Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 145 (1965)

Teilband: Wissenschaftlicher Teil

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

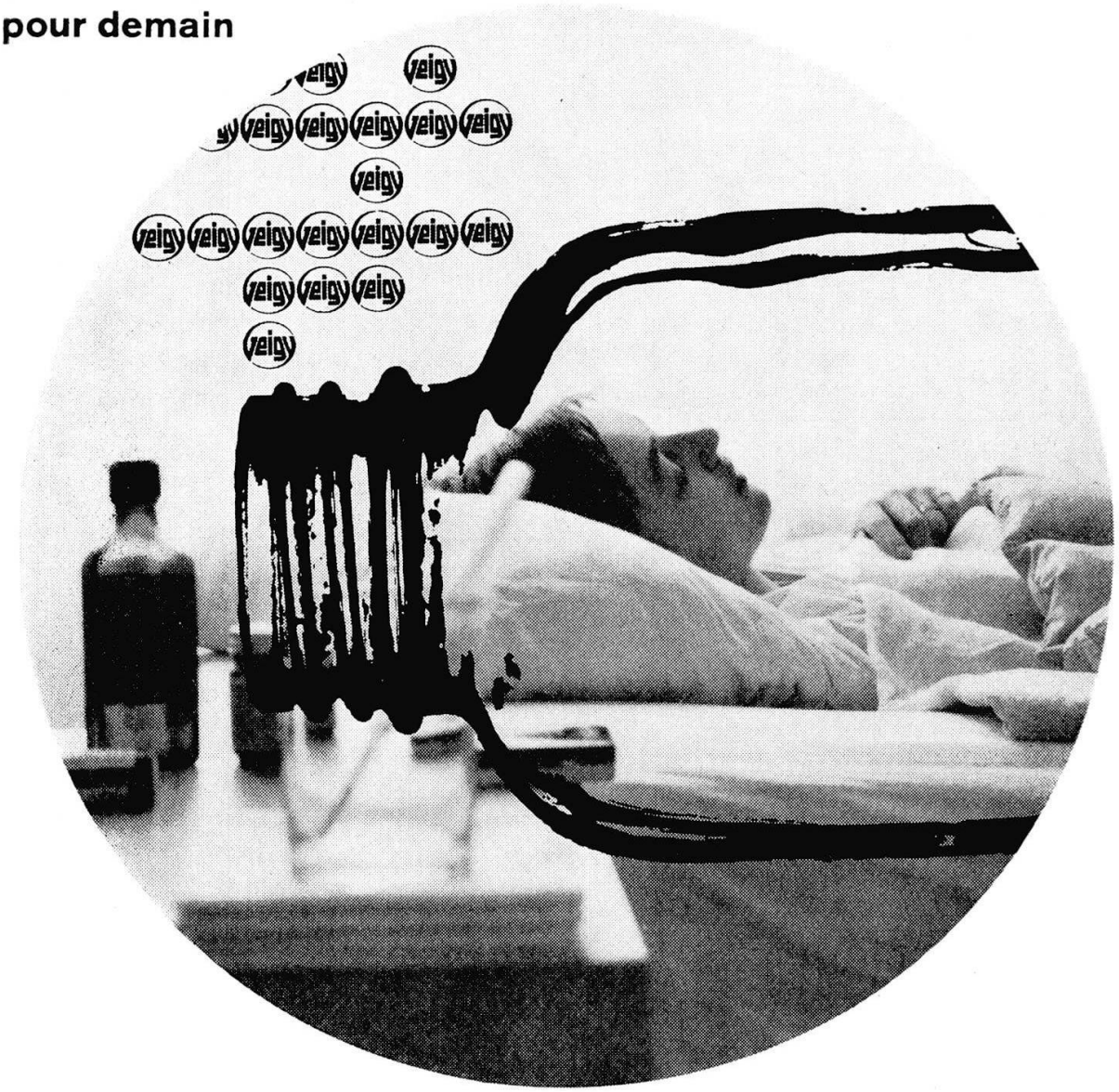
Download PDF: 03.03.2026

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

Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide

La recherche Geigy sème pour demain



Demain le médecin prescrira de nouveaux médicaments

Jadis fléaux de l'humanité, la peste, la diphtérie et la fièvre puerpérale ont aujourd'hui presque complètement disparu. D'autres maux, dont la tuberculose, sont en recul marqué, et le médecin dispose désormais de médicaments efficaces contre un grand nombre de maladies infectieuses.
Notre existence trépidante voit constamment apparaître, en revanche, des maladies inconnues du passé; agitation perpétuelle, exigences toujours plus grandes de la vie professionnelle, alimentation trop riche et trop raffinée, manque de mouvement et d'air pur, abus de stimulants, nervosité chronique due au bruit et à un éclairage mal conçu, tout contribue à l'usure prématurée des nerfs et du cœur.
La maison J. R. Geigy S. A., par la recherche de médicaments appropriés, s'efforce de fournir au médecin de demain les moyens d'enrayer et de guérir ces maladies nouvelles. Ses laboratoires créent en outre des insecticides, des colorants et de nombreux autres produits de haute qualité.

J. R. Geigy S. A., Bâle

PENTRIT
«ADROKA»

(Penta-erythroltetranitrat)

LÖST DEN ANFALL

Indikationen: **Angina pectoris, Präkordialangst und ähnliche Zustände**

Dosierung: **1 Tablette hält 5 Stunden anfallfrei**

3 Dosierungsgrade

kassenzulässig

ADROKA AG 4002 BASEL

Bekannte Pharmazeutika der Cilag-Chemie

Antirheumatika	**Paraflex, Oferol, Predniflex, Predniflex-Plus**
Psychopharmaka	**Luvatren, Butisol**
ORTHO-Seren und -Gynäkologika	**Gravindex**
Röntgenkontrastmittel	**Opacoron 270/370, Cistobil**

Cilag-Chemie AG Schaffhausen

C-C

Überall in der weiten Welt

wo thermische oder elektrische Maschinen und Apparate benötigt werden, in Zentralen, Atomkraftwerken, Industrieanlagen, Bahnen, Rundfunk- und Fernsehanlagen, finden Sie Brown Boveri Erzeugnisse

Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden

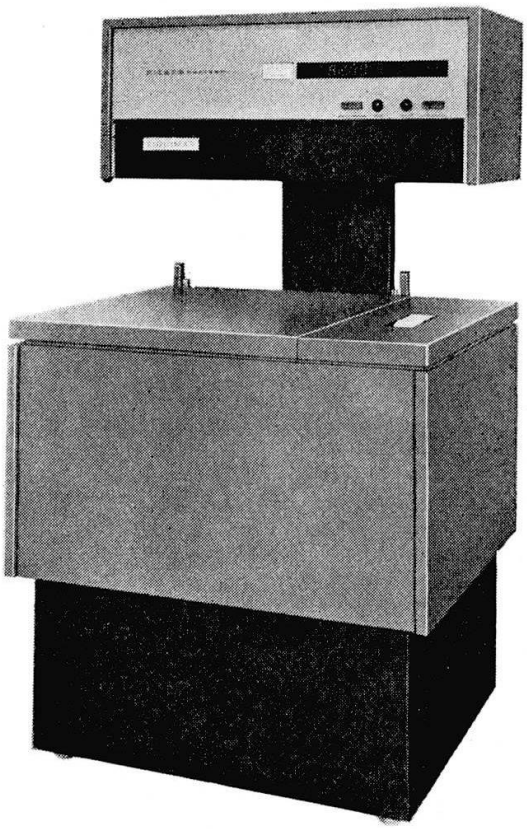


Die gesamte Ernährung des Kleinkindes



Guigoz

DANS 56 PAYS: SÉCURITÉ GUIGOZ



Picker Liquimat

Flüssig-Szintillationszähler für Beta- und Gamma-Proben.

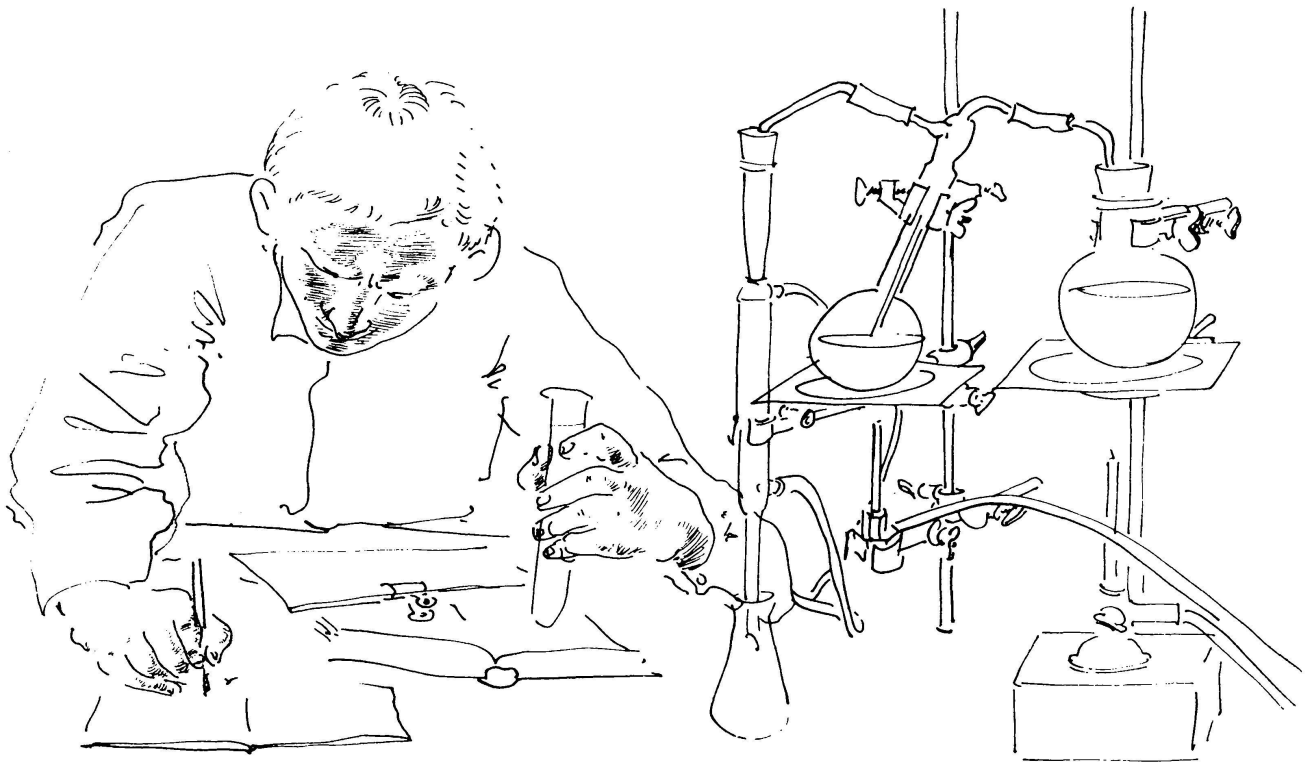
4 Messkanäle, Probenwechsler für 200 Proben, Kalkulator, Drucker, Printselector und externer Standard.

Generalvertretung:

H. W. Tschäppeler AG

Mühlebachstr. 28, 8008 Zürich
13, rue Pichard, 1000 Lausanne

C I B A



Für hochwertige chemische Spezialitäten —
Heilmittel, Farbstoffe,
Textilapplikationsprodukte, Kunststoffe,
Schädlingsbekämpfungsmittel,
photochemische Produkte —
bürgt die weltweite Forschung der CIBA

Geistlich

Arzneimittel
aus eigener Forschung

ED. GEISTLICH SÖHNE AG, 6110 WOLHUSEN

Kern-Instrumente
erprobt und bewährt
in aller Welt

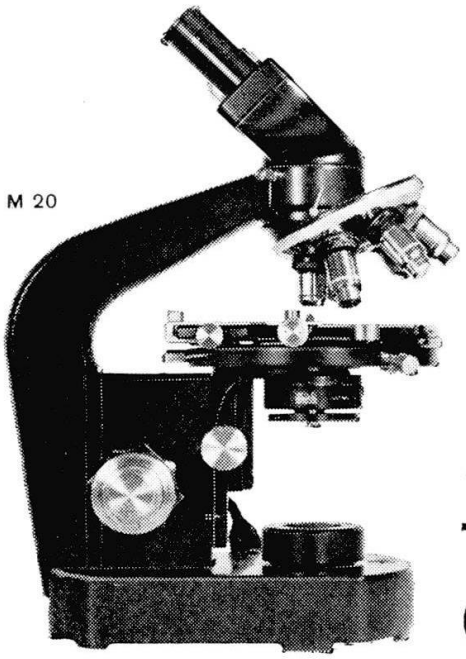
Vermessungsinstrumente
Photogrammetrische Geräte
Reißzeuge, Feldstecher, Fernrohre
Stereo-Mikroskope
Photo- und Kino-Objektive



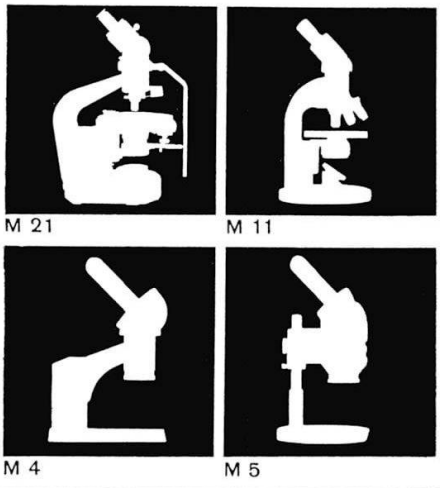
Kern & Co. AG Aarau
Werke für Präzisionsmechanik
und Optik


100
Jahre im Dienste der Gesundheit
Tradition
Erfahrung
Fortschritt
Forschung
Entwicklung
CH2-CH2-N(CH3)2 : HCl
O
N - C
N
CH3
CH2-CH2-N(CH3)2 : HCl
O
N - C
N
CH3
WANDER
1865–1965




M 20

Moderne Mikroskope mit leistungs-fähiger Optik



Die Wild-Mikro-Optik ist erstklassig berechnet, wird mit hoher Präzision hergestellt und zeichnet sich aus durch brillante Bildschärfe.

Wild-Mikroskope bieten erstaunlich viele Ausbau- und Anwendungsmöglichkeiten.

Die Wild-Stative:

M 20 Arbeits- und Forschungs-Mikroskop,
M 21 Polarisations-Mikroskop,
M 11 Kurs-, Reise- und Labor-Mikroskop,
M 4 und M 5 Stereo-Mikroskope.

Prospekte und Offerten durch

WILD
HEERBRUGG

Wild Heerbrugg AG., 9435 Heerbrugg/Schweiz

Werke für Optik und Feinmechanik



Mehr als 65 Jahre elektrische

Apparate im Dienst der Wirtschaft

Sprecher & Schuh AG . Aarau

Neues

zu suchen,

Gültiges

zu schaffen und

Wertvolles

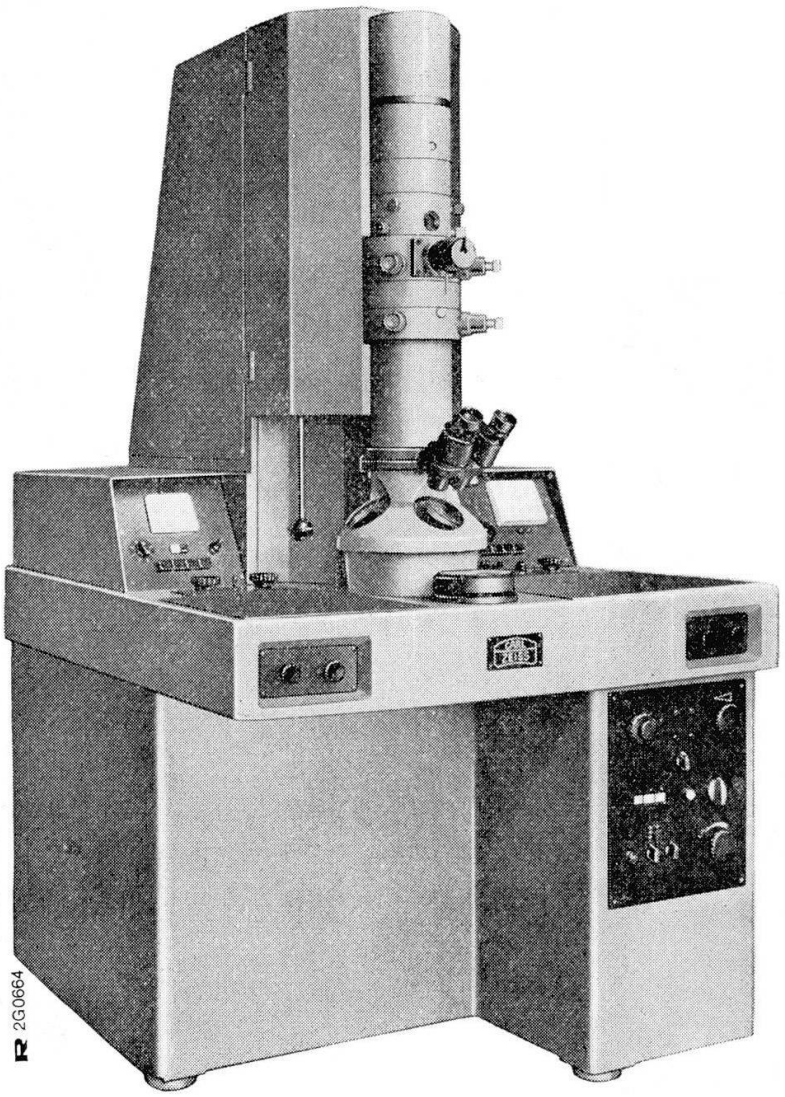
zu bewahren

ist das Ziel
der pharmazeutischen und medizinischen Forschung von

Roche

ZEISS

Elektronenmikroskop

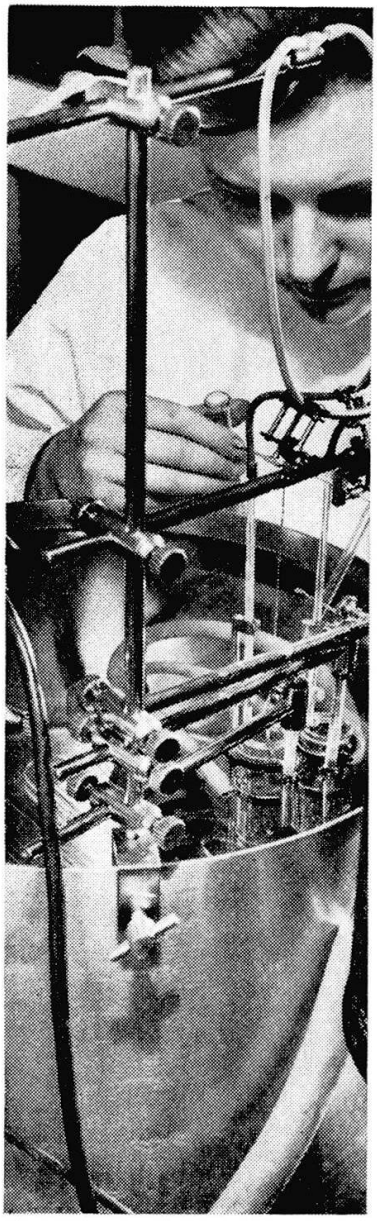


Das magnetische Elektronenmikroskop von ZEISS ist ein Routinegrät hoher Leistung: Routinemässige Punktauflösung besser als 12 Å. Elektrostatischer Stigmator. Elektrische Strahljustierung. Vergrösserung kontinuierlich oder in 4 festen, geeichten Stufen einstellbar von 1500fach bis 35 000fach. Elektronenbeugung nach dem Boerschschen Strahlengang. Dunkelfeldmikroskopie. Objektwechsel mit Hilfe einer bequemen Stabschleuse. Stereoaufnahmen mit von aussen einstellbarer Objektkippung (6^0 oder 12^0). Automatischer Planfilmtransport für 20 Aufnahmen 70×70 mm mit laufender Numerierung. Gegen Fehlbedienung gesicherte Vakuumanlage. Auf Wunsch Vollautomatik und Belichtungsautomatik. Schwenkbares Einblickfernrohr hoher Lichtstärke vor 3 Einblickfenstern.

GANZ *Optar* AG

ZEISS-Generalvertretung für die Schweiz, Zürich, Bahnhofstr. 40, Tel. 051 25 16 75

SANDOZ







Forschung ist unermüdliches Suchen nach neuem, unentdecktem Land.

SANDOZ-Forscher suchen mit Entdeckergeist nach neuen Wegen zu einem besseren und gesünderen Leben.

Farbstoffe, Pharmazeutika, Chemikalien und agrochemische Produkte von SANDOZ sind weltbekannt.

LONZA

Organische
technische Produkte

Organische
Zwischenprodukte

Kunststoffe

Lösungsmittel

Stickstoffprodukte

Stickstoff-Dünger
Kombinierte Dünger

Reinst-Metalle

Siliciummetall

Siliciumcarbid

Graphit

LONZA AG BASEL

But de la SHSN et formalités d'adhésion

Extraits des statuts

§ 3, al. 2. La Société s'efforce d'unir toutes les disciplines de l'activité scientifique de Suisse concernant l'étude de la nature...

§ 4. Pour atteindre son but, la Société procède comme il suit:

a) Elle organise des sessions annuelles, avec conférences et communications scientifiques, dans différentes localités du pays.
b) Elle nomme des commissions chargées de tâches déterminées.
c) Elle publie des études, mémoires, etc., en fait l'échange et entretient une bibliothèque.
d) Elle administre tout ce qui a trait aux monuments naturels, stations préhistoriques, fondations, etc., qui lui sont confiés.
e) Elle coopère aux organisations et travaux internationaux dans le domaine des sciences naturelles, physiques et mathématiques.
f) Elle représente la Suisse dans les Associations internationales des Académies, dans les Unions internationales, dans le Conseil international des Unions scientifiques, etc.

§ 5, al. 2. Pour se faire recevoir membre de la Société, il faut être proposé, par écrit, au Comité central, par une société affiliée ou par deux membres de la SHSN.

§ 8. Le montant de la cotisation annuelle est fixé par l'assemblée générale.

Les étudiants désirant devenir sans tarder membre de la SHSN et qui auront parmi leurs parrains un de leurs professeurs, seront admis avec une cotisation réduite pendant trois années consécutives à la moitié du montant ordinaire.

Par un versement unique correspondant à 20 cotisations annuelles, tout sociétaire est libéré des paiements annuels et devient membre à vie.

Zweck der SNG und Bedingungen für den Beitritt als Mitglied

Auszug aus den Statuten

§ 3, Al. 2. Die Gesellschaft sucht alle naturwissenschaftlichen Bestrebungen der Schweiz in sich zu vereinigen...

§ 4. Die Gesellschaft erreicht ihren Zweck:

a) Durch Abhaltung jährlicher Versammlungen mit wissenschaftlichen Vorträgen und Mitteilungen an wechselnden Orten des Landes.
b) Durch Ernennung von Kommissionen zur Ausführung bestimmter Aufgaben.
c) Durch Herausgabe und Tausch von Veröffentlichungen sowie durch Unterhalt einer Bibliothek.
d) Durch Verwaltung der ihr anvertrauten Naturdenkmäler, prähistorischen Stätten, Stiftungen usw.
e) Durch Mitwirkung an internationalen naturwissenschaftlichen und mathematischen Bestrebungen.
f) Durch Vertretung der Schweiz in internationalen Vereinigungen der Akademien, in den Unionen sowie im internationalen Rat der wissenschaftlichen Unionen usw.

§ 5, Al. 2. Wer als Mitglied aufgenommen zu werden wünscht, muss entweder von einer Zweiggesellschaft oder von zwei Mitgliedern der Gesellschaft beim Zentralvorstand schriftlich angemeldet werden.

§ 8. Die Mitgliederversammlung beschliesst die Höhe des Jahresbeitrages.

Studenten, die sofort als Mitglieder in die SNG aufgenommen zu werden wünschen und einen ihrer Professoren unter ihren Paten haben, zahlen während drei aufeinanderfolgenden Jahren einen Mitgliedsbeitrag in der Höhe der Hälfte des gewöhnlichen Mitgliedsbeitrages.

Durch einmalige Einzahlung von 20 Jahresbeiträgen wird jedes Mitglied von ferneren Jahresbeiträgen befreit. Es wird hierdurch Mitglied auf Lebenszeit.

Les dons et échanges

destinés à la Société helvétique des sciences naturelles
doivent être adressés:

A la Bibliothèque de la
Société helvétique des sciences naturelles
Bibliothèque de la ville de Berne
(Suisse)

Geschenke und Tauschsendungen

für die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
sind zu adressieren:

An die Bibliothek der
Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
Stadt- und Hochschulbibliothek Bern
(Schweiz)

Doni e cambi

destinati alla Società elvetica di scienze naturali
vanno indirizzati:

Alla Biblioteca della
Società elvetica di scienze naturali
Biblioteca municipale di Berna
(Svizzera)

Actes
de la Société helvétique
des sciences naturelles

Verhandlungen
der Schweizerischen
Naturforschenden Gesellschaft

Atti
della Società elvetica
di scienze naturali

Fondé en / Gegründet / Fondata nel 1815

145e Session à Genève 1965

En commission chez Berichthaus, Zwingliplatz 3, 8022 Zurich

Actes
de la Société helvétique des sciences naturelles

Les volumes des «Actes» de 1901 à 1961 sont en vente au prix de 1 fr., ceux de 1962 à 1965 au prix de 6 fr. net le volume. Ces prix sont ceux consentis aux membres et aux sociétés affiliées de la Société helvétique des sciences naturelles, ainsi qu'aux bibliothèques publiques, en s'adressant directement au Secrétariat de la Société.

Verhandlungen
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die «Verhandlungen» von 1901 bis 1961 sind zu Fr. 1.—, die von 1962 bis 1965 zu Fr. 6.— netto erhältlich; diese Verkaufspreise beziehen sich aber nur auf die Mitglieder und die Zweiggesellschaften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft sowie auf öffentliche Bibliotheken beim direkten Bezug durch das Sekretariat.

Atti
della Società elvetica di scienze naturali

Gli «Atti» degli anni 1901 a 1961 si vendono a 1 fr., il volume, quelli dal 1962 al 1965 a 6 fr. Tali prezzi valgono solo per i membri e le società affiliate alla Società elvetica di scienze naturali, come pure per le biblioteche pubbliche, per ordinazioni dirette, presso il Segretariato della Società.

Mémoires
de la Société helvétique des sciences naturelles

Les abonnés aux Mémoires, les membres de la SHSN, les sociétés affiliées à la SHSN, ainsi que les bibliothèques publiques de la Suisse, en s'adressant directement à la Fretz Frères SA, Zurich (Dépôt général), ont droit à un exemplaire de toutes les publications avec remise de 40% sur les prix de la dernière liste publiée.

Denkschriften
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Die Abonnenten der Denkschriften, die Mitglieder der SNG, die Zweiggesellschaften der SNG und die öffentlichen Bibliotheken der Schweiz erhalten bei direktem Bezug je eines Exemplars durch Gebr. Fretz AG, Zürich (Kommissionsverlag), eine Ermässigung von 40% auf den Preisen der letzterschienenen Liste.

Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Wissenschaftlicher Teil

145. Jahresversammlung
vom 24.–26. September 1965
in Genf

Kommissionsverlag Berichthaus, Zwingliplatz 3, 8022 Zürich
(Für Mitglieder beim Zentralsekretariat, c/o F. Hoffmann-La Roche+Co AG, 4002 Basel)

Leere Seite
Blank page
Page vide

Actes de la Société helvétique des sciences naturelles

Partie scientifique

145e Session annuelle
du 24 au 26 septembre 1965
à Genève

En commission chez Berichthaus, Zwingliplatz 3, 8022 Zurich
(Les membres s'adresseront au Secrétariat central, c/o F. Hoffmann-La Roche+Co AG, 4002 Bâle)

Leere Seite
Blank page
Page vide

Table des matières

Les allocutions de la cérémonie jubilaire, l'exposé du président annuel et les conférences générales

Page

H. P. Tschudi, conseiller fédéral: Allocution 9
E. Bünning (Tübingen): Die Anpassung der Organismen an die zeitliche Struktur der Umwelt 15
J. Piaget (Genève): Psychologie et épistémologie de la notion du temps 23
F. Chodat (Genève): Les bactéries lisses et rugueuses 28
A. Chavanne, conseiller d'Etat: Allocution 39
P. Huber (Bâle): Allocution à l'ouverture de la cérémonie 41
P. Huber (Bâle): Table ronde à Radio-Genève 47
Cl. Terrier: Allocution 49

Les communications présentées ou lues au cours de la séance des sections

1° Section de mathématique 51
2° Section de physique 52– 65
3° Section de géophysique, météorologie et astronomie 66– 93
4° Section de chimie 94– 97
5° Section de géologie 98–101
6° Section de minéralogie et pétrographie 102–107
7° Section de paléontologie 108
8° Section de botanique 109–129
9° Section de zoologie 130
10° Section d'entomologie 131
11° Section d'anthropologie et ethnologie 132–144
12° Section d'histoire de la médecine et des sciences naturelles 145–151
13° Section de géographie et cartographie 152–158
14° Section de logique et philosophie des sciences 159
15° Section de pharmacie 160–167
16° Section de génétique 168
17° Section de physiologie, chimie physiologique et pharmacologie 169–212
18° Section de biologie cellulaire et moléculaire 213

D. Rivier (Lausanne): La physique et le temps 214
P. Huber/H. Kuhn: Einführung zur Gedenkvorlesung für Prof. Werner Kuhn .. 241
H. Kuhn (Marburg): Versuche zur Herstellung einfacher organisierter Systeme von Molekülen 245

Liste alphabétique des auteurs 238–240

Leere Seite
Blank page
Page vide

Notices biographiques de membres décédés de la Société helvétique des sciences naturelles

	Auteurs	Page
Hans E. Althaus	K. Louis	269 (P)
Arnold Heim, Prof. Dr	H. Suter	270 (BP)
Paul Huber	H. Frey-Huber	273
Walter Knopfli, Dr phil.	U. A. Corti	275 (P)
Paul Müller	M. Spindler	277 (BP)
Hans Pallmann	A. Frey-Wyssling	281
Marcelle Vallette	A.-M. Du Bois	286 (P)

Notes bibliographiques 289

B = bibliographie; P = avec photo

Ansprache von Bundespräsident H. P. Tschudi

am 150-Jahr-Jubiläum der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Genf
(24. September 1965)

Vor Jahresfrist hat Kanton und Republik Genf in einer glanzvollen Feier der 150jährigen Zugehörigkeit zur Schweizerischen Eidgenossenschaft gedacht. Die würdige Veranstaltung hat in höchst eindrücklicher Form erneut die eidgenössische Gesinnung der Genfer und ihre unverbrüchliche Verbundenheit mit den andern Kantonen bestätigt.

Heute feiern wir in Genf wiederum ein 150-Jahr-Jubiläum. Diese Koinzidenz ist keineswegs zufällig, sondern es bestehen sehr enge Beziehungen zwischen den beiden historischen Ereignissen. Die Initiative zur Gründung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ging von der Rhonestadt aus, weil hier eine ganze Reihe hervorragender Naturforscher wirkte und weil unter dem Einfluss der Ideen Jean-Jacques Rousseaus die Natur im Mittelpunkt der Interessen stand. Neben diesen fachlich-naturwissenschaftlichen Voraussetzungen spielten aber auch politische Überlegungen eine wesentliche Rolle bei der Schaffung der Naturforschenden Gesellschaft. In allen Kreisen der Bevölkerung des soeben in den Bund der Eidgenossen aufgenommenen Kantons herrschte eine patriotische Begeisterung. Aus dieser Stimmung heraus komponierte der berühmte Botaniker Augustin-Pyrame de Candolle eine «Hymne sur la Réunion de Genève à la Suisse». Die ursprünglichen Statuten setzen Ihrer Gesellschaft ein doppeltes Ziel: einerseits beizutragen zum Fortschritt der Wissenschaft und andererseits dem Vaterland nützlich zu sein. In den ersten Jahren waren die Jahresversammlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft Treffpunkte bekannter schweizerischer Politiker, und in den Diskussionen wurden auch politische, volkswirtschaftliche und philanthropische Themen behandelt. Zur Begründung führt Jacob Siegfried, der Autor der Geschichte der ersten 50 Jahre der Naturforschenden Gesellschaft, an, dass sie «als damals einziger vaterländischer Verein von ernsterer Tendenz» zwangsläufig zum Forum solcher Aussprachen wurde.

Aus der Anfangszeit möchte ich noch ein Faktum relevieren, das ein heute bedeutsames Problem berührt. Unter den Gründern der Naturforschenden Gesellschaft findet sich der Pfarrer an der Berner Heiliggeistkirche, Jakob Samuel Wyttenbach, der als Freund Albrecht von Hallers zur Beschäftigung mit den Naturwissenschaften gelangt war. Wyttenbach hatte sogar schon einige Jahre vor dem Genfer Henri-Albert Gosse einen erfolglosen Versuch zur Bildung einer schweizerischen naturforschenden Gesellschaft unternommen. Dass er, übrigens neben andern

Theologen, damals als Naturforscher anerkannt war, zeigt uns, dass die Natur- und die Geisteswissenschaften noch eng miteinander verbunden waren. Angesichts der gewaltigen Ausdehnung und Vertiefung der modernen Forschung ist die Spezialisierung heute unvermeidlich geworden. Um so mehr müssen wir unsere Anstrengungen darauf richten, dass die einzelnen Wissenschaften sich nicht nebeneinander oder gar auseinander entwickeln. Im Interesse der Forschung und zum Wohle des Nachwuchses wollen wir darauf halten, dass die Hochschule den Charakter einer Universitas litterarum behält. Ihrer Gesellschaft darf ich nahelegen, den Ideen der Gründer auch in dem Sinne nachzufolgen, dass Sie einen nahen Kontakt zu Ihrer Schwesterorganisation, der Schweizerischen Geisteswissenschaftlichen Gesellschaft, pflegen.

Dem patriotischen Enthusiasmus entsprechend, der bei der Schaffung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft herrschte, hat sie, auch nachdem sie sich auf ihre wissenschaftlichen Aufgaben konzentrierte, stets enge Beziehungen zu den Bundesbehörden unterhalten. Im Jahre 1860 begann der Bund die Naturforschende Gesellschaft mit Fr. 3000.— zu subventionieren. Dieser Beitrag, welcher heute allerdings viel höher ist, hat somit eine über 100jährige Geschichte. Ich zweifle nicht daran, dass er auch vor der Kommission von fünf Wissenschaftern, die zurzeit das gesamte Subventionswesen des Bundes überprüft, Gnade finden wird. Viele Kontakte ergaben sich daraus, dass Professoren der Bundeshochschule, der ETH, wesentliche Arbeiten im Rahmen Ihrer Gesellschaft leisteten. Der Naturforschenden Gesellschaft kommt das grosse Verdienst zu, frühzeitig das Bedürfnis nach bestimmten wissenschaftlichen Untersuchungen erkannt und auch die Bearbeitung eingeleitet zu haben. Auf der Grundlage Ihrer Vorbereitungen übernahm später der Bund verschiedene dieser Aufgaben. So hat Ihre Gesellschaft die Basis für das schweizerische Kartenwerk und damit für die Eidgenössische Landestopographie gelegt. Aus Ihrer Hydrometrischen Kommission entstand das eidgenössische Bureau, das später im jetzigen Eidgenössischen Wasserwirtschaftsamt aufging. Am bekanntesten ist die Einführung der meteorologischen Beobachtungen, welche in der Schaffung der Eidg. Meteorologischen Zentralanstalt gipfelten. Aus neuester Zeit nenne ich als bedeutungsvolles Beispiel der Zusammenarbeit zwischen Bund und Naturforschender Gesellschaft die Gründung des Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Sie haben zusammen mit der Schweizerischen Akademie der medizinischen Wissenschaften, der Schweizerischen Geisteswissenschaftlichen Gesellschaft, dem Schweizerischen Juristenverein und der Schweizerischen Gesellschaft für Statistik und Volkswirtschaft die Stiftung errichtet; die nötigen finanziellen Mittel werden ihr jährlich vom Bund zur Verfügung gestellt. Die eminent bedeutungsvolle Aufgabe der Förderung der Grundlagenforschung vertraut somit die Eidgenossenschaft einer selbständigen Stiftung an, in welcher Ihre Gesellschaft eine einflussreiche Stellung einnimmt.

