

VIERTELJAHRSSCHRIFT DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT IN ZÜRICH

unter Mitwirkung von

A. U. DANIKER, P. FINSLER, H. FISCHER, A. FREY-WYSSLING

H. GUTERSOHN, P. KARRER, B. MILT, P. NIGGLI, P. SCHERRER

H. R. SCHINZ, FR. STUSSI und M. WALDMEIER

herausgegeben von

HANS STEINER

Leg. Dr. J. Hug

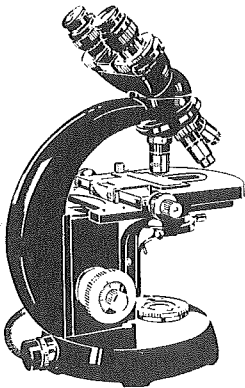
INHALT

	Seite		Seite
ABHANDLUNGEN		Korrigenda	41
A. BIELER. Die geschichtliche Entwicklung des Druckexperimentes	1	D. H. BRUNNSCHWEILER. The Geographic Distribution of Air Masses in North America. (With 3 figures)	42
G. TÖNDURY. Zur Kenntnis der Wirkung der Sexualhormone auf die embryonale Entwicklung. (Mit 11 Abbildungen im Text)	12	NEKROLOGE	
E. FISCHER. Versuche zur Aktivierung letaler Keimkombinationen. (Mit 1 Tafel im Text)	29	Prof. Dr. Albert Volkart. 1873—1951	49
MITTEILUNGEN		VORTRÄGE DER N. G. Z.	51
K. CLUSIUS. Der Abfall der Atomwärme bei tiefer Temperatur als Vorlesungsversuch. (Mit 2 Abbildungen im Text) 39		BUCHBESPRECHUNGEN	
		C. FRIEDLÄNDER: Untersuchung über die Eignung alpiner Quarze für piezoelektrische Zwecke	63
		E. GÄUMANN: Pflanzliche Infektionslehre	64

Die Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich erscheint auf Ende eines Vierteljahres in einem Heft von durchschnittlich 5 Bogen. Bezugspreis 5 Fr. pro Heft. Jährliches Abonnement 18 Fr. Ausserdem werden als Beihefte in zwangloser Reihenfolge grössere Arbeiten naturwissenschaftlichen Inhaltes veröffentlicht, welche entweder zusammen mit der Vierteljahrsschrift oder einzeln bezogen werden können. Preis der Beihefte je nach Umfang. Bestellungen, auch auf früher erschienene Publikationen (Vierteljahrsschrift, Beihefte und Neujahrsblätter) nimmt der Verlag Gebr. Fretz AG., Zürich 8, entgegen.

Druckfertige Manuskripte sowie alle Zusendungen, Bücher, sind an die Redaktion: Prof. Dr. H. Steiner, Zoologisches Institut der Universität, Künstlergasse 16, Zürich, zu richten. Die Verfasser erhalten auf Wunsch kostenlos 50 Sonderdrucke. Weitere Abzüge, eventuell mit Umschlag, zu Herstellungspreisen. Annahme und Bestellungen von Anzeigen durch den Verlag Gebr. Fretz AG., Zürich.

Schriftenaustausch. Institute und Gesellschaften des In- und Auslandes, welche mit der Vierteljahrsschrift im Austausch stehen, bitten wir, alle Sendungen nicht an die Adresse des Präsidenten oder der Redaktion zu richten, sondern direkt an die Tauschstelle der Zentralbibliothek in Zürich.



Stativ GF 525

Standard-Mikroskop

(Neukonstruktion)

- Lichtstarke Einbaubeleuchtung (nach Köhler)
- Koaxiale Triebknöpfe für Grob- und Feineinstellung
- Grosser Kreuztisch mit koaxialen Bedienungsknöpfen (beidseitig)
- Vollkommener Präparatschutz durch gefederte Fassung der Objektive
- Vergrößerungswechsel für die Okulare
- Hervorragende Optik

Vertretung für die Schweiz:

GANZ & Co

BAHNHOFSTRASSE 40
TEL. (051) 23 97 73

Zürich

Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

unter Mitwirkung von

A. U. DÄNIKER, P. FINSLER, H. FISCHER, A. FREY-WYSSLING, H. GUTERSOHN, P. KARRER, B. MILT
P. NIGGLI, P. SCHERRER, H. R. SCHINZ, FR. STÜSSI und M. WALDMEIER

herausgegeben von

HANS STEINER, ZÜRICH 7

Druck und Verlag: Gebr. Fretz AG, Zürich

Nachdruck auch auszugsweise nur mit Quellenangabe gestattet

Jahrgang 97

HEFT 1

31. März 1952

Abhandlungen

Die geschichtliche Entwicklung des Druckexperimentes

Von

ANTON BIELER, Zug

(Antrittsvorlesung, gehalten am 16. Juni 1951 an der Eidgenössischen
Technischen Hochschule)

Im Jahre 1620 führte der englische Lordkanzler FRANCIS BACON OF VERULAM zu London einen Versuch aus, um festzustellen, ob Wasser bei Einwirkung von Druck kompressibel, zusammendrückbar, sei oder nicht. Er füllte zu diesem Zwecke eine bleierne Hohlkugel mit Wasser, lötete sie zu und drückte sie unter einer Presse zusammen, bis Wasser heraustrat. Durch Messung des Kugelinhaltes vor und nach dem Versuch konnte er keine Volumenabnahme feststellen. Dasselbe Experiment wurde ein halbes Jahrhundert später, 1667, von der Florentiner Akademie wiederholt, mit dem Unterschied, dass man statt einer bleiernen eine silberne Kugel verwendete. Der Versuch verlief ebenso ergebnislos wie derjenige BACON's.

Wenn auch die beiden Experimente zu London und Florenz — obwohl richtig überlegt, aber mit untauglichen Mitteln durchgeführt — negativ verliefen, so verdienen sie doch heute noch unsere Beachtung. Sie waren, soweit uns wenigstens bekannt, die ersten Versuche zur Ermittlung des Druckeinflusses auf die Materie.

Stellen wir nun den Versuchen BACON's und der Florentiner Akademie die chemischen Hochdruckverfahren unserer Zeit gegenüber! Sei es die Ammoniak-synthese, der Prototyp der Gaskatalysen bei hohen Drucken, seien es die Hydrierverfahren in Gas- und Flüssigkeitsphase oder die Harnstoffsynthese in flüssiger Phase, so handelt es sich durchwegs um Verfahren, die grosse Stoffmengen bei hohen Temperaturen und hohen Drucken und mit Anwendung der Hilfsmittel der modernen Technik umsetzen.

Es ist nicht zu verwundern, dass der Weg von den ersten Versuchen der Druckanwendung bis zur Entwicklung dieser industriellen Verfahren ein langer und mühsamer war. Wir wollen nun einige wesentliche Faktoren dieser Druckanwendung betrachten und ihre Entwicklung bis zur letzten Jahrhundertwende verfolgen, d. h. bis zu dem Zeitpunkt, in welchem die Grundlagenforschung soweit gediehen war, dass die Technik in rascher Entwicklung zur praktischen Anwendung übergehen konnte.

In diesem Zusammenhang wollen wir ferner betrachten, in welcher Weise die Vorgänge in der Natur, der anorganischen wie der organischen, die Forschung über den Druckeinfluss befruchtet haben, umgekehrt aber auch, wie der praktische Versuch zur Erklärung von Vorgängen in der Natur heran-gezogen worden ist.

Knüpfen wir wieder bei den eingangs erwähnten beiden Experimenten an und verfolgen die Untersuchungen über die Kompressibilität des Wassers, oder der Flüssigkeiten im allgemeinen, weiter. Seit dem Florentiner Versuch von 1667 galt das Wasser ein weiteres Jahrhundert lang als inkompressibel, als gar nicht zusammendrückbar. Erst Anno 1761 ging der englische Naturforscher JOHN CANTON dem Problem wieder auf den Grund, und zwar mit verfeinerten Methoden. Mit einem thermometerartigen Apparat untersuchte er das Verhalten von Wasser und Quecksilber. Er konnte zwar nur den Druck einer Luftpumpe anwenden, doch gelang ihm damit als erstem der Nachweis der Kompressibilität von Flüssigkeiten. Die Resultate seiner Versuche publizierte er 1762 bis 1764 in den Transactions of the Royal Society.

Damit begnügte man sich wieder lange Zeit, bis um 1819 der Amerikaner JACOB PERKINS — nicht zu verwechseln mit dem Begründer der Farbstoffindustrie, WILLIAM PERKIN — in England die Kompressibilitätsversuche bei höheren Drucken in Angriff nahm. Er wandte hiefür Methoden an, die für seine Zeit sehr ungewöhnlich waren und uns auch heute noch originell anmuten. Zuerst stellte er ein Metallgefäß mit einem Ventil her, das Wasser wohl eintreten, aber nicht mehr austreten liess. Das Gefäß setzte er in einem Kanonenrohr einem hohen hydraulischen Druck aus und mass die durch das Ventil eingedrungene Wassermenge. Später verzichtete er auf das Kanonenrohr und liess das Metallgefäß in grosse Meerestiefen hinab, wo er Drucke von 100 und mehr Atmosphären zur Verfügung hatte. PERKINS erweiterte die Kenntnisse über die an und für sich bekannte Kompressibilität mit der wichtigen Feststellung, dass diese nicht linear mit dem Druck, sondern mit steigendem Druck immer weniger zunimmt.

Von 1819, also von den ersten Versuchen PERKINS an, war die Kompressibilität von Flüssigkeiten ein beliebtes Forschungsgebiet, auf dem sich hauptsächlich REGNAULT und zahlreiche weitere Franzosen betätigten. Sie arbeiteten aber meistens mit unzulänglichen Mitteln. Die Hauptschwierigkeit bestand dabei immer in der Korrektur, welche wegen der Ausdehnung der Druckgefässe notwendig war.

Genau 50 Jahre nach PERKINS begann 1869 der Franzose E. H. AMAGAT mit seinen systematischen Versuchen über die Kompressibilität von Flüssigkeiten

bei hohen Drucken bis zu einigen Tausend Atmosphären. Sie dauerten bis gegen Ende des Jahrhunderts und lieferten ein umfangreiches und zuverlässiges Material, das auch heute noch viel benützt wird.

Wichtiger als Grundlage für die Hochdruck-Synthesen erscheint uns wohl die Erforschung der Kompressibilität der Gase. Diese setzte bedeutend später ein, als diejenige der Flüssigkeiten, was leicht erklärlich ist, denn mit den Hilfsmitteln der Technik waren die Gase viel schwieriger zu beherrschen als die Flüssigkeiten.

Man kannte wohl schon seit langem den Begriff des Luftdruckes. Dieser wurde jedoch zuerst von der negativen Seite her erforscht, und zwar durch die Erkenntnisse TORRICELLI's und besonders anschaulich durch den berühmten Versuch GUERICKE's in Magdeburg. Aus derselben Zeit stammt auch die Beobachtung PASCAL's, dass sich der Luftdruck nicht nur an Ort und Stelle verändern kann, sondern dass er auch in verschiedenen Höhen verschieden gross ist.

Überdrucke wurden erstmals 1662 von ROBERT BOYLE mit Hilfe einer Quecksilbersäule angewandt. Das auf Grund seiner Versuche aufgestellte und 1676 von E. MARIOTTE experimentell bestätigte Gesetz von der Konstanz des Produktes aus Druck und Volumen brachte wichtige Erkenntnisse. Es wurde für allgemein gültig angesehen, und volle 150 Jahre lang wurden auf diesem Gebiet, hauptsächlich wegen Fehlens der Hilfsmittel, keine bedeutenden Fortschritte mehr erzielt.

Erst 1827 erfolgte ein weiterer entscheidender Schritt, als C. M. DESPRETZ feststellte, dass sich verschiedene Gase auch bei geringen Überdrucken ungleich komprimieren lassen. Die ersten genauen Messungen nahm V. REGNAULT seit 1847 mit Luft, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlensäure vor. Er arbeitete mit einer 24 Meter hohen Quecksilbersäule, die er an der Mauer des Collège de France befestigte und womit er Drucke bis zu etwa 30 Atmosphären erreichen konnte. Bald darauf wandte JOHANN AUGUST NATTERER in Wien mit Hilfe von Pumpen weit höhere Drucke an und fand, dass sich die Kompressibilität mit steigendem Drucke relativ stark vermindert, wie es vor ihm PERKINS an den Flüssigkeiten bereits festgestellt hatte.

Wie bei den Flüssigkeiten, so gelangen wir auch bei der Untersuchung der Gase über REGNAULT zu AMAGAT. Dieser schuf von 1878 an die noch heute gültigen und praktisch benützten Grundlagen für die Gaskompressibilität. Als wesentliches Resultat fand er dabei, dass für jedes Gas bei einem bestimmten Druck ein Minimum des Produktes p mal v , also der Kompressibilität, besteht. Damit hat er einen wichtigen Beitrag zur Theorie der realen Gase geleistet, deren Bearbeitung seit 1877, hauptsächlich durch DIDERIK VAN DER WAALS eingesetzt hatte. Dessen Zustandsgleichung mit den Gaskonstanten a und b wurde nicht nur für die Gaskompression, sondern vor allem auch für die Thermodynamik der Gase von fundamentaler Bedeutung, wenn sie auch später für höhere Druckbereiche durch zahlreiche weitere Zustandsgleichungen ergänzt worden ist.

Als schwieriges Problem erwies sich von jeher die Übertragung der Gas-

gesetze von den reinen Gasen auf die Gasgemische. Die Grundlagen hierfür legten um 1800 DALTON mit seinem Gesetz von der Additivität der Drucke, und später AMAGAT mit dem Gesetz von der Additivität der Volumina.

Parallel mit den Forschungen über die Druckwirkung auf Gase und Flüssigkeiten gingen diejenigen über die Verflüssigung von Gasen und Dämpfen, ein Problem, das viele Gelehrte während eines langen Zeitraumes beschäftigte.

Am Ausgang des alchemistischen Zeitalters wich erstmals der Niederländer JOHANN BAPTIST VAN HELMONT (1577—1644) von den paracelsischen Anschauungen ab, nach denen die Gase nur als «verschiedene Luftarten» betrachtet worden sind. VAN HELMONT unterschied nun zwischen den sogenannten «nicht zu bändigenden Gasen» einerseits und den Dämpfen, die wieder flüssig gemacht werden können, anderseits. Er führte auch die erste in der Geschichte der Chemie bekannte Druckerhitzung aus, indem er die Zersetzung von Kohle in einem zugeschmolzenen Glasrohr beobachtete.

Nach diesen Feststellungen VAN HELMONT's dauerte es aber fast 200 Jahre, bis um 1800 die Verflüssigung von Gasen systematisch untersucht wurde. Zu dieser Zeit gelang es dem Franzosen LOUIS CLOUET, Schwefeldioxyd allein durch Abkühlen zu verflüssigen, während 1792 MARTIN VAN MARUM Ammoniak durch Drucken allein verflüssigte. MICHAEL FARADAY war es vorbehalten, von 1823 an Kühlung und Druck kombiniert anzuwenden und dadurch die meisten der damals bekannten Gase zu verflüssigen. Bei -110° und 50 Atmosphären widerstanden ihm aber Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenoxyd. Diese von ihm als «permanent» bezeichneten Gase entsprachen also ungefähr dem viel älteren Begriff der «nicht zu bändigenden Gase» VAN HELMONT's.

Nach FARADAY beschäftigten sich von 1827 bis 1877 mehrere Physiker mit den permanenten Gasen und suchten ihre Verflüssigung mit hohen Drucken bis zu einigen Tausend Atmosphären zu erzwingen. Nach dem negativen Ausgang all dieser Versuche hatte man sich vielfach schon mit der «Permanenz» gewisser Gase abgefunden. Als aber THOMAS ANDREWS bei Kohlensäure den sogenannten kritischen Punkt bei 31° fand, oberhalb welchem keine Verflüssigung gelang, wurden daraus auch für die permanenten Gase die richtigen Folgerungen gezogen. 1877 verflüssigten LOUIS CAILLETET und RAOUL PICTET in Frankreich fast zur selben Zeit, aber unabhängig voneinander, einige der permanenten Gase. CAILLETET erreichte die erforderlichen tiefen Temperaturen durch Entspannung von Gasen, PICTET hingegen durch Kombination von Schwefeldioxyd- und Ammoniak-Kältekreisläufen.

Damit war der Nimbus um die permanenten Gase mit einem Schlag beseitigt und der Weg für die technische Durchführung der Gasverflüssigung und der Gastrennung freigelegt. Immerhin kostete es noch viele Mühe, bis um 1895 das erste brauchbare Luftverflüssigungsverfahren von CARL VON LINDE ausgearbeitet war, und noch mehr, bis man sämtliche Gase, auch die Edelgase, nicht nur zu verflüssigen, sondern auch fest zu machen lernte.

Die Untersuchungen über den Druckeinfluss blieben natürlich nicht auf

Gase und Flüssigkeiten beschränkt, sondern wurden auch auf die festen Körper ausgedehnt, bei denen zwischen linearer Kompression bei einseitigem Druck und kubischer Kompression durch allseitigen hydrostatischen Druck zu unterscheiden ist. Die Experimente dieser Art sind relativ neueren Datums und fallen nicht mehr in den Rahmen unserer Betrachtungen.

Bei den besprochenen Druckversuchen mit Flüssigkeiten und Gasen ist bereits auf die vielen experimentellen Schwierigkeiten hingewiesen worden. Der Übergang auf höhere Drucke setzte die Beherrschung der entsprechenden technischen Hilfsmittel voraus. Auch diese Hilfsmittel, seien es die Einrichtungen zur Druckerzeugung oder die Instrumente zur Druckmessung, sei es die Anwendung geeigneter Konstruktionsmaterialien, haben sich aus primitiven Anfängen in zahlreichen Etappen bis zum heutigen Stand entwickelt. Wir wollen daraus das Problem der Druckmessung herausgreifen und deren Entwicklung verfolgen. Alle Versuche und Beobachtungen waren ja nur von problematischem Wert, solange es nicht möglich war, die Höhe der Drucke genau zu messen und damit die Stoffeigenschaften als Funktionen des Druckes darzustellen.

Unsere heutigen Messvorrichtungen beruhen fast durchwegs auf indirekten, sekundären Messungen mit Instrumenten, die geeicht werden müssen. Dies setzt aber die Möglichkeit einer direkten, primären Messung voraus. Entsprechend den Definitionen des Druckes hat sich die direkte Messung in zwei verschiedenen Richtungen entwickelt. Das eine Prinzip beruht auf der Messung der Höhe einer Flüssigkeitssäule, meistens Quecksilber, das andere aber auf der Wägung mit Gewichten, welche dem Druck das Gleichgewicht halten und ihn direkt als Gewicht pro Flächeneinheit angeben,

Es war naheliegend, das Prinzip des seit TORRICELLI bekannten Quecksilberbarometers auch für höhere Drucke anzuwenden. Dass man aber damit allmählich bis auf 400 Atmosphären ging, also Säulen von 300 Meter Höhe benützte, mutet uns heute noch phantastisch an. Diese Art der Druckmessung hat sich zwischen 1870 und 1880 in Frankreich entwickelt, und je nach den örtlichen Verhältnissen ging man mit den Säulen in die Höhe oder in die Tiefe.

Zuerst legte CAILLETET ein Stahlrohr von 250 Meter Länge an einen Berg bei Châtillon-sur-Seine und mass damit Drucke bis 240 Atmosphären. Eine ähnliche Einrichtung versenkte er in einen artesischen Brunnen in Buttes-sur-Cailles. AMAGAT ging einen ähnlichen Weg und richtete sich in einem Bergwerkschacht von über 300 Meter Tiefe bei Saint-Etienne ein. Als 1889 der Eiffelturm fertiggestellt war, wurde auch dieser für die Messung hoher absoluter Drucke der Wissenschaft dienstbar gemacht.

In Holland hatte man keine derartigen Höhendifferenzen zur Verfügung, und die Leydener Physiker behalfen sich daher mit mehreren hintereinander geschalteten Quecksilbersäulen von mässiger Höhe. Das Prinzip der hohen Quecksilbersäulen litt aber nicht nur unter konstruktiven Schwierigkeiten. Es zeigte sich nämlich, dass bei einigen Hundert Atmosphären sich die Kompressibilität des Quecksilbers stark bemerkbar machte. Daher mussten die

Ablesungen korrigiert werden, falls sie den wirklichen Drucken entsprechen sollten.

Den zweiten Weg, den der Wägung des Drucks, beschritt 1826 erstmals JACOB PERKINS, der uns als Pionier der Hochdrucktechnik bereits bekannt ist. NATTERER in Wien vervollkommnete 1850 das Prinzip und wandte es bis zu Drucken von einigen Tausend Atmosphären an. Schliesslich war es auch hier wieder AMAGAT, der die erste praktisch brauchbare Druckwaage konstruierte. Sie beruhte auf dem Prinzip des Differentialkolbens und gestattete die Wägung sehr hoher Drucke mit kleinen Gewichten.

Die Druckwaagen wurden weiter vervollkommnet und haben auch heute noch ihre Bedeutung als Eichinstrumente für die indirekte Druckmessung. Diese indirekte Messung beruht auf der Änderung gewisser physikalischer Eigenschaften der Stoffe, vor allem der Elastizität von Metallen, bei Druckeinwirkung. Von verschiedenen Ausführungsformen hat sich das Röhrenfedermanometer des Franzosen BOURDON in der Technik allgemein durchgesetzt.

Von der Elastizität macht auch das TAIT-Manometer Gebrauch. Es ist ein thermometerähnliches Metallgefäss, auf welches der zu messende Druck von aussen einwirkt. Das Gefäss wird dadurch etwas zusammengedrückt, und die Höhe des Druckes kann am Flüssigkeitsniveau einer Kapillare abgelesen werden. TAIT hatte das Instrument 1880 für seine Expedition mit dem Schiff «Challenger» konstruiert und wollte damit Temperaturen in grossen Meerestiefen messen. Er musste dabei aber feststellen, dass der Einfluss des Druckes auf das Instrument bedeutend grösser war als jener der Temperatur. Er passte es daher der Druckmessung an, und so ist im Verlaufe der Expedition aus einem Thermometer ein Manometer geworden.

Für spezielle Zwecke sind noch weitere Methoden der indirekten Druckmessung ausgearbeitet worden. Sie beruhen auf Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit von Metallen oder auf der Piezoelektrizität gewisser Kristalle. Mit den piezoelektrischen Druckmessern konnten z. B. die sonst nur schwer bestimmbaren, momentan auftretenden Explosionsdrucke gemessen werden.

Nach 1850 begann man auch mit Untersuchungen über die Beeinflussung verschiedener physikalischer Eigenschaften der Stoffe durch Druckeinwirkung. Innerhalb von zwei Jahren, 1857 bis 1859, wurden die ersten optischen, elektrischen und thermischen Experimente dieser Art durchgeführt. JAMIN bestimmte den Refraktionsindex von Wasser unter Druck, WARTMANN stellte eine Änderung der elektrischen Leitfähigkeit eines Kupferstabes bei Druckeinwirkung fest, und JOULE beobachtete eine adiabatische Temperaturänderung bei der plötzlichen Einwirkung von Druck auf Wasser und Öle.

Nach diesen ersten Versuchen dauerte es bis gegen Ende des Jahrhunderts, bis diese Forschungen systematisch verfolgt wurden. Sie nahmen dann aber, besonders in Amerika, eine rasche Entwicklung. BRIDGMAN und seine Schule untersuchten die physikalischen Eigenschaften der Stoffe — seien sie mechanischer, thermischer, elektrischer, aber auch optischer, magnetischer oder akustischer Natur — bis zu Drucken von 12 000 Atmosphären und legten die Ergebnisse dieser «Physics of High Pressure» in zahlreichen Publika-

tionen nieder. Die Bedeutung dieser Arbeiten ist bekanntlich 1946 mit der Erteilung des Nobelpreises für Physik an BRIDGMAN gewürdigt worden.

Auch die Physiologie machte in neuerer Zeit von den Fortschritten der Hochdrucktechnik Gebrauch. JAMES BASSET, und nach ihm viele andere, arbeiteten Methoden zur Untersuchung der Druckeinwirkung auf physiologisch wirksame Stoffe und auf niedere Lebewesen aus. Sie stellten fest, dass die Aktivität von Fermenten, Toxinen und Enzymen erst bei sehr hohen Drucken im Bereich von 5000 bis 15 000 Atmosphären verloren geht. Während unter derartigen Bedingungen auch die meisten Bakterien abgetötet werden konnten, widerstanden andere bis heute auch den höchsten angewandten Drucken.

Wir können hier auf die neuere, sehr in die Breite gehende Entwicklung der Druckversuche nicht eintreten und wenden uns der Geschichte anderer Forschungsrichtungen zu. Solche sind die wechselseitigen Beziehungen zwischen Naturvorgängen und Experimenten unter extremen Temperatur- und Druckbedingungen.

Wenn wir vorerst die Untersuchungen auf anorganischem Gebiet berücksichtigen, so lassen sich solche erst seit 1883 feststellen. Im Verlaufe von Kompressionsversuchen an festen Elementen und Verbindungen hatte man Diskontinuitäten in der Volumenabnahme gefunden und daraus auf Modifikationsumwandlungen geschlossen. MALLARD und LE CHATELIER stellten als erste eine solche Umwandlung fest und zwar am Beispiel des Silberjodids. Im selben Jahre 1883 fand REICHER, dass rhombischer Schwefel allein durch Druckwirkung in die monokline Modifikation übergeführt werden kann. Damit waren die ersten Schritte zur Anwendung der Hochdrucktechnik beim Studium von Vorgängen in der Mineralogie und Geologie getan.

Die Forschungen erstreckten sich in den folgenden Jahrzehnten auf fast alle Elemente und eine sehr grosse Zahl von chemischen Verbindungen. Die ausgedehntesten Untersuchungen dieser Art stammen seit 1897 von TAMMANN und seiner Schule in Göttingen, später von BRIDGMAN in Amerika. Es wurden dabei viele Modifikationen von Elementen und Verbindungen gefunden, die überhaupt nur oberhalb gewisser Druckgrenzen existenzfähig sind. So wurden sechs verschiedene Modifikationen von Eis festgestellt, die verschiedenen hohen Drucken entsprechen. Diese Eisforschungen haben das ihrige zur Erklärung von Vorgängen in den Gletschern beigetragen.

Die Modifikationsuntersuchungen setzten die Konstruktion geeigneter Apparate voraus. Die Schwierigkeiten bestanden dabei in der Anwendung hoher Drucke bei gleichzeitigen sehr hohen Temperaturen. Die erste brauchbare Konstruktion wurde in Form eines Kugelgefässes mit innerer Heizung im Jahre 1898 von OETLING geschaffen. Später konstruierte man zahlreiche weitere Apparate für immer höhere Temperaturen und Drucke, die sogar Beobachtungsfenster zur Verfolgung der Vorgänge im Innern aufwiesen.

Die Anwendung dieser Methoden auf mineralogisch-petrologische und auf geologische Vorgänge erfolgte auf breitester Basis in Amerika. Schon seit 1889 wurden von BARUS Arbeiten des Geological Survey in Washington publiziert, welche Fragen der Bildung von Gesteinsformationen und andere geolo-

gische Probleme betrafen. Man suchte die terrestrischen Bedingungen so gut als möglich zu reproduzieren, doch blieb man vorläufig auf eine Temperatur von 400° und auf höchstens 2000 Atmosphären Druck beschränkt.

Nach 1900 wurden die Arbeiten im Geophysical Laboratory von ADAMS und seinen Schülern weitergeführt. Ihre Versuchsofen gestatteten bereits das Arbeiten bei 1000° unter einem Druck von mehreren Tausend Atmosphären. Sie untersuchten die Kompressibilität von Mineralien und Gesteinen und den Einfluss des Druckes auf die Kristallisation des Magmas. Ihre Versuchsergebnisse haben viele wichtige Beiträge zur Erklärung der Vorgänge im Erdinnern geliefert.

Bevor wir zu den Versuchen auf organischem Gebiet übergehen, darf noch kurz auf die zahlreichen Arbeiten über das Zustandsdiagramm des elementaren Kohlenstoffs hingewiesen werden. Es ist kein Geheimnis, dass diesen Untersuchungen nicht allein wissenschaftliches Interesse zugrunde liegt, sondern vielmehr der alte Traum von der Herstellung des Diamanten. Diese, 1880 von PARSONS begonnenen, von Graphit ausgehenden Versuche, sind auch bei den höchsten erreichbaren Temperaturen und Drucken durchwegs negativ verlaufen. Dabei ist es dem französischen Forscher JAMES BASSET immerhin gelungen, unter hohem Argondruck den Tripelpunkt zwischen den Phasen von Graphit, flüssigem und gasförmigem Kohlenstoff festzulegen. Das Zustandsdiagramm wurde dann — wenigstens auf dem Papier — bis zu einem weitem Tripelpunkt zwischen den Feldern Graphit — flüssiger Kohlenstoff — Diamant erweitert. Zur Erreichung dieses Punktes wären extrem hohe Temperaturen und zugleich extrem hohe Drucke notwendig, und es mag dahingestellt bleiben, ob in diesem Falle die Bedingungen der Natur jemals mit technischen Mitteln reproduziert werden können.

