cotencher, sowie von Aesch im Birstal. Alle 4 dargestellten Fundschichten führen einen gewissen Anteil an „nordischer“ Fauna. In der Birstalhöhle macht diese zusammen mit den alpinen Arten die Hälfte aller Formen aus. Da die andere Hälfte gewöhnliche Tiere sind, so deutet diese Zusammensetzung einwandfrei auf ein Klima hin, das den kälteliebenden Lebewesen günstiger war als das heutige. Eine geologisch klare Einordnung der betreffenden Funde, resp. eine deutbare Ueber- und Unterlagerung fehlt überdies vollständig.

In Dürnten treten neben $\frac{2}{3}$ gewöhnlichen Arten ungefähr zu gleichen Teilen Tiere auf, die einerseits auf eine Kältsteppe hindeuten, andererseits zu den typischen interglazialen Formen gehören, denen man im allgemeinen nachsagt, daß sie eher zu den wärmeliebenden Lebewesen zu zählen sind. Die beiden widersprechenden Gruppen und der große Anteil der gewöhnlichen Fauna lassen sich klimatisch dahin interpretieren, daß dasselbe vom heutigen nicht sehr stark verschieden war, daß es aber offenbar größere Gegensätze umspannte, welche sowohl den „nordischen“, wie den „interglazialen“ Arten das Leben ermöglichten.

Der obige Darstellungsversuch ermöglicht es nun doch, einen geringen Unterschied zwischen der „couche brune“ und der „couche à galets“ von Cotencher zu erkennen und zu deuten. Die Anteile an alpinen, interglazialen und mediterranen Arten stimmen in beiden Schichten überraschend gut überein. Dagegen weist die untere Schicht gegenüber der hangenden ein Mehrfaches an Tieren der Wärmesteppe auf. Allerdings beträgt auch die Zahl der nordischen Steppenbewohner fast das Doppelte. Der Schluß liegt nahe, daß das

Klima zur Zeit der Ablagerung der „couche brune“ extremer und vor allem steppenbildender war, als später, als sich die „couche à galets“ bildete. Dem extremeren Klima entspricht auch die Abnahme der Nor-malfauna. Die zahlenmäßig geringern Funde im Schnurrenloch stimmen besser mit der extremen Periode überein als mit der schon gemäßigten Zeit der obern Schicht.

Neben diesen letztinterglazialen Verhältnissen weisen die präi-zeitlichen Funde von Gondiswil doch einige wesentliche Unterschiede auf. Dort kamen in der eigentlichen Schieferkohlschicht nur Tiere zum Vorschein, die auch unter den heutigen Klimaverhältnissen dort leben könnten, was auch für die einzige dort gefundene alpine Art, das Murmeltier, zutrifft. Die meisten Tiere sind ausgesprochen Waldbewohner. Doch dürften auch Grasflächen bestanden haben. Der Uebergang zur obern Schicht wäre wohl weniger unvermittelt, wenn systematisch abgegraben und ausgebeutet worden wäre und nicht ein Bagger einfach Abraum und Schieferkohle getrennt hätte. Er macht aber die Klimaänderung umso deutlicher. Die gewöhnlichen Arten gehen fast auf die Hälfte zurück, um einer nordischen Steppenfauna Platz zu machen. Da schon in der liegenden Schieferkohlschicht wärme- oder steppenliebende Tiere fehlen, kann nicht erkannt werden, ob es sich um eine einseitige Abkühlung des Klimas handelt oder um eine Verstärkung der Temperaturgegensätze. Auf jeden Fall deutet die starke Einwanderung nordischer Arten auf ein starkes Vor-rücken des nordischen Eises hin. EDUARD GERBER (22) stellte die Schieferkohlen von Gondiswil in die Zeit des vorstoßenden Reißgletschers, der nach diesem Forscher auch die Aufschotterung der Tal-auffüllungen verursachte, die die Waldmoore abdämmten. Dieser geologische Befund, der sich auch auf die von THEOPHIL STUDER (22) bearbeiteten Tierfunde und die Untersuchung der Pflanzenwelt durch WALTER RYTZ (22) stützt, findet seine theoretische Bestätigung durch die oben besprochene neue astronomisch-klimatische Vereisungs-kurve. Vor ca. 230 000 Jahren drang als Abschluß der großen Inter-glazialzeit das Eis weit ins Mittelland hinaus, der Rhonegletscher ver-mutlich bis gegen Olten. Es staute die Napfflüsse, so daß sich deren Täler mit der sog. Hochterrasse füllten. Dieser Vorstoß, dessen Spuren erstmals von FRITZ MUEHLBERG beobachtet worden waren, vernich-tete wohl die wärmebedürftigen großinterglazialen Tierarten. Als sich das Eis weit zurückzog und die vertriebenen Tiere zurückwanderten, handelte es sich nur noch um die gewöhnlichen Species. Nach der astronomischen Berechnung mag diese Zeit vor ca. 205—195 000 Jah-

ren verfloßen sein. Inzwischen trieb die große Vereisung Nordeuropas die Tiere der Kältesteppe und Tundren in einen verhältnismäßig engen Raum zwischen Binnen- und Alpeneis zusammen, so daß sie auch ins Schweizer Mittelland einwanderten, bevor die größte Vergletscherung das ganze Land zwischen Hochgebirge und Jura unter ihren mächtigen Eismassen begrub. Leider fehlen uns bis heute aus den genannten vorrißzeitlichen Ablagerungen menschliche Spuren, die vermutlich der Chelles- und Acheuleeskultur angehören müßten.

Kehren wir zu den letztinterglazialen Faunen zurück und überblicken wir die Klimate, die sie andeuten:

1. Dürnten usw., 515 m = Klima ähnlich heute, mit viel stärkeren Temperaturgegensätzen, die Kälte- und Wärmesteppen ermöglichen.
2. Aesch, 420 m = Klima ähnlich heute mit Kältesteppe.
3. Cotencher, „couche brune“ = Klima ähnlich Dürnten, doch stärkere Gegensätze, ausgedrückt durch die Tiere der Wärmesteppen.
655 m
4. Cotencher, „couche à galets“ = Klima ähnlich. Mittelstellung zwischen jetzt und der „couche brune“.
654 m
5. Schnurrenloch, 1220 m = Klima ähnlich heute, nur extremer. Ungefähr wie die „couche brune“.
6. Wildkirchli, 1477 m = Klima wie heute.
7. Wildenmannsloch, 1628 m = Klima wie heute, vielleicht etwas wärmere Sommer.
8. Ranggiloch, 1850 m = Klima wie heute, doch wärmere Sommer.
9. Drachenloch, 2445 m = Klima mit viel wärmern Sommern.

9. Das astronomisch begründete Klima und die Faunen der Fundstellen.

Wie verhalten sich diese Ergebnisse zu den astronomisch-klimatischen Berechnungen? Aus den Abschmelzbedingungen der großen Alpengletscher ergibt sich (13, II. Teil), daß im schweizerischen Mittelland die MILANKOVITCHjahre *) 150—120 000, die dem größten

*) Der Verfasser bezeichnete als MILANKOVITCHjahre die Anzahl Jahre, die vor 1800 n. Chr. liegen und von MILANKOVITCH auf astronomischem Wege bestimmt wurden = Mj.

Wärmvorstoß unmittelbar vorangingen, praktisch als letztes Interglazial in Frage kommen. W. SOERGEL (35) bestimmte für die geographische Breite der Städte Oslo und Stockholm 128 000—117 000 Mj. als letztinterglazial, weil das nordische Inlandeis langsamer zurückschmolz als die kleinern Alpengletscher. In den stets eisfreien Gebieten dagegen folgten sich vom größten Rißvorstoß vor ca. 188 000 Jahren an bis zum ersten und größten Vordringen des Würmeises, also während ca. 70 000 Jahren, ausgeglichen feuchte und extreme trockene Klimaperioden, deren Auswirkung zweifellos stark unter dem Einfluß der großen Eismassen stand, die ihrerseits die Klimawechsel nur durch untergeordnete Schwankungen nachzeichneten. Wenn wir den Ausdruck „letztinterglazial“ verwenden, so bedeutet er also je nach dem Ort, auf den er angewendet wird, eine sehr verschiedene Zeitdauer und auch verschiedene Klimate. Für unser mittelschweizerisches Interglazial kommen folgende Klimawechsel in Frage (Fig. 6): 1. Die sich mehr und mehr zu den heutigen Verhältnissen ausgleichende extreme Periode von 150—145 000 (u^1), 2. die thermisch ausgeglichene Zeit, die im Mj. 140 000 gipfelte und eine Vergrößerung der Alpengletscher verursachte (v), die aber innerhalb der Alpen blieb, weil die Schneegrenzendepression nur wenig über 400 m erreichte (v), 3. die Extremzeit, die im Mj. 128 000 ihre größte Auswirkung erreichte (v^1) und um 120 000 vom Wärmvorstoß (w), erzeugt durch eine Schneegrenzensenkung um ca. 1200 m, abgelöst wurde *). Diese letzte Periode besitzt für unser Problem die größte Bedeutung, da sie, geologisch sicher nachweisbar (interglaziale Schotter der Suld-, Kander- und Kireltäler!), bis weit ins Innere der Alpen hinein eisfrei war.

Schon auf S. 63 wurde darauf hingewiesen, daß sich ein und dieselbe klimatische Veränderung anders auswirke, je nachdem sie Ebenen, Talgründe oder Höhen betreffe. Die Kurve der Frostmonate des S ä n t i s zeigt, daß sich die Zahl der Frostmonate in der Höhe des D r a c h e n l o c h e s in den Maxima der Extremzeiten um einen verminderte. Dabei verschärften sich aber die Gegensätze der Temperaturmittel im Januar und im Juli um je ca. 7° C, so daß sie ca. -16° und $+12^{\circ}$ erreichten (25). Die hohe Sommertemperatur, die der heutigen von

*) Die in Klammern stehenden Buchstaben u^1 , v , v^1 und w bedeuten die absoluten Bezeichnungen der Strahlungsschwankung, von heute nach rückwärts datiert (z^1 , z , y^1 , y etc.). Die ausgeglichenen Zeiten erhielten die gewöhnlichen kleinen Buchstaben z , y , x , w etc., die jeweiligen nachfolgenden Extremzeiten dagegen z^1 , y^1 , x^1 , w^1 (Fig. 1).

Andermatt und Zermatt gleichkommt, bewirkte ein ganz bedeutendes Ansteigen der Wald- und der Vegetationsgrenze. Die genannten Orte legen den Schluß nahe, daß die Baumgrenze noch einige hundert Meter über das Drachenloch hinaufreichte. Dadurch wird das gleichzeitige Vorkommen der alpinen und der gewöhnlichen Fauna zu gleichen Teilen, wie es aus Fig. 5 ersichtlich ist, ohne weiteres verständlich. Daß aber die tiefe mittlere Januartemperatur den Aufenthalt der Höhlenbewohner während des Winters ausschließt, leuchtet ebenfalls ein. Bevers im Oberengadin weist mit $-9,9^{\circ}$ heute das gemessene Minimum der Schweiz auf. Wären die Höhlen auch im Winter bewohnt gewesen, was wohl schon wegen deren Vereisung unwahrscheinlich erscheint, so müßten die Ausgräber viel mehr Feuerstellen und Kohlenreste gefunden haben, als es tatsächlich der Fall war.

Zur Charakteristik des Wildkirchliklimas verwenden wir die meteorologischen Messungen des benachbarten Gäbris, 1250 m, einer Gipfelstation, und von Andermatt, 1445 m, einem inneralpin gelegenen Ort. Im Maximum der letzten Extremzeit erreichten die Juli- und Januarmittel des Gäbris ungefähr $+20^{\circ}$ und -9° . Die Zahl der Monatsmittel unter 0° vermehrte sich um den November. In Andermatt betrugen die entsprechenden gegensätzlichsten Monatsmittel ungefähr $+19^{\circ}$ und -14° , während die Zahl der Frostmonate gleich blieb. Zwischen diesen Grenzwerten muß das Wildkirchliklima eingeordnet werden. Die entsprechenden Julitemperaturen treffen wir heute im Wallis, von Montreux bis Brig, und in der untern Leventina an; die Januartemperatur bleibt noch unter den heutigen Beobachtungen. Die Zusammensetzung aus $\frac{1}{3}$ alpiner und $\frac{2}{3}$ gewöhnlichen Tierarten steht kaum im Widerspruch mit diesen Befunden. Die Umgebung von Cotencher erhält ihre klimatische Bewertung durch die Stationen Neuenburg und La Brévine. Das extremste Jahr verschaffte Neuenburg eine Julitemperatur von $+26^{\circ}$ und eine Januarkälte von -8° . In La Brévine aber sank die Temperatur im kältesten Monat im Mittel auf -12° , wogegen der Juli immerhin $+20^{\circ}$ aufwies. Da in Cotencher und seiner Umgebung Tiere der Wärme- und Kältesteppe lebten, so mag es von Interesse sein, festzustellen, an welchen Orten Europas die berechneten Temperaturgegensätze tatsächlich vorkommen (34). Die $+26^{\circ}$ -Isotherme, die wir für Neuenburg ermittelten, schließt heute Griechenland, Süditalien und Nordafrika ein (34). Nach Osten trifft sie Smyrna, Trapezunt und Baku. Die zugehörige Dezemberisotherme von -8° dagegen verläuft von Finnland über Moskau nach Astrachan, wo die Winterkälte Küsteneis erzeugt. Da Astrachan mit 25° Juliwärme

auch dem Neuenburgersommer sehr nahe kommt, so entsprechen die extremsten thermischen Verhältnisse des letzten Interglazials ungefähr denen der eben genannten Stadt. Es wäre sicher ein Fehler, wollte man deshalb auch die dort gemessene, kaum 20 cm erreichende mittlere jährliche Regenmenge auf unsern Jurafuß übertragen. Aber die Zone verminderter Niederschläge, die sich im Gebiet der Juraseen deutlich abzeichnet, war in den extremen Interglazialzeiten vermutlich doch viel trockener als heute. Wenn auch nicht auf eine geschlossene Steppe mit teilweisem Wüstencharakter, wie sie die weiteste Umgebung Astrachans besitzt, geschlossen werden darf, so ist doch anzunehmen, daß weite Gebiete am Jurafuß und Jurasüdosthang eine Steppenvegetation trugen. Ähnlich verhalten sich die Zahlen für La Brévine. Die extremste interglaziale Julitemperatur von 20° wird durch eine Isotherme, die die Städte Wien, Kiew, Moskau und Kasan berührt, gekennzeichnet, die Januarkälte von -12° dagegen durch eine Linie, die das Nordende des bottnischen Meerbusens (nördlich Haparanda-Torneo), den Onegasee, das südlichste Okaknie jenseits von Moskau und Samara verbindet. Die Sommer- und die Winterlinien schneiden sich nordöstlich Moskau, also in einer Landschaft, wo ausgedehnte Wälder mit Grasgebieten abwechseln. Während aber Moskau nur 50 cm Niederschläge aufweist, dürften die Jurahöhen bedeutend mehr Regen abgefangen haben, so daß sich im Neuenburger Hochland ebenso leicht Tundren entwickeln konnten als am Weißen Meer. Dieses wird ebenfalls von der -12° Januarisotherme umschlossen, weist aber nur 20—30 cm Niederschläge auf. Allerdings steigt dort die Julitemperatur im Mittel nur auf ca. 10° .