Ich freue mich, der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft und besonders ihren leitenden Persönlichkeiten den herzlichsten Dank

und die Anerkennung des Bundesrates für die der Wissenschaft und dem Lande geleisteten grossen Dienste aussprechen zu dürfen. Die wissenschaftlichen Arbeiten, welche von Ihrer Gesellschaft angeregt und unter ihrer Leitung innerhalb von anderthalb Jahrhunderten durchgeführt wurden, haben reiche Früchte erbracht. Die Erfolge unserer Naturforscher tragen massgeblich zum Ansehen und zum guten Ruf der Schweiz in der Welt bei.

Das 150jährige Bestehen und noch mehr die in dieser langen Zeit geleistete, der Erforschung der Wahrheit dienende Arbeit darf Sie mit Stolz erfüllen. Doch würde uns die Feier eines Jubiläums nicht befriedigen, wenn sie allein der Rückschau gewidmet wäre. Besonders auf wissenschaftlichem Gebiet, wo eine faszinierende Entwicklung im Gang ist und wo deshalb die Erwartungen auf neue Erfindungen und Entdeckungen hoch gesteckt sind, richten sich die Blicke in die Zukunft. Ich wäre nicht kompetent, Erörterungen darüber vorzutragen, welche Fortschritte die naturwissenschaftliche Forschung auf der Erde, in den Tiefen des Meeres und im Kosmos in den nächsten Jahrzehnten erzielen, und welche Erfolge sie bei der Untersuchung des Atoms, der Zelle und des Menschen in seiner körperlichen und seelischen Ganzheit realisieren dürfte. Ich muss mich darauf beschränken, einige Gesichtspunkte hervorzuheben, welchen vom Standpunkt des Bundes aus grosses Gewicht und aktuelle Bedeutung zukommt.

Der Bundesrat stimmt mit Ihnen darin überein, dass Wissenschaft und Forschung im Rahmen der öffentlichen Aufgaben eine hohe Priorität einzuräumen ist. Diese Stellungnahme kommt in einer ganzen Reihe von wichtigen Massnahmen der letzten Zeit zum Ausdruck. Ich erwähne die Einsetzung des Schweizerischen Wissenschaftsrates als zentrales Konsultativorgan, die sehr substantielle Erhöhung des Kredits des Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, ferner die weittragende Vorlage für den Ausbau der ETH, vor allem der Lehr- und Forschungsinstitute für die Physik. Endlich seien die mit grosser Intensität geführten Untersuchungen und Verhandlungen über eine direkte Subventionierung der kantonalen Hochschulen durch den Bund hervorgehoben, deren Ergebnisse bald in Form konkreter Anträge vor das Parlament gebracht werden.

Die den heutigen Anforderungen entsprechende Wissenschaftspolitik des Bundes soll es unserer Forschung erlauben, mit der internationalen Entwicklung Schritt zu halten, und soll es den Hochschulen ermöglichen, die wachsende Zahl der Studierenden aufzunehmen und ihnen einen Unterricht auf hohem Niveau zu vermitteln. Die bisherigen finanziellen Aufwendungen und die in Aussicht stehenden Begehren weisen uns rasch auf die Grenzen hin, welche einem Kleinstaat gesteckt sind. Die entsprechenden Beschränkungen ergeben sich auch aus der Tatsache, dass das Reservoir an schöpferischen Wissenschaftern ebenfalls limitiert ist. Damit stellt sich für uns mit grosser Dringlichkeit die Aufgabe des besten Einsatzes unserer finanziellen und personellen Mittel oder, in andern Worten ausgedrückt, das Problem der Koordination zwischen den Hoch-

schulen unter sich und zwischen der Hochschulforschung und der angewandten Forschung der Industrie. Im Bund obliegt die Bearbeitung dieser verantwortungsvollen Verpflichtung vor allem dem neu geschaffenen Wissenschaftsrat. Die besondere Schwierigkeit ergibt sich daraus, dass die unerlässliche Koordination in ein Spannungsverhältnis kommt zur Autonomie der Hochschulkantone und der Universitäten. Ferner steht einer Auswahl der Forschungsprojekte die Tatsache gegenüber, dass keine wertvollen Ideen unterdrückt werden sollten und dass die freie Initiative der Forscher eine wesentliche Bedingung für den Erfolg bildet. Der richtige Weg zwischen der Skylla einer unverantwortlichen Geldverschwendung und der Charybdis einer wissenschaftsfeindlichen Reglementierung muss mit grossem Ernst und höchster Sorgfalt gesucht werden. Diese Aufgabe ist derart weittragend, dass ihre Lösung nicht allein den Behörden des Bundes und der Hochschulkantone überlassen werden sollte. Der Rat und die Mitwirkung sowohl von privaten wissenschaftlichen Gesellschaften als auch von Verbänden der Wirtschaft erscheint mir als unerlässlich. Das Koordinationsproblem ist in den Naturwissenschaften aus zwei Gründen dringlicher als in den Geisteswissenschaften. Die naturwissenschaftliche und technische Forschung verlangt viel höhere finanzielle Mittel für Gebäude, Apparate und Einrichtungen, und nur bei ihr stellt sich die Aufgabe der Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Forschungsinstitutionen der Industrie. In der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft vereinigen sich Naturwissenschafter aus allen Fachgebieten, und zwar sowohl aus den Hochschulen als auch aus der Industrie. Ihre Gesellschaft scheint mir deshalb das prädestinierte private Gremium zu sein, das sachkundig und ohne Bindung an bestimmte Interessen die Koordinationsprobleme studieren und den verantwortlichen Instanzen Anregungen unterbreiten könnte. Das Studium der 150jährigen Geschichte zeigt, dass diese Aufgabe Ihnen nicht fremd ist. Im letzten Jahrhundert hat die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft sich ausgezeichnet durch die Erforschung unserer Alpen und besonders der Gletscher. In den Vordergrund wurden somit Forschungsaufgaben gestellt, die mit den besonderen Gegebenheiten unseres Landes im Zusammenhang standen. Bedeutende Erfolge wird unsere Forschung kaum erzielen, wenn sie sich auf zu viele Gebiete zersplittert und die gleichen Probleme aufgreift, welchen die Grossmächte ihre Aufmerksamkeit schenken. Uns ist somit die nicht leichte Aufgabe gestellt, unsere finanziellen Mittel und die besten Kräfte auf Projekte zu konzentrieren, welche in der Grössenordnung schweizerischen Möglichkeiten entsprechen und für die in unserem Land besonders günstige Voraussetzungen gegeben sind. In der sorgfältigen Abklärung dieser grundlegenden Zukunftsprobleme sehe ich eine schöne Aufgabe der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

Nach Ihren Statuten pflegen Sie internationale wissenschaftliche Beziehungen. Zahlreiche Ihrer Gesellschaft angeschlossene schweizerische Komitees wirken in den grossen internationalen Fachvereinigungen mit. Diese Tätigkeit muss ohne Zweifel in den nächsten Jahren verstärkt wer-

den. Für ein kleines Land sind die Kontakte über die Grenzen noch nötiger als für ein grosses. Wenn wir im rasch fliessenden Strom des wissenschaftlichen Fortschritts nicht zurückfallen wollen, müssen wir uns an den internationalen Diskussionen beteiligen. Besondere Aufmerksamkeit ist allerdings der gründlichen Vorbereitung unserer Vertreter zu schenken und ebenso der Auswertung der Ergebnisse einer Mitwirkung in internationalen wissenschaftlichen Vereinigungen und bei internationalen Forschungsprojekten.

Der Arbeitsbereich des Eidgenössischen Departements des Innern berührt sich mit demjenigen Ihrer Gesellschaft nicht nur in der Forschung, sondern auch auf dem Gebiet des Naturschutzes. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft hat das unvergängliche Verdienst, der Idee des Naturschutzes in unserem Lande zum Durchbruch verholfen zu haben. Den Kulminationspunkt Ihrer Bemühungen erreichten Sie kurz vor dem Ersten Weltkrieg mit der Schaffung des Schweizerischen Nationalparkes im Unterengadin. Diesem herrlichen Reservat gilt nach wie vor Ihre besondere Aufmerksamkeit. Eine sehr kompetente wissenschaftliche Kommission sorgt für die gründliche Erforschung des Parks in geologischer, hydrologischer, meteorologischer, botanischer und zoologischer Richtung. Die rasche Zunahme der Bevölkerung und die Industrialisierung unseres Landes bedrohen immer mehr die nicht sehr zahlreichen unversehrten Naturlandschaften wie auch die Ortsbilder, die geschichtlichen Stätten und die Kulturdenkmäler. Der Natur- und Heimatschutz hat deshalb grösste Dringlichkeit erlangt. Angesichts seiner kulturellen und gesundheitlichen Bedeutung erscheint eine Mitwirkung des Bundes als unerlässlich. Der im Jahr 1962 von Volk und Ständen genehmigte Verfassungsartikel hat ihm dazu die Kompetenz gegeben. Der Bundesrat wird den eidgenössischen Räten demnächst den Entwurf zu einem umfassenden Ausführungsgesetz zuleiten. Beim Vollzug dieses Gesetzes werden die Bundesbehörden gerne an die Mithilfe Ihrer Gesellschaft appellieren und bei Ihnen sachkundigen Rat einholen.

Obwohl meine Darstellung sehr unvollständig bleiben musste, lässt sie doch die Bedeutung des Wirkens der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft erkennen. Sie wird weiter zunehmen; unser Land wird in Zukunft Ihre Vereinigung noch weniger entbehren können als bisher! Deshalb überbringe ich Ihnen im Auftrag des Bundesrates und im Namen des ganzen Schweizervolkes die herzlichsten Glückwünsche zu Ihrem Jubiläum. Ich hoffe, dass sich immer wieder sowohl junge als auch erfahrene Naturwissenschafter Ihrer Gesellschaft uneigennützig zur Verfügung stellen werden, damit sie mit Erfolg ihre vielfältigen Aufgaben erfüllen kann.



Par son étymologie et le sens subjectif que le commun des mortels lui donne, le mot anniversaire résume merveilleusement la nature à la fois discrète et continue que l'homme attribue au temps.

Cette réflexion s'impose à qui se prépare à rappeler une date. Or, 1965 correspond au 150e anniversaire de la fondation de la Société helvétique des sciences naturelles.

Il convenait donc, en marge des sentiments de satisfaction ressentis à l'issue de cette longue période, de s'interroger et de rassembler les concepts que la science formule aujourd'hui au sujet du temps. Ainsi s'explique le choix du thème des conférences générales de la session de Genève: Le temps, étoffe de la matière et modulateur de la vie.

Scrutant à nouveau ce phénomène, trois savants ont cerné l'énigme du temps, indétachable de l'être vivant. Qu'ils en soient remerciés.

Fernand Chodat

Die Anpassung der Organismen an die zeitliche Struktur der Umwelt

Prof. Erwin Bünning
Botanisches Institut der Universität Tübingen

Vorbemerkung

Während des Vortrags selber wurden die mitgeteilten Forschungsergebnisse durch Diapositive belegt. Auf die Wiedergabe entsprechender Abbildungen ist in diesem Text verzichtet worden. Es sei dazu auf die am Schluss zitierten zusammenfassenden Darstellungen verwiesen.

1. Einleitung

Erst in neuerer Zeit wurden bei der experimentellen Analyse der zeitlichen Ordnung biologischer Vorgänge ermutigende Fortschritte erzielt. Einige Prinzipien biologischer Zeitmessung beginnen wir zu verstehen, andere sind uns noch ganz rätselhaft.

Ich möchte vor allem biologische Zeitmessungen berücksichtigen, die in Beziehung stehen zur zeitlichen Ordnung der Umwelt.

2. Messung des Verlaufs von Tageszeiten

Zunächst etwas zur zeitlichen Orientierung der Organismen über den Verlauf der Tageszeiten. Nur einige der wesentlichen Ergebnisse seien hier zusammengefasst.

Zur Anpassung an den Gang der Tageszeiten benutzen die Organismen physiologische Schwingungen, die mit Perioden von ungefähr 24 Std. arbeiten (sog. endogene Tagesrhythmik, circadiane Rhythmik, «innere Uhr», «physiologische Uhr»).

Die Periodenlängen dieser Schwingungen betragen, wie gesagt, nicht genau, sondern nur ungefähr 24 Std. Werden die Organismen unter konstanten Laboratoriumsbedingungen, d.h. bei konstanter Temperatur im Dauerlicht oder in Dauerdunkelheit, untersucht, so ergeben sich Periodenlängen, die meist zwischen 23 und 26 Std. liegen, dabei aber individuell und erblich verschieden sind.

Bei Organismen, für die diese Periodenlängen keinen Selektionswert mehr haben, z.B. bei Pflanzen der Arktis oder bei Höhlentieren, kann die Rhythmik fehlen, oder ihre Perioden zeigen keine klare Beziehung mehr zum 24-Std.-Zyklus.

Diese Schwingungen von ungefähr 24 Std. werden von Aussenfaktoren, namentlich vom Licht-Dunkel-Wechsel gesteuert und dadurch zu Schwingungen mit Perioden von genau 24 Std. synchronisiert. Die Vorteile der

Zeitmessung mit solchen Schwingungen, im Gegensatz zur Zeitmessung mit einmaligen Vorgängen, die nach dem Sanduhrprinzip arbeiten, liegen auf der Hand. Vor allem ist so eine «Vorausplanung» möglich. Die Organismen können schon vor Sonnenaufgang Verhaltensweisen einleiten, die unmittelbar nach Sonnenaufgang notwendig werden. Die Pflanze kann so z.B. ihren ganzen biochemischen Mechanismus schon schon vor Sonnenaufgang allmählich umstellen für Bedingungen, die für die Photosynthese günstig sind, während umgekehrt vor der Abenddämmerung eine rechtzeitige Umstellung auf Bedingungen für andere chemische Prozesse möglich ist. Eine Pflanze kann auch z.B. das Öffnen der Blüte vor der Morgendämmerung vorbereiten und zu einem geeigneten Zeitpunkt rechtzeitig Pollen oder Nektar darbieten. Umgekehrt kann z.B. eine Biene rechtzeitig zu einem Standort fliegen, an dem zu dieser Zeit bestimmte Pflanzen Pollen und Nektar darbieten. Ein Insekt kann auch mit dieser inneren Uhr schon am Ende der Nacht das Schlüpfen aus der Puppe vorbereiten, welches aus mehreren Gründen während oder kurz nach der Morgendämmerung vorteilhaft ist.

Die Genauigkeit des Zeitmessens mit dieser endogenen 24-Std.-Rhythmik wird eingehalten, weil die Periodenlängen nur sehr wenig von der Temperatur beeinflusst werden. Diese Präzision ist notwendig, weil die innere Uhr z.B. auch beim Richtungfinden von Tieren im Zusammenhang mit einem Sonnenkompass genutzt wird oder weil sie bei Pflanzen und Tieren ziemlich genauen Tageslängenmessungen dient, die einen Kalender ersetzen.

Das Laufen dieser inneren Uhr ist an biochemische und biophysikalische Mechanismen geknüpft, mit deren Erforschung jetzt viele Laboratorien beschäftigt sind. Diese Mechanismen laufen auch in einzelligen Lebewesen oder in isolierten Geweben und Zellen aus höheren Organismen weiter.

Viele physiologische Leistungen können an die innere Uhr gekoppelt sein. Wir nannten das Schlüpfen aus den Puppen bei Insekten und biochemische Kapazitäten bei Pflanzen. Entsprechendes gilt für viele Stoffwechselleistungen, für Wachstum, Bewegungsaktivität, die Reaktionsweise auf die belebte und unbelebte äussere Natur, für das Zeitgedächtnis im strengen Sinne des Wortes usw.

Eine dieser Koppelungen sei hervorgehoben, weil sie zeigt, wie die Organismen mit Hilfe dieser endogenen Tagesrhythmik sogar die Tageslänge messen und damit die Jahreszeiten erkennen können.

3. Messung des Verlaufs der Jahreszeiten

Die Organismen können mit den oben erwähnten endogen-tagesperiodischen Oszillationen den Verlauf der Jahreszeiten messen, indem sie bestimmte Arten des Reagierens auf Licht an die innere Uhr koppeln. Eine Koppelung der Lichtempfindlichkeit an die endogene Tagesrhythmik zeigt sich bei vielen Organismen schon, wenn wir deren phototaktische Reaktion zu verschiedenen Tageszeiten messen. Die Reaktionsstärke

dieser Bewegungen zur Lichtquelle kann tagesperiodisch schwanken, und wegen der Koppelung an die endogene Rhythmik setzen sich diese Schwankungen ungefähr tagesperiodisch fort. Aber nicht nur quantitative Schwankungen können so erreicht werden, sondern auch qualitative. Infolge solcher Koppelungen reagiert der Organismus zu den einzelnen Tages- und Nachtzeiten quantitativ und qualitativ unterschiedlich auf Licht, jedenfalls auf Licht, welches von einzelnen Organen oder von bestimmten Pigmentsystemen absorbiert wird. So erkennt der Organismus, ob die Zeit von Morgen- bis Abenddämmerung länger oder kürzer ist als bestimmte erblich fixierte kritische Werte von z.B. 11, 12 oder 13 Std. Licht, welches noch später als nach dem täglichen Ablauf jener kritischen Tageslänge einwirkt, verhindert oder ermöglicht bestimmte physiologische Verhaltensweisen. Es ist also so, als ob wir eine Photozelle mit einer Schaltuhr und einer Alarmanlage koppeln und so eine Einrichtung schaffen, bei der Licht nur zur Nachtzeit ein Alarmsignal auslösen kann. Da die Organismen mit diesem Prinzip schon Differenzen der Tageslängen von wenigen Minuten «erkennen», können die Jahreszeiten recht genau bestimmt werden.

Der Organismus kann auch ermitteln, ob eine so gemessene Tageslänge auf das Frühjahr oder den Herbst fällt. Dazu wird in einigen Fällen das Hintereinanderschalten von zwei verschiedenen Tageslängenmessungen benutzt, nämlich einer Messung, bei der Licht bestimmte Vorgänge stimuliert, wenn es vor Ablauf einer kritischen Tageslänge einwirkt, und einer anderen Messung, bei der es gerade nur stimuliert, wenn es nach Beendigung einer kritischen Tageslänge wirkt.

Beispiele: Viele Pflanzen blühen nur, wenn ihnen zuerst kurze Tage («Frühjahr»), dann lange Tage («Sommer») geboten werden. Andere Arten (normalerweise Herbstblüher) blühen nur, wenn sie erst lange Tage, dann kurze geboten bekommen. Bei Vögeln kann für die Kontrolle der Fortpflanzungs- und Wanderungszyklen Entsprechendes gelten.

In anderen Fällen wird die Temperatur als zusätzliche Informationsquelle benutzt, d.h. eine spezifische Tageslängenreaktion wird erst möglich, wenn niedrige Temperatur Winter oder hohe Temperatur Sommer angezeigt hat.

Die biologische Orientierung über die Jahreszeiten ist aber noch komplizierter, noch mehr gesichert gegen Fehlerquellen. Viele Organismen lassen sich nicht überraschen durch vorübergehend auftretende abnorme Temperaturen. Auch jene Signale, welche eintreten, wenn die Tage kürzer oder länger werden als die ererbten kritischen Längen, treffen die Pflanzen und Tiere meistens nicht unvorbereitet. In vielen Fällen jedenfalls besteht eine erblich festgelegte und dadurch endogene Tendenz zum jahresrhythmischen Verhalten, also z.B. zur Bereitschaft des Reagierens auf jenen Tageslängenfaktor. Die äusseren Faktoren haben dann nur die Aufgabe, die endogene Jahresrhythmik, die ererbte Tendenz zur Jahresperiodik des Verhaltens, zu steuern, ihre Phasen festzulegen und ihre Periodik mit der des 12-Monats-Zyklus zu synchronisieren.

Die Existenz einer endogenen Jahresrhythmik wurde zunächst an

Pflanzen gefunden, die aus Europa in die Tropen übertragen worden waren. Die Periodik des Laubwechsels, der Blütenbildung und Knospenruhe blieb erhalten, aber die Synchronisierung ging verloren. Die Perioden waren nicht mehr genau zwölfmonatig, und die einzelnen Entwicklungsphasen traten bei den einzelnen Individuen, oft sogar bei den einzelnen Ästen eines Baumes völlig desynchronisiert auf.

Laboratoriumsversuche haben weiterhin bekräftigt, dass Aussenfaktoren, etwa eine spezifische Tageslänge oder eine bestimmte Temperatur, bestimmte Entwicklungsprozesse nicht zu jeder Zeit gleich leicht auslösen können. Bei mehreren Pflanzen zeigte sich ein jahresperiodisches Schwanken in der Bereitschaft, auf einen Tageslängeneinfluss zu reagieren, z.B. hinsichtlich der Blütenbildung. Bei Eidechsen und bei Vögeln wurde hinsichtlich des Keimdrüsenwachstums eine analoge Schwankung der Bereitschaft zum Reagieren auf den Tageslängenreiz gefunden. Es kann also durch eine bestimmte Tageslänge das Keimdrüsenwachstum in einigen Monaten leicht, in anderen nur schwer oder gar nicht stimuliert werden.

Das Keimdrüsenwachstum gehört bei vielen Tieren zu den Vorgängen, die von der Tageslänge gesteuert und dadurch den Jahreszeiten eingeordnet werden. Für Entwicklungsvorgänge bei Insekten, z.B. für die Induktion von Ruheperioden, sogenannten Diapause-Stadien, ist eine entsprechende Steuerung ebenfalls bekannt. Aber auch unter konstanten Laboratoriumsbedingungen können solche Zyklen bei Wirbeltieren und Insekten oftmals, wenn schon weniger genau und mit der Tendenz zu baldiger Desynchronisierung, ungefähr jahresperiodisch eintreten. D.h., Aussenfaktoren der genannten Art wirken mehr oder weniger dadurch, dass sie einen endogenen, erblich festgelegten Zyklus von etwa 12 Monaten Dauer mit den Jahreszyklen der Aussenfaktoren synchronisieren. Die Kontrollierbarkeit des endogenen Zyklus durch Aussenfaktoren wie die Tageslänge kann sogar verlorengehen, wenn sie keinen Selektionswert mehr besitzt. Das trifft z.B. für manche Pflanzen und Vögel der Tropen zu, aber auch für domestizierte Tiere.

4. Zyklen, die grösser oder kleiner sind als 12 Monate

Die Existenz endogener Entwicklungszyklen von etwa 12 Monaten wird bei vielen Pflanzen und Tieren, die unter Bedingungen leben, wo die Periodenlänge von 12 Monaten keinen Selektionswert hat, noch aus einem anderen Grunde deutlich. Dann können nämlich oft erbliche Periodenlängen gefunden werden, die sehr stark vom 12-Monats-Zyklus abweichen. So zeigen viele tropische Pflanzen Zyklen der Laubentfaltung, des Blühens usw., die Perioden von z.B. 4, 6 oder 8 Monaten haben. Aber auch erbliche Perioden mit einer Länge von 2–3 Jahren sind nicht selten. Bei Vögeln tropischer Regionen wurden endogene Zyklen des Keimdrüsenwachstums, des Brütens oder des Wandertriebes mit Perioden von z.B. 6 Monaten oder ungefähr 10 Monaten beobachtet. Es tritt also etwas ganz Analoges ein wie hinsichtlich der endogenen Tages-

rhythmik bei Organismen unter Bedingungen, bei denen die endogene Tagesrhythmik keinen Selektionswert hat.

Das Besondere der Anpassung an Gebiete mit einem Wechsel der Jahreszeiten ist also die Selektion von Typen mit einer endogenen Tendenz zu Rhythmen mit Perioden von ungefähr 12 Monaten und die Synchronisation dieser Rhythmen mit den Jahreszeiten durch Temperatur- oder Tageslängenreaktionen.

Zur physiologischen Erklärung solcher Zyklen sind oft biochemische Rückkopplungsmechanismen angenommen worden, die mit der allmählichen Anhäufung bzw. dem allmählichen Verbrauch von Nahrungsstoffen, Hormonen, Hemmstoffen usw. rechnen. Doch das Problem ist wahrscheinlich noch schwieriger zu lösen als solche Hypothesen annehmen. Die Schwierigkeiten werden schon dadurch deutlich, dass auch für isolierte Gewebe und sogar für trocken aufbewahrte Samen solche Phänomene beschrieben worden sind.

5. Messung sehr langer Zyklen

Vor allem werden die Schwierigkeiten einer einfachen biochemischen Deutung endogen-jahresperiodischer Zyklen aber durch den Hinweis auf extreme Fälle deutlich. Wie kann eine Zikadenart die 17 Jahre genau zählen, welche sie zu ihrer Entwicklung benötigt? Noch mehr müssen uns solche Fähigkeiten bei Pflanzen wundern. In den Tropen gibt es Pflanzen, bei denen ein Entwicklungszyklus wesentlich mehr als ein Jahr dauert. Die Jahrzehnte oder Jahrhunderte alt werdende Knolle von Amorphophallus titanum lässt auf Sumatra alle 2½ Jahre nach einer mehrmonatigen Ruheperiode einen Zyklus der Blütenbildung und anschliessender Blattentfaltung beginnen. Eine Agavenart lebt 5–6 Jahre. Während dieser Zeit bildet ihr Vegetationspunkt etwa 300 Blätter, dann wandelt er sich zu Blütenknospen um, und nach dem Blühen muss die Pflanze, da sie nur diesen einen Vegetationspunkt hat, absterben. Die Agave misst diese Zeit recht gut, einerlei ob günstige oder ungünstige Bedingungen gegeben sind, ob die Blätter zur Faserernte entfernt wurden oder nicht. Noch berühmter geworden ist das Verhalten einiger Bambusarten. Eine benötigt 28–30 Jahre, eine andere 32–34, noch eine andere 45 Jahre für einen Entwicklungszyklus. Man kann die Pflanzen vegetativ vermehren und die so entstehenden Individuen unter verschiedenen Bedingungen aufwachsen lassen. Sie blühen trotzdem gleichzeitig.

Mit der einfachen Hypothese der Anhäufung von Stoffwechselprodukten oder allmählich gestörten Hormonrelationen sind solche Phänomene nicht erklärbar. Das Problem ist ähnlich schwierig wie das des Alterns. Vielleicht ist es mit diesem Alterungsproblem sogar physiologisch verwandt. Dafür sprechen manche Ähnlichkeiten zwischen den Phänomenen solcher Zyklen und dem Altern. Eine solche Vermutung wird auch durch die Tatsache unterstützt, dass in den eben genannten Fällen der Messung extrem langer Zeiten der Übergang zur Blütenbildung parallel läuft mit dem Auftreten von Alterungserscheinungen an den Pflanzen. Genauer

gesagt: Die Alterungserscheinungen werden schon kurz vor der Blütenbildung deutlich. Gelegentlich kann dieses Altern und Absterben zu den vorher genannten erblich festgelegten Zeiten sogar erfolgen, ohne dass es zum Blühen kommt.

6. Messung lunarer Zyklen

Auch das Problem der biologischen Messung von Zeitspannen, die einige Tage oder Wochen umfassen, ist ungelöst. Wir begegnen solchen Phänomenen z.B. bei den lunaren Zyklen vieler mariner Pflanzen und Tiere, andererseits auch bei den Östruszyklen der Säuger.

Die Entleerung von männlichen und weiblichen Geschlechtszellen in lunaren Rhythmen von 29 Tagen oder auch zweimalige Entleerung innerhalb dieses Zyklus ist für marine Organismen überaus wichtig, weil so eine Synchronisation und damit überhaupt erst eine reale Befruchtungschance erreicht wird. Die Phasen dieser Zyklen werden in einigen näher untersuchten Fällen vom Mondlicht determiniert. Die Zyklen können aber auch ohne Mondlicht, d.h. bei längere Zeit bedecktem Himmel oder im Laboratorium, viele Monate endogen weiterlaufen. Die Präzision ist dabei oft beachtlich. Da solche Zyklen auch bei Algen möglich sind, ist eine allgemeine Erklärung auf der Basis des Zusammenwirkens endokriner Drüsen nicht möglich.

Möglicherweise ist an solchen Phänomenen ein Zusammenwirken der vorher genannten endogenen 24-Std.-Rhythmik mit einer ebenfalls endogenen Rhythmik aus Perioden von etwa 12,4 oder 24,8 Std. beteiligt. Diese 12,4- bzw. 24,8-Std.-Rhythmik entspricht dem Gezeitenwechsel. Ihr tatsächliches Vorkommen ist für marine Organismen nachgewiesen. Beim Zusammenwirken dieser beiden Rhythmen kann es zu Schwebungen in den genannten Abständen von etwa 15 bzw. 29 Tagen kommen. Einige Experimente sprechen für diese Deutungsmöglichkeit. Die Zyklen können nämlich kleiner als etwa 15 Tage werden, wenn die Differenz zwischen jenen 24–24,8 Std. experimentell vergrössert wird, Schwebungen also häufiger werden müssen. Das spricht für jene Deutung. Die Versuche sind aber noch nicht ganz beweisend.

Um die grosse Bedeutung so genauer Zeitmessungen zu demonstrieren, sei nur ein Beispiel erwähnt: Die Braunalge Dictyota dichotoma ist für ihre Fortpflanzung darauf angewiesen, dass die Eizellen im Meerwasser von den Spermatozoiden befruchtet werden. Bei kontinuierlicher Entleerung der Geschlechtszellen wäre die Chance dafür gleich Null. Tatsächlich aber sorgen jene biologischen Zeitmessungen dafür, dass die Entleerung nur an wenigen Tagen im Monat möglich ist. Ausserdem trifft das nur für einige Monate im Jahr zu, nämlich dann, wenn die Temperatur hoch genug ist. Obendrein aber ist die Entleerung der Gametangien an diesen wenigen Tagen innerhalb der Sommermonate noch jeweils auf einige Minuten innerhalb der Zeit der Morgendämmerung beschränkt. So erfolgt die Entleerung innerhalb eines Jahres nur in einer Summe von Zeiten, die insgesamt nicht mehr als einige Stunden beträgt. Die Entleerung der männlichen und weiblichen Geschlechts-

zellen erfolgt dabei gleichzeitig. So also wird die Chance für eine Befruchtung mindestens tausendmal so gross, als wenn die Entleerung ohne Kontrolle durch einen biologischen Zeitmessvorgang erfolgen würde. Für andere pflanzliche und tierische Organismen gilt Entsprechendes.

7. Messung anderer Zyklen

Es ist nicht ausgeschlossen, dass auch manche Phänomene periodischer Krankheiten oder überhaupt periodischen Verhaltens mit Zyklen von etwa einer oder mehreren Wochen in einer Weise entstehen können, die der der lunaren Zyklen ähnlich ist. Dafür spricht, dass solche Phänomene bei der Schädigung von Organen oder physiologischen Funktionen (Tumorbildung, experimenteller Eingriff in die Nervenbahnen vom Auge) auftreten können, denen normalerweise synchronisierende Funktionen zufallen, die also im gesunden Körper Schwebungen verhindern müssen.

Hinsichtlich der Grössenordnung erinnern die lunaren Zyklen an die Ovulationszyklen mancher Säuger. Wir wissen natürlich, dass diese Zyklen etwas mit dem Zusammenwirken mehrerer endokriner Drüsen zu tun haben. Ob dieses Zusammenwirken, soweit wir es erkennen, wirklich die Präzision der Zeitmessung bei diesen Zyklen erklären kann, erscheint zweifelhaft. Oft wird die Zeitmessung bei den Östruszyklen zwar in dieser Weise, also ohne ein zusätzliches Prinzip der Zeitmessung gedeutet; aber es gibt doch auch Zweifel. Manche neuere experimentelle Befunde sprechen dafür, dass die Hormonausschüttungen nicht Komponenten, sondern vielmehr Folgen eines unbekannten Zeitmessungsprinzips solcher Zyklen sind.

Da eine solche Präzision andererseits, wie wir sahen, auch bei Pflanzen möglich ist, also ohne ein derartiges Zusammenwirken verschiedener Drüsen erreichbar ist, liegt die Vermutung nahe, dass auch bei den Ovulationszyklen der Säuger noch ein besonderes Zeitmessprinzip die ganzen Vorgänge beherrscht.

8. Zusammenfassung

Zusammenfassend können wir sagen: Einige Prinzipien biologischer Zeitmessung beginnen wir zu verstehen. In anderen Fällen sind die Phänomene wenigstens so gut gesichert, dass vernünftige experimentelle Fragestellungen möglich werden. Es ist aber gut, immer alle Phänomene von den niedrigsten Pflanzen bis zu den Wirbeltieren zu beachten. So können von vornherein einige Hypothesen bezweifelt werden, die sich nur auf hochentwickelte Organismen anwenden lassen. Zugleich zeigt sich bei einer solchen vergleichenden Untersuchung, die sehr verschiedene Organismen berücksichtigt, dass immer oder doch sehr häufig wieder ähnliche Prinzipien der Zeitmessung angewandt werden. Eine grosse Rolle spielen dabei endogene Zyklen, deren Phasen durch äussere Faktoren determiniert werden.

Wir können auf Grund der genannten Befunde sagen, dass sich in der zeitlichen Organisation physiologischer Vorgänge eine auffallende Ähnlichkeit, fast ein Abbild der zeitlichen Organisation ihrer Umwelt spiegelt. Zugleich zeigen die Befunde aber, dass es sich dabei nicht, wie ältere Autoren manchmal gemeint haben, um eine Art der Einprägung von aussen handelt, sondern um eine Anpassung, die ebenso wie andere Anpassungen durch Selektion aus einer grossen Zahl vieler physiologischer Möglichkeiten entstanden sein kann.

LITERATUR

(beschränkt auf neuere Zusammenfassungen)

Aschoff J. (Ed.): Circadian Clocks. North-Holland Publ. Comp. Amsterdam 1965.

Bünning E.: Die Physiologische Uhr. 2. Aufl. Springer, Berlin/Heidelberg 1963.

Sollberger A.: Biological Rhythm Research, Elsevier, Amsterdam/London/New York 1965.

Psychologie et épistémologie de la notion du temps

Prof. JEAN PIAGET

La mécanique classique, en définissant la vitesse comme un rapport entre l'espace parcouru et la durée employée considérait ces deux termes comme correspondant à des intuitions simples et même comme des absolus, tandis que l'idée de vitesse était censée s'appuyer sur eux. Dans les conceptions relativistes, c'est au contraire l'intervalle spatial et la durée qui deviennent relatifs à la vitesse. On connaît bien d'autre part, le cercle selon lequel on définit les vitesses au moyen des durées tout en ne pouvant mesurer celles-ci qu'au moyen de vitesses. Pour ces deux raisons Einstein en 1928 a bien voulu nous conseiller d'étudier la formation des perceptions et notions du temps et de la vitesse pour dégager leurs relations de filiation psychologique.

L'hypothèse a été constamment dans ces recherches (qui ont duré jusqu'à présent tant les problèmes sont complexes et multiples) que le temps est une coordination des vitesses dans le même sens que l'espace est psychologiquement une coordination des déplacements (= des mouvements abstraction faite des vitesses). Cela implique un certain parallélisme entre le temps et l'espace, mais à deux réserves près: 1° l'espace peut être abstrait de son contenu (d'où la possibilité d'une géométrie «pure»), tandis que le temps est toujours solidaire de son contenu vécu (psychologique) ou physique (vitesse, etc.); 2° psychologiquement l'estimation d'un espace concret se réfère à un champ sensoriel actuel ou simultané (positions), tandis que l'évaluation d'une durée AB est toujours une reconstitution, parce que quand l'événement est présent (en B): la durée de A à B s'est déjà évanouie dans le passé, si court que soit l'intervalle AB et si perceptive que soit l'estimation.

Notons encore que le temps comporte, comme l'espace d'ailleurs, deux sortes d'intuitions ou d'opérations: a) l'ordre de succession des événements, qui ne fait pas problème pour une seule série, mais qui soulève déjà de nombreuses questions sitôt qu'il faut comparer entre eux les événements de deux ou plusieurs séries distinctes (problèmes des simultanéités ou successions); b) l'intervalle entre les événements ou durée, dont l'estimation suppose soit un système d'emboîtements (durée AB plus courte que AC si ABC appartient à une seule série) soit une métrique.

I

Pour comprendre la psychologie et l'épistémologie du temps il faut donc partir de celles de la vitesse. Sur ce point nos résultats semblent décisifs: il existe une intuition primitive de la vitesse indépendante de toute durée et ne supposant que l'*ordre* temporel et spatial. Telle est l'intuition du dépassement: de deux mobiles A et B, A est plus rapide que B si, en un temps antérieur T_1, il était derrière B dans l'espace et si, en un temps ultérieur T_2, il est devant lui.