Wenn wir nun vom elementaren Kohlenstoff auf Kohle übergehen, so stossen wir, was die Entstehung der Kohle anbelangt, auf weitere ungelöste Probleme. Die Frage der Kohlebildung drehte sich seit AGRICOLA und VALERIUS CORDIUS, also seit der Mitte des 16. Jahrhunderts, fast nur um die Ausgangsstoffe. Nachdem man sich, besonders seit SCHEUCHZER, zugunsten der pflanzlichen Theorie entschieden hatte, traten die Fragen nach der Art der Kohlebildung in den Vordergrund und dabei hauptsächlich der Einfluss von Temperatur und Druck. Die Theorien stützten sich vorerst auf Beobachtungen in den Bergwerken und weniger auf Laboratoriumsversuche. Der Einfluss des Gebirgsdruckes und der Temperatur wurde dabei ganz verschieden beurteilt. Vielfach wurde dem Druck nur eine beschleunigende Wirkung und eine Begünstigung der Anthrazitbildung zugeschrieben.

Da begann um 1910 FRIEDRICH BERGIUS erstmals mit Versuchen zur künstlichen Herstellung von Steinkohle. BERGIUS und sein Mitarbeiter, der Schweizer JOHN BILLWILLER, gingen dabei von Cellulose und Torf aus und setzten diese Materialien hohen Temperaturen und Drucken aus. Sie erhielten tatsächlich ein ganz der natürlichen Steinkohle entsprechendes Produkt. Die Versuche beruhten auf der Annahme, dass der Zeitfaktor bei der Steinkohlebildung durch erhöhte Temperatur kompensiert werden könne. Wenn man

z. B. bei 340° die Kohlebildung in 8 Stunden, bei 310° aber erst in 64 Stunden durchführen konnte, so liess sich daraus für Normaltemperatur eine Zeit von ungefähr 7 bis 8 Millionen Jahren ausrechnen, also ein Zeitraum, der wenigstens der Grössenordnung nach mit den von den Geologen berechneten Zahlen übereinstimmt.

BERGIUS und BILLWILLER gingen aber noch weiter und erhielten durch Variierung des Druckes bei konstanter Temperatur verschiedenartige Kohlen. So stellten sie aus Cellulose bei 100—200 Atmosphären Fettkohle her, bei 5000 Atmosphären aber Anthrazit. Auch damit glaubten sie die Vorgänge in der Natur erklärt zu haben, denn bei Verwerfungen fand man nebeneinander im schwach gepressten Teil Fettkohle, in dem durch hohen Gesteinsdruck stark gepressten Teil aber Anthrazit.

Die von BERGIUS daraus gezogenen Folgerungen wurden jedoch nicht allgemein anerkannt, und es war vor allem das Kaiser-Wilhelm-Institut in Mülheim/Ruhr, das in der Forschung neue Wege ging. FRANZ FISCHER und SCHRADER suchten das Kohleproblem, im Gegensatz zu BERGIUS, durch Studium der Abbaues der Kohlesubstanz zu lösen. Sie wandten die neuen Methoden der Druckoxydation und der Druckhydrierung an und schlossen aus den dabei erhaltenen Produkten, dass nicht die Cellulose, wie BERGIUS behauptete, sondern vielmehr das Lignin die Ursubstanz der Kohle sei. Der Kampf zwischen diesen beiden Hypothesen war somit durch das Experiment nicht eindeutig entschieden worden und dauert auch heute noch an.

Den Endzweck der Kohleforschung hat BERGIUS in seiner Publikation über «Die Anwendung hoher Drucke bei chemischen und chemisch-technischen Vorgängen» mit folgenden Worten umschrieben: «Das Ziel der Untersuchungen ist die Erforschung der geologischen Bildungsverhältnisse und die Erkennung der wahren Konstitution der Kohle. Erst wenn man diese kennt, wird man imstande sein, zielbewusst ein technisches Verfahren zu ersinnen, um die Kohle besser zu verwerten als bisher.»

In Verbindung mit der Kohleforschung stand von jeher die Frage nach der Entstehung des Erdöles. Der Zusammenhang zeigt sich schon in der ersten wissenschaftlich fundierten Hypothese über die Erdölbildung, welche die Steinkohle als Ausgangsprodukt annahm. Sie wurde von einem Schweizer aufgestellt, der in der Geschichte der Naturwissenschaften wenig mehr bekannt ist. Es war dies der aus Uri stammende Freiherr FRANZ VON BEROLDINGEN, Domherr zu Hildesheim und Osnabrück, ein sehr vielseitiger Gelehrter. In seinem 1778 zu Hannover herausgegebenen Werk über «Beobachtungen, Zweifel und Fragen, die Mineralogie betreffend» behandelte er unter anderem die Entstehung des Erdöles und schrieb darüber: «Die Bergöle und Bergharze sind wahrscheinlich Ausgeburten der Steinkohle.» Diese Annahme begründete BEROLDINGEN mit eigenen Beobachtungen in Bergwerken, auf Grund welcher er eine Destillation der Kohle und Kondensation der flüchtigen Bestandteile unter dem Gesteinsdruck vermutete. BEROLDINGEN's Hypothese wurde lange Zeit für allgemein gültig angesehen.

Erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann man die Erdölfrage unter neuen Gesichtspunkten zu betrachten, und es standen sich dann bis in die neuere Zeit die anorganische und die organische Hypothese gegenüber. Beide wurden vorerst theoretisch begründet und dann mit Hilfe von Druck-Temperatur-Versuchen im Laboratorium gestützt. Während die von MENDELEJEFF stammende anorganische Hypothese, welche auf einer Bildung der Kohlenwasserstoffe aus den Eisencarbiden des Erdinnern beruhte, von den Geologen nicht akzeptiert und überhaupt als unmöglich erklärt wurde, beschäftigten sich die Chemiker intensiv mit der organischen Hypothese, also mit dem pflanzlichen oder tierischen Ursprung des Erdöls.

Die pflanzliche Hypothese war eigentlich eine Erweiterung derjenigen BEROLDINGEN's, wobei aber nicht mehr eine Bildung des Erdöls über die Kohle, sondern aus Pflanzenstoffen direkt angenommen wurde. Die experimentelle Nachprüfung erfolgte in den Jahren 1840 bis 1860 durch DAUBRÉE und andere französische Forscher. Sie erhitzten Holz und weitere vegetabilische Stoffe unter Druck und erhielten dabei neben Kohle auch flüssige Produkte mit dem charakteristischen Geruch der natürlichen Erdöle.

Die animalische Hypothese beruhte lange Zeit allein auf Naturbeobachtungen und wurde erst 1877 durch den Geologen von HÖFER ausgebaut. Er nahm eine Bildung des Erdöls aus tierischen Stoffen bei relativ niedrigen Temperaturen, aber hohen Drucken an. Die einleuchtende Begründung der von HÖFER'schen Hypothese hat dann in den 1880er Jahren den Erdölchemiker CARL ENGLER zur experimentellen Nachprüfung veranlasst. ENGLER's Versuche sind für die Erdölchemie von grundlegender Bedeutung geworden. Er erhitzte viele tierische Fette unter Druck und zwar mit oder ohne gleichzeitige Destillation. Dabei gelang ihm die vollständige Überführung der animalischen Stoffe in solche Verbindungen, die alle auch im natürlichen Erdöl enthalten sind.

Wie BERGIUS bei der Kohlenforschung, glich ENGLER den Zeitfaktor durch erhöhte Temperaturen aus. Je nach den Druck-Temperatur-Bedingungen erhielt er verschiedenartige Kohlenwasserstoffe. Bei hohen Temperaturen und Drucken entstanden vorwiegend Naphthenöle, entsprechend den kaukasischen Erdölen, bei mildern Bedingungen hingegen mehr Paraffinöle, wie sie in Pennsylvania und Galizien vorliegen. Die Druck-Wärme-Behandlung von animalischen Stoffen wurde in der Folge von vielen weiteren Forschern untersucht, die alle HÖFER's Hypothese bestätigen konnten, so dass diese heute auch von den Geologen als die wahrscheinlichste anerkannt wird.

Wenn wir nun die zur Erklärung der Kohle- und Erdölbildung vorgenommenen Druck- und Erhitzungsversuche überblicken, so fällt uns vor allem auf, dass mit dem Laboratoriumsversuch schliesslich jede Hypothese gestützt werden konnte, falls die Bedingungen entsprechend gewählt wurden. Wenn man sich allein auf den chemischen oder physikalischen Versuch verliess, so kam man leicht zu einer falschen Deutung der Naturvorgänge. Dem Laboratoriumsversuch allein kommt also hiefür nicht die Beweiskraft zu. Er ist nur einer der Faktoren, der im Verein mit den Naturwissenschaften, vor allem

der Geologie, Mineralogie, Botanik und Zoologie, dazu herangezogen werden darf.

Die hier besprochenen Druckexperimente und zahllose weitere, zum Teil von sekundärer Bedeutung, führten im gesamten zu den anfangs unseres Jahrhunderts herrschenden Anschauungen über den Einfluss des Druckes auf die Materie. Die Anwendung auf die Technik liess nun nicht mehr lange auf sich warten. Auf Grund der praktischen Versuche und der inzwischen gewonnenen theoretischen Erkenntnisse entwickelte die chemische Technik innert wenigen Jahrzehnten die Hochdrucksynthesen. Diese haben bekanntlich in der Industrie eine starke Umwälzung hervorgerufen und ganz neue Zweige der Produktion geschaffen. Um die Bedeutung dieser neuen Arbeitsmethoden zu ermessen, genügt der Hinweis auf ein Verfahren der anorganischen Industrie, die Ammoniaksynthese, und ein solches der organischen, die Hydrierung von Kohle zu flüssigen Treibstoffen.

Es darf hier aber noch bemerkt werden, dass die ersten Versuche zur Drucksynthese des Ammoniaks viel weiter zurückliegen. Schon bald nachdem BERTHOLLET Stickstoff und Wasserstoff als Komponenten des Ammoniaks erkannt hatte, versuchten um 1811 die Franzosen BIOT und DELAROCHE, die Verbindung synthetisch herzustellen. Sie setzten ein Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch in einer Meerestiefe von 540 Meter einem Druck von etwa 50 Atmosphären aus. Wie dieser Versuch, so endeten alle weitem im 19. Jahrhundert ergebnislos. Erst als man nach den Gleichgewichtsuntersuchungen von HABER und NERNST erkannt hatte, dass nicht nur hohe Drucke, sondern auch hohe Temperaturen und dazu noch die Anwendung von aktiven Katalysatoren notwendig sind, waren die Grundlagen für die Ammoniaksynthese vorhanden. Die von 1908 an einsetzende technische Entwicklung des Verfahrens durch CARL BOSCH bei der Badischen Anilin- und Sodafabrik hatte noch viele Schwierigkeiten zu überwinden, bis auch die apparativen Voraussetzungen geschaffen waren, vor allem die Konstruktion geeigneter Maschinen zur Druckerzeugung und die Herstellung von korrosions- und hitzebeständigen Spezialstählen für die Druckapparate.

Wir begnügen uns damit, auf die erste, 1650 von GUERICKE konstruierte und später von ROBERT HOOKE, dem Mitarbeiter BOYLES, verbesserte Luftpumpe hinzuweisen, aus der sich schliesslich in vielen Etappen der mehrstufige Hochdruckkompressor entwickelt hat. Aus derselben Zeit stammt auch der PAPINSche Dampftopf mit dem Gewichtsventil, dessen Formen noch bis in die neuere Zeit an unseren Hochdruckautoklaven zu erkennen waren.

Die Entwicklung der Synthese von Treibstoffen und weiteren organischen Produkten konnte rascher vor sich gehen, nachdem man bei der Ammoniaksynthese die entsprechenden Erfahrungen gesammelt hatte. Alle diese Hochdrucksynthesen arbeiten bei einigen Hundert bis zu Tausend Atmosphären. Obwohl eine weitere Steigerung des Druckes auch im industriellen Maßstab durchaus möglich ist, sucht man eine solche im allgemeinen zu vermeiden und Verbesserungen der Verfahren eher von der Seite der Katalysatoren her zu erreichen. Nur in solchen Fällen, bei denen die Druckwirkung spezifisch

ist und nicht ohne weiteres durch andere Faktoren kompensiert werden kann, so bei der Polymerisation von Äthylen und andern Olefinen, wendet man heute Drucke von einigen Tausend Atmosphären an.

Wenn hier die Synthesen des Ammoniaks und der flüssigen Treibstoffe besonders hervorgehoben werden, so deswegen, weil es sich nicht um die Herstellung irgendwelcher Chemikalien handelt, sondern vielmehr um die Erzeugung von Produkten, welche die ganze Weltwirtschaft in Kriegs- und Friedenszeiten in höchstem Masse beeinflussen. Die aus synthetischem Ammoniak erzeugten Stickstoffdünger könnten auf keinem andern Weg in den gewaltigen Mengen gewonnen werden, die in dichtbevölkerten Ländern für die Ernährung notwendig sind. Die durch Druckhydrierung hergestellten Treibstoffe aber bilden die Voraussetzung für die Motorisierung des Verkehrs und werden sie noch viel mehr in dem Zeitpunkt bilden, in welchem die Erdöllager ihrer Erschöpfung entgegengehen.

Zum Schluss darf noch darauf hingewiesen werden, dass während der Entwicklung der Hochdrucksynthesen in den letzten 50 Jahren auch die Grundlagenforschung nicht geruht und auch ihrerseits wieder Anregungen aus der Technik empfangen hat. Wenn die Grundlagenforschung einerseits das Gebiet der Druckanwendung immer weiter ausdehnte, suchte sie andererseits zu immer höheren Drucken zu gelangen. Die Schulen von BASSET in Frankreich und von BRIDGMAN in Amerika, um nur die bedeutendsten in dieser Richtung zu nennen, überboten sich gegenseitig mit Drucken von einigen 10 000, dann von einigen 100 000 Atmosphären. Dieses Vorgehen ist in der Literatur auch schon als «Wettlauf nach hohen Drucken» gekennzeichnet worden. Die Frage aber, wie weit Naturforschung und Technik auch daraus ihre Nutzenwendungen ziehen werden, lassen wir heute noch offen.

Zur Kenntnis der Wirkung der Sexualhormone auf die embryonale Entwicklung

Von

GIAN TÖNDURY, Zürich

(mit 11 Abbildungen im Text)

Aus dem anatomischen Institut der Universität Zürich

Die Bedeutung der Sexualhormone für die Entwicklung des Körpers ist schon seit langem bekannt und auf Grund von Kastrations- und Transplantationsversuchen erhärtet worden. Dank den Forschungen von BUTENANDT, MARRIAN, RUZICKA gelang auch die Isolierung, Strukturaufklärung und chemische Synthese der verschiedenen geschlechtsspezifischen männlichen und weiblichen Sexualhormone. Alle in den Geschlechtsdrüsen entstehenden

Sexualhormone stehen zu den Sterinen in Beziehung und lassen sich sogar aus Sterinen und Sterinderivaten synthetisch herstellen. Untersuchungen über die Wirkung der Sexualhormone auf nicht geschlechtsspezifisch beeinflussbare Zellen haben zur Auffindung von Wirkungen geführt, die diese Hormone normalerweise während des Lebens vielleicht gar nicht ausüben, aber von grossem biologischem Interesse sind. Die Versuche, über die hier berichtet wird, zeigen, dass männliche und weibliche Sexualhormone und zahlreiche ihrer Derivate das Wachstum durch Schädigung des Mitosemechanismus in typischer Weise beeinflussen. Sie wurden an Fibrozytenkulturen und Tritoneiern durchgeführt, wobei es sich herausstellte, dass die Wirkung der Hormone auf sich entwickelnde Amphibieneier viel komplexer ist als auf wachsende Fibrozytenkulturen. Ganz ähnliche Einflüsse sind auch bei pflanzlichen Objekten beschrieben worden, so dass sie für gewisse Steroide spezifisch sein müssen.

Unter den wirksamen Stoffen finden sich neben weiblichen und männlichen Sexualhormonen wie Oestradiol und Testosteron, auch cancerogene Kohlenwasserstoffe wie Dibenzanthracen, Benzpyren, Methylcholantren und Hormone der Nebennierenrinde und des Corpus luteum.

In meinen Ausführungen möchte ich besonders auf Untersuchungsergebnisse eingehen, die in den letzten Jahren am anatomischen Institut in Zürich durchgeführt wurden und sowohl in bezug auf den Wirkungseffekt der verwendeten Hormone, als auch auf ihren Wirkungsmechanismus interessante Einblicke gewähren.

v. MÖLLENDORFF, 1939, war wohl einer der ersten, der im Zusammenhang mit Studien über den Mitosemechanismus die Wirkung männlicher und weiblicher Sexualhormone auf Kulturen von Kaninchenfibrozyten untersuchte. Unter sorgfältiger Beachtung der pH- und der osmotischen Konzentration verwendete er die zu überprüfenden Substanzen zur Ausfüllung eines kleinen Hohlsliffobjektträgers. Die Mitosen wurden in Abständen von 1—2 Stunden gezählt. Nach 9—10 Stunden wurden die Kulturen fixiert und nach FEULGEN gefärbt.

Seine Untersuchungen ergaben, dass die Wirkung der verwendeten Hormone streng konzentrationsgebunden ist, wobei der Wirkungsbereich bei Konzentrationen zwischen 1:20 000 und 1:500 000 lag. Die Wirkung der weiblichen Sexualhormone war viel intensiver als diejenige der männlichen. Bei stärkeren Konzentrationen war die Schädigung so stark, dass sehr bald Rundzellen entstanden, die die Tendenz hatten zu zerfallen. Mitosen wurden dann keine mehr beobachtet. Bei schwächeren Konzentrationen fand v. MÖLLENDORFF weder Steigerung noch Abschwächung des Wachstums. Es kam zwar zu einer Schwankung des mitotischen Koeffizienten, aber nicht zu einer eigentlichen Wachstumshemmung.

Die Zellschädigung äusserte sich in einer charakteristischen Veränderung des Zellteilungsmechanismus. Der Teilungsrhythmus war nicht wesentlich verschieden von demjenigen unbehandelter Kulturen. Die Abweichung vom normalen Mitosebild beruhte auf einer Vermehrung von abnormen

Äquatorialplatten, welche mit steigenden Konzentrationen immer deutlicher hervortrat. Die Störung betraf die Anordnung der Chromosomen und trat graduell verschieden stark in Erscheinung. Bei sonst normal ausgebildeten Äquatorialplatten lag bei leichten Störungen ein einzelnes Chromosom ausserhalb des Teilungsraumes, bei schwereren Störungen hatte ein grosser Teil der Chromosomen den Anschluss an die Spindel nicht gefunden. Diese abnormen Metaphasen konnten sich weiter teilen. Es entstanden aber in den Tochterzellen abnorme Chromosomensätze. Bei Anwendung von männlichen Hormonen wie Testosteron oder Methyltestosteron waren am Schluss des Versuches 16—44 %, bei Anwendung weiblicher Hormone wie Oestradiol bis 82 % der Äquatorialplatten abnorm.

Die beobachteten Metaphasenstörungen sind keine spezifische Folgeerscheinung der Hormonwirkung. Gleiche Störungen können bei allen möglichen inneren und äusseren Einwirkungen in embryonalem, aber auch ausgewachsenem, fertig differenziertem Gewebe auftreten.

Anders waren die Schädigungen, die durch die verwendeten Hormone im entwicklungsphysiologischen Versuch hervorgerufen wurden. Dabei zeigte es sich wiederum, dass die weiblichen Sexualhormone eine viel toxischere Wirkung haben als die männlichen. Sie wirken vor allem auch in bedeutend schwächeren Konzentrationen. Während die Wirkung der weiblichen Hormone, wie Oestradiol, schon nach 6—15 Stunden sichtbar wurde, kamen Störungen durch männliche Hormone, wie Testosteron, erst in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien zum Ausdruck.

Wir beschäftigen uns im folgenden zunächst nur mit der Wirkung der weiblichen Hormone und berichten, wenn nichts anderes gesagt wird, ausschliesslich über die Wirkung von Oestradiol und Stilboestrol. Es kamen Hormonkonzentrationen von 1:100 000 bis 1:1 000 000 zur Anwendung, wobei wir von einer einprozentigen alkoholischen Stammlösung ausgingen und nur gesättigte Lösungen brauchten.

1. Beeinflussung der Furchungsteilungen des Tritoneies

Die Entwicklung des befruchteten Tritoneies wird mit einer Reihe aufeinanderfolgender Zellteilungen eingeleitet, die normalerweise synchron ablaufen, so dass man in demselben Keim die Zellkerne immer in derselben Phase findet. Diese Synchronie lockert sich im 32-Zellenstadium, und es erfolgt hierauf der allmähliche Übergang von der synchronen in die asynchrone Furchung. Die Zellteilungen der animalen eilen denen der vegetativen Keimhälfte voraus. Bei jungen Blastulae verschwindet auch die zeitliche Übereinstimmung innerhalb der beiden Eikalotten. In jeder Keimhälfte kann man jetzt alle Mitosephasen finden.

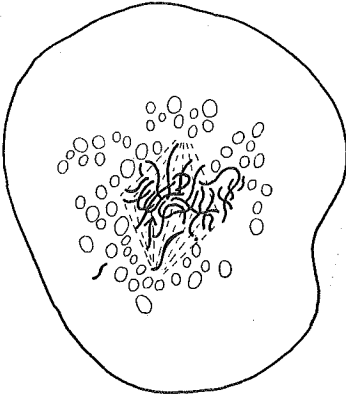
Unter dem Einfluss des Oestradiol war dieser Furchungsrhythmus von Anfang an gestört (TÖNDURY 1943). Bei schwachen Konzentrationen (1:1 000 000 bis 1:500 000) verlief die Furchung zwar äusserlich meist normal; bei Konzentrationen von über 1:500 000 aber wurden zunehmende Stö-

rungen festgestellt, die gleichmässig das ganze Ei betrafen oder einzelne Blastomeren bevorzugten. Wir haben Keime beobachtet, die sich überhaupt nicht teilten oder schon nach den ersten Teilungsschritten abnorm wurden. Bei andern Eiern wurde die Störung erst im Anschluss an den ersten oder zweiten Teilungsschritt sichtbar. Das Oestradiol entfaltete seine Wirkung rasch und frühzeitig.

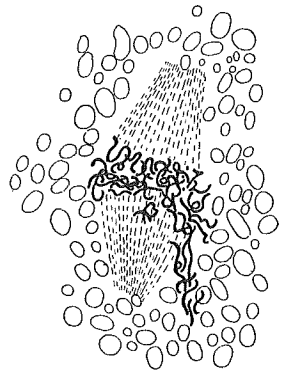
Die Schnittuntersuchung zeigte, dass das Oestradiol nicht nur die Furchungsmitosen stört, sondern auch eine starke Wirkung auf das Zytoplasma hat.

a) Mitosestörungen. Es fiel auf, dass die Prophasen nie gestört, während die Meta- und Anaphasen z. T. hochgradig abnorm waren.

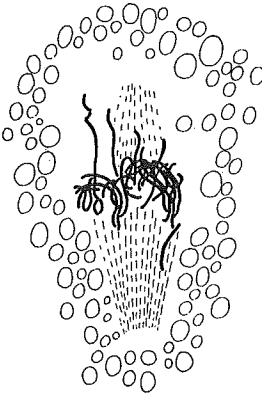
Unter den gestörten Metaphasen konnten wir vier verschiedene Typen unterscheiden, die in Abbildung 1 zusammengestellt sind.



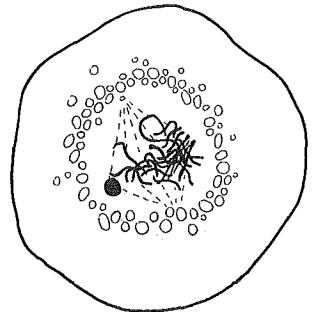
a unregelmässige Anordnung der Chromosomen in der Äquatorialplatte.



b Chromosomenabsprengung, d. h. Verlagerung einzelner Chromosomen aus dem Teilungsraum.



c zu schmal geratene Teilungsspindel und Chromosomenabsprengung.

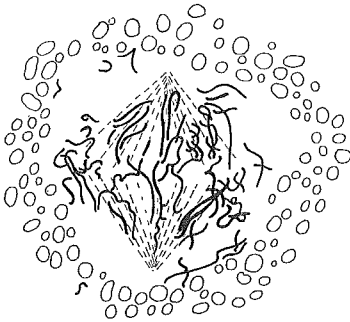


d unvollständige Heraussonderung der Chromosomen.

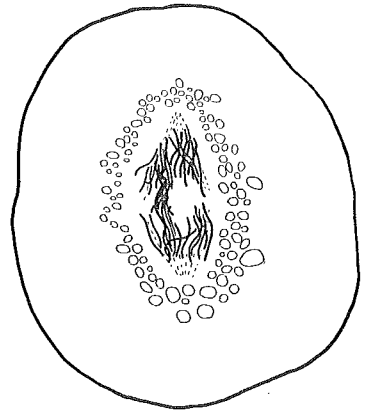
Abb. 1 Metaphasenstörungen in Furchungszellen von Triton alpestris.

Die Ana-Telophasen waren ebenso häufig gestört wie die Metaphasen (Abb. 2). Im einfachsten Fall beobachteten wir ein verspätetes und ganz unregelmässiges Auseinanderrücken der Tochterchromosomen, die mit ihren Enden verklebt sein konnten, eine Störung, die als Vorstufe von Chromatinbrücken zwischen den Tochterspiremen anzusehen ist. Entweder wurden diese durch ein einzelnes oder bei schweren Störungen durch mehrere Chromosomen, die eine breite Brücke bildeten, miteinander verbunden. Diese Brücken lagen in der Mitte oder exzentrisch nach der einen Seite verschoben.

Bei starken Schädigungen waren die Chromatinbrücken so breit, dass ein Auseinanderweichen der Tochterspireme unmöglich war. Nach einiger Zeit wurde der ganze Teilungsvorgang rückgängig gemacht: Es bestand das Bild der Pseudomitose.



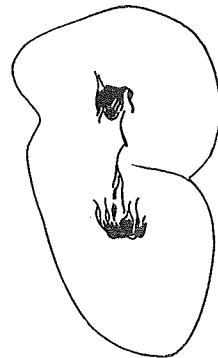
a unregelmässige Verlagerung der Tochterchromosomen gegen die Zellpole, Chromosomenabsprengung und abnorme Verklebung einzelner Chromosomen in der Äquatorialplatte.



b Anaphase mit Chromatinbrücke zwischen den Tochterspiremen.



c Dasselbe. Chromatinbrücke exzentrisch gelegen.



d Telophase, beginnende Zelldurchschnürung, Chromatinbrücke zwischen den Tochterspiremen.

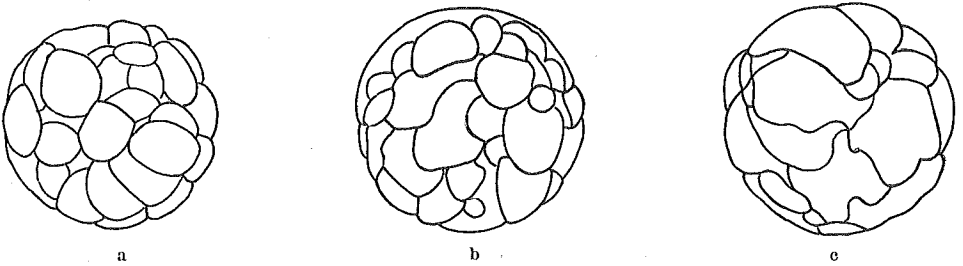


Abb. 3 Furchungsstörungen unter dem Einfluss von Oestradiol. Ausgangsstadium gross-zellige Morula (a), sekundäre Auflösung von Zellgrenzen (b, c).

Dass auch die Ruhekerne Abnormitäten wie Verdichtung, zipfelartige Fortsätze aufwiesen, steht mit den gestörten Mitosen in Zusammenhang.

Die quantitative Erfassung der Mitosestörungen ergab, dass die Wirkung konzentrationsgebunden ist. Die Verträglichkeitsgrenze lag bei 1:200 000. Höhere Konzentrationen schädigten so stark, dass mit einer längeren Entwicklung der Keime gar nicht zu rechnen war. Andererseits fanden wir starke individuelle Schwankungen, die von der verschiedenen Widerstandskraft der verwendeten Keime abhängig waren.

b) Zytoplasmatische Störungen. Neben den Kernstörungen waren die Durchschnürungsstörungen am auffallendsten. Die Furchung stiess offenbar auf Schwierigkeiten und unterblieb im Extremfall ganz. Besonders ausgesprochen waren sie bei Anwendung von Stilboestrol, einem im Körper nicht vorkommenden, aber stark oestrogen wirkenden Präparat, das weit giftiger ist als Oestradiol.