Cotencher, zwischen Neuenburg und La Brévine gelegen, zeigt in seiner Fauna einen kräftigen Einschlag nordischer Tiere, deren Lebensbedingungen an den Schattseiten der Bergketten und im Hochland droben recht gut mit den eben geschilderten Kälteverhältnissen und den daher zu erwartenden Vegetationsformen übereinstimmen. Andererseits bieten andere Partien der Umgebung, die geschützten Seeufer und Südhänge, auch den Liebhabern der Wärmesteppe günstige Lebensbedingungen. Im Gegensatz zu den zum Vergleich beigezogenen russischen Ebenen, sorgen die Berge des Traverstaes für eine große Mannigfaltigkeit des Pflanzenwuchses und der Auswirkungen des Klimas. Die dargelegten letzteiszeitlichen Klimaverhältnisse der Umgebung von Cotencher umfassen alle Elemente, die nötig sind, um das Vorkommen der festgestellten Tierarten zu ermöglichen.

Die Verhältnisse der Höhle von Aesch stimmen, wie den meteorologischen Mittelwerten von Liestal und Basel zu entnehmen ist,

ziemlich genau mit denen Neuenburgs überein, so daß die dortige Fauna, die zur Hälfte aus gewöhnlichen, zu $\frac{2}{10}$ aus alpinen und zu $\frac{3}{10}$ aus nordischen Arten besteht, ebenfalls gut zum errechneten Klima paßt. Das Fehlen wärmerer Formen kann verschiedene Ursachen haben, die unkontrollierbar sind, da genauere geologische Anhaltspunkte fehlen; denn über der 90 cm dicken altpalaeolithischen Schicht lagern unmittelbar spätbronzezeitliche Funde, die palaeolithischen Artefakte jedoch wurden auf dem Felsboden entdeckt.

Die eben abgeschlossenen Ausführungen beziehen sich alle auf das Maximum der letzten vorwürmzeitlichen Extremperiode, die schätzungsweise 1000 Jahre dauerte. Vorher und nachher stellen wir alle Uebergänge zum heutigen Klima, das eine Mittelstellung zwischen den gegensätzlichen und ausgeglichenen Perioden einnimmt, fest. Die beiden Uebergangszeiten dauerten je 7000 Jahre bis zu den heutigen Verhältnissen. Dann nimmt die Sommerwärme nach und nach ab, und die Winter werden in ungefähr gleichem Maße wärmer, milder und niederschlagsreicher. Im Hochgebirge, und nach und nach auch in den Voralpen, nimmt die Zahl der Frostmonate zu. Die verstärkten Niederschläge werden während einer verlängerten Zeitdauer in fester Form aufgespeichert, was ein Anwachsen der Gletscher bewirkt. Die Vermehrung der Niederschläge und die milderen Winter kommen nach und nach in einer verstärkten Waldbildung und Vermoorung des Mittellandes zum Ausdruck, Verhältnissen, die vollkommen mit denen der Schieferkohlenbildungen von Gondiswil übereinstimmen. Durch die bis ins Mittelland vorstoßenden Gletscher wird das Klima vermutlich rauher. Aber die rauhesten Zeiten entstehen durch das Zusammenwirken der Einflüsse der nahen, großen Gletscher mit den Extremzeiten. Wir sahen oben, daß die letztern schon allein zur Steppenbildung führen müssen, die dann durch das nahe Eis nur als Kältesteppe zum Ausdruck kommt und den nordischen Tierarten günstige Lebensräume gewährt, wie dies durch die obere Gondiswilerschicht tatsächlich bezeugt wird. In extremen Fällen bildete sich die Dryasflora.

Der Ablauf des Quartärklimas war somit kein einfacher Wechsel von warmen und kalten Zeiten. Er gestaltete sich viel abwechslungsreicher und mannigfaltiger. Deshalb ist es auch sehr schwierig, aus den gefundenen Faunen auf eine genauere Einordnung in die Interglazialzeit zu schließen. Die nachstehenden Ausführungen dürfen nur als Versuch einer Zuteilung betrachtet werden.

Die hohe Baumgrenze, die das alpine Palaeolithikum und seine Fauna erfordern, konnte nur im Maximum der letzten Extrempériode, also ca. vor 132—126 000 Jahren, klimatisch zustande kommen. Drachenloch, das für diese Einordnung maßgebend ist, Wildenmannsloch und Wildkirchli bilden wohl eine Einheit, wie ja auch aus den Artefakten geschlossen werden muß. Auch das Ranggiloeh über Boltigen im Simmental mag dahin gehören *).

Die beiden Fundschichten von Cotencher dagegen bilden eine Folge, in der ein früheres extremes Klima mit 20 % Kälte- und Wärmesteppenarten von einem spätern, viel ausgeglicheneren mit nur 9 % dieser unserer Gegend heute fremden Arten abgelöst wird. Das Auftreten sog. interglazialer Arten, mediterraner und solcher der Wärmesteppe, deuten auf eine postrißzeitliche Einwanderung dieser Tiere hin. Die Schichten von Cotencher dürfen demnach der Zeit zwischen dem Maximum und vor dem Ende der vorwürmzeitlichen Extrempériode zugeordnet werden, also in den Zeitraum vor ungefähr 127 000 bis 122 000 Jahren. Schnurrenloch ist weniger klar wegen der geringen Artenzahl, jedoch ähnlich Cotencher.

Dürnten, das neben der gewöhnlichen Fauna zu gleichen Teilen interglaziale und nordische Arten, aber keine Tiere der Wärmesteppe aufweist, dürfte vor das Maximum der letzten Extrempériode gestellt werden, wobei die Schieferkohlenbildung möglicherweise dem feuchteren Klima der Zeit von 145 000—137 000 entspricht.

So mangelhaft diese Zeitbestimmungen auch sind, sie beruhen ja z. T. auf den zufälligen Funden von Wirbeltieren und nicht auf einer systematischen Auslese zahlreicher, charakteristischer Geschöpfe, so führen sie vorläufig doch nicht zu Widersprüchen.

*) Alle astronomisch-klimatischen Ausführungen über das letzte Inter-glazial stehen im Widerspruch zu den Ausführungen von EMIL EGLI (20) über das Klima der Wildkirchlimenschen. E. EGLI stützt seine Ableitungen auf die botanischen Untersuchungen BROCKMANN-JEROSCH's (17, 18), der in der Umgebung von Uznach viele interglaziale Pflanzen fand, die ein „ozeanisches“ Klima erforderten. Ferner berücksichtigt er die sog. Eem Transgression Norddeutschlands und Polens, die dort ein ozeanisches Klima bewirkte. Er schätzt das Jahr gleichmäßig um 2—3° wärmer als heute, die Winter eher noch temperierter. Die Untersuchungen des Verfassers ergaben aber, daß die besonders ausgeglichenen, sog. „ozeanischen“ Klimaperioden auf astronomische Gründe zurückzuführen seien und mit extremen Zeiten wechseln, daß die ausgeglichenen Perioden im Hochland Gletschervorstöße erzeugen und im Mittelland den Wald konservieren.

10. Die Einordnung der menschlichen Spuren in die letzte Interglazialzeit.

Als letzte Frage drängt sich in diesem Zusammenhang die Stellung der gefundenen Artefakte in der menschlichen Entwicklung auf. Damit betreten wir ein Gebiet, das kaum viel zuverlässigere Ergebnisse ermöglicht, als die geologischen, astronomisch-klimatologischen und die palaeontologischen Grundlagen.

Als sicherste Station darf Cotencher gelten, das in beiden Schichten Werkzeuge lieferte, die H. G. STEHLIN als „le véritable Moustérien“ bezeichnet, welches Urteil von SARASIN und H. BREUIL bestätigt wurde (4). Der benachbarte französische Jura lieferte teils ganz übereinstimmende Artefakte, teils solche mit fortgeschrittener Bearbeitung im Moustérienstil. Diese Beurteilung bezieht sich ausschließlich auf die Steinwerkzeuge. Die Knochenbearbeitung tritt in Cotencher stark zurück. H. OBERMAIER schrieb dem Verfasser, daß unter den Industrien des Schweizer Höhlenpalaeolithikums einzig Cotencher „die Moustérientypologie besser zum Ausdruck bringe“, alles andere sei „mousteroid“. Aber auch Cotencher entspricht viel eher einem frühen als einem klassischen Moustérien.

In der andern jurassischen Station, die in den Kreis unserer Betrachtungen gezogen wurde, in Aesch (37), überwiegen die primitiven Knochengeräte die Steinwerkzeuge an Zahl. E. VOGT zählt die letztern trotz ihrer schlechten Bearbeitung zum Moustérien. Der genannte Forscher weist auf gewisse Aehnlichkeiten mit Cotencher hin; Aesch ist aber primitiver, was für die Einreihung vor das Extremmaximum, also ca. vor 135 000—132 000 Jahren, spricht.

Die Simmentalerhöhlen lieferten wenig gute Artefakte und fallen daher für diese Art der Altersbestimmung außer Betracht.

Der hochverdiente Erforscher der Ostschweizerhöhlen, EMIL BAECHLER, kommt nach 25jähriger Arbeit zum Schluß (4), „daß die Steinwerkzeuge der drei Fundorte sich nicht in die klassische Moustérienperiode einreihen lassen, sondern einer primitiveren Werkzeugtechnik entsprechen, die vor das Moustérien zu setzen ist.“ Er bezeichnete daher die „Wildkirchlikultur“ mit dem Sammelnamen „Alpines Palaeolithikum“. Da wir in der Schweiz bisher keine typischen Funde der Acheules- oder Chelleskulturen kennen, die sich durch Faustkeile auszeichnen, so stellt BAECHLER die „primitive Spitzenkultur“ samt der sie begleitenden und vorwiegenden „Knochenkultur“ neben die Faustkeilstufen und nennt sie eben „Alpines Palaeolithikum“.

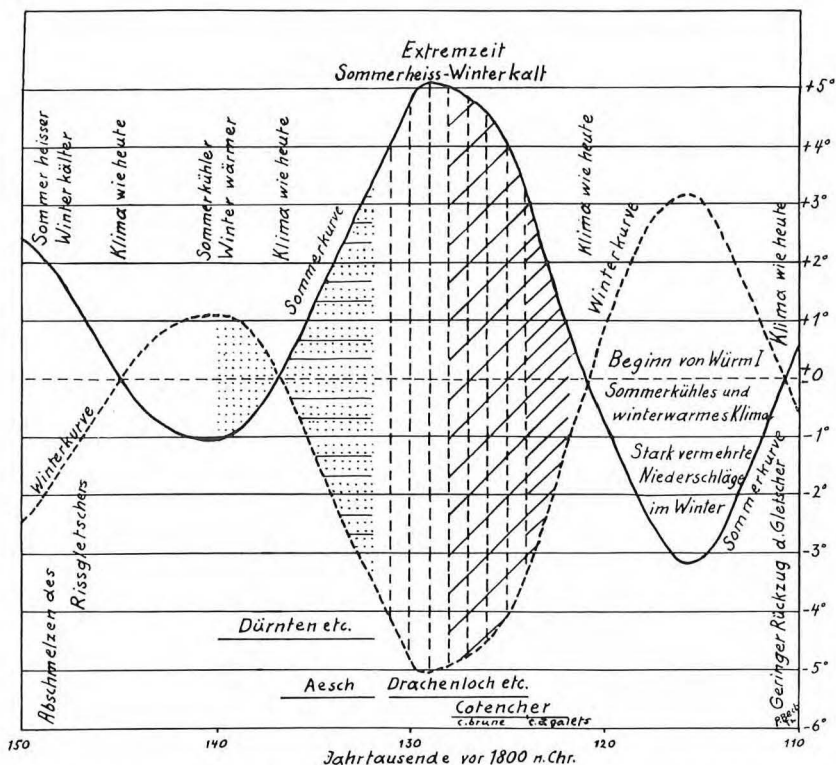


Fig. 6. Einordnung der Kulturen und Faunen in die sich aus den Schwankungen der Sonnenstrahlen ergebenden Klimawechsel der letzten Interglazialzeit.

Die rechts angegebenen Temperaturen sind Erhöhungen oder Verminderungen der Halbjahresmittel gegenüber heute. Die Monate Juli und Januar sind jeweils noch um ca. $\frac{2}{3}$ wärmer, resp. kälter.

Zeichenerklärung: Punktiert Dürnten, Horizontalstriche Aesch, senkrechte Strichel Drachenloch und die andern Nordostschweizerhöhlen, weit schief schraffiert Couche brune von Cotencher, eng schief schraffiert Couche à galets von Cotencher.

Dieser Gedankengang folgt den Spuren OBERMAIER's (29), der darlegte, daß die Faustkeilmenschen eine „mediterran-westeuropäische Urkultur“ besaßen, neben der sich in Zentral- und Osteuropa ein „faustkeilfreies Primitivpaläolithikum“ mit Spitzen und Knochenwerkzeugen entwickelte*). Trotzdem die Faustkeilstufen im außeralpinen Gebiet zeitlich in das große Mindel-Rißinterglazial und ins Riß selbst

*) Die ganz abwegigen Gesichtspunkte JOSEPH BAYER's (3), der nur eine einzige Interglazialzeit zwischen Mindel und Riß gelten lassen wollte, sollen hier nicht speziell widerlegt werden, da dies schon durch die ganze Arbeit geschieht.

gestellt werden, zweifeln die Forscher PENCK, OBERMAIER, BOULE, WIEGERS u. a. (4) nicht daran, daß die Wildkirchlikultur der Riß-Würminterglazialzeit angehört, wie wir oben mit Hülfe des Schnurrenlochs indirekt geologisch nachwiesen. Die Stufe wird durch den OBERMAIER'schen Ausdruck „moustéroïd“ trefflich gekennzeichnet. Nach unsern eben gemachten Darlegungen fällt die Besiedlung dieser Höhlen ins Maximum der letzten Extremperiode, also auf die Jahre 127—124 000 und vor Cotencher, in dem sich die abnehmende Phase dieser Zeit widerspiegelt. Dies fällt auch mit den Artefaktenbefunden zusammen, die primitiver sind als diejenigen der Juragrotte.

Setzen wir unsere Ergebnisse zu einer Uebersicht zusammen, so erhalten wir als Gesamtergebnis aller Bemühungen den folgenden Gliederungsversuch für die letzte Interglazialzeit:

Die uns bekannten interglazialen Ablagerungen beginnen mit den Schieferkohlen von Dürnten, deren Bildung in die Zeit der um 1⁰ kühleren Sommer und ebensoviel wärmeren Winter v, sowie in die beginnende Extremperiode v¹ zu setzen ist. Der letztgenannte Zeitabschnitt dürfte auch die Ablagerungen von Aesch erzeugt haben. Das Optimum der Extremperiode stand den alpinen Palaeolithikern i. e. S. zur Verfügung, während Cotencher die verschwindende Extremzeit markiert. Die zugewiesenen Zeiten betragen 8000, 5000, 8000 und 5000 Jahre. Im Laufe dieser ungeheuren Zeiträume wurden die Höhlen zweifellos nur während ganz kurzen Zeiten benützt, so daß z. B. die Wildkirchlileute trotz des Ueberschneidens der zugewiesenen Zeiten einige tausend Jahre vor den Cotencherbewohnern leben und ihre primitivere Kultur pflegen konnten. Daß auch Aesch als Vorläufer der alpinen Höhlenbewohner nicht außer Betracht fällt, geht aus dem dortigen Ueberwiegen der Knochenartefakte hervor, die ja für die alpinen Palaeolithiker charakteristisch sind. Die Bezeichnung „Prä-moustérien“ im Sinne einer letztinterglazialen Vorstufe hat ihre Berechtigung.