Cette notion ordinale de la vitesse est la seule dont se serve l'enfant jusque vers 9–10 ans, avec précision en certains cas, avec erreurs en d'autres (centration sur les points d'arrivée avec oubli des points de départ, dans les cas de simple rattrappement ou faute d'anticipation quant à la suite des mouvements, etc.). Mais elle suppose deux mobiles et n'est pas applicable en cas de mobile unique ni en cas de mouvements successifs.

Sur le terrain de la perception (adulte comme enfantine) on retrouve le même mécanisme ordinal, avec en plus une dimension «hyperordinale» (au sens de Suppes), c'est-à-dire une estimation (en plus ou en moins) des intervalles décroissants ou croissants entre les mobiles, mais sans estimation des durées ni des espaces parcourus depuis l'origine. Il faut à cet égard distinguer trois situations:

1° Deux mobiles visibles. On retrouve le rôle du dépassement, avec un effet subjectif d'accélération apparente au moment du dépassement lui-même.

2° Un seul mobile et mouvements libres du regard. En ce cas le second mobile est le regard lui-même: par exemple au moment de l'apparition du mobile dans le champ, il présente une accélération apparente parce que le regard, d'abord fixé au point d'apparition, est en retard sur ce mobile avant de le rejoindre.

3° Un seul mobile et fixation obligée du regard. En ce cas il y a encore perception de la vitesse et celle-ci paraît supérieure en fovéa par rapport à la périphérie de la rétine, parce que dans la fovéa les cellules sont plus denses, etc. Il faut donc distinguer, dans le «train» des excitations (cellules simultanément excitées) le passage du début de l'excitation (l'avant du train) et le passage de la fin de l'excitation (et la persistance rétinienne est justement plus forte dans la fovéa) et c'est à nouveau la comparaison de ces deux termes mobiles qui donne l'impression de vitesse (vitesse plus grande en fovéa puisque le train s'allonge!).

Ces résultats ont été utilisés par des physiciens. Dans leur ouvrage *Vitesse et univers relativiste*, Abelé et Malvaux, cherchant à éviter le cercle vicieux de la vitesse et du temps, ont recouru à nos travaux de psychogenèse: partant alors de la notion ordinale de vitesse–dépassement, mais la complétant par l'emploi d'un compteur assurant les conservations, d'une loi logarithmique et d'un groupe abélien, ils obtiennent un théorème d'addition des vitesses et retrouvent de là les principes de la relativité.

II

Si la vitesse nous est apparue comme initialement indépendante des durées, toute notion ou perception du temps, ordinale comme métrique ou relative à la durée, et physique comme psychologique, s'est par contre montrée solidaire des vitesses, soit directement, soit indirectement (puissance, etc.). En un mot, le temps ne semble pas correspondre à une intuition simple mais à une mise en relation entre 1° son contenu, c'est-à-dire ce qui se fait (espace parcouru, travail accompli, etc.) et 2° la vitesse du déroulement, sous la forme soit de vitesse–mouvement, soit de vitesse–fréquence (par exemple le temps d'un rythme comme pour le temps biologique), soit même de puissance (force × vitesse), etc.

A commencer par l'estimation d'un temps physique et par son aspect simplement ordinal, on constate ce qui suit:

1° Chez l'enfant la simultanétité des points de départ ou celle des points d'arrivée ne fait pas problème pour deux mouvements parallèles de même vitesse. Mais, si l'un des deux dépasse l'autre, l'enfant jusque vers 6 ans refuse d'admettre que les deux s'arrêtent «en même temps» parce qu'il n'y a pas encore de temps commun à deux mouvements hétérogènes.

2° Dans la perception (adulte comme enfantine) de deux mouvements simultanés, le mobile le plus rapide paraît disparaître *avant* l'autre faute de coordination suffisante à vitesses inégales.

Pour les durées, l'enfant de 6 à 8 ans qui admet la simultanéité des points de départ et celle des points d'arrivée de deux mobiles de vitesse inégales dira que le plus rapide prend «plus de temps» parce qu'il va plus loin, etc. (ce qui est en fait une négligence de la vitesse au profit de l'espace parcouru). De même le jeune enfant dit fréquemment qu'en courant il met «plus de temps» qu'en marchant, parce qu'il va «plus vite», etc.

Au point de vue de la perception (adulte comme enfantine), le phénomène semble clair: 1° A juger les durées de deux mouvements de mêmes durées mais de vitesses différentes et présentés en ordre successif (avec naturellement les permutations voulues pour contrôle) on retrouve la relation «plus vite = plus de temps». 2° Par contre à estimer les durées de deux mouvements synchrones (sur un film) en centrant du regard soit le plus rapide soit le plus lent, on trouve la relation «plus vite = moins de temps» parce que, les mouvements étant visibles à la fois, il est impossible de négliger la vitesse au profit de l'espace parcouru, etc. (comme en 1).

Dans la perception des temps très courts, soit 0,5 à 1 sec (on sait que le point neutre est situé vers 0,7 à 0,8 sec), compris entre deux signaux lumineux sans déplacements, mon collaborateur G. Voyat a trouvé récemment que dans la majorité des cas les sujets sousestiment la seconde des deux durées présentées, ce qui est contraire aux lois perceptives connues d'effets de succession; reprenant les mêmes sujets 8 mois après et leur demandant de décrire simplement ce qu'ils voyaient, il a trouvé: 1° qu'ils parlaient tous en termes de vitesses («plus vite» ou «moins vite»

mais en se référant donc à la seule fréquence, et 2° qu'en ce cas la seconde vitesse était surestimée, ce qui nous ramène à la loi connue d'effet de succession mais prouve du même coup que, même pour ces durées vides et courtes, la vitesse domine le temps.

III

Dans le domaine du temps vécu ou temps de l'action propre, la situation est la même: le temps apparaît comme un rapport entre ce que l'on fait et la vitesse à laquelle cela est fait. Un travail ennuyeux paraît long parce qu'on le juge au travail lui-même. Si le même travail intéresse, le temps paraît court parce que l'intérêt est un régulateur d'accélération de l'action qui libère les forces disponibles (et qui augmente donc la «puissance» au sens de fv, mais sans mesure physiologique actuellement connue de nous). Dans les deux cas, on a donc le même rapport, mais avec centration de l'attention sur le numérateur ou sur le dénominateur.

Mais une thèse connue s'oppose ici à la nôtre: celle de notre ami P. Fraisse de la Sorbonne, selon laquelle le temps vécu est évalué au nombre d'événements distincts remarqués par le sujet. Si Fraisse songeait à un nombre relatif (par rapport aux unités objectives de durée) nous serions d'accord, car il s'agirait alors d'une vitesse-fréquence ou d'un rythme. Mais telle n'est pas sa pensée. Il a, par exemple, organisé l'expérience consistant à présenter 16 ou 32 images à des adultes en une même durée pour juger du temps subjectivement évalué. Nous avons repris l'expérience sur des enfants avec M. Meylan-Backx (nous avons convenu avec Faisse d'échanger nos expériences jusqu'à accord possible) et trouvé ce qui suit: 1° jusqu'à 8 ans en moyenne l'enfant juge d'après le nombre de figures (fréquence sans la vitesse); 2° de 8 à 11 ans il renverse son estimation parce que, pour plus de figures, cela «va plus vite»; 3° vers 11–12 ans on trouve quelques cas de compensation («même temps»). Ces résultats nous paraissent donc conforme à notre hypothèse.

IV

Concluons en rappelant qu'aux temps intuitifs ou perceptifs examinés jusqu'ici se superposent des 8 à 11 ans des opérations temporelles au sens d'actions intériorisées, réversibles et coordonnables en structures logico-mathématiques:

1° La sériation des événements $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \ldots$ qui fournit leur ordre de succession (avec succession nulle ou simultanéité);

2° L'emboîtement des intervalles: $AB < AC < AD < \ldots$ ou $BC < BD \ldots$ dans la série $ABCD \ldots$

3° La métrique par synthèse de la partition 2° et du déplacement ordonné 1°, métrique spontanée (par exemple les temps courts et longs de la métrique musicale) ou élaborée (chronométrie).

Mais la métrique n'est elle-même possible qu'en considérant des vitesses et leur conservation (mouvement du sable dans le sablier ou de l'aiguille d'une montre). C'est pourquoi l'usage d'un sablier ou d'un chronographe ne sert à rien dans les expériences sur les jeunes enfants, parce qu'ils croient que leurs mouvements changent de vitesse selon qu'un trajet dont la durée est à mesurer est lui-même lent ou rapide! Dans tous les champs d'expérience psychologique utilisés jusqu'ici le temps apparaît donc bien comme une coordination des vitesses, ce qui tent à montrer le caractère complexe et non pas élémentaire de cette «intuition de la durée» dont on fait trop souvent l'hypothèse et ce qui confirme d'autre part la parenté biologique des durées et des rythmes.

Les bactéries lisses et rugueuses

Prof. FERNAND CHODAT

Quand un microbiologiste trie à nouveau les cellules d'une culture pure, il obtient en général sur les vases de Petri des colonies qui, à tous égards, sont semblables. Souvent cependant se mèlent aux colonies du premier type celles d'un second visiblement distinct. Cette hétérogénéité n'est pas le fait d'une contamination ou d'un mélange initial, la pureté spécifique ayant été dûment établie. Ce phénomène a reçu le nom de dissociation microbienne. On doit à Philip Hadley de Chicago un premier compte rendu de la «Microbic dissociation» paru en 1927 dans le *Journal of Infectious Diseases*. Ce sont pourtant les travaux du pastorien Nicolle, puis ceux de l'école anglaise avec Savage et Arkwright (1921) qui mirent les premiers en évidence le phénomène de dissociation chez de nombreuses bactéries intestinales.

C'est sous son aspect médical que la dissociation a tout d'abord été étudiée: antigènes, virulences, etc. Par contre, les bases génétiques, cytologiques, physiologiques et écologiques du phénomène ont été beaucoup plus négligées. A cet égard nombre d'informations valables ont certes été publiées; mais l'ensemble de cette documentation a un caractère désordonné, parfois disparate. La nature capricieuse de l'apparition et de la disparition des deux types coloniaux, l'obscurité qui cache encore partiellement les rapports numériques des représentants des deux états, sont essentiellement causes du retard des connaissances en ce domaine.

Les équipes qui ont travaillé le sujet dans mon laboratoire ont tenté d'apporter de nouveaux faits expérimentaux, d'envisager une coordination des données conforme à la biologie et établie selon une logique provisoire, bref de grouper ce que l'on sait aujourd'hui en vue de planifier l'expérience de demain.

Notons d'emblée que la dissociation est un phénomène général dans le monde bactérien et que divers taxa l'expriment sous des aspects et à des degrés divers:

Diplococcus pneumoniae	Proteus vulgaris
Micrococcus pyogenes var. aureus	Salmonella typhosa
Streptococcus mitis	Salmonella paratyphi A, B, C
Neisseria gonorrhoeae	Mycobacterium tuberculosis
Serratia marcescens	Pseudomonas fluorescens, etc.
Escherichia coli	

L'espèce à laquelle nous avons consacré nos efforts est le *Pseudomonas fluorescens*, microbe aquatile et non pathogène.

Les caractéristiques générales de la dissociation sont:

1° Un dimorphisme colonial révélé par des colonies plus ou moins visqueuses à surface lisse, nommées S (symbole dérivé du mot anglais smooth = lisse) et des colonies à surface rugueuse c'est-à-dire ridée ou (et) granuleuse nommées R (symbole dérivé du mot anglais rough = rugueux).

2° Ces états sont alternatifs. Une périodicité mesurable nous échappe pour le moment.

3° Des propriétés distinctes des cellules S et des cellules R.

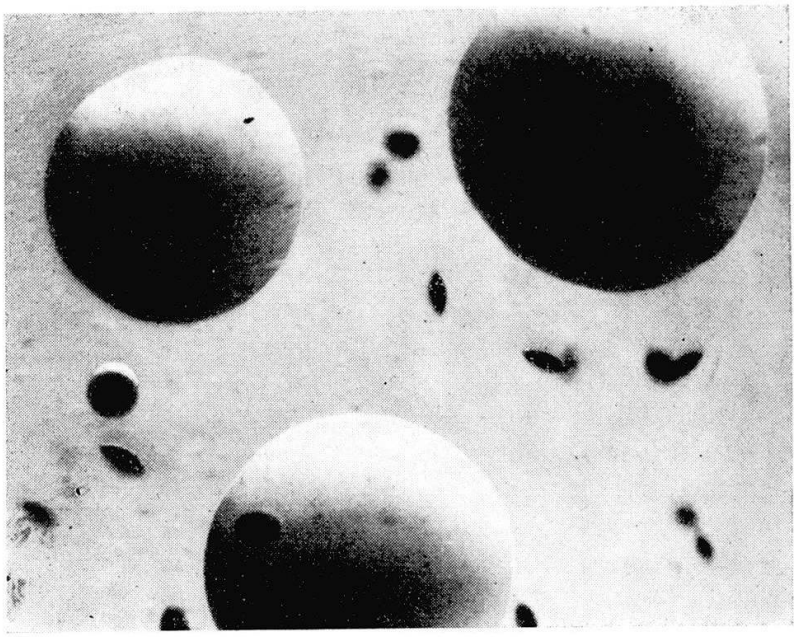


Figure 1

Morphologies coloniales: dans le type lisse la colonie est bombée, collante et brillante[1] (voir fig. 1).

En milieu liquide, cet état S donne lieu à une suspension de germes laiteuse, homogène.

Les colonies R offrent l'aspect d'un disque cratériforme; la dépression centrale est parcourue par des rides en rayons centripètes ou demeure dans certains cas simplement verruqueuse (voir fig. 2).

Une description rigoureuse de ces colonies R est difficile à fournir car nous verrons plus loin que cette morphologie, plus que celle du type S, est fonction des conditions générales et trophiques au sein desquelles se

[1] Les descriptions présentées dans cet article sont relatives à l'espèce étudiée, soit le *Ps. fluorescens* Migula. Les détails peuvent différer légèrement en étudiant un autre taxon.

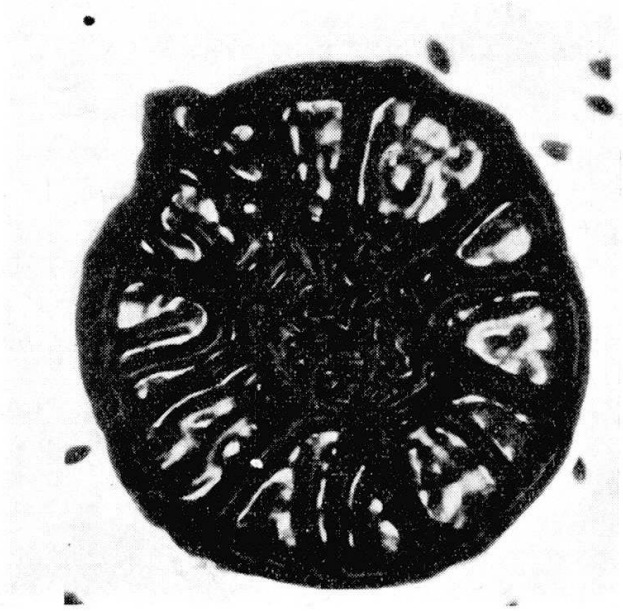


Figure 2

développe la colonie. Cette dépendance conduit à des apparences intermédiaires entre R et S. On ferait donc bien d'envisager un polymorphisme qui a causé pas mal de perplexité à ceux qui se sont penchés sur ce problème. Ajoutons enfin qu'il n'est pas exclu que l'habitus intermédiaire soit la conséquence d'un génotype particulier, sorte d'hybride dont nous examinerons plus loin l'éventualité.

Le mécanisme générateur de ces plis ou rides ou verrues est la vitesse de croissance plus grande, en général, chez R que chez S. Manquant de place, la colonie R ressemble à une ville moderne dont la périphérie est bordée de hauts buildings. A ce facteur de vitesse de division, qui n'est pas postulé, mais a été bel et bien prouvé dans diverses de nos expériences, s'ajoute celui de la nature moins mucoïde, plus cohérente des parois des cellules R que celle des cellules S. En milieu liquide ces propriétés de R se traduisent par une suspension plus grossière, voire grumeleuse, qui a tendance à se sédimenter rapidement.

Dans les cas extrêmes, la distinction entre colonie S et R se fait aisément à l'œil nu au bout de 24 h. Les choses ne sont, en fait, pas si simples et dans bien des cas l'observateur hésite à classer les colonies repérées dans la catégorie S ou R.

Un phénomène de masquage des colonies R par un recouvrement tardif de germes S est figuré dans la figure 3.

Ce camouflage du caractère R par une épicolonie S souligne, au début tout au moins, le caractère sectorien de la dissociation, sorte de discontinuité brusque du comportement colonial à partir d'une ou de plusieurs cellules transformées.

Les secteurs ne sont perçus que tardivement et l'émergence d'une souche R au sein d'une colonie S est le plus souvent cryptique.

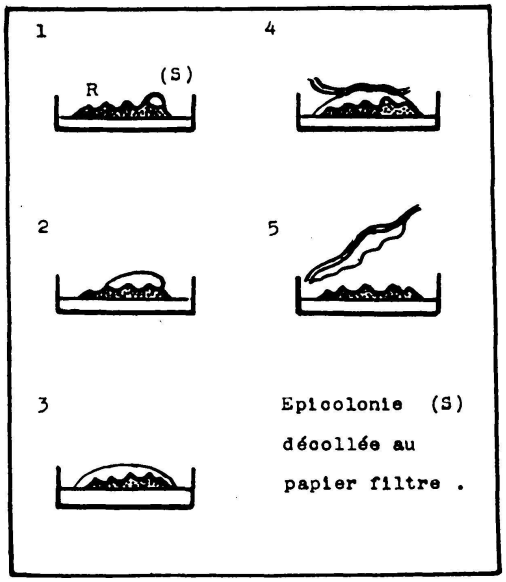


Figure 3
Camouflage d'une colonie R par une épicolonie S

Le déguisement par masquage épicolonial est peu de chose si on le compare aux difficultés d'expression du génotype. La table 1 résume les cas possibles et les conditions principales susceptibles de réduire ou d'annuler l'épanouissement des caractères héréditaires du germe.

		Génotype R donne:	Génotype S donne:
Conditions du milieu: lumineuses, thermiques, trophiques	antirugophènes	S′, S″, etc. soient des lissoïdes = (S)	S
	rugophènes	R	S éventuellement R′, R″, etc. soient des rugoïdes = (R)

Légende: ′, ″, etc. = phénotypes légèrement distincts de celui de R ou de S
( ) = génotype partiellement ou totalement inexprimé

Table 1
Phénotypes actualisés

L'analyse des phénomènes enregistrés révèle la multiplicité de ces conditions: lumineuses, thermiques, trophiques qui d'ailleurs peuvent joindre leurs effets. Nous avons distingué les conditions rugophènes des antirugophènes. Logiquement, il eut été plus simple d'envisager dans cette alternative l'influence lissophène à la place de celle nommée antirugophène. Les faits prouvent que rares, sinon inexistantes, sont les conditions qui s'opposent à l'actualisation du génotype S. Celui de R est par contre beaucoup plus gouverné par le milieu. L'échiquier quadrangulaire montre donc les erreurs de définition génétique pouvant naître de l'examen du simple aspect colonial. Comme il est rare qu'un seul facteur d'actualisation intervienne, soit par sa totale absence, soit par son entière efficacité, que plusieurs allient des influences de sens égal ou inverse, les résultats obtenus sont nécessairement différents: S′, S″, etc. c'est-à-dire des phénotypes coloniaux dits lissoïdes, R′, R″, etc., des colonies nommées rugoïdes. Cette gamme d'états, avant d'avoir été comprise quant à sa genèse, désarçonnait l'observateur.

Ajoutons, pour y revenir plus loin, que ces intermédiaires peuvent encore exprimer un génotype appauvri ou complété, soit de S, soit de R.

L'identification des conditions rugophènes et antirugophènes est un travail de physiologie microbienne de longue haleine. La nature de cet exposé exclut la description de ces expériences et la justification des conclusions rassemblées dans la table 1. Par ailleurs, chacun sait dans notre laboratoire que beaucoup de précisions sont encore à fournir. Deux types de conditions ont été particulièrement étudiés: l'influence des ressources en azote assimilable offertes par le milieu de culture et le rôle de la lumière.

Nous savons depuis longtemps qu'un milieu nitraté oppose, dans le cas du *Ps. fluorescens* – et c'est ici l'occasion d'éviter des généralisations imprudentes à l'égard d'autres germes – une résistance apparemment complète à l'expression du génotype R. La responsabilité du ion nitrique n'est, en définitive, encore qu'un cas d'espèce qui illustre un enchaînement d'opérations physiologiques détournant le génome R de sa vocation morphogénétique rugueuse. Cette chaîne de réactions concerne l'activité respiratoire du germe et englobe la participation de la molécule du pigment. On peut postuler l'intervention d'un autre substrat que le ion

Conditions	Rugophènes	Antirugophènes
Hypothermie 20° – E. coli (Paul Bordet)	+	
Lumière blanche faible – Lumières rouge et bleue	+	
Azote organique (milieux naturels)	+	
Facteurs de croissance	+	
Milieux naturels dilués		+
Azote nitrique		+
Hyperthermie 37° – Pseudomonas fluorescens		+

Table 2

nitrique, assurant un comportement similaire (voir travaux H. Greppin et S. Gouda).

La lumière blanche, jusqu'à une certaine intensité, de même que les lumières bleues et rouges, sont rugophènes.

Si hétéroclites que soient en apparence les conditions énumérées dans le table 2, leur examen attentif révèle entre elles un dénominateur commun et primaire; tout se passe comme si un complément d'énergie apporté à l'état R était nécessaire pour accentuer une morphologie coloniale rugueuse, liée elle-même à une vitesse de division plus grande, tout au moins dans l'espèce *Ps. fluorescens*.

Une morphologie coloniale n'est en fin de compte que le reflet des caractères propres aux cellules constituant la population. Quels sont-ils chez S et R? A cet égard le tableau réunit des documents classiques et nouveaux.

Propriétés cellulaires	de S		de R	Taxa
Dimensions		$\pm =$		Ps. fluorescens
Formes		$\pm =$		Ps. fluorescens
Parois	mucoïde			Ps. fluorescens
Sporulation				–
Mobilité		$>$		Ps. fluorescens
Ultrastructure par coupe				–
Acides nucléiques (teneur)		$>$		Strepto.
Antigènes		$>$		nombreux
Auxo-autotrophie		$>$		Ps. fluorescens
Vitesse de division		$<$		Ps. fluorescens
Acidogénie		$>$		Strepto.
Respiration				–
Pigmentation		$<$		Ps. fluorescens
Endotoxines		$>$		Eberth.
Résistance:				
aux phages				–
aux antibiotiques		$>$		Ps. fluorescens
aux UV		$<$		Ps. fluorescens
photoréactivation		$<$		Ps. fluorescens

Table 3

Cet assemblage d'informations est l'aboutissement de minutieuses enquêtes bactériologiques faites depuis près d'un demi-siècle dans divers laboratoires. Mon propos n'est pas de commenter ici ces résultats acquis ou à fournir, mais de voir la forêt que les arbres ont trop longtemps cachée!

Il est incontestable que les états S et R se distinguent l'un de l'autre par un grand nombre de signes différents. Tous ne sont pas indépendants et le concept d'une causalité physiologique, appliquée à cette liste, réduit

le nombre des déterminants génétiques qui sont à la base de ces propriétés.

Si l'émergence de l'état R résultait d'un croisement sexuel, assez hypothétique, on parlerait alors d'un polyhybride en raison du transfert simultané de plusieurs caractères. La solidarité de ces derniers, qui disparaissent ou réapparaissent en même temps, fait aussi songer au linkage, soit à une proximité grande de fragments de l'information héréditaire situés sur un support nucléaire partiel, perdu ou gagné par la cellule. La pléiotropie pourrait également être invoquée et définirait l'influence exercée par un seul facteur simultanément sur plusieurs caractères. Les interactions de gènes, si génialement postulées dans la notion de l'épigenèse, pourraient enfin rendre compte d'une richesse de caractères au niveau phénotypique, supérieure à celle des déterminants concevables au niveau génétique.

Quel que soit en définitive le mécanisme générateur de cette pluralité de caractères solidaires, elle demeure l'une des marques évidentes et fidèles de la dissociation bactérienne.

Cette remarque s'inscrit au sommaire des connaissances générales de la dissociation. Les trois propositions suivantes le complètent:
- états alternatifs du patrimoine héréditaire au sein d'une espèce pure;
- réversibilité complète ou partielle de la modification enregistrée;
- transfert à tous les descendants du nouvel état génétique.

Cette dernière condition, en dépit de divers indices indirects encourageants, n'est pas encore expérimentalement prouvée. Pour cela, il faudrait savoir à quel moment, dans un lot de cellules, surgit chez l'une ou plusieurs d'entre elles l'accident spécifique générateur de la dissociation et quels sont alors les rapports numériques des S et des R dans la postérité scissipare de ce ou de ces mutants. Actuellement, la détection de l'état S ou R se fonde sur l'apparence d'une population, d'une descendance et sur des méthodes de triage insuffisamment élaborées. Pareille technique n'indique donc pas les proportions initiales, base de toute l'argumentation génétique. Ce résultat sera atteint lorsque nous serons maîtres de faire jouer le déclic de la dissociation sur des cellules topographiquement repérées.

Si, comme nous l'avons vu, les expressions de ce dimorphisme sont chacune dépendantes du milieu, les causes de cet acte semblent échapper aux influences du milieu. Force est donc de lier les origines de ces potentialités à des perturbations endocellulaires affectant l'information.

Il y a donc lieu de se tourner vers les mécanismes de modification du génome présentement connus chez les bactéries et de choisir parmi eux celui qui correspond le mieux aux manifestations reconnues de la dissociation. Le table 4 résume nos connaissances dans ce domaine.

Les quatre signes énumérés dans le sommaire de la dissociation susinscrit, ne concordent guère avec les caractéristiques d'une mutation *sensu stricto*. Par ailleurs, le taux d'une mutation s'écarte de celui de la dissociation qui, pour autant qu'on le sache aujourd'hui, paraît plus élevé.

Mutation	Recombinaison
Altération du génotype ne résultant pas d'une recombinaison:	Altération du génotype résultant de l'interaction de deux taxa distincts
– altération	ou
– perte	de l'addition d'un fragment informateur dérivé de l'un des deux taxa:
– réduplication	
– réarrangement	1° *sexuelle* (copulation)
Réversion (?)	2° *infectieuse:* acquisition d'une particule libre (phage) ou d'un agent héritable acquis par contagion (par exemple agent de fertilité) (*Episomes*)
	3° *transduction* = intégration d'un ou de gènes d'un autre taxon, véhiculé(s) par un phage
	4° *transformation* = information héritable acquise par du DNA extrait d'un autre taxon

Table 4

Le terme de réversion, figurant sur le tableau, a été utilisé par certains microbiologistes pour définir le refus brusque d'un mutant de se plier aux contraintes exercées sur lui par certains facteurs de la nutrition. Un phénomène de cet ordre paraît trop limité pour encadrer les manifestations multiples et imprévisibles de la dissociation.

Quant à la mutation inverse, «back-mutation», elle n'est, disent les généticiens les plus avertis, qu'une image que les cybernéticiens ne semblent pas considérer comme indispensable pour concevoir leurs modèles.

Du côté des recombinaisons quatre possibilités s'offrent: les conséquences d'une copulation sexuelle. Ce schéma d'une génétique classique n'est malheureusement validé que par un nombre très restreint de cytogamie et d'amphimixie contrôlée. Cette rareté n'enlève d'ailleurs rien à l'authenticité et à la précision des recherches faites sur E. coli K 12. Si même, des phénomènes d'hybridation sexuelle peuvent être postulés chez des bactéries qui ne laissent rien paraître de leur conjugaison, ce n'est pas un mendélisme microbien qui s'accommoderait des comportements génétiques résumés dans le sommaire de la dissociation.

Des trois dernières possibilités, considérons maintenant la transformation. Connue *in vivo* depuis la célèbre expérience de Griffith, vérifiée depuis lors dans des conditions de culture plus contrôlables, ce transfert de DNA d'un taxon à l'autre, peut-il servir de modèle auquel rapporter le mécanisme de la dissociation? Rien ne s'y oppose *a priori*. On pourrait, sans trop de témérité, comparer le péritoine d'une souris où se rencontrent (par artifice) des pneumocoques vivants d'état R, donc avirulents et des

pneumocoques tués de type S, à une culture âgée faite sur un milieu organique. Or, de telles cultures sont précisément celles dont on part le plus volontiers pour isoler par triage les états S et R d'un taxon quelconque. Ce modèle est d'autant plus séduisant que l'expérience citée de récupération par les R du pouvoir de virulence abandonné par les cadavres des cellules S, a précisément été faite sur un couple d'états typiquement dissociatifs! On pourrait encore ajouter qu'un régime de multiplication rapide et renouvelée en milieu liquide, conditions où les chances d'autolyse et de promiscuité des germes sont moindres, est un excellent moyen préventif de la dissociation.

C'est ici le lieu de dire que les catégories de recombinaisons résultant de l'addition d'un fragment informateur détaché d'un taxon donneur et passant à un taxon accepteur (transformation, transduction et gain par contagion d'un agent héritable) ne trompent pas ceux mêmes qui les ont établies. Ils savent que, si même le véhicule phagique caractérise la transduction proprement dite et la lysogénie dans une mesure différente, des similarités mal définies rapprochent ces trois modes de contamination du génome.

Toutefois des analogies d'une évidence pressante existent entre le comportement génétique de la dissociation et celui de l'hérédité bactérienne dite épisomique. Connus depuis moins de 10 ans, surtout grâce aux travaux de l'Ecole de Paris, ce transfert et cet ancrage de l'information génétique relèvent plus de la contagion que de la sexualité, si du moins chez ces êtres primitifs (virus et bactéries) ces deux notions comportent encore la différence traditionnelle qu'on leur accorde. La lysogénie offre l'exemple classique de ces états génotypiques *alternatifs*. La bactérie peut être infectée par un élément génétique de nature extrinsèque qui n'est *pas* une composante nucléaire *nécessaire* à la vie (prophage). Ce caractère accessoire se retrouve d'ailleurs chez les hybrides de la génétique classique! Au mode d'ancrage intracellulaire est corrélativement lié (cause ou effet?) un rythme d'autoduplication particulier du matériau envahisseur.

Dans cet état, les puissances physio- et morphogénétiques du nouvel appareil informateur sont mises en veilleuse et ne se libéreront que sous l'influence d'un *déclic* naturel inconnu ou expérimental identifié (rayons UV). Dans le cas du prophage, l'attache de l'agent héréditaire s'effectue au niveau du chromosome bactérien et sa vitesse de multiplication épouse celle ou correspond à celle des gènes de l'hôte.

Un autre trait caractérisant la présence d'un agent épisomique est qu'elle confère au germe contaminé de nouveaux caractères différents de ceux par lesquels on reconnaît cette présence à l'intérieur de la bactérie génétiquement enrichie. Ici encore cette constatation rejoint celle faite précédemment à propos de la *pseudo-pléiotropie* manifestée par la dissociation. Enfin, et surtout, l'agent additif, le prophage, peut être *gagné* ou *perdu* dans son ensemble, comme un tout.

Les particularités qui viennent d'être rappelées au sujet de la lysogénie se retrouvent, à peu de choses près, dans l'analyse du comportement

d'autres exemples d'une hérédité alternative chez les bactéries, à savoir la masculinisation des cellules femelles de E. coli par transfert du facteur de fertilité F livré par des cellules dites mâles F^+. Dans ce cas toutefois, l'agent épisomique a un caractère autonome, c'est-à-dire un ancrage extrachromosomique (plasmide de Lederberg), complété par des propriétés corrélatives de duplication spécifiques à ce type d'incorporation cellulaire.

La faculté, tenue autrefois pour capricieuse, de produire une colicine est maintenant rapportée chez E. coli K30 à des recombinaisons de nature épisomique. A bien des égards, sinon tous, ces états alternatifs, ce «vagabondage génotypique», ressemblent à celui de la dissociation.

Enumérer les allèles d'un patrimoine génétique, définir les tolérances du milieu à l'égard de leurs expressions, entrevoir le mécanisme caryologique assurant de brusques changements de statut héréditaire, sont les opérations constituant une partie importante de la recherche génétique. Elle n'est en fait complète qu'au moment où l'on peut identifier le déclic qui fait virer la plaque tournante qu'est un appareil génique et orienter le convoi vital vers une vocation différente. Or, ce stimulus ou catalyseur de l'ébranlement génétique manque pour le moment à l'image que nous tentons de donner du processus de la dissociation. Il arrive, parfois, que l'expérience, copie du phénomène naturel, soit à cet égard plus révélatrice que ce dernier. Ignorer délibérément l'existence de ce déclic est une offense à la logique. Devenir maître de ce secret nous donnera la possibilité de répéter à notre guise l'événement analysé et par voie de conséquence d'en mieux saisir l'intimité et ses répercussions lointaines. Telle est la raison pour laquelle nous dressons à ce dieu inconnu un autel dans notre graphique 4.

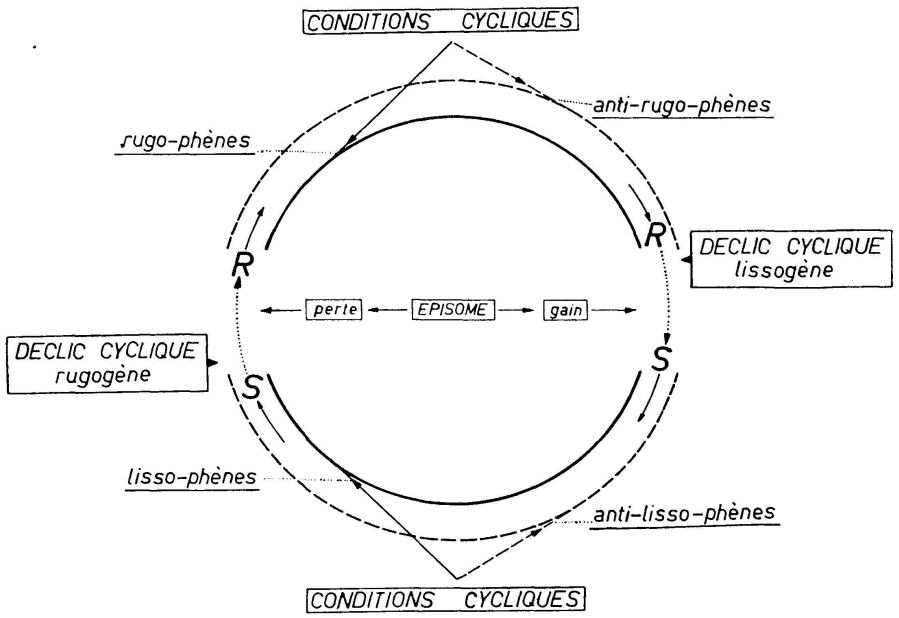


Figure 4

Il suffit, en conclusion, de lire les mots soulignés dans ces derniers paragraphes, pour prendre conscience des analogies nombreuses qu'offre le phénomène de dissociation avec ceux des ruptures d'équilibre génétique attribuées au gain ou à la perte d'un élément épisomique pour aboutir à l'hypothèse de travail suivante: la dissociation microbienne tire son origine de recombinaisons justiciables d'une interprétation épisomique.

Les analogies pourtant, si frappantes soient-elles, ne demeurent en science que des fils conducteurs. Seules de nouvelles expériences complémentaires placeront ce concept au niveau d'une démonstration provisoirement satisfaisante.

A la fin de ces lignes, je pense avec reconnaissance à ceux qui m'ont accompagné au cours de ces recherches, Nathalie Wassilieff, Pierre Wolf, Sobhy Gouda, A. El Sabeh et Hubert Greppin, collaborateurs dont certains vont augmenter le capital de nos connaissances dans ce domaine.

Allocution
de Monsieur André Chavanne, conseiller d'Etat

L'an passé, la population de Genève fêtait avec une ardente ferveur le 150e anniversaire de son rattachement à la Confédération suisse, choix unanime et libre: unanime puisqu'aucun Genevois ne songea à y faire obstacle, libre puisqu'elle n'était imposée ni par la géographie ni par quelque défaite ou victoire militaire, comme cela est souvent le cas pour les territoires frontiers. La fête d'aujourd'hui nous rappelle que l'un des premiers témoignages de patriotisme fut la fondation de la Société helvétique des sciences naturelles. A l'époque l'idée était nouvelle des congrès scientifiques, ce qui ne donne que plus de poids à la signification de l'invitation lancée aux naturalistes confédérés par les héritiers de l'admirable XVIIIe siècle genevois qui vit s'épanouir le talent des de Saussure, des Jallabert, des Trembley, des Bonnet.