Stilboestrol wirkte schon nach 4 bis maximal 8 Stunden (TÖNDURY 1947). Neben primären Furchungsstörungen beobachteten wir auch sekundäre Auflösung von Zellgrenzen, so dass ganze Territorien der Eioberfläche zu einer zusammenhängenden vielkernigen Plasmamasse zusammenflossen (Abb. 3). In diesen mehrkernigen Zellen konnten Kernteilungen weiter auftreten. Der Rhythmus war aber so weitgehend gestört, dass neben Kernteilungsfiguren verschiedener Stadien auch Ruhekerne in ein und derselben Zelle vorkommen konnten. Es entstand so ein sehr polymorphkerniges Bild. Weiter waren schon äusserlich Pigmentverschiebungen zu sehen, so dass die Eioberfläche stellenweise ganz entfärbt sein konnte. Starke Pigmentverschiebungen in das Zellinnere begleiteten die Vorgänge, die zu sekundärer Auflösung der Zellgrenzen führten.

Schon bei den weniger stark geschädigten Keimen war die Teilungsspindel häufig aufgelockert, die Spindelfasern waren wirr angeordnet, so dass eine schöne Äquatorialplatte gar nicht entstehen konnte. Bei stark geschädigten Keimen waren die Spindelfasern fragmentiert oder überhaupt nicht zu sehen; die Chromosomen lagen mitten in den Dotterplättchen.

Ähnlich war die Wirkungsweise des Stilboestrol auf das Tubifexkei. Nach LÜSCHER 1948 dringt es sehr rasch in die Zellen ein, so dass es genügte, das

Ei zu Beginn der Metaphase in die Lösung zu bringen, um den Zerfall des ganzen Kernapparates herbeizuführen. In der Prophase waren keine Änderungen sichtbar. Die Spindel wurde gebildet, war aber fragmentiert und konnte sich häufig auch nicht strecken. Die Chromosomen lagen oft unregelmässig zerstreut im Teilungsraum drin. Schon während der Anaphase wurden die Spindelfasern aufgelöst und die Chromosomen ballten sich zu Körnern zusammen.

2. Wirkung der Hormone auf Wachstum und Differenzierung

Die Furchung, deren Ablauf unter der Einwirkung der Sexualhormone beschrieben wurde, ist kein Wachstumsvorgang. Während der Furchung wird das Eimaterial aufgeteilt. Es entstehen neue Zellkerne und Zellen, die selbst nicht zur Grösse der Ausgangszellen heranwachsen. Es ist Zellvermehrung ohne Wachstum, ein Vorbereitungsstadium, dem sich als erster Formbildungsvorgang die Gastrulation anschliesst. Auch hier handelt es sich nicht um Wachstumsvorgänge. Es treten zwar während der Gastrulation Zellteilungen auf; die Gastrulation ist aber ein Gestaltungsvorgang, welcher die präsumptiven Organanlagen an ihren endgültigen Platz bringt. Gastrulation bedeutet Umordnung des während der Furchung bereitgestellten Aufbaumaterials für den Embryo.

Beide Vorgänge — Furchung und Gastrulation — scheinen relativ unempfindlich gegen die durch die Hormone gesetzten Störungen zu sein. Wir beobachteten die Einleitung der Gastrulation auch bei stark gestörten Keimen. Sie kam aber dann zum Stillstand, wenn infolge fehlenden Blastocoels mechanisch die Materialverlagerung unmöglich war.

Erst die Neurulation, d. h. die Heraussonderung der Primitivorgane des Embryo, verlangt Wachstum. In diesem Stadium wirken sich auch stärkere Störungen des Mitosemechanismus auf die Weiterentwicklung aus. Ausser einer starken Verlangsamung der Entwicklung fiel hier die häufig sehr mangelhafte Anlage der Medullarplatte auf.

Während der Neurulation entsteht die Medullarplatte, die sich unter Aufaltung der Medullarwülste zum Rohr schliesst, während sich gleichzeitig im Innern die Chordamesodermplatte in Chorda und Mesodermflügel sondert. Keime, die mit Testosteron behandelt wurden (TÖNDURY 1941), zeigten in diesem Stadium eigenartige asymmetrische Störungen (Abb. 4): Die Me-



Abb. 4 Neurulationsstörungen bei Tritoneiern, die mit Testosteron 1:250 000 behandelt worden waren. Beachte das vollständige Fehlen des rechten Medullarwulstes.

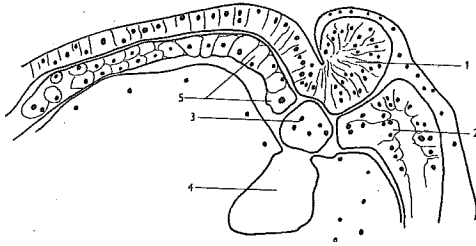


Abb. 5 Querschnitt durch einen Halbembryo. 1 Medullarwulst, 2 Ursegment, 3 Chorda, 4 Urdarmrinne, 5 Unorganisiert gebliebene Zellen des Mesoderm der defekten Seite.

dullaranlagen waren entweder nur hinten oder dann nur auf der einen Seite defekt, so dass Embryonen entstanden, die nur einen Medullarwulst aufwiesen. Dieser vollzog die normalen Konvergenzbewegungen ohne Störungen; es entstand so ein eigentlicher Hal b e m b r y o (Abb. 5), dessen eine Hälfte den typischen Bau einer Neurula nach beendeter Medullarrohrbildung zeigte, während die andere Hälfte im Stadium der beendeten Gastrulation stehen geblieben war. Die Berücksichtigung der Mitoseverteilung zeigte, dass die Halbseitenstörung auf einen asymmetrischen Wachstumsrückstand zurückzuführen war, indem auf der unentwickelt gebliebenen Seite nur vereinzelt Mitosen zu finden waren. Diese Defektbildung wurde bei Übertragung der Keime in Wasser häufig ausgeglichen, blieb aber in vielen Fällen erhalten.

Neurulae, die mit weiblichen Sexualhormonen behandelt wurden, zeigten selten solche asymmetrische Störungen. Meistens war der ganze Keim abnorm, die Medullarplatte schmal, die Wülste klein. Die histologische Untersuchung solcher Neurulae ergab eine weder bei Blastulae noch bei Gastrulae beobachtete Mitosestörung: Innerhalb der ganzen Medullarplatte, besonders aber im Bereiche der Hirnplatten, fanden sich massenhaft Mitosen, die sich, wie der Vergleich verschiedener Stadien zeigte, nicht auf die ventrikuläre Schicht beschränkten, sondern über die ganze Dicke des Medullarrohres verteilten. Alle Mitosen befanden sich im Stadium der frühen Metaphase und konnten augenscheinlich nicht zu Ende geführt werden (Abb. 6). Darauf wiesen die zahlreichen Degenerationen hin, die schliesslich zu Kern- und Zellauf-

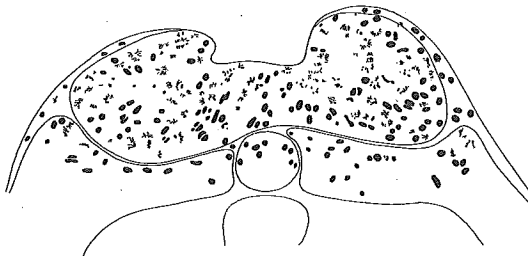


Abb. 6 Querschnitt durch die Nachhirnregion eines mit Stilboestrol behandelten Tritoneies. Beachte die unregelmässig gelagerten zahlreichen Mitosen.

lösung führen mussten. Die Entwicklung wurde also in einem Embryonalorgan, welches sehr intensive Wachstumsvorgänge zeigt, durch Mitosestop zum Stillstand gebracht.

Alle Versuche, über die bisher berichtet wurde, waren Dauerversuche, bei welchen die Keime zu Beginn oder im Verlaufe der Furchung in die Hormonlösung eingelegt worden waren. Für die folgenden Versuche, über die ich noch berichten möchte, wurde ein Stadium gewählt, in welchem die Heraussonderung der larvalen Organe bereits vollendet war (SCHENK 1950) und das sich besonders gut zum Studium des Einflusses der weiblichen Sexualhormone auf Wachstum und Differenzierung einzelner Organe eignete. Die zum Versuch verwendeten Larven hatten bereits eine Schwanzknospe gebildet und waren resistenter als junge Embryonalstadien derselben Art.

Da anzunehmen war, dass Organe mit starker Mitoseätigkeit gegenüber der Hormonwirkung besonders empfindlich sind, wählte SCHENK als Testobjekt Augen und Extremitätenanlagen von *Triton alpestris*. Die Larven wurden 48, 96 und 150 Stunden nach Beginn der Behandlung fixiert.

Augenbecher und Linse sind bei den verwendeten Stadien zu Beginn des Versuches in ihrer Entwicklung schon ziemlich weit fortgeschritten (Abb. 7). Der Augenbecher baut sich aus der mehrschichtigen Retina auf, die sich nach vorne verschmälert und im Pupillarrand in das Pigmentepithel übergeht. In den zentralen Anteilen der Retina findet man 7—8 übereinander angeordnete Kernreihen, von denen die dem Pigmentepithel (äussere) und dem Glaskörperraum (innere) zugekehrten Zellkerne runde Form haben. In den mittleren Abschnitten, die einen breiten Streifen einnehmen, sind die Kerne länglich und liegen in der optischen Achse. Nach vorn nimmt dieser Kernstreifen einen immer grösseren Teil der Retina ein. In der Gegend des Pupillarrandes fehlen innere und äussere Rundkerne ganz. Diese Sonderung der Retina in drei verschiedene Kernlagen ist der Ausdruck für die bereits in Gang befindlichen Differenzierungsvorgänge. Mitosen kommen nur in der äusseren

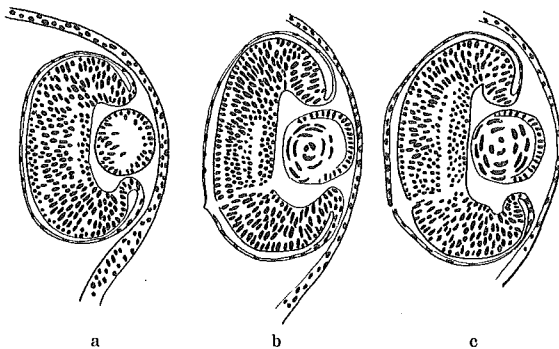


Abb. 7 Drei verschiedene Stadien der Ausdifferenzierung der Retina im larvalen Triton-auge. Vgl. Text. 1 Pigmentepithel, 2 Sinnesepithel der Retina (nach SCHENK, 1951),

Zone der Rundkerne vor, weshalb diese als *Matrix* bezeichnet wird. Von den bei den Mitosen entstehenden zwei Zellen rückt die eine in die mittlere Schicht, die *Mantelzone*, vor. Hier machen sich die ersten Differenzierungsvorgänge bemerkbar: Die Zellen verlieren ihre Teilungsfähigkeit und werden zu Neuro- beziehungsweise Spongioblasten. Zu innerst entstehen, immer zuerst in den zentralen Teilen der Retina, die ersten Nervenfasern, die in den Augenbecherstiel vorwachsen. Nach 150 Stunden ist die Gliederung der Retina vollendet. Gegen den Augenbecherrand schliesst sich aber immer noch eine ausgedehnte Zone undifferenzierter, langgestreckter Zellen an. Diese peripheren Teile der Retina bilden die Zuwachszone, Mitosen sind nur noch in ihr zu finden.

Unter dem Einfluss der Hormonlösungen wurden diese Vorgänge in charakteristischer Weise gestört (Abb. 8). Zu Beginn des Versuches lagen Mitosen wie bei den Kontrollarven nur in der Matrix. Unter der Wirkung einer Oestradiollösung von 1:100 000 wurden alle neu hinzukommenden Mitosen in der frühen Metaphase blockiert. Es kam zu einer solchen Häufung, dass 48 Stunden nach Versuchsbeginn gestoppte Mitosen über die Matrix hinaus auch in der Mantelzone zahlreich zu finden waren. Daneben fanden sich aber auch Interphasenkerne. 96 Stunden nach Versuchsbeginn war die Retina vollkommen desorganisiert. Am Rand waren zwar immer noch gestoppte Mitosen zu sehen, in den zentralen Teilen hatte aber ein ausgedehnter Zerfall um sich gegriffen, so dass besonders in den äusseren Teilen ganze Trümmerfelder von Zellen zu sehen waren. Daneben fanden sich aber immer noch Inseln von normaler Struktur. Nach 150 Stunden war die Abweichung besonders ausgeprägt. Die Differenzierung zu Sinnes- und Nervenzellen beschränkte sich auf umschriebene Bezirke. Die übrigen Teile bildeten ein Mosaik aus erhalten gebliebenen Zellen und mehr oder weniger grossen Lücken, die nur noch Zeldetritus enthielten. Das Pigmentepithel war verdickt. Zu äusserst im Augenbecherrand fanden sich noch vereinzelt Mitosen, die in der Metaphase blockiert waren.

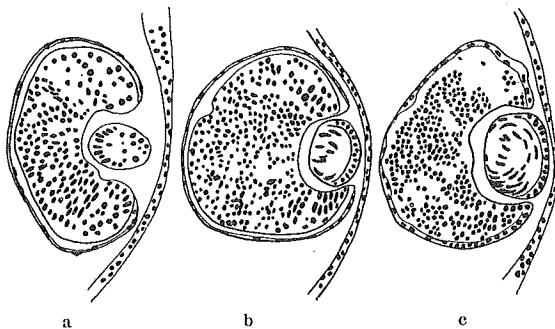


Abb. 8 Verhalten der gleichen in Abb 7 dargestellten Stadien der Retinadifferenzierung nach 48 (a), 96 (b) und 150 Stunden (c) dauernder Oestradiolwirkung. Beachte die verschiedene Kerngrösse, die Desorganisation und den Zelluntergang im Sinnesepithel der Retina. Vgl. Text (nach SCHENK, 1950).

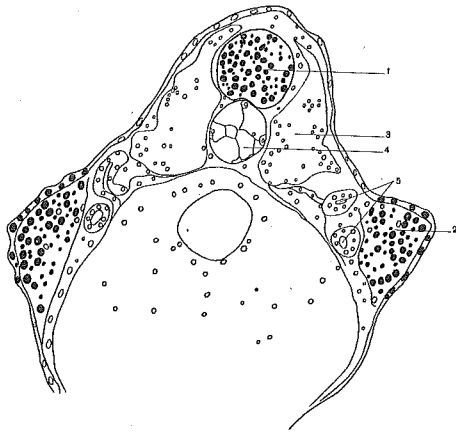


Abb. 9 Querschnitt durch den Rumpf einer Molchlarve auf Höhe der vorderen Extremitätenknospen. Vgl. Text. Schwarz: gestoppte abnorme Metaphasen in Neuralrohr (1) und Extremitätenknospen (2), Myotome (3), Chorda (4) und Vornieren (5) normal.

Stilboestrol wirkte schon in Konzentrationen von 1:300 000 stärker als Oestradiol 1:100 000. Die Störungen waren aber dieselben.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich folgendes Bild: In der Retinaanlage waren zu Beginn des Versuches offenbar zwei Zelltypen enthalten, die sich auf verschiedener Entwicklungsstufe befanden. Die einen Zellen befanden sich noch im Proliferationsstadium und wurden in vollem Umfang von der Hormonschädigung betroffen. Der Eintritt in die Mitose wurde zwar nicht unterdrückt, die Mitose selbst aber in der frühen Metaphase blockiert. Daneben hatten Zellen der Mantelzone ihre Vermehrungsphase offenbar bereits abgeschlossen und konnten ihre Differenzierungsvorgänge ohne sichtbare Störung durchführen. Zellen, die selbst nicht mehr teilungsfähig sind, werden also von der Hormonschädigung nicht betroffen und können die einmal eingeleitete Differenzierung störungslos beenden.

Das angeführte Beispiel könnte noch erweitert werden durch ganz gleiche Beobachtungen am Neuralrohr. Der Querschnitt einer Molchlarve, die etwa 120 Stunden lang mit Stilboestrol 1:300 000 behandelt worden war, zeigt im Medullarrohr, das sich wie die Retinaanlage durch intensive Zellvermehrung auszeichnet, eine weitgehende Desorganisation, während wenig aktive Organe wie Myotome, Chorda und Vornierenanlagen ganz normal differenziert sind (Abb. 9).

Diese enorme Empfindlichkeit proliferierender Zellen gegenüber Hormonlösungen soll noch an zwei weiteren Beispielen gezeigt werden:

Bei der Extremitätenentwicklung bildet sich ein zellreiches Blastem mit zahlreichen gleichmässig verteilten Mitosen. Wurde die Extremitäten-

tätenknospe der Wirkung von Oestradiol oder Stilboestrol ausgesetzt, dann kam die typische Schädigung in vollem Ausmass zustande: Die Extremitätenknospe zeigte eine deutliche Wachstumshemmung. Alle Mitosen waren in der frühen Metaphase gestoppt oder befanden sich schon 48 Stunden nach Versuchsbeginn in voller Auflösung (Abb. 9).

In diesem Zusammenhang soll noch darauf hingewiesen werden, dass diese schweren Störungen auch dann auftreten, wenn jüngere Stadien der Hormonwirkung ausgesetzt sind. Es zeigte sich, dass die Entwicklung bis zu dem Stadium störungslos abläuft, in welchem die Proliferation einsetzt. Auf der andern Seite haben ältere Extremitätenanlagen Aussicht, ihre Entwicklung, wenn auch mit Defekten, weiterzuführen. Es handelt sich also nicht um eine primäre Unterdrückung der Organanlage.

Noch imposanter ist die schädigende Wirkung der weiblichen Sexualhormone in Regenerationsversuchen nachzuweisen. Die Schwanzanlage von Amphibienlarven zeichnet sich durch eine ausgezeichnete Regenerationsfähigkeit aus. Wird nun eine Larve nach Schwanzamputation und Wundheilung in eine Hormonlösung gebracht, dann unterbleibt die Regeneration praktisch ganz, da alle Zellen, die in Teilung begriffen sind, in der frühen Metaphase gestoppt werden und dann zugrunde gehen.

Aus allen beschriebenen Versuchsergebnissen ergibt sich also die überaus starke Empfindlichkeit embryonaler Zellen gegenüber der Wirkung männlicher und weiblicher Sexualhormone. Die weiblichen Hormone sind dabei weitaus wirksamer als die männlichen. Solange sich alle Zellen des Keimes in einer Phase der Vermehrung befinden, wird der Keim gleichmässig befallen. Es machen sich aber schon während der Furchung besondere Prädilektionsstellen geltend. In der Blastula häufen sich die abnormen Mitosen im animalen Dachbereich, also dort, wo schon normalerweise Zellteilungsfiguren am zahlreichsten sind. Bei der jungen Neurula ist es die Medullarplatte, besonders im späteren Hirnbereich, die zahlreiche pathologische Mitosen aufweist. Nach Heraussonderung der Primitivorgane beginnt das Wachstum. An diesem beteiligt sich zuerst die überwiegende Mehrzahl der Zellen; mit der Zeit beschränkt sich das Wachstum auf umschriebene Zellareale, die als Matrix bezeichnet werden. Zellen, die die Vermehrungsphase durchlaufen haben, beginnen sich zu differenzieren. Nur die in Proliferation befindlichen Zellen werden von der Störung befallen. Interessant ist auch festzuhalten, dass die Mitosen bei Blastulae und Gastrulae andere Störungsbilder aufwiesen als bei vorgereifteren Stadien.

3. Zum Wirkungsmechanismus der Hormone

Die Sexualhormone gehören chemisch mit Ausnahme des Stilboestrol zur Gruppe der Steroide. Die beobachteten Störungen müssen als spezifische Schädigungsform durch die Vertreter dieser Stoffgruppe angesehen werden.

Wir haben zuerst zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen Mitoseschädi-

gung und chemischer Strukturformel der angewandten Steroide besteht. Nach Untersuchungen von v. MÖLLENDORFF zeigte es sich wenigstens für die männlichen Sexualhormone, dass die ungesättigten Verbindungen ausnahmslos wirksam sind, während die gesättigten Parallelverbindungen die Mitosen ebenso ausnahmslos nicht schädigen. Als Ursache für die typischen Mitosestörungen ist das Vorkommen einer oder mehrerer Doppelbindungen verantwortlich zu machen.

Unsere Untersuchungen haben weiter ergeben, dass hormon-spezifische Wirkung und Mitoseschädigung völlig unabhängig voneinander sind. Stoffe höchster geschlechtsspezifischer Wirksamkeit schädigen zwar die Mitosen besonders stark, die hydrierten Verbindungen dieser Stoffe haben ebenso ausnahmslos keine schädigende Wirkung, büssen aber ihre Hormonwirksamkeit nicht ein.

GRAFFI 1941 hat in fluoreszenzmikroskopischen Untersuchungen nachgewiesen, dass cancerogene Kohlenwasserstoffe, die die gleiche Mitosestörung hervorrufen wie die Sexualhormone, in gewissen lipophilen Zellstrukturen angehäuft werden. BRACHET 1944 hat gezeigt, dass diese Strukturen, die in der lebenden Zelle in Form von Granula vorkommen, durch Zentrifugieren von den übrigen Zellbestandteilen getrennt werden können und auch so noch elektiv Benzpyren zu bilden vermögen. Die chemische Analyse dieser Granula, die mit den Mitochondrien identisch sein dürften, ergibt, dass sie in der Hauptsache SH-Gruppen, Ribonukleotide und verschiedene Fermentsysteme enthalten, wie Zytochromoxydase, Succinodehydrase u. a. m. In der Arbeitsstruktur des Protoplasmas eingebaut, scheinen sie wichtige Stoffwechselzentren zu sein, deren Umsatz wahrscheinlich mit dem Kernstoffwechsel in Wechselbeziehung steht. Dass sie auch für die Entwicklung von Wichtigkeit sind, dafür spricht ihre starke Vermehrung im Verlaufe der Morpho- und Histogenese, ebenso wie ihre dem morphogenetischen Potential entsprechende Verteilung während dieser entwicklungsphysiologisch bedeutsamen Phase der Ontogenese.

Das gehäufte Vorkommen von SH-Proteinen und Ribonukleoproteiden in den beschriebenen Zellstrukturen lässt die Möglichkeit einer direkten Beeinflussung dieser chemischen Verbindungen durch die wirksamen Steroide vermuten.

Kernteilungsvorgänge sind verbunden mit einem Auf- und Abbau von Desoxyribonukleinsäure. Die Bedeutung der Nukleoproteide für die Morpho- und Histogenese, bei welcher Kernteilung eine grosse Rolle spielt, ist zuerst von BRACHET erkannt und beschrieben worden. Unsere eigenen Ergebnisse an Normalkeimen von Triton alpestris stimmen mit seinen Angaben völlig überein (CAGIANUT, 1949).

Nukleinsäuren kommen dort gehäuft vor, wo morphogenetische und histogenetische Höchstleistungen verlangt werden. Sie kommen in zwei Formen vor. Als Ribosenukleinsäure lassen sie sich im Zytoplasma, als Desoxyribonukleinsäure oder Thymonukleinsäure im Kern nach-

weisen. Wir besitzen spezifische Nachweismethoden, und zwar die FEULGEN-Reaktion auf Thymonukleinsäure und die Pyronin-Methylgrün- oder Toluidinblaufärbung für Ribosenukleinsäure. Um Fehler auszuschliessen, werden die Präparate mit einer Ribonuklease behandelt, welche die Ribonukleinsäure herauslöst, so dass die Färbung dann negativ ausfällt.

Beide Säuren wurden im befruchteten Amphibienei nachgewiesen. Während der Furchung erfolgt *keine* Zunahme der Nukleinsäuren gesamthaft, hingegen eine Abnahme des Gehaltes an Ribosenukleinsäure um 10—15%, ein Hinweis darauf, dass Ribosenukleinsäure in Thymonukleinsäure transformiert wird (BRACHET).

In der Gastrula häuft sich die Ribosenukleinsäure dorsal in der Randzone bis zum Umschlagsrand der dorsalen Urmundlippe, aber auch das eingerollte Material zeigt eine positive Reaktion. Es lässt sich ein deutliches Gefälle nachweisen, das sein Maximum in der dorsalen Urmundlippe hat und sowohl cranio-caudal, also auch dorso-ventral abnimmt.

Bei der *Neurula* zeigt die Medullarplatte eine starke Reaktion mit Maximum im Hirnteil. Auch hier lässt sich das cranio-caudale und das dorso-ventrale Gefälle nachweisen. Die Chordamesodermplatte zeigt eine schwächere Reaktion mit Maximum im dorsalen Zentrum. Bei der *Neurula* beträgt der Gehalt dorsal 100% mehr als ventral.

In der einzelnen *Ruhezelle* lokalisiert sich die Ribosenukleinsäure in Form von feinen Fäden um den Kern, zwischen den Dotterplättchen und an den Zellgrenzen (Abb. 10). In den sich teilenden Zellen treten diese fädigen Strukturen zurück, die Spindel ist deutlich rot angefärbt.

Unter dem Einfluss der Sexualhormone treten nun deutliche Abweichungen auf (TÖNDURY und CAGIANUT, 1951). Die Färbung verliert zunächst allgemein an Intensität, wird stellenweise unregelmässig. Das cranio-caudale und das dorso-ventrale Gefälle ist schwieriger nachzuweisen. Auch die Einzelzelle zeigt eine Störung der Verteilung der Ribosenukleinsäure. Es verschwindet teilweise die charakteristische Anfärbung der Zellgrenzen und die rote Zone um die Arbeitskerne. Dafür findet man oft den ganzen mit Pyronin anfärbbaren Bestand der Zelle an einer Stelle im Zytoplasma zusammengeballt (Abb. 11). Die Spindeln der sich teilenden Zellen verlieren z. T. ihre Anfärbbarkeit, die einzelnen Spindelfasern sind teils fragmentiert, teils unregelmässig verteilt. Von Wichtigkeit ist der Umstand, dass die Entwicklungsfehleistungen dem Störungsgrad in der Verteilung der Nukleoproteide entsprechen. Diesen Feststellungen liess sich vorerst nur entnehmen, dass Entwicklungsleistungen und normaler Nukleoproteidstoffwechsel eng zusammengehören.

In dieser Richtung weisen auch Untersuchungen über die Verteilung der Ribosenukleinsäure in der Medullaranlage von Tritonkeimen mit Halbseitenentwicklung hin (Abb. 4, 5). Diese Keime liessen auf der unentwickelt gebliebenen Seite eine deutliche Verminderung der pyroninaffinen Strukturen erkennen. Während diese auf der normal entwickelten Seite gleichmässig ver-

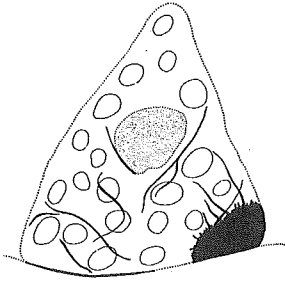


Abb. 10 Verteilung der Ribosenukleinsäure in der Ruhezelle des Neuralrohres von *Triton alpestris*.

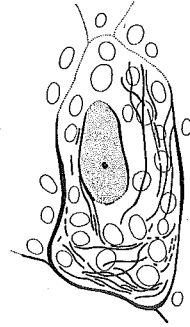


Abb. 11 Verteilung der Ribosenukleinsäure in durch Stilboestrol geschädigter Zelle des Neuralrohres von *Triton alpestris*.

teilt waren, erschienen sie auf der unentwickelten Seite nicht nur mengenmässig vermindert, sondern auch unordentlich angeordnet.

Besonders eindrücklich waren in dieser Beziehung Untersuchungen über das Verhalten der Nukleinsäuren in der Augenentwicklung von Amphibien (RICKENBACHER, 1951): Die Augenblase zeigt eine noch schwache Pyroninreaktion. Mit der Umbildung der Augenblase in den Augenbecher und der damit auftretenden starken Zellproliferation wird auch die Pyroninreaktion zunehmend stärker. Dies äussert sich in einer starken Zunahme der roten Granula hauptsächlich an den Zellenden. Mit Einsetzen der Histogenese nehmen die Granula in den zentralen Teilen der Retina mehr und mehr ab und beschränken sich schliesslich auf die Randteile des Augenbeckers, die nunmehr als Zuwachszonen funktionieren. In einem Stadium, in welchem in den hintern Teilen der Retina die Gliederung beendet ist, lässt sich nur noch im Augenbecherrand eine positive Pyroninreaktion nachweisen.

In den Augenanlagen von Keimen, die mit Hormonlösungen behandelt wurden (Abb. 8), war die Pyroninreaktion deutlich schwächer als in unbehandelten Augen. Die roten Granula waren zwar vorhanden, stellenweise aber zu groben Haufen zusammengeballt, die Teilungsspindeln — wenn überhaupt nachweisbar — unregelmässig und fragmentiert. Diese Störungen waren um so auffälliger, je grösser die Zahl der Zellen war, die sich im Moment der Hormonbehandlung noch in der Vermehrungsphase befanden.