Schluß.

Der Zweck dieser Studie ist erreicht, wenn sie die Forscher, die sich mit glaziologischen und prähistorischen Fragen befassen, veranlaßt, außer den direkten Beobachtungen in der Natur auch die astronomischen Strahlungsverhältnisse der Urzeit zu berücksichtigen. Diese ermöglichen ein tieferes Eindringen in die Klimate der Vorzeit und lösen uns Widersprüche in der Zusammensetzung der Tierlebensgemeinschaften. Der Wechsel extremer Wärmezeiten von kontinentalem Charakter mit ausgeglichen warmen Perioden, die an ozeanische Ver-

hältnisse erinnern, wie er aus den Strahlungsschwankungen hervorgeht, vermag den gemachten Funden weit besser gerecht zu werden als die sonst übliche Annahme eines Wechsels von höhern und tiefern Jahresmitteln der Temperaturen. Auch die palaeobotanischen Ergebnisse stimmen zwanglos damit überein.

So möge denn die lückenlose astronomische Grundlage, die von Seiten der Erforscher der Himmelsmechanik mindestens für die letzten 250 000 Jahre unbestritten ist, mehr als bisher zum Verständnis und der Eingliederung der relativ spärlichen geologischen und biologischen Dokumente verwendet werden.

Thun, 1. November 1938.

NACHTRAG

Während der Drucklegung erschien eine Arbeit von ALBRECHT PENCK „Säugetierfauna und Palaeolithikum des jüngern Pleistozäns in Mitteleuropa“ (Abh. der Preuss. Ak. der Wiss. Jahrg. 1938. Phys.-math. Kl. Nr. 5. Vorgelegt und angenommen am 23. Juni 1938, ausgegeben am 19. Dez. 1938), die dasselbe Thema für ein größeres Gebiet und auch das Jungpalaeolithikum bespricht. PENCK stellt fest, daß die Faunen des Riß-Würminterglazials und der letzten Eiszeit nicht stark verschieden seien, trotzdem die Jahresmitteltemperaturen nach seiner Auffassung um ca. 10° C auseinanderliegen. Er stellt in der letzten Zwischeneiszeit auch Veränderungen der Tierwelt fest, die nach dem gleichzeitigen Florenbestand nicht durch nahende Eisvorstöße erzeugt werden konnten. „Möglicherweise wird sie (die Erklärung) durch die Strahlungskurve von M. MILANKOVITCH gegeben. Sie gestattet, wie bereits PAUL BECK bemerkt hat, auf Jahre mit mehr oder weniger großer Jahresschwankung, auf verschärfende oder ausgleichende Temperatureinflüsse, wie BECK sagt, auf Zeiten mit mehr kontinentalem und mehr ozeanischem Klimagepräge zu schließen.“ (p. 35.)

Zur neuen Erklärung der Entstehung der Eiszeiten durch das Zusammenwirken von längern Frostperioden und wesentlicher Vermehrung der winterlichen Niederschläge bei ungefähr gleicher Jahrestemperatur, wie sie oben dargestellt ist, konnte PENCK nicht Stellung nehmen, da diese Arbeit damals noch im Druck war (13, II). Die von ihm festgestellte große Ähnlichkeit der glazialen und interglazialen Faunen spricht eher für die neue Auffassung, als für große Unterschiede der Jahresmittel.

Literatur-Verzeichnis

1. AMPFERER, OTTO, Glazialgeologische Beobachtungen im Unterinntal. Zeitschr. f. Gletscherkunde, Bd. II, 1907.
2. AMREIN, W., Steigelfadlbalm bei Vitznau. In TATARINOFF, E. XIII—XV. Jahresb. der Schweiz. Ges. für Urgeschichte, 1921—1923.
3. BAYER, JOSEPH, Der Mensch im Eiszeitalter. Leipzig und Wien, 1927.
4. BAECHLER, EMIL, Die Eiszeit in ihren Beziehungen zur Urgeschichte des Menschen mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Prähistorie. Jahrb. der St. Galler Naturw. Ges. 1929 und 1930.
5. BECK, PAUL, Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland. Eclogae geologicae Helvetiae, Vol. XVI, 1921.
6. — — Gliederung der diluvialen Ablagerungen bei Thun. Ecl. XVII. 1922.
7. — — Eine Karte der letzten Vergletscherung der Schweizeralpen. 1:530,000. 1. Mitteilung d. Naturwissenschaftlichen Ges. Thun. (Kümmerly & Frey, Bern) 1926.
8. — — Ueber den eiszeitlichen Aaregletscher und die Quartärchronologie. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. in Thun, 1932.
9. — — Ueber das schweizerische Pleistozän und Pliozän. Ecl. 26. 1933.
10. — — Ueber das Pliozän und Quartär am Alpensüdrand zwischen Sesia und Iseosee. Ecl. 28, 1935.
11. — — Zur Revision der Quartärchronologie der Alpen. Ber. über die 3. internationale Quartärkonferenz in Wien, Sept. 1936. Wien, 1938.
12. — — Vorläufige Mitteilung über eine Revision des alpinen Quartärs. Ecl. 30, 1937.
13. — — Studien über das Quartärklima im Lichte astronomischer Berechnungen. 1. Teil Ecl. 30, 1937, 2. Teil Ecl. 31, 1938.
14. — — Bericht über die außerordentliche Frühjahrsversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Thun. Ecl. 31.
15. BECK, PAUL und FREI, ERNST, Ueber das Nichtvorhandensein einer Rekurrenzphase des Areusegletschers bei Boudry und die geologische Neudatierung des Moustérien von Cotencher. Ecl. 29, 1936.
16. BECK, PAUL und GERBER, EDUARD, Geologische Karte Thun-Stockhorn 1:25,000, Spezialkarte Nr. 96, der Beiträge zur Geol. K. d. Schweiz. 1925.
17. BROCKMANN-JEROSCH, H., Die Vegetation des Diluviums der Schweiz. Actes de la Soc. Hélv. des Sc. Nat., Neuchâtel, 1920.
18. — — Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Deltas bei Kaltbrunn und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. Jahrb. der St. Gallischen Naturwiss. Ges., 1909.
19. DUBOIS, AUGUSTE et STEHLIN, H. G., La grotte de Cotencher, station moustérienne. Mém. de la soc. pal. suisse, Vol. LII—LIII, 1933.
20. EGLI, EMIL, Der Lebensraum und die Lebesseigenart des Menschen der Wildkirchlistufe. Jahrb. der St. Gallischen Naturwiss. Ges., Bd. 67, 1933 und 1934.

21. GERBER, EDUARD, in: Albert Andrist, W. Flückiger, Ed. Gerber, O. Tschumi, Fundberichte über das Schnurrenloch und das Ranggiloch im Simmental. Von 1928 an im Jahrb. des Bernischen Historischen Museums in Bern, sowie in den Jahresb. der Schweiz. Ges. für Urgeschichte. 1928—1935.
22. GERBER, ED., RYTZ, W., STUDER, TH., Die diluvialen Schieferkohlen (Torflager) von Gondiswil-Zell. In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beiträge z. Geol. Karte d. Schweiz. Geotechnische Serie. VIII. Liefg. Bern, 1923.
23. GOETZINGER, GUSTAV, Führer für die Quartär-Exkursion in Oesterreich, Wien, Geol. Bundesanstalt, Wien III, 1936.
24. HEER, OSWALD, Die Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. Zürich, 1879.
25. MAURER, J., Billwiler, R. und Heß, Cl., Das Klima der Schweiz. Frauenfeld, 1909.
26. MILANKOVITCH, MILUTIN, Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen. Handbuch der Klimatologie, Bd. 1. Berlin, 1930.
27. — — Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate. Handbuch der Geophysik, Bd. 9. Berlin, 1938.
28. MOTTL, MARIA, Faunen, Flora und Kultur des ungarischen Solutréen. Quartär 1, 1938.
29. OBERMAIER, HUGO, Das Palaeolithikum und Epipalaeolithikum Spaniens. Anthropos. Intern. Zeitschr. für Völker- und Sprachenkunde, Bd. XIV—XV, 1919—1920.
30. PENCK, ALBRECHT, Die Terrassen des Isartales in den Alpen. Sitzungsber. der Preuss. Ak. der Wissenschaften. XIX. 1922.
31. — — Ablagerungen und Schichtstörungen der letzten Interglazialzeit in den nördlichen Alpen. Sitzungsber. der Preuss. Ak. der Wissenschaften. XX. 1922.
32. PENCK, A. und BRUECKNER, ED., Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig, 1902—1909.
33. SCHERTZ, EDUARD, in: BECK, PAUL, Bericht über die außerordentliche Frühjahrsversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Thun 1938. Ecl. 31, 1938.
34. Schweizerischer Mittelschulatlas. 6. Aufl. 1932. Zürich.
35. SOERGEL, W., Die Vereisungskurve. Berlin, 1937.
36. WEHNERT, PAUL, La station paléolithique d'Achenheim dans le cadre des formations pléistocènes de la vallée du Rhin. Bulletin de l'Association Philomatique d'Alsace et de Lorraine. T. VIII Colmar, 1937.
37. VOGT, E., in: TATARINOFF, E., 19. Jahresb. der Schweiz. Ges. für Urgeschichte 1927. (Siehe auch Verh. S. N. G., 1927, Basel.)

Die Verpuppung der Fliegen als Beispiel eines hormonal bedingten Prozesses bei Wirbellosen

Von Ernst Hadorn, Biel

1. Gibt es Hormone bei wirbellosen Tieren?

Es ist allgemein bekannt, daß bei Wirbeltieren ein kompliziertes System hormonaler Wirkungen und Gegenwirkungen den Entwicklungsablauf regelt. Auch das Stoffwechselgetriebe des erwachsenen Tieres steht unter dem Einfluß der in der Blutbahn kreisenden Hormone. Durch diese chemisch zum Teil gut bekannten Wirkstoffe werden die einzelnen Organe und Organanlagen in gegenseitige Beziehung gebracht; ihre Tätigkeiten werden einem übergeordneten Funktionssystem, einem Organismus, dienstbar gemacht. Damit erfüllt die hormonale Korrelation eine ähnliche Aufgabe wie das Nervensystem.

Bis vor wenigen Jahren wußte man dagegen nichts Genaueres über das Vorkommen von Hormonen bei wirbellosen Tieren. Man glaubte vielmehr, daß bei ihnen die Organdifferenzierung und die Koordination der Entwicklungsphasen prinzipiell anders, d. h. ohne Einsatz spezieller Drüsenstoffe zustande komme. Damit hatte sich eine Vorstellung festgesetzt, die vorübergehend zu einem beinahe gefährlichen Dogma wurde, das dem Fortschritte im Wege stand und die Forscher hinderte, neue und entscheidende Experimente zu erfinden.

Worauf gründete sich diese Auffassung? Als Schulbeispiele für hormonal bedingte Erscheinungen galten bei den Wirbeltieren die sekundären Geschlechtsmerkmale. Sie entwickeln sich nur unter dem Einfluß von Sekreten der Geschlechtsdrüsen und des Hirnanhanges. Wir denken dabei an das Gefieder der Vögel, an das Geweih des Hirsches oder an die Hochzeitskleider der Amphibien und Fische. Während man bei einem Vogel durch Entfernung der hormonspendenden Drüsen und durch Einpflanzen eines geschlechtsfremden Organs die sekundären Geschlechtsmerkmale zum Verschwinden bringen oder sie in Richtung des anderen Geschlechtes umstimmen kann, bleiben entsprechende Eingriffe bei Insekten wirkungslos. Entfernt man zum Beispiel bei einer Raupe die Eierstöcke, um sie durch männliche Keimdrüsen zu ersetzen, so entwickelt der operierte Falter trotzdem eine rein weibliche Flügelfarbe und Fühlerform.

Dieses Fehlen charakteristischer Geschlechtshormone konnte leicht zu der erwähnten, aber unbewiesenen Verallgemeinerung verleiten.

In den letzten Jahren nun wurden eine Reihe von Fällen bekannt, für die man experimentell bewies, daß auch im Körper der Wirbellosen bestimmte Wirkstoffe vorkommen, die in jeder Beziehung mit den Wirbeltierhormonen vergleichbar sind. So konnte für verschiedene Gruppen von Insekten gezeigt werden, daß Vorgänge wie Larvenhäutung, Verpuppung und imaginale Metamorphose durch die Ausschüttung von Hormonen geleitet werden¹. Nachgewiesen ist dies für verschiedene Schmetterlinge, für blutsaugende Wanzen, für Heuschrecken und — wie wir eingehend zeigen werden — auch für Fliegen.

Eine andere Kategorie hormonaler Wirkungen bei Wirbellosen wurde von entwicklungsphysiologisch eingestellten Vererbungsforschern entdeckt. Bei der Fruchtfliege (*Drosophila*) und der Mehlmotte (*Ephestia*) gibt es bestimmte Rassen, deren Augenfarbe durch Hormone anderer Rassen in der Weise umgestimmt werden kann, daß sie sich nicht mehr gemäß ihrer eigenen genetischen Konstitution entwickelt, sondern Merkmale annimmt, die für die hormonspendende Rasse charakteristisch sind. Da bei diesen Experimenten die Produktion spezieller Wirkstoffe von der Anwesenheit genau bekannter Erbfaktoren (Gene) abhängt, darf man hier von genbedingten Hormonen sprechen. Durch eine große Zahl exakter Organtransplantationen und Injektionen von Extrakten aus verschiedenen Geweben zeigten BEADLE und EPHRUSSI an *Drosophila* und KUHN mit seinen Mitarbeitern für *Ephestia*, in welchen Organen und in welcher Entwicklungsphase diese Hormone gebildet werden².

In unserem Aufsatz wollen wir uns vornehmlich mit den Verpuppungs- und Metamorphosehormonen der Insekten beschäftigen. Wir möchten uns dabei in der Hauptsache auf die Darlegung der Verhältnisse bei Fliegen beschränken, weil hier der Verfasser über eigene experimentelle Erfahrung verfügt. Zudem gelang es für diese Gruppe besonders anschaulich zu beweisen, von welchen Organen die Hormone geliefert werden.

¹ Die folgenden zusammenfassenden Darstellungen orientieren ausführlich über dieses Gebiet: KOLLER G.: Hormone bei wirbellosen Tieren. Probleme der Biologie, Bd. 1; Leipzig 1938. BODENSTEIN D.: Das Determinationsgeschehen bei Insekten mit Ausschluß der frühembryonalen Determination. Ergebnisse der Biologie 13 (1936). HANSTROEM B.: Hormones in Invertebrates. Oxford University Press (1939).

² Vergleiche das Referat: BECKER E.: Die Gen-Wirkstoff-Systeme der Augenausfärbung bei Insekten. Naturwissenschaften 1938.