La création de votre Société est due surtout à deux hommes: le pasteur Jakob Samuel Wyttenbach, éditeur des ouvrages de de Haller, membre du Conseil des mines du Canton de Berne, traducteur de de Luc et de de Saussure, collaborateur à l'encyclopédie d'Yverdon. Du côté genevois ce fut l'étonnant Henri-Albert Gosse. Il avait reçu sa formation scientifique au Jardin des Plantes de Paris, avec Fourcroy et Lamarck. Mais dans la capitale française, il avait surtout parachevé sa formation politique et philosophique en se liant d'amitié avec Madame (je crois qu'il faut commencer par elle) et Monsieur Roland, protagonistes de la Révolution jusqu'à leur fin tragique. C'était en effet (si vous me passez cet horrible anachronisme) «un gauche modéré» qui justifiait ses opinions par deux bonnes raisons: le fait de n'avoir reçu que fort tard ses droits de citoyen alors qu'il était natif de Genève et surtout sa passion pour Rousseau qu'il aimait jusqu'à l'idôlatrie, s'opposant en cela à son père, libraire si féru de Voltaire qu'il le défendait farouchement contre les calomnies débitées à son sujet «contes de moines à dormir debout» disait-il.

L'amour de la liberté et de l'égalité fait que H.-A. Gosse participe dès son retour à la Révolution genevoise de 1782, qui n'est pas sans ressemblance avec la grande Révolution française: les simples natifs s'y allient avec des patriciens contre le gouvernement aristocratique des Négatifs. L'intervention des troupes étrangères: françaises, sardes et – je vous prie de m'excuser – bernoises remet les choses en place. Gosse effondré veut d'abord s'expatrier pour coloniser l'Irlande ou Saint-Domingue; en fait il s'établit pharmacien de première classe à la place Longemalle! Il est d'ailleurs beaucoup plus souvent sur les chemins que dans sa boutique car il s'intéresse à toutes les applications pratiques de la science: gonflant

des mongolfières à Plainpalais, fabriquant des poteries aux Pâquis, analysant des eaux minérales pour les reproduire en usine, cherchant des recettes inédites de teinture, etc.

Par deux fois, il s'efforce de sauver l'indépendance de la République. En 1792, il intervient auprès des Girondins et de son ami Roland alors au pouvoir; en 1798, il cherche à amadouer le Directoire en offrant au général Bonaparte des repas somptueux dont la pièce maîtresse étaient des truites du lac et dont le plus bel ornement était Joséphine de Beauharnais.

On sait que Genève fut cependant occupée malgré tous ses efforts, et bien d'autres. Dans les années d'occupation survient un événement essentiel pour la vie scientifique genevoise: l'organisation en 1802 d'une véritable Faculté des sciences par l'inlassable Marc-Auguste Pictet, frère du diplomate. Aux savants amateurs, succèdent alors les savants professeurs, comme aujourd'hui encore apparaît dans les centres de recherches un type de savant non enseignant. Tous les professeurs de 1802 sont présents à la cérémonie de fondation de votre Société à Mornex. Il y a là aussi deux Huber, celui des abeilles et celui des fourmis, des Vaudois, des Bernois. Les Bâlois, Zurichois, St-Gallois tout en donnant leur chaleureuse adhésion à la Société, s'étaient excusés en raison de la longueur du voyage.

Votre présence ici en grand nombre, Mesdames et Messieurs, le nombre, la diversité et l'intérêt de vos communications sont le symbole même du développement extraordinairement rapide des sciences expérimentales depuis un siècle et demi. Non seulement les faits observés se sont multipliés, non seulement les applications pratiques des sciences se sont amplifiées au point de devenir toutes-puissantes à l'échelle planétaire, pouvant assurer aussi bien la survie que la disparition de notre race humaine, mais encore de grandes théories explicatives (dont, il faut bien l'avouer, les naturalistes genevois d'alors se méfiaient) imposent aux philosophes l'obligation de revoir sans cesse des thèses qu'ils auraient pu croire définitives. Notre pays ne peut pas rester en dehors de ce grand mouvement de pensée. Après un long temps perdu qui a vu le départ de trop de nos jeunes chercheurs attirés par les équipements des laboratoires étrangers, notre population commence à mieux se rendre compte de l'importance de la science et des techniques. Sous votre dynamique impulsion, Monsieur le Président de la Confédération, le Fonds national suisse pour la recherche voit accroître à un niveau raisonnable ses possibilités d'action; nos universités cantonales recevront l'aide financière de la Confédération sans laquelle nos facultés et particulièrement celles de sciences et de médecine se raccourciraient petit à petit en centres d'enseignement livresque non vivifiés par la recherche; le Conseil suisse de la science informera le Conseil fédéral dans des domaines qui ne lui sont pas familiers. Mais tous ces efforts politiques n'auraient aucun sens s'ils ne s'appuyaient sur des chercheurs nombreux et efficaces: la Société helvétique des sciences naturelles prouve par le succès de cette nouvelle session que ce corps de savants existe et qu'il prospérera.

Eröffnungsansprache

150 Jahre Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Prof. Dr. P. Huber

Herr Bundespräsident
M. le Conseiller d'Etat
Vir magnifice
Sehr geehrte Herren Präsidenten und Vertreter der Akademien und gelehrten Gesellschaften
Mon cher président du comité annuel
Meine Damen und Herren

Das 150jährige Bestehen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft und ihre ununterbrochene Aktivität – in dieser respektablen Zeitspanne unterblieb die Jahresversammlung nur fünfmal – ist das Resultat zielbewusster Arbeit und glücklicher Umstände und darf uns mit grösster Freude erfüllen. Zu richtiger Freude gehört, dass sie von einem Kreis gleichgesinnter Menschen miterlebt wird. Wir sind daher vor allem unserem Bundespräsidenten, Herrn Prof. Tschudi, und seiner Frau Gemahlin ausserordentlich dankbar, dass sie trotz vielfältiger Verpflichtungen bei uns weilen. Die Gemeinschaft der schweizerischen Naturforscher dankt ihnen aufrichtig für das ihrer Arbeit und ihren Zielen entgegengebrachte Interesse.

Nous souhaitons la bienvenue à tous nos hôtes nombreux qui ont accepté notre invitation de se réunir à Genève et qui vont célébrer avec nous. Tout d'abord j'aimerais saluer le Gouvernement genevois, représenté par le conseiller d'Etat, Monsieur André Chavanne, en saisissant l'occasion de lui exprimer notre gratitude profonde pour l'hospitalité aimable de la ville de Genève. Mon salut s'adresse en outre à Monsieur le recteur Claudius Terrier de l'Université de Genève, au doyen de la Faculté des sciences naturelles, Monsieur le professeur Marc-R. Sautter et encore tout spécialement au président du comité annuel, Monsieur le professeur Fernand Chodat et son comité, en les remerciant très vivement d'avoir organisé si soigneusement notre jubilé. En particulier nous prononçons notre gratitude sincère aux auteurs du livre jubilaire.

Wissenschaftliches Arbeiten und wissenschaftliche Forschung sprengen nationale Grenzen. Das geistige Potential der ganzen Menschheit ist an diesem Abenteuer Wissenschaft engagiert, und wir sind überzeugt, dass die dabei geknüpften Bande und die Art wissenschaftlicher Diskussionen wesentlich mithelfen, der Welt die friedliche Einheit in der Vielfalt der Daseinsformen zu ermöglichen. Darum freuen wir uns besonders über

die hier anwesenden Präsidenten und Vertreter ausländischer Akademien und gelehrter Gesellschaften und begrüssen sie herzlich. Ihr Hiersein dokumentiert den internationalen Rahmen wissenschaftlicher Aktivität und die Weltoffenheit des Wissenschafters.

Endlich ist es mir ein Bedürfnis, meine hier anwesenden Vorgänger im Amte, die Herren Kollegen Proff. von Muralt, de Beaumont und Töndury, speziell zu begrüssen. Sie haben die Geschicke der Gesellschaft mit Hingabe und Erfolg geführt und dank ihrer Tätigkeit der Wissenschaft im besten Sinne gedient. Dass unsere Gesellschaft und besonders ihr ehemaliger Zentralpräsident Prof. von Muralt bei der Gründung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung massgebend mitwirkten, erfüllt uns mit Genugtuung.

Einen speziellen Gruss entbiete ich Frl. Zollinger, die während 34 Jahren als helfende, wissende und mahnende Kraft dem jeweiligen Zentralvorstand zur Seite stand. Sechs Zentralpräsidenten ist sie als ruhender Pol in der Erscheinungen Flucht, ohne Schaden zu nehmen, von Stadt zu Stadt gefolgt. Wir möchten Frl. Zollinger für ihre erfolgreiche Arbeit sehr danken.

Meine Damen und Herren,

Wenn ich Ihnen meinen Willkommensgruss entbiete, so gilt er nicht dem letzten Glied einer Kette, sondern dem tragenden Element der Gesellschaft. Sie bilden und schaffen den geistigen Inhalt, der unsere Gesellschaft erfüllt, und erzeugen jene Erkenntnisse, um derentwillen Henri-Albert Gosse und seine Gesinnungsfreunde sie vor 150 Jahren gründeten. Unsere Jubiläumsversammlung ist daher nicht nur Ausdruck von Freude und Genugtuung, nicht nur Erinnerung an Vollbrachtes und Erreichtes, sondern auch Verpflichtung und Anstrengung für neue Leistungen und Dienste.

Im Protokoll der Gründungssitzung unserer Gesellschaft heisst es: «Monsieur Gosse, Pharmacien, animé par les idées et les vœux que Monsieur le Pasteur Wyttenbach de Berne lui avait manifestées depuis longtemps, avait temoigné à la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève le désir qu'il avait, d'inviter les Naturalistes des divers Cantons de la Suisse à se rendre à Genève pour coopérer à la formation d'une Société Hélvétique des Naturalistes. Cette idée ayant été fut goûtée par la Société d'Histoire naturelle de Genève, M. Gosse a fait en conséquence ses invitations pour le 5ième Oct. 1815. Il a de plus invité ces Messieurs à se réunir le lendemain le 6ième Oct. avec les Naturalistes Genevois dans son hermitage, situé sur le penchent de Salève, au Sud-Est de cette montagne, au-dessus d'un village connu sous le nom de Mornex, pour y déjeuner ensemble et y jouir du beau point de vue des Alpes et de la vallée adjacente et travailler en suite de concert à jeter les fondements d'une Société si désirée.»

Am gleichen Abend wurde die Société helvétique des sciences naturelles konstituiert. Was die von H.-A. Gosse versammelten Männer be-

wegte, hat Samuel Wyttenbach, ein Freund von Gosse, anlässlich der Stiftung der Naturforschenden Gesellschaft in Bern eindrücklich gesagt: «Das so angenehme als weitläufige Studium der Natur, besonders in Absicht auf unser Vaterland – die so mannigfaltigen Gegenstände, die sich in Helvetiens verschiedenen Teilen dem aufmerksamen Auge des Beobachters darstellen –, die vielen Reisen, die von Wissbegierigen in unseren Alpen angestellt werden, die vielen Versuche, die vielen eigenen Beobachtungen, die jeder für sich anstellt und sammelt – dies alles würde schon längstens in unserem Vaterland mehreren Geschmack an der Naturgeschichte, nützlicheren Einfluss auf das gemeine Beste, lebhaftere Aufmunterung für manchen Jüngling, hellere Aufklärung für tausend Lesende bewirkt haben, wenn die Forscher des Schweizerlandes sich näher miteinander verbunden, und einer vielen oder viele einem ihre Beobachtungen, ihre Zweifel, ihre Wünsche hätten freundschaftlich mitteilen und alle miteinander in gewissen Absichten gemeinschaftliche Sache hätten machen können.» Mit grösstem Einsatz und wahrer Begeisterung haben sich seit der Gründung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft viele ihrer Mitglieder für den Fortschritt der Naturwissenschaften und der Medizin eingesetzt und haben mitgeholfen, unser Land von einem wissenschaftlich wenig entwickelten zu einem entwickelten zu führen. Wesentliche Impulse für die Inangriffnahme wichtiger Projekte sind von unserer Gesellschaft ausgegangen. 1821, an der Versammlung in Lausanne, wird die Herausgabe einer Karte der Schweiz angeregt. Obwohl dieses Anliegen von der Gesellschaft selber, infolge ihrer geringen finanziellen Mittel, nicht durchgeführt werden konnte, hatte sie grossen Anteil am Zustandekommen der Dufourkarte. An der Jahresversammlung in Bern, 1858, gab Bernhard Studer[1] in seiner Eröffnungsrede die Anregung, es sollten die sämtlichen Blätter der Dufourkarte nach und nach geologisch koloriert herausgegeben werden. Er verlangte dafür die Hilfe des Bundes mit einer jährlichen Subvention von 10000 Franken. Daraufhin hat Bundesrat Pioda, Vorsteher des Departements des Innern, von sich aus an B. Studer die Anfrage gerichtet, ob die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft einen Beitrag von 3000 Franken annehmen würde unter dem Vorbehalt, dass eine für die Schweiz nützliche Verwendung dieser Summe nachgewiesen würde. Studer antwortete, die Gesellschaft lehne, um ihrer Unabhängigkeit willen, derartige Anerbieten stets ab, er würde indes den Antrag gleichwohl empfehlen, da die Summe zur Vorbereitung einer geologischen Karte der Schweiz zu benutzen sei. Damit wurde ein Unternehmen eingeleitet, das im Laufe der Zeit weit über die Landesgrenzen Bewunderung erfuhr. Dieses kleine, lebendige Geschehnis dokumentiert die Offenheit der Zwiesprache, aber auch die fruchtbare Zusammenarbeit, die seit jeher zwischen den Bundesbehörden und unserer Gesellschaft bestanden haben und noch bestehen. Ich möchte hier den Dank unserer Gesellschaft Herrn Bundespräsident Tschudi und

[1] Jahrhundertfeier der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Denkschriften Bd. L, S. 80, 1915.

dem hohen Bundesrate aussprechen für die grosse finanzielle Unterstützung der Arbeiten der SNG.

Alle weiteren Ruhmestaten aufzuzählen, die auf die Initiative und die Arbeit von Mitgliedern der SNG zurückgehen, ist hier nicht der Ort. Erwähnenswert ist die Schaffung des Schweizerischen Nationalparks, die Präzisionshöhenbestimmung der Schweiz, die einige Viertausender unserer Alpenwelt degradierte, dann wissenschaftliche Vorträge an Jahresversammlungen, die bahnbrechend die weitere Entwicklung der Forschung bestimmten, wie z. B. die Ausführungen von Venetz, Ingénieur des ponts et chaussées du Valais, über die Herkunft der erratischen Blöcke, oder jene von Prof. Werner, die führend für die weitere Entwicklung der organischen Chemie wurden. Es mag Sie in diesem Zusammenhang interessieren, dass unsere Gesellschaft gegenwärtig an der Hebung und Sicherstellung eines erratischen Blockes von ca. 450 t auf dem Birrfeld beteiligt ist.

Auch in den im Laufe der Zeit von der Gesellschaft ernannten Kommissionen, heute noch aktiv tätig oder nach Erreichung des Zieles aufgelöst oder eines sanften Todes entschlafen, da sich in ihrer Mitte nichts mehr regte, spiegelt sich die Vielfalt der in Angriff genommenen Aufgaben. Gegenwärtig sind 20 Kommissionen mit speziellen Aufgaben betraut. Unter ihnen befindet sich jene wichtige Gruppe, die sich mit geologischen, geotechnischen, geodätischen, hydrobiologischen und glaziologischen Problemen befasst. Hier werden für unser Land wichtige Arbeiten geleistet, die andere Staaten im Rahmen ihrer Landesanstalt ausführen. Einige der früheren Kommissionen seien hier genannt[2], da sie das bunte Spektrum der Interessen bekunden:

- Kommission zur Untersuchung und Vergleichung der Schweizerischen Masse und Gewichte.
- Landwirtschaftliche Kommission, beauftragt zu studieren, was im In- und Ausland von einzelnen Landwirten oder von landwirtschaftlichen Vereinen auf dem Gebiete der Bodenverbesserung, der Einführung neuer Kulturen oder neuer landwirtschaftlicher Geräte usw. geschehe.
- Die Maikäferkommission mit dem Auftrag, Vorschläge an die Regierungen zu machen, wie in der ganzen Schweiz nach übereinstimmendem Plan der Vermehrung der Maikäfer am zweckmässigsten könnte Einhalt getan werden. Der Kommission wurde ein Kredit von Fr. 20.— eröffnet.
- Die Meteorologische Kommission, gegründet auf Antrag von Bundesrat Pioda. Die Aufgabe lautete: ein System meteorologischer Beobachtungen durch die ganze Schweiz zu organisieren. 1864 wurde eine bescheidene Meteorologische Zentralanstalt in Zürich eingerichtet, deren Tätigkeit 1881 ganz vom Bund übernommen wurde.

Der Tätigkeitsbereich der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft wäre unvollständig ohne Erwähnung der Arbeit der kantonalen

[2] Jahrhundertfeier der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Neue Denkschriften der SNG Bd. 1, S. 227, 1915.

Sektionen, der schweizerischen Fachgesellschaften und der Schweizer Komitees für internationale Unionen und Vertretungen. Allen unseren aktiven Mitgliedern und insbesondere den Senioren der Gesellschaft sei für ihre Arbeit herzlich gedankt, und wir hoffen, dass auch unsere jungen Wissenschafter das Interesse an den Bestrebungen und Aufgaben der Gesellschaft finden, um fortzusetzen, was ihre Vorgänger begannen.

Damit tauchen vor uns die Probleme unserer Zeit auf. In keinem Abschnitt der Geschichte haben die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung derart grundlegend in den Ablauf des menschlichen Geschehens eingegriffen und politische und wirtschaftliche Entscheide geprägt wie heute. Unter den vielfältigen Aktivitäten des Menschen wird der wissenschaftlichen Forschung eine erstrangige Stellung eingeräumt, da die Forschungsergebnisse von heute die industriellen Produkte von morgen massgebend bestimmen. Überdies, was keineswegs nur erfreulich ist, hat die Wissenschaft dem Staat eine Machtfülle vermittelt, die jede Nation sich dienstbar zu machen sucht. Diese Situation verlangt vor allem für ein kleines Land besondere Anstrengungen, soll der wissenschaftliche Fortschritt auch uns in Zukunft eine gesunde Existenz und Entwicklung sichern. Selbst die Grundlagenforschung muss, auch wenn der Forscher frei über die gewählten Themen entscheidet, die industrielle und wirtschaftliche Produktion eines Landes befruchten, da sie von ihren Erträgnissen lebt. Im Hinblick auf die Intensivierung und Spezialisierung der Forschung und zufolge der grossen finanziellen Mittel, die einzelne Forschungszweige brauchen, stehen wir vor der anspruchsvollen Aufgabe der richtigen Auswahl der zu fördernden Gebiete und Projekte. «Wissenschaftlicher» Heimatschutz und Förderung der Routine und Mittelmässigkeit, wie ein zweitklassiges Nachahmen ausländischer Vorbilder sind der Situation nicht mehr adäquat. Die richtige Wahl treffen muss für uns heissen, dass die Qualität des Forschers und die Güte seiner Forschungsarbeit massgebend für eine Unterstützung sind. Wir sind immer noch der Ansicht, dass die besten Leistungen ihren Anfang in guten Köpfen nehmen. Dass ihre Zusammenfassung zu einem Team je nach der Problemstellung besonders fruchtbar sein kann, braucht nicht speziell betont zu werden. Fehlen gut ausgedachte Ideen, können zwar weitläufige wissenschaftliche Unternehmen mit grossen Budgets aufgezogen werden, aber sie bleiben im Ertrag dürftig. Die einzige Garantie für eine lebendige Forschung sind ideenreiche Forscher, und damit ist es für uns vordringlich, nicht luxuriöse Forschungsstätten zu besitzen, ausgestattet mit allem Raffinement, sondern erstklassige Wissenschafter. Nur sie vermögen die heute so kostspieligen Forschungseinrichtungen richtig zu benutzen.

Der gegenwärtige Zentralvorstand unserer Gesellschaft übernimmt aus der erfolgreichen Tätigkeit der SNG in den vergangenen 150 Jahren die Tradition, der Wissenschaft nach besten Kräften zu dienen. Dass auch unserer Zeit noch ungezählte Rätsel der Lösung harren und künftigen Menschen das Staunen ob der erzielten Ergebnisse nicht verlorengehen wird, ist sicher. Wir möchten – wie unsere Vorgänger – den Behörden mit Rat beistehen, wo immer wissenschaftliche Fragen im Zusammen-

hang mit obrigkeitlichen Entscheiden und Initiativen auftauchen. Als Gemeinschaft aller schweizerischen Naturforscher besitzt die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft hiefür besonders günstige Voraussetzungen. Letzten Endes hoffen wir, mit unserer Tätigkeit als Einzelforscher und als Gesellschaft unserem Lande und der gesamten Menschheit zu dienen, damit die gewaltigen Erkenntnisse wissenschaftlicher Arbeit den Menschen zum Segen und nicht zum Fluche werden. In aller Begeisterung für wissenschaftliches Forschen möchten wir aber Goethes Ausspruch hochhalten: Das grösste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren.

Table ronde à Radio-Genève, à l'occasion du 150e anniversaire de la SHSN, propos du Professeur PAUL HUBER, Président central, samedi 25 septembre 1965, à 11 h 30

Que peut encore un petit pays dans le concert mondial de la recherche?

Lors de mon discours d'ouverture de la séance jubilaire du 150e anniversaire de la Société helvétique des sciences naturelles, j'ai fait allusion brièvement à l'influence déterminante de la recherche scientifique pour la production technique et la prospérité économique de notre pays. L'avenir marquera cette influence encore davantage.

Elle est nécessaire si l'on veut que le progrès scientifique soit aussi profitable pour notre pays – et c'est indispensable pour que la Suisse s'assure une existence saine et un développement approprié.

En conséquence, nous devons attacher la plus sérieuse attention au développement de la science.

C'est ici que commencent les difficultés inhérentes à un petit pays.

L'intensification et la spécialisation de la recherche, de même que les grands moyens financiers nécessaires à l'exécution des projets de certaines disciplines rendent impossible la réalisation de tous les problèmes, même s'ils sont intéressants et importants: c'est une question d'hommes et de ressources financières.

Nous nous trouvons devant la tâche capitale de tracer l'orientation de la recherche future.

Doit-on laisser cette décision à un «brain-trust» ou faut-il la confier au hasard?

Des solutions extrêmes ne sont pas fécondes pour notre pays. Cela ne signifie toutefois pas que la planification et la coordination des recherches, dans la mesure où cette coordination est possible, ne doivent pas être attentivement étudiées. Mais par qui?

A ce propos, je pense que l'impulsion doit venir des chercheurs qui sont réellement plongés dans le travail scientifique.

Ils doivent se mettre d'accord quant aux projets dispendieux, mais nécessaires à l'avenir du pays. C'est ainsi seulement que les lignes de recherche choisies pourront être suffisamment soutenues, afin qu'une chance existe d'obtenir des résultats fondamentaux.

Deux exemples, choisis parmi d'autres, illustrent ma pensée: La physique nucléaire avec ses problèmes inachevés de la force nucléaire et la biologie dans le sens le plus général, posant des problèmes essentiels de la vie.

Les considérations précédentes me conduisent à dire que la qualité du chercheur et la productivité de son travail doivent être déterminantes, dans notre pays surtout, pour l'obtention des subsides nécessaires.

Chaque chercheur de ce type a droit à un appui financier permettant l'achèvement de ses travaux, même si elles sortent du cadre général prévu.

Nul ne peut prédire où surgiront ces découvertes fondamentales.

Allocution
de M. le professeur Claudius Terrier

Le 31 mai 1964, le peuple de Genève a célébré dans la joie et l'émotion le 150e anniversaire de son entrée dans la Confédération.

Le 26 avril 1965, l'Université a, au cours d'une séance solennelle, évoqué ce que Genève et la Suisse doivent au Congrès de Vienne et, notamment à Pictet de Rochemont, le «père du 22e canton» (Ch. Borgeaud).

Et voici qu'en ce jour, la Société helvétique des sciences naturelles évoquant la mémoire du pharmacien genevois Henri-Albert Gosse et de son ami le pasteur bernois Wyttenbach, commémore à son tour le 150e anniversaire de sa fondation: un événement également notable de l'histoire suisse.

Dans une captivante étude sur «la science genevoise à vol d'oiseau», Marc Cramer, à qui Genève est en bonne partie redevable de la création du Musée genevois d'histoire des sciences, a écrit qu'il est intéressant de remarquer que dès avant l'accession de Genève à la Suisse, même pendant l'occupation française, les relations entre Suisses et Genevois ont toujours été particulièrement étroites: Cramer (mathématicien), Mallet (astronome), Saussure (géologue), Bonnet (biologiste), ont été des fidèles amis des Bernouilli et des de Haller.

C'est dire que la société triplement jubilaire tire ses origines de relations lointaines que l'on peut faire remonter bien avant sa fondation, à ce XVIIIe siècle, au cours duquel, l'enseignement philosophique passa dans l'Académie de Calvin aux mains des physiciens et des naturalistes (Borgeaud: L'académie de Calvin, p. 562).

Ne pouvant évoquer en ce court instant la somme des travaux accomplis en Suisse par plusieurs générations de ses savants, il faut nous contenter de louer l'esprit qui a présidé à leurs recherches, l'idéal commun qui les a sans cesse animés.

Soumis comme tant d'œuvres humaines à l'inexorable loi de la division du travail, le développement scientifique s'opère le plus souvent en ordre dispersé. Le mathématicien et philosophe Auguste Comte n'a-t-il pas longuement déploré l'étroitesse de vue de tant de spécialistes qui ont négligé de se préoccuper des relations de leurs travaux particuliers avec l'ensemble des connaissances positives.

Par ailleurs, l'observation nous enseigne qu'au regard de la multiplicité croissante des études, des inventions et des découvertes, un lien idéal et commun qui rassemble, coordonne et humanise toute chose, est nécessaire au progrès social.

Or, c'est précisément la vertu des efforts accomplis durant un siècle et demi par la Société helvétique des sciences naturelles. Il y a plus, et nous nous plaisons à le souligner – les témoignages ne manquent pas –, elle a également su faire naître dans l'âme de ses membres le goût des nécessaires rapprochements entre les sciences de la nature et les sciences de l'homme. Cette constante préoccupation d'universalité n'est pas le moins estimable de ses mérites.

C'est pourquoi, l'Université de Genève, jalouse de ce qu'il y a de meilleur dans les traditions universitaires: la liberté de pensée et la recherche du bien commun, ressent la joie d'accueillir un aréopage de chercheurs et de savants qui est une des forces vives de notre pays.

L'adresse que voici, Monsieur le Président, et que j'ai l'honneur de vous remettre au nom de notre «Alma Mater» est le gage tangible de ses félicitations les plus chaleureuses, de ses souhaits les plus ardents pour que dure – comme le dit un ancien document de notre histoire – «à perpétuité» l'action bienfaisante et féconde de votre illustre Société.

Avec le consentement du Professeur Huber qui veille sur les destinées de la Société helvétique des sciences naturelles, nous nous tournons maintenant vers son président annuel pour lui rapporter ce que voici.

Il nous a été donné de connaître récemment l'une des plus belles forêts d'Europe située dans l'ancienne Lusitanie. Là nous avons déploré de n'avoir pas plus de connaissance du monde végétal que n'en avaient les enfants de Madame Delessert, initiés à la «science aimable» par les «Lettres élémentaires» de J.-J. Rousseau.

La forêt de Bussaco contient en effet plusieurs centaines d'essences indigènes et exotiques toutes plus remarquables les unes que les autres. Heureusement pour nous que l'excellent «guide bleu», se référant aux travaux de celui qu'il désigne comme un «illustre botaniste suisse», Robert Chodat, renferme quelques appréciations qui nous permirent de mieux saisir et admirer la richesse et la puissance «d'une sylve unique en Europe». «C'est la forêt-maquis – a dit Chodat – dans toute sa beauté, avec ses lauriers-tins géants, ses philarias de plus de 10 m de hauteur, ses arbousiers et ses bruyères arborescentes...»

Dans les universités portugaises on n'a point oublié la contribution de Robert Chodat à la connaissance approfondie de la flore de Bussaco, comme à celle de la Serra d'Arrabida; le nom de notre compatriote y est fréquemment rappelé.

Ayant eu la bonne fortune de découvrir, dans une librairie de Lisbonne, une carte ancienne où l'on voit les régions prospectées par Chodat, je l'ai rapportée afin que – dans un des cabinets de la Faculté des sciences, elle rappelle à nos étudiants le souvenir d'un grand maître et d'un ancien recteur. J'ai le vif plaisir de la confier au président du comité annuel de la Société helvétique de sciences naturelles.

1° Section de mathématique

Session de la Société mathématique suisse
Samedi 25 septembre 1965

Président: Prof. Dr J. DE SIEBENTHAL (Lausanne)
Secrétaire: Prof. Dr W. NEF (Berne)

1. S. PICCARD (Neuchâtel) – *Les groupes libres et quasi-libres modulo n. Des théorèmes d'existence.*

2. J. CHUARD (Lausanne) – *Réseaux cubiques tracés sur une sphère.*

3. A. AMMANN (Yverdon) – *Fibrations cycliques d'un espace fibré circulaire cycliquement partitionné.*

4. C. TANNER (Londres) – *L'algèbre de Thomas Harriot* (1560–1621).

5. M. A. KNUS (Zürich) – *Algèbres graduées et algèbres filtrées.*

6. U. STAMMBACH (Zürich) – *Homologische Methoden in der Gruppentheorie.*

7. F. SIGRIST (Zürich) – *Obstruction et transgression.*

8. G. LERESCHE (Neuchâtel) – *Algèbres d'opérateurs non bornés sur l'espace d'Hilbert.*

9. J.-C. HOLY (Genève) – *Sur l'ensemble des valeurs stationnaires d'une application différentiable.*

10. H. DEBRUNNER (Bern) – Aspekte der Knotentheorie.

2° Section de physique

Session de la Société suisse de physique
Vendredi 24 et samedi 25 septembre 1965

Président: Prof. Dr O. HUBER (Fribourg)
Secrétaire: Prof. Dr F. HEINRICH (Zurich)

Allgemeine und angewandte Physik

1. D. MAEDER and M. PETER (Ecole de Physique, Université de Genève) – *Excitation and propagation of lateral shock waves in thin wires.*

In developing a novel magnetostrictive read-out technique (1) for wire spark chambers, parasitic low-frequency signals travelling at velocities between $^1/_2$ and $^1/_{10}$ of v longitudinal $= \sqrt{E/\varrho}$ had been observed. By comparing relative signal amplitudes obtained with different transmitter and receiver arrangements the lateral nature of the parasitic mode was ascertained. Measurements of dispersion curves on different materials and wire diameters are in rough agreement with the simplified theoretical prediction v lateral $\simeq 0{,}60$ v long $[f(\text{MHz})\ r(\text{mm})]^{1/2}$. ($f$ = frequency of Fourier Component, r = wire radius.) Attenuation was found quite small for hard steel wire. Similar waves have been detected on non-magnetostrictive wires.

LITERATUR

1. *Maeder D.:* Arch.Sci. *2*, 220 (1965); H.P.A. ... (1965).

2. M. GAILLARD (Institut für Aerodynamik, ETH, Zürich) – *Modellversuche zur Bestimmung der Luftkräfte und der Druckverteilung an Eisenbahnzügen im Tunnel.*

Es wird eine Modellversuchsanlage beschrieben, die gestattet, Luftkräfte und Drücke von Eisenbahnzügen, die in Tunnels fahren, in Abhängigkeit von Ort und Zeit zu messen. Insbesondere wird der Fall sich begegnender Züge behandelt. Es werden Vergleiche mit der Fahrt im Freien gemacht.

3. C. FRÖHLICH (Laboratorium für Festkörperphysik ETH, Zürich) – *Eine Methode zur genauen lokalen Temperaturmessung.*

Es wird eine Methode beschrieben, bei der ohne Wärmefluss von der Probe zur Messeinrichtung lokale Temperaturen von 20 °K an aufwärts mit einer Auflösung von einigen 10^{-3} mm und einer Genauigkeit von 10^{-2} °K gemessen werden können.

4. R. BALZER und D. BHARUCHA (Laboratorium für Kernphysik, ETH, Zürich) – *Präzisionsmessung stark inhomogener Magnetfelder mit Kernresonanz.*

Es wird gezeigt, dass mit Hilfe der NMR-Methode auch stark inhomogene Magnetfelder genau gemessen werden können, wenn das Feld rotationssymmetrisch ist und die Probenform dem jeweiligen Feldverlauf angepasst wird. Auf diese Weise erhält man mit bescheidenem Aufwand ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis, so dass sich bei scharfer Lokalisierung des Messortes Präzisionsmessungen bis zu Feldinhomogenitäten von 500 Gauss/cm durchführen lassen.

5. R. SÉCHEHAYE et A. ERBEIA (Laboratoire de Spectroscopie hertzienne, Institut de Physique Expérimentale, Université de Genève) – *Détection de signaux de résonance magnétique nucléaire par enregistrement simultané de l'absorption et de la dispersion. Applications aux très basses fréquences.*

Le dispositif mis au point dans le but de détecter et d'enregistrer simultanément les signaux d'absorption et de dispersion obtenus, à partir d'échantillons liquides, ainsi que les formules fondamentales de la résonance magnétique nucléaire sont exposés dans la première partie de l'article. Il est ensuite rappelé qu'il existe une relation simple entre la partie réelle X' de la susceptibilité magnétique transversale et la partie imaginaire X'' de cette même susceptibilité, et que la courbe $X' = f(X'')$ est une ellipse dans le cas le plus général. Les propriétés de cette ellipse sont ensuite étudiées et nous avons indiqué enfin comment notre méthode d'enregistrement s'appliquait à la mesure des constantes de relaxation et à la magnétométrie.

6. E. KOWALSKI (Institut für angewandte Physik, Universität Bern) – *Zum Begriff der Strahlungsgruppe bei der Absolutmessung radioaktiver Quellstärken nach der MSH-Koinzidenzmethode.*

Die allgemeine Koinzidenzmethode zur Messung radioaktiver Quellstärken nach Meyer et al. (MSH-Methode) (1, 2) kann auch auf den Fall von Koinzidenzen zwischen zwei Strahlungsgruppen ausgedehnt werden. Der Begriff der Strahlungsgruppe wird definiert, und es wird untersucht, unter welchen Bedingungen eine Gesamtheit von Strahlungen eine Strahlungsgruppe bildet, d. h. wann sie als Ganzes als ein Koinzidenzpartner verwendet werden kann. Dabei wird von einer früher (2) ausgearbeiteten Methode für die Beschreibung von Detektor-Ansprechwahrscheinlichkeiten Gebrauch gemacht. Der Begriff der Strahlungsgruppe erweist sich als recht allgemein verwendbar und kann auch bei Isotopen mit einem langlebigen Zwischenniveau oder bei Isotopengemischen benutzt werden.

LITERATUR

1. *Meyer K.P.* et al.: Helv.phys.Acta *32*, 423 (1959).
2. *Kowalski E.:* Nucl.Instr.Meth. *33*, 29 (1965).

7. E. KOWALSKI, R. SIEGENTHALER (Institut für angewandte Physik, Universität Bern) – *Totzeiteffekte bei Absolutmessung der radioaktiven Quellstärke nach der MSH-Methode.*

Es konnte gezeigt werden (1), dass bei Messungen nach der MSH-Koinzidenzmethode wegen der sehr kleinen Nachweiswahrscheinlichkeiten der Strahlungen $W_{ij} \ll 1$ der Einfluss der Totzeiteffekte auf die gemessene Quellstärke bedeutungslos ist, sofern nur eine gewöhnliche Zweifach-Koinzidenzstufe benutzt wird. In einer «fast-slow»-Koinzidenzanordnung sind die Verhältnisse unübersichtlicher und die potentiellen Totzeitfehler gross. Nach einer einfachen elektronischen Modifizierung der «fast-slow»-Schaltung kann man diese jedoch wie eine gewöhnliche Zweifach-Koinzidenzstufe behandeln, mit entsprechenden Konsequenzen für die Totzeitfehler. Zur experimentellen Untersuchung von Totzeiteffekten wurde aus digitalen Bausteinen ein Simulator entwickelt, der zwei Impulsfolgen mit einem beliebig einstellbaren Korrelationsgrad liefert.

LITERATUR

1. *Kowalski E.:* Nucl.Instr.Meth., zur Veröffentlichung eingereicht.