Für eine direkte Beziehung von Hormonwirkung und Nukleinsäureumsatz spricht, dass Zugabe von Nukleinsäure zu den schädigenden Hormonen deren Wirksamkeit ganz oder teilweise aufzuheben vermag. Dieser Schutz erstreckt sich ebenfalls auf die für Sexualhormone spezifische Störung der Kernteilung. Es bestehen bei Hormonkontrollen und zusätzlich mit Nukleinsäure behandelten Keimen statistisch gesicherte Unterschiede in den Prozentsätzen abnormer Mitosen (CAGIANUT, 1949). Die Beeinflussung der Mitoseverhältnisse hat zur Folge, dass alle jene Entwicklungs-

leistungen, die direkt durch Kernfaktoren gesteuert sind, gebessert werden. Es wurden also nachträglich vorzüglich jene Keimbezirke vor Untergang und Desorganisation geschützt, die gegen abnorme Chromosomensätze besonders empfindlich sind.

Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen glaubten wir annehmen zu können, dass sich die Sexualhormone an die weiter oben erwähnten lipophilen Zellgranula anhäufen und die Synthese der Ribonukleinsäure behindern. Dies hätte natürlich auch eine Störung der Thymonukleinsäuresynthese zur Folge. Mit dem Nachweis einer abnormen Verteilung der pyroninaffinen Granula allein lässt sich aber unsere Annahme nicht beweisen. RICKENBACHER hat deshalb versucht, durch quantitative Bestimmungen die Nukleinsäuren nachzuweisen. Über die Ergebnisse dieser quantitativen Bestimmungen wird an anderer Stelle eingehend berichtet werden. Sie weisen darauf hin, dass die Synthese von Ribonukleinsäure bei mit Hormon behandelten Keimen weiterhin möglich ist. Nur die qualitative Verteilung der pyroninaffinen Granula im ganzen Keim und in der einzelnen Zelle wird gestört. Nehmen wir mit BRACHET an, dass die im Zytoplasma gebildete Ribosenukleinsäure für den Aufbau der Desoxyribonukleinsäure verwendet wird, dann müssen wir die Störung in der Behinderung dieses Prozesses suchen.

In Berücksichtigung der beschriebenen Befunde neigen wir zur Annahme, dass die beobachteten Mitosestörungen nicht als primäre Schädigungen, sondern als sekundäre Folgen des gestörten Nukleinsäurestoffwechsels anzusehen sind. Mitosen können zwar noch eingeleitet werden, kommen aber im Stadium der frühen Metaphase wohl infolge der Unmöglichkeit, Desoxyribonukleinsäure aufzubauen, zum Stillstand. Der Umstand, dass die Mitosen während der Furchung und Gastrulation zwar geschädigt werden, aber doch ablaufen, weist darauf hin, dass der Mechanismus in diesen frühen Stadien offenbar ein anderer ist. Wahrscheinlich kommt der Thymonukleinsäure im Mitoseablauf beim Furchungstyp eine weniger grosse Bedeutung zu als in späteren Stadien.

Untersuchungen über die Wirkung von Röntgenstrahlen auf den Nukleinsäurestoffwechsel von Hodenzellen von *Asellus aquaticus* (DE NICOLA, 1950) haben zu ganz ähnlichen Vermutungen geführt: Röntgenstrahlen bedingen einen Stillstand der Synthese von Desoxyribonukleinsäure und der Umwandlung von Ribose- in Desoxyribosenukleinsäure. Röntgenstrahlen scheinen also auch zunächst den Nukleinsäurestoffwechsel zu beeinträchtigen; die Mitosestörungen wären dann wahrscheinlich sekundäre Folgeerscheinungen der Strahlenwirkung.

Die in dieser Arbeit beschriebenen Wirkungen der männlichen und weiblichen Sexualhormone auf die Entwicklung und speziell das Wachstum embryonaler Organe haben auch praktisch-medizinisches Interesse.

In den letzten Jahren haben Sexualhormone auch therapeutische Verwendung gefunden. Unter den Wirkstoffen mit oestrogener Wirkung besitzt das Stilboestrol besondere Bedeutung. Es wird wegen seiner destruierenden Wirkung auf stark proliferierende Zellen z. B. in der Hormonbehandlung des

Brustdrüsen- und Prostatakrebses mit Erfolg verwendet. In 90 % der Fälle kommt es unter seiner Wirkung z. B. beim Prostatakrebs zu Gewichtszunahme und Verbesserung des Allgemeinbefindens des Patienten. Die Prostata wird weicher, vergrößerte Lymphknoten verkleinern sich und Lymphödeme verschwinden ebenso wie Schmerzen, die von Knochenmetastasen herrühren. Diese günstige Wirkung, die schon kurze Zeit nach Einleitung der Behandlung eintritt, muss auf die Mitosewirkung des Stilboestrols zurückgeführt werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Effekt auf sich teilende Zellen im Tumor im Vordergrund steht. Wie beim Tritonkeim sind die Prophasen unverändert, während die Metaphasen Störungen zeigen. Die Spindelbildung ist verzögert oder ganz unterdrückt; die Chromosomen werden fragmentiert und es folgt schliesslich der Zellzerfall.

Literaturangaben

- BARIGOZZI, C., BRACHET, J. u. a. *Acidi nucleici proteine e Differenziamento normale e patologico*. Torino 1949.
- BRACHET, J., 1944. *Embryologie chimique*. Paris.
- CAGIANUT, B., 1948. *Schweiz. Z. Path. Bakt.* II, 598
 — 1949 a. *Rev. suisse Zool.* 52, 1.
 — 1949 b. *Z. Zellforsch.* 34, 471.
- GRAFFI, A., 1941. *Z. Krebsforsch.* 52, 234.
- HADDOW, A., HARRIS, R. J. C., KON, G. A. R. (1945), *Biochem. Journ.* 39, 1.
- LÜSCHER, M., 1945. *Rev. suisse Zool.* 52, 349.
- VON MÖLLENDORFF, WILH., 1939. *Z. Zellforsch.* 29, 706.
 — 1943. *Z. Zellforsch.* 32, 35.
- DE NICOLA, M., 1950. *Experientia* VI, 432.
- RICKENBACHER, J., 1951. *Rev. suisse Zool.* 58, 456.
- SCHENK, ROB., 1950. *Roux' Archiv* 144, 448.
- TÖNDURY, G., 1940. *Rev. suisse Zool.* 47, 1.
 — 1941. *Roux' Archiv.* 141, 58.
 — 1943. *Roux' Archiv.* 142, 1.
 — 1947. *Acta Anat.* IV, 269.
- TÖNDURY, G. u. CAGIANUT, B., 1951. *Biol. Rev.* 26, 28.
-

Versuche zur Aktivierung letaler Keimkombinationen

Von

E. FISCHER, Zürich

(mit 1 Tafel im Text)

In einer 1931 in dieser Vierteljahrsschrift, Heft 3 und 4, erschienenen mit 4 Tafeln illustrierten Arbeit wurde über eine erstmals im Tierreich erreichte Züchtung eines in sich also ohne Rückkreuzung fortpflanzungsfähigen Artbastardes bei Schmetterlingen berichtet. Es betraf den Hybriden *euphaës* Denso der beiden Schwärmerarten *euphorbiae* (Wolfsmilchschwärmer) und *hippophaes* (Sanddornschwärmer) der Gattung *Celerio* Oken (= *Deilephila* Laspeyres). Ein glücklicher Zufall oder ein Einfall mochte es gefügt haben, dass gerade diese Verbindung *C. euphorbiae* ♂ × *C. hippophaes* ♀ zustande kam und eben dadurch eine zweite oder F_2 -Generation ermöglichte, die eine für den mendelschen Erbgang so überraschend klare Dominanz und Spaltung nicht bloss des Farbenkleides der Falter, sondern auch der 5 Raupenstadien und hier überdies sogar des Geruchs- und Geschmacksinstinktes der F_1 - und F_2 -Generation ergeben hat.

Die Artkreuzung *C. euphorbiae* ♂ × *C. hippophaes* ♀ war auch deshalb eine überaus günstige, weil die Farbenkleider der beiden Grundarten nicht nur im Falter, sondern auch im Raupenstadium schroff kontrastieren (wie aus den farbigen Tafeln in der oben genannten Arbeit ersichtlich), und das Zeichnungsmuster der Falter ein einfaches ist.

Damit war es gegeben, dass in der F_2 -Generation eine so auffallend reine mendelsche Spaltung erfolgte, wie dies von einer andern Kreuzung irgendwelcher *Celerio*-Arten bei weitem nicht hätte erreicht werden können.

Ganz besonders wertvoll und entscheidend und gewissermassen eine feine Stichprobe auf Dominanz und Spaltung war der Umstand, dass die Raupen der verwendeten beiden Grundarten ganz verschiedene Pflanzen (Wolfsmilch respektiv Sanddorn) als Nahrung benützen.

Im ersten Stadium, d. h. bis zur ersten Häutung, dominierte und entschied die väterliche Art. Die Raupen nahmen nur Wolfsmilch aber keinen Sanddorn an, während in der F_2 -Generation die mit Spannung erwartete Sondernung eintrat und die einen nur Wolfsmilch, die andern nur Sanddorn als Nahrung wählten.

Wenn bei der genannten Kreuzung das ♂ von Wolfsmilchschwärmer und das ♀ vom Sanddornschwärmer zur Verbindung kamen, so war dies von den beiden Möglichkeiten der günstigste Fall. Wäre sie im umgekehrten oder reziproken Sinne erfolgt, also *hippophaes* ♂ × *euphorbiae* ♀, dann wäre ein solches Resultat oder überhaupt ein Erfolg nicht möglich gewesen, weil diese Kombination, wie sich später zeigte, Störungen aufweist, die eine F_2 -Generation kaum ermöglichen würde, aus Gründen, die in der frühern Arbeit, Seite 274,

bereits erwähnt sind und in den folgenden Mitteilungen ausgeführt werden sollen, zu denen sie im Sinne der Überschrift den Anlass gegeben haben.

Mit den sonderbaren Störungen verhält es sich wie folgt:

Bezeichnet man die beiden zu kreuzenden Arten mit A und B und ergibt die Verbindung $A \text{ ♂} \times B \text{ ♀}$ sowohl männliche als auch weibliche Falter in gleicher Zahl, also eine Geschlechtsproportion (GP) von $1 \text{ ♂} : 1 \text{ ♀}$, dann können in der Gegenkreuzung $B \text{ ♂} \times A \text{ ♀}$ die weiblichen Falter sich nicht entwickeln, weil die weiblichen Puppen oder schon die Raupen im Reife- oder in einem Frühstadium bereits absterben.

Indessen sind auch Hybriden von *Celerio*-Arten gezüchtet worden, die unter einer erheblichen Puppenzahl spontan einige wenige weibliche Falter ergaben, wie dies in der frühern Arbeit, Seite 265, für den Hyb. *tenerifana* gezeigt wurde.

FEDERLEY hat diese in verschiedenen Abstufungen sich zeigenden Fälle, wie er sie auch bei seinem *Pergesa*-Bastarden beobachtet hatte, als letale bzw. subletale (semiletale) bezeichnet. Eine Erklärung mit Skizze versuchte ich 1931, Seite 274, zu geben.

Anfänglich hielt man dieses seltsame Ereignis für ein Zeichen der Bastardschwäche oder sogar für eine Bastardkrankheit, da die erwachsenen Raupen unter argen Darmausscheidungen zu Grunde gingen, wie solche bei der berühmten Polyeder-Krankheit vorkommen, die bei den Bastardraupen, wenn auch selten, ebenfalls verheerend auftreten kann.

Ein *Celerio*-Hybrid, der hart an der Grenze der letalen Gruppe steht, und der sehr oft gezüchtet wurde und wird, immer in der angenehmen Hoffnung, dass doch einmal ein weiblicher Falter als Rarität schlüpfen werde, und der auch für die folgenden Untersuchungen verwendet wurde, ist der aus der Verbindung *C. galii* ♂ \times *C. euphorbiae* ♀, Abb. 1 und 2, stammende Hyb. *galiphorbiae* Denso, Abb. 3—8. Bis zum Jahre 1930 sind trotz den vielen Zuchten nur wenige weibliche Falter erhalten worden. BITINSKI, der sich als Chromosomenforscher besonders für die *Celerio*-Hybriden interessierte, konnte im ganzen in den Sammlungen und in der Literatur 6 Stück feststellen und schätzte die wirklich vorhandenen auf bloss etwa 10, denen aber tausende von Männchen und fast ebenso viele nicht geschlüpfte weibliche Puppen, d. h. im Puppenstadium abgestorbene Weibchen, gegenüberstehen.

Erklärung der Tafel

Fig. 1 *Cel. galii* ♂

Fig. 2 *Cel. euphorbiae* ♀

Fig. 3 *C. hybr. galiphorbiae* ♀
Bl. von *euphorbiae* ♀

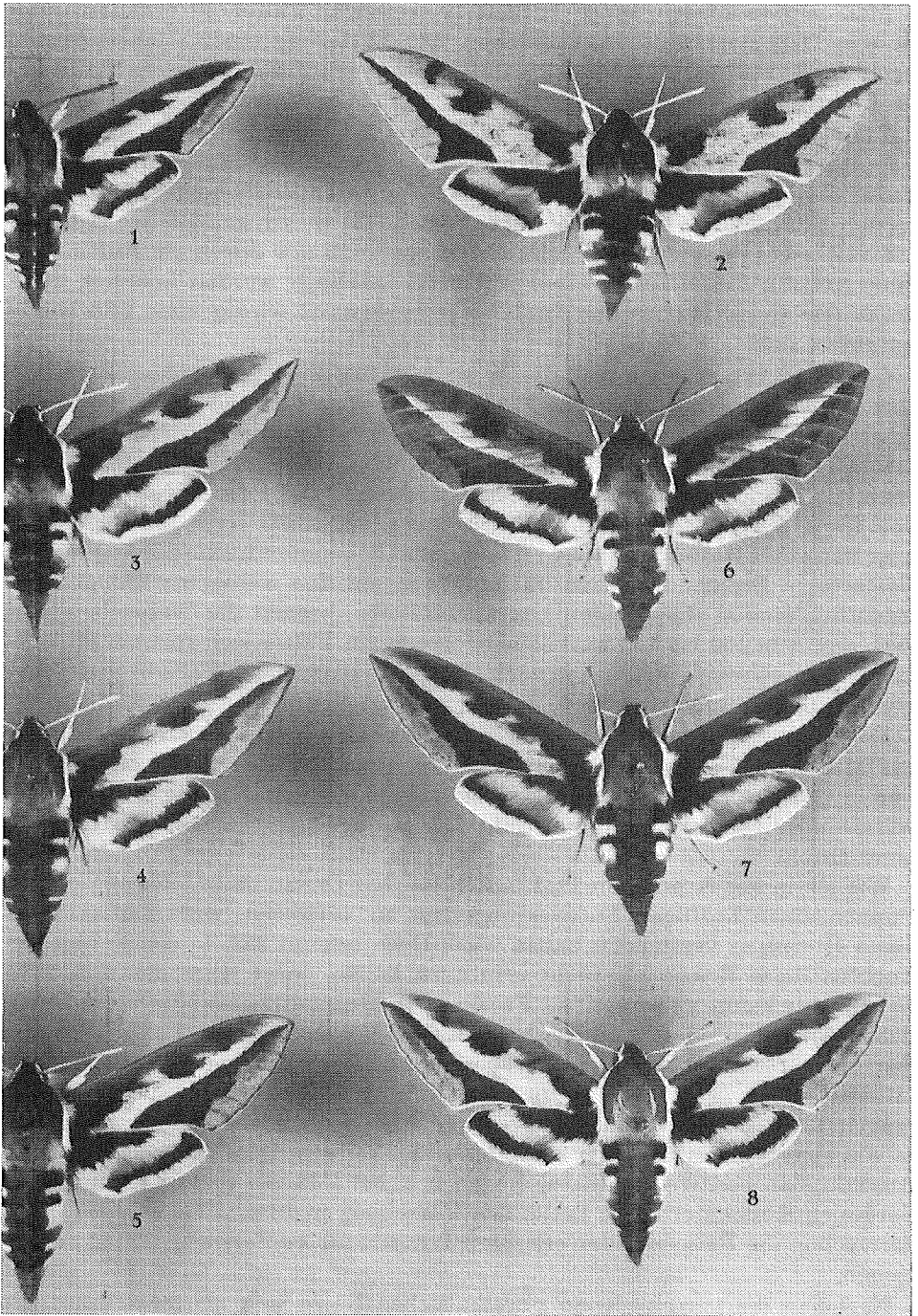
Fig. 4 *C. hybr. galiphorbiae* ♀
Bl. von *euphorbiae* ♂

Fig. 5 *C. hybr. galiphorbiae* ♀
Raupen in IV. Häutg. + 40° C

Fig. 6 *C. hybr. galiphorbiae* ♀
Mangan-Inj.

Fig. 7 *C. hybr. galiphorbiae* ♀
Bl. von hybr. *galiphorbiae* ♂

Fig. 8 *C. hybr. galiphorbiae* ♀
spontan geschlüpft



Man müsste sonach, um eventuell 10 weibliche Falter zu erhalten, mindestens 2000 Bastardraupen aufziehen. Die Fütterung einer solchen Anzahl nach der letzten (IV.) Häutung würde aber einen kaum geahnten Aufwand an Nahrung erfordern.

Zum Vergleich möchte ich die 1915 bis 1922 durchgeführten *A. paphiavalesina*-Zuchten anführen. Im Jahre 1917 waren 2000 Raupen, die kaum so gross sind wie die Raupen des Tagpfauenauges, aufzuziehen, die nach der letzten Häutung fast täglich 4 kg der grossen und fleischigen Blätter des Gartenveilchens (*Viola odorata*) erforderten, die auch nur durch die Auffindung eines grossen Bestandes in einer Gärtnerei beschafft werden konnten, demgegenüber die Blättchen der *Euphorbiae cyparissias* winzig klein und wenig ausgiebig sind.

Ganz anders verhalten sich die männlichen Puppen dieses Bastards. Ihre Entwicklung beginnt in der Regel durchwegs sofort und verläuft äusserst rasch und die Falter schlüpfen somit bereits im Nachsommer oder Herbst und machen sogar den Grundarten gegenüber eine schroffe Ausnahme. Die Männchen zeigen sich auch äusserst lebhaft und sind, wie Proben gezeigt haben, voll fertil. Von einer Bastardschwäche kann hier somit nicht die Rede sein, eher von einer Bastards t ä r k e, die mit dem bekannten Luxurieren gewisser Bastarde in Beziehung stehen dürfte. Wenn mit den weiblichen Puppen gelegentlich einmal einige männliche überwintern, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass von 100 bis 150 weiblichen Puppen ein Falter sich spontan entwickeln wird, während die übrigen noch einige (im extremsten Falle 6) mal überwintern und dann absterben.

Es ist selbstverständlich, dass die vielen Züchter dieses Bastards von jeher auf Mittel und Wege sann, um diese stockende Entwicklung anzufachen und in Gang zu bringen und naturgemäss lag nichts näher als sie einer Dauerwärme oder Dauerhitze auszusetzen; alle dergleichen Versuche waren aber ohne Erfolg.

Wie ich in der Arbeit von 1931 berichtete, hat DENSO vorgeschlagen, diesen Puppen einen kräftigen Entwicklungsstoss zu versetzen, worunter er wohl einen Hitzestoss verstanden haben wird. Doch scheint sich in seinen eigenen Zuchten diese Erwartung nicht erfüllt zu haben, sonst wäre dies um 1930 BITINSKI bekannt geworden. — FEDERLEY in Helsingfors wandte nach brieflichen Mitteilungen bei seinen letalen respektiv subletalen *Pergesa*-Hybriden die verschiedensten Reize, insbesondere physikalischer Natur an, aber umsonst. Nach Erscheinen meines Berichtes 1931 war ich versucht, diesem heikeln aber reizenden Problem eventuell auch nachzugehen, in der Meinung, es von einer andern Seite her erschliessen zu können. Dasselbst machte ich im Anschluss an positive Resultate, die ich u. a. bei *Vanessa urticae-ichnusa* von Sardinien-Korsika erhalten hatte, den Vorschlag, nicht erst die Puppen, sondern schon die Raupen unter erhöhter Temperatur von etwa + 35° C aufzuziehen.

Nachdem die verschiedenen physikalischen Reize sich als unwirksam erwiesen hatten, blieb noch der chemische Weg offen und da lag es um

jene Zeit sozusagen in der Luft, an sogenannte Wirkstoffe oder Hormone zu denken, wie solche bereits im Tier- und Pflanzenreiche als Anreger des Wachstums mit Erfolg verwendet worden waren, also Thyroxin und Follikulin, zumal das letztere sozusagen als ein Urhormon gelten konnte.

Mehrfache Proben mit Follikulin (wässrige Lösung) und Thyroxin zeigten indessen keine Wirkung, es war nur sehr auffallend, welche hohen Dosen von Thyroxin vertragen wurden; eine Bestätigung hierfür fand ich später in dem 1938 erschienenen Sammelbericht von TH. V. D. WENSE: «Innere Sekretion bei wirbellosen Tieren», worin u. a. Versuche von E. ABDERHALDEN in Halle mit *Euphorbiae*-Raupen angeführt sind. Dortselbst ist auch mitgeteilt, dass v. BUDDENBROCK bei Raupen ein Häutungshormon nachgewiesen hat. Wenn noch nicht erwachsenen Raupen Blut von verpuppungsreifen injiziert wurde, so begannen sich die erstern auch zu verpuppen. Das Resultat ist zwar anfänglich etwas angezweifelt worden, dürfte aber gesichert sein, zumal von Herrn Prof. HADORN (1939) ein Hormon bei einer Fliege bestimmt nachgewiesen worden ist.

Ich möchte im Anschluss hieran nicht unterlassen, hier zwei Beobachtungen mitzuteilen, die ich vor vielen Jahren zu machen Gelegenheit hatte, dass nämlich Parasitismus in dem eben genannten Sinne zu wirken, d. h. Fröhreife bei Puppen auszulösen vermag:

1. Eine grosse Anzahl Raupen von *Vanessa polychloros* scharte sich zur letzten Häutung, wie üblich, zu einem Klumpen zusammen; eine einzige kroch nach etwa einer Stunde, als alle schon ruhig geworden, aus dem Klumpen heraus, begab sich an die Decke, spann sich dort fest und verwandelte sich in ein «Püppchen», aus dem ich als grösste Seltenheit einen winzig kleinen Falter erwartete. Aber eines Tages zeigte eine Flügelscheide einen Riss, von dem ein eingetrockneter Schleimfaden bis auf den Boden hinunterlief, woselbst eine Fliegenlarve lag. Der Schmarotzer hatte also die Raupe bereits in einem Vorstadium zur Verpuppung gebracht.

2. Während die Puppen des Segelfalters (*Pap. podalirius*) in der Sommergeneration grün sind, wie das grüne Laub, sind die Puppen der Wintergeneration dunkelbraun, wie die dürren Blätter. Diese scharfe Sonderung besteht bei unserem Schwalbenschwanz (*Pap. machaon*) nicht; im Sommer sind sie zumeist grün; bei den Winterpuppen finden sich graue, weiss-schwarz gestreifte und grüne. Unter mehreren Sendungen von Winterpuppen aus dem Auslande fanden sich einige hundert, die parasitiert, d. h. von einer grossen Schlupfwespenlarve bewohnt waren und alle diese Puppen waren grün gefärbt. Der Parasitismus hatte sonach die grüne Färbung der sich schnell entwickelnden Sommergeneration ausgelöst und anscheinend geschah dies in diesem, wie im vorigen Falle, auf hormonalem Wege.

Beschaffung, Beurteilung und Verwendung des Materials

Das Puppenmaterial musste zumeist vom Ausland bezogen werden; eigene Zuchten waren bei dem spärlichen Vorkommen der *Euph. cyparissias* bei

Zürich ganz besonders infolge des Anbaues während und nach der Kriegszeit kaum mehr möglich. Neben Puppen des Bastards waren auch solche der beiden Grundarten als gelegentliche Spender vorrätig zu halten. Verschiedene Umstände bereiteten Schwierigkeiten und verhinderten die Versuche auf längere Zeit. Dazu zwang die ungewöhnliche Langlebigkeit dieser Puppen zu einem langen Warten auf das Endresultat. Im Sommer 1943 wurden die schon erwachsenen Raupen einer *galiphorbiae*-Zucht von einer perakut verlaufenden Polyeder-Krankheit (mikroskopisch nachgewiesen) innert wenigen Tagen restlos vernichtet. Einmal erwies sich eine kleine Zahl besonders grosser weiblicher Puppen als parasitiert, im Frühjahr schlüpfen aus ihnen Fliegenlarven, obgleich der Züchter alle Vorsicht auch beim Futterwechsel angewandt zu haben glaubte.

Leider konnte auch der Thermostat in den Übergangszeiten besonders im Herbst infolge der kriegsbedingten Gassperre nicht gebraucht werden.

Ab 1948 hat Herr HERMANN MEYER in Wangen bei Dübendorf als gewandter Hybridenzüchter, versehen mit Warmhaus, elektrischem Thermostat und gutem Wolfsmilchbestand, vielfach mitgewirkt, als vom Auslande her fast kein Material mehr zu bekommen war.

Hinsichtlich der *Z e i t*, in der die gedachte Prozedur vorgenommen werden sollte, ob *v o r* oder erst *n a c h* der Überwinterung, hatte man sich ganz nach den *S p e n d e r n* zu richten und diese schienen dann geeignet, sobald ihre Augen sich zu verdunkeln begannen (was bei den meist hellfarbigen im durchfallenden Lampenlicht leicht zu erkennen war), und weiter in den nächstfolgenden Tagen, denn es war anzunehmen, dass diese Verdunkelung als erstes sichtbares Zeichen der beginnenden Entwicklung das Auftreten des entsprechenden Hormons anzeige. Bei den Hybriden *galiphorbiae* waren somit die eigenen Bastardmännchen bereits im Herbst oder sofern einige Männchen mitüberwinterten im nächsten Sommer, etwa im Mai und Juni, zu verwenden.

Die *T e c h n i k* dieser Blut- oder Hämolymphe-Übertragung, die man als *T r a n s f u s i o n* bezeichnen kann, war eine einfache, nur musste dafür gesorgt werden, dass sie steril ausgeführt wurde. Die Empfänger- und Spenderpuppen wurden zunächst mit warmem Wasser abgespült, um den anhaftenden Staub zu entfernen, dann zwischen Zellstofflagen leicht gerollt, um sie zu trocknen und die beiden Sorten streng getrennt in reine Petrischalen gelegt.

Als Einstichstelle in die Chitinschale wurde beim Empfänger auf der rechten Seite jenes Segment, auf dem die Flügelenden aufliegen, zwischen dem Flügelrande und dem Stigma, beim Spender die Scheitelstelle über dem Kopfe, gewählt. Mit einem kleinen Jodtampon wurde die genannte Stelle und ihre nähere Umgebung bestrichen und hernach mit einem mit Alkohol befeuchteten Tampon abgewischt. Mit der Injektionsnadel Nr. 14 wurde am Scheitel der narkotisierten Spenderpuppe ein Stich angebracht und das aus der kopfübergehaltenen Puppe austretende klare hellgrüne Blut mit einer stumpfen, fast waagrecht gehaltenen Tuberkulinspritze (altes Modell mit blauem Stempel) aufgenommen. Erst jetzt wurde die feinste vorhandene

Nadel Nr. 20 auf den Spritzenkonus aufgesetzt und an der genannten Stelle der waagrecht gehaltenen Empfängerpuppe etwas schräg nach vorn in die harte Chitinschale, nicht in die weiche Gelenkhaut, eingeschoben, und, um den Darm nicht zu verletzen, etwas dorsal gegen den Thorax geführt und langsam injiziert. Die kleine Stichöffnung wurde, wenn nötig, mit Zellstoff getrocknet und mit einem Tropfen Kollodium verschlossen.

Die Tuberkulinspritze ist so geteilt, dass ein Strich ziemlich genau einem Tropfen, gemessen an der Nadel Nr. 20, entspricht; in jede Puppe wurden 3 bis 5 Striche gegeben. Ein Spender konnte in den ersten Tagen nach begonnener Verdunkelung der Augen für 2 bis 4 Empfänger genügen; später wurde die Menge sehr gering und infolge ihrer Dickflüssigkeit unbrauchbar.

Da damals bereits bekannt war, dass Hormone selbst in hoher Verdünnung noch zu wirken vermögen, glaubte ich, mit der zunächst bloss gefühlsmässig gewählten Dosis das Richtige getroffen zu haben.

Ausser den Bastardmännchen haben sich auch die Puppen beiderlei Geschlechts der Grundarten als ungefähr gleichwertige Spender erwiesen, dagegen weit weniger die Puppen anderer *Celerio*-Arten, oder gar solcher anderer Gattungen, und das Blut weit entfernt stehender Arten, wie z. B. von Tagfaltern (*Pyr. atalanta*, *Vanessa urticae*, *io*) die natürlich zufolge ihrer Kleinheit auch eine geringere Menge Hormon enthalten, hatten in den obigen Dosen keinen Erfolg und bei grösserer Injektionsmenge (6 bis 10 Teilstriche) wirkte es direkt toxisch, die Puppen wurden nach wenigen Stunden schwarz und starben ab, was möglicherweise damit zusammenhängt, dass von der Raupennahrung, der Brennessel, stammende Stoffe in der Puppe vorhanden sind, die auf den Empfänger schädlich wirken.