2. Verspätete Pupariumbildung bei einer letalen *Drosophila*-Mutante

Die Experimente, über die ich im folgenden berichten möchte, hatten ursprünglich keineswegs das Ziel, sich mit der Verpuppungsphysiologie abzugeben. Diese Aufgabe stellte sich erst im Laufe von Untersuchungen über die Auswirkungen von mendelnden Letalfaktoren. Bei der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* gibt es neben Hunderten von Rassen, die sich durch sichtbare Merkmale unterscheiden, auch eine große Zahl von Mutanten, denen Gene zugrundeliegen, die in homozygoter (d. h. reinerbiger) Vertretung die Lebensfähigkeit ihres Trägers verunmöglichen. Im einzelnen bestehen große Unterschiede in der Auswirkung der verschiedenen Letalgene. Es gibt unter ihnen Faktoren, die schon ein Absterben während der frühesten Phasen der Eientwicklung bedingen; andere beeinträchtigen das Embryonalleben nicht, sondern führen entweder erst im Larvenstadium zum Tode oder ermöglichen sogar die Entwicklung bis zur Puppe. In jedem Falle aber wird die Bildung einer Imago, d. h. einer fortpflanzungsfähigen Fliege verhindert. Es wäre außerordentlich wichtig, zu wissen, warum und wie durch die Aenderung (Mutation) auch nur eines einzigen unter den Tausenden von Genen solche Letalwirkungen zustandekommen. Jede neue Erkenntnis auf diesem Gebiete würde wertvoll sein als Beitrag zu der noch ungelösten Frage, wie man sich das Eingreifen der Gene in die Entwicklung zu denken habe. Für eine solche Untersuchung besonders geeignet erschien die Mutation „lethal-giant“ (Symbol-*lgl*), weil hier die letale Wirkung des mutierten Gens relativ spät im larvalen Leben einsetzt und es deshalb bei diesem Letalfall möglich ist, zu prüfen, ob die verderbliche Genwirkung gleichzeitig in allen Organen auftritt und ob verschiedene Organe in ungleichem Ausmaße getroffen werden³.

Der *lgl*-Faktor ist rezessiv, so daß die heterozygoten (gemischt-erbigen) Larven sich völlig normal zu fruchtbaren Fliegen entwickeln können. Aber auch ihre homozygoten Zuchtgeschwister, die das *lgl*-Gen von beiden Eltern übernommen haben, schlüpfen als lebensfähige Lärchen aus der Eihülle und entwickeln sich, soweit man nur ihr äußeres Aussehen berücksichtigt, ohne Störungen durch die drei Larvenstadien. Erst zur Zeit der Verpuppung tritt die Letalität bei den homozygoten Genträgern auffällig in Erscheinung. Um ihre Auswir-

³ HADORN E.: Transplantation of gonads from lethal to normal larvae in *Drosophila melanogaster*. Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. 36 (1937).

kung zu verstehen, müssen wir zunächst den Verpuppungsablauf einer normalen *Drosophila*-Larve betrachten.

Züchtet man die Larven im Thermostaten bei 25 ° C, so verlassen die Maden am Ende des vierten oder am Anfang des fünften Tages (vom Zeitpunkt der Eiablage an gezählt) den Futterbrei und setzen sich auf der Futteroberfläche oder an der Wand des Zuchtglases zur Ruhe. Sie stülpen dann die fingerförmigen Vorderenden (Stigmen) ihrer Atmungsrohren nach außen. Der Larvenkörper zieht sich zusammen und nimmt die für die Puppe charakteristische Form an. Dabei erhärtet die Larvenhaut immer mehr. Gleichzeitig zeichnet sich auf der Oberseite des Vorderendes ein Hautbezirk ab, der als leicht aufklappbarer Deckel ausgebildet wird. Er kann später der Fliege als „Türe“ zum Schlüpfen dienen. Das Erhärten der zunächst noch farblos durchsichtigen Haut ist begleitet von der Ausbreitung eines bräunlich-gelben Pigmentes. Im Gegensatz zu anderen Insekten (Schmetterlinge) wird also bei Fliegen die Larvenhaut vor der Verpuppung nicht abgestreift, sondern unter Veränderung ihrer Form, Farbe und Struktur zu einem festen Gehäuse oder Puparium umgebaut. Ihm kommt die Aufgabe zu, die sich im Innern formende Puppe und damit auch die werdende Imago schützend zu umschließen. Trotzdem kommt es auch bei Fliegen noch zu einer eigentlichen Puppenhäutung, die sich allerdings, kaum merkbar, im Innern des Pupariums vollzieht. Dabei löst sich die werdende Puppe von der überdeckenden Larvenhaut, um sich mit einer sehr dünnen, aber doch selbständigen Schicht von Chitin zu umgeben. Dieser Vorgang bietet gleichzeitig die Gelegenheit für die Ausstülpung der bereits im Larvenkörper angelegten Imaginalscheiben, die nichts anderes sind als die zu Entfaltung und Ausbau bestimmten Anlagen des imaginalen Fliegenkörpers. Wir müssen demnach klar unterscheiden, einerseits zwischen den Prozessen, die die Larvenhaut zum Puparium umgestalten, und andererseits dem innern Verpuppungsablauf, der durch das Ausstülpen der Imaginalscheiben und durch die „innere Puppenhäutung“ charakterisiert ist.

Bei der für *Drosophila* optimalen Temperatur von 25 ° C dauert das Puppenstadium nur etwa hundert Stunden. Dann sprengt die Fliege das dünne Puppenchitin und hebt den im Puparium vorgebildeten Deckel, um auf diesem Wege ihr Puppengehäuse zu verlassen.

Wie nun verhalten sich die Tiere der letalen Rasse im Zeitpunkte der Verpuppung? Während sich bis zum Ende des fünften Tages alle Normallarven verpuppt haben, verbleiben die homozygot Letalen weiterhin im Larvenstadium, und zwar mindestens bis zum siebenten

Zuchtstage. Dann erst fangen einzelne von ihnen ebenfalls mit der Pupariumbildung an. Es dauert achteinhalb Tage, bis knapp die Hälfte der *lgl*-Larven diese Arbeit beendet hat. Am zehnten Tage werden immer noch rund 25 % der Tiere als Larven angetroffen. Die letzten Individuen einer Zucht bilden ihr Puparium noch bedeutend später oder überhaupt nie. Sie sterben dann als erstaunlich alte, bis zwanzigtägige Larven, ohne daß ihre Haut je einen Verpuppungsversuch unternommen hätte.

Die von den Letalen mit großer Verspätung gebildeten Puppengehäuse können völlig typisch aussehen. Es kommt aber auch vor, daß die Vorderstigmen nicht richtig ausgestülpt werden oder daß sich die Deckelpartie schlecht abgrenzt. In keinem Fall kommt es innerhalb der Puparien der *lgl*-Rasse zu einer Imaginalentwicklung. Wie aus einer speziellen Untersuchung⁴ hervorgeht, degenerieren die Imaginalscheiben schon während des Larvenlebens, so daß im Zeitpunkt der Verpuppung keine entwicklungsfähige Anlage für den Bau des Fliegenkörpers mehr vorhanden ist.

3. Die Ursachen der verspäteten oder ausbleibenden Pupariumbildung.

Man könnte zunächst vermuten, daß sich die letalen Larven deshalb später verpuppen, weil ihre Entwicklungszeit ganz allgemein herabgesetzt wäre. Dagegen spricht aber die Tatsache, daß sie ebenso schnell wachsen wie die genetisch normalen Kontrolltiere. Dies bedeutet, daß sie gleichzeitig mit diesen die Endgröße erreichen. Das Ausbleiben der Pupariumbildung scheint deshalb auf einer spezielleren Ursache zu beruhen.

Nun hatte FRÄNKEL⁵ schon 1935 experimentell gezeigt, daß hormonartige Stoffe bei der Verpuppung der Fliegen eine Rolle spielen. Er schnürte mit einer Haarschlinge die Maden der großen Schmeißfliege *Calliphora* soweit ein, daß kein Stoffaustausch zwischen einer vorderen und hinteren Larvenhälfte mehr möglich war. Wird die Ligatur frühzeitig genug angelegt, so ist nur noch die Vorderhälfte fähig, ein Puparium zu bilden. Die Haut der Hinterhälfte verbleibt stets im larvalen Stadium. Wird dagegen das Experiment spät, d. h. kurz vor der normalen Verpuppungszeit ausgeführt, so verpuppt sich auch das Hinterende. FRÄNKEL schloß aus seinen Versuchen, daß am

⁴ HADORN E.: Die Degeneration der Imaginalscheiben bei letalen *Drosophila*-Larven der Mutation „lethal-giant“. Rev. Suisse Zool. 45 (1938).

⁵ FRÄNKEL G.: A hormon causing pupation in the blowfly (*Calliphora erythrocephala*). Proc. roy. Soc. London B 118 (1935).

Ende des Larvenlebens in der Kopfgegend ein Hormon gebildet wird, von dessen Anwesenheit die Verpuppung abhängig ist. Durch rechtzeitig Unterbinden der Hormonzufuhr kann die Pupariumbildung verhindert werden. Kurz vor der Verpuppung dagegen ist der Stoff schon im ganzen Körper in genügender Menge verbreitet. FRANKEL glaubte, daß bei *Calliphora* das Gehirn oder vielleicht ein in dessen Nähe liegendes, noch unbekanntes Organ das Hormon bilde.

Für mich lag es nun nahe, anzunehmen, daß die letalen Larven sich deshalb nicht rechtzeitig verpuppen, weil bei ihnen die Hormonbildung ausfällt oder unternormal bleibt. Die Berechtigung dieser Hypothese ließ sich wie folgt experimentell prüfen: Ich pflanzte den etwa drei- bis viertägigen letalen Larven verschiedene Organe aus verpuppungsreifen, genetisch normalen Maden ein. Dabei mußte sich zeigen, ob die fremden Gewebe das fehlende Verpuppungshormon liefern konnten. Ich benutzte die von EPHRUSSI und BEADLE gearbeitete Operationstechnik. Unter dem binokularen Mikroskop werden die Implantate aus den normalen Spenderlarven herauspräpariert. Sie werden dann in eine äußerst feine Mikropipette aus Glas eingesogen und darauf mit einer Mikroinjektionsspritze in die Körperhöhle der narkotisierten Letallarven implantiert.

In einer ersten Versuchsserie implantierte ich Gehirn, zusammen mit einigen anhängenden Gewebekomplexen, deren Natur ich zunächst nicht kannte. Es zeigte sich, daß viele der operierten *lgl*-Larven schon nach Ablauf von 12—24 Stunden nach der Implantation ihre Puparien bildeten, also bedeutend früher als irgend eine der unbehandelten Kontrollen. Es war nun zu prüfen, ob das Gehirn selbst oder vielleicht die anhängenden Gewebe für die festgestellte Wirkung verantwortlich sind. Aus einer histologischen Untersuchung von Mikrotomschnitten ging hervor, daß sich in der Nähe des Gehirnes eine sehr auffällige Gruppe von Zellen befindet, die durch besonders große Kerne und ein stark färbbares Plasma ausgezeichnet sind. Diese Zellen bauen ein ringförmiges, kleines Organ auf, das in charakteristischer Weise von Tracheen durchzogen wird. Mit ihnen ist es dorsal an das Gehirn angehängt. Durch die Oeffnung dieses „Ringes“ zieht der vorderste Abschnitt des Herzschlauches. Der Ring, ein Organ, das bis jetzt für *Drosophila* noch nicht beschrieben war, stimmt seiner Lage nach überein mit einem Gebilde, das WEISMANN im Jahre 1864 bei der *Calliphora*-Larve festgestellt hatte. Bei dieser Fliege sollte der Ring dem Herzen als Stütze dienen.

Es war mir möglich, den Ring der *Drosophila* vom Gehirn zu trennen und ihn separat zu implantieren. Das Ergebnis dieser Versuche ist eindeutig: Die letalen Larven, die wir mit einem isolierten Ring eines genetisch normalen und verpuppungsreifen Spenders versorgen, bilden die Puparien viel früher als die nicht operierten Kontrollgeschwister. So hatten sich von über hundert operierten *lgl*-Larven mehr als die Hälfte verpuppt, bevor auch nur ein einziges Individuum der Kontrollserien eine Pupariumbildung versuchte⁶. Wenn dagegen nur Gehirn ohne den anhängenden Ring implantiert wurde, kam es bei keiner einzigen Larve zu einer Beschleunigung der Pupariumbildung. Mit der gleichen Methode prüfte ich nun auch noch andere Normalgewebe, wie Speicheldrüsen, Fettkörper, Ovarien und Imaginalscheiben. Auch hier fiel das Ergebnis ebenso negativ aus wie für die Gehirnimplantate.

Somit war klar, daß der beschleunigende Effekt nicht durch jedes beliebige Gewebe von normaler Erbkonstitution ausgelöst werden kann, sondern daß die Wirkung auf einer speziellen Aktivität beruht, die einzig den Ringzellen zukommt. Kann diese Arbeit aber nur von einem genetisch normalen Ring geleistet werden? Diese Frage stellt sich, wenn wir bedenken, daß die operierten Larven zwei Ringe enthalten, nämlich ihren eigenen von letaler Konstitution und einen implantierten, der aus einer Normallarve stammt. Es ist daher denkbar, daß die Beschleunigung einfach durch die bloße Anwesenheit eines überzähligen Ringes, gleichgültig welcher Genkonstitution, hervorgerufen werden kann. In einigen Serien wurden Ringe aus großen letalen Spendern in die letalen Wirtslarven implantiert. Damit verdoppelten wir die Ringsubstanz, ohne neue Gene einzuführen. In keinem Fall wurde bei diesen Experimenten eine Beschleunigung der Pupariumbildung bewirkt. Damit war bewiesen, daß nicht ein überzähliger Ring schlechthin verlangt wird, sondern ein Organ, das anstelle des *lgl*-Gens einen normalen Erbfaktor führt.

Wie kann man diese Versuchsergebnisse deuten? Wir nehmen an, daß der Ring eine Drüse ist, die ein Verpuppungshormon in die Körperflüssigkeit hinein absondert. Hat dieser Stoff eine bestimmte Schwellenwertkonzentration erreicht,

⁶ HADORN E.: An accelerating effect of normal „ring-glands“ on puparium-formation in lethal larvae of *Drosophila melanogaster*. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. 23 (1937).

so wandelt sich unter seinem Einfluß die larvale Haut in ein Puppengehäuse um. Von hier aus finden nun auch die FRANKEL'schen Schnürungsexperimente eine befriedigende Erklärung. Wir wissen, warum sich abgeschnürte Hinterhälften nicht verpuppen können: bei ihnen ist die Verbindung mit der Hormonquelle aufgehoben. Jetzt kennen wir auch das Organ des Vorderendes, das als Hormonspender arbeitet. Nicht das Gehirn, wie FRANKEL vermutete, sondern die kleine, leicht übersehbare „Ringdrüse“ liefert die Wirkstoffe, die den Uebergang vom Larvenleben zur Puppenruhe einleiten.

Eine Ringdrüse der letalen Rasse gibt das Hormon entweder überhaupt nicht ab, oder dann zu spät, zu langsam und in ungenügender Menge. So kann der Schwellenwert nicht rechtzeitig oder auch nie erreicht werden. Eine implantierte, genetisch normale Ringdrüse versorgt den letalen Wirt mit soviel Hormon, daß die notwendige Konzentration nach einigen Stunden die Höhe des Schwellenwertes erreicht. Dann kann auch die *lgl*-Larve ihr Puparium bilden. Somit kommen wir zum Schluß, daß die verzögerte Pupariumbildung unserer letalen Larven nicht auf einem funktionellen Unvermögen ihrer Haut beruht, sondern auf einer mangelhaften oder ausbleibenden Tätigkeit einer hormonalen Drüse.