8. H. P. BRÄNDLI, R. DÄNDLIKER (Institut für angewandte Physik der Universität Bern) – *Zur absoluten Frequenzstabilisierung eines Gas-Lasers.*

Es wird eine wesentliche Verbesserung der Stabilisierungsmethode nach A.D.White et al. (1) vorgeschlagen. Die externe Ne-Absorptionszelle wird ersetzt durch einen optischen Resonator, der eine Ne-Absorptionszelle mit Zeeman-Aufspaltung und einen He-Ne-Laserverstärker, oder einen Zeeman aufgespaltenen He-Ne-Laserverstärker allein enthält. Im ersten Fall bewirkt die Resonanzverstärkung eine Empfindlichkeitssteigerung der Absorptionsmessung (2). Im zweiten Fall bewirkt die Resonanzrückkopplung eine Verschmälerung der beiden aufgespaltenen Verstärkungsprofile. Die theoretische Berechnung ergibt für beide Methoden dieselbe Verbesserung, welche beim Einsetzen der Selbstoszillation des Laserverstärkers an sich beliebig gross wird. Bei einer Resonanzverstärkung von 100 ergibt sich ein ca. 100mal grösseres Fehlersignal als bei der einfachen Ne-Absorptionszelle. Die Verschmälerung der Verstärkungsprofile bei der zweiten Variante erlaubt zudem die Stabilisierung eines Lasers mit mehreren axialen Modes. Entsprechende Experimente sind im Gange.

LITERATUR

1. *White A.D., Gordon E.I., Labuda E.F.:* Appl.Phys.Lett. *5*, 97 (1964).
2. *Herziger G., Linder H., Weber H.:* Z.angew.Phys. *17*, 67 (1964).

9. D. CLERC und H. KUNZ (Physikalische Laboratorien der AG Brown, Boveri & Cie., Baden) – *Diffusion dans le silicium au moyen d'une couche d'oxyde dotée.*

L'emploi comme source de diffusion d'une couche d'oxyde doté au phosphore (oxydation anodique du silicium) permet d'obtenir des diffusions localisées, sans qu'il soit nécessaire de faire préalablement un masque de SiO_2. En diffusant dans une atmosphère oxydante, nous avons pu jusqu'ici obtenir des profondeurs de jonction *p–n* de 80 µ. La diffusion peut être faite indifféremment sur des surfaces rodées ou polies.

10. H. R. WINTELER und A. STEINEMANN (Battelle Institut, Carouge-Genève) – *Diffundierte Galliumarsenid-Feldeffekttransistoren.*

Wir haben GaAs-Feldeffekttransistoren in Mesastruktur gebaut. Der Kanal ist *n*-leitend und muss, damit ein Feldeffekt zustande kommt, eine Dicke $d \leq 1$ µm und eine Ladungsträgerkonzentration $n \leq 10^{17}$ cm^{-3} haben. Als Donator wird *S* verwendet und in zwei Schritten in *p*-leitendes, Zn-dotiertes, einkristallines GaAs ($p \simeq 10^{17}$ cm^{-3}) diffundiert. Die Steuerung des Transistors erfolgt über die Raumladungszone des zwischen Kanal und Grundmaterial liegenden *p–n*-Überganges.

Analoge Transistortypen aus Si und Ge besitzen im Moment noch wesentlich grössere Steilheiten. Die Reinheit dieser Materialien ist 10^3–10^4mal grösser als diejenige von GaAs, so dass die Dotierung von Grundmaterial und Diffusionsschicht viel kleiner gehalten werden kann.

11. G. JOYET (Zurich) – *Etalonnage et premières applications d'un anthropospectromètre à chambre d'acier.*

Par l'amélioration de la ventilation, le «background» de la chambre a été abaissé à un seuil inférieur et l'on montre que les raies résiduelles du ^{40}K et de la série du radium sont dues aux 3 P.-M. Dumont 6363, l'activité propre du cristal de NaI(Tl) étant négligeable.

Les essais sur fantôme de différentes dimensions montrent les rôles antagonistes joués par l'autoabsorption gamma et le carré de la distance au cristal. On propose une géométrie nouvelle du cristal et du sujet mesuré où les variations de l'épaisseur du corps humain n'influencent pratiquement plus la mesure du ^{40}K.

Festkörperphysik

1. J. S. HELMAN and W. BALTENSPERGER (Institut für Theoretische Physik, ETH, Zürich) – *The Dielectric Constant of Liquid Metals.*

Optical and Hall effect experiments in liquid metals show that the free electron approximation is approximately satisfied. The number of free electrons per atom is within a few percent equal to the valence of the

metal. On this basis we calculate the dielectric constant of a liquid metal in the Born approximation using the temperature Green functions technique. The dynamical structure of the liquid metal is introduced in the calculation through the empirical dynamical structure factor of Van Hove. In the static approximation, which is justified in the temperature range of molten metals, the dielectric constant becomes, for $\omega \gg \xi$ and $\omega \ll \xi$,

$$\varepsilon = 1 - (4\pi e^2 N/m\omega^2)\,(1 - \mu + i\xi/\omega)^{-1}$$

where μ and ξ are integrals involving the static structure factor and the effective electron-ion interaction potential (pseudopotential). μ is a slowly varying function of ω and much smaller than one. For frequencies, for which $\hbar\omega$ is small compared to the fermi energy ε_f, ξ is independent of ω and can be interpreted as a relaxation frequency. Thus we arrive at an expression analogous to the classical Drude formula. In the frequency region $\hbar\omega \cong \varepsilon_f$, ξ becomes a function of ω and our formula differs from Drude's. Some numerical calculations were made for liquid sodium.

2. R. KLEIN und W. REHWALD (Laboratories RCA, Ltd., Zürich) – *Die gleichzeitige Wirkung von Ultraschall und elektrischen Feldern auf die Leitungselektronen in festen Körpern.*

Die Boltzmann-Gleichung für die Verteilungsfunktion der Elektronen bei Anwesenheit von Ultraschall und einem statischen elektrischen Feld wurde gelöst, um ein einheitliches Bild der verschiedenen Effekte zu erhalten, die aus der kombinierten Wirkung der beiden äusseren Störungen resultieren. Die Nachwirkung des Systems der Elektronen wird durch die Summe mehrerer Gleich- und Wechselstromdichten beschrieben. Insbesondere wird gezeigt, welche Anteile der Verteilungsfunktion für die Ultraschallabsorption bzw. -verstärkung und den akustoelektrischen Effekt mit bzw. ohne äusseres elektrisches Gleichfeld verantwortlich sind. Es zeigt sich, dass die Weinreich-Relation zwischen dem Absorptionskoeffizienten und dem akustoelektrischen Feld bis auf kleine Korrekturen auf Grund der Stossmitführung gilt. Die Grössenordnung des akustoelektrischen Feldes und der akustischen Widerstandsänderung wird für Metalle und Halbleiter diskutiert.

3. R. C. FORNEROD (Laboratoire de Génie atomique de l'Ecole Polytechnique, Lausanne) – *Restauration de la résistivité électrique de l'argent pur écroui à 20 °C.*

Des mesures de résistivité électrique effectuées sur de l'argent pur (99,99 %), écroui (19 %) par tréfilage à temperature ambiante, ont révélé deux stades de restauration:
– le premier, situé vers 50 °C, est très faible;

– le second, qui apparaît vers 160 °C, est subdivisé en au moins deux sous-stades, dont le premier est caractérisé par une énergie d'activation de 1 eV environ.

Ces résultats ne confirment pas entièrement ceux que donne la littérature.

BIBLIOGRAPHIE

Ramsteiner, Schüle, Seeger: Phys. Stat. Sol. *2*, 1005 (1962).
Kamel et *Attia:* Acta Met. *9*, 1047 (1961).

4. E. BUCHER und J. MULLER (Institut de Physique Expérimentale, Université de Genève), J. L. OLSEN und C. PALMY (Institut für kalorische Apparate und Kältetechnik, ETH, Zürich) – *Zum Druckeffekt supraleitender Übergangsmetalle.*

Es wurde die Abhängigkeit der kritischen Sprungtemperatur T_c der Supraleiter Os, Mo und Ru im Druckbereich von 0–23000 atm. untersucht. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf den möglichen Zusammenhang mit dem partiellen und teilweise fehlenden Isotopeneffekt dieser Elemente diskutiert.

5. R. EHRAT et D. RIVIER (Laboratoire de Physique, Université de Lausanne) – *Chaleurs spécifiques aux basses températures dans des alliages très dilués de nickel.*

En vue de l'obtention de la constante γ de la chaleur spécifique électronique, un échantillon de Ni pur, ainsi que des alliages de Ni–1 at. % Fe et Ni–1 at. % Cu ont été mesurés entre 1,5 °K et 4,15 °K.

6. T. SCHNEIDER und E. TRUNINGER (Institut für Nukleartechnik, ETH, Zürich) – *Gitterdynamik wasserstoffhaltiger Proben.*

Mittels eines Drehkristall-Flugzeitspektrometers wurde das Energiespektrum der durch polykristalline und wasserstoffhaltige Substanzen inelastisch sowie inkohärent gestreuten Neutronen gemessen. Daraus ergeben sich interessante Aufschlüsse über die Frequenzen der Schwingungszustände.

7. A. FURRER, T. SCHNEIDER und W. HÄLG (Institut für Nukleartechnik, ETH, Zürich) – *Inelastische Streuung polarisierter Neutronen durch Spinwellen in Nickel.*

Die Annahme eines quadratischen Spinwellen-Dispersionsgesetzes für kleine Magnonwellenvektoren sowie Energie- und Impulserhaltung ergeben im reziproken Gitter eine kugelförmige Streufläche (1). Aus der Grösse der Streufläche bei verschiedenen Auslenkwinkeln von der Bragg-Position kann das Austauschintegral bestimmt werden. Zudem ergeben

sich interessante Aufschlüsse über allfällige Anomalien auf der Streufläche. Diese Messungen wurden für Nickel durchgeführt.

LITERATUR

1. *Lowde R.D.:* Proc.roy.Soc. A*221*, 206 (1954).

8. P. FISCHER, W. HÄLG und E. STOLL (Institut für Nukleartechnik, ETH, Zürich), B. LÜTHI und A. SEGMÜLLER (IBM Forschungslaboratorium Zürich) – *Substitutions-Fehlordnung im Mischkristallsystem der Yttrium-Gallium-Eisen-Granate.*

Die Yttrium-Gallium-Eisen-Granate ($Y_3Ga_xFe_{5-x}O_{12}$) bilden ein ideales System zum Studium des statistischen Ferrimagneten (1). Zum Vergleich von Experiment und Theorie ist die Kenntnis der Verteilung der Galliumionen auf den tetraedrischen und oktaedrischen Gitterplätzen als Funktion der Galliumkonzentration nötig. Diese Verteilung konnte sowohl aus Neutronen- als auch aus Röntgenbeugungsmessungen an synthetischen, polykristallinen Proben bestimmt werden. Der Verteilungsparameter sowie im Neutronenbeugungsversuch auch die Streulängen von Ga und Y und der Sauerstoffparameter wurden mit der Methode der kleinsten Quadrate aus den beobachteten Intensitäten ermittelt. Die aus Neutronen- und Röntgenbeugung erhaltenen Resultate stimmen innerhalb der Fehlergrenzen überein. Die Ga-Ionen bevorzugen Tetraederplätze. Diese Bevorzugung nimmt mit steigender Ga-Konzentration etwa linear ab. Bei den Sauerstoffkoordinaten bewirkt die Galliumsubstitution im wesentlichen nur eine Verkleinerung des z-Parameters. Für die Ga- und Y-Neutronenstreulängen wurde $(0{,}71 \pm 0{,}01) \cdot 10^{-12}$ cm bzw. $(0{,}76 \pm 0{,}01) \cdot 10^{-12}$ cm gefunden. Hinsichtlich der magnetischen Strukturen kann qualitativ gesagt werden, dass bis zu einer Ga-Konzentration von 50 Atom-% keine Abweichungen vom Néel-Modell festgestellt werden konnten.

LITERATUR

1. *Lüthi B.* und *Henningsen T.:* Proc. of the Int. Conf. on Magnetism, Nottingham 1964, S. 668.

9. T. SCHNEIDER, E. STOLL und W. BÜHRER (Institut für Nukleartechnik, ETH, Zürich) – *Gitterdynamik und Elektron-Phonon-Wechselwirkung in Natrium und Kupfer.*

In dem von Toya (1) entwickelten Modell wird die potentielle Energie der Ionen aus folgenden Beiträgen aufgebaut: 1. Austausch- und Van-der-Waals-Energie der Ionen, 2. Coulomb-Energie der Ionen, 3. Ion-Leitungselektron-Ion-Wechselwirkungsenergie. Die in diesem Modell auftretenden Konstanten sind teilweise nur ungenau bekannt. Aus diesem Grund bestimmten wir diese aus den gemessenen Dispersionskurven (2, 3) mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate. Daraus

ergeben sich interessante Aufschlüsse über das effektive Potential für die Wechselwirkung zwischen den Ionen und Leitungselektronen sowie die Elektron-Phonon-Wechselwirkung. Diese Untersuchungen wurden für Natrium und Kupfer durchgeführt.

LITERATUR

1. *Toya T.:* J. Res. Catal. *6*, 161 (1958).
2. *Woods A. D. B., Brockhouse B. N., March R. H., Stewart A. T.:* Phys. Rev. *128*, 112 (1962).
3. *Bührer W., Schneider T.:* in Vorbereitung.

10. H. R. ZELLER und W. KÄNZIG (Laboratorium für Festkörperphysik, ETH, Zürich) – *Die elektronische Struktur des* O_2^-*-Zentrums in Alkalihalogeniden.*

Mit Hilfe der Elektronenspinresonanz haben wir die Hyperfeinstruktur des (O^{16}–O^{17})- und des (O^{17}–O^{17})-Molekülions in KCl, KBr und KI untersucht und verglichen mit der Hyperfeinstruktur, welche man auf Grund des Modells von Känzig und Cohen (1) erwarten würde. Setzt man in den Hamiltonoperator der Hyperfeinwechselwirkung die $\langle 1/r^3 \rangle$-Werte ein, die für den $^2P_{3/2}$-Zustand der atomaren O^{17} gemessen wurden und für die Kristallfeldaufspaltung die durch Analyse des g-Faktors des O_2^--Zentrums gewonnenen Werte, so stimmt der so berechnete anisotrope Teil der Hyperfeinwechselwirkung mit den experimentellen Werten auf wenige Prozente genau überein.

LITERATUR

1. *Känzig W., Cohen M. H.:* Phys. Rev. Letters *3*, 509 (1959).
2. *Harvey J. S. M.:* Proc. roy. Soc. A *285*, 581 (1965).
3. *Känzig W., Cohen M. H.:* Phys. Rev. Letters *3*, 509 (1959).

11. K. BACHMANN und W. KÄNZIG (Laboratorium für Festkörperphysik, ETH, Zürich) – *Ausrichtung von Defektelektronenzentren in* KCl *durch mechanische Spannungen.*

Wir haben H-Zentren bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs mit mechanischen Spannungen ausgerichtet. Diese Ausrichtung wurde durch Messung des auftretenden Dichroismus in der UV-Bande des H-Zentrums verfolgt. Über etwa 10 °K lassen sich die Zentren leicht ausrichten, darunter frieren sie ein. Die Kopplung der H-Zentren an das Gitter wurde bestimmt. Für einachsige Spannung längs [100] ist sie etwa 5mal grösser als für das verwandte O_2^--Zentrum. Erste Resultate zeigen, dass sich auch ein weiteres Zentrum, das V_1-Zentrum, mit mechanischen Spannungen ausrichten lässt. Damit kann man die Symmetrie des V_1-Zentrums bestimmen. Unsere Resultate sind in Übereinstimmung mit einer [110]-Symmetrie und verwerfen eine [111]-Symmetrie.

LITERATUR

1. *Känzig W.:* J. phys. chem. Solids *23*, 479 (1962).

12. L. VANNOTI und W. KÄNZIG (Laboratorium für Festkörperphysik, ETH, Zürich) – *Struktur eines neuen Farbzentrums in Ammoniumhalogeniden.*

Durch Röntgenbestrahlung von Ammoniumhalogenidkristallen unterhalb 180 °K entsteht ein neues Defektelektronenzentrum. Seine Struktur wurde mit Hilfe der Elektronenspinresonanz untersucht in NH_4Cl, ND_4Cl und NH_4Br. Hyperfeinstruktur und g-Tensor zeigen, dass [111] eine Symmetrieachse ist. Die Hyperfeinwechselwirkungen sind stark anisotrop und rühren von allen drei Atomsorten der Verbindung her. Das wahrscheinlichste Modell ist ein NH_3Cl-Radikal (bzw. ND_3Cl und NH_3Br). Dieses Farbzentrum hat eine Tieftemperatur- und eine Hochtemperaturform, die bei Variation der Temperatur reversibel ineinander übergehen.

13. M. ÆGERTER, R. HEUBI et D. ECKLIN (Institut de Physique de l'Université, Neuchâtel) – *Luminescence du* CsI *doté en impuretés divalentes* (Ca^{2+}, Sr^{2+}, Mn^{2+}).

On a purifié des cristaux de CsI par fonte zonale dans une nacelle en quartz, scellée sous atmosphère d'iode ou d'argon. Des cristaux purifiés ont été ensuite dotés soit en Ca^{2+}, Sr^{2+}, ou Mn^{2+} par diffusion à haute température de CaI_2, SrI_2 ou MnI_2. Les concentrations des impuretés des cristaux examinés ont été déterminées par spectrométrie d'absorption dans une flamme.

Par excitation β la composante luminescente (4300 Å) observée sur des cristaux contenant environ 30 ppm d'impuretés divalentes, disparaît dans les cristaux purs et est fortement intensifiée dans les cristaux dotés, en confirmation des premiers résultats déjà obtenus (1). Une modification des «glow curves» de thermoluminescence est aussi observée. La lumière émise dans les principaux pics se trouve également à 4300 Å. De plus après irradiation à 77 °K par une source β, il est possible de stimuler la composante UV (3500 Å) par excitation à 7600 Å et 10000 Å.

Une discussion de ces phénomènes nouveaux sera présentée.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Aegerter M., Hoffmann A.* et *Rossel J.:* H.P.A. *37*, 667 (1964).

14. E. BALDINGER, I. GRÄNACHER, CH. WALLISER (Institut für angewandte Physik der Universität Basel) – *Ausheilung von Gitterstörstellen in Si-Einkristallen.*

Si-Einkristalle mit spez. Widerständen zwischen $3 \cdot 10^{-3}$ Ωcm und 10^4 Ωcm wurden mit schnellen Reaktorneutronen (ca. 10^{18} n.v.t.) bestrahlt.

Das EPR-Spektrum der auf diese Weise erzeugten paramagnetischen Gitterdefekte wurde bei 300 °K und 77 °K untersucht. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Erzeugungsrate und die Struktur der De-

fekte nur wenig von der Dotierung abhängen. Es wird ferner berichtet über den Einfluss isochronaler Ausheilung auf das EPR-Spektrum der Gitterstörstellen und, im Fall von hochdotierten Proben, auf die Breite der Leitungselektronenlinie.

15. H. KIESS (Laboratories RCA, Ltd., Zürich) – *Photoleitung in* $CdGa_2S_4$.

$CdGa_2S_4$ ist ein Photoleiter, der vorwiegend im ultravioletten Spektralgebiet empfindlich ist. Es wurden Messungen der spektralen Abhängigkeit, der Tilgung und des Anklingens des Photostromes durchgeführt. Dabei wurde insbesondere ein anomales Verhalten des Anklingens des Photostromes beobachtet. Auf Grund der Messergebnisse wird ein reaktionskinetisches Modell vorgeschlagen, das qualitativ das Verhalten dieses Photoleiters erklärt.

16. R. JAGGI (IBM-Research Laboratory, Rüschlikon ZH) – *Über die Eigenschaften von Wismut-Modifikationen.*

Der in reinem Wismut in der rhomboedrischen Phase BiI unter hydrostatischem Druck erfolgende Übergang vom Halbmetall zum Halbleiter wurde weiter verfolgt, ebenso die bei Zimmertemperatur bei 25000 atm erfolgende Umwandlung 1. Ordnung zu der primitiv kubischen Phase BiII (1). Die neuesten Ergebnisse werden mitgeteilt und mit den Untersuchungen anderer Autoren an Elementen der 5. Gruppe des Periodischen Systems verglichen.

LITERATUR

1. *Jaggi R.:* Helv. phys. Acta *37*, 618 (1964).

17. J. L. BREBNER et J.-A. DÉVERIN (Cyanamid European Research Institute, Cologny/Genève) – *Mesure des indices de réfraction des structures en couches.*

Les composés GaS et GaSe crystallisent dans des structures en couches et se présentent comme des cristaux plats en forme de lamelles. Ils ont un seul axe optique normal à la surface des lamelles. Nous avons mesuré le coefficient de réflexion au moyen d'un ellipsomètre et nous en avons déduit l'indice de réfraction ordinaire d'après les formules de Drude. Nous avons également mesuré la biréfringence à l'aide d'un microscope polarisant. Ces grandeurs ont été étudiées en fonction de la longueur d'onde.

18. R. FIVAZ (Cyanamid European Research Institute, Cologny/Genève) – *Transport de charges dans les structures en couches.*

Certains composés semi-conducteurs consistent en un empilement plus ou moins lâche de couches planes dans lesquelles les atomes sont fortement liés. A l'aide d'une représentation à variables séparés, on montre

que ce genre de structures en couches donne lieu à une interaction spécifique entre porteurs et vibrations optiques du réseau. Ce couplage limite la mobilité intrinsèque des porteurs de façon caractéristique et identifiable dans des mesures de conductibilité en fonction de la température.

19. R. FIVAZ und E. MOOSER (Cyanamid European Research Institute, Cologny/Genève) – *Die Ladungsträger-Beweglichkeit in Halbleitern mit Schichtstruktur.*

Aus Messungen der elektrischen Leitfähigkeit und des Halleffektes an Einkristallen von GaSe, MoS_2, $MoSe_2$ und WSe_2 wurden die zugehörigen Ladungsträgerbeweglichkeiten μ als Funktion der Temperatur T bestimmt. In allen Fällen ergab sich $\mu \sim T^{-n}$, wobei oberhalb Zimmertemperatur $3 > n > 2$. Diese grossen Werte von n zeigen, dass die Beweglichkeit durch die Wechselwirkung der Ladungsträger mit optischen Phononen bestimmt ist. Da alle untersuchten Verbindungen stark ausgeprägte Schichtstrukturen aufweisen und überdies nur wenig polar sind, können die experimentellen Ergebnisse nur durch die in der vorausgegangenen Arbeit vorgeschlagene Wechselwirkung gedeutet werden.

20. J. L. BREBNER and E. MOOSER (Cyanamid European Research Institute, Cologny/Geneva) – *Electroabsorption in GaSe.*

In order to determine the Stark effect on the absorption line associated with the absorption edge in GaSe, electric fields of the order of $5 \cdot 10^4$ V/cm were applied parallel to the direction of the c-axis. Under the influence of such fields the shape of the line changes markedly. The half width is increased by as much as a factor of two and the maximum value of the absorption coefficient is reduced, but the position of the line remains unaltered. No splitting of the line is observed.

21. F. HÆNSSLER et L. RINDERER (Laboratoire de Physique de l'Université, Lausanne) – *Détermination optique de l'angle de Hall dans les superconducteurs de Type I à l'état intermédiaire.*

L'effet de dérive récemment observé (1) dans le mouvement des tubes de flux à travers des échantillons très purs d'indium d'étain peut être attribué à l'existence d'un angle de Hall considérable dans de tels échantillons, et l'angle de dérive est précisément égal à l'angle de Hall. Il a été possible d'observer cet angle de Hall dans une plaque d'indium très pur traversée par un courant électrique et soumise simultanément à un champ magnétique perpendiculaire. Les domaines de l'état intermédiaire, rendus visibles par la méthode des poudres superconductrices, s'alignent le long des équipotentielles du champ électrique (2) et l'angle de Hall peut ainsi être mesuré optiquement.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Hænssler F.* et *Rinderer L.:* Phys. Lettres *16*, 29 (1965).
2. *Hænssler F.* et *Rinderer L.:* Phys. Acta *23*, *505* (1960).

1. E. HEER, M. MARTIN, BOYMONT, LEVRAT, REVILLARD (Université de Genève); W. HIRT, SKAREK, SERRE, MICHAELIS (CERN, Genève); B. T. WRIGHT (Université de Californie, Los Angeles) – *Production de pions par des protons de 600 MeV sur des noyaux.*

Des mesures ont été effectuées sur la production de pions chargés dans des collisions proton-noyau en utilisant le faisceau extrait de protons du SC du CERN. Les pions ont été identifiés par une méthode de temps de vol et d'analyse magnétique. L'énergie des protons incidents était de 600 MeV. La section efficace de production a été mesurée pour une série d'éléments entre l'hydrogène et le plomb, pour des énergies de pions de 50 à 350 MeV et à plusieurs angles d'émission.

On exposera le principe de l'expérience et présentera des résultats préliminaires.

2. C. METZGER, J. DÆTWYLER, B. BOSKOVIC et E. JEANNET (Institut de Physique de l'Université, Neuchâtel) – *Processus* $Be^8 \rightarrow 2\ He^4$ *dans l'évaporation nucléaire.*

L'émission de nucléons ou de groupes de nucléons par un noyau hautement excité est expliquée par la théorie de l'évaporation nucléaire. Celle-ci prévoit la forme du spectre énergétique de chaque type de particule émise. Il est bien connu que les spectres expérimentaux des He^4 émis présentent un excès de particules aux basses énergies. Cette anomalie n'a pas encore reçu d'explication entièrement satisfaisante. En calculant les masses invariantes des paires de He^4 émis dans des «étoiles nucléaires» enregistrées dans une émulsion photographique, nous avons mis en évidence un pic significatif correspondant à l'émission de Be^8. Ce noyau est instable et se désintègre en 2 He^4 en 10^{-15} s. Les He^4 ainsi émis ont une énergie inférieure à celle des He^4 émis directement par évaporation, ce qui constitue une explication nouvelle de l'anomalie indiquée ci-dessus.

3. T. KNELLWOLF et J. ROSSEL (Institut de Physique, Université Neuchâtel) – *Sections efficaces et distributions angulaires des réactions* $^{40}Ca(n,\alpha)$ *et* $^{19}F(n,\alpha)$.

Les processus (n,α) sur les noyaux ^{40}Ca (doublement magique) et ^{19}F (à couche non saturée) ont été étudiés pour des neutrons monocinétiques d'énergie comprise entre 4 et 6 MeV. Un compteur téléscope placé derrière une cible mince de CaF_2 ou de Ca permet la mesure de la section efficace différentielle entre 0° et 145°. Les deux premiers compteurs proportionnels donnent dE/dx et le compteur solide final l'énergie E, ce qui permet la discrimination entre α et protons produits. Trois groupes nettement séparés de particules α ont été détectés et ont permis la mesure de $\sigma(\vartheta)$ pour les premiers niveaux des noyaux résiduels. Les résultats obtenus seront présentés et discutés.

4. L. GRENACS et R. HESS (Laboratoire de Physique des Hautes Energies, ETH, Zurich) – *Corrélations angulaires directionnelles gamma-gamma dans les isotopes* ^{88}Sr *et* ^{116}Sn.

5. L. GRENACS et R. HESS (Laboratoire de Physique des Hautes Energies, ETH, Zurich) – *Corrélation directionnelle beta-gamma dans la désintégration* $^{42}K(2^-)\beta(2^+)\gamma(0^+)^{42}Ca$.

6. L. SCHELLENBERG (Physikalisches Institut der Universität Fribourg) – *Zerfallsschema von* ^{192}Ir.

Das Zerfallsschema des ^{192}Ir wurde mit dem doppeltfokussierenden Eisenspektrometer untersucht. Aus den Messungen mit interner und externer Konversion wurden die relativen Linienintensitäten und die α_k-Konversionskoeffizienten relativ zum reinen $E2$-Übergang von 316 keV sowie die internen Konversionskoeffizienten K/L und $L_{I,II}/L_{III}$ bestimmt.

Die gute Lichtstärke des Spektrometers erlaubte die Bestimmung von schwachen Übergängen. Die Niveauschemas von ^{192}Os und ^{192}Pt werden mit verschiedenen Kernmodellen verglichen.

7. M. BORGHINI, P. ROUBEAU, CH. RYTER (Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, Gif-sur-Yvette, France) – *Cible de protons polarisés destinée à des expériences de physique nucléaire.*

Une cible de protons polarisés, destinée à fonctionner dans des expériences de physique nucléaire à haute énergie, a été installée au CERN, à Genève. Elle est constituée de monocristaux de nitrate double de lantane et manganèse.

$Mg(NO_3)_2La(NO_3)_3 \cdot 24\,H_2O$, contenant 1% de néodyme. Les protons de l'eau de cristallisation sont polarisés à la température de 1,1 °K, dans un champ magnétique de 18000 gauss, par application d'un champ de radiofréquence de 70000 MC/s, produisant la polarisation par la méthode dite de l'effet solide. Les caractéristiques de la cible sont les suivantes:

volume:	5 cm^3
polarisation:	$P = <I\gamma>/I = 70\%$
consommation d'hélium liquide:	40 à 50 litres/jour
temps utile de fonctionnement:	supérieur à 95%

8. G. MAURON et L. SCHELLENBERG (Institut de Physique, Université Fribourg) – *Influence de la hauteur de source sur la résolution et la luminosité d'un spectromètre* β *à double focalisation.*

La hauteur de source utilisée jusqu'à présent dans notre spectromètre β ($\sqrt{2\pi}$) est de 24 mm, valeur optimale calculée à partir de considérations théoriques (1)! Désirant utiliser des sources plus élevées, nous avons

agrandi à 36 mm la fenêtre du compteur. L'augmentation de la luminosité a été observée pour des hauteurs de sources allant jusqu'à 34 mm sans altération importante de la résolution.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Wild H.* et *Huber O.:* Helv. phys. Acta *30*, 3 (1957).
2. *Chen T. Y., Huber O., Kern J., Schellenberg L., Walthard B.* et *Wild H.:* Nucl. Instr. Meth. *29*, 181 (1964).

9. A. HENCHOZ et C. JOSEPH (Laboratoire de Recherches Nucléaires de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne) – *Nouveau circuit de discrimination de forme γ–n.*

Certains scintillateurs ont la propriété de donner une réponse différente selon la nature de la particule incidente, réponse que l'on peut représenter en première approximation par $I = Ae^{-t/\tau_1} + Be^{-t/\tau_2}$, dans le cas du ^{213}Ne, le rapport B/A vaut environ 1 % dans le cas d'un neutron et 0,5 % dans le cas d'un photon γ.

Description du circuit: On compare dans un amplificateur différentiel l'impulsion de courant de l'anode d'un PM 56 AVP à une fraction de l'inverse du signal spectrométrique pris sur la 12^e dynode, signal de constante de temps τ_2 (env. 150 ns). On s'arrange pour que les neutrons ne donnent aucun signal à la sortie; dans ces conditions les γ donnent eux un signal qui, après amplification et discrimination permet de les identifier. Ce circuit présente les avantages suivants: 1° de travailler dans un grand domaine (de 500 keV à 14 MeV pour les neutrons); 2° de ne pas déformer l'impulsion de courant d'anode qui reste ainsi disponible par exemple pour une mesure temporelle.

10. G. A. GRIN, C. JOSEPH, B. VAUCHER, J.-C. ALDER, J.-F. LOUDE et A. HENCHOZ (Laboratoire de recherches nucléaires de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne) – *La technique du diffuseur de carbone scintillant et ses applications.*

L'étude expérimentale, par une technique de temps de vol améliorée, des réactions $C^{12}(n,n')3\alpha$ à 14,1 MeV (1) a été poursuivie; des mesures ont été effectuées sous huit angles différents, entre 0° et 150°. La cible était constituée par les noyaux de carbone d'un scintillateur organique, un événement du spectre de temps de vol n'étant enregistré que si l'événement associé dans le diffuseur (C^{12} ou «3α») est simultanément détecté.

Cette technique, restreinte à la diffusion élastique sur C^{12}, devrait être applicable avec profit à des mesures d'analyse de la polarisation de neutrons; l'expérience a fourni des renseignements complétant utilement ceux qu'ont obtenu Steuer et Wenzel (2).

BIBLIOGRAPHIE

1. *Grin G.-A. et al.:* SSP, Berne 1965; H.P.A. (1965).
2. *Steuer M.* et *Wenzel B.:* Nucl. Instr. *33*, 131 (1965).

3° Section de géophysique, météorologie et astronomie

Session de la Société suisse de géophysique, météorologie et astronomie
Samedi 25 septembre 1965

Président: Fl. Ambrosetti (Locarno-Monti)
Secrétaire: W. Kuhn (Zurich)

1. Alexandre Piaget (ISM, Zurich) – *Aperçu sur les orages en Suisse.*

L'ensemble du matériel à disposition traitant des orages des années 1955–1962 a été reconsidéré, à l'effet d'obtenir une série homogène, sinon sans faille. Il a été complété par les informations reçues des «Etablissements cantonaux d'assurance immobilière contre l'incendie et les dégâts dus aux éléments naturels». D'une statistique auxiliaire établie pour les années 1940–1962, il est possible de conclure que la période choisie de huit ans peut être considérée comme représentative.

Plutôt que de partir des observations faites à une seule station, on a divisé la Suisse en 72 régions et déterminé le nombre de jours d'orage pour chacune d'elles. Le jour d'orage a été défini comme étant le jour où un ou plusieurs orages se sont développés dans la région ou l'ont traversée. Si l'un d'entre eux a persisté après minuit, le jour suivant n'a pas été compté. Cette façon de procéder a l'avantage de mieux mettre en évidence l'activité orageuse. Les nombres de jours d'orage ainsi déduits ne diffèrent pas sensiblement de ceux qui seraient obtenus de stations pouvant observer convenablement. A Kloten, par exemple, depuis que l'observateur a été déplacé en bout de piste en mars 1961 – il était auparavant dans l'aérogare –, le nombre de jours d'orage par année a passé de 23 (moyenne de la période 1949–1960) à 35 (période 1961–1965, soit 37, 33, 33, 36 et, jusqu'à mi-septembre 1965, 38). La répartition géographique des nombres de jours d'orage ainsi obtenue est semblable à celle déjà trouvée (1).

Le nombre de jours d'orage est de 35 à 38 par année sur le Jura et à l'est de la Limmat, de 30 à 33 sur le reste du Plateau. Il demeure inférieur à 25 sur la crête des Alpes valaisannes à l'ouest du Rhône, des Alpes vaudoises, bernoises, uranaises, glaronnaises et grisonnes, et à 20 dans les grandes vallées alpestres et sur les Alpes pennines. Il passe de 30 dans le nord du Tessin et le Bergell, à plus de 60 sur le Sopra- et le Sottoceneri (cette dernière valeur encore à vérifier).

Cet accroissement du nombre vers l'est du pays provient des orages se manifestant dans la traîne des fronts froids; pour Kloten, par exemple, ils représentent le quart des phénomènes orageux. Les invasions d'air froid sont plus fréquentes sur le centre de l'Europe que sur l'ouest, la Suisse orientale y étant de ce fait plus exposée. Relevons en passant que les orages sont rares dans le «thalweg» en altitude.

Cette statistique ne tient pas compte de l'intensité du phénomène; elle englobe les averses orageuses bénignes aussi bien que les orages violents le plus souvent accompagnés de grêle dévastatrice. La répartition géographique citée ci-avant ne donne aucune précision quant aux régions touchées par ces derniers.

Y a-t-il certaines contrées privilégiées, exemptes de forts orages?

Pour répondre à cette question, nous avons étudié les dégâts causés par la grêle aux bâtiments. Les déductions faites ont été contrôlées par d'autres critères: Dans l'ensemble, la répartition ainsi obtenue semble représentative, compte tenu notamment de ce qu'il est difficile d'isoler les éléments caractérisant le mieux l'intensité des orages.

Vue sous cet angle, la Suisse peut être divisée en deux régions: les Alpes, limitées au nord et au sud par la courbe de niveau 1800 m, et les deux parties restantes qui forment un tout. Les Alpes sont exemptes d'orages violents. Par contre, si elles protègent leur intérieur, elles sont la cause d'un renforcement du phénomène sur leur bordure, en particulier au nord. Le maximum de l'intensité peut se produire presque partout hors des Alpes, quoique le centre du Plateau soit relativement épargné. Par contre, la fréquence d'apparition est très inégale; elle atteint son maximum le long du flanc nord de la chaîne alpine, sur une bande de 15 km de largeur en général, de 35 km au voisinage du Napf. A l'intérieur de cette région, la fréquence varie; elle est faible dans la plaine de l'Aar, la vallée de la Reuss, la région du lac de Zurich, la plaine de la Linth et la partie supérieure de la vallée de la Glatt. Elle est la même que sur le centre du Plateau. Au pied sud du Jura, sur le Jura et au sud du Tessin, elle est supérieure à celle observée sur le Plateau, mais reste nettement inférieure à celle notée au pied nord des Alpes. L'effet orographique est évident.