Bemerkenswert war das Verhalten der Spender: Füllte ich sie mit Blut etwa einer schadhafte Puppe einer Grundart oder mit wenig Blut und zum grossen Teil mit physiologischer Kochsalzlösung wieder auf, entwickelten sie sich meistens weiter und ergaben einen lebhaften Falter.

Der erste Versuch von 1937 bis 1939 hatte ein überraschendes Resultat (16 weibliche Falter = 28 %), ergeben. Es scheint mir indessen wahrscheinlich, dass die betreffenden Puppen eine gewisse Neigung zur Entwicklung besaßen, weil mit den weiblichen Puppen auch eine kleine Zahl männlicher überwinterte. Indessen war die Zahl 16 so hoch, dass sie durch die blosser Neigung ohne die Hormongabe wohl nicht verständlich wäre, denn von 25 Kontrollpuppen, die ich für die nächsten 2 Jahre aufbewahrte, schlüpfte spontan nur ein Falter (= 4 %), die andern 24 zeigten dagegen weiter keine Entwicklung und starben bis zum dritten Jahre ab.

Ogleich ich mich bei diesen Untersuchungen mit keiner weitem Vererbungsfrage, sondern einzig mit dem Ziele befasste, ob diese zum Tode bestimmten Puppen zum Leben gebracht werden könnten, entschloss ich mich in Anbetracht der erheblichen Zahl geschlüpfter Weibchen, einem Wunsche BRINSKI's nachzukommen. Er hatte diese so seltenen Weibchen als *A u s s e r n a h m e w e i b c h e n* bezeichnet und an die Züchter einen Aufruf erlassen, bei sich irgend bietender Gelegenheit ein solches Weibchen mit dem Männ-

chen einer Grundart zurückzukreuzen, weil er sich davon die Lösung einer Vererbungsfrage versprach. Da um jene Zeit gerade einige frischgeschlüpfte Männchen von *euphorbiae* und *galii* zur Verfügung standen, setzte ich im Laufe einiger Tage 8 Weibchen zu den Männchen in den Flugkasten; es kam aber zu keiner Kopula. Dieses sonderbare Versagen fand seine Aufklärung darin, dass diese Weibchen, wie die nach ihrem Absterben vorgenommene Kontrolle zeigte, ganz steril waren. Sie enthielten keine Eier im Leibe, und so hatte ich die wertvollen Weibchen umsonst geopfert. Bei ihnen war ein eventueller Eiervorrat durch leichte Pressung des Hinterleibes, wie dies 1922 bei dem Hybriden-*euphaës*-Weibchen so leicht gelang und damit schlagartig eine wichtige Entscheidung ermöglichte, nicht festzustellen und eine stärkere Pressung erschien unerlaubt, weil die Eiröhren hätten verletzt werden können. Auch die Wasser- oder Schwimmprobe der reifen Puppen vermochte hier nicht zu entscheiden; frische Celeriopuppen tauchen im lauwarmen Wasser unter, aber schon nach wenigen Wochen bleiben sie an der Oberfläche.

Hatte sich die angewandte Dosis beim ersten Versuche als ausreichend erwiesen, erschien sie bei spätern vielfach zu niedrig; die Puppen entwickelten sich zwar, wie an der Verdunkelung der Augen zu erkennen war, und die Entwicklung ging weiter, verzögerte sich aber deutlich und blieb schliesslich auf halbem Wege stecken. Die Dosis musste also erhöht werden. Dies ging bis zu etwa 8 Teilstrichen; bei 10 Strichen stellten sich bereits Störungen ein, die auf Raumbeengung zu beruhen schienen, so dass dem Empfänger vorher eine entsprechende Menge seines Blutes entzogen werden musste, um Platz zu schaffen. Herr MEYER, der ab 1948 auf meinen Wunsch auch solche Injektionen vornahm, ging darin möglichst weit und mit Erfolg. Es ist anzunehmen, dass eine normale Puppe zu ihrer vollen Entwicklung das gesamte von ihr produzierte Hormon für ihre Entwicklung benötigt. Andererseits hat der erste Versuch und haben auch spätere Versuche gezeigt, dass auch geringe Mengen die Entwicklung ermöglichen und dass Spender nach der Blutentnahme mit dem verbliebenen Rest unter geringer Nachhilfe ihre Entwicklung fertig bringen.

Die Zeit der Entwicklung bis zum Schlüpfen schwankte individuell ganz bedeutend von 3 Wochen bis zu 20 Monaten.

Im Jahre 1946 wurden die Raupen eines von mir erhaltenen Eigeleges auf meinen Wunsch von Herrn RÜTTIMANN in Huttwil und Herrn MEYER in Wangen bei Dübendorf in Thermostaten bei erhöhter Wärme von etwa $+36^{\circ}$ C aufgezogen, was allerdings eine etwas umständliche Arbeit erforderte. Im Herbst konnte ich alsdann mehrere Weibchen mit dem Blute ihrer eigenen Bastardmännchen versehen. Während der Überwinterung spielte dann aber die Tücke der Witterung übel mit. Nach vorausgegangenen Nachttemperaturen von etwa -10° C sank in zwei aufeinanderfolgenden Nächten die Temperatur auf -15° C. So tiefen Frost ertrugen viele der Bastardpuppen nicht und gingen ein; die besser geschützten zeigten späterhin vielfach Anläufe zur Entwicklung, vermochten dann aber diese infolge einer durch den Frost erlittenen Schwächung nicht durchzuführen. Immerhin schlüpfen 2 Falter. —

Früher wurde von den Züchtern gewarnt, solche Bastardpuppen überhaupt dem Frost auszusetzen. Ich habe 1938 und später nach mehrtägigem Frost von -6° C keinen Schaden gesehen und weitere Erfahrung zeigte, dass -10° C die äussere Grenze sein dürfte.

Ein Experiment im gleichen Sinne wurde von mir vorgenommen; es wurden 10 Raupen in der letzten (IV.) Häutung $1\frac{1}{2}$ Stunden lang einer Temperatur von $+40^{\circ}$ C ausgesetzt. Aus den erhaltenen Puppen schlüpften 2 Falter, von denen einer etwas lädiert war, der andere dagegen sogar eine kleine Anzahl Eier enthielt (Abb. 5).

Neben den Transfusionen wurden wiederholt auch Injektionen von *organischen* Substanzen vorgenommen, von denen sich nur das *Mangan* als wirksam gezeigt hat; von einer 1%igen Lösung von Kaliumpermanganat wurde mit der Spitze 1 Teilstrich aufgenommen in einer 2-cm³-Ampulle mit aq. bidest. gemischt und hiervon 2—4 Teilstriche in gleicher Weise wie bei der Blutübertragung injiziert; die Wirkung war auch annähernd die gleiche. Manche Puppen entwickelten sich bloss zur Hälfte, andere bis zur Ausfärbung des Falters und zwei ergaben einen Falter, während ein kleiner Rest ohne zu reagieren nach und nach abstarb. Abb. 6 zeigt einen solchen Manganfalter. Das Mangan hatte sich hier, wenn man so sagen darf, fast wie ein metallisches «Hormon» ausgewirkt.

Ein Vergleich der verschiedenen Versuche erlaubt die Annahme, dass mit dem Blute ein Entwicklungshormon übertragen wurde, so dass auch bei diesen Kleintieren das *VENZMERSCHE* Wort gilt: «Deine Hormone Dein Schicksal.»

Erst im Sommer 1950 kam als kleine Überraschung in den *MEYERSCHEN* Zuchten eine Wendung:

Von Herrn Dr. *THOMANN* in Landquart hatte ich eine von einer erwachsenen Freilandraupe stammende männliche *galii*-Puppe erhalten; den frisch geschlüpften Falter übergab ich Herrn *MEYER*, der zufällig gerade ein geschlüpftes *euphorbiae*-Weibchen aus einer Nachzucht der andalusischen oben tief karminrot gefärbten ab. *grentzenbergi* im Flugkasten hatte; es kam am gleichen Abend zu einer Kopula. Die Zucht der Raupen verlief ungestört und ergab 29 ♂♂ und 27 ♀♀ Puppen, und nun zeigte sich das sonderbare und meines Wissens bisher nicht beobachtete Verhalten, dass von den männlichen Puppen keine vor der Überwinterung schlüpfte, sondern alle mit den weiblichen überwintereten. Herr *MEYER* übergab mir 12 dieser Puppen, an denen mir eine ungewöhnliche Färbung auffiel: Hinterleib, Rücken und Thorax waren dunkelbraun gefärbt, Nacken, Kopf, Brustteil und besonders die Flügelscheiden waren dagegen fast einfarbig hellgrün; es fehlte ihnen die besonders von *euphorbiae* her bekannte feine, dunkelbraune bis schwärzliche Querstrichelung oder Sprenkelung (sogenannte Sperberzeichnung). Nachdem ich aber den weiblichen Puppen Hormonblut gegeben, begann sich die unterbliebene dichte Sprenkelung einzustellen, ein Zeichen dafür, dass die Injektion die Entwicklung angeregt hatte.

Diese weiblichen Puppen zeigten, wie erwartet worden war, eine sichtliche Neigung zur Selbstentwicklung. Herr *MEYER* erhielt von seinen 15 Pup-

pen, denen er allerdings 5—8 Teilstriche Blut der Bastardmännchen gegeben hatte, vom Sommer 1951 bis im Dezember 8 Falter. Von meinen 12 Puppen entwickelte sich die eine sehr langsam, färbte sich aus, schlüpfte aber nicht. Bei einer zweiten verlief die Entwicklung ungewöhnlich rasch bis zur Ausfärbung, dann gab sie aber kein Lebenszeichen mehr von sich, und als nach zwei weiteren Tagen trotz ausgestrecktem Hinterleib der Falter immer noch nicht geschlüpft war, nahm ich sie in die geschlossene Hand und hauchte mehrmals warme Luft hindurch, wie man dies zur Qualitätsprüfung bei *Celerio*-Puppen zu tun pflegt, aber es erfolgte nicht die geringste Reaktion und enttäuscht legte ich sie in den Behälter zurück. Als ich etwa 10 Minuten später nach ihr sehen wollte, war sie zu meiner Überraschung leer und im Gazedach saß der Falter (Abb. 8). Die übrigen Puppen überwinterten.

Ich führe dieses Vorkommnis hier an, weil es sich nicht selten ereignet, dass ausgefärbte und schlüpfertige Bastardfalter gegen alle Erwartung doch nicht schlüpfen, sondern regungslos in der Puppenschale liegen bleiben und absterben.

In der MEYERSchen Neuzucht eines *Celerio*-Hybriden traf dieses Versagen bei sämtlichen weiblichen Puppen ein; auch bei normalen Arten ist diese Störung ab und zu zu beobachten.

Man könnte versucht sein, anzunehmen, dass sogar ein besonderes Schlüpfhormon besteht, das in den genannten Sonderfällen nicht zur Wirkung gelangte, aber durch einen mässigen Wärmestoss eventuell aktiviert werden kann.

Mit den hier mitgeteilten Ergebnissen ist die *galiphorbiae*-Frage noch nicht erledigt; sie bilden vielmehr eine Vorarbeit und können dem, der sich weiter damit befassen möchte, manchen interessanten Aufschluss und wertvollen Hinweis geben. Die in den verschiedenen Versuchen erhaltenen Weibchen sind nun keine Ausnahmeweibchen mehr, die *galiphorbiae*-Frage ist durch sie, wie auch mit der am Schlusse besprochenen Zucht in ein neues Stadium gelangt und es werden im weiteren die Gründe für diese Verschiebung nachgewiesen werden können.

Schlusswort

Ich habe an dieser Stelle meinen besondern Dank auszusprechen dem Kuratorium der Claraz-Schenkung der Universität Zürich für den Ersatz der gehabten Auslagen, wodurch diese Untersuchungen wesentlich erleichtert wurden.

Weiter habe ich zu danken Herrn RÜTTIMANN in Huttwil und Herrn HERMANN MEYER in Wangen bei Dübendorf für ihre vielfache Mithilfe in Hybridenzuchten und für die Überlassung des entsprechenden Puppenmaterials.

Mitteilungen

Der Abfall der Atomwärme bei tiefer Temperatur als Vorlesungsversuch¹⁾

Von

KLAUS CLUSIUS, Zürich

(mit 2 Abbildungen im Text)

1. Der von WALTER NERNST und seinen Mitarbeitern 1910 entdeckte Abfall der spezifischen Wärme aller festen Körper bei tiefen Temperaturen gehört zu den Tatsachen, die sich als eine Konsequenz der Quantentheorie herausgestellt haben. NERNST regte damals die von EUCKEN ausgearbeitete Methode des Vakuumkalorimeters an, um den Verlauf der wahren spezifischen Wärmen exakt zu messen. Dabei dient der Versuchskörper selbst als Kalorimeter, dem man eine bestimmte elektrische Energiemenge als JOULEsche Wärme zuführt. Die dadurch hervorgerufene Temperaturerhöhung misst man mit einem Widerstandsthermometer oder Thermolement. Man kann dieses Verfahren zu einem Vorlesungsversuch ausgestalten, der den verschiedenen schnellen Abfall der Atomwärme der Metalle anschaulich zeigt, wenn man die elektrische Temperaturmessung durch ein Gasthermometer ersetzt.

Sehr geeignet ist das unterschiedliche Verhalten von Eisen und Blei für diesen Versuch, deren Atomwärme als Funktion der Temperatur auf Abb. 1 wiedergegeben ist. Bei Zimmertemperatur hat das Blei eine Atomwärme von $6,28 \text{ cal/g-Atom}^\circ$, das Eisen eine solche von $5,80 \text{ cal/g-Atom}^\circ$; beide Elemente weisen also nahezu den Dulong-Petitischen Wert für die Atomwärme auf. Dagegen beträgt bei der Temperatur der flüssigen Luft, d. h. etwa 85° K , die Atomwärme des Eisens nur $2,22 \text{ cal/g-Atom}^\circ$, während die des Bleis nur wenig, nämlich auf etwa $5,81 \text{ cal/g-Atom}^\circ$ abgesunken ist. Führt man je einem Grammatom der Metalle dieselbe elektrische Energiemenge bei Zimmertemperatur zu, so steigt ihre Temperatur praktisch gleich schnell an. Wiederholt man jedoch den Versuch, nachdem die Probekörper mit flüssiger Luft abgekühlt worden sind, so muss die Temperatur des

Eisens um $\frac{5,81}{2,22} = 2,62$ mal schneller steigen als die des Bleis, da seine Wärmekapazität im genannten Verhältnis abgenommen hat.

2. Abb. 2 zeigt ein Schema der Versuchsanordnung. Die als Gasthermometer hergerichteten Probekörper Pb und Fe hängen an dünnen Neusilber- oder Stahl-Kapillaren in zwei Behältern B_1 und B_2 aus Messing, die zur Verminderung der Wärmezufuhr oben zweckmässig in Neusilberrohren R_1 und R_2 enden. Auf eine Evakuierung der Behälter wird für Demonstrationszwecke der Einfachheit halber verzichtet, was bei der Einhaltung bestimmter Grössenverhältnisse durchaus möglich ist. Jede Stahlkapillare führt zu einem gläsernen T-Stück, das einerseits in einem Hahn endet, andererseits mit einem mit gefärbtem Wasser gefüllten Manometer (M_1 und M_2) mit grober Skala verbunden ist. Zweckmässig kommunizieren beide Behälter ebenso wie die Gasthermometer über Chlorkalziumrohre mit der Aussenluft, damit keine Feuchtigkeit eintritt. Die Hähne der Manometer dürfen nur während des Versuchs geschlossen werden; sonst sind sie stets offen zu halten, damit nicht bei der Abkühlung die Manometerflüssigkeit in die Kapillaren eingesogen, bzw. bei der Erwärmung nach dem Versuch aus dem Manometer herausgedrückt werden kann.

Da die Atomvolumina von Blei ($18,3 \text{ cm}^3$) und Eisen ($7,1 \text{ cm}^3$) recht verschieden sind, die Gasthermometer aber ein gleich grosses Volumen haben müssen, fallen die Dimensionen der beiden Versuchskörper unterschiedlich aus. Der Bleizylinder ist aussen 60 mm lang bei 27 mm Durchmesser, der Eisenzylinder 54 mm bei 25 mm Durchmesser. Die als Gasthermometer dienenden zylindrischen Höhlungen haben bei 50 mm Länge 22 mm Durchmesser und sind symmetrisch zu den Aussendimensionen angeordnet. Der Bleizylinder wird aus einem passenden Gussblock gedreht und ein Bleideckel mit

¹⁾ Vorgeführt in der Physikalischen Gesellschaft Zürich am 17. Februar 1950.

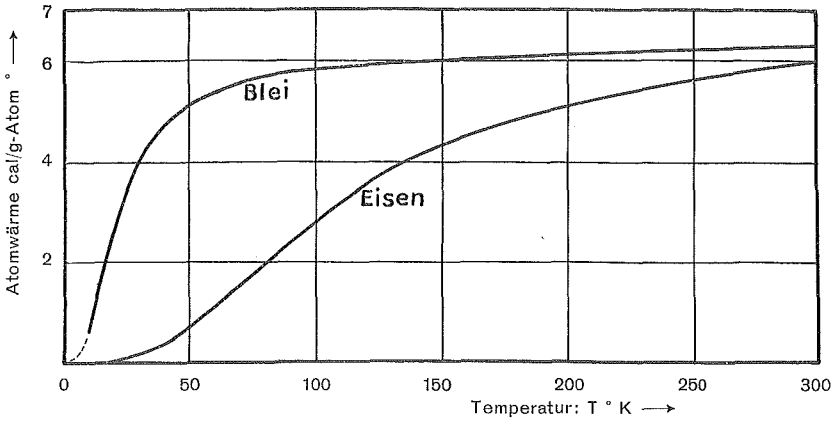


Abb. 1 Verlauf der Atomwärme von Blei und Eisen unterhalb von Zimmertemperatur.

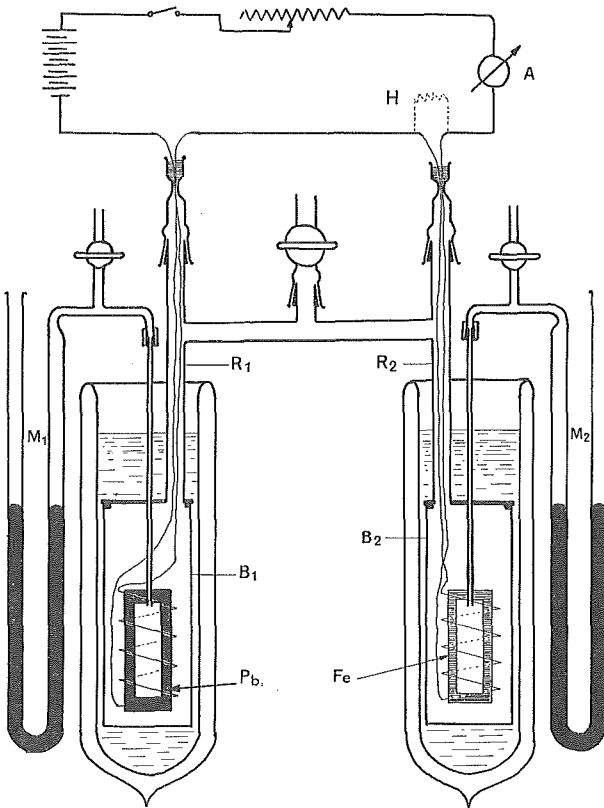


Abb. 2 Schema der Anordnung zur Demonstration des stärkeren Abfalls der Atomwärme des Eisens verglichen mit dem von Blei.

Korrigenda

Im Beiheft 2 «Die Pflege der exakten Wissenschaften im alten Zürich» sind nachstehende Korrekturen im Text und Namenverzeichnis vorzunehmen: S. 3 «Dr. WERNER SCHNYDER» statt Dr. WALTER SCHN.; S. 65 (auf

Grund einer freundlichen Mitteilung von P.-D. J. J. BURCKHARDT) «JOHANNES BERNOULLI (1667—1748)» statt (1710—1790); S. 67. «NIC. und JAK. BERNOULLI» statt NIC. und JOH. B. EMIL J. WALTER.

The Geographic Distribution of Air Masses in North America

By

DIETER H. BRUNNSCHWEILER (Madison, Wis./Zürich)

(with 3 figures)

Introduction

The well-known "climatic systems" have, as a rule, in common that they are based upon mean values of main climatic elements such as temperature and precipitation. In spite of the fact that our knowledge of atmospheric conditions has been considerably enlarged since the period of "classical climatology" there was made no attempt to incorporate the results of recent meteorological investigations into climatological research.

The concept of the air mass, for instance, has not yet found its appropriate place in climatology. It is true that the analysis of air masses is entirely involved in the studies of the meteorologists. Nevertheless, since the surface of the earth—the geographer's laboratory—plays a decisive rôle in the formation of air masses it is a matter of first importance to Geography to concern itself with the object.

Recently climate has been defined as the normal succession of weather situations. Weather, however, is a natural sequence of the air mass regime; consequently we may specify the above definition as follows: "Climate is the result of the frequency and the efficiency of individual air masses over a particular region."

With such a definition in mind it should be a worth-while undertaking to set about a task for a new solution of the problem of climatic classification. Therefore, in this study which focuses North America only, regions have been established whose limits represent summations of air mass boundaries and whose core areas have a climate dominated by a specific type of air mass regime. The question is raised whether or not the following investigation might suggest another approach toward a more dynamic climatology.

Method of Investigation

In the preparation of the maps in this paper the following procedure was adopted.

The actual daily position of each air mass boundary derived from daily weather maps¹⁾ was plotted on an outline map of North America. There were considered the three winter months (December, January, February) and the three summer months (June, July, August) over the period 1945—1949. Thus a total of fifteen maps for each season was compiled. From these thirty maps two maps were drawn up (one for each season) indicating the distribution and tendencies of expansion of the various air masses.

It has proved inappropriate to determine one "average" position of the different air mass boundaries, the minimum and maximum expansion lines being 1000 miles apart in places. Therefore, I preferred to set up zones of varying prevalence. The narrower the zones, the more truly they represent, however, normal frontal positions.

The following three zones have been established.

1. Regions dominated by an air mass at least 80 % of the days during the season concerned. (Source Regions in Fig. 1 and 3, encircled by the 80 % isarithm).

2. Regions in which the particular air mass prevails 20—80 % of the period (Conflict Regions, if two or more air masses occur; circumscribed by the 80 % and 20 % isarithms respectively).

3. Regions invaded by the particular air mass only occasionally, i. e. less than 20 % frequency. (The 1 % isarithm has been omitted to avoid confusion.)

So far as the distinction of the air masses is concerned some generalizations were necessary. Thus, designations as N, k and w have been omitted. Moreover, the air masses were considered as having horizontal uniformity only, i. e. the upper levels have not been included in plotting the discontinu-

¹⁾ Sources of data for this study were: The Daily Weather Map of the USWB, The Daily Weather Map of the Weather Bureau in Madison, Wis. and a set of Historical Weather Maps published by the USWB, Washington.

Air Mass Distribution in Winter (Dec., Jan., Feb. 1945–1949)

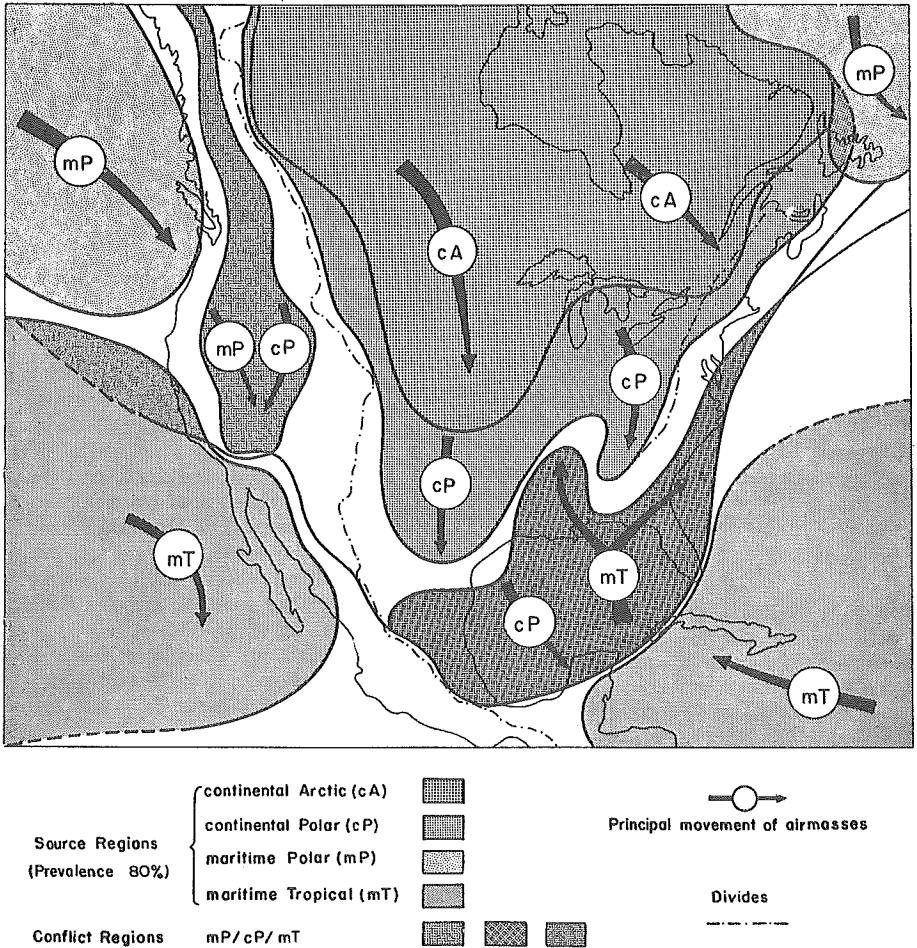


Fig. 1

ity. In Fig. 3, 13 representative stations have been selected which show different air mass regimes in the United States. The percentage of each air mass at these stations is shown for summer and winter.

Air Mass Distribution in Winter (Fig. 1)

The fact that the North American continent lacks a latitudinal mountain barrier seems to induce an unrestrained air mass interchange along a longitudinal axis. Con-

sequently it is to be expected that outbreaks of arctic and polar air will move across the Canadian plains, into the Middle West, and uniformly southward to the Gulf of Mexico. Moreover, the mountain systems in the west and the east may have a funneling effect upon the advance of northern air masses.

The map of winter air mass distribution, however, shows very strikingly that this southward expansion does not take place uniformly.

Instead of paralleling lines of latitude, the 80 % isarithms of both cP and cA air masses extend southward in two large tongues.

These lie very distinctly over the western half of the Mississippi valley as if they represented a cold wave in two phases of its development. A minor southward extension is visible over the southern Appalachians. Thus, a marked indentation is formed over the lower Mississippi valley with northerly flow of mT air masses. This causes the extension of the 20 % isarithm of mT air masses as far north as Memphis (Tennessee) and, east of the Appalachians, approximately to Cape Hatteras.

The "station-models" of Jacksonville and San Antonio indicate the different influence of the two main counteracting air masses in winter (see Fig. 2).

	San Antonio (Texas) (29° 30' NL)	Jacksonville (Fla.) (30° 30' NL)
cP	78 % (!)	62 %
mT	12 %	29 %
N	10 %	9 %

For New Orleans, lying at the base of the mT tongue and in the same latitude, the respective numbers are 55 % cP and 36 % mT.

Undoubtedly the most stationary air mass boundary which is not affected by the configuration of the earth's surface lies across the Florida peninsula. Here, the polar front can truly be spoken of as having a position between 25° and 30° NL, stretching from south-west to north-east. In many cases the polar front is even more localized over the central part of the peninsula within a strip of about 100 miles (e. g. in December 1948 the polar front was quasistationary between Fort Meyers and Melbourne on 12 days of the month). Thus it is characteristic that even powerful outbreaks of cP air reach Central America before coming to the Straits of Florida, if indeed they penetrate that far.

As a consequence of the dominance of cP and cA air masses over the land mass of North America in winter, air mass conflict regions (see definition pag. 2) are restricted to two large zones: the "Gulf conflict zone" and the "Great Basin conflict zone". The former is limited on the north side by the previously described 20 % isarithm of mT air, and on the tropical side by the 20 %

isarithmetic of cP air which encircles the Gulf of Mexico. The boundary line of the Great Basin conflict region is formed by the 20 % isarithms of both cP air masses and mP air masses of the Pacific. This latter is a typical orographically influenced air mass boundary representing a marked gradient in air mass frequency. (In several months the mP front lay along the Pacific coast north of 40° NL on 90—95 % of the days.) A sharp decrease in the prevalence of mP air masses can be observed as soon as we reach the continent leeward of the coastal islands. Thus, Seattle lies outside of the source region, having 71 % mP-days, whereas the west side of Vancouver Island is clearly included by the 80 %-mP isarithm. On the other hand, the 20 %-mP isarithm is representative of the steep gradient of invading mP air masses which occurs along the Continental divide. In turn, the Cascades and the Sierra Nevada restrain the cP air masses from penetrating to the Pacific coast. The Wasatch Mountains act in the same sense upon mP air masses. Consequently, the areas shown in white on Fig. 1, coinciding with the mountain ranges, are distinct air mass divides.