Es muß in diesem Zusammenhang noch gesagt werden, daß die implantierten normalen Ringdrüsen die Letalität eines *lgl*-Organismus nicht aufheben können. Alles, was sie bewirken, ist die Pupariumbildung. Eine weitere Entwicklung ist den Implantatsträgern nicht möglich. Dies ist nicht verwunderlich, da wir wissen, daß die Imaginalscheiben schon weitgehend degeneriert sind zu der Zeit, da man die Ringdrüse implantiert.

4. Analyse der hormonalen Tätigkeit der Ringdrüse.

Nachdem am Beispiel der letalen Larven aufgezeigt war, daß die Ringdrüse als Hormonspender arbeitet, galt es, diese Tätigkeit genauer zu untersuchen, um namentlich zu prüfen, ob sich eine ähnliche Funktion auch in anders angelegten Experimenten nachweisen ließe. Die Versuche, die sich mit dieser Aufgabe beschäftigten, führte ich zusammen mit cand. phil. JAMES NEEL aus⁷.

Zunächst soll über ein Experiment berichtet werden, bei dem es sich ebenfalls um die Korrektur einer genetisch bedingten Störung

⁷ HADORN E. und J. NEEL: Der hormonale Einfluß der Ringdrüse (Corpus allatum) auf die Pupariumbildung bei Fliegen. Roux'. Arch. 138 (1938).

der Pupariumbildung handelt. Wird ein Weibchen von *Drosophila melanogaster* mit einem Männchen von *Drosophila simulans* gekreuzt, so sind von den entstehenden Bastardlarven nur die Weibchen voll entwicklungsfähig. Einzig sie liefern schlüpfende Imagines. Die Bastardmännchen dagegen bleiben lange Zeit im Larvenstadium stehen. Unter günstigsten Zuchtbedingungen gelingt es auch ihnen, ein Puparium zu bilden. Die Verzögerung ist außerordentlich groß. Die ersten männlichen Puparien erscheinen nicht vor dem neunten Tage. Erst am zwölften Tage haben 50 % einer Zucht die Puparien gebildet, während die letzten Nachzügler sich erst am sechzehnten Tage verpuppen.

Wiederum implantierten wir genetisch normale Ringdrüsen aus verpuppungsreifen *Drosophila melanogaster*-Larven. Es zeigte sich, daß die Bastardmännchen auf die Implantation nach rund 12 Stunden regelmäßig mit Pupariumbildung reagierten. Wir fanden, daß die Haut der Bastarde mindestens vom siebenten Tage an bereit ist, die Verpuppungsveränderungen durchzuführen. Es scheint, als warte sie bloß auf die Zufuhr des notwendigen Hormons. Wie für die *lgl*-Rasse muß man auch für diese Bastarde annehmen, daß die eigene Ringdrüse nicht oder nur unternormal arbeite. Soweit zeigten diese Versuche nichts prinzipiell Neues.

Wichtig war es jetzt, zu untersuchen, ob sich die Tätigkeit der Ringdrüse nicht nur bei Individuen mit gestörter Erbkonstitution, sondern auch an genetisch normalen Tieren nachweisen lasse. Wir führten bereits aus, daß sich eine Normallarve von *Drosophila melanogaster* nicht vor Beginn des fünften Zuchtages verpuppt. Was wird geschehen, wenn man einer noch wachsenden Made etwa am dritten oder zu Anfang des vierten Tages eine reife Ringdrüse aus einem fünftägigen, verpuppungsbereiten Spender implantiert? Wird die eingepflanzte Ringdrüse ihr Hormon in den Körper der jungen Wirtslarve abgeben? Wenn ja, kann dann die unreife Larvenhaut früher, als sie es normalerweise täte, mit Pupariumbildung reagieren? Gleichzeitig war zu prüfen, ob etwa die ausgelöste Reaktion dann stärker beschleunigt wird, wenn man die junge Larve anstatt mit nur einer, gleich mit mehreren reifen Ringdrüsen versorgt.

Einer ersten Gruppe von *Drosophila*-Larven, deren Alter im Mittel 3 Tage und 3 Stunden betrug, implantierten wir je drei reife Ringdrüsen. In einer zweiten Serie, die aus gleichalten Zuchtgeschwistern bestand, erhielt das Einzeltier nur ein Implantat. Außerdem versorgten wir eine dritte Gruppe mit Gehirnen aus verpuppungsreifen Spendern. Die Pu-

pupariumbildungszeiten der verschiedenen Serien wurden verglichen mit dem Verhalten von unbehandelten Kontrollen gleichen Alters und gleicher Herkunft.

Zuerst verpuppten sich die Larven der Drei-Ring-Gruppe, und zwar im Mittel um rund 16 Stunden früher als die Kontrollzucht. Wir sehen daraus zunächst, daß die implantierten Drüsen ihr Hormon ungeachtet der zu jungen Umgebung abgeben, und weiter, daß die unreife Larvenhaut, sobald sie unter dem Einfluß einer genügenden Hormonmenge steht, die Verpuppungsreaktion ausführen kann, und zwar in einem Alter, da dieser Prozeß normalerweise nie einsetzt.

Bei der Ein-Ring-Gruppe wurde ebenfalls eine deutliche Beschleunigung beobachtet. Sie erreichte aber bei weitem nicht das für den Drei-Ring-Versuch festgestellte Ausmaß. Es steht fest, daß die Beschleunigung proportional mit der Menge der hormonliefernden Zellen ansteigt. Je mehr Ringdrüsen vorhanden, umso eher ist der Schwellenwert erreicht, der für eine Pupariumbildung verlangt wird. In der unterschiedlichen Beschleunigung äußert sich ein Konzentrationseffekt des bestimmenden Wirkstoffes.

Die mit Gehirnimplantaten beschickten Larven verpuppten sich in ihrer Gesamtheit später als die Kontrollen. Ein neuer Beweis dafür, daß das Gehirn kein Verpuppungshormon liefert. Außerdem zeigt dieses Ergebnis, daß die „Operation-an-sich“ wahrscheinlich einen verzögernden Einfluß auf die Verpuppung ausübt, so daß auf der anderen Seite die Beschleunigung der Ring-Serien, die ja der gleichen Prozedur unterworfen wurden, umso stärker gewertet werden müßte.

Lediglich zur Abrundung unserer Versuche schien es wünschenswert, das FRANKEL'sche Schnü rungsexperiment zu wiederholen und mit einer Ringdrüsen-Implantation zu kombinieren. Schon vorher hatte BODENSTEIN¹ gezeigt, daß sich geschnürte *Drosophila*-Larven genau so verhalten, wie es für *Calliphora* beschrieben wurde. In unseren Versuchen versorgten wir die abgeschnürten Hinterhälften von *Drosophila* mit Ringdrüsen und beobachteten erwartungsgemäß, daß sich jetzt auch diese Teillarven verpuppen konnten.

Die Ergebnisse der Experimente an jungen Normallarven stellte uns vor neue Probleme. Was ereignet sich innerhalb der verfrüht gebildeten Puparien? Beschleunigt die Ringdrüse die Entwicklung des Gesamtorganismus, also auch die Entwicklung der Imaginalscheiben?

Wenn sich zum Beispiel das Puparium mit 10 Stunden Vorsprung gebildet hat, schlüpft dann die Fliege ebenfalls um 10 Stunden früher als ihre Kontrollgeschwister? Beobachtet wurde folgendes: Keine Larven, die sich vor dem fünften Tage verpuppten, waren fähig, eine Imago auszubilden. Offenbar ist bei ihnen die Korrelation der Entwicklungsphasen so stark gestört, daß es den Imaginalscheiben nicht gelingt, mit der künstlich aufgezwungenen Pupariumbildung Schritt zu halten. Sie scheinen vielmehr der Degeneration zu verfallen. Jene Tiere, deren Verpuppungsvorsprung nur wenige (2—8) Stunden betrug, waren entwicklungsfähig. Sie schlüpften aber nicht früher als die Kontrollen. Somit übt das Ringdrüsen-Hormon keine generell beschleunigte Wirkung aus, sondern es greift selektiv an einem einzelnen Organsystem, der larvalen Haut, an. Pupariumbildung und Imaginalentwicklung sind nicht einzelne Phasen eines einmalig und einheitlich bedingten Prozesses.

Die hier aufgedeckte Unabhängigkeit der beiden Entwicklungsvorgänge konnte neuestens auch BODENSTEIN⁸ mit anderer Methodik nachweisen. Werden sehr junge *Drosophila*-Puppen durchschnürt, so unterbleibt in den abgetrennten Hinterhälften die Imaginalentwicklung, obschon dort die Pupariumbildung vollendet ist. Außerdem können Augenimaginalscheiben, die als Implantate in der abgeschnürten Hinterhälfte reifer Larven liegen, sich nicht entwickeln, auch dann nicht, wenn ihre Umgebung noch fähig ist, ein Puparium zu bilden. Ihnen gelingt erst dann die Metamorphose, wenn sie mit dem Vorderende einer mindestens eintägigen Puppe in Verbindung bleiben.

Für die Durchführung der imaginalen Metamorphose ist demnach ein besonderes Hormon notwendig, das ähnlich wie das Verpuppungshormon der Ringdrüse im Kopfabschnitt abgesondert wird, mit diesem aber nicht identisch sein kann. Welches Organ diesen Wirkstoff liefert, ist noch nicht bekannt. Wichtig ist jedenfalls die Tatsache, daß die Vorstellung bestätigt wurde, wonach die einmal in Gang gebrachte Pupariumbildung nicht automatisch alle weiteren Stufen des Entwicklungsgeschehens nach sich zieht.

Auch bei Schmetterlingen dürften es verschiedene Hormone sein, die in verschiedene Phasen des Entwicklungsablaufes bestimmend ein-

⁸ BODENSTEIN D.: Untersuchungen zum Metamorphoseproblem. I. Kombinierte Schnürungs- und Transplantationsexperimente an *Drosophila*. Roux'. Arch. 137 (1938).

greifen. Implantationsversuche an Wachsmotten⁹ ergaben, daß nicht nur mit je einem besonderen Hormon für Verpuppung und Metamorphose zu rechnen ist, sondern daß überdies noch ein selbständiges Hormon die verschiedenen Larvenhäutungen kontrolliert. Ob in ähnlicher Weise auch die Häutungen einer wachsenden Fliegenlarve hormonal bestimmt werden, wissen wir noch nicht.

Kehren wir nun zur weiteren Besprechung der Tätigkeit der Fliegen-Ringdrüse zurück. Gleichzeitig mit meiner ersten Publikation⁶ ist von E. T. BURTT¹⁰ eine Arbeit über den geweblichen Bau des WEISMANN'schen Ringes von *Calliphora* erschienen. Unabhängig von meinen Befunden wird hier die Vermutung geäußert, daß dieses Organ als Quelle des FRANKEL'schen Verpuppungshormones zu betrachten sei. Nun ist es BURTT¹¹ gelungen, in sehr schönen Experimenten direkt zu beweisen, daß es auch bei *Calliphora* der Ring ist, der das Verpuppungshormon liefert.

Während wir bei den Versuchen an *Drosophila* so vorgingen, daß wir überzählige Ringdrüsen implantierten, konnte BURTT aus den viel größeren Maden der Schmeißfliege die Ringdrüse herausoperieren oder durch lokale Hitzewirkung abtöten. In beiden Fällen entstehen Larven, die weiterleben können. Sie besitzen alle Organe außer der Ringdrüse. BURTT stellte fest, daß die so operierten Tiere niemals fähig sind, sich zu verpuppen. Sie werden zu langlebigen Dauermaden und sterben endlich in diesem Stadium.

Es besteht kein Zweifel, daß ein entsprechendes Experiment auch bei *Drosophila*, wo die Ausführung allerdings große technische Schwierigkeiten böte, zum gleichen Erfolge führen würde. Durch die BURTT'schen Experimente wurden unsere Befunde soweit ergänzt und befestigt, daß der Satz: „Ohne Ringdrüse keine Verpuppung“ — als bewiesen gelten darf.

Es gehört zu den charakteristischen Eigenschaften der Wirbeltierhormone, daß ihre Wirksamkeit eine generelle ist. Das Sekret der Hypophyse, der Schilddrüse und der Gonaden kann nicht nur die

⁹ PIEPHO H.: Ueber die Auslösung der Raupenhäutung, Verpuppung und Imaginalentwicklung an Hautimplantaten von Schmetterlingen. Biol. Zentralbl. 58 (1938).

¹⁰ BURTT E. T.: On the corpora allata of dipterous insects. Proc. roy. Soc. London B 124 (1937).

¹¹ BURTT E. T.: On the corpora allata of dipterous insects II. Proc. roy. Soc. London B 126 (1938).

Entwicklung artgleicher Tiere beeinflussen, sondern wirkt ebenso im Körper fremder Arten und Familien oder gar fremder Klassen. So vermag, um nur ein Beispiel zu nennen, das Geschlechtshormon eines Pferdes die Brunstfarbe von Fischen hervorzurufen.

Sind auch die Hormone der wirbellosen Tiere artunspezifisch? Wie verhält sich im besonderen das Hormon der Ringdrüse in dieser Beziehung? *Drosophila hydei* ist eine Fruchtfliege, die wesentlich größer ist als die bekannte *Drosophila melanogaster*. Sie benötigt auch eine um mindestens zwei Tage längere Larvenentwicklung. Wir konnten nachweisen, daß unreife Larven von *Drosophila hydei* auf implantierte verpuppungsreife Ringdrüsen von *Drosophila melanogaster* mit verfrühter Pupariumbildung reagierten. In einem bestimmten Versuch betrug die Beschleunigung anderthalb Tage. Wir experimentierten außerdem auch noch mit der Ringdrüse der großen Fleischfliege *Lucilia*, die verwandtschaftlich *Calliphora* nahesteht. Ein *Lucilia*-Ring wirkt verpuppungsauslösend im Körper der familienfremden *Drosophila melanogaster*.

Die positive Reaktionsbereitschaft der Fliegen gegenüber fremden Verpuppungshormonen reicht aber noch viel weiter. PLAGGE und BECKER¹² extrahierten aus verpuppungsreifen Larven eines Schmetterlings, der Wachsmotte (*Galleria mellonella*), einen Stoff, mit dem sie, wenn sie ihn einer *Calliphora*-Larve einspritzten, die Pupariumbildung dieser Fliege auslösen konnten.

Auch andere Hormone der Wirbellosen sind nicht artspezifisch. Nach WIGGLESWORTH¹³ können die arteigenen Häutungshormone der blutsaugenden Wanze *Rhodnius* durch entsprechende Stoffe aus dem Körper der Bettwanze (*Cimex*) ersetzt werden. Weitgehend austauschbar sind die Hormone verschiedener Schmetterlinge⁹. Endlich gilt das gleiche für die eingangs erwähnten genbedingten Wirkstoffe². Die Augenfarbe bestimmter *Drosophila*-Rassen läßt sich verändern durch Stoffe, die aus den Geweben der Mehlmotte (*Ephestia*) stammen. Es bestehen demnach in bezug auf Art-Unspezifität und generelle Wirksamkeit keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Hormonen der Wirbeltiere und der Wirbellosen.

¹² PLAGGE E. und BECKER E.: Wirkung arteigener und artfremder Verpuppungshormone in Extrakten. Naturwiss. 1938.