Les trajectoires de ces forts orages sont toutes orientées WSW–ENE, c'est-à-dire parallèles aux Alpes, à l'exception de l'une d'entre elles, commençant à Willisau et finissant au Rooterberg près de Küssnacht SZ. La durée de la phase de violence maximum est courte – moins de 50 min –, la région affectée s'étendant sur une longueur de 15 à 30 km. La répartition mensuelle est assez homogène de mai à septembre, avec un maximum peu accentué en juillet, ce qu'il convient de souligner. Les années où les forts orages se manifestent tendent à se grouper, sans nécessairement se suivre.

Les conditions synoptiques correspondant à ces situations ont toutes les mêmes caractéristiques: l'orage se déclenche à l'avant de la trace au sol d'un faible front froid, la couche d'air froid qui suit n'ayant pas une grande épaisseur. L'enclume se développe sur la droite du jet stream dans le sens du courant, sans que les vitesses de ce dernier soient nécessairement excessives. La ligne de grains dans laquelle le cumulo-nimbus est incorporé glisse le long de l'air froid. A l'avant, le ciel est généralement libre de nuage et «le temps lourd» (cT ou mT).

Ces conditions montrent clairement que la convection seule ne saurait suffire, mais que la convergence au sol et la diffluence au niveau de l'en-

clume sont absolument indispensables à la genèse de ce phénomène. Il ressort de ces considérations que la partie nord de la plaine du Pô, de par son relief et sa géographie, est moins favorable aux développements de forts orages que le pied nord des Alpes.

Le modèle développé par Ludlam (2) est valable pour ces orages. Les trombes reportées se trouvaient toutes à droite des chutes de grêle (en regardant dans la direction du déplacement). Le rôle de la convergence est encore souligné par l'allure zigzagante de la trajectoire, le phénomène se développant très souvent à la rencontre de deux orages – et par les heures plus ou moins arbitraires d'apparition pendant la journée.

Quel est le rôle de l'orographie? La réponse n'est pas facile et nous nous contenterons de quelques remarques: Les conditions météorologiques préliminaires étant identiques, tous les orages qui abordent les Alpes perdent de leur activité; les échos radar d'une ligne de grains s'atténuent, voire disparaissent au-dessus des Alpes. Si le relief du Gibloux, du Napf, de l'Appenzell au nord du Säntis renforce l'activité orageuse, le relief alpin tend à la freiner. En revanche, là ou les conditions paraissent les plus favorables, parce que non perturbées, sur les régions peu accidentées, elle est atténuée. L'activité maximum des violents orages du canton de Lucerne diminue lorsqu'ils abordent les régions relativement plates situées au SE du lac de Sempach. Si leurs trajectoires passent plus au sud, l'activité peut par contre persister jusqu'au Rooterberg.

Et pourtant, les lignes de grains se forment à l'intérieur ou en bordure de plages nuageuses circulant à l'avant des troubillons atmosphériques, alors que les observations globales obtenues des satellites montrent que les Alpes n'ont pas une influence primaire sur ces configurations.

La répartition géographique du rapport du nombre de jours d'orage de juillet–août, à celui de mai–juin permet également quelques conclusions intéressantes. Sur le Jura, le Plateau et le Tessin, sa valeur est voisine de 1,3. Dans les deux bandes nord et sud comprises entre les courbes de niveau de 1800 m et de 2800 m, elle oscille entre 1,5 et 2, alors qu'à l'intérieur de la région restante elle est supérieure à 2, sauf au-dessus de la vallée du Rhône, en aval du bois de Finges. Au-dessus de la chaîne alpine, l'activité est avant tout convective et sa manifestation relativement tardive dans l'année est due à la présence de la couche de neige. Par situation calme, l'activité orageuse y commence déjà au début de l'après-midi, parfois vers 11–12 h. Par la suite, le cumulo-nimbus se dirige vers la plaine où il atteindra son activité maximum au début de la soirée. Les tourelles actives se forment successivement du côté opposé à la crête où l'averse a freiné la convection.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Ambrosetti F., Bider M., Bouët M.:* L'orage en Suisse. Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol., Serie B. *8*, 2. Heft (1957).
2. *Ludlam F. H.:* Severe Local Storms: a Review, paru dans Meteorological Monographs published by the American Meteorological Society, September 1963. *Vol. 5*, No. 27.

2. ALEXANDRE PIAGET (ISM, Zurich) – *L'utilité des satellites en météorologie.*

Bien que l'ère des satellites météorologiques ait débuté il y a cinq ans déjà, les photographies reçues d'eux sont encore peu utilisées dans le service journalier. Il y a à cela plusieurs raisons: leurs informations ne se laissent pas intégrer dans les méthodes courantes et le système actuel de télécommunication ne permet pas une dissémination des images brutes à longue distance.

Un autre désavantage provenait des satellites eux-mêmes: stabilisés par rapport à l'espace, les prises de vue étaient sévèrement limitées. Seul le 20% de la surface de la Terre était observé journellement, cette portion variant d'un jour à l'autre. Les nouveaux satellites ont l'axe du spin de stabilisation perpendiculaire au plan de l'orbite; ils roulent en quelque sorte sur leur orbite. Celle-ci étant synchrone du soleil (inclinaison du plan de l'orbite sur celui de l'équateur: 78,6°, rétrograde), une image de la surface terrestre entière sera reçue chaque jour de chacun des satellites. La première vue complète de notre planète date du 13 février 1965. La possibilité, dans un proche avenir, de prendre des photographies de nuit doublera le volume des informations.

Avec l'introduction du système APT (Automatic Picture Transmission) à bord des satellites TOSS (Tiros Operational Satellite System), les stations convenablement équipées pourront obtenir directement les images prises. L'Institut suisse de météorologie (ISM) a demandé de capter ces émissions à Radio-Suisse qui a installé à cet effet une station de réception à Colovrex près de Genève.

La mise en route de TOSS est prévue pour le début de 1966. Dès cette période, un satellite au moins, équipé du système APT, sera toujours sur orbite et l'ISM disposera quotidiennement d'une observation globale limitée par Terre-Neuve, l'Atlantique au large des îles du Cap-Vert, le golfe de Guinée, l'Arabie, l'ouest de la Sibérie et la calotte polaire. Comme le satellite sera à l'altitude de 1400 km, chaque photographie couvrira une superficie égale à celle de l'Europe, soit de 10 millions de km^2.

Le service de prévisions bénéficiera de ces observations, pour autant que les méthodes utilisées jusqu'ici soient adaptées.

Des mesures du rayonnement terrestre et du rayonnement solaire réfléchi compléteront les informations précédentes. Complémentaires aux observations du rayonnement faites au sol, les mesures du rayonnement extraterrestre sont essentielles pour mener à bien l'étude du bilan thermique de la Terre.

Les commentaires suivants se limitent à la troposphère, c'est-à-dire à la «région où se fait le temps».

Circulation générale

Vus du sol, les nuages apparaissent bien souvent désordonnés. En réalité, les prises de vue des Tiros révèlent qu'ils sont généralement organisés à l'échelle synoptique. Les configurations en forme de spirale sont

les plus fréquentes. Le diamètre des tourbillons associés varie de quelques kilomètres à plusieurs milliers de kilomètres. Les spirales ne sont pas distribuées de façon quelconque à la surface du globe; les centres sont répartis symétriquement par rapport à l'équateur. Cette organisation présente par hémisphère deux maxima aux latitudes de 10° à 15° et de 55° à 60° et un minimum à la latitude de 20° à 30°. L'échange d'énergie entre les pôles et l'équateur est assuré par les tourbillons. Ils n'ont pas tous la même extension verticale qui, d'ailleurs, n'est pas fonction de leurs dimensions horizontales. Les photographies révèlent la présence de circulations superposées. Il n'est pas rare, par exemple, qu'une spirale dont la trace isobarique au sol est une dépression de 1000 km de diamètre, soit surmontée d'un jet stream visible sur la photographie grâce aux nuages associés. Cette structure feuilletée de la troposphère est importante. En effet, les théories actuelles de la circulation générale font trop abondamment recours aux mouvements verticaux à grande échelle à travers toute la troposphère. A l'aide des satellites météorologiques, il sera donc possible de mieux saisir la façon dont se fait la circulation verticale.

Effet des chaînes de montagnes

Les plages nuageuses associées aux tourbillons sont très souvent ondulées. Ces ondulations ne sont pas nécessairement d'origine orographique. Elles existent aussi bien au-dessus des océans que des continents. Les ondes orographiques n'ont pas toujours la même orientation que les ondes préexistantes.

Les images sembleraient montrer que les chaînes de montagnes n'ont pas une influence primaire sur la circulation générale, mais un rôle perturbateur secondaire, même dans le cas des Cordillières ou de l'Himalaya.

Un champ de recherches à la mesure de notre pays s'ouvre donc ici.

Phénomènes à l'échelle mésosynoptique

L'effet perturbateur d'une île est important. L'influence de l'île va de la dissolution complète de la couche nuageuse sur quelques centaines de kilomètres sous le vent, de largeur variable, à la formation d'une série de tourbillons de 50–70 km de diamètre.

Dans les régions des anticyclones semi-permanents, les nuages sont organisés en bandes. Les plages nuageuses qui s'y trouvent présentent une juxtaposition de polygones ressemblant aux cellules de Bénard obtenues en laboratoire. Parfois, ce sont les bords qui sont occupés par le nuage, le centre restant clair. Parfois, c'est l'inverse. Le passage du premier type au second, à l'intérieur d'une même plage, correspond à un élargissement des polygones.

Combinées aux observations faites par radar et au moyen des sferics, les informations reçues des satellites seront d'une grande utilité dans l'étude des lignes de grains. Les images ne présenteront pas nécessairement une vue de l'orage selon l'heure de la prise de vue, mais mettront

en évidence les associations nuageuses qui circulent en bordure des spirales et où ce phénomène se développe. Les images seront particulièrement appréciées dans notre pays où les Alpes compliquent le problème.

Influences de la surface terrestre

La structure nuageuse des spirales est différente au-dessus des océans et des continents. Sous l'influence du terrain, la traîne y est beaucoup plus marquée, masquant le plus souvent la forme de spirale. Il conviendra d'en tenir compte en utilisant ces informations en prévision.

Les courants marins ont également une influence sur les associations nuageuses. Par certaines situations, les courants froids côtiers sont surmontés d'une bande de ciel clair, la bordure des nuages au large épousant la forme de la côte.

De même, les deux aspects – mer couverte et terre claire, ou inversément – montrent combien complexes sont les échanges entre l'atmosphère et la surface terrestre.

Perspectives à long terme

Le projet SINAP (Satellite Input to Numerical Analysis and Prognosis) a pour objet l'utilisation directe, par les calculatrices électroniques, de l'information du satellite, que celle-ci soit une photographie ou une série de mesures du rayonnement. Les images reçues pourraient, par exemple, être rectifiées directement et transcrites en projection stéréographique sans passer par les photos originales.

Il sera possible, dans un proche avenir, de filmer l'évolution d'un cyclone tropical ou, partiellement, la circulation générale de la troposphère. A cet effet, les Etats-Unis prévoient la mise sur orbite de satellites synchrones, fixes au-dessus de l'équateur. L'équipement futur comportera également des appareils aptes à évaluer l'altitude et la température du sommet des nuages et de sonder l'atmosphère pour en connaître la répartition verticale de la température.

Ces quelques considérations montrent qu'il n'existe pas de problèmes propres aux satellites; ces derniers ont donné au météorologiste la possibilité d'étendre son champ de recherches, en lui révélant des phénomènes que les observations au sol ne lui permettaient pas de déceler.

3. R. SCHNEIDER (ISM, Zurich) – *La Veille météorologique mondiale et les transosondes (sondes à niveau constant).*

L'assemblée générale des Nations unies avait chargé en 1961 l'Organisation météorologique mondiale (OMM) de lui présenter un rapport devant notamment comprendre une étude complète sur les mesures propres:

a) à promouvoir la science et la technique atmosphériques, de manière à faire mieux connaître les forces physiques fondamentales affectant les

climats et à donner la possibilité de modifier à grande échelle les conditions atmosphériques;

b) à développer les moyens de prévision météorologique et à aider les Etats membres à employer efficacement ces moyens, grâce à des centres météorologiques régionaux.

C'est au cours de son élaboration qu'est né le concept de la *Veille météorologique mondiale (VMM)*, à savoir un système coopératif d'observation et de prévision météorologique à l'échelle du globe, destiné à aider les Services météorologiques du monde à assumer leurs responsabilités, sans que chacun d'eux doive effectuer tous les travaux nécessaires à cet effet.

Le système de rassemblement et de diffusion des données de base est indiqué schématiquement à la fig. 1. Nous commençons par les diverses sources d'observations météorologiques à l'échelle du globe: observations

RASSEMBLEMENT ET DIFFUSION DES DONNEES DE BASE NON TRAITEES

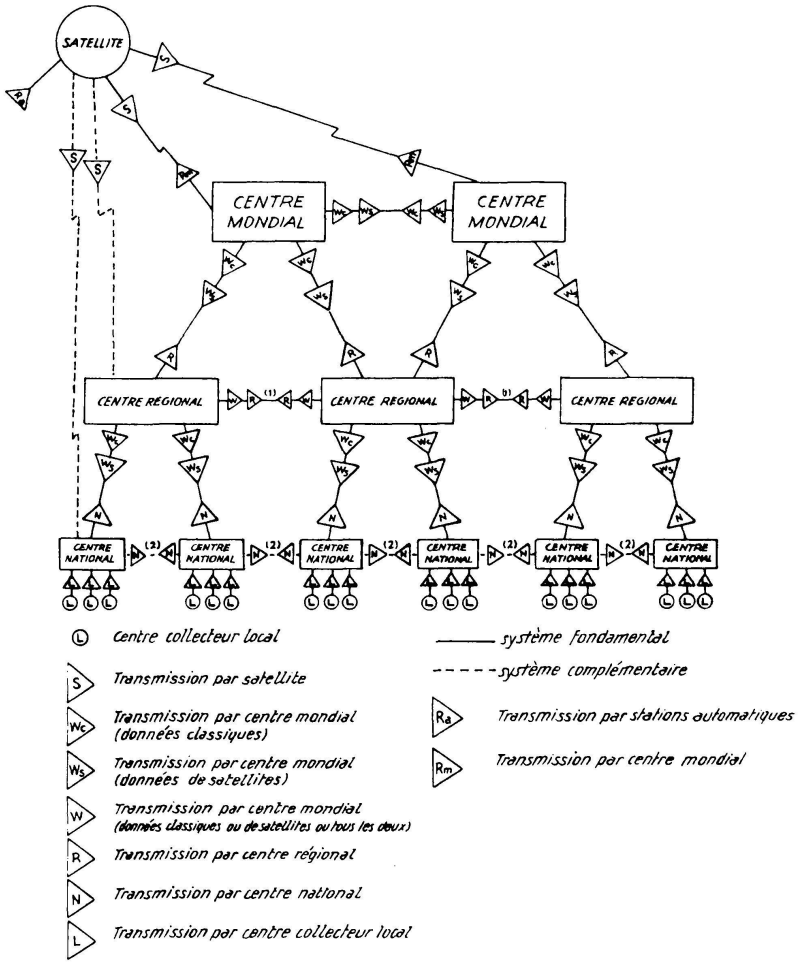


Fig. 1

de stations non automatiques et automatiques en surface, observations en altitude, données qu'il est prévu de transmettre aux Centres mondiaux par des satellites de communication. Un échantillon représentatif des données nécessaires pour déterminer les principales caractéristiques de l'image mondiale du temps est transmis aux Centres mondiaux. C'est là que les analyses et les cartes prévues à l'échelle du monde et des hémisphères sont élaborées. La fig. 2 représente schématiquement la préparation et la diffusion des données traitées. Nous voyons que les analyses et cartes prévues, préparées par les Centres mondiaux, servent à des fins climatologiques, ainsi qu'à la recherche, qu'elles sont transmises également aux Centres régionaux à titre de renseignements généraux. Chacun de ces Centres régionaux choisit parmi les observations mondiales recueillies quotidiennement celles dont il a besoin et prépare des analyses et des prévisions régionales à l'usage des Centres nationaux de la région. Ceux-ci peuvent recevoir, de plus, selon leurs besoins, les données qu'il leur faut pour compléter les cartes de base émises par les Centres mondiaux et régionaux et émettre des prévisions pour la zone dont ils sont responsables.

La mise en place de la Veille météorologique mondiale se fera graduellement selon le plan suivant:

1° jusqu'en 1967, mise en service progressive des Centres mondiaux, à savoir: Moscou, Washington et Melbourne;

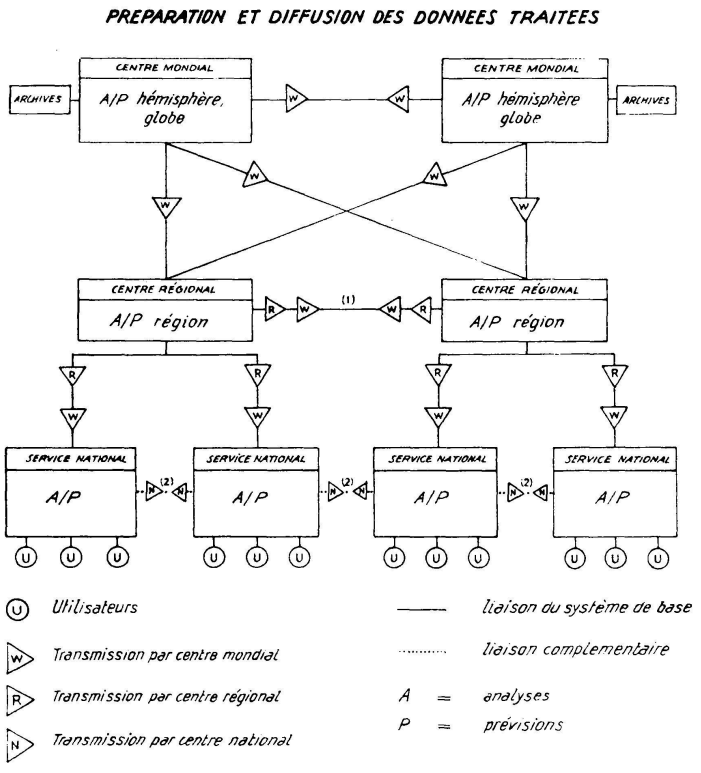


Fig. 2

2° préparation détaillée des plans, tant technique que financier, qui seront soumis au Congrès de l'OMM, pour discussion et approbation, au cours de sa session de 1967.

La grande nouveauté de la Veille météorologique mondiale, par rapport au système actuel de mesure et de diffusion des données météorologiques, consiste,

- d'une part, en la mise à disposition dans les plus brefs délais, à l'échelon du globe, des données d'observations brutes, sous une forme se prêtant à l'alimentation des calculatrices, à tout centre météorologique qui en fera la demande;
- d'autre part, en l'établissement d'un réseau complémentaire d'observations par stations automatiques fixes et mobiles (bouées, ballons, satellites) au-dessus des régions inhabitées du globe.

Il est indéniable, en effet, que la mesure et l'étude détaillées de certains éléments météorologiques au-dessus de ces régions sont indispensables pour parfaire les connaissances en matière de climat du globe et améliorer les prévisions émises par les centres météorologiques.

Le *ballon plafonnant* à niveau constant, auquel est suspendu une radiosonde, est constitué par un ballon inextensible surpressurisé, en un produit synthétique spécial, pratiquement inextensible, très résistant, non perméable. Le volume du ballon restant constant, ce dernier tend à se déplacer le long d'une surface à densité constante. Ses positions successives représentent, selon les travaux d'Angell du Weather Bureau, une très bonne approximation du mouvement à 3 dimensions d'une particule d'air, les déplacements verticaux ne semblant pas être perturbés par la force ascensionnelle propre du ballon.

Le problème de la détermination de la position du ballon est cependant de loin le plus compliqué et le plus délicat, si l'on veut mesurer avec une précision suffisante le vent en altitude. Au-dessus de ces immenses régions inhabitées, le repérage par radar ou par radiogoniométrie n'entre pas en ligne de compte. Aussi un système ne nécessitant qu'une seule station a-t-il été envisagé, le ballon flottant étant muni d'une cellule photo-sensible dont la résistance est fonction de l'intensité lumineuse, c'est-à-dire de la hauteur du soleil. Cette cellule est l'élément variable d'un oscillateur qui module un signal d'identification. A la station de réception, on peut mesurer le temps nécessaire à cette transmission, donc connaître la hauteur du soleil. Un second relevé effectué ultérieurement, au moins 1 h après, permettra de déterminer la position du ballon. Connaissant approximativement le mouvement de celui-ci et en effectuant de fréquentes observations, on estime pouvoir atteindre une précision de 50 km et déterminer ainsi le vent moyen.

Dans un avenir un peu plus éloigné, il est envisagé d'utiliser un satellite interrogateur qui permettra simultanément de

- localiser les stations mobiles avec précision, de déterminer leur dérive, et de

– recueillir et retransmettre les données mesurées par ces stations.

La mesure du temps de transit entre le départ d'un signal d'appel et la réception d'une réponse permet de déterminer la distance entre le satellite et le ballon interrogé. Le satellite peut appeler successivement près de 250 ballons en une centaine de secondes, de sorte que chaque ballon est interrogé au moins deux fois au cours d'un passage du satellite à bonne portée. Les deux mesures de distance successives, faites à 30 et 60 sec d'intervalle environ, permettraient de déterminer la position géographique du ballon avec une précision de l'ordre de 10 km, selon le projet.

Le premier système de repérage au moyen de la mesure de la hauteur du soleil fait actuellement l'objet d'une campagne de mise au point des Etats-Unis, dans le Pacifique, à partir de la Nouvelle-Zélande. Le second, dû à l'initiative de la France, devrait commencer à fonctionner à titre expérimental dès 1967.

En résumé, par la détermination des trajectoires d'un certain nombre de ballons plafonnant à niveau constant, on espère au cours de ces prochaines années parfaire les connaissances sur la circulation générale dans l'atmosphère, ce mode de faire n'étant cependant qu'une partie d'un système beaucoup plus complexe, la Veille météorologique mondiale, destiné à faire progresser les sciences atmosphériques.

BIBLIOGRAPHIE

Van Mieghem J.: Ciel et terre, 77–90 (1959).
Angell J.K.: Met. Mag., 37–48 (1963).

4. A. RIMA (Locarno-Muralto) – *Considerazioni sulla periodicità e probabilità nelle serie dei fenomeni naturali.*

Le successioni cronologiche, di valori medi annuali, dei fenomeni naturali ammettono le figurazioni seguenti (bibl. 5):

$$f(t) = A_0 + \sum_{i=1}^{n} A_i \sin \frac{2\pi}{T_i}(t+\alpha_i) \qquad (1)$$

dove A_i, T_i e α_i sono parametri presenti con variazioni specie per T_i (periodo), e A_i (ampiezza) in limiti prossimi a valori medi.

I valori giornalieri di ogni anno rappresentano un collettivo con attributo un valore medio [$f(t)$ della (1)] e la variabile aleatoria discreta X, la serie annuale dei valori X di probabilità $p\%$ è annotato con «serie di probabilità $Sp\%$».

Le successioni di ordine generale ($Sp\%$) per le probabilità scelte rispondono alla figurazione (2) (bibl. 4):

$$y(t)_{Sp\%} = y_m e^{z/a} + \sigma\, p\, e^{z/a} \sum_{i=1}^{n} k_i \sin \frac{2\pi \cdot t}{T_i} \cdot \cos \frac{2\pi \cdot t}{N_i} \qquad (2)$$

dove: α_i della (1) = 0

k_i = fattore di proporzionalità delle ampiezze (bibl. 3) costante per ogni $Sp\%$ calcolate per rapporto all'onda principale (periodicità di 11,2 anni), contenuta in ogni serie

σ = escursione massima della $Sp\%$ per $z = 0$ (riferito alla periodicità di 11,2 anni)

p = % dell'escursione massima (σ), attribuita a ogni periodicità che rimane costante per ogni $Sp\%$

y_m = ritenuta costante, il valore è per $z = 0$

$z = (P_{(z)}) = a \log x + b$
$= a \log (x + x_0) + b$

D'altra parte il valore originale (approssimato) $y(t)_{Sp\%}$ delle successioni $Sp\%$ è dato dalla sintesi delle onde medie (secondo termine) più l'asse medio (primo termine) nel modo della (2). A_0, della (1) e y_m della (2) prendono il valore di mediana e di media solo se la ripartizione è gaussiana.

Le diverse serie annuali, con il calcolo dell'analisi periodale (Vercelli-Labrouste), sono scomponibili in onde elementari medie del tipo di 2–3–4–5,6–11,2–(16)–22,4 anni oscillanti attorno ad un asse medio (y_m) ritenuto in prima approssimazione costante. I periodi (T_i) seguono con buona approssimazione la legge:

$$T_i = 2\sqrt{2}^{(i-1)} \text{ dove } (_i = 1...n)\ n = 9 \qquad (3)$$

(eventualmente da trascurare l'onda di 16 anni).

Ogni singola onda (di periodo T_i media) è il valore risultante dalla somma di onde con periodi prossimi tra di loro, da cui risulta l'effetto di modulazione d'ampiezza e variazioni di frequenza.

Tale formulazione vale per le serie meteorologiche e geofisiche e in particolare per quella dei deflussi, presa in esame (bibl. 7).

Essa vale pure nelle successioni composte da diversi elementi dello stesso ordine, appartenenti ad una serie base; ad esempio, la serie delle portate annuali di ogni singolo mese (composizione secondo il calendario) appartenente alla serie delle portate medie annue.

Infatti la media delle onde corrispondenti, calcolata con l'analisi periodale dei singoli componenti (mesi) dà l'onda della serie della media annua (bibl. 6).

Le relazioni di probabilità contenute nella (2) si riferiscono a:

$$W(\xi) = \frac{1}{2}[1 - \Phi(\xi)] \qquad (4)$$

dove $\Phi(\xi)$ può essere rappresentato con una qualsiasi legge (Galton, esponenziale, Goodrich, Gumbel, Jenkinson, Pearson, Halphen [bibl. 1], Grassberger).

Da noi considerata quella di Galton (3) ridotta agli schemi di Grassberger (bibl. 2), cioè:

$$P(z) \rightarrow W(\xi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\xi/\sqrt{2}} e^{-\zeta^2} d\xi \qquad (5)$$

dove $\xi = z$ per la (3) e la (5).

Dalla (2) e dalla (5) per successioni probabilistiche ($Sp\%$) per rapporto ai caratteri di valore medio (y_m), di escursione (σ), di dispersione (δ), di obliquità (v) secondo Grassberger si deduce:

1° I valori medi y_m (ritenuti costanti) nella successione cronologica delle $Sp\%$ variano di ragione probabilistica.

2° L'escursione massima σ di ogni serie varia secondo un fattore probabilistico, ciò è facilmente deducibile esaminando il secondo termine, sotto Σ, della (2) (fig. 1).

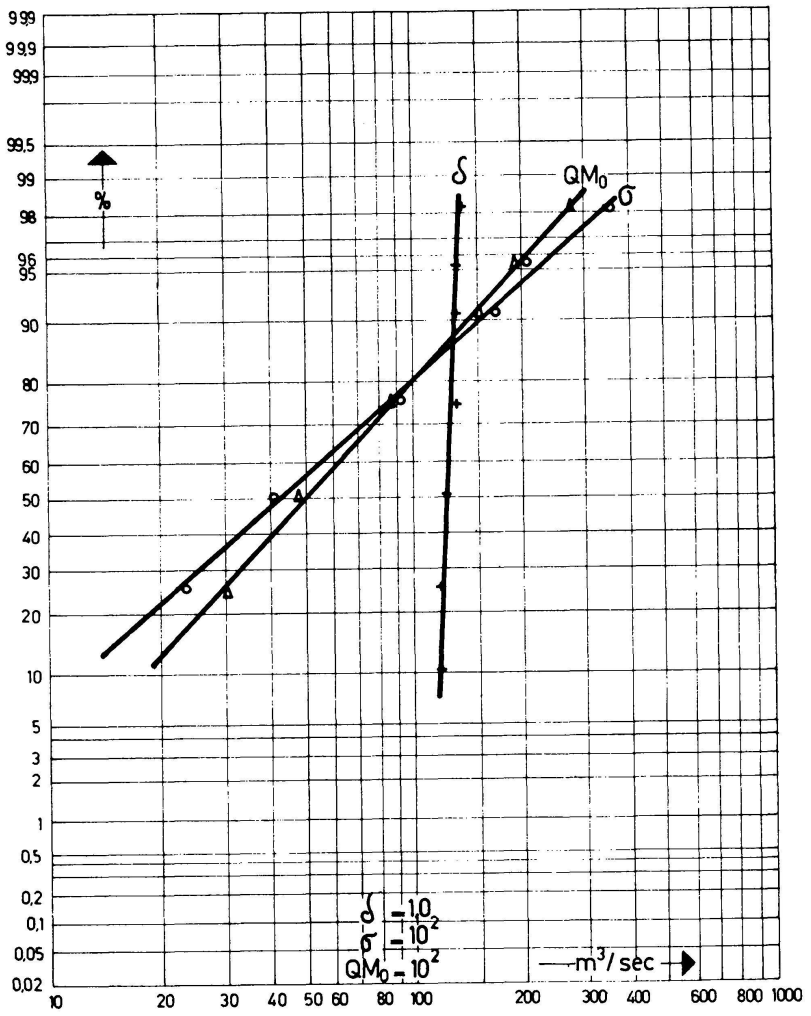


Figura 1

Serie dei deflussi del fiume Ticino a Bellinzona (1911–1956)
Curve di ripartizione per i parametri $y_m(QM_0)$, δ, σ secondo le serie di probabilità $Sp\%$ fu trascurata la $S_{90\%}$)

3° La dispersione δ dei valori ed il valore medio (y_m) stanno in rapporto costante per il fatto che il secondo termine della (2) dà il valore della dispersione (δ) e per ogni probabilità $Sp\%$ la Σ è costante (bibl. 7).

4° La correlazione (r) tra due serie di probabilità tende a 1, solo per valori probabilistici molto prossimi, negli altri casi è $\neq$ da 1, variando la dispersione probabilisticamente.

5° L'obliquità (γ) dedotta dalla (5), secondo Grassberger (bibl. 2) è costante per ogni serie di probabilità ($Sp\%$). Infatti dal calcolo (bibl. 7) per la serie delle portate del fiume Ticino a Bellinzona risulta oscillante irregolarmente attorno a 47,6% ($v+50\%$) senza i valori di I° ordine diventa 48,7% e senza quelli di II° ordine 49,4%, tendendo alla curva gaussiana, cioè $(v+50\%) \rightarrow 50\%$, ossia $v \rightarrow 0$.

Per lo studio delle ripartizioni è utile per ogni serie probabilistica, analizzare le tendenze delle curve senza il primo o l'ultimo termine (I° ordine) e trascurando il primo ed il secondo, l'ultimo ed il penultimo termine (II° ordine), a causa dei limiti d'incertezza, come sopra riportati.

Dall'analisi della serie dei deflussi del fiume Ticino a Bellinzona, presa quale «Test» per le successioni probabilistiche ($Sp\%$) 2–5–10–25–50–75–90%, secondo le condizioni poste da Grassberger, risulta che l'obliquità ($v+50\%$) oscilla tra $S_{2\%}$ e $S_{90\%}$ da 46,45% a 49,62% mentre 47,13% a 49,33% senza il I° ordine; da 48,97% a 49,00% senza il II° ordine; la serie delle medie annue senza il II° termine dà 49,08%.

I valori calcolati di δ, y_m, σ, corrispondono ai criteri ricavati teoricamente (fig.).

Tali analisi di controllo eseguite sulle portate del fiume Ticino dal 1911 al 1956 rappresentano un caso particolare delle serie descritte di un fenomeno naturale; l'applicazione è utile per la ricerca dei valori reali estremi, in tutte le serie cronologiche naturali, premessa la disponibilità di un certo numero di osservazioni.

BIBLIOGRAFIA

1. *Roche M.:* Hydrologie de surface. Gauthier-Villars Editeur, Paris 1963.
2. *Grassberger H.:* Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Hochwasserfragen. Dtsch.Wasserwirtsch. Nr.9 (1936).
3. *Rima A.:* Sui valori estremi delle serie cronologiche rappresentanti fenomeni naturali. Geofis. Meteorol. *X*, Nri. 3–4 (1962).
4. — Per una legge sulle periodicità delle serie cronologiche naturali. Atti del XII° Convegno Annuale della Associazione Geofisica Italiana, Roma, 23–24 novembre 1962.
5. — Sugli eventi estremi nell'idrologia con particolare riguardo alle portate di piena del fiume Ticino e sulle periodicità dei deflussi. Tesi n. 3204 del Politecnico Federale di Zurigo. Edizione Leemann SA, Zurigo 1963.
6. — Betrachtungen über die Periodizität der Abflüsse mit besonderer Rücksicht auf die jährlichen Serien der monatlichen Mittel des Tessinflusses in Bellinzona. Verhandlungen der 143.Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Sitten 1963.
7. — Sulle leggi di probabilità dei deflussi con particolare riguardo alla legge di Galton. Geofis. Meteorol. *XIV*, Nri. 3–4 (1965).

5. P. BOUVIER (Observatoire de Genève) – *Distribution des orbites dans un système stellaire sphérique.*

Il existe dans l'Univers cosmique des systèmes d'étoiles qui possèdent à un degré marqué une symétrie sphérique; ce sont notamment les amas stellaires globulaires qui peuplent le halo de la Galaxie, certains amas ouverts confinés dans le disque, les galaxies elliptiques E_0.

D'une façon générale, les systèmes sphériques présentent des distributions projetées très similaires, que l'on cherche à décrire à l'aide d'expressions analytiques appropriées et comportant en général trois paramètres (Lohmann 1964; King 1962). Ceux-ci sont reliés de manière indirecte au nombre total des membres du système, à l'énergie totale et à une mesure du rayon extérieur ou de l'extension spatiale du système.

En fait, l'extension spatiale est nécessairement finie et limitée par l'effet de marée dû à un champ extérieur; pour les amas globulaires, ce champ est celui de la Galaxie auquel pourra venir se superposer, pour les amas ouverts, l'action de nuages de matière diffuse, mise en évidence par Spitzer (1958) et indépendamment par nous-mêmes (1958).

Le grand rayon d'action de la force d'attraction gravitationnelle ne permet de définir avec précision la durée qui s'écoule entre deux rencontres successives que subit une étoile donnée avec d'autres étoiles du système; il est toutefois possible d'estimer un temps de relaxation des vitesses et par suite un équivalent du libre parcours moyen de la théorie des gaz. On trouve généralement des libres parcours atteignant ou dépassant même le rayon du système, ce qui rend caduque l'analogie d'un amas d'étoiles avec une bulle de gaz. Ce sera dans la région centrale du système, qui est la plus dense, que l'effet des rencontres est notable. Si donc l'appoint d'énergie est assez élevé, l'étoile sera capable d'aller au-delà du rayon extérieur du système, dans une zone où elle subira l'action prépondérante de forces étrangères au système. Les effets de marée évoqués plus haut, responsables de la limitation spatiale d'un amas, provoquent du même coup sa désagrégation en activant l'évaporation. L'amas verra donc décroître lentement sa masse totale, son énergie totale et son rayon extérieur; on pourrait songer à décrire l'évolution à l'aide d'une séquence linéaire (au sens de Poincaré) d'états stationnaires, mais la réalité est plus complexe, il faudra distinguer plusieurs régions dans l'amas, évoluant différemment les unes des autres (v. Hœrner 1957, Michie 1963, Hénon 1961, Agekyan 1963).

Les amas stellaires se sont formés (excepté les amas ouverts jeunes) en un temps très court comparé à leur âge; immédiatement après ce stade de formation, le mélange dynamique des orbites joint aux inhomogénéités du champ gravitationnel a conduit à l'établissement d'une loi de densité qui ne semble guère s'être modifiée au cours de l'évolution subséquente. L'effet des rencontres ne se faisant sentir que plus tard (Hénon 1964), il régnera donc pendant quelque temps un état stationnaire du système caractérisé par un ensemble d'orbites indépendantes les unes des autres et dont la fonction de distribution est calculable, pour un amas à symétrie sphérique, en partant de la loi de densité observé. Si on ne

se limite pas au cas particulier où la distribution des vitesses est isotrope, on parvient à mettre en évidence, correspondant à une loi de densité déterminée, tout un ensemble de distributions qu'on pourra classer selon leur degré d'anisotropie (Bouvier 1964, Veltmann 1964).