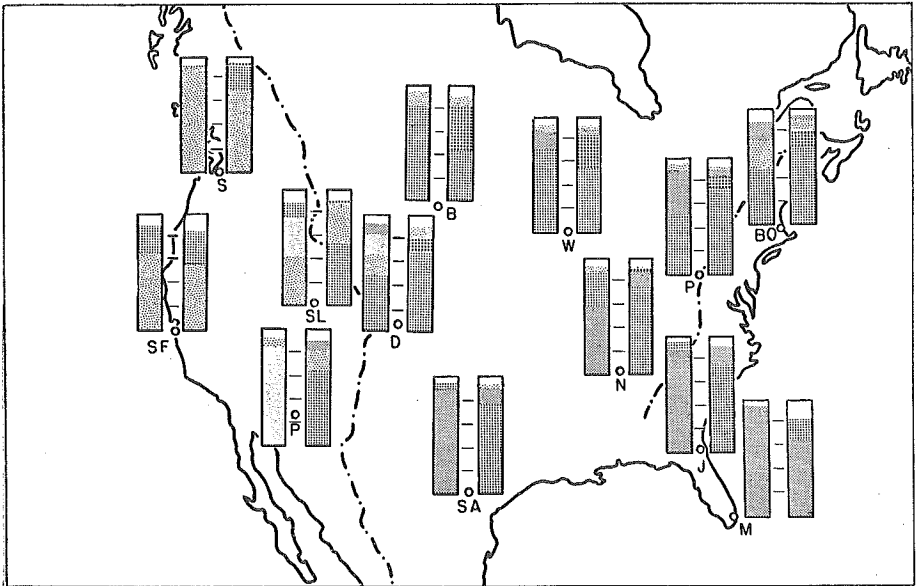
With regard to maritime tropical air masses of the Pacific it was found impossible to trace exact expansion lines. It is extremely difficult to identify this air mass on the ground. The 80 % isarithm is drawn arbitrarily coinciding with the average position of the subtropical cell. In a more detailed study keen consideration should be given to upper air mass analysis in this area.

Air Mass Distribution in Summer (Fig. 3)

The interaction of cP and mT air masses is still the dominant factor in air mass distribution in summer. However, the mT air masses of the Pacific and the cT air masses of the south-western part of the continent control large regions of the land mass in summer. The mP air masses of the Atlantic play an important rôle in the summer climate of the north-eastern United States.

Due to an approaching of the source regions—defined as having a frequency of 80 % + domination by a given air mass—and the addition of a new, continental air mass (cT) the picture of the air mass distribution in summer is somewhat more intricate than that on the winter map.

**Percentage of Air Mass Types at Selected Stations
(Summer and Winter 1945–1949)**



B	Bismarck	P	Phoenix	W	Wausau
BO	Boston	P	Pittsburgh		
D	Denver	S	Seattle		
J	Jacksonville	SA	San Antonio		
M	Miami	SF	San Francisco		
N	Nashville	SL	Salt Lake City		

Fig. 2

The recession of cP air masses is accompanied by an expansion of all other air masses toward the interior of the continent: the southern and south-eastern part of North America is dominated by mT air masses, the coastal areas of the Pacific lie within the source region of mP and mT air masses, and extreme north-eastern Canada—is included by the 80 % isarithm of Atlantic mP air masses.

Three main conflict regions appear on the summer map:

1. The cP/mT conflict region forming a belt of varying width and stretching in a south-west/north-east direction from the Texas panhandle through the central states

to New England. The southern limit of this conflict region, formed by the 20 %-cP isarithm, shows a marked correlation with the 80 % winter isarithm of the same air mass. This illustrates, again, the characteristic southward protrusion of cP air over the west flank of the Mississippi valley with a minor lobe over the southern Appalachians. The northward flow of mT air masses appears to be slightly displaced toward the west as compared with its winter position. The 20 % isarithm of mT air stretches in a marked diagonal direction through the continent, approximating a line from El Paso-Amarillo-Kansas City-Iowa City-Madison-Muskegon to Toronto, thence

paralleling 44° NL to Fundy Bay. The striking fact revealed by this isarithm is that northern Maine has the same number of mT-days as northern Texas.

2. At either end of this southern conflict region the area is contested by two other air masses: cT in the south-west and mP (Atlantic) in the north-east. Thus, two relatively small regions appear in which three air masses prevail in a frequency exceeding 20%. Whereas the "Texas triple-conflict" region is somewhat arbitrary due to frequently indistinct air mass boundaries, the New England triple-conflict region is clearly definable. The expansion of Atlantic mP air masses has its 20% isarithm roughly along the St. Lawrence-Hudson Valley depression, thence along the Appalachian piedmont, turning seaward approximately along the Potomac River. Transgression of mP air over the Appalachians is rare. cP air masses, in turn, are only exceptionally able to reach the Atlantic seaboard. With the mT-20% isarithm forming the northern limit (in northern Maine), and the 20% isarithms of cP and mP forming the eastern and southern limits respectively, a region is delineated which has an air mass regime composite of all North American summer air mass types except cT. Since the same combination of air masses prevails in different places on the earth it might be better to label this air mass regime "cP-mP-mT Type" instead of using the term "New England Type".

3. Due to the proximity and extent of the mP Pacific source region in conjunction with the main westerly drift, these mP air masses are able to cross the Rockies and establish a vast conflict area east of the Divide—the usual realm of cP air masses. The summer track of the mP stream is quite comparable to the winter southward swell of a cold wave along the eastern piedmont of the Rockies, but it reaches only as far south as approximately 50° NL, where a sharp gradient occurs in the frequency of mP-days. The peculiar course of the 20%-mP isarithm, paralleling either side of the Rockies from 50° NL to about 60° NL, is indicating that the transgression occurs north of the international boundary and not in a broad overflow over the entire northern Rocky Mountain system. In other words, a major portion of the invading mP air masses accumulates on the western side of the Rockies

and the Wasatch Mountains and is not able to penetrate into the Great Plains. The northern-most parts however, find their way to the interior on a northerly detour.

In comparison with the other air masses cT air masses are rather stationary. However, their influence reaches as far north as southern Idaho. On all sides cT air masses are clearly confined by orographic barriers. Only in exceptional cases is cT discernible in the Great Plains. (Denver 16%, see Fig. 2) and on the Pacific coast.

The exact location of the 80% and the 20% isarithms respectively of Pacific mT air can only be determined with the aid of sufficient local and upper air data.

The Significance of Air Mass Distribution in Regional Climatology

If it can be proven that air masses and their boundaries are not fortuitously distributed over the earth, but prefer, by contrast, definite seasonal patterns, then local climates might well be represented in terms of various weather types associated with prevailing air masses. Air mass boundaries if grouped within a definite area—thus representing a sharp climatic gradient—attain the nature of climatic divides.

In the process of this investigation three types of air mass boundaries were distinguished:

1. Geographic boundaries, i. e. separations of air masses due to surface configuration, particularly mountain ranges.

Examples: Continental Divide, Cascades, Sierra Nevada, Wasatch Mountains, Appalachians (!).

2. Air mass boundaries in a proper sense, i. e. fronts, developed due to marked contrast in neighbouring air masses.

Examples: Arctic and polar front, squall lines.

3. Transitional zones, in which no marked change occurs on the surface within relatively short distances.

Examples: Transitions between two air masses due to mixing or modification (particularly between mP and cP).

Emphasis has to be laid on the fact that there exist no linear climatic boundaries at all. Fronts are but representative for relatively rapid transition between two air

Air Mass Distribution in Summer (June, July, August 1945–1949)

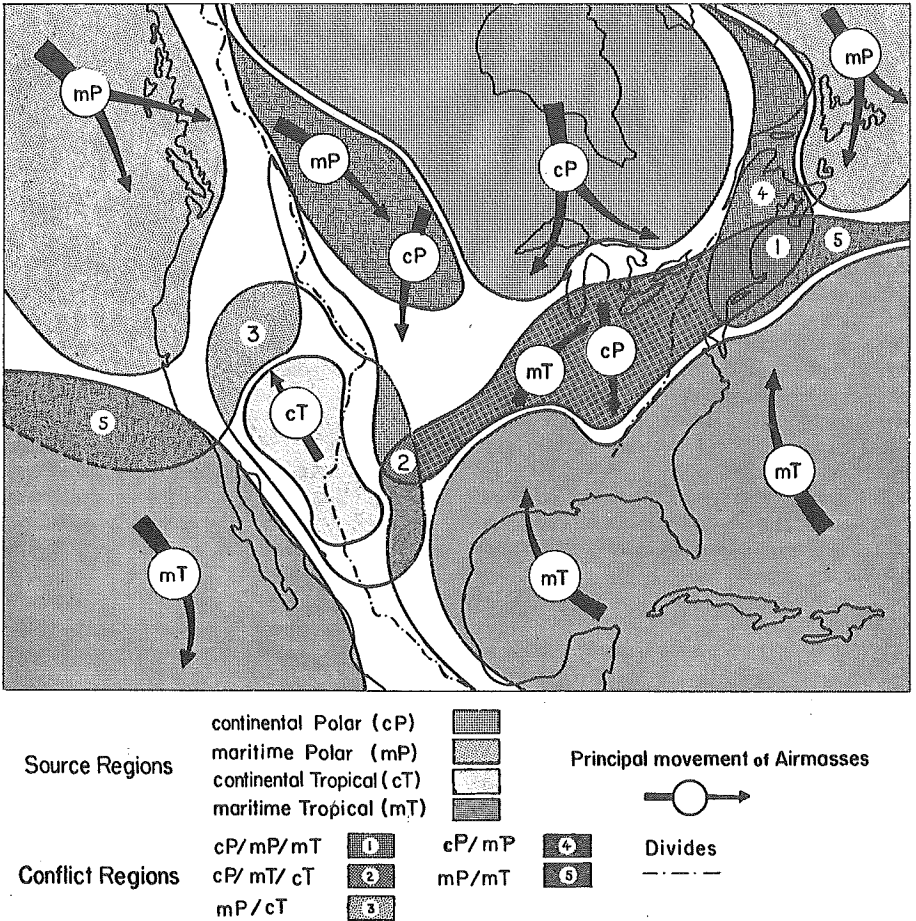


Fig. 3

masses of different character. On the other hand, it is even more unsatisfactory to use single climatic elements such as temperature or rainfall as criteria for the linear delimitation of climatic regions.

It seems, then, that a worth-while goal of a modern regional climatology would be to establish climatic provinces by means of average air mass cycles. Each air mass should be studied as to: season and duration, effect (climatic activity), appearance (association with weather types), relation to topography and other air masses. By superimposition of the separate cycles of all air

masses prevailing at the respective stations, a more dynamic representation of the drama of weather could be attained and its complexity would not be distorted by the description of isolated elements.

Summary

By plotting air mass boundaries for both the winter and summer seasons, regions of different prevalence for each of the air masses affecting the North American continent have been delimited. The source regions are circumscribed by isarithms of 80 % prevalence. The 20 % isarithm has been

chosen to determine the limits of the "normal expansion" of the various air masses. If two or more air masses dominate a region in a frequency exceeding 20 %, this region was considered a conflict region.

A distinct dominance of arctic and polar air masses is observed in winter. The 20 %-cP isarithm includes the whole continent save southernmost Florida and a coastal margin along the Pacific. The marked preponderance of polar and arctic air outbreaks over the western Plains is clearly demonstrated by the southward extension of the isarithms in this region. A minor southward convexity lies over the southern Appalachians. The two main conflict regions in winter are to be found over the Gulf of Mexico and over the Great Basin. The former includes the lower Mississippi valley (coincident with the Tennessee-winter rain area?) and Florida.

The summer map exhibits a less uniform air mass regime than that of winter. New conflict regions appear in addition to those of the cold season:

1. A cT-mP conflict region south of the Great Basin conflict region,

2. At either end of the cP-mT conflict region, now occupying a broad belt crossing the United States from northern Texas to Maine, a triple conflict region composite in the northeast of cP, mT and mP air masses and in the southwest of cP, mT and cT air masses.

A c k n o w l e d g m e n t s

I should like to extend my gratitude to Prof. R. A. BRYSON, Director of the Department of Meteorology at the University of Wisconsin, for many valuable suggestions, and to A. L. JOOS of the US Weather Bureau in Madison, Wis. for the permission of using the map files. I am also indebted to Prof. H. H. BOESCH, Director of the Institute of Geography at the University of Zürich who raised my interest in the field of climatology and furthered it throughout my academic curriculum. A. L. FARLEY, M. A., Madison, kindly read the manuscript.

«Die geographische Verbreitung der Luftmassen über Nordamerika»

Zusammenfassung:

Die statische Betrachtungsweise in der Klimatologie beginnt in den letzten Jahren einer neuartigen, dynamischen zu weichen, welche versucht, das Klima nicht durch Mittlung von Temperatur- und Niederschlagsdata, sondern als Folge charakteristischer Wetter- beziehungsweise Luftmassenlagen darzustellen.

Verstehen wir unter dem Klima das Resultat von Häufigkeit und Wirksamkeit einzelner Luftmassen und gelingt es, diese spezifisch und räumlich zu erfassen, dürfte ein wichtiger Schritt in Richtung einer die bedeutenden meteorologischen Erkenntnisse der letzten Dekade besser verwertenden Klimaklassifikation getan sein.

Diese Arbeit sollte als Versuch aufgefasst werden, auf Grund der Luftmassenverteilung über dem nordamerikanischen Kontinent Klimaprovinzen abzugrenzen, deren Kerngebiete ein von bestimmten Luftmassen beherrschtes Klima aufweisen und deren Grenzen Frontenscharungen darstellen.

Die Untersuchung der täglichen Wetter-

karten der Sommer- und Wintermonate über den Zeitraum von 1945 bis 1949 hat in bezug auf die Luftmassenverbreitung folgende Resultate ergeben: (cf. Karten)

Zu Fig. 1: In den Wintermonaten ist die Vorherrschaft von arktischen und polaren Kontinentalluftmassen über Nordamerika unbestritten. Maritim-polaren beziehungsweise maritim-tropischen Luftmassen gelingt es nur randlich, nämlich im Gebiete des Grossen Beckens und jenem des unteren Mississippietiefandes, die Herrschaft der kontinentalen Luftmassen in über 20 % der untersuchten Tage zu unterbrechen; diese Räume werden zu Kampfgebieten (conflict regions) zweier dominanter Luftmassen und zeichnen sich im Gegensatz zu den Ursprungsgebieten (source regions) durch sehr labilen Witterungscharakter aus. Sehr typisch ist das weite Vordringen der 20 %-sowie der 80 %-cP-Linie über der Westflanke des Mississippiales, die eigentliche Bahn der Kaltluftausbrüche darstellend.

Zu Fig. 2: Die Karte der Sommermonate

zeigt die Einengung der cP-Luftmassen durch solche maritimer Art aus Südosten und Nordwesten und das Hinzutreten einer den Südwesten dominierenden Luftmasse tropisch-kontinentalen Ursprungs. Die Kampfzone zwischen cP- und mT-Luft zieht sich in variierender Breite in SW—NE-Richtung über den Kontinent, wobei besonders das weite nördliche Vordringen der 20 %-mT-Linie ins Auge fällt. Durch den starken Einfluss von maritim-polaren Luftmassen des Atlantik bildet sich im Raume der Neu-Englandstaaten eine durch drei Luftmassen bestimmte Klimaprovinz aus, die sich durch ihren unsteten Witterungsverlauf als eigentliche Kampfregion des Kontinentes heraushebt. In den Sommermonaten gelingt es auch den maritim-

polaren Luftmassen des Nordpazifiks die kontinentale Wasserscheide zu überqueren und jenseits derselben eine Kampfzone mit cP-Luftmassen zu etablieren.

Im Verlaufe dieser Untersuchung hat sich ergeben, dass die Expansionsgebiete der einzelnen Luftmassen einerseits von den geographischen Gegebenheiten, andererseits von den Ausbreitungstendenzen benachbarter Luftmassen abhängig sind; ihre Grenzen scharen sich in den meisten Fällen innerhalb einer Übergangszone, die indessen die Bedeutung einer Klimascheide annimmt, da sich bei der Querung dieser Zone nicht nur ein einzelnes Element wie Temperatur oder Niederschlag, sondern der Gesamtcharakter des Witterungsverlaufes ändert.

Nekrologe

Prof. Dr. ALBERT VOLKART

1873—1951

Die Naturforschende Gesellschaft in Zürich arbeitete in den ersten Jahrzehnten ihres Wirkens mit grossem Erfolg an der Förderung der unter dem Flurzwang erstarrten heimischen Landwirtschaft. Seither haben ihr immer wieder Männer angehört, deren zentrales Anliegen es war, die Bodenkultur durch Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu heben. Ein Wissenschaftler eigener Prägung, der in einem vielseitigen und reichen Lebenswerk Schritt für Schritt den Weg zu höheren und sichereren Erträgen unserer Kulturpflanzen erschlossen hat, war der am 3. August des vergangenen Jahres verstorbene Prof. Dr. A. VOLKART.

ALBERT VOLKART entstammt einem alten Geschlecht der Zürcher Landschaft. Er wurde am 22. April 1873 als zweiter Sohn des Landarztes DIETHELM ALBERT VOLKART und der ERNESTINE, geborene DÄNDLIKER, in Hombrechtikon geboren. Nach dem Abschluss der Studien an der landwirtschaftlichen Abteilung des damaligen Polytechni-

kums trat der der Wissenschaft zugetane junge Agronome in die von Dr. F. G. STEBLER gegründete und geleitete Samenuntersuchungsanstalt ein. Er fand damit den Arbeitskreis, in dem er während 35 Jahren wirken sollte.

Als junger Assistent mit ausgesprochener Befähigung für die systematische Botanik ging ALBERT VOLKART an die Weiterentwicklung der Methoden der Reinheitsuntersuchung und der Herkunftsbestimmung der Samenproben. Die Keimkraftprüfungen und die in der Promotionsarbeit niedergelegten Untersuchungen über den Parasitismus der Pedicularisarten brachten ihn in Kontakt mit den Fragen der Pflanzenphysiologie. Mit diesen Kenntnissen ausgerüstet, war Dr. VOLKART der gegebene Mitarbeiter für den Abschnitt über die Gramineen in der «Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas» von KIRCHNER, LOEW und SCHRÖTER. Ein weiteres Forschungsgebiet, das ihn in seiner Assistentenzeit und bis in die letzten Lebensjahre beschäftigte, betraf den Futter-

bau. Seine Untersuchungen, die diesen wichtigen Betriebszweig unserer Landwirtschaft nachhaltig befruchteten, sind vor allem in den spätern Auflagen des gemeinsam mit Dr. STEBLER verfassten Werkes «Die besten Futterpflanzen», den «Beiträgen zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz» und in verschiedenen im Druck erschienenen Vorträgen enthalten.

Ein weiteres Teilgebiet landwirtschaftlicher Untersuchungstätigkeit, auf dem der Naturforscher VOLKART weit ausholte, war der Pflanzenschutz. Er beschränkte sich keineswegs auf die praktisch wichtigen Krankheiten und Schädlinge der Feldgewächse; die parasitischen Pilze fesseln in ihrer Gesamtheit sein Interesse. Ein Teil der regen Sammelstätigkeit, von der ein umfassendes Pilzherbarium Zeugnis ablegt, ist in verschiedenen mykologischen Mitteilungen ausgewertet worden. Ein grosses Beobachtungsmaterial findet sich im Nachlass als Eintragungen in sorgfältig geführten Notizbüchern und Kartotheken.

Eine gute Schulung in der Agrargeschichte, die er durch eigene Forschungen bereicherte («Dreifelder- und Egertenwirtschaft in der Schweiz», erschienen 1902), und ein sicherer Blick für die Bedürfnisse der praktischen Landwirtschaft ermöglichten es dem Adjunkten und spätern Vorstand der Samenuntersuchungs- und Versuchsanstalt, vorausschauend grundlegende Vorarbeiten zu leisten, die sich später als überaus wichtig erweisen sollten. So hat Dr. VOLKART schon zu Anfang des Jahrhunderts, als der Ackerbau in der Schweiz in geringem Ansehen stand, für eine vielseitigere Betriebsweise mit Getreide- und Hackfruchtbau gewirkt. In konsequenter Anwendung der Ergebnisse der damals noch jungen Vererbungslehre ging er an die züchterische Verbesserung der Getreidearten. Die neu geschaffenen Sorten und das durch die Züchtung geweckte Interesse am Getreidebau waren von grosser Bedeutung, als im Weltkrieg 1914—1918 der inländische Ackerbau für die

eingeschränkten Zufuhren in die Lücke springen musste.

Die umfassende allgemeine Bildung, das durch Literaturstudium und eigenes Forschen erworbene Fachwissen und die Erfahrung des Mannes, der die neuere Entwicklung des Pflanzenbaues zu einem guten Teil mitbestimmt hatte, bildeten das solide Fundament für die akademische Lehrtätigkeit, welche Prof. VOLKART als Inhaber des Lehrstuhls für Pflanzenbau an der Eidgenössischen Technischen Hochschule von 1925 bis 1943 betreute. Eine grosse Zahl der heute tätigen Ingenieur-Agronomen sind seine Schüler. Sie schätzen sich glücklich, dass sie in den Vorlesungen und draussen in Wiesen und Feldern von Prof. VOLKART, der lieber sammelte als publizierte, grundlegendes und angewandtes Wissen übernehmen durften. Der Grundplan seines persönlichen Schaffens blieb auch nach der Übernahme der Lehrverpflichtungen an der E.T.H. derselbe. Seine Beobachtungs- und Sammlertätigkeit erstreckte sich auf die Pflanzenbestände der Wiesen und Weiden, auf die Unkrautflora der Gebiete mit primitivem Ackerbau und auf die vielerorts schon halb vergessenen Küchenkräuter sowie die alten Zier- und Heilpflanzen der Bauerngärten. Zahlreiche Versuche auf den neuen Versuchsfeldern in Nante ob Airolo und auf dem Rossberg bei Kempthal galten der Bekämpfung der Viruskrankheiten im Kartoffelbau.

Als Prof. VOLKART von seiner akademischen Lehrtätigkeit zurücktrat, schien ihm der Zeitpunkt gekommen, um noch zu verarbeiten, was sich während seiner aktiven Amtstätigkeit an gesammeltem Material angehäuft hatte. Für die Vollendung grösserer literarischer Arbeiten reichten indessen seine Kräfte nicht mehr aus. Während eines Erholungsaufenthaltes in seinem Geburtshause in Hombrechtikon hat ihn der Schlaganfall erreicht, der seine Lebenskraft gebrochen hat. Kollegen und Schüler werden ALBERT VOLKART ein dankbares Andenken bewahren.

R. KOBLET.

Vorträge

der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

22. Oktober 1951: Prof. Dr. E. Hadorn, Zürich:

Genetik und Chemie

(mit Lichtbildern und Demonstration)

Die mannigfachen und immer stärker hervortretenden Beziehungen zwischen der Vererbungswissenschaft und der Chemie können von drei Grundfragen ausgehend diskutiert werden.

1. Was ist über die chemische Natur der Erbsubstanz bekannt? Da die genischen Einheiten des Erbgutes Teilstücke von Chromosomen sind, hat man zunächst festzustellen, welche Substanzen die Chromosomen aufbauen. Es sind dies Nukleoproteide, d. h. komplizierte Verbindungen von basischen Eiweisskörpern mit Nukleinsäuren. Neue Untersuchungen an isolierten Chromosomen haben gezeigt, dass im Eiweissanteil neben Protaminen und Histonen auch noch weitere Proteine vorkommen. Dagegen besteht der Nukleinsäureanteil wohl ausschliesslich aus Desoxyribose-Nukleinsäure. Aus genetischen Befunden geht hervor, dass die Chromosomen in ihrer Längsrichtung so weit strukturell differenziert sind, dass pro Chromosom einige hundert bis einige tausend individualisierte Stellen vorkommen, die alle unter sich verschieden sind. Es ist zur Zeit noch nicht bekannt, welche Gruppen der Nukleoproteidmoleküle für die unterschiedliche Wirkungsspezifität der Genstellen verantwortlich sind.

2. Wie reagiert die Erbsubstanz auf äussere chemische Einwirkungen? Im allgemeinen verhalten sich die Gene gegenüber chemischen Einflüssen verschiedenster Art sehr stabil. Erst vor wenigen Jahren ist es gelungen, Mutationen mit Chemikalien auszulösen. Als besonders stark mutagen erwiesen sich vor allem Senfgas und die «Nitrogen-Mustards». Direkte Behandlung von explantierten Ovarien der

Fruchtfliege *Drosophila* zeigte, dass Mutationen auch durch Phenol bewirkt werden können. Die durch Chemikalien verursachten Mutationen unterscheiden sich in ihrer Auswirkung nicht von den strahleninduzierten und den spontanen Erbänderungen. Die Kenntnis der mutagenen Wirkung von Strahlen und Chemikalien bildet die Voraussetzung für eine verantwortungsbewusste Mutationsprophylaxis.

3. Was weiss man über die biochemische Wirkung der Gene? Erbbedingte Stoffwechselanomalien des Menschen, z. B. Alkaptonurie, zeigten erstmals, dass bestimmte Erbfaktoren genau erfassbare chemische Umsetzungen in spezifischer Weise bewirken. Entscheidende Fortschritte brachte später das Studium der genbedingten Synthese der Augenpigmente von Insekten. Die tiefsten Einsichten in die chemische Wirkungsweise der Gene ergaben schliesslich die Untersuchungen am Schimmelpilz *Neurospora*. Hier kann gezeigt werden, wie der Aufbau von Aminosäuren, von Kernstoffen und von Vitaminen vom spezifischen Einsatz einzelner Mendelfaktoren abhängt. Verschiedene weitere Untersuchungsmethoden, so u. a. auch die Papierchromatographie, vermitteln neue Aufschlüsse über die Beeinflussung grundlegender Stoffwechselfvorgänge durch Gene.

An der Entwicklung der biochemischen Genetik waren und sind zahlreiche Genetiker und Chemiker beteiligt, ihre Namen können in diesem Vortragsauszug nicht genannt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse bereichern ebenso sehr die chemischen wie die biologischen Wissenschaften.

(Autoreferat)

5. November 1951:

Das Betatron der radiotherapeutischen Klinik in Zürich.

a) Prof. Dr. H. R. Schinz, Zürich:

Einführung.

Bei der Planung für die Zürcher Spitalneubauten war eine Hochvolanlage vorge-

sehen. Damals kam ein Kaskadengenerator oder ein elektrostatischer Hochspannungs-

generator — System van de Graaff — in erster Linie in Betracht. Die Spannungen dieser Apparaturen betragen einige Millionen Volt. Sie mussten wegen ihrer hohen Überschlagnspannung in sehr großen Hallen untergebracht werden, wobei die Kosten des Gebäudes die Anlage wesentlich überstiegen. Immerhin erlaubten sie gegenüber den bisherigen Röntgenapparaturen von 200 bis 400 kV die Applikation von grossen Röntgendosen in der Tiefe des menschlichen Körpers, ohne die darüberliegenden gesunden Gewebsschichten stark zu schädigen. Während des Krieges wurden nun neue Apparaturen geschaffen, die auf einem neuartigen Prinzip der Elektronenbeschleunigung beruhen. Es sind dies der Linearaccelerator und das Betatron. Ich entschloss mich zur Anschaffung einer Betatronanlage, nachdem die Firma Brown Boveri sich bereit erklärt hatte, die Konstruktion unter Leitung des

Erfinders, Ingenieur Dr. WIDERÖE, zu übernehmen. Das Betatron der radiotherapeutischen Klinik erfüllt folgende Funktionen: 1. dient es als therapeutisches Instrument zur Krebsbehandlung; 2. wird es zu strahlenbiologischen Forschungen verwendet; ohne Strahlenbiologie sind keine Fortschritte auf dem Gebiet der Krebsbehandlung zu erzielen; 3. ist es zu Experimenten auf dem Gebiet der Kernphysik geeignet, speziell zur Erforschung photonukleärer Prozesse, 4. ist die Erzeugung von Spuren künstlicher radioaktiver Stoffe möglich, die als markierte Atome oder sogenannte Tracer beim Studium des Stoffwechsels von höchstem Werte sind; 5. ist die Apparatur ein diagnostisches Hilfsmittel zur Materialprüfung von Werkstücken.