¹³ WIGGLESWORTH V. B.: The function of the corpus allatum in the growth and reproduction of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera). Quart. J. microsc. Sci. 79 (1936).

5. Ringdrüse und hormonale Organe anderer Insekten.

Eine vergleichende Histologie oder Physiologie der hormonalen Organe der Wirbellosen gibt es heute noch nicht. Was wir jetzt kennen, ist eher eine verwirrlige Menge von Einzeltatsachen, die sich nicht einer einheitlichen Theorie fügen. Übereinstimmung herrscht nur insoweit, als wir wissen, daß Prozesse wie Häutung, Verpuppung und Metamorphose bei den verschiedensten Gruppen hormonal bedingt sind. Dagegen zeigt sich in bezug auf die beteiligten hormonspendenden Organe eine Mannigfaltigkeit, die schwer zu deuten ist. Bis jetzt sind namentlich drei Gruppen von Organsystemen als Hormondrüsen nachgewiesen: Bei einigen Schmetterlingen ist es das Gehirn, bei Wanzen, Heuschrecken und dem Seidenspinner sind es kleine paarige Gewebsgruppen des Kopfbereiches, die als *Corpora allata* bezeichnet werden, und für Fliegen steht die Wirkung der unpaaren Ringdrüse im Vordergrund.

Nun hatte BURTT in seiner ersten, bereits erwähnten Arbeit¹⁰ die Ansicht geäußert, daß der Weismann'sche Ring von *Calliphora* stammesgeschichtlich entstanden sei durch Modifikation und Verschmelzung der *Corpora allata* primitiverer Formen. Zu der gleichen Deutung kamen auch BERTA SCHARRER und der Verfasser¹⁴ auf Grund einer genaueren geweblichen Untersuchung der Ringdrüse von *Drosophila*.

Aber gerade aus dieser vereinfachenden Interpretation ergeben sich neue Schwierigkeiten, sobald man nämlich die Funktionen bei den verschiedenen systematischen Gruppen berücksichtigt. Nach BOUNHIOL¹⁵ führt die Entfernung der *Corpora allata* bei der Seidenraupe zu einer verfrühten Verpuppung und Metamorphose. Ähnliches gilt für entsprechende Versuche an Heuschrecken (PFLUGFELDER¹⁶) und Wanzen¹³. Bei Fliegen aber hat, wie wir eingehend ausführten, die Entfernung der Ringdrüse einen geradezu entgegengesetzten Erfolg: Das larvale Leben wird verlängert, die Metamorphose verunmöglicht. Wiederum anders liegen die Verhältnisse bei der Mehlmotte (KÜHN und

¹⁴ SCHARRER B. und HADORN E.: The structure of the ring-gland (corpus allatum) in normal and lethal larvae of *Drosophila melanogaster*. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. 24 (1938).

¹⁵ BOUNHIOL J.-J.: Métamorphose prématurée par ablation des corpora allata chez le jeune ver à soie. C. r. Acad. Sci. Paris 205 (1937).

¹⁶ PFLUGFELDER O.: Bau, Entwicklung und Funktion der *Corpora allata* und *cardiaca* von *Dixipus morosus*. Z. wiss. Zool. 149 (1937).

PIEPHO¹⁷). Hier kann die Verpuppung und Metamorphose durch Entfernen des Gehirnes verhindert werden. Die Corpora allata dagegen scheinen für diese Prozesse bedeutungslos. Da aus unseren Versuchen hervorgeht, daß bei den Fliegen gerade nicht das Gehirn, sondern die Ringdrüse (als Homologon der Corpora allata) ein Verpuppungshormon liefert, so zeigt auch dieser Gegensatz eindrucklich, daß bei verschiedenen Insektengruppen offenbar weitgehend verschiedene und nicht einfach vergleichbare hormonale Beziehungen zwischen stammesgeschichtlich homologen Organsystemen und den von ihnen geleiteten Entwicklungsvorgängen bestehen.

Es bleibt der künftigen Forschung vorbehalten, diese Gegensätze sinnvoll zu deuten. Dazu bedarf es einer eingehenden experimentellen Analyse, die ergänzt werden sollte durch vergleichend anatomische und histologische Untersuchungen.

Unser Aufsatz beschäftigt sich mit einem jungen Gebiete der Entwicklungsforschung. Es stehen erst einige Profile für das zu errichtende Lehrgebäude. Immerhin zeichnet sich schon jetzt mit eindrucklicher Deutlichkeit die neue Erkenntnis ab, daß hormonale Korrelationen in überraschendem Ausmaße eine Rolle im Entwicklungsgeschehen der wirbellosen Tiere spielen.

¹⁷ KUEHN A. und PIEPHO H.: Ueber hormonale Wirkungen bei der Verpuppung der Schmetterlinge. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Biol. 9 (1936).

Ueber operative Geburtshilfe

Von Albert Lüthi, Thun

Die Zukunft eines Volkes liegt in seinen Kindern. Diese und ihre Mütter gesund zu erhalten, ist vaterländische Pflicht. Schon die Geburt bringt mancherlei Gefahren mit sich. Merkwürdigerweise war es im frühern Mittelalter eines Arztes unwürdig, sich mit Geburtshilfe zu befassen, diese wurde ganz den „weisen Frauen“ überlassen. Zu Beginn dieses Jahrhunderts gab es in der Schweiz noch viele Bezirksspitäler, die keine Frauen zur Geburt aufnahmen, so auch unser Spital. Die Not der Frauen zwang den Verfasser, mit dieser Tradition zu brechen. Es seien nur 2 Fälle näher erwähnt:

Ein 21jähriges Mädchen sah seiner bangen Stunde entgegen. Niemand kümmerte sich um das bedauernswerte Wesen. Ohne Arzt und Hebamme begann die Geburt. Die Wehenkraft wurde verbraucht, die jungfräulichen Weichteile zu erweitern. Die Kraft war aber nicht stark genug, die Geburt zu vollenden. Mit 39 ° Fieber und Schüttelfrösten wurde Patientin in das Spital eingewiesen. Weshalb machte die Geburt keine Fortschritte? Ein ungewöhnlich straffer Strang, herrührend vom Jungfernhäutchen spannte sich über den Scheideneingang und ließ den Kopf nicht austreten. Ein rechtzeitiger Scherenschlag hätte genügt, Mutter und Kind zu retten. Durch die lange Geburtsdauer war das Kind abgestorben. Als es mit der Zange entwickelt wurde, quoll aus der Gebärmutter ein großer Schwall Eiter heraus, aufsteigende Infektion von der Scheide aus, ohne daß Arzt oder Hebamme die Patientin berührt hätten. Diese verfiel rasch an allgemeiner Blutvergiftung, welche das jugendliche Leben dahinraffte.

Auf hoher Alp arbeitete die Frau eines kleinen Bergbauern. Sie hatte schon eine ganze Reihe Geburten glücklich hinter sich und erwartete nun auf der Alp, einzig in Gegenwart eines 12jährigen Mädchens, die Geburt. Diese ging mit sehr starken Wehen einher, doch das Kind konnte nicht geboren werden. Nach langer Zeit kamen Hebamme und Arzt auf die Alp. Es handelte sich um eine Querlage. Der Kopf des Kindes war nicht in das Becken eingetreten, sondern seitlich abgewichen. Die Gebärmuttermuskulatur arbeitete sehr energisch, bis die Gebärmutter ausgedehnt zerriß. Durch den Riß traten Frucht und Nachgeburt in die Leibeshöhle aus, zersetzten sich rasch, weshalb ärztliche Hilfe nichts mehr ausrichten konnte.

Diese 2 Fälle redeten eine eindringliche Sprache, sodaß die Direktion des Spitäles Thun dem Vorschlag des Verfassers Folge gab und den oben erwähnten Ausschluß-Paragrafen für werdende Mütter in den Statuten fallen ließ.

Der Laie früherer Zeiten stellte den Arzt im Bild gewöhnlich mit der Klistierspritze dar, den Geburtshelfer mit der geburtshülflichen Zange. In der Tat war die Geburtshelferzange ein außerordentlich segensreiches Instrument. Es wurde vom Engländer PETER CHAMBERLEN († 1631) erfunden und in der Arztfamilie als Geheimnis weiter vererbt. Die Geburtshelferzange ist ein sehr wirksames Instrument, um den am Beckenboden stehenden Kopf des Kindes vollends zu entwickeln. Voraussetzung für ihre Anwendung ist ein vollständig offener Muttermund. Wird am hochstehenden Kopf bei ungenügend erweitertem Muttermund die Zange zur Beendigung der Geburt angewendet, so treten oft große Gebärmutterrisse auf, welche zum Verblutungstod führen können. Es soll deshalb die Zange nur bei vollständiger Eröffnung des Muttermundes und genügend tiefstehendem Kopf angewendet werden.

Schon im Altertum kannte man einen geburtshülflichen Eingriff, um bei Querlage das Kind zu entwickeln. Die Hand des Arztes suchte einen Fuß des Kindes herunter zu holen und das Kind an einem oder beiden Füßen zu extrahieren. Diese sehr segensreiche Hülfe geriet in Vergessenheit bis der berühmte Kriegschirurg AMBROISE PARE (1517 bis 1590) die Wendung auf den Fuß mit vielem Erfolg wieder anwandte. Bei allen geburtshülflichen Eingriffen hing wie ein Schwert über Patientin und Arzt das Kindbettfieber, die Blutvergiftung. Es war ein gewaltiges Verdienst von IGNAZ SEMMELWEIS (gest. 1865) die Antisepsis mit Chlorwasser in die Geburtshülfe eingeführt zu haben.

Rastlos arbeitender Menscheng Geist trug weitere Bausteine herbei zum Wohle der Frauen. In einer kleinen Drüse auf der Unterseite des Gehirns, dem „Gehirnanhang“ fand sich eine Substanz, welche, der Gebärenden eingespritzt, kräftige Wehen hervorrief. Dieses Medikament machte 75 % der bisherigen Zangenoperationen entbehrlich. Mit Recht nennt man es die „chemische Zange“. Es hat auch den Vorteil, Weichteilrisse, welche bei Anwendung der Zange oft unvermeidlich sind, auf ein Minimum zu reduzieren. Welche Wohltat für die Frauen, nach lange dauernder Geburt, in Erschöpfung darniederliegend, 20 Minuten nach der Einspritzung den Schluß der Geburt zu erleben.

Wir haben Fälle beobachtet, wo eine große Gebärmuttergeschwulst das Becken beschlagnahmte, sodaß die Geburt unmöglich war. Wir haben während der Schwangerschaft solche Geschwülste (Myome) entfernt und trotz der Operation Fortdauer der Schwangerschaft und später normale Geburt erlebt.

Oben haben wir bereits die sog. Querlage gestreift. Bei dieser steht die Längsachse des Kindes quer zur Längsachse des mütterlichen Körpers. Der Kopf steht nicht im Becken, sondern ist seitlich abgewichen. In solchen Fällen muß frühzeitig eingegriffen werden, um Mutter und Kind zu retten. Der Arzt suchte Wege, um auch bei uneröffnetem Muttermund helfend einzugreifen. Dies ist möglich mit dem Kaiserschnitt. Wenn bei Querlage die Wehen beginnen, platzt die Fruchtblase gewöhnlich sehr früh. Das ausfließende Fruchtwasser reißt oft die Nabelschnur mit sich und es kommt zu Nabelschnurvorfällen. Dies ist ein sehr gefährlicher Zustand. Jede Kompression der Nabelschnur unterbindet dem Kinde die Sauerstoffzufuhr, sodaß es elend ersticken muß. Wiederholt haben wir sofort den Kaiserschnitt angewendet, um das bedrohte Kind retten zu können. Dem Neugeborenen werden durch diese Operation alle Insulten einer langen Geburt erspart. Es gelangt aus dem Mutterleib direkt ins warme Bad.

Im 17. Jahrhundert hat der holländische Arzt Deventer Krankheiten des weiblichen Beckens beschrieben, das platte Becken, das allgemein verengte Becken und andere Veränderungen der Beckenformen, am häufigsten Folgen durchgemachter Rachitis. Der Kaiserschnitt ist die gegebene Operation bei engem Becken. Oft vertritt das Publikum die Ansicht, der erste Kaiserschnitt heilt gut, aber am zweiten sterben die Frauen. Dies ist ein unbegründeter Irrtum. Wir haben bei der gleichen Frau den Kaiserschnitt in vielen Fällen zweimal, in seltenen Fällen drei und viermal mit Erfolg ausgeführt.

Zwei weitere Gruppen von Krankheiten nötigen uns, die Geburt mit Kaiserschnitt zu vollenden, einmal die vorliegende Nachgeburt und dann die Eklampsie.

Normalerweise entwickelt sich die Nachgeburt, der „Mutterkuchen“ im Gebärmutterkörper, weit entfernt vom Muttermund. In seltenen Fällen setzt sich das befruchtete Ei im untern Teil der Gebärmutter fest. Die Nachgeburt wächst dann in bedrohlicher Nähe des Muttermundes. Meistens entstehen im 8. bis 9. Schwangerschaftsmonat Dehnungen im untern Abschnitt der Gebärmutter, welche die Geburt vorbereiten. Durch solche Dehnungen zerreißen sehr leicht die dünnen Blutadern, welche Gebärmutter und Nachgeburt verbinden.

Eine massige, oft lebensgefährdende Blutung aus der Scheide zeigt die drohende Gefahr an. In der voroperativen Ära holte der Geburtshelfer oft durch die Nachgeburt hindurch einen kindlichen Fuß herunter. Der kindliche Oberschenkel stillte in günstigen Fällen durch Druck die Blutung. 50—60 % der Kinder kamen dabei ums Leben. Heutzutage führen wir den Kaiserschnitt aus, sobald die erste Blutung den falschen Sitz der Nachgeburt verrät. Das kindliche Leben wird weitgehend geschont, 95 % bleiben am Leben. Die Heilungsaussichten der Mutter sind unendlich bessere als bei der frühern Behandlung.

Die *Eklampsie* (die „Schwangerschaftskrämpfe“) ist wohl die gefährlichste Komplikation der Schwangerschaft. Patientin klagt über häufige Kopfschmerzen, Schwindel, Erbrechen. Ihrer Familie fällt es auf, daß das Gesicht krankhaft gedunsen aussieht. Die ärztliche Untersuchung des Urins ergibt einen gewaltigen Gehalt an Eiweiß und Nierenzylindern. Die Nieren sind schwer entzündet. Oft werden diese Vorboten der Krankheit nicht beachtet und die Familie wird vom ersten eklamptischen Anfall überrumpelt. Die Muskeln der Mutter zucken wie in einem epileptischen Anfall, Schaum tritt vor den Mund, tiefe Bewußtlosigkeit setzt ein. Unsere Berufsvorfahren versuchten nach Stroganoff mit Morphiumdosen dem Krampf Meister zu werden. Aber das sicherste Mittel, das mütterliche Leben zu retten, ist eine möglichst rasche Beendigung der Geburt. Der Muttermund ist meist noch geschlossen, so drängt sich der Kaiserschnitt als beste Methode auf. Meist verschwinden die ungeheuren Eiweißmengen im Urin von 10—20 $\frac{0}{00}$ binnen 2 Wochen vollständig. Ohne weitere Schwangerschaft bleibt die Frau meist nierengesund.