BIBLIOGRAPHIE

Agekyan T.A.: Sov.Astron. v. *7*, 243 (1963).
Bouvier P.: Publ.Obs.Genève, sér.A, n° 56 (1958).
— ibid., sér. A, n° 69, 133 (1964).
Hénon M.: Ann.d'Ap. *24*, 369 (1961).
v. Hœrner S.: Ap.J. *125*, 451 (1957).
King I.R.: A.J. *67*, 471 (1963).
Lohmann W.: Z.f.A. *60*, 43 (1964).
Michie R.: M.N.R.A.S. *126*, 269 (1963).
Spitzer L.: Ap.J. *127*, 17 (1958).
Veltmann U.I.: Tartu Astr.Obs.Publ. *34*, 99 (1964).

6. F. BAATARD (Lausanne) – *Influence du relief sur la turbulence atmosphérique (approche théorique).*

Le relief, en particulier celui très complexe de la Suisse, conditionne la nature et l'évolution de la turbulence atmosphérique. Cette dernière à son tour est la source de la dispersion et de la diffusion turbulente des aérosols dont les retombées se calculent par la théorie de Sutton valable pour un terrain plat et un vent constant en direction et en intensité; dans ce dernier cas, des études ont été entreprises par Lumley et Panofsky (USA), Monin et Obukhov (URSS); celles qui viennent de l'être en Suisse conjointement par l'ISM et l'EPUL au sein d'un groupe de travail se baseront sur les résultats expérimentaux fournis par l'appareil «σ-mètre» dont il est question dans la seconde partie de cette communication.

Marche à suivre pour la mise en place des calculs à partir des mesures «σ-mètre»

Nous indiquons ici la procédure de calcul à partir des données fournies par le «σ-mètre» et les incidences que cette nouvelle manière, expérimentale et théorique, de faire, ont sur la théorie de Sutton qui est à adapter à un terrain accidenté, un vent variable et au cas où ce dernier est fréquemment quasi nul en Suisse.

1° Un terrain accidenté introduit des points singuliers: puits, sources, points d'arrêt, etc.

2° Le «σ-mètre» fournit les écarts-types σ_θ, σ_n des positions angulaires θ et de l'intensité du vecteur vent u. Le traitement du problème du spectre est dès lors purement statistique, l'introduction de gradients peut être évitée, ainsi que toute hypothèse relative à une validité de la loi de von Karman de la répartition logarithmique des vitesses dans la couche limite atmosphérique.

3° L'origine du trièdre de référence Oxyz est placée au point de pivotement du «σ-mètre», Oyz étant horizontal ou confondu avec le plan tangent au sommet d'une aspérite ou d'une dépression du terrain.

4° Les parties purement aléatoires des variables θ_x, θ_y et u sont reliées à leurs moments des divers ordres par l'intermédiaire de la période Δt[1] de mesures choisies; Δt[1] fixe aussi à l'échelle temporelle de la turbulence, immédiatement reliée à l'échelle spatiale par σu ou u' lui-même:

$$\bar{u}' = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-\frac{\Delta t}{2}}^{t+\frac{\Delta t}{2}} u' \cdot \mathrm{d}t \tag{1}$$

5° (1) permet de constituer les diverses composantes du tenseur des tensions de Reynolds $\tau_{i,k} = -\overline{\varrho u_i' u_k'}$ ainsi que celles du tenseur des corrélations de von Karman, ce qui permettra sans doute de constater l'anisotropie et l'hétérogénéité de la turbulence (contrairement à celle de la théorie de Sutton).

6° Dans le plan Oxy, on peut alors effectuer la composition

$$\vec{\tau} = \vec{i}\,\tau_x + \vec{\gamma}\,\tau_y \tag{2}$$

qui fournit la *contrainte superficielle due à la rugosité du sol*; il en résultera des valeurs numériques fonctions de l'état physique et de la nature des sols examinés.

7° Les opérations 2 à 6 peuvent être répétées à diverses altitudes selon Oz, ainsi il sera possible de déterminer si la loi de von Karman de répartition logarithmique des vitesses est valable selon Oz, sinon dans quelles tranches on peut la considérer valable; elle s'écrit:

$$\bar{u} = \frac{\vec{\tau}}{a} \ln \frac{z+z_0}{z_0} \tag{3}$$

où z_0 = longueur de rugosité et a = constante (déterminée par calcul lors de la campagne de Payerne).

8° $\vec{\tau}$ et $\vec{u}$ ayant les mêmes directions, le «σ-mètre» introduisant d'autre part les écarts-types de ces grandeurs, il en résultera expérimentalement les longueurs de mélange correspondantes, donc les composantes numériques des coefficients d'échanges turbulents C_x et C_y de la théorie de Sutton.

9° Comme la fonction de corrélation $R_{i,j}$ est une intégrale de Fourier inverse de Fourier de la fonction spectrale, cette dernière pourra être reconstituée à la suite des mesures «σ-mètre».

[1] Δt = «sampling time»; Δt peut varier de 1 à 10 minutes, où jusqu'à un mois, selon la dimension de la particule à examiner; Δt fixe l'échelle temporelle de la turbulence, puis spatiale par $\bar{u}'$ ou σu.

10° La fonction spectrale $F(n)$ de la turbulence introduit comme longueur de corrélation la distance PP' de 2 points de mesures pris sur l'axe Oz dans notre cas, et telle que la loi de Taylor de la décroissance de la turbulence y soit vérifiée: $\vec{r} = \vec{\bar{u}} \cdot t = \overrightarrow{PP'}$; la fréquence temporelle n est reliée aux nombres d'ondes k des tourbillons par $k \cdot \bar{u} = 2\pi n$. La formule fondamentale reliant la fonction spectrale F et celle f de corrélation suivant PP' est:

$$F(n) = \frac{4\bar{u}'^2}{\bar{u}} \int_0^\infty f(r) \cos \frac{2\pi n r}{\bar{u}} \, dr \qquad (4)$$

11° L'emploi simultané de 2 ou plusieurs «σ-mètres» permettra d'examiner les corrélations spatio-temporelles d'un réseau Lagrangien, situé dans le cadre de cette étude, sur un terrain de 1 km^2 avoisinant la station aérologique de Payerne.

Conclusions

Les calculs ainsi basés sur la seule considération des mesures du «σ-mètre», c'est-à-dire à partir des variables aléatoires u et θ permettront une appréciation complète des divers spectres (4) de turbulence locaux et en plus, la recherche des conditions d'optimalisation de la fonction F suivant la distance PP', ce qui permettra également de savoir si et dans quel domaine les lois d'évolution de la turbulence, de décroissance notamment, sont vérifiées, sinon modifiées, par rapport à celles du laboratoire.

7. A. JUNOD (Payerne) – *Influence du relief sur le spectre de la turbulence atmosphérique: approche expérimentale.*

Dans l'approche théorique de cette communication, l'on a indiqué les bases de calcul permettant de décrire complètement les spectres locaux de la turbulence atmosphérique au moyen des écarts-type $\sigma_{\theta x}$, $\sigma_{\theta y}$ et σ_u des composantes du vecteur vent. De plus, l'on a mis en valeur l'importance des propriétés spectrales du vent turbulent dans la construction des équations de diffusion atmosphérique.

Nous retiendrons, pour aborder l'étude expérimentale des spectres de turbulence atmosphérique, l'équation fondamentale

$$F(n) = 4 \int_0^\infty R(t) \cos 2\pi n t \, dt \qquad (1)$$

reliant la fonction spectrale $F(n)$ à la fonction d'autocorrélation $R(t)$. Si l'on suppose, avec Taylor, que le régime turbulent est stationnaire

$$R(x) = R(t) \text{ lorsque } x = ut. \qquad (2)$$

Le «σ-mètre» est justement un appareil qui permet de construire les fonctions $R(t)$ ou $R(x)$, donc aussi $F(n)$. Mais avant de décrire avec

quelque détail son mode de fonctionnement, il convient d'examiner rapidement les différentes méthodes par lesquelles une série de mesures peut être représentée par un spectre:

a) Analyse harmonique classique: l'on recherche les coefficients de Fourier $I_1(n)$ et $I_2(n)$ de la fonction mesurée écrite sous forme d'une intégrale de Fourier, par exemple

$$u'(t) = 2\pi \int_0^\infty [I_1(n) \cos 2\pi n t + I_2(n) \sin 2\pi n t] \, dn \tag{3}$$

b) Techniques de filtrage numérique: elles consistent à appliquer différentes «périodes d'égalisation» (averaging time) à la série d'observations. La différence de variance résultant de deux périodes d'égalisation différentes définit une fenêtre spectrale.

c) Usage de filtres électriques: convertie en un signal électrique analogue, la grandeur mesurée est conduite à un système de filtres électriques accordés sur les fréquences recherchées.

d) Application de la transformation de Fourier (*1*) aux corrélogrammes $R(t)$ ou $R(x)$ de la série de mesures. C'est cette dernière méthode qu'il faut mettre en œuvre lorsqu'on dispose d'un σ-mètre.

Alors que les méthodes (a) et (b) exigent des calculs laborieux, le procédé (c) apparaît particulièrement rapide car il consiste en manipulations instrumentales simples en principe. Cependant, comme une part importante des spectres de turbulence atmosphérique est fortement représentée dans les très basses fréquences ($n<0{,}01$ Hz), la réalisation difficile de filtres passe-bande étroits centrés sur ces fréquences amène des obstacles sérieux à l'emploi de la méthode (c).

La détermination expérimentale de grandeurs statistiques telles que la variance σ^2 – que ce soit par le σ-mètre ou par une méthode indirecte – est affectée par l'intervention inévitable de la «durée de prélèvement» Δt (sampling time) et de la «période d'égalisation» s (averaging time) du système de mesures. Considérons, pour fixer les idées, l'analyse des variations d'une vitesse turbulente $u'(t)$ en un point fixe. L'on suppose, par souci de généralité, que toutes les fréquences sont représentées dans le spectre, ce qui signifie que des tourbillons de toutes tailles existent dans l'écoulement. Dans ce cas, la description complète du spectre exigerait que l'on étende la durée de prélèvement à l'infini et que la réponse du système de mesures soit instantanée (période d'égalisation nulle). Comme en réalité Δt et s sont finis, il faut tenir compte des relations entre la variance idéale $\sigma^2_{\infty,0}$ correspondant à $\Delta t \to \infty$ et $s = 0$ et les variances expérimentales

$$\sigma^2_{\infty,s} = \sigma^2_{\infty,0} \int_0^\infty F(n) \frac{\sin^2 \pi n s}{(\pi n s)^2} \, dn \tag{4}$$

et

$$\sigma^2_{\Delta t,0} = \sigma^2_{\infty,0} \int_0^\infty F(n) \left[1 - \frac{\sin^2 \pi n \Delta t}{(\pi n \Delta t)^2}\right] dn \tag{5}$$

Pratiquement, les variances expérimentales diffèrent de moins de 1% de la variance idéale lorsque $n<0{,}1/\text{s}$, respectivement $n>10/\Delta t$.

Le système de mesures prévu dans le programme de recherches communes EPUL–ISM à la Station aérologique de Payerne comporte initialement une seule installation «VectorVane-σ-mètre» relevant en continu les composantes $\theta_x=\overline{\theta}_x+\theta'_x$, $\theta_y=\overline{\theta}_y+\theta'_y$ et $u=\overline{u}+u'$ du vecteur vent en un point fixe à quelques mètres du sol. Le récepteur combiné VectorVane consiste en une girouette bidirectionnelle très sensible montée sur le même axe qu'une hélice anémométrique à vitesse de réponse assortie. Les distances de réponse n'excèdent pas 1 m (en chemin du vent), ce qui doit permettre une exploration étendue du spectre de la turbulence atmosphérique.

Transformées en tensions électriques analogues, les grandeurs mesurées sont introduites dans le σ-mètre proprement dit qui effectue, de manière analogique, le calcul des écarts-type $\sigma_{\theta x}$, $\sigma_{\theta y}$ et σ_u pour la durée de prélèvement choisie ($\Delta t = 180$, 30 ou 5 sec). Au lieu de livrer directement les θ_x, θ_y et u au σ-mètre, l'on peut aussi enregistrer ces grandeurs sur bande magnétique et procéder en différé à l'extraction instrumentale de leurs écarts-type, ce qui élargit considérablement le choix des durées de prélèvements.

A ce stade des investigations, il sera possible de construire la fonction spectrale $F(n)$ à partir des autocorrélogrammes $R(t)$ et d'étudier les modifications du spectre strictement local d'une part suivant les situations météorologiques, d'autre part selon des variations artificielles des conditions aérodynamiques de l'écoulement (simulation du relief).

Au cours de futurs développements, il est prévu d'installer un système de mesures VectorVane à chacun des nœuds d'un réseau tridimensionnel. L'étude expérimentale permettra alors de mettre à l'épreuve des hypothèses aussi importantes que celle de Taylor (2), ou que celles de l'homogénéité et de l'isotropie du champ turbulent. Connaissant l'étendue spatio-temporelle des domaines où ces hypothèses sont vérifiées, l'on peut entreprendre la construction des modèles mathématiques les plus appropriés pour rendre compte des processus de diffusion turbulente dans l'atmosphère.

8. N. OULIANOFF (Lausanne) – *Divers effets sur les sédiments marins de l'orchestre des vibrations affectant la croûte terrestre.*

En 1958 j'ai eu l'occasion de présenter, à la séance annuelle de notre Société, quelques considérations concernant les effets produits sur le matériel terrigène des sédiments marins par la vibration de la croûte terrestre. Ce dernier facteur est, à mon avis, d'une grande importance pour la regénération, sous forme de roches sédimentaires des produits d'altération, de désagrégation et d'érosion des roches des continents.

Les cours d'eau poussent ces produits vers les océans, où ils sont encore transportés par les courants des fleuves qui continuent par inertie jusqu'à ce que la force vive de ces derniers ne disparaisse définitivement.

Le matériel terrigène se trouve à l'état meuble sous forme de particules de diverses grandeurs dispersées dans l'eau. Leur densité étant sensiblement supérieure à celle de l'eau (même de l'eau salée des océans), elles se déposent peu à peu sur le fond océanique. L'évolution de ce matériel meuble jusqu'à sa transformation en une roche solide caractérisée par la cohésion ferme des particules exige le passage par diverses étapes. En gros, elles sont les suivantes:

1° Transport du matériel jusqu'à l'endroit où il s'accumulera et restera au repos, stabilisé;
2° Compaction, commencement de durcissement du dépôt sédimentaire et formation de poches d'eau fossile;
3° Classement dégradé du matériel hétérogène en zones successives composées des particules plus ou moins homogènes au point de vue granulométrique (granoclassement);
4° éventuellement plissotement du matériel;
5° éventuellement formation de plis sur la partie superficielle de la couche du sédiment (ripple marks);
6° cimentation (recollage, recristallisation) des particules jusqu'alors restées individualisées;
7° fissuration éventuelle des couches de roches sédimentaires.

Les phénomènes indiqués sous tous ces points, excepté le point 6 (cimentation), exigent, pour leur réalisation, l'intervention de facteurs de nature physique, et essentiellement de facteurs mécaniques. Ils ne sont pas nombreux ces facteurs que les sédimentologistes évoquent en cherchant l'explication des phénomènes correspondants. On a recours à la pesanteur, aux courants sous-marins, et, ces dernières 15 années, aux «courants dits de turbidité». La pesanteur est un facteur universel. Pourtant l'efficacité de son action sur les dépôts sédimentaires n'est pas estimée par tous au même titre. Les courants sous-marins qui nous intéressent sont essentiellement ceux qui excercent leur influence directement sur les fonds océaniques. L'existence même de ces courants (sauf de rares exceptions) et surtout l'universalité de leur extension est sujette à caution. Dès sa mise en circulation, l'hypothèse des «courants de turbidité» a été, adoptée largement avec enthousiasme et – disons le franchement – sans critique suffisante. De nombreux auteurs ont accepté cette hypothèse lui prêtant la qualité de clef passe-partout. Ces dernières années seulement commencent à paraître des publications comportant des objections et des critiques de cette hypothèse. (J'attire en particulier l'attention sur la publication de J. V. Arkhipov, 1965.) L'auteur principal de cette hypothèse (Ph. Kuenen) donne la description suivante (imaginée) de la naissance des «courants de turbidité»: «Des dépôts sableux et argileux non cimentés s'accumulent au bord de la plate-forme continentale et sur les fronts de deltas. Sous l'action de séisme ou parce que la limite d'adhérence de ces dépôts est atteinte, il se produit dans leur masse et contre le talus continental de vastes glissements qui provoquent des courants turbulents brassant une énorme masse de particules sableuses et argi-

leuses. Ces «courants de turbidité», très mobiles, obéissent à la gravité, même alors que l'inclinaison des pentes sous-marines devient très faible. Ainsi portent-ils jusqu'aux points bas du bassin un nuage de matériaux en suspension» (Kuenen, Faure-Muret, Lanteaume et Fallot, 1957).

D'après Kuenen, ces courants de turbidité sont capables de produire d'innombrables effets. Kuenen relève ces effets en examinant les roches sédimentaires et dans son récent article (Kuenen 1964) en présente l'énumération comprenant 27 points. On constate que les phénomènes mentionnés sous ces points, connus depuis longtemps par les stratigraphes et les pétrographes, caractérisent diverses roches sédimentaires en général. Mais pour les «turbidistes[1]» leur présence dans un échantillon examiné permet d'établir l'origine du phénomène et oblige déjà à conclure, que la roche en question est formée par l'action des «courants de turbidité». On rencontre souvent chez les «turbidistes» l'emploi du raisonnement suivant: tel échantillon de roche sédimentaire présente un effet de granoclassement, donc cette roche est formée par le courant de turbidité.

Cependant, un lecteur objectif se demande, tout naturellement: A-t-on vu et combien fréquemment les courants de turbidité en activité dans la nature? Les «turbidistes» répondent en donnant toujours le même exemple de la rupture des cables télégraphiques par le prétendu courant de turbidité s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètres au large de Newfoundland (Grand Banks) (en 1929). Cette affirmation est cité toujours (Kuenen 1964) comme un argument irréfutable.

Les «turbidistes» considèrent que le granoclassement dans une roche sédimentaire donnée représente un argument majeur pour classer cette roche dans la catégorie des «turbidites», soit des roches dont la formation résulte de l'activité des «courants de turbidité». Or, l'analyse attentive du mécanisme du granoclassement par les courants pose des questions vraiment troublantes. Après une impulsion qui est à l'origine de sa naissance, chaque courant dans l'océan se propage dans une masse d'eau en s'y étalant comme une nappe de plus en plus large. Toutefois, en avançant il perd continuellement sa force vive jusqu'à évanouissement total. Avec la diminution de son impétuosité initiale il précipite sur le fond marin le matériel charrié, le plus gros pour commencer. Le fin sera précipité plus loin au fur et à mesure de la perte de vitesse du courant. Il s'agit donc là du granoclassement classique avec la succession *horizontale* des zones de plus en plus fines granulométriquement. Si le courant dépose le matériel granulométriquement *inhomogène*, ce dernier restera comme tel après l'affaiblissement et l'évanouissement du courant. On constate bien entendu les cas de granoclassement *vertical* dans certaines *places particulières* des torrents, des rivières (et dans les baquets des essais au laboratoire). Il s'agit alors des pièges où le courant se transforme en tourbillons qui laissent la sédimentation se produire sur la même aire

[1] Je me permets d'introduire ce néologisme – «turbidiste» – pour abréger la longue expression: «partisan de l'hypothèse attribuant le rôle essentiel aux courants de turbidité, dans l'évolution des sédiments marins terrigènes».

limitée, et ceci en commençant par le matériel grossier et en précipitant le fin au fur et à mesure de l'affaiblissement du courant. Mais ce ne sont pas là les conditions qui permettraient la formation de vastes nappes des sédiments *granoclassés* homogénément.

On s'étonne alors, qu'à côté de la fabuleuse fortune des «courants de turbidité» *hypothétiques*, le facteur mécanique réel qui est la *vibration perpétuelle de la croûte terrestre*, reste complètement hors de l'attention des géologues.

Dans chaque région de la Terre et à chaque moment la croûte terrestre est soumise à une vibration, qui résulte de la superposition, de l'intégration des diverses vibrations partielles agissant sur la Terre, tel les tremblements de terre, les grandes tempêtes, les tsunamis, les microséismes, etc.

Voyons quelques exemples de l'intervention de ce frémissement de la croûte terrestre dans l'évolution des sédiments marins. J'ai déjà exposé le phénomène de *granoclassement produit par la vibration*, de même que le *transport des sédiments* (Oulianoff 1958, a, b) et je n'y reviendrai plus ici.

Parmi les stades de l'évolution de la diagenèse des sédiments marins, la compaction vient à la première place. Elle détermine l'amorce et puis la marche de toutes les réactions chimiques et physico-chimiques qui se déroulent dans la roche sédimentaire en voie de lapidification. Le *facteur essentiel de la compaction est la vibration perpétuelle et complexe de la croûte terrestre*. Ce facteur est secondé, avec une efficacité beaucoup plus faible, par la gravité. Pendant la vibration les particules sont plus mobiles, plus libres, moins gênées par leurs voisins. Par conséquent, elles suivent l'appel de la gravité. Cependant, si l'amplitude de la vibration s'atténue fortement, la gravité seule ne produit plus qu'un tassement incomplet.

Les recherches océanographiques de ces dernières années ont fait d'importants progrès. On a réussi à prélever de nombreux échantillons de roches et de sédiments des fonds océaniques. De même, les photographies du fond marin aux grandes profondeurs s'accumulent rapidement.

Plusieurs constatations ont été faites de l'existence des ripple marks sur la surface des sédiments marins. La conclusion de certains auteurs à ce sujet a été immédiate: ces ripple marks prouvent avec *évidence* (?) l'existence des courants balayant les fonds marins (Heezen 1964). Cette *évidence* est nettement exagérée et prématurée. L'auteur est parti de la prémisse mal fondée, que les ripple marks sont produites uniquement par les courants. J'ai pu montrer au laboratoire que des ripple marks très bien formées peuvent être produites par les coups imitant les séismes. Et ensuite, ce qui est très important, les ripple marks ainsi produites (par les séismes) peuvent être conservées dans la nature et peuvent donc passer à l'état fossile, tandis que les ripple marks formées par un courant sont éphémères. J'ai consacré à ce problème quelques publications auxquelles je renvoie le lecteur qui s'y intéresse (Oulianoff 1961, c, d, e).

Les ripple marks, phénomène superficiel, mettent à l'épreuve uniquement une épaisseur faible près de la surface de la couche des sédiments,

donc un niveau encore meuble. Si les sédiments reçoivent des chocs séismiques d'une plus grande importance, ces derniers peuvent froisser non seulement la surface. La vibration pénétrera aussi dans une certaine épaisseur de la couche sédimentaire, dans les niveaux qui sont déjà en voie de devenir compacts. Ces sédiments seront alors plissotés. J'ai reproduit au laboratoire les effets des «chocs séismiques» sur les sédiments. Les variantes dépendent naturellement de divers facteurs en jeux (granulométrie, composition et hétérogénie minéralogique, direction du vecteur du choc séismique, etc.). Comme la masse des sédiments est déjà plus ou moins consolidée, le plissotement ainsi produit restera conservé dans le sédiment durcissant et sera, plus tard, lapidifié. Des complications peuvent se produire encore dans les cas où la couche des sédiments est granoclassée tout en étant hétérogène minéralogiquement. Alors la vibration provenant des chocs séismiques parcourra les divers niveaux avec des vitesses et des amplitudes d'ondes différentes pour chaque niveau, ce qui compliquera la *géométrie de ce plissotement*. On sait que les microplis dans les masses rocheuses peuvent être produits également par les efforts tectoniques. Toutefois, il y a une différence notable entre la nature de ces deux cas. Le matériel dans les couches sédimentaires, étant *semi-durci*, il conserve encore une plasticité considérable. Par contre, les efforts tectoniques s'exercent sur les roches pour la plupart tout à fait rigides. Cette différence se marque particulièrement sur le caractère des charnières des plis. Si le matériel est rigide, les plis se réalisent par l'apparition d'une multitude de *fissures radiales* à l'endroit des charnières. Le matériel plastique conditionne la formation *sans fissuration* des charnières des plis.

Je m'arrête sur ces quelques exemples. Ils suffisent à faire saisir *l'immense importance du rôle qui revient aux vibrations de la croûte terrestre dans l'évolution des sédiments marins se transformant peu à peu en roches sédimentaires.*

PUBLICATIONS CITÉES

Arkhipov J.V.: On the one hypothesis of the flysch's origin. Bull. of the Moscow Soc. Natural. Geolog. Series *XL* (3), 82–92 (1965).

Kuenen Ph.H., Faure-Muret A., Lanteaume M. et *Fallot P.:* Observations sur les Flyschs des Alpes maritimes françaises et italiennes. Bull. Soc. géol. France (6), 7, 11–26 (1952).

Kuenen Ph.H.: Deep-Sea sands and ancient turbidites. Developm. Sedimentol. *3*, 3–33 (1964).

Oulianoff N. (a): Sédimentologie et géophysique. C.R. Ac. Sci. 247, 313 (1958).

— (b): Effet des vibrations expérimentales sur la sédimentation. C.R. Ac. Sci. 247, 2404 (1958).

— (c): Rides sur les fonds océaniques et courants sous-marins. C.R. Ac. Sci. 253, 507 (1961).

— (d): Rides sous-marines. Bull. Lab. géol. Lausanne, N130 (1961).

— (e): Problème de ripple marks croisées et leur fossilisation. Eclogae geol. Helv. 54, 499 (1961).

9. EMIL FLACH (Davos) – *Die geographische Verteilung der Sonnenscheindauer in der Schweiz.*

Die klimatologische, speziell auch die landschaftsgeographische Darstellung der Sonnenscheindauer stellt keine neuzeitliche Forderung der einschlägigen Wissenschaftszweige dar. Sie ist so alt wie die Erkenntnis, dass lokale, regionale und globale Differenzierungen in den natürlichen Einkünften an Licht und Wärme existieren. Ihre direkten und indirekten Einflüsse auf die Vorgänge im Luftmeer, insbesondere auch auf Leben und Entwicklung aller organischer Existenzen sind dabei Gegenstand der Forschung und Anwendungsziel zahlreicher praktischer Interessengebiete (Bioklimatologie, Agrar- und Forstwissenschaften u.a.). Wie vielerorts, so wurden für diese Zwecke auch in der Schweiz Untersuchungen über das Verhalten der Sonnenscheindauer angestellt.

Die instrumentelle Erfassung dieses Elements, die fast überall mit dem Sonnenscheinautographen nach Campbell-Stokes erfolgt, hat während der letzten 100 Jahre in aller Welt grosse Verbreitung gefunden. Trotzdem sind die Beobachtungsnetze oft noch lückenhaft. So bedarf es für eine detaillierte Beschreibung der Sonnenscheinverhältnisse auch heute der Verwendung von reduzierten Werten, die auf dem Weg über Beobachtungen des geschätzten Bedeckungsgrades zugänglich sind. Die bekannten, jahreszeitlich variierenden Beziehungen zwischen Sonnenscheindauer und Bedeckungsgrad dienen dabei als wertvolle Hilfe.

Im Rahmen der Darstellungsmethoden spielt die Grösse der «Relativen Sonnenscheindauer» (RS in %) als des Verhältnisses zwischen der tatsächlich beobachteten Sonnenscheindauer und der für den betreffenden Ort effektiv möglichen Sonnenscheindauer die Hauptrolle; letztere hat die Kenntnis des Verlaufs des natürlichen Horizonts zur Voraussetzung. Die relative Sonnenscheindauer charakterisiert somit den durch die Bewölkung bedingten Wandel im Umfang der Einstrahlungsverhältnisse.

Als Ausgangspunkt für einen Regionalvergleich der RS ist eine Darstellung ihres mittleren Jahresganges nützlich. In den Verlaufsbildern für Zürich (569 m), Bad Ragaz (510 m) und Davos (1590 m) ist bemerkenswert, dass nicht stets die Höhenlage eines Ortes allein für Sonnenscheinreichtum oder -armut ausschlaggebend ist. Dies kommt gleichermassen im Sommer- und Winterhalbjahr zum Ausdruck. Im ersteren Fall bestehen gegenseitig nur geringfügige Differenzen (bis zu RS-Werten von 15%), im letzteren sind sie sehr weitgreifend (bis zu 30% RS), jedoch offensichtlich nicht systematischer Art. Bemerkenswert ist nämlich die Tatsache, dass Zürich als Vertreterin des schweizerischen Mittellandes im Sonnenscheingenuss während des Winters stark beeinträchtigt wird (Dezember 15% RS), andererseits zu derselben Zeit die Tallage von Bad Ragaz in noch etwas geringerer Seehöhe das Doppelte an Sonnenschein verbuchen kann. In der alpinen Hochtallage von Davos schliesslich sind die jahreszeitlichen Unterschiede durchgehend sehr gering. Die RS-Werte halten sich dabei nahe dem Jahresmittel um 49%; damit sind sie im Winter vergleichsweise die höchsten.

Eine zusammenhängende Klärung dieser Sachverhalte gibt die Regionalverteilung der RS im Gesamtgebiet der Schweiz, aufgezeigt an den Jahreszeitenbeispielen des Winters (November–Januar) und des Hochsommers (Juli–August). Die Abstufung der RS-Werte in den topographischen Landeskarten erfolgte durch Isohelien von 5 zu 5% RS. Diese Methode lässt auch eine Berücksichtigung der durch die Orographie gesteuerten Einflüsse auf die Verteilung der Sonnenscheindauer zu. Für die Bearbeitung der Sonnenscheindauer-Karten standen rund 5 Dutzend Heliographen- und ebensoviel Bewölkungsbeobachtungsstationen zur Verfügung.

Wie die Erfahrung lehrt, ist das schweizerische Mittelland im Winter in seinem Sonnenscheingenuss infolge häufigen Nebels und Hochnebels stark eingeschränkt. Die Isohelien von 15 bzw. 20% umschliessen ausgedehnte Teile der nordschweizerischen Niederung mit den zahlreichen kleineren und grösseren Seengebieten. Gerade dort greifen die beständigen Boden- und Hochnebelfelder teilweise sogar bis in die voralpinen Bereiche hinein. In den unteren Höhenschichten des Alpennordhangs bis etwa 1000 m steigen sodann die Mittelwerte der RS wegen des allmählichen Durchschreitens der mit ihrer Obergrenze schwankenden Nebelschichten auf das Doppelte der Niederungslandschaften an, um schliesslich in den alpinen Hochlagen oberhalb 1600 m das Dreifache derselben (45% RS) zu erreichen. In diesem Wert kommt die relativ grosse Häufigkeit antizyklonaler Absinkeffekte oberhalb 1200–1500 m während des Winters zum Ausdruck. Die südlich des Alpenhauptkamms gelegenen Landschaften des Wallis und des Tessins erfreuen sich – im Gegensatz zum Mittelland – einer winterlichen Sonnenscheindauer von nahezu 50%, teilweise sogar noch darüber. Eine Art Sonderstellung nehmen Mittelbünden sowie das Ober- und Unterengadin ein, die zu dieser Jahreszeit im Sonnenscheingenuss nahe an die südschweizerischen Landschaften heranreichen (47–49% RS).

Im Sommer sind die Unterschiede zwischen der nordschweizerischen Niederung und den zentralalpinen Hochlagen wesentlich geringer. Im Mittelland und in den voralpinen Seengebieten bewegen sich dann die RS-Werte zwischen 50 und 55%. Gegenüber diesen weisen der Hauptalpenkamm wie auch viele voralpinen Lagen etwas verminderte RS-Werte von rund 45% auf. Im südwestlichen Teil des Genfersees, im Wallis und Tessin andererseits erreichen die RS-Werte sogar 60–70% und unterstreichen damit die sonnenscheinseitige Bevorzugung dieser Landschaften auch im Sommer. Mittelbünden und das Engadin sind mit dem um diese Zeit sonnenscheinreichen Mittelland fast gleich bedacht.

Diese Regionalverteilungen der Sonnenscheindauer enthalten bemerkenswerte Besonderheiten, die auch die vertikale Abhängigkeit der RS im Hochgebirge betreffen. Es bedingen nämlich die grossen Flusstäler mit ihren oft tiefreichenden Einschnitten in die Gebirgsflanken interessante Auswirkungen auf Graduierungen sogar langjähriger mittlerer Sonnenscheindauer-Werte. Ein sinnfälliges Beispiel hierfür stellt das Rheintal dar. Aber auch in anderen Flusseinzugsgebieten, so der Rhone,

Saane, Aare, Reuss u.a. finden sich derartige Eigenheiten. Sie beruhen auf gegenseitigen Nachbarschaftswirkungen der Gebirge einerseits und der Tallandschaften andererseits. Dabei machen vertikal gesteuerte Zirkulationssysteme aller Grössenordnungen ihre Einflüsse geltend. Der «Gebirgsföhn» stellt in diesem Zusammenhang nur einen Sonderfall der Nachbarschaftswirkungen an sich dar. Diese sind im Rheintal bezüglich der Winterverteilung der RS markant und beginnen bereits von den bodenseenahen Gebieten (mit 15–20% RS) an aufwärts in Erscheinung zu treten. Im Abschnitt Buchs erreicht dabei die mittlere RS den Wert von 30%, zwischen Sargans und Landquart den von 35%, um im unteren Prättigau (Schiers) und in Chur 40%, und schliesslich im Hinterrheintal auf sogar 45% anzusteigen. Diese letzteren Mittel liegen nur wenig unter denen der Bündner hochalpinen Lagen. Daraus kann geschlossen werden, dass gerade während des Winters die abwärts gerichtete Komponente der stets vorhandenen Tal-, Hang- und Kammzirkulationen im Bereich der Flusseinzugsgebiete teilweise bedeutende Dezimierungen des Bedeckungsgrades auslösen. Übrigens kommen die Nachbarschaftswirkungen folgerichtig auch in der Niederschlagsverteilung zum Ausdruck.

Untersucht man unter Berücksichtigung dieser sogenannten Nachbarschaftswirkungen die Höhenabhängigkeit der RS für die Schweiz, getrennt nach Alpennord- und -südseite sowie nach den Hauptjahreszeiten, dann ergeben sich folgende Zusammenhänge: Im Winter (November–Januar), Spätwinter (Februar–März) und im Herbst (September–Oktober) finden sich im Mittel auf der Alpennordseite logarithmische Zunahmen der RS mit der Höhe, wobei die grössten mittleren RS-Progressionen im Hochwinter, die kleinsten im Spätwinter und Herbst beobachtet werden. In den untersten Höhenschichten (300–600 m) mit den kleinsten RS-Werten sind dabei die Progressionen nicht stetiger Natur. Denn die während dieser Jahreszeiten häufig auftretenden stabilen Hochnebelfelder bedingen dort vielerorts «Inversionen der Sonnenscheindauer» (= RS-Abnahmen mit der Höhe), und zwar mit Beträgen von im Mittel 3–5% RS.

Die Nachbarschaftswirkungen selbst im Bereich der Flusseinzugsgebiete kommen in logarithmischen Kurvenscharen mit graduierten Anstiegswinkeln zum Ausdruck. Dieselben sind um so grösser, je stärker die Nachbarschaftswirkungen in den unteren Schichten sich zu entfalten vermögen. Die grössten winterlichen Gegensätze zwischen Niederung (200–400 m) und den alpinen Hochlagen (oberhalb 1600 m) betragen rund 40% RS. Unter Berücksichtigung der Nachbarschaftswirkungen aller Grade schwanken dabei die Niederungswerte der RS zwischen 15 und 40% RS. Dieser Schwankungsbereich verringert sich mit wachsender Seehöhe und liegt bei 1000 m zwischen 30 und 45%, um zwischen 1800 und 2000 m sich dem Wert Null zu nähern, dies dort bei einem mittleren RS-Wert von rund 50%. Von dieser mittleren Höhe der hochalpinen Absinkinversion an aufwärts wird wieder eine allmähliche Abnahme der RS beobachtet, die allerdings auf Angaben nur weniger Registrierstationen beruht. Der Rückgang der RS bis etwa 3500 m beträgt im

Mittel 8–10%. Diese Erscheinung gründet sich teilweise auf isolierte Bewölkungsbeeinflussungen im Bereich von Kamm- und Gipfelstationen.