(Autoreferat)

b) Dr. ing. R. Wideröe, Baden:

Der 31-Millionen-Volt-Strahlentransformator (Betatron) der Firma Brown Boveri und seine Verwendung für die Materialuntersuchung

Der bereits im Jahre 1922 erfundene Strahlentransformator gehört zu den ersten Maschinen, die vorgeschlagen wurden, um geladene Teilchen auf eine extrem grosse Geschwindigkeit (Energie) zu beschleunigen. Die von Brown Boveri entwickelte 31-MeV-Maschine unterscheidet sich in vieler Hinsicht von den bisher gebauten Maschinen. Um den inneren Magnetkern befindet sich eine kreisförmige abgeschmolzene Vakuumröhre (ein «Toroid»), in welcher die Elektronen beschleunigt werden. An zwei gegenüberliegenden Stützen sind Elektronenspritzen angebracht, die abwechselnd und jeweils 50 mal in der Sekunde mit einer Impulsspannung erregt werden und abwechselnd einen Elektronenstrahl in die Kreisröhre injizieren. Die Elektronen bewegen sich abwechselnd mit und gegen den Uhrzeiger, je nach der Richtung des magnetischen Feldes. Sie werden bei jedem Umlauf im Mittel mit 31 Volt beschleunigt und haben nach einer Million Umläufen eine kinetische Spannung von 31 MeV erreicht. In diesem Augenblick wird das magnetische Führungsfeld geändert, die Kreisbahnen erweitern sich (Expansion) und treffen auf

eine Antikathode T auf. Je nach dem Umlaufsinn der Elektronen wird dann ein Röntgenstrahl nach der einen oder anderen Richtung erzeugt. Die Strahlung dauert nur ganz kurze Zeit, ca. 10 us, im Mittel können aber Röntgenstrahlenintensitäten von über 100 r/min in 1 m Abstand erreicht werden.

Die erste Anlage dieser Art befindet sich seit etwa 7 Monaten im ständigen Betrieb im Kantonsspital Zürich. Die Anlage wurde von vornherein für den regulären Therapiebetrieb eingerichtet; bis jetzt sind etwa 65 Patienten behandelt worden.

Die 31-MeV-Strahlung verspricht auch für die Materialprüfung von grösster Bedeutung zu werden. Man kann Eisendicken von wenigen Zentimetern bis zu einem halben Meter mit noch durchaus erträglichen Belichtungszeiten untersuchen und erreicht dabei eine Fehlererkennbarkeit von etwa 1% der Eisendicke. Die ausgezeichnete Schärfe und die fehlende Überstrahlung der Röntgenbilder ist bemerkenswert und hat ihren Grund teils in der Kleinheit der Antikathode (ca. 0,1 mm) teils in der geringen Seitenstreuung der 31-MeV-Strahlen.

(Autoreferat)

c) Prof. Dr. H. Wäffler, Zürich:

Kernphysikalische Probleme und deren Bearbeitung mit Hilfe des Betatrons

Das Betatron ist ein Apparat, der entweder sehr energiereiche elektromagnetische Strahlung, oder sehr energiereiche Elektronen liefert. Es handelt sich also hier in beiden Fällen um Elementargebilde von vorwiegend elektrischer Natur.

Von den Atomkernen dagegen wissen wir, dass sie durch Kräfte in sich zusammengehalten werden, die nicht elektrischer Natur sind. Die Kräfte zwischen den Kernbausteinen stellen einen gänzlich neuen Krafttypus dar.

Nun sind die Kernkräfte sehr viel stärker, als die elektrischen. Das äussert sich sehr augenfällig darin, dass die Kerne viel stabilere Gebilde sind, als die von elektrischen Kräften zusammengehaltenen Atomhüllen. Aus diesem Grunde ist auch die Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung (oder Elektronen) und Atomkernen viel schwächer als zwischen Nucleonen und Atomkernen. Das äussert sich in einer für den Experimentator unangenehmen Weise darin, dass Kernprozesse, die unter dem Einfluss elektromagnetischer Strahlung erfolgen, viel seltener sind und viel schwächere «Ausbeuten» ergeben als Kernprozesse unter Teilchenbeschuss (Neutronen, Protonen). Kernprozesse durch elektromagnetische Einwirkung sind aber gleichwohl sehr interessant, weil sie nämlich besonders einfach sind.

Es ist sehr leicht einzusehen, was man lernen kann, wenn man die am einfachsten gebauten, leichtesten Kerne mit der Betatron-Bremsstrahlung betrachtet. Beginnen wir mit dem Wasserstoffkern, dem Proton. Eine sehr interessante Frage für den Physiker ist, ob das Proton ebenso klein ist wie das Elek-

tron oder ob es bedeutend grösser ist. Es ist nun prinzipiell durchaus möglich, wenn auch nicht gerade leicht, die räumliche Ausdehnung des Protons mit Gammastrahlen abzutasten. Interessante Fragen ergaben sich auch hinsichtlich der Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und dem punkto Einfachheit auf den Wasserstoff folgenden Kern, dem Deuteron. Das Deuteron besteht aus dem Teilchenpaar Neutron-Proton, das durch die anziehenden Kernkräfte zusammengehalten wird. Wird ein Deuteron von einem Gammaquant, das eine grössere Energie besitzt, als die Bindungsenergie dieses Kernsystems beträgt, getroffen, so wird der Kern gespalten und Neutron und Proton fliegen diametral auseinander. Aus der Richtungsverteilung, welche die Verbindungslinie der emittierten Teilchen mit der Einfallrichtung des Gammaquants bildet, lassen sich wiederum Schlüsse über die Natur der Neutron-Proton-Kraft ziehen. Die hier erwähnten Experimente besitzen den Vorteil, dass sie sich rechnerisch in strenger Weise behandeln lassen. Bei photonuklearen Reaktionen an schweren Kernen ist das nicht mehr der Fall, und man ist hier auf ziemlich ungenaue Näherungsverfahren angewiesen. Mit zunehmender Teilchenzahl im Kern wird der Reaktionsmechanismus naturgemäss immer komplizierter und die theoretische Deutung der Versuchsergebnisse immer schwieriger.

Es ist aber gleichwohl in vielen Fällen gelungen, mit relativ einfachen Modellvorstellungen die Erscheinungen bei der Wechselwirkung zwischen schweren Kernen und elektromagnetischer Strahlung in befriedigender Weise zu erklären. (Autoreferat)

d) P.-D. Dr. G. Joyet, Zürich:

Medizinische Anpassung, Strahlenschutz und biologische Eichung des Betatrons

Die Absorption der Röntgenstrahlen in der Materie erfolgt hauptsächlich durch photoelektrischen Effekt, Comptoneffekt, und wenn die Energie hinreichend gross ist, durch Paarerzeugung. Die Energie eines Strahlenquants wird also auf ein oder zwei Elektronen übertragen und das einfallende

Quant verschwindet als solches. Es sind nun diese Sekundärelektronen, welche den biologischen Effekt durch Anregungsprozesse oder Ionisationen hervorrufen.

Bei 200 kV-Spannung, die der üblichen Tiefentherapie entspricht, erfolgt 1,5 % der Absorption durch Photoeffekt, und der Rest,

d. h. 98,5 % durch Comptonabsorption. Die Sekundärelektronen besitzen in diesem Fall eine Reichweite im Wasser von etwa 0,5 mm.

Für X-Strahlen von 30 MeV erfolgt die Absorption der Energie hauptsächlich durch Comptonprozess und Paarerzeugung. Die Paarelektronen und die Comptonelektronen besitzen in jenem Fall mittlere Reichweiten in Wasser von 5 bis 6 cm. Es sind diese grossen Reichweiten der Elektronen, die die bemerkenswerte Form der Transitionskurve, d. h. die Verteilung der Ionisationsintensität in der Tiefe der Gewebe hervorrufen. Die Transitionskurve wurde am Betatronstrahl in einem Phantom von Plexiglas studiert, einem organischen Material, dessen spezifisches Gewicht (1,18) und physikalische Eigenschaften (mittlere Kernladungszahl und Zahl der Elektronen pro Gramm) nahe den physikalischen Eigenschaften der Gewebe liegen. Die Tiefenverteilungskurve zeigt, dass bei gleicher Maximal-Hautdosis der Strahlung, die Tiefendosis im Prinzip mit einem Faktor 3,4 multipliziert werden kann gegenüber der Therapie mit 200 kV.

Für Strahlenenergien, die grösser als 3 MeV sind, ist die Bestimmung der Ionisation in Luft, d. h. die Messung der Strahlenmenge in «r»-Einheiten kein Mass mehr für die Energieabsorption in den Geweben.

e) Frau Dr. H. Fritz-Niggli, Zürich:

Biologische Experimente mit dem Betatron

Um das neue 31-MeV-Betatron der Therapie zugänglich zu machen, ist es von grosser Wichtigkeit, seine biologische Wirkung kennenzulernen und mit derjenigen von gewöhnlichen Röntgenstrahlen, wie z. B. 180 keV, zu vergleichen. Die Puppe der Taufliege, *Drosophila melanogaster* stellt ein ausgezeichnetes Objekt für eine qualitative biophysikalische Untersuchung dar. Bestrahlt man nämlich eine junge Puppe, 5 Stunden nach der Puppentönnchenbildung mit 2500 r und 180 keV, dann schlüpft aus der Puppe eine Fliege mit gespreizten Flügeln und einem defekten Borstenmuster aus. Um die gleiche Wirkung mit den Betatronstrahlen zu erzielen, muss eine Dosis von 4000 r verwendet werden. Die gleiche herabgesetzte Wirksamkeit der energiereichen Betatronstrahlen gegenüber gewöhnlichen 180-keV-Röntgenstrahlen findet sich auch

Es existiert jedoch noch keine Methode, die die Messung dieser Absorption erlaubt, und man kam daher überein, auch in diesem Energiegebiet noch die Luft-Ionisationskammer von Victoreen zu verwenden.

Der Patient ausserhalb des Strahlenkegels und das Personal, das in den Nebenräumen und am Schaltpult des Betatrons steht, sollten gegen die Nebenstrahlung geschützt werden. Dicke Bleiplatten, Bleitüren von 4 cm Dicke, und dicke Betonwände und Betonblöcke haben einen hinreichenden Schutz gewährt, so dass die Strahlentoleranz-Intensität nirgends überschritten wird.

Die «biologische Eichung» des Betatrons wurde ausgeführt durch die Beobachtung der Überlebenszeit von Gruppen von Mäusen gleicher Zucht und gleichen Alters, die der Strahlung des Betatrons, beziehungsweise eines Therapieapparates von 400 kV ausgesetzt wurden. Die Mäuse werden in der Masse von Plexiglas, am Maximum der Transitionskurve bestrahlt. Die ersten Resultate der Experimente zeigen, dass für einzelne Dosen von 1200 bis 2500 «röntgen» keine Differenz entsteht in der Überlebenszeit nach Bestrahlungen mit 30 MeV oder 400 kV. Für geringere Einzeldosen, von 500 bis 750 r, scheinen kleinere Differenzen aufzutreten, die jedoch noch nicht einwandfrei festgestellt sind. (Autoreferat)

bei der Bestrahlung von 4- und 7,5stündigen *Drosophila*-Eiern. Die Deutung dieser Ergebnisse ist recht schwierig, und vielleicht kann die verschiedenartige Ionentopographie der beiden Strahlungsarten für ihre unterschiedliche Wirksamkeit verantwortlich gemacht werden, da energiereiche Strahlen Sekundärelektronen erzeugen, die wesentlich weniger dicht ionisieren als weichere Strahlen. In der Therapie kann dieser Effekt durch eine entsprechende Dosiserhöhung ausgeglichen werden. An Hand von Versuchen an Krallenfrosch-Larven, die in einem Wasserphantom in bestimmten «Gewebe»-tiefen bestrahlt worden sind, kann die ausserordentliche Tiefenwirkung der Betatronstrahlen im Gegensatz zu der oberflächlicheren Wirkung der 180-keV-Strahlen demonstriert werden. (Autoreferat)

f) P.-D. Dr. med. K. Hohl, Zürich:

Klinische Frühresultate mit der Betatron-Behandlung

Der grundlegende Unterschied bei der Betatronbestrahlung gegenüber der bisherigen Röntgentiefentherapie (200–400 kV) besteht in der günstigeren Tiefendosis. Beim 31-MeV-Betatron liegt die Maximaldosis nicht im Bereiche der Körperoberfläche, sondern in 5,3 cm Tiefe. Mit den sogenannten «ultraharten Röntgenstrahlen» kann praktisch jeder beliebig tiefe Herd im Körper mit einer genügenden Dosis belastet werden, ohne dass wie früher die Körperoberfläche geschädigt wird. Die Bestrahlungstechnik ist im wesentlichen dieselbe, mit der Ausnahme, dass der Patient nach dem Bestrahlungstabus gerichtet werden muss. Das Zürcher Betatron ist unbeweglich.

Der Röntgenkater ist nicht stärker als bei der gewöhnlichen Tiefentherapie. Die Veränderungen des Blutbildes sind infolge der

relativ kleineren Knochenabsorption geringer.

Die klinischen Frühresultate sind bei den Krebsen der oberen Luft- und Speisewege sehr gut (7 von 8 Patienten symptomfrei, 1 Patient gebessert). Befriedigend sind die Erfolge beim Speiseröhrenkrebs (3 von 7 Patienten symptomfrei, 4 gebessert). Ähnliche Resultate zeigen das Genital- (7 von 11 Patienten symptomfrei, 3 gebessert) und Rectum-Carcinom (nur 1 Patient, dieser symptomfrei). Unbefriedigend sind bis heute die Resultate beim Bronchial-Carcinom. Es wurden allerdings nur Spätfälle in schlechtem Allgemeinzustand palliativ bestrahlt.

Zusammengefasst sind die Frühresultate ermutigend, so dass die Einführung des Betatrons einen Fortschritt in der Behandlung des Krebses der tieferen Körperregionen bedeutet. (Autoreferat)

g) Besichtigung des Betatrons der radiotherapeutischen Klinik in Zürich.

Unter Führung von Herrn Prof. Dr. H. R. Schinz und einer Reihe seiner Mitarbeiter fanden an den Nachmittagen des 6. bis 9. November (jeweils von 18.00 bis 19.00 Uhr) Besichtigungen des Betatrons und seiner Hilfseinrichtungen im Kantonsspital statt, die von rund 80 Personen besucht wurden. Der Sekretär: O. Jaag

19. November 1951: Prof. Dr. J. Eggert, Zürich:

Stand und Probleme der Farbenphotographie (mit Lichtbildern und Demonstrationen)

Mit der farbigen Darstellung der Gegenstände auf photographischem Wege hat man sich schon bald nach der Entdeckung der Photographie (1839) befasst. Der Schweizer ISENING kolorierte seine Daguerreotypien nach sehr kunstfertigem Verfahren bereits 1840. Eine zwangsläufige Farbenphotographie wurde aber erst möglich, als M. W. VOGEL 1873 die Sensibilisation entdeckte.

Vom physikalischen Standpunkte am elegantesten arbeitet das Verfahren von G. LIPPMANN (1891). Es beruht darauf, dass in feinstkörnigen photographischen Schichten stehende Wellen erzeugt werden können, wobei das Silber in Gestalt von Lamellen entsteht, die bei Betrachtung des Bildes im auffallenden weissen Licht die Farben durch Interferenzwirkung erscheinen lassen.

Die Praxis geht den von J. C. MAXWELL 1857 vorgeschlagenen Weg, die Zerlegung und den Wiederaufbau der Bildelemente nicht rein spektral, sondern nach den drei Dritteln des sichtbaren Gesamtspektrums: Rot (etwa 700 bis 600 m μ), Grün (etwa 600 bis 500 m μ) und Blau (etwa 500 bis 400 m μ) vorzunehmen. Fast alle sich aus diesem Prinzip ergebenden Wege hat L. DUCOS DU HAURON seit 1869 gezeigt.

Additive Verfahren: Das Original wird dreimal hinter Filtern photographiert, die die oben genannten Spektralgebiete Rot, Grün und Blau hindurchlassen. Dabei entstehen drei konturgleiche, je nach den Originalfarben verschieden gedeckte Schwarz-Weiss-Negative (= Farbauszüge). Stellt man von ihnen transparente Positivkopien

her, bedeckt sie mit den entsprechenden Aufnahmefiltern und projiziert man die drei Kombinationen mit weissem Licht so, dass sie auf dem Schirm genau zur Deckung kommen, so entsteht durch die Mischung der Lichter Rot, Grün und Blau in den verschiedensten Intensitäten ein farbreues Bild des Originals. — Ohne optische Hilfsmittel findet diese additive Lichtmischung psychologisch statt, wenn die Aufnahme- und Wiedergabefilter in ein Mosaik von winzigen Einzelteilchen aufgelöst werden, so dass das unbewaffnete Auge diese Elemente nicht mehr voneinander unterscheiden kann. Diese Farb- und Linsenrasterverfahren lassen sich so durchführen, dass sie in einem Zuge von der Aufnahme bis zum fertigen Bilde arbeiten. Allen additiven Methoden ist der Nachteil gemeinsam, dass sie sehr lichtschwach sind, was sich besonders bei der Wiedergabe der Bilder auf dem Wege der Projektion störend bemerkbar macht. Aus diesem Grunde sind die additiven Verfahren in der Photographie praktisch verlassen, kommen aber auf anderem Gebiete wieder zu Ehren: beim farbigen Fernsehen (Columbia - Broadcasting - System).

Subtraktive Verfahren: Sie arbeiten mit drei Farbstoffen, die den genannten drei Dritteln des sichtbaren Spektrums verwandt sind. Während aber die Spektralgebiete Rot, Grün und Blau von den bei den additiven Verfahren benutzten Farbstoffen durchgelassen werden, werden diese Gebiete von der neuen Dreiergruppe von Farbstoffen absorbiert. Diese drei Farbstoffe führen die Bezeichnungen: Blaugrün, Purpur und Gelb («Komplementär» zu Rot, Grün, Blau). Denkt man sich diese Farbstoffgruppe in einem Bindemittel gelöst und gemischt und auf einer Unterlage aufgetrocknet, so erscheint die Schicht schwarz, weil jeder der drei Farbstoffe ein Drittel des Spektrums absorbiert. Nimmt man nun an, dass die drei Farbstoffe nicht lichteht, also ausgleichbar sind, so ist zunächst einleuchtend, dass weisses Licht die anfangs schwarze Schicht mit der Zeit zu Weiss ausbleicht. Rotes Licht kann nur den Farbstoff zerstören, der rotes Licht absorbiert; das ist Blaugrün. Es bleiben also Gelb und Purpur übrig, und diese ergeben subtraktiv gemischt Rot, also gerade den Farbwert, der aufgestrahlt wurde.

Diese verblüffend einfache Methode wurde zwar von J. H. SMITH und W. MERKENS in Zürich mit dem «Utocolorpapier» 1907 verwirklicht, musste aber wegen verschiedener Schwierigkeiten verlassen werden.

Die meisten Farbenverfahren arbeiten mit getrennten Aufnahme- und Wiedergabemethoden. Tatsächlich hat, wie wir wissen, diese Trennung zu vollem Erfolg geführt; denn täglich sehen wir in Illustrationsbuntdrucken farbige Papierbilder, und jederzeit können wir in den Kintheatern nach der Technicolor-Methode Farbfilme ansehen. In beiden Fällen werden im ersten Schritt Farbauszüge hergestellt und im zweiten nach diesen Auszügen Positive in den Komplementärfarben der Aufnahmefilter kopiert, meist durch Übereinanderdrucken auf die gleiche Unterlage. Für den photographischen Bedarf gehen das Kodak Dye-Transfer-Verfahren und der Duxochromprozess grundsätzlich ähnliche Wege.

Den letzten Fortschritt konnte die Farbenphotographie auf Grund einer entscheidend wichtigen Idee von RUDOLF FISCHER tun, die dieser zwar schon 1911 in Patenten veröffentlichte, die aber erst 25 Jahre später zu allgemeiner Anwendung gelangte. FISCHER zeigte, dass die Entwickler der p-Phenylendiamin-Reihe bei Zugabe bestimmter organischer Substanzen (Kuppler) zur Entwicklerlösung ausser dem Silberbild auch Nebenbilder in gelber, purpurner und blaugrüner Farbe erzeugen. Wird das Aufnahmematerial in drei übereinander gelagerten (untrennbaren) Schichten hergestellt, von denen jede nur für einen Spektralteil empfindlich und nachträglich ausschliesslich zu dem zugehörigen komplementären Farbbild entwickelbar ist, so kann das Verfahren für beliebige farbphotographische Zwecke Verwendung finden: Es können Transparentbilder aller Formate, es können aber auch in Gestalt des Negativ-Positiv-Verfahrens Papierbilder oder Kinofilme hergestellt werden. Das wichtigste Erfordernis ist, dass die Kupplersubstanzen nur in der zugeordneten Schicht wirksam sein dürfen, eine Forderung, die von den verschiedenen Herstellern in unterschiedlicher Weise gelöst wurde (Tabelle siehe *Experientia* VI [1950], S. 409): Agfa versah die aktiven Kupplermolekeln mit Fettresten, so dass die Substanzen zwar löslich blieben, aber «diffusionsecht» wur-

den; Kodak bettete die Kuppler in eine hydrophile Kunstharzmasse ein, die in Form kleinster Partikel in der Schichtgelatine verteilt ist; du Pont verlässt als erste Herstellerin die Gelatine als Bindemittel und verwendet dafür ein quellbares Polyvinyl-derivat, an das der Kuppler chemisch gebunden wird.

Trotz dieser raschen Entwicklung gibt es noch eine stattliche Anzahl von Problemen, an deren Lösung die Industrie arbeitet. Eine wichtige Aufgabe ist die Verbesserung der farb- und kontrasttreuen Wiedergabe des Originals. Sie wird durch die Verwendung von «Masken» erreicht, die vor allem den Zweck haben, die fehlerhaften Absorptionsgebiete der Farbstoffe des Negativs zu kompensieren. — Sodann wird an der Verbesserung der Lichtechtheit der Farbstoffe gearbeitet. — Ferner haben die Farbenverfahren bislang nur eine feststehende Art von Positivmaterial zur Verfügung, während für Schwarz-Weiss-Kopien bekanntlich 5 bis 7 Papiersorten verschiedener Gradation zur Wahl stehen. — Ein anderes Problem ist die Erzielung hinreichender Bildschärfe, die durch die Übereinanderlagerung dreier Schichten eine verständliche Einbusse er-

leidet. — Die Dreischichtenanordnung wäre vermeidbar, wenn sich drei Teilchenarten herstellen liessen (ähnlich den von Kodak verwendeten), die neben den Kupplern auch die zugehörige, selektiv sensibilisierte lichtempfindliche Substanz enthielten. Die Schicht bestünde dann aus einer Mischung dieser drei Teilchenarten. — Weitere Aufgaben ergeben sich für die Kinoindustrie, da die Theaterkopien nicht alle vom Originalnegativ hergestellt werden können, sondern die Erzeugung von Zwischennegativen (durch Umkopieren) erfordern, wobei Farbverzerrungen eintreten. — Ein ähnliches Problem beherrscht seit langem die Reproduktionstechnik, die in USA dazu übergegangen ist, die Farbkorrektur sowie auch die durch die Rasterung notwendig werdenen Korrekturen, die bisher ausschliesslich durch Handretuche durchgeführt wurden, von äusserst sinnreich konstruierten Abtastmaschinen, Electronic Scanners, vornehmen zu lassen, wobei jene Korrekturen, für die NEUGEBAUER bestimmte Gleichungen aufstellte, durch elektronische Rechenmaschinen in etwa einer Millisekunde je Rasterpunkt bestimmt werden.

(Autoreferat)

3. Dezember 1951: Prof. Dr. H. Sch ä p p i, Winterthur:

Symmetrie und Rhythmus im Bau der Blütenpflanzen (mit Lichtbildern)

Für die ältere Botanik war ein Organ symmetrisch, wenn es sich durch eine oder durch mehrere Ebenen in spiegelbildlich gleiche Teile zerlegen liess. Demgegenüber hat zuerst K. GOEBEL hervorgehoben, dass bei einer solchen Betrachtung nur ein Teil der Erscheinungen erfasst wird, und dass daneben viele Gestalten auftreten, die zwar keine Symmetrieebenen haben, aber doch symmetrisch erscheinen, da ihre Teile sich regelmässig wiederholen. Entscheidend für die neuere Symmetriebetrachtung ist also die rhythmische Wiederholung gleichartiger Elemente. Der Symmetriebegriff ist damit wesentlich erweitert worden. — Bei Pflanzen findet man in der Regel eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Längsachse. Dementsprechend unterscheidet man eine longitudinale und eine laterale Symmetrie. Unter longitudinaler Symmetrie versteht man demnach die rhythmische

Wiederholung gleichartiger Teile längs einer Achse. Vielfach freilich ist für die Gestaltung der Pflanze nicht die Wiederholung z. B. gleicher Sprosssteile entscheidend, sondern die Unterschiede in ihrer Ausbildung an der Basis und an der Spitze, wodurch oft eine ausgeprägte Polarität zustande kommt. In entsprechender Art versteht man unter lateraler Symmetrie die Wiederholung gleicher Teile um die Achse herum. In diesem Sinne ist die Lehre von der Symmetrie bei Pflanzen von K. GOEBEL ausgebaut und von W. TROLL, W. RAUH und vielen anderen weitergeführt worden, was an Hand von mehreren Beispielen aus dem vegetativen Bereich dargelegt wurde.

Die Sprosse vieler Pflanzen zeigen die charakteristische Längenperiode der Internodien, die graphisch dargestellt eine eingipflige Kurve ergibt. Bei manchen Stauden sind die den Blütenstand tragenden Inter-

nodien verlängert, was zu zweigipfligen Kurven führt. Dies gilt auch für einige einheimische Orchideen, während bei anderen mannigfache Abwandlungen auftreten. So erlaubt die Untersuchung der longitudinalen Symmetrie der Sprosse (Internodienlänge und Blattgestaltung) ein schärferes Erfassen der Erscheinungsform.

Die Beziehungen von Symmetrie und Verzweigung wurden an Hand der Holzpflanzen dargestellt. Bei Bäumen setzt die Verzweigung relativ spät ein und erfolgt dann akroton. Die Sträucher hingegen verzweigen sich frühzeitig, und die basalen Triebe sind gefördert (Basitonie). In der Verzweigung der Seitenäste zeigt sich bei Sträuchern häufig eine Förderung der oberseitigen Knospen (Epitonie), während bei Bäumen oft Hypotonie oder Amphitonie herrscht. Diese Erscheinungen, oft in mannigfacher Art kombiniert und abgewandelt, geben Einblicke in das Zustandekommen der verschiedenen Formen der Holzgewächse, wie bei mehreren Beispielen gezeigt wurde.

Bemerkenswert sind auch die Beziehungen zwischen Sproßsymmetrie und Blattbildung. Während radiärsymmetrische Stängel in der Regel gleichartige und symmetrische Blätter tragen, findet man bei dorsi-

ventralen Achsen oft asymmetrische Blattorgane (Ulme, Begonie usw.).

In einer letzten Gruppe von Beispielen wurde auf die Kakteen hingewiesen. Unter diesen treten sehr eigenartige Formen auf, die infolge ihrer Regelmässigkeit oft beinahe an Kristalle erinnern. Dies gilt im besonderen für Rippenkakteen (*Cereus* usw.), deren Zustandekommen erläutert wurde.

Die Erforschung rhythmischer und symmetrischer Erscheinungen im Bau der Pflanzen ist eine Aufgabe der Morphologie. Sie hat dadurch und zusammen mit weiteren Untersuchungen die Gestalt der Pflanze so genau wie möglich abzuklären. Dagegen ist die Symmetriebetrachtung nicht in der Lage, Beiträge zur Kausalanalyse der Pflanzengestalt zu liefern. Hier stellen sich weitere Probleme, wie Korrelation, induzierte und autonome Erscheinungen und vieles andere mehr, die nur durch das Experiment einer Lösung näher gebracht werden können. — Weitere Untersuchungen an Pflanzen einerseits und geometrische Überlegungen (A. FREY-WYSSLING) andererseits werden erlauben, die Symmetrie der Gewächse noch schärfer zu fassen.

(Autoreferat)

10. Dezember 1951: Prof. Dr. Curt Stern, Berkeley, University of California:

Probleme der menschlichen Erbforschung

Der Vortrag behandelt die drei folgenden allgemeinen Gebiete der Humangenetik:

1. Spontane Mutation. Es stehen jetzt Schätzungen der Mutationsrate von 11 verschiedenen Genen des Menschen zur Verfügung. Der Mittelwert beträgt $2,6 \times 10^{-6}$; dabei ist die Variation erstaunlich klein. Einige dieser Schätzungen beruhen auf der direkten Feststellung der Häufigkeit einer Mutation in der Population. Andere sind theoretisch abgeleitet aus der Annahme, dass ein Gleichgewicht besteht zwischen der Selektion, die gegen ungünstige Gene wirkt, und der Neuentstehung solcher Gene durch Mutation. Die Annahmen, die zu diesen Schätzungen führen, werden kritisch diskutiert.

2. Strahlen-induzierte Mutationen. Über ein grosses Gebiet des Strahlenspektrums existiert eine lineare Beziehung zwischen

der Strahlendosis und der Rate der induzierten Mutation, dabei spielt die Intensität keine Rolle. Es werden verschiedene Schätzungen angegeben für den zahlenmässigen Mutationseffekt, den eine bestimmte Strahlendosis auf die menschliche Erbsubstanz ausübt. Diese Schätzungen setzen Annahmen in bezug auf die Zahl der Gene des Menschen voraus. Die so erhaltenen Werte werden verglichen mit der spontanen Mutationsrate bekannter menschlicher Mutationen. Die Gefährdung der menschlichen Erbsubstanz durch induzierte Mutationen wird hervorgehoben.