Es ist interessant, daß zur Zeit des Weltkrieges, als die Zentralmächte am Hungertuch nagten, die Eklampsie fast ganz verschwunden war, um sofort wieder aufzutreten, als üppigere Ernährung wieder einsetzte.

Die Technik des Kaiserschnittes wird fortlaufend ausgebaut und verbessert. Anfänglich erachtete man tiefe Narkose als unbedingt notwendig. Sie war für das Kind gefährlich, das Narkotikum ging auch auf das Kind über. Das Neugeborene hatte oft große Mühe zu atmen, die Sterblichkeit war beträchtlich. Seit vielen Jahren eröffnen wir den Leib in lokaler Betäubung, um erst für die Arbeit an der Gebärmutter Narkose anzuwenden. Von Anfang an vermieden wir einen Längsschnitt in der Mittellinie und bevorzugten den Bogenschnitt nach Pfannenstiel, welcher bogenförmig über dem Schambein verläuft. Großes Gewicht legten wir darauf, den Schnitt in der Gebärmutter

durch einen Bauchfellappen zu überdecken. Dieser vernarbt sehr rasch und schützt die Leibeshöhle vor Wundsekreten und Infektion aus der Gebärmutter. In den letzten 2 Jahren legen wir auch den Schnitt in der Gebärmutter quer an. Der Querschnitt läßt sich mit dem soeben erwähnten Blasenbauchfellappen bedeutend besser decken als ein Längsschnitt.

Viele Jahre galt als unumstößliche Regel, den Kaiserschnitt nur auszuführen, solange die Fruchtblase nicht gesprungen war. Nach dem Blasensprung steht das Innere der Gebärmutter in offener Verbindung mit der stets bakterienhaltigen Scheide, sodaß der Operationsschnitt mit Bakterien infiziert werden kann. Mußte die Geburt operativ beendet werden, so wandte man nach gesprungener Blase die Zerstückelung des Kindes an, selbst bei noch lebendem Kind. Seit Jahren suchten wir, auch nach gesprungener Blase den Kaiserschnitt möglich zu machen, ohne das mütterliche Leben in zu große Gefahr zu bringen. Es ist uns gelungen, durch Einlegen von zwei halbrinnenförmigen Drains, zu beiden Seiten der Gebärmutter in die Leibeshöhle eingeführt, das Risiko weitgehend herabzusetzen. Es ist erstaunlich, wie viel Wundsekret aus diesen Rinnen nach außen abgesondert wird. So haben wir Frauen bis zu dreimal 24 Stunden nach Blasensprung mit dem Kaiserschnitt operativ entbunden und geheilt. Einer der eindringlichsten Fälle sei hier noch erwähnt:

Ein Ehepaar war 10 Jahre kinderlos verheiratet, als zu beider Freude eine Spätschwangerschaft sich einstellte. Leider war der Geburtsverlauf bei der nicht mehr jugendlichen Mutter ein sehr langsamer. Alle Wehenmittel versagten, sodaß wir 24 Stunden nach dem Blasensprung uns zum Kaiserschnitt entschließen mußten. Das Kind lebt. Mit Gefühlen größter Dankbarkeit verließen die Eltern das Spital.

Im Jahre 1937 führten wir im Spital Thun 25 Kaiserschnitte aus, ohne eine einzige Frau zu verlieren. Daraus darf nicht der Schluß gezogen werden, daß schwere Komplikationen nie vorkommen können. Bei jeder, auch der normalsten Geburt, können Venenentzündungen und Lungenembolien sich einstellen, so natürlich auch nach Kaiserschnitt.

Früher litten viele neugeborene Kinder an Infektion der Nabelwunde. Es entstanden Granulationen, sog. „Dörrnäbeli“, welche lange nicht heilten und eine ständige offene Eingangspforte für Bakterien waren. Sie waren die Folge einer unzuweckmäßigen Unterbindung der Nabelschnur. Es war Sitte, die Nabelschnur in einer Distanz von ungefähr 1 cm von der Haut mit einem weißen Bändchen abzubindern.

Dieses 1 cm lange Nabelschnurgewebe war dem Untergang verfallen. In ihm fanden oft Zersetzungen statt, welche Infektionen bis in die Leber zur Folge hatten. Der Chirurg vermied seit Jahrzehnten diese Gefahr, indem er dicht an der Hautgrenze die Nabelschnur mit einer starken Klemme abquetschte und dann mit doppeltem Seidenfaden unterband, um Verblutung zu vermeiden. Meist fällt dann das kleine stehengebliebene Nabelschnurstümpfchen binnen 3 Tagen ab. Im Spital sahen wir nie ein einziges Dörrnäbeli.

In der Geburtshilfe gilt das allgemein medizinische Gesetz, drohende Komplikationen rechtzeitig zu erkennen und mit dem besten Mittel abzuwenden bevor es zu spät ist. Mütter und Kinder, welche in früheren Jahrzehnten durch schwere Geburten ihr Leben verloren, können heute dank dem oben kurz beschriebenen Kaiserschnitt gerettet werden.

Zur technischen Entwicklung der operativen Heilung der Netzhautablösung

Von Heinrich Streuli, Thun

Es ist das Verdienst DE WECKER's (1870) und später LEBER's (1882) und anderer, in neuerer Zeit aber besonders GONIN's in Lausanne, darauf hingewiesen zu haben, daß die Loch- und Ribbildung der menschlichen Netzhaut nicht nur eine Zufallserscheinung bei dem schweren Krankheitsbilde der Netzhautablösung ist, sondern daß vielmehr diese Risse oder Löcher in weitaus den meisten, wenn nicht allen Fällen das Primäre, die wahre Ursache der Ablösung darstellen, eine Auffassung, die in letzter Zeit namentlich durch die ausgedehnten und sehr eingehenden Untersuchungen VOGT's in Zürich bestätigt wurde. Im Verlaufe seiner jahrelangen, mit unermüdlichem Fleiß fortgesetzten Forschungen kam GONIN als erster dazu, systematisch zu versuchen, den Riß der Netzhaut (oder die Risse) aufzusuchen, zu lokalisieren, und den Verschluß derselben auf operativem Wege zu versuchen.

Wir äußern uns hier nicht zur Frage der Entstehung der Netzhautrisse oder -löcher, die in degenerativen Erscheinungen der Netzhaut selber ihren Grund haben, wie dies in jüngster Zeit namentlich VOGT überzeugend dargelegt hat; sondern es soll hier nur auf die operativen Wege, die zur Heilung des schweren, bis vor zwanzig Jahren praktisch als unheilbar geltenden Leidens hinführen, eingegangen werden.

Es hat zwar nicht an früheren Versuchen gefehlt, die Netzhautrisse operativ zu verschließen, so durch SCHOELER, später DEUTSCHMANN und GALEZOWSKI; allein diese teils schon damals mit Erfolg durchgeführten Operationen entbehren der systematischen Verfolgung und Weiterausbildung, ja sie wurden zum Teil von ihren eigenen Autoren später wieder verlassen, so daß sie sich nicht durchzusetzen vermochten.

Der erste, der nach langer Pause den als Ursache der Ablösung klar erkannten Netzhautriß systematisch in Angriff nahm, war, wie erwähnt, GONIN. Seit 1916 versuchte er, den ophthalmologisch festgestellten Riß operativ zu verschließen und damit die Heilung herbeizuführen, anfangs noch tastend, den Zusammenhang zwischen Riß und Ablösung noch nicht klar erfassend, durch die Operationserfolge aber diese Beziehung immer sicherer durchschauend, zuletzt in voller Erkenntnis der klinischen Tatsachen den Rißverschluß anstre bend.

Seine ersten publizierten Operationserfolge anfangs der 20er Jahre ließen die ophthalmologische Welt aufhorchen. Als die Methode in aller Welt Bestätigung und begeisterte Zustimmung fand, war der lähmende Bann gebrochen, der bis dahin das operative Angehen der Netzhautablösung hemmte.

Wir beschäftigen uns im folgenden nicht mit den Schwierigkeiten der ophthalmoskopischen Auffindung und Lokalisierung des Risses sowie dessen Projektion auf die Außenfläche des Bulbus, die an das Können und die Ausdauer des Augenarztes oft sehr große Anforderungen stellen, deren Ueberwindung aber für das Gelingen des Eingriffes von grundlegender Bedeutung sind. Sondern es handelt sich hier ausschließlich darum, die verschiedenen Operationsmethoden, die den Reißverschluß bewirken, eingehender zu studieren.

GONIN's ursprüngliche und von ihm jahrelang geübte Technik bestand darin, mit der scharfen Spitze des Starmessers die Sklera an der Stelle des Risses zu inzidieren, dann durch diese Oeffnung den vorgeheizten Thermokauter einige Millimeter tief einzuführen und während ca. zwei Sekunden wirken zu lassen. Man muß sich dabei vergegenwärtigen, daß es sich hier um den gewöhnlichen alten Benzinkauter handelt, ein reichlich grobes und plumpe Instrument für einen derartig subtilen Eingriff; der ins Auge eingeführte Teil des Kauters hat mindestens die Dicke einer mittleren Stricknadel. Den Operationserfolgen, die diese Methode aufzuweisen hatte, indem in zahlreichen Fällen der Reiß, falls er getroffen worden war, tatsächlich durch Verlötung und Vernarbung heilte, stehen denn auch Nachteile gegenüber, die nicht übersehen werden dürfen. In erster Linie betrifft dies die Narben, die nach diesem für das Auge sehr schweren Eingriff entstehen und die infolge nachträglicher Schrumpfung oft zu strahlenförmigen Kontrakturen führen, welche sich in die umgebende Netzhaut und in den Glaskörper hinein erstrecken und durch Faltenbildungen die Wirkung des operativen Eingriffes illusorisch machen. Vor allem aber ist es ein Umstand, der diese Methode äußerst gefährlich macht und dem es zuzuschreiben ist, daß heute wohl kein erfahrener Operateur mehr den alten Thermokauter benützt, dem GONIN seine ersten Erfolge zu verdanken hatte. Durch die durch das Messer gesetzte Eröffnung der Sklera und das nachfolgende Einführen des heißen Kauters fließt nämlich an dieser Stelle ein mehr oder weniger reichliches Quantum Glaskörper ab, und eben dieses Ereignis ist von verderblicher Wirkung: denn dadurch wird jedes weitere Vorgehen in derselben Sitzung verunmöglicht, dadurch nämlich, daß der Innendruck des Bul-

bus sofort absinkt, so daß einem weiteren Eingehen mit Messer oder Kauter nicht mehr der genügende Widerstand entgegengesetzt wird; ein solches Unterfangen würde auch dadurch verunmöglicht, daß bei einem erneuten Versuch des Eingehens an benachbarter Stelle nur noch mehr Glaskörper aus der erstgesetzten Wunde abfließen würde, ein Ereignis, das für die Prognose des Eingriffs von höchst ungünstigem Einfluß ist.

Wenn man sich nun vor Augen hält, wie ungemein schwierig es ist, trotz noch so genauer Lokalisation des Risses diesen von außen her auch wirklich zu treffen, so wird man begreifen, daß der erste Stich nur selten genau den Riß trifft, und daß eine Methode, die nicht erlaubt, mehrere Stiche zu setzen und dadurch die Wahrscheinlichkeit des Treffens zu erhöhen, von vornherein als unvollkommen und unbefriedigend angesehen werden muß.

Daran ändert auch nicht viel die Verwendung des Elektrokauters anstelle des Benzinkauters, obschon ersterer sicher schon eine gewisse Verbesserung darstellt. Der elektrische Kauter besteht aus einer kleinen Platinkugel oder -schlinge, die in glühendem Zustand durch die Sklera eingeführt wird, mit oder ohne vorherige Eröffnung durch das Messer. Dadurch, daß die Kugel oder Schlinge, einmal eingeführt, eine geringere Verbrennung der äußern Augenhäute bewirkt, als der längliche Benzinkauter, sind die Verheerungen geringer. Immerhin stellt auch der Elektrokauter noch ein gefährliches Instrument zum Lochverschluß dar.

Dies ist denn auch der Grund, warum eine Anzahl Forscher sich nach andern, bessern Operationsmethoden umgesehen haben, und zwar mit Erfolg. Das Bestreben ging dahin, statt des einen, großen Eingriffes eine Mehrzahl von kleineren und ungefährlicheren Eingriffen auszuüben und dadurch die erwähnten Nachteile der ursprünglichen Methode auszuschalten. Dieses Bestreben führte zu einer Entwicklung der operativen Technik, die wir im folgenden kurz entwickeln wollen.

Vor allem möchten wir hier vorerst eine prinzipiell ganz andere Methode erwähnen, die den Kauter vollständig ausschaltet und an dessen Stelle die Einwirkung starker ätzender Chemikalien setzt, die sogenannte *Aetz methode*. Diese, erstmals von GUIST 1930 ausgeführt und später modifiziert, besteht im wesentlichen darin, an der Stelle des Netzhautrisses oder der verschiedenen Risse kleine Löcher von außen her in die Sklera zu trepanieren, dann diese Löcher, d. h. die freiliegende Aderhaut mit KOH in Substanz kurz zu touchieren (1 Sekunde) und gleich darauf mit schwacher Essigsäurelösung ($1/4$

bis $\frac{1}{2}$ %) zu neutralisieren. Mit stumpfer konischer Sonde wird dann noch die Chorioidea an einer oder mehreren Trepanationsstellen durchstoßen, um der unter der abgelösten Netzhaut angesammelten Exsudatflüssigkeit Abfluß zu verschaffen und so die Netzhaut wieder ihrer Unterlage anzunähern.

Diese Aetzmethode wurde dann von LINDNER 1931 weiter entwickelt, indem er von einer Trepanationsstelle aus mit einem flachen Spatel die Chorioidea unterminierte, d. h. zwischen Sklera und Aderhaut vorschob und in die so entstandene Tasche eine dreiprozentige Lösung von Kalilauge mittels feiner Kanüle injizierte. Auf diese Weise konnte von einer Trepanationsstelle aus ein erheblich größerer Bezirk verätzt werden, als mittels der ursprünglichen Methode, und dazu wurde die Gefahr zu starker Aetzwirkung durch Verwendung der schwachen Lösung anstatt des Aetzstiftes oder der Aetzperle erheblich herabgesetzt. LINDNER durfte es sogar wagen, ganze Bezirke abgelöster Netzhaut auf diese Weise „abzuriegeln“, sei es, daß eine größere Zahl von Rissen sich in diesen Partien befand, sei es, daß überhaupt kein Riß gefunden worden war und durch die Abriegelung des abgelösten Teils nur dem Weiterschreiten des Prozesses auf die noch angelegte Netzhaut Einhalt geboten werden sollte.

Die Technik dieser Abriegelung bestand darin, daß zuerst an der Grenze der abzuriegelnden Zone in gewissen Abständen Sklerallöcher trepaniert und dann die Zwischenräume von Loch zu Loch unterminiert wurden; in diese Kanäle wurde die Lauge injiziert und so eine kontinuierliche Demarkationslinie geschaffen, an der die Retina wieder fest anlag. Auch hier erfolgte überdies an einigen Trepanationsstellen absichtliche Perforation der Chorioidea, um dem subretinalen Erguß Abfluß zu verschaffen.

Diese LINDNER'sche Abriegelung verzichtet also auf den direkten Verschuß des Loches oder der Löcher; sondern sie schaltet den ganzen betroffenen Netzhautbezirk aus und setzt ihm eine feste Grenze. Die Unterminierung bietet gegenüber der ursprünglichen bloßen Trepanation den weitem Vorteil der Zeitersparnis.