3. Eugenische Betrachtungen. Die moralische Verantwortung des Menschen reicht in die Zukunft und verlangt eine rationale Beurteilung der verschiedenen Handlungs-

weisen, durch welche die Erbsubstanz unverändert erhalten oder verändert werden kann. Die Wirkung der Selektion gegenüber dominanten und rezessiven Genen wird veranschaulicht. Anschliessend wird diskutiert, wie sich die unterschiedliche Vermehrungsrate der verschiedenen sozialen Schichten der westlichen Völker auswirkt. Dabei stützt sich diese Betrachtung auf die wahrscheinlich polygenische Vererbung der normalen psychischen Merkmale. Es darf an-

genommen werden, dass in den verschiedensten sozialen Schichten, selbst in den weniger umweltbegünstigten, ein grosser Vorrat von günstigen Genen vorhanden ist. Obschon Massnahmen gegen ungünstige Erbfaktoren zur Zeit keineswegs dringend erscheinen, verdienen diese Fragen im Hinblick auf die künftige Entwicklung des Menschen heute schon unser spezielles Interesse. (Autoreferat)

17. Dezember 1951: Gewässerschutz in der Schweiz:

Wissenschaftliche Grundlagen und Organisation.

Kurzvorträge (mit Lichtbildern)

a) Prof. Dr. H. Mooser, Zürich:

Durch Trinkwasser übertragene Infektionskrankheiten

Die Verhütung der Infektionskrankheiten kann je nach der Art der Krankheit erreicht werden entweder durch aktive Immunisierung (Impfung) oder dadurch, dass dem Erreger der Weg vom Infizierten zum Gesunden verlegt wird. Wenn wir die Liste der ansteckenden Krankheiten durchsehen, ergibt sich, dass in der Schweiz und anderswo recht wenige derselben entweder ganz verschwunden oder selten geworden sind, während die Grosszahl derselben noch endemisch ist und von Zeit zu Zeit in epidemischer Form auftritt. Es sind der Typhus, der Paratyphus und die bazilläre Ruhr, welche bei uns recht selten geworden sind und die Cholera ist ganz verschwunden. Warum sind aber gleichzeitig die andern ansteckenden Krankheiten, wie Diphtherie, Masern, Grippe, Kinderlähmung usw. nicht verschwunden, ja nicht einmal selten geworden? Es beruht dies auf der verschiedenen Art der Übertragung der ansteckenden Krankheiten.

Wir können, wenn wir von den Geschlechtskrankheiten absehen, dieselben in zwei Gruppen einteilen:

1. Krankheiten, deren Erreger vom infizierten Individuum durch die Atmungswege, d. h. beim Sprechen, Husten, Niesen ausgeschieden und vom nichtinfizierten mit der Atemluft aufgenommen werden.

2. Krankheiten, deren Erreger mit den Faeces ausgeschieden und vom Nichtinfizierten mit den Nahrungsmitteln und dem Wasser aufgenommen werden.

Zur ersten Gruppe gehören die ansteckenden Krankheiten, die bei uns nicht verschwunden sind, weil es bis jetzt nicht möglich war, Methoden zu finden, um die Luft, die wir einatmen, in jeder Situation zu desinfizieren. Hier würde nur die aktive Immunisierung, wie im Falle der Pocken, welche auch zu dieser Gruppe gehören, dauernden Erfolg bringen.

Zur Gruppe zwei gehören die Cholera, der Typhus, der Paratyphus und die Dysenterie. Sie sind bei uns selten geworden oder verschwunden, weil es durch die Sanierung des Milieus, in dem wir leben, möglich war, den Kurzschluss zwischen dem Bazillenausscheider und dem Gesunden zu unterbrechen. Es geschah dies durch die Trinkwassersanierung, durch die Kanalisation der Abwässer, durch die Überwachung des Lebensmittelhandels und durch die Befolgung der Regeln der persönlichen Reinlichkeit (Hygiene), kurz durch die Verunmöglichung, dass Faeces eines Bazillenausscheiders in den Mund eines Gesunden gelangen. Die Trinkwassersanierung allein genügt nicht, um diese Krankheiten zum Verschwinden zu bringen, weil das Trinkwasser nicht das einzige Vehikel für die mit den Faeces ausgeschiedenen Erreger ist. Hingegen ist das Trinkwasser das häufigste Vehikel für die epidemische Verbreitung dieser Krankheiten in Orten mit zentraler Trinkwasserversorgung. An das sollten diejenigen denken, welche glauben in südlichen Ländern genüge es, kein

Wasser zu trinken, um sich vor Typhus usw. zu schützen. Zirka 2 % aller Personen, die an Typhus litten, scheiden für den Rest ihres Lebens Typhusbazillen mit ihren Faeces aus. Wenn es sich dabei um Personen handelt, die mit der Zubereitung von Lebensmitteln zu tun haben, bringen sie die Bazillen mit unreinen Händen auf die Lebensmittel. Darum soll man sich auf Reisen

in gewissen Ländern zur Regel machen, nur gekochte und heiss servierte Nahrung zu geniessen. An Hand von graphischen Darstellungen wird gezeigt wie der Typhus seit der Einführung des Sandfilters mit und ohne Wasserchlorierung als epidemische Krankheit in den Großstädten der USA und in Zürich verschwunden ist. (Autoreferat)

b) Prof. Dr. O. Jaag, Zürich:

Die neuere Entwicklung und der heutige Zustand schweizerischer Gewässer

Die hydrobiologischen Untersuchungen, die seit wohl 70 Jahren an schweizerischen Gewässern durchgeführt wurden, haben mit erschreckender Deutlichkeit gezeigt, dass sich viele unserer Bäche, Flüsse, Seen und Grundwässer in einer ungünstigen Entwicklung befinden, und dass manche von ihnen bereits einen derart hohen Grad der Verunreinigung und Verderbnis erreicht haben, dass sie zu ernster Besorgnis Anlass geben.

Diese Entwicklung hat ihre Ursache in der Einführung von Abwässern aus Wohnsiedlungen, gewerblichen und industriellen Anlagen sowie aus der Landwirtschaft. Durch diese Abwässer erleiden die Seen eine Anreicherung an Pflanzennährstoffen, also eine ungewollte Düngung. Durch sie wird die pflanzliche Produktionskraft des Gewässers in einem solchen Masse gesteigert, dass in neuerer Zeit in vielen unserer Seen Massenfaltungen von Algen (*Oscillatoria rubescens* u. a.) auftraten. Seither reicht die Reserve des im See gelösten Sauerstoffs nicht mehr aus, um die pflanzliche Produktion auf aerobem Wege abzubauen. Die Abbauprozesse verlaufen anaerob mit Bildung von giftigen Endprodukten, wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Sumpfgas usw.

Dies hat zur Folge, dass das Eimaterial der Tiefenlaicher unter den Edelfischen am Seegrunde verfault, und dass auch die

Bodentiere absterben. Überdies nimmt sauerstoffreies Wasser Fehler an; es löst Eisen und Mangan und wird dadurch in seiner Verwendbarkeit als Trink- und Brauchwasser in hohem Masse beeinträchtigt.

Nicht besser ist es um zahlreiche unserer Fliessgewässer bestellt. Viele von ihnen sind infolge der Verunreinigung durch Abwässer nicht nur für die Fischerei, sondern auch für jeden Badebetrieb verloren gegangen. Vielerorts ist aber bereits von solchen verunreinigten Fluss- und Bachstrecken aus das Grundwasser des betreffenden Tales verdorben worden. Besonders gefährdet sind Stauräume von Flüssen, die mit Abwasser belastet sind.

Durch die Erstellung von Abwasser-Reinigungsanlagen kann diese gefährliche Entwicklung in den chemisch-physikalischen und biologischen Verhältnissen unserer Gewässer aufgehalten werden. Ein allgemeiner Gewässerschutz ist deshalb für unser Land eine dringliche Aufgabe von höchster Bedeutung, und zwar ebensowohl mit Hinsicht auf eine ausreichende Versorgung mit Trink- und Brauchwasser, als mit Hinsicht auf die Volksgesundheit, die Berufs- und Sportfischerei und schliesslich mit Hinsicht auf das ganz einfache Bedürfnis nach Sauberkeit und Ordnung, das unserm Volk eigen ist. (Autoreferat)

c) Dr. K. Wuhrmann, Zürich:

Schutz der Gewässer vor Verunreinigung

Die Erfahrung lehrt, dass der Vorteil, welcher in hygienischer Beziehung für die Bevölkerung grösserer Siedlungen mit der Ableitung der festen und flüssigen Abgänge

des Menschen und der Industriebetriebe mit der Schwemmkanalisation erreicht wird, nur mittels anschliessender Reinigung der Abwässer ausgenützt werden kann. An Zah-

lenbeispielen wird gezeigt, dass ein wirksamer Schutz der Gewässer vor Verschlämungen, Massenentwicklungen heterotropher Mikroorganismen und Eutrophie (Seen) nur mittels sogenannten biologischer Reinigungsverfahren zu erreichen ist. Nach einem kurzen Hinweis auf die Arbeitsweise der für die Schweiz in Frage kommenden Systeme (Tropfkörper- und Belebtschlammverfahren) erfolgte eine Darstellung der wichtigsten chemischen Veränderungen des Abwassers bei diesen Reinigungsmethoden. Während gewöhnliche mechanische Kläranlagen nur relativ geringe Schmutzmengen aus dem Abwasser zu entfernen vermögen, vermindern sich in biologischen Anlagen, die den mikrobiellen Abbau der festen und gelösten Abwasserstoffe anstreben, die Konzentrationen fermentativ angreifbarer Substanzen in grossem Umfange. Dies verunmöglicht nicht nur unhygienische Ver-

schlammungen der Vorfluter, sondern schliesst auch sogenannte sekundäre Verunreinigungen durch Wucherungen heterotropher Mikroorganismen aus, wie dies mittels Modellversuchen (die von der Praxis voll bestätigt sind), gezeigt werden kann. Bezüglich der Elimination eutrophierend wirkender Nährionen aus den Abwässern muss man sich bis heute mit Maximalleistungen in der Grössenordnung von 50 % (Gesamtstickstoff respektiv Phosphor) begnügen. — Eine Erhöhung der Abbauleistung von Abwasserreinigungsverfahren erscheint erst möglich, wenn die in den komplexen Gärungssystemen der Anlagen sich vollziehenden Reaktionen genauer bekannt sind. Dies gilt besonders auch für die mikrobielle Denitrifizierung, die u. U. einen Weg zur Erhöhung der Stickstoffelimination bei der Abwasserreinigung öffnet.

(Autoreferat)

d) Herr A. Mathey - Doret, eidg. Fischereinspektor, Bern:

Gesetzgebung über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung

Die zur Zeit gültigen bundesgesetzlichen Bestimmungen über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung (Art. 21 des Bundesgesetzes vom 21. Dezember 1888 über die Fischerei und die gestützt hierauf erlassene bundesrätliche Spezialverordnung vom 17. April 1925) haben sich als ungenügend erwiesen, um der zunehmenden Verschmutzung der Gewässer zu begegnen. Der Grund hiefür liegt vor allem darin, dass die Anwendbarkeit dieser Bestimmungen auf den Fischereischutz beschränkt ist. Angesichts der grossen Gefahr, welche die Verschlimmerung des Zustandes der Gewässer für unser Land bedeutet, hat sich das Bedürfnis nach einem Bundesgesetz geltend gemacht, das über die Forderungen der Fischerei hinaus den übrigen im Spiele stehenden Interessen (öffentliche Gesundheitspflege, Versorgung mit einwandfreiem Trink- und Brauchwasser, Erhaltung des Landschaftsbildes u. a. m.) Rechnung trägt und sich sowohl auf die oberirdischen als auch auf die unterirdischen Gewässer bezieht. Der Erlass eines solchen Gesetzes scheint um so dringlicher, als die Kantone mit wenigen Ausnahmen von der ihnen ein-

geräumten Befugnis, den Gewässerschutz unter Berücksichtigung aller in Frage stehenden Gesichtspunkte gesetzgeberisch zu regeln, bisher nicht oder nur ungenügend Gebrauch gemacht haben.

Nach der Auffassung namhafter Rechtswissenschaftler und der zuständigen eidgenössischen Behörden bedarf indessen der Erlass eines Bundesgesetzes über den Schutz der ober- und unterirdischen Gewässer gegen Verunreinigung einer verfassungsmässigen Grundlage. Das Eidgenössische Departement des Innern hat deshalb unter Mitwirkung der Kantone und der an der Wassernutzung beteiligten Verbände ausser einem Gesetzesentwurf einen Vorschlag für einen neuen Verfassungsartikel 24 quater ausgearbeitet. Diese Entwürfe wurden einer ausserparlamentarischen Kommission vorgelegt, der Professor Dr. O. JAAG, Präsident der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz, vorstand und in der insbesondere die Wirtschaftsgruppen vertreten waren, für die der Vollzug der in Aussicht genommenen Gesetzesbestimmungen mit finanziellen Opfern verbunden sein wird. Nachdem diese Kommission sich Ende Au-

gust 1951 ihres Auftrages entledigt hat, wird der Bundesrat für die Unterbreitung entsprechender Botschaften an die Bundesversammlung Antrag zu stellen haben, worauf die Vorlagen in den eidgenössischen Räten zur Behandlung gelangen werden. Es dürfte noch einige Zeit verstreichen, bis der zu schaffende Verfassungsartikel vom Volk angenommen und die Gesetzesvorlage, die ihm, falls das Referendum ergrif-

fen werden sollte, ebenfalls zur Abstimmung unterbreitet werden müsste, erlassen sein wird. Ausserdem werden die in Aussicht genommenen Bundesvorschriften erst gehandhabt werden können, nachdem der Bundesrat die zugehörigen Ausführungsvorschriften erlassen haben wird und auch die Kantone mit ihren Vollziehungsbestimmungen bereit sein werden. (Autoreferat)

14. Januar 1952: P.-D. Dr. E. Frey, Zürich:

Zur Biologie und Psychologie der akustischen Wahrnehmungen
mit spezieller Berücksichtigung der unbewussten musikalischen
Erlebnisse

Die im Titel zusammengefasste Problemstellung kann deswegen als biologisch fundiert betrachtet werden, da diese von rein ärztlicher und naturwissenschaftlicher Seite angegangen wurde. Es handelt sich hier um Ergebnisse jahrzehntelanger Forschungen auf dem Gebiete der Hypno-Therapie, die eine Aktivierung der Leistung des Unbewussten durch Hypnose, mit gleichzeitiger Registrierung der unbewussten Vorgänge durch die Bewusstseinsphäre des Hypnotisierten, als die wesentlichste Erscheinung enthält. Wichtig ist hier vor allem die dynamische Seite des Hypnosezustandes, bei subjektiven Erlebnissen auf allen Gebieten der Sinnessphären. Solche spontan erlebte Situationen beziehen sich vor allem auf die optische Sinnessphäre mit Wahrnehmungen von Farben, Formen, abstrakt, schematisch oder in der Realität verankert. Zuletzt sind phantasievolle oder auch sich an die Realität anknüpfende, bis auf dramatische Geschehnisse mit sinnvollem und künstlerischem Aufbau der Handlung zu erwähnen. Ausserdem können spontane und interzeptiv bedingte Reize, wiederum sehr dynamisch gestaltet und von bestimmtem symbolischem Wert in jeder anderen Sinnessphäre entstehen (Oberflächen- oder Tiefensensibilität, Lagesinn, Sensationen auf dem gesamten Gebiet der Körperfühlsphäre, des sogenannten Körperschemas, Geruch- oder Geschmacksinn und zuletzt akustische, bzw. musikalische innere Empfindungen). Eine besondere Eigenart dieser Behandlungsmethode stellt die doppelte psychische Leistung des Hypnotisierten dar, der die unbewussten Erlebnisse durch das

Registrieren des Bewusstseins erfasst und diese mnemisch fixiert.

Verschiedene, zufällig im Zustand der Hypnose durch die Hypnotisierten wahrgenommene akustische Reize haben in einigen Fällen sehr interessante Reaktionen gezeigt wie Affektausbrüche, optische Synästhesien oder sinnvoll gestaltete Traumphantasien.

Versuche mit Anwendung der Einwirkung vollwertiger Musikstücke haben im Prinzip Entfaltungen der unbewussten Phantasie künstlerischer und schöpferischer Art ausgelöst, meistens angepasst an die momentane innere psychische Lage zur Zeit der unbewussten Musikwahrnehmung.

Es liessen sich im allgemeinen aus systematischen Beobachtungen rein dynamische Reaktionen mit Affektausbrüchen positiver oder negativer Art in reiner Form, dann Entfaltungen von hochwertigen Phantasien mit Aktivierung des Farbensinnes oder eine rein ästhetische unbewusste Erfassung des Inhalts von hochwertigen musikalischen Schöpfungen feststellen. Die Musik von J. S. Bach hat dabei speziell die Entfaltung der religiösen Gefühle aktiviert und meistens unbewusst im Sinne von Erlösungsmotiven verarbeitet.

Eine rein ästhetische Reaktionsart wurde im Falle eines zeichnerisch begabten, aber unmusikalischen Patienten, der seine Träume systematisch zu illustrieren imstande war, beobachtet.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bis jetzt durchgeführte Musikversuche an Hypnotisierten eine Aktivierung und Mobilisierung der unbewussten schöpferischen

Phantasie bei den Versuchspersonen zutage brachten.

In diesem liegt auch der psychotherapeutische Effekt beim Anwenden der Musik bei oben angegebener Behandlungsmethode durch Hypnose.

Der Vortrag wurde illustriert durch das Vorspielen der angewandten Musik bei Hyp-

noseversuchen und Vorlesen der durch die Versuchspersonen selbst verfassten Protokolle ihrer subjektiven Erlebnisse. Ausserdem gelangten farbige Zeichnungen eines Patienten auf musikalische Eindrücke in der Hypnose, die er rein ästhetisch verarbeitet hat, zur Projektion. (Autoreferat)

Buchbesprechungen

C. FRIEDLÄNDER: Untersuchung über die Eignung alpiner Quarze für piezoelektrische Zwecke. (Beitrag zur Kenntnis der Baueigentümlichkeiten der Quarzkristalle aus alpinen Mineralklüften.) Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 29, 1951. Kommissionsverlag Kümmerly & Frey, Bern. 98 Seiten, 75 Abbildungen. Fr. 12.—.

Quarzkristalle werden wegen ihren piezoelektrischen Eigenschaften heute in der Hochfrequenztechnik in grossem Umfang verwendet, und zwar zur Konstanthaltung der Schwingungsfrequenz in Röhrensendern, als Schallgeber bei der Erzeugung von Ultraschallwellen, ferner für piezoelektrische Tonabnehmer und Mikrophone, Lautsprecher und Oszillographen. Im letzten Kriege zeigte sich eine Verknappung an geeigneten Quarzkristallen, so dass die früher als unbrauchbar verrufenen alpinen Bergkristalle einer neuen, eingehenden Prüfung unterzogen wurden. C. FRIEDLÄNDER hat vor allem die mineralogische Seite dieser Untersuchung durchgeführt. Er berichtet in seiner Publikation nicht nur speziell über die Eignungsverhältnisse alpiner Quarze für piezoelektrische Zwecke, sondern stellt ganz allgemein das heutige Wissen um den alpinen Quarz und seine Baueigentümlichkeiten zusammen. Einleitend wird die Struktur und Morphologie der Bergkristalle und teilweise auch der übrigen SiO_2 -Modifikationen beschrieben, wobei auch auf die «Pathologie» des Quarzes, insbesondere die gedrehten Kristalle eingegangen wird. Sehr eingehende Betrachtungen über Grösse, Rißsysteme, Einschlüsse, Zwillingbildungen u. a. m. geben Aufschluss über die Eigenarten des alpinen Quarzes und entwerfen weit über den

Rahmen des Titels hinaus ein abgerundetes Bild über das Mineral Quarz und seine Baueigentümlichkeiten, wie es selten je von einer andern Kristallart gegeben wurde. Ein umfangreiches Kapitel über die Untersuchungsmethoden gibt sodann viele weitere Details über den Realbau der alpinen Quarze, nämlich die Schlieren, Lamellen, Zwillingphänomene usw. Eine Reihe vorzüglicher Abbildungen ergänzt den Text in anschaulicher Weise. Ätzversuche geben FRIEDLÄNDER schliesslich Anlass zur Zusammenstellung der Anschauungen über Wachstum und Auflösung von Kristallen ganz allgemein.

Die vorliegende Arbeit gibt somit am Beispiel des Bergkristalles ein eingehendes Bild über den Realbau der Kristalle, das auch jenen Leser zu interessieren vermag, der sich nicht mit dem Quarz als piezoelektrisches Material beschäftigt. Für den Hochfrequenztechniker, bzw. den Schwingquarzlieferanten, jedoch werden im Schlusskapitel eingehende Zusammenstellungen und Vergleiche mit ausseralpinen Quarzen gegeben, die zeigen, dass die alpinen Quarzkristalle bei sorgfältiger Auswahl der zur Verwendung gelangenden Kristallausschnitte durchaus zur Gewinnung von Piezoquarzen in Frage kommen. W. EPPRECHT.

E. GÄUMANN: Pflanzliche Infektionslehre. Zweite umgearbeitete Auflage. Verlag Birkhäuser, Basel 1951. 681 Seiten, 467 Abbildungen und 107 Tabellen. Preis broschiert Fr. 40.50, gebunden Fr. 44.50.

Die Disposition der vorliegenden 2. Auflage dieses Werkes blieb unverändert, doch wurden einzelne Abschnitte umgearbeitet, wobei die neuesten Ergebnisse der Forschung berücksichtigt wurden. Dadurch wurde der Umfang des Buches erheblich erweitert und auch die Zahl der Abbildungen wesentlich vermehrt.

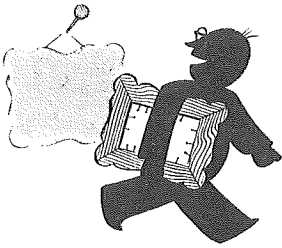
Vor dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches begnügte sich die Phytopathologie im allgemeinen mit rein botanischen Fragestellungen. Man stützte sich fast ausschliesslich auf die Ergebnisse der Mykologen und der Pflanzenphysiologen. Professor GÄUMANN stellte nun erstmals die kranke Pflanze als einen Organismus höherer Ordnung ins Zentrum seiner Betrachtung. Die Phytopathologie wurde dadurch zu einem selbständigen Zweig der Biologie und es war unerlässlich, auch die Beziehungen zur Humanpathologie und ihren Hilfswissenschaften zu überprüfen. Viele der ursprünglich aus der Humanmedizin stammenden Begriffe haben bei ihrer Anwendung auf pflanzliche Objekte Umdeutungen erfahren, die einmal klargestellt werden mussten. Dieser Blick über die Grenze des engern Fachgebietes hat zwar dem Verfasser nicht restlose Anerkennung eingetragen, aber die Entwicklung der Phytopathologie in den letzten Jahren zeigt doch, dass sich die in diesem Buche vertretene Grundhaltung schon jetzt in mancher Beziehung durchgesetzt hat.

Wenn man früher die tatsächlich bestehenden Verschiedenheiten zwischen der kranken Pflanze und dem kranken Tier etwas zu stark betonte, so konnte man sich darauf berufen, dass bei den Pflanzen in erster Linie Pilze als Krankheitserreger in Frage kommen, während bei Mensch und

Tier die Bakterien die Hauptrolle spielen. Heute ist die Situation wesentlich anders. Wir kennen Viruskrankheiten bei der Pflanze, beim Tier und beim Menschen. Die grundlegenden Erkenntnisse über die Natur dieser Krankheitserreger wurden fast ausschliesslich an pflanzlichen Objekten gewonnen, weil man hier ungehemmt experimentieren kann. Es ist deshalb begreiflich, dass sich auch Vertreter anderer Disziplinen für die Fortschritte auf dem Gebiete der Phytopathologie zu interessieren beginnen.

In der Deutung der Abwehrreaktionen in der Pflanze steht der Phytopathologe heute den Lehren der medizinischen Immunologie viel näher als früher. Man unterscheidet nicht mehr einfach zwischen anfälligen und resistenten Pflanzen, sondern man bemüht sich, die Ursachen für die verschiedenen Grade der Anfälligkeit zu finden. Auch die Pflanzen haben die Fähigkeit zu Abwehrreaktionen, aber diese wirken nur lokal und sind auch weniger anhaltend als beim Tier. Die langsam funktionierende Diffusion der Abwehrstoffe von Zelle zu Zelle vermag nicht den ganzen Pflanzenkörper gegen einen Krankheitserreger zu mobilisieren wie der Blut- und Lymphkreislauf im Tier. Zudem ist die Pflanze entsprechend ihrer geringern Körpertemperatur und der viel kleineren Plasmamenge viel weniger reaktionsfähig als das Tier. Ähnlich ist es bei der Heilung. Auch hier ist die Leistung der Pflanze gering. Sie kann den Krankheitserreger wohl schwächen oder lokalisieren, aber nicht eliminieren. Aus dieser geringen Heilungsbereitschaft ist es auch zu verstehen, dass die Therapie bei den Pflanzen nicht die überragende Rolle spielen kann wie in der Humanmedizin. Der Phytopathologe muss sich vorläufig mit der Prophylaxe begnügen.

S. BLUMER.



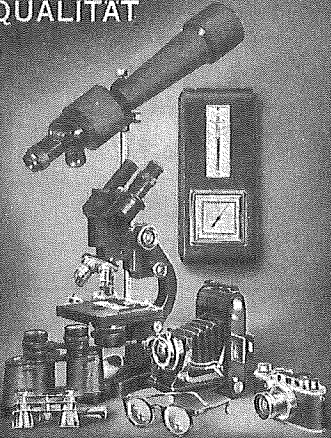
Besser kein Bild -
als ein schlechtes!

Das gilt auch in der Reklame.
Denn hier braucht es zu einer
wirkungsvollen Abbildung un-
bedingt eine gute Foto oder
Zeichnung und vor allem ein
gutes Cliché.....

für gute Clichés zu *Pesavento*

R. Pesavento Söhne, Clichéanstalt
Zürich 2, Bluntschlisteig 1
Tel. (051) 23 76 50

BEKANNT FÜR
QUALITÄT



W. KOCH
OPTIK A.G.

Zürich / Bahnhofstrasse 11

*Ein schönes Geschenkbuch von
bleibendem Wert für jedes Schweizerhaus
von Kultur und Tradition*

RUDOLF KOLLER

Herausgegeben von
Dr. Marcel Fischer

48 Seiten einleitender Text, 161
ganzseitige Tiefdruckwiedergaben
und 16 originalgetreue Vierfarben-
Kunstdrucktafeln.

Grossformat 25 × 33 cm

In Leinen Fr. 49.90

FRETZ & WASMUTH VERLAG
ZÜRICH

E. V. B.

Vervielfältigungsbüro Metropol AG
Zürich, Bahnhofstr. 94, Tel. 25 22 14



DIKTAT

**ÜBERSETZUNGEN
VERVIELFÄLTIGUNGEN**

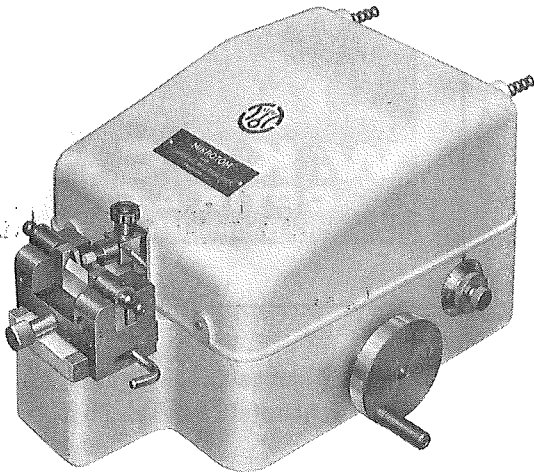
SCHREIBARBEITEN

**PHOTOCOPIEN
ADRESSEN**

Es ist besser eine Versicherung zu haben
und sie nicht zu brauchen,
als eine zu brauchen und sie nicht zu haben.



„Zürich Allgemeine Unfall- und Haftpflicht-Versicherungs-AG“



**Das neue Mikrotom
ist unempfindlich
gegen Erschütterungen**

Es erzeugt erstmals
regelmässige Schnittbänder
von $0,05 \mu$ an



Trüb, Täuber & Co. AG. Zürich

Fabrik elektrischer Messinstrumente
und wissenschaftlicher Apparate

*Reproduktionen
Vergrößerungen
Offsetdrucke
Technische Papiere
Photokopien*

ED. TRUNINGER, ZÜRICH 1

Lichtpausanstalt, Uraniastr. 9, Tel. 23 16 40

Einschlägige

FACHLITERATUR

finden Sie in Fülle bei

Buchhandlung zum Elsässer AG.

vormals Albert Müller
Zürich - Limmatquai 18
Tel. 32 16 12