Es wäre hier noch zu bemerken, daß schon vor GUIST und LINDNER Versuche mit Aetzungen der inzidierten oder trepanierten Sklera durch verschiedene Chemikalien gemacht worden waren, so mit Jodtinktur, Sublimat, Höllensteinlösung etc. Keine dieser Methoden aber konnte sich behaupten.

Wenden wir uns von diesen chemischen Aetzmethoden nun wieder der Behandlung durch Hitze zu, so ist vor allem die seit 1930 zur

Anwendung gelangende Diathermie zu erwähnen, wobei durch hochfrequenten elektrischen Strom der Rißverschluß versucht wird, und zwar durch Applikation der sog. differentiellen Elektrode. Ursprünglich wurde nur die sog. Flächendiathermie praktiziert (WEVE, LARSSON). Die differente oder aktive Elektrode wurde als kleine Kugel von 2—3 mm Durchmesser auf die Sklera aufgesetzt an der Stelle des lokalisierten Netzhautloches, eventuell auch an mehreren Stellen im Bereich der abgelösten Netzhautpartien. Es erfolgt durch Hitzewirkung an der touchierten Stelle eine Koagulation des Gewebes, die nicht nur die Oberfläche betrifft, sondern auch in eine gewisse Tiefe dringt, wobei es von großer Wichtigkeit ist, mit der Dosierung der Hitze nicht zu hoch zu steigen, um nicht zu tiefgehende Gewebeschädigungen zu erzeugen. Durch diese Flächendiathermie erfolgt dann ein Entzündungsprozeß (Chorioiditis adhaesiva), der zur Verlötung und Anheilung der abgelösten Netzhaut in vielen Fällen führt. Die Methode, die den Vorteil hat, durch ihre nicht nur auf die touchierte Stelle beschränkte, sondern auch auf deren Umgebung sich erstreckende Wirkung einen größeren Bereich zur adhaesiven Entzündung zu bringen, wird denn auch heute noch von manchen Autoren empfohlen und angewendet. Sie kommt namentlich auch in Betracht in Fällen, wo kein Riß auffindbar ist und über dessen Sitz bloße Mutmaßung besteht. Durch mehrere mit Flächendiathermie behandelte Stellen steigt die Wahrscheinlichkeit, das Gebiet des Risses doch mit in den Anlötnungsprozeß einbezogen zu haben und dadurch eine Heilung herbeizuführen. Nach einigen Autoren sollen die Heilerfolge dieser Methode recht günstig sein. Es muß aber auch betont werden, daß ihr bedeutende Nachteile anhaften. So ist vor allem die Dosierung schwierig; ein zu langes Einwirken oder zu große Stromstärke können schwere Schäden erzeugen, wie überhaupt die Tiefenwirkung schwer zu berechnen ist. Namentlich in den hintern Bezirken des Bulbus, in der Nähe des gelben Fleckes, ist der Eingriff nicht unbedenklich, indem zwar wohl eine Anlegung der Netzhaut, gleichzeitig aber auch eine Ausschaltung ihrer Funktion an der touchierten Stelle und deren Umgebung erfolgen kann, die, falls der gelbe Fleck mit einbezogen, zu zentralem Gesichtsfeldausfall und damit zu schwerster Beeinträchtigung der Sehfunktion führt. Dasselbe gilt übrigens von der Aetzmethode.

Obschon die aufgeführten Operationsarten einen großen Fortschritt gegenüber der ursprünglichen Kauterisierung nach Gonin bedeuten, mußte man in Anbetracht der geschilderten Gefahren nach weiteren Verbesserungen suchen. Es ist vor allem den Bemühungen WEVE's

und VOGT's zu verdanken, die operative Technik um einen großen und entscheidenden Schritt vorwärts gebracht zu haben. Und zwar kann man ganz allgemein sagen, daß dies durch eine Auflösung des einen großen Eingriffes in eine Reihe kleinerer und damit gefahrloserer Eingriffe bewerkstelligt wurde. Nicht nur werden dadurch die Gefahren der strahligen Traktionsnarben vermindert resp. ganz zum Verschwinden gebracht, sondern es ist vor allem dem Abfluß von Glaskörper aus einer großen Perforationsöffnung der Riegel geschoben. Durch diesen Abfluß (der an und für sich schon eine Gefahr für das Auge bedeutet), welcher zuweilen sehr reichlich war, wurde der Bulbus — wie schon oben erwähnt — spannungslos und verunmöglichte dadurch den Versuch, in gleicher Sitzung an einer zweiten oder dritten Stelle zu perforieren. Das Gelingen des Eingriffes war also von einer einzigen Perforation abhängig; traf diese den Netzhautriß genau, so war die Erfolgsaussicht relativ gut; traf sie daneben, so bestand keine große Hoffnung auf Heilung. Wie groß aber die Möglichkeit des Danebentreffens ist, geht aus den Schwierigkeiten der Rißlokalisation und Projektion auf die Bulbusoberfläche hervor.

Eine Methode, die es demgegenüber ermöglicht, zahlreiche Perforationsöffnungen zu setzen, ohne daß die geschilderten Gefahren ihr anhaften, hat viel mehr Aussicht, den Netzhautriß auch wirklich zu treffen. Es ist denn auch schon als Fortschritt zu bezeichnen, daß die Form des Elektrokauters von der Kugel- zur Spitzenform abgeändert wurde. Mit der Kauter n a d e l lassen sich viel feinere Oeffnungen in die Sklera brennen, als mit den ursprünglichen Kauteransätzen; man kann es mit seiner Hilfe auch wagen, an multiplen Stellen einzugehen und dadurch die Erfolgsaussichten bedeutend zu steigern. (So habe ich einen Fall zur definitiven Heilung gebracht, bei dem ein Riesenriß bestand, der wenigstens den vierten Teil des Augenumfanges einnahm, ein sog. Abriß an der Ora serrata, d. h. der vordern Haftstelle der Retina. Durch acht Einstiche mittels Kauternadel, welche genau den proximalen Rißrand trafen, wurde dieser zur definitiven Anheilung gebracht, ohne daß ein erheblicher Glaskörperabfluß stattgefunden hätte.) — Die Methode ist brauchbar, hat auch den Vorteil, eine relativ einfache Apparatur zu benötigen; allein die Nadel kann nicht unter ein gewisses Kaliber reduziert werden, so daß trotzdem immer noch die Gefahr zu vielen Glaskörperabflusses besteht; man darf nicht vergessen, daß oft noch viel zahlreichere Stiche als die oben angegebenen acht wünschenswert wären.

Viel zarter und gefahrloser wirkt die Diathermienadel, welche kalt an die Punkturstelle herangeführt wird und erst durch Berührung mit dem Gewebe ihre Wirkung entfaltet; sie dringt durch die an der berührten Stelle entwickelte Hitze sehr leicht durch die Sklera hindurch und kann infolge dieser Eigenschaft so feinkalibrig gewählt werden (0,2 mm), daß praktisch kein Glaskörperverlust eintritt. Diese Diathermienadel stellt denn auch ein ideales Instrument zur multiplen, relativ gefahrlosen Perforationsstichelung des Auges dar; manche Autoren, so besonders WEVE, haben ihr denn auch erstaunliche Erfolge zu verdanken. Man darf bei großen Rissen ruhig Dutzende von Malen perforieren, ohne nennenswerten Glaskörperabfluß zu riskieren. Dabei sind die einzelnen Stiche so fein, die nachherigen Narben so zart, daß keine größeren Gewebezestörungen zu befürchten sind; dennoch ist die rißheilende Wirkung sehr groß, die Wahrscheinlichkeit, den Riß zu treffen, ebenfalls, gerade wegen der Möglichkeit zahlreicher Einstiche. Die Nadeldiathermie ist denn auch die Methode der Wahl für zahlreiche Operateure geworden. Außerdem lassen sich die Einstichnadeln leicht derartig konstruieren, daß die freie, nicht isolierte Spitze mit einem Arrêt versehen wird, der es ermöglicht, je nach Wunsch verschieden tief einzustechen. Die Tiefe des Einstiches hängt vor allem ab von der Art der Netzhautablösung. Ist die Netzhautblase sehr hoch, die Netzhaut also von ihrer Unterlage stark abstehend, wird man längere Nadeln benützen, als bei nur wenig abstehender Netzhaut, wo Nadeln von $\frac{1}{2}$ —1 mm freier Spitzenlänge genügen, um nach Perforation von Leder- und Aderhaut noch eine genügend starke verklebende Wirkung auf die Netzhaut selber auszuüben. Die Stärke des verwendeten hochfrequenten Wechselstroms beträgt dabei 30—50 Milliampères, die Dauer der Entwicklung 2—3 Sekunden.

Die Methode der Nadeldiathermie wäre nach dem heutigen Stande der operativen Technik als ideal zu bezeichnen, wenn nicht der eine Nachteil wäre, daß die Stichstellen ophthalmoskopisch schwer sichtbar sind. Die Notwendigkeit, den Netzhautriß genau zu treffen, erfordert eine Kontrolle des ersten oder der ersten Stiche mit dem Augenspiegel während der Operation, was schon an und für sich sehr schwierig ist. Denn nicht nur erscheint die abgelöste Netzhaut opak, so daß ein darunterliegender punktförmiger operativer Koagulationsherd oft schwer oder unmöglich zu sehen ist. Dazu kommt noch die häufig mit Netzhautablösung vergesellschaftete Glaskörpertrübung und besonders die durch die verschiedenen Manipulationen während der Operation oft

war. Fälle, in welchen mehrere Orientierungsstiche mit Katholyse allein (ohne nachherige Diathermie) gemacht worden waren, kamen zur Heilung ohne weiteren Eingriff. Bei weiterem Ausbau des Verfahrens zeigte es sich, daß in den meisten Fällen die Katholyse für sich allein vollkommen genügt, das Loch nicht nur in sichere Beziehung zur Einstichstelle zu bringen, sondern auch zum Verschuß zu bringen; die Diathermie, als noch heroischere Applikation, kann demnach für den Operateur, der sich mit der Katholyse vertraut gemacht hat, in der Regel weggelassen und für diejenigen seltenen Fälle reserviert werden, wo die Katholyse allein nicht zum Lochverschuß genügt.

Diese Entdeckung der lochverschließenden Wirkung der Katholyse bedeutet eine wesentliche Vereinfachung und damit Verbilligung der Apparatur, indem nur einfacher Gleichstrom anstelle des hochfrequenten Wechselstroms benötigt wird; sie ermöglicht zudem eine Abkürzung des Verfahrens aus denselben Gründen, eben weil Lokalisation und Lochverschuß mit demselben Apparat möglich sind. Was dies bedeutet, erhellt daraus, daß die Lokalanästhesie kaum über eine Stunde anhält, und deshalb jeder Zeitgewinn ein großer Vorteil ist.

Die durch die genau dosierbaren Kathodenstiche erzeugten adhäsiven Entzündungsherde sind für das Gewebe so wenig schädigend, die zurückbleibenden Narben so zart, daß die Katholyse heute von einer großen Zahl von Operateuren bevorzugt wird. Es können ohne Bedenken eine große Anzahl von eng benachbarten Stichen ausgeführt werden, bei großen Löchern bis hundert oder mehr, ohne daß schwere Schädigungen zu befürchten wären, falls nur die Stromdosierung richtig war.

Ueber die eigentliche Operationstechnik möchte ich hier nur in ganz kurzen Zügen referieren. Vorbereitung und Desinfektion geschehen in üblicher Weise wie bei den übrigen bulbuseröffnenden Operationen. Die Anaesthesie wird mit Vorteil etwas abgeändert, indem die Bulbusoberfläche nicht vorgängig durch Cocaineinträufelung unempfindlich gemacht wird, da dadurch die Hornhautoberfläche von ihrer spiegelnden Glätte verliert und so die Ophthalmoskopie intra operationem behindert. Um diese große Unzukömmlichkeit zu vermeiden, wird eine Novocain-Adrenalin-Lösung oder ein anderes Anaesthetikum von entsprechender Wirkung direkt unter die Bindehaut injiziert. Darauf erfolgt breite Spaltung der Conjunctiva in parallel zum Hornhautrand verlaufender Richtung, saubere Präparierung der darunter liegenden Sklera, eventuelle vorübergehende Durchtrennung störender äußerer Augenmuskeln. Jetzt wird der erste Orientierungsstich an der

berechneten und zuvor markierten Stelle ausgeführt; die Anode wird dabei als kleine Kugel in der Nähe der Einstichstelle auf den Bulbus aufgesetzt. Unterbrechung der Operation, Kontrolle mittels Augenspiegel. Korrektur des Lokalisationsfehlers, erneute Stichelung in notwendigem Ausmaß; eventuell zwischenhinein nochmalige Augenspiegelkontrolle. Naht der Conjunctiva und eventuell resezierter Augenmuskeln.

Die Form der Nadeln ist verschieden je nach dem Sitz der Einstichstelle: gerade Nadeln werden in den vordern, abgebogene in den hintern Bulbuspartien verwendet. Die Dicke der Nadeln ist sehr gering (0,2 mm), die Länge variiert von 1—3 mm, je nach dem Abstand der Netzhaut von ihrer Unterlage. Die Spitzen der Nadeln müssen sehr scharf geschliffen sein, um ein leichtes Eindringen zu ermöglichen; die verwendete Stromstärke liegt zwischen 1—3 Milliampères, die Einstichdauer beträgt gewöhnlich 1—3 Sekunden.

Von großer Wichtigkeit für den Erfolg dieser sowie der übrigen geschilderten Operationsmethoden ist die *Nachbehandlung*: Absolute Bettruhe von 10—14 Tagen, Verband beider Augen für 5—8 Tage oder mehr, nachher des operierten Auges allein für weitere 5—8 Tage.

Ueber die bis heute erreichten Heilerfolge der operativen Therapie der Netzhautablösung herrscht in der Literatur noch manche Diskrepanz. Die wenigsten Autoren können über derartig günstige Resultate berichten, wie z. B. WEVE, der mittels Nadeldiathermie 92 % aller innerhalb zweier Jahre operierten, nicht über zwei Monate alten Fälle heilte. Ein wahrhaft glänzendes Resultat! Aber wenn auch die durchschnittliche Heilungsziffer verschiedener Autoren erheblich geringer sein mag (wobei allerdings auch prognostisch ungünstigere ältere Fälle mit einbezogen sind), so sind die Resultate doch bereits derartig, wie man es vor wenigen Jahren kaum zu hoffen wagte.

Der Zweck der vorliegenden Abhandlung war es, zu zeigen, wie ein bisher praktisch für unheilbar geltendes Leiden nicht nur durch Erforschung der Grundursachen und pathogenen Zusammenhänge, sondern auch durch schrittweise Verbesserung der Operationsmethoden zur Heilung geführt werden kann. Diese Verbesserung besteht darin, daß der ursprüngliche grobe, gleichsam brutale operative Eingriff in immer feinere, zartere Einzeleingriffe aufgelöst wird, unter gleichzeitiger Verfeinerung und Verbesserung des chirurgischen Rüstzeuges. Dadurch wird nicht nur die Wahrscheinlichkeit eines Treffens des Netzhautloches erhöht, sondern es werden gleichzeitig die schädigenden Nebenwirkungen auf ein Minimum reduziert.