Während der genannten Jahreszeiten (Herbst, Winter, Spätwinter) lassen die Höhenabhängigkeiten der RS auf der Alpensüdseite (mit Ausnahme des Herbstes) eine leicht inverse Struktur gegenüber denen auf der Alpennordseite erkennen. Diese Umkehr der Verhältnisse ist jedoch nicht ausgeprägt, da im Bereich der südschweizerischen Landschaften höhenverschiedene Bewölkungsverhältnisse im Winter nicht ausgesprochen sind. Die RS-Werte liegen dort in allen Seehöhen nahe bei 50%. Im Spätwinter sind die logarithmischen Zunahmen der RS auf der Alpennordseite wesentlich geringer als im Hochwinter. Denn von Ende Februar an bessern sich die Einstrahlungsbedingungen in den Niederungen erheblich.

Im Frühling und Frühsommer (April–Juni) sowie im Hochsommer (Juli–August) ist auf der Alpennordseite das vertikale Verhalten der RS etwas anders geartet als im Winterhalbjahr. Während nämlich zu dieser Jahreszeit die Niedrigstwerte der RS in den untersten Hektometern beobachtet werden, finden sie sich im Sommerhalbjahr zwischen etwa 800 und 1000 m. Demzufolge heben sich die voralpinen Gebirgslagen zwischen 600 und 1200 m – besonders im Frühjahr – als Bereiche mit verminderter RS heraus (bis zu 10%). Auch daran sind die sogenannten Nachbarschaftswirkungen beteiligt, ausgelöst durch Tal-/Hang-Windsysteme, wobei zusätzlich die jeweilige Exposition zu den Hauptwindrichtungen ein mitwirkender Faktor sein kann. Aufwindzonen, die durch gesteigerte Konvektionskräfte um diese Zeit besonders in Erscheinung treten, zeichnen sich durch verstärkte Bewölkung und daher verminderte Sonnenscheindauer aus. Im Frühling und Frühsommer tritt als ungünstiges Moment die Tatsache hinzu, dass eine allgemeine instabile Luftmassenschichtung während dieser Jahreszeiten über den Gebirgen fortgesetzt Anlass zu verstärkter Wolkenbildung ist. Nach dem Hochsommer zu schwächt sich diese Instabilität mehr und mehr ab, so dass die Verminderung der RS in den mittleren Höhenlagen zwischen 600 und 1200 m im Mittel nur noch bis 5% RS beträgt. Im Herbst (September–Oktober) wandelt sich die Struktur der Höhenverteilung der RS auf der Alpennordseite um und nimmt wieder den Charakter der hoch- und spätwinterlichen Verhältnisse an (logarithmische Zunahme mit der Höhe).

Im Gegensatz zum winterlichen Verhalten der RS auf der Alpensüdseite ergibt sich dort im Sommerhalbjahr die bemerkenswerte Tatsache einer mit wachsender Seehöhe erfolgenden Abnahme der RS. Sie macht im Höhenbereich zwischen 200 und 2000 m 10–12% RS aus (Rückgang von im Mittel 58% auf rund 46%). Die Ursache hierfür liegt in erster Linie an der in dieser Zeit am Alpensüdrand häufig auftretenden Quellbewölkung, die mit ihrer kräftigen Ausbildung am Tage zu einer Verminderung der RS führen muss. Teilweise ist diese Erscheinung im Herbst noch zu beobachten. Die Sonnenscheinverhältnisse des südlichen Wallis weichen im Frühjahr und Sommer von denen der alpinen und voralpinen Landschaften des Tessins insofern ab, als in den linken Seitentälern der

Rhone bei zeitweiser Unterstützung durch Gebirgslee-Effekte bemerkenswert höhere RS-Werte (55–60% RS) registriert werden.

Von besonderem Interesse in diesem Zusammenhang sind winterliche Sonnenscheindauer-Vergleiche in unterschiedlichen Landschaften (Niederung, Mittelgebirge, Hochgebirge) anderer Länder (Österreich, Deutschland). Die kleinsten mittleren Sonnenscheindauer-Summen von rund 30 Stunden pro Wintermonat (November, Dezember, Januar) finden sich in Deutschland, wie auch in der Nordschweiz, in den Niederungen. Demgegenüber haben dort die höheren Lagen der Mittelgebirge oberhalb 800 m bereits einen um fast das Doppelte grösseren Sonnenscheingenuss. Andererseits unterliegt das deutsche Alpenvorland dem Einfluss der Nachbarschaftswirkung seines alpinen Hinterlandes. Daselbst sind daher die Sonnenscheinverhältnisse in denselben Hochlagen denen der inneralpinen Gebiete Österreichs stark angeglichen. Das deutsche Alpenvorland in 800–1200 m hat damit an Sonnenschein im Winter fast das Dreifache der Niederungen. In den schweizerischen und österreichischen hochalpinen Regionen oberhalb 1500 m ergibt sich des weiteren das Vierfache der winterlichen Monatssummen (Std.) der mitteleuropäischen Niederungen.

4° Section de chimie

Session de la Société suisse de chimie
Samedi 25 septembre 1965

Président: Prof. Dr C. GROB (Bâle)
Secrétaire: Dr P. W. SCHIESS (Bâle)

1. K. SCHAFFNER (ETH, Zürich) – *Die photochemische Decarbonylierung von Aldehyden in Lösung* (Hauptvortrag).

2. G. GUT, R. FALKENSTEIN und A. GUYER (ETH, Zürich) – *Zur Kenntnis der oxydativen Spaltung einiger Alicyclen mit Salpetersäure.*

3. R. GNEHM, H. U. REICH und P. GUYER (ETH, Zürich) – *Zur quantitativen Analyse von Amingemischen mittels Dünnschichtchromatographie.*

4. H. ZELLNER (Donau-Pharmazie GmbH., Linz) – *Beiträge zur Chemie des Chinoxalins.*

5. M. HESSE (Universität Zürich) – *Die Struktur eines neuartigen Indolalkaloides.*

6. G. WOKER (Oberstampbach/Merlingen) – *Skizzierung des Gesamtvorganges der Kohlensäureassimilation im Lichte modernster und klassischer Forschung.*

7. C. A. GROB und R. A. WOHL (Universität Basel) – *Die multiple Isomerisierung von Bromdecahydroisochinolinen.*

8. H. U. REICH, M. NICOLET und P. GUYER (ETH, Zürich) – *Reaktionskinetische Untersuchung der Synthese von Äthanolaminen.*

9. H. DAHN und P. WYSS (Université de Lausanne) – *Sauerstoff-Austauschversuche an Nitrosoverbindungen.*

10. H. WEBER, P. LOEW und D. ARIGONI (ETH, Zürich) – *Asymmetrische Synthese von deuterierten primären Alkoholen durch Hydroborierung.*

11. P. A. VON DER MÜHLL, G. SETTIMJ, H. WEBER und D. ARIGONI (ETH, Zürich) – *Über den sterischen Verlauf der enzymatischen Hydratisierung von Mesaconsäure.*

12. R. JAUNIN und P. ZELLER (F. Hoffmann-La Roche & Co., Basel) – *Réactions du phényl-3-chloro-méthyl-5-oxadiazol-1,2,4 dans le diméthylsulfoxyde.*

13. H. ELS, E. KYBURZ, ST. MAJNONI, C. VON PLANTA, A. FÜRST und PL. A. PLATTNER (F. Hoffmann-La Roche & Co., Basel) – *Über Aziridincarbonsäureester.*

14. H. GÖTH, H. TIEFENTHALER und W. DÖRSCHELN (Universität Zürich) – *Photoisomerisierung von Benzopyrazolen und Pyrazolen.*

15. A. FURLENMEIER, H. SPIEGELBERG und B. P. VATERLAUS (F. Hoffmann-La Roche & Co., Basel) – *Détermination de structure et synthèse d'un nouvel antibiotique: la sugordomycine (coumermycine).*

16. H. BRANDENBERGER (Universität Zürich) – *Zum Nachweis von Schlafmitteln in Körperflüssigkeiten und Organen.*

Ein auf instrumental-analytischer Basis beruhendes Analysenschema für den toxikologischen Nachweis von Schlafmitteln und verwandter Verbindungen wird skizziert.

Die Abtrennung der Pharmaka vom biologischen Material und ihre erste Unterteilung erfolgt unter Beibehaltung der geschichtlich und insbesondere auch strukturchemisch fundierten Gruppierung der Schlafmittel in die Klassen Alkohole und Aldehyde (A), Urethane und Ureide (U), Barbiturate und Thiobarbiturate (B), sowie 2,4-Dioxo- und 2,6-Dioxo-piperidine (P). Erst wird die Gruppe A durch Wasserdampfdestillation abgetrennt, anschliessend aus dem Ätherextrakt des Destillationsrückstandes durch Gliederung auf Grund der verschiedenen Azidität die Gruppen U, B und P gewonnen. Jeder Extraktionsschritt wird UV-spektrophotometrisch verfolgt, um eine eventuelle Anwesenheit von Barbituraten, Tetrahydro-pyridinen sowie anderer UV-absorbierender Pharmaka (z.B. aromatische Säuren wie Salicylate, verschiedene Gruppen von Analgetika und Psychopharmaka) möglichst frühzeitig zu erkennen. Die weitere Unterteilung der Gruppen sowie die Identifikation der einzelnen Wirkstoffe erfolgt für A und U gaschromatographisch, für B durch fraktionierte Sublimation und IR-Analyse und für P durch eine Kombination von Gaschromatographie mit spektrophotometrischen Methoden.

Die gaschromatographischen Trennungen erfolgen mit einem kommerziellen Zweikolonnengerät, welches durch Einbau zweier Gasstromteiler und eines dritten Detektors so ergänzt wurde, dass es sowohl für Zwei-Kanal-Gaschromatographie mit Elektroneneinfang- und Flammenionisationsdetektor wie auch für mikropräparative Auftrennungen verwendet werden kann. Sowohl die analytische wie auch die gleich dimensionierte mikropräparative Kolonne enthalten als Füllung für Schlafmittelauftrennungen meist das Zyanosilikon XF-1150 auf desaktiviertem Chromosorb. Die mit Nanogramm-Mengen durchgeführten Zwei-Kanal-Analysen liefern neben den relativen Retentionszeiten als substanzcharakteristische Grössen auch relative Elektroneneinfangsausbeuten (Quotienten der Ausschläge der beiden ungleichen Detektoren). Diese gestatten eine sofortige Zuordnung zu einer durch ihren Halogengehalt

gekennzeichneten Untergruppe. Bestehen Zweifel an der Identität einer Komponente, so wird die Auftrennung im Mikrogramm-Massstab an der mikropräparativen Kolonne wiederholt, der unbekannte «Peak» aufgefangen und IR- oder UV-spektrophotometrisch identifiziert.

Die IR-Spektren werden meist in KBr aufgenommen, wobei wir, da oft nur wenige Mikrogramme vorliegen, die Bleiring-Mikrotechnik anwenden. Zur Identifikation der Barbiturate bedienen wir uns einer Vergleichskartei (1). Aber auch in Ermangelung von Vergleichsspektren ist es möglich, verschiedene Substituenten mit Sicherheit zu erkennen, so die Thiogruppe an den starken Banden bei 6,5 und 8,55 μ, N-methylierte Barbiturate an der Bande zwischen 8,35 und 8,4μ, Phenylsubstituenten in 5-Stellung durch Banden bei 6,7 sowie um 14 und 14,5 μ, Allylsubstituenten durch Banden bei 6,1 und um 10 μ.

In der Schlafmittelgruppe P besitzen die Tetrahydro-pyridine wie Persedon oder die Metaboliten von Noludar im Unterschied zu den völlig kernhydrierten Piperidinen hohe Elektroneneinfangsausbeuten. Sie lassen sich daher mit der Zwei-Kanal-Anordnung gaschromatographisch schon in sehr geringen Konzentrationen erfassen. Zu ihrer Charakterisierung eignen sich auch die in schwach und in stark alkalischem Milieu aufgenommenen UV-Spektren oder noch besser die in wässeriger und in alkoholischer Kalilauge bestimmten Fluoreszenzspektren (Anregungswellenlänge 365 mμ). So ist z. B. ein fluoreszenzspektrophotometrischer Nachweis von Persedon noch anhand von 0,1 μg möglich.

Unser instrumentalanalytischer Analysengang hat sich insbesondere für forensische Untersuchungen bewährt, gestattet aber auch Studien über biologische Abbaumechanismen. Am Beispiel einer durch Äthylalkohol potenzierten tödlichen Vergiftung durch Noludar konnte dessen Oxydation im Körper anhand der Metaboliten verfolgt werden. Die Oxydationsprodukte 5-Methyl-persedon, 5-Oxymethyl-persedon, Persedon-5-carbonsäure und Persedon wurden analytisch erfasst. Am weiteren Beispiel einer kombinierten tödlichen Vergiftung durch Barbiturat und der aus einem Schlankheitsmittel stammenden flüchtigen Base Diäthylpropion wird gezeigt, dass sich die hier geschilderte Methodik auch auf die Erfassung alkalischer Wirkstoffe ausdehnen lässt.

LITERATUR

1. *Brandenberger H.:* Z. ges. ger. Med. *57* (1965), im Druck.

17. B. BÖHLEN, M. BÜHLMANN und A. GUYER (ETH, Zürich) – *Über die hydrothermale Alterung von Silicagelen.*

18. L. MAIER (Monsanto Research S.A., Zürich) – *Darstellung und Eigenschaften von diprimären Alkylendiphosphinen.*

19. R. HÜMBELIN (Basel) – *Hydratationsenergie des* HCl-*Ionenpaares.*

20. W. HÆRDI, P. VOLDET et D. MONNIER (Université de Genève) – *Dosage du fluor par activation aux neutrons thermiques.*

21. ED. MARTIN, D. MONNIER et W. HÆRDI (Université de Genève) – *Dosage du manganèse par polarographie inverse.*

22. R. FLATT, G. BRUNISHOLZ et A. MERBACH (Université de Lausanne) – *Contribution à l'étude du système de solubilité* K^+–NH_4^+–CrO_4^{--}–SO_4^{--}–H_2O.

23. P. LERCH, A. DELAY, C. VUILLEMIER (Université de Lausanne) – *Analyse thermographimétrique de phosphates basiques de calcium.*

5° Section de géologie

Session de la Société géologique suisse
Samedi 25, lundi 27 et mardi 28 septembre 1965

Président: Dr F. RŒSLI (Lucerne)

1. AUGUSTIN LOMBARD (Genève) – *Introduction à l'excursion.* (Voir compte rendu de l'excursion. Eclogae Geol. Helv. 59/2. 1966.)

2. M. GWINNER (Stuttgart) – *Zur Faziesentwicklung im Obern Jura von Schwaben.* (Note remise aux Eclogae.)

3. H. LINIGER (Basel) – *Pliozän und Juratektonik W. Basel.*

4. JEAN CHAROLLAIS et AUGUSTIN LOMBARD (Genève) – *Lithostratigraphie comparée Jura-Subalpin dans la région de Genève.* (Note remise aux Eclogae.)

5. HÉLI BADOUX (Lausanne) – *Déformation des roches du flanc renversé du synclinal du Prabé (Nappe du Wildhorn) aux environs de Drône.*

6. H.-R. WENK[1] (Basel und Zürich) – *Die geologische Abbildung*[2].

Die Geologie befasst sich damit, den Zustand der Erde in früheren Zeiten zu rekonstruieren. Dies geschieht durch Beobachtung erhaltener Tatbestände der Vergangenheit, durch Vergleich mit rezenten Vorgängen (Aktualitätsprinzip) und durch theoretische und hypothetische Rückschlüsse auf Grund physikalischer, chemischer und biologischer Gesetze. Die Geologie als beschreibende Wissenschaft zu sehen, ist sicher deshalb verfehlt, weil das eigentliche Erforschungsobjekt in seiner ursprünglichen Form gar nicht mehr vorhanden ist, also nicht beschrieben werden kann. Die Beschreibung steht zwar am Anfang jeglicher Untersuchung, doch ist dies Methode und nicht Inhalt der Geologie. Dieser ist nur erfassbar durch die Kombination zweier Erkenntnisformen: der *Beobachtung* und der *Ableitung.*

Da der Geologe in erster Linie Empiriker ist und sich hauptsächlich für spezielle (regionale und lokale) Probleme interessiert, wurde vielfach darauf verzichtet, klare Grundbegriffe zu schaffen, wie sie die meisten andern Wissenschaften besitzen. Gerade die Phänomene und Methoden,

[1] Zurzeit Institut für Kristallographie und Petrographie der ETH, Zürich.

[2] Vgl. *H.-R. Wenk:* Die geologische Abbildung, erläutert am Beispiel der Zentralalpen. Eclog. Geol. Helv. 60 (1966).

welche uns die geologische Vergangenheit erkennen lassen, entbehren der Systematik. Wir versuchen daher hier, einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Zweigen der Geologie aufzuzeigen und zu diskutieren:

Für irgendeine Erscheinung, die durch einen vergangenen Zustand bestimmt ist und diesen in umgewandelter, projizierter Form widerspiegelt, führen wir den Begriff *geologische Abbildung* ein. Wir verwenden Abbildung in Analogie zur darstellenden Geometrie: Eine geometrische Figur wird dort durch eine Projektion in eine zweite, das Bild der ersten, übergeführt. Zwischen Ausgangsobjekt und Bild besteht ein strenger kausaler Zusammenhang. In der Geometrie sind Objekt und Bild bloss räumlich getrennt, in der Geologie jedoch in komplexer Weise räumlich, zeitlich und eigenschaftsmässig zugleich. Dies bringt grundlegende Schwierigkeiten mit sich: In der Geometrie gilt, dass bei hinreichender Beobachtung des Bildes und genauer Kenntnis der Projektion Erscheinungsform und Eigenschaften des Objektes berechnet werden können. Diese Aussage ist für die Geologie nicht bewiesen, bei Betrachtung kleinster Dimensionen sogar unwahrscheinlich: Zahlreiche Prozesse streben statistische Verteilung an (die Entropie nimmt immer zu), und danach kann nicht mehr auf den ursprünglichen Ordnungszustand geschlossen werden; andere sind reversibel und vermögen somit nicht, einen früheren Zustand festzuhalten. Als geologische Abbildungen kommen vor allem *irreversible* Vorgänge in Frage, welche vorausgegangene Zustände – etwa als metastabiles Gleichgewicht – konservieren. Trotz der prinzipiellen Unmöglichkeit, ein exaktes und vollständiges Bild der Vergangenheit zu entwerfen, darf die Forderung der Erforschbarkeit des Objektes in guter Näherung als erstes Prinzip und als Grundlage der Geologie beibehalten werden; die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte haben es genügend bestätigt.

Um sich eine adäquate Vorstellung der Vergangenheit zu machen, verfügt der Geologe, der die Methode der Abbildung benützt, über vier verschiedene Möglichkeiten:

1. Durch die Anwendung des *Aktualitätsprinzips* werden aus Vergleichen mit rezenten Vorgängen Folgerungen für die geologische Vergangenheit abgeleitet. Das Aktualitätsprinzip wird hauptsächlich in der Sedimentologie und bei Erscheinungen, die nicht wesentlich von der geologischen Zeit abhängen und der Beobachtung zugänglich sind, benützt.

2. Der *empirische Weg* benützt Analogien zu anderen Lokalitäten, wo die Verhältnisse besser bekannt sind und einfachere Bedingungen herrschten. Die Methode braucht bereits bekannte Modelle, ist also stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dennoch ist es die am meisten verbreitete und sicher auch zuverlässigste Methode, wenn man sich auf qualitative und relative Aussagen beschränkt, andernfalls wird sie gefährliche Spekulation.

3. *Der experimentelle Weg* gewinnt derzeitig an Bedeutung. Geologische Druck- und Temperaturbedingungen können schon gut reproduziert werden; lediglich die Zeit – leider ein äusserst wichtiger Faktor – kann

kaum grössenordnungsmässig angenähert oder extrapoliert werden. Sie wird der experimentellen Forschung immer Grenzen setzen.

4. Die *theoretische Methode* ist an und für sich ein sicherer Weg: Auf Grund physikalischer Gesetze wird ein Vorgang berechnet. Da aber die geologischen Vorgänge äusserst komplexer Art und die Randbedingungen meist nicht genügend bekannt sind, ist der mathematische Aufwand oft viel zu gross und kann selbst von den schnellsten Computern nicht bewältigt werden. Die theoretische Lösung bleibt ein hohes Ziel, sie ist aber in ihrer Durchführbarkeit stark eingeschränkt; man wird sich immer auf stark vereinfachte Modelle beschränken müssen. Gerade den Geologen, die ungleich schwerere Probleme bewältigen müssen als die Physiker, gebricht es an guten Mathematikern.

Wir haben den allgemein bekannten und gebrauchten Begriff der Abbildung neu definiert und ihn als Grundlage einer allgemeinen Systematik in den Erdwissenschaften verwendet. Da die Verwendung des Abbildungsvorgangs Forschungs*methode* ist, wird die Klassifikation weitgehend durch die historischen Gegebenheiten bedingt und ist nicht immer natürlich. Eine Objekt-Systematik kommt im Bereich der Geologie kaum je in Frage bei der Mannigfaltigkeit von Einzelerscheinungen und auch bei der leider oft tiefgreifenden Spaltung in Einzelwissenschaften, die sich gegeneinander abschliessen.

Die Diskussion abstrakter Begriffe mag vom praktischen Standpunkt aus unwichtig erscheinen. Unseres Erachtens ist sie sogar notwendig: Die Geologie hat sozusagen als einzige Wissenschaft auf philosophische Grundsätze als Ausgangspunkt verzichtet. Sie ist nicht getragen von umgreifenden Prinzipien (wie die Kausalität in der modernen Physik), einem Mythos (wie der des Lebens in der klassischen Biologie) oder wirtschaftlichen Notwendigkeiten (wie etwa die Chemie); sie entspringt dem Forscherwillen des Einzelnen, der, ohne an eine mögliche Anwendung in materiellem oder geistigem Gebiet zu denken, die Natur erforschen will. Diese Bescheidenheit ist einmalig und faszinierend, doch sie könnte der Geologie zum Verhängnis werden, da die verschiedenen Zweige langsam von den Grossen aufgefressen werden. Wollen wir verhindern, dass die Paläontologie zu einem Spezialgebiet der Biologie, die Kristallographie zu einem solchen der physikalischen Chemie wird, so müssen wir für diese reinste *Natur*wissenschaft nachträglich eine gemeinsame Grundlage *schaffen*, zu der wir uns bekennen können, eine Grundlage, welche die Spannweite von Strukturbestimmung bis zur Paläogeographie in sich aufzunehmen vermag.

Würde man die naturwissenschaftliche Erkenntnis bloss nach dem rationalen Fortschritt beurteilen, so hätte die Geologie schon längst aufgehört zu existieren.

Einer einheitlichen Erdwissenschaft steht scheinbar die Spezialisierung entgegen. Diese ist Tatsache, gegenwärtig sogar notwendig und auch erwünscht, was jedoch in keiner Weise die Forderung nach einer allgemeinverständlichen prinzipiellen Methodik beeinträchtigt. Der Mineraloge

braucht nichts Einzelnes von Paläontologie zu verstehen, wenn er sicher sein kann, dass sein Kollege dieselbe Methode – etwa die geologische Abbildung – verwendet. In einem echten Forschungsteam verschiedener Erdwissenschafter, wie es heute überall angestrebt wird, ist die Anwendung derselben Methode sogar Grundvoraussetzung, wenn die Verständlichkeit und Kommunikationsfähigkeit zwischen den Einzelnen gewahrt werden soll. Verschieden sind stets die speziellen Phänomene, das logische und kausale System ist dasselbe.

7. MICHEL GISIGER (Fribourg) – *Essais de stratigraphie par la microfaune dans le Lias supérieur et le Dogger des Préalpes plastiques fribourgeoises, région du Lac Noir.* (Note remise aux Eclogae.)

8. E. DAL VESCO (Zürich) – *Die wissenschaftlichen Resultate der Tiefbohrung am Südabhang des Gotthardmassivs.* (Note remise à M. Nabholz.)

9. NICOLAS OULIANOFF (Lausanne) – *Réflexions sur la diagenèse des sédiments marins.* (Note remise aux Eclogae.)

6° Section de minéralogie et pétrographie

Session de la Société suisse de minéralogie et pétrographie
Samedi 25 et dimanche 26 septembre 1965

Président: Prof. Dr E. NIGGLI (Berne)
Secrétaire: Dr A. SPICHER (Bâle), in Vertretung von Prof. Dr. M. WEIBEL

1. KURT BÄCHTIGER (Zürich) – *Intramagmatische Manganerze in einer permischen Eruptivserie des Taminser Kristallins bei Felsberg (GR).*

1. Einleitung

Im Verlaufe der Kartierung des *Felsberger Anteiles des Taminser Kristallins* zur Abklärung der Herkunft der Goldvererzung an der «Goldenen Sonne» oberhalb Felsberg entdeckte der Verfasser *innerhalb* einer sehr *komplexen Eruptivserie*, die in einer späteren Arbeit noch ausführlicher beschrieben werden soll, vor allem *karbonatische Manganerze.*

Zuerst wurde auf Grund bläulichschwarzer Verwitterungskrusten an der Oberkante des markanten Felsvorsprunges *Saldein*[1] N von Domat/Ems – ziemlich genau in der Mitte eines ca. 9 m mächtigen, stark verquarzten, chloritisierten und serizitisierten *Keratophyres* – eine *intramagmatische Rhodochrositlinie* gefunden. Später wurden *Rhodochrositnester* auch *in den Dolomitbänken* im darunterliegenden *Tuffit* beobachtet. Da nach dem ganzen Charakter der Gesteine auch im Felsberger Anteil des Taminser Kristallins eine *permische Eruptivserie* vorzuliegen scheint, und da bis heute – abgesehen von einer unsicheren Angabe bei Tarnuzzer (1896) – in der Schweiz in permischen Gesteinen nur Spuren von Manganerzen gefunden worden sind, so z. B. von Weber (1940) kristallin-körniger *Hausmannit* (Mn_3O_4) in *Spuren* mit feinkörnigem Hämatit und etwas Magnetit als konkordante Linse in konglomeratischem bis sandigem Verrucano des Helvetikums bei *St. Martin bei Mels* (Kt. St. Gallen), handelt es sich bei dieser Rhodochrositlinse offensichtlich um eine *erste grössere Mangan-Vererzung in permischen Gesteinen der Schweiz* – und nach Literaturstudien vielleicht auch in den Alpen. Bis heute waren aus den basischen permischen Laven der Schweiz nur intramagmatische Kupfer-Vererzungen bekannt, die von Amstutz (1950) und vom Verfasser (1960) aus dem Kärpfgebiet beschrieben worden sind und die nach Ansicht des Verfassers (1963) die in den Brekzien, Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefern auftretenden Kupfererze erklären konnten. Mit der Entdeckung der intramagmatischen permischen Rhodochrositlinse wird nun auch ein *permisches Alter* für die von Weber (1940) bei *St. Martin* gefundene konkordante *Hämatitlinse mit Manganspuren und Pyrit* wahr-

[1] Die Lokalnamen entsprechen denjenigen des Übersichtsplanes der Grundbuchvermessung 1 : 10000.

scheinlich gemacht, die von Epprecht (1946) bis anhin als Lagergang der oberjurassischen Gonzen-Vererzung gedeutet worden ist. Das Vorkommen von offensichtlich primärem, hydrothermalem Rhodochrosit erfordert auch eine erneute Diskussion der Entstehung von submarinen Mangankarbonaten durch Kommunikation von Manganoxyden mit bikarbonatgesättigtem Meerwasser, wie sie beispielsweise von Epprecht (1946) angenommen wurde. Zudem kann dadurch auch für den Mangangehalt der Kupfererze der Mürtschenalp (Kt. Glarus), wie vom Verfasser (1963) erwähnt wurde, eine Erklärung gefunden werden. Die Einzigartigkeit dieses Vorkommens von Rhodochrosit innerhalb eines Lavastromes rechtfertigt deshalb eine kurze vorläufige Beschreibung.

2. Geologie und Petrographie

Als erster hat sich Theobald (1856) intensiv mit der Geologie des Calanda auseinandergesetzt. Das sogenannte «*Taminser Kristallin*» wurde von ihm bereits als *Verrucano* erkannt, obwohl er in den Gesteinen weitgehend metamorphe Konglomerate, Sandsteine und Schiefer sah und *Eruptivgesteine nur vermutete*. Es fiel ihm aber beispielsweise die Ähnlichkeit zwischen dem Epidot-Chlorit-Fels aus dem Steinbruch *Sarazass*[1] W von Felsberg und dem Diorit vom Hörnli bei Arosa auf.

Blumenthal (1911) fasste den Verrucano von Tamins erstmals als *autochthones Element* auf und erkannte am Ausgang des *Lavoitobels* und bei *Sgai NW von Tamins* als erster einen sauren *Dioritporphyrit*. Die weitverbreiteten *Epidot-Chlorit-Schiefer* wurden von ihm infolge ihrer Na-Vormacht auf Grund einer chemischen Analyse von P. Niggli als *vulkanische Tuffe* gedeutet.

Hügi (1941) unterschied in den Grüngesteinen von Tamins *dichte Melaphyre, schiefrige Melaphyrmandelsteine, dichte Porphyrite, schiefrige vulkanische Tuffe* und schliesslich *Albit-Chlorit-Schiefer* unbekannter Genese. Infolge tektonischer und petrographischer Koinzidenzen und des nach seiner Ansicht epi- bis mesozonalen Metamorphosegrades wurde das Taminser Kristallin von ihm als *kristalliner Deckenkern mit Permanteil* zum *Tavetscher Zwischenmassiv* gerechnet.

E. Niggli in Cadisch (1953) betrachtete die «Melaphyre» von Hügi (1941) auf Grund neuerer Anschauungen als *permische Spilite*.

In neuester Zeit hat Davoudzadeh (1963) im Rahmen einer Diplomarbeit des Geologischen Instituts der ETH das Taminser Kristallin näher untersucht und ist zur Auffassung gekommen, dass es sich um *südhelvetisches* (?) *Perm* von *weitgehend kontinentalem* Charakter handle.

Eigene Felduntersuchungen brachten die Erkenntnis, dass der Felsvorsprung von Saldein durch eine steilstehende, generell N 50° E streichende und 50° nach SE fallende, komplexe permische Eruptivserie mit nur spärlichen und fraglichen Sedimenten aufgebaut ist.

Das unterste aufgeschlossene Gestein der Manganerz führenden Serie ist im W als leicht schlackiger *Keratophyr*, der lateral in einen *Kristall-Lapilli-Tuff* überzugehen scheint, ausgebildet. Darüber folgen zuerst ein

dichter *Kristall-Tuffit*, dann wiederum ein leicht schlackiger *Lapilli-Tuff* und zuletzt ein eigentlicher *Schlacken-Tuff*, die zusammen über 150 m mächtig sein dürften. Durch den darüberliegenden, leicht schlackigen *Hämatit-Spilit* von 7 m wird eine ziemlich abwechslungsreiche und relativ dünnbankige Ergussgesteins-Serie eingeleitet. Zuerst folgen 4 m Chlorit-Serizit-Schiefer mit bis 20 cm dicken *Dolomitbänken*, die infolge Struktur und mineralogischer Zusammensetzung als *Aschen-(Glas?-)Tuff* vermutlich *mariner* Ablagerung interpretiert werden können. Hierauf sind am Fusse des Felsvorsprunges weiter im E 7 m schön ausgebildeter, feinschlackiger *Mandelstein-Keratophyr* aufgeschlossen, der von einer ersten Manganerz führenden Schicht überlagert wird. Ihre unteren 7 m bestehen aus einem Chlorit-Schiefer mit *Dolomit-Eisenjaspis-Rhodochrosit-Bänken* von max. 20 cm Dicke und stellen vermutlich wieder einen *marinen Tuffit mit* gleichzeitig gefällten *hydrothermal-exhalativen Produkten* dar. Die oberen 5 m Serizit-Schiefer bis *Turmalin*-Quarzit können als *tuffogener Sandstein mit einem hydrothermal-exhalativen Anteil* aufgefasst werden. In dem darüberliegenden stark *verquarzten, chloritisierten und serizitisierten Keratophyr* (9 m) wurde als konkordante Einlagerung von 50 cm Länge die *intramagmatische Rhodochrositlinse* gefunden. Eine noch höher liegende, dünne Bank (2 m) eines grünlichvioletten, mittelkörnigen *Hämatit-Spilites* mit reichlich Kupferkies ist davon durch 5 m eines relativ stark zersetzten *Plagioklas-Porphyrites* getrennt und bildet den Abschluss der echten Ergussgesteine, denn hierauf folgen auf 5 m ankeritreiche Chlorit-Serizit-Schiefer, die wieder als *mariner vulkanischer Tuff* gedeutet werden können, ca. 150 m Chlorit-Schiefer bis Epidot-Fels, die infolge ihrer stark verschweissten Struktur entweder als *porphyroklastischer Tuff* (verschweisste Durchschlagsbrekzie?) oder vielleicht als *Keratophyr-Ignimbrit* gedeutet werden können. Magnetitreiche Zwischenlagen mit einer dem vorhergehenden Gestein ähnlichen Struktur entsprechen wahrscheinlich *Tuffeinschaltungen*. Der Abschluss der ganzen Serie wird von einem magnetitreichen *Tuff bis Tuffit* gebildet, ähnlich den beiden vorhergehenden.

3. Mineralogie der Vererzung

In der *konkordant eingelagerten Erzlinse aus* röntgenographisch eindeutig bestimmtem *Rhodochrosit* konnten keinerlei Einschlüsse eines primären Manganoxydes oder -silikates mehr gefunden werden. Hingegen ist zwischen dem Rhodochrosit und dem Nebengestein eine bis 2 cm dicke Oxydationskruste aus einem porösen bis zelligen schwarzen Gefüge erkennbar. Die Röntgenlinien des *schwarzen pulverigen Oxydationserzes* stimmen in Intensität und Lage einerseits mit den von Smitheringale (1929) angegebenen Linien von natürlichem *Manganit von Ilfeld* aus dem Harz (Deutschland), anderseits nach Moore et al. (1950) mit denen von synthetischem Manganit überein. Ebenso könnten sich im Erzanteil des liegenden und hangenden Nebengesteins der Rhodochrositlinse, speziell in den Mandeln und um die Mandeln herum, neben eindeutigem *Hämatit*

primäre Manganoxyde und -silikate vorfinden, die aber einstweilen leider noch nicht eindeutig röntgenographisch bestimmt werden konnten.

4. Vergleich mit ähnlichen Vorkommen

Als ähnlichstes Beispiel dieser Art können anhand von Literaturstudien die *mitteleozänen Mangan-Vererzungen der Olympic Peninsula* im Staate Washington betrachtet werden. Nach Park (1946) sind dort in mindestens drei *Spilitströmen* unter Beibehaltung der Struktur einzelne *Pillows* durch Manganmineralien ersetzt, sonst in geringerer Menge, aber weit verbreitet, die Zwischenräume der Pillows. Es soll vorwiegend *Bementit* (Mangan-Serpentin), daneben Rhodonit, Manganophyllit, Inesit, Piemontit, Tephroit und Neotokit vorkommen. Eine weitaus grössere Anzahl von Mangan-Vererzungen wurde aber in meist rot gefärbten Kalken, Tonen und Jaspismassen gefunden, die im Hangenden dieser Spilitergüsse auftreten. Es handelt sich dabei um metasomatisch entstandene unregelmässige Linsen und Taschen, seltener Lager, von vorwiegend Hausmannit, Rhodochrosit und Manganokalzit.

Huttenlocher (1934) erwähnt als weitere syngenetisch-magmatische Mangan-Vererzung, die heute durch Dislokation allerdings in epi- bis mesometamorpher Form vorliegt, ein Vorkommen von *vorwiegend Braunit* und etwas Piemontit, Mangan-Pyroxen, Mangan-Granat, Quarz, Glimmer und Karbonat in konkordanten Knauern und Lagen in *ophiolithischen Grünschiefern* (Prasiniten) von der *Alp Praborna* im Val di S. Marcel (Piemont).

5. Zur Genese der Mangan-Vererzung von Saldein

Die Untersuchung der Dünnschliffe hat gezeigt, dass unmittelbar neben der Rhodochrositlinse im liegenden und hangenden Nebengestein entweder ein serizitisierter Keratophyr oder weiter entfernt ein stark verquarzter und chloritisierter Keratophyr bis Spilit vorliegt, wobei im ersteren Falle die ursprüngliche, nach Rosenbusch (1898) intersertale Struktur des Keratophyrs bei vollständigem Ersatz der Plagioklase durch Serizit noch vollständig erhalten ist, während im letzteren Falle die Albite der ophitischen Grundmasse unter Zurücklassung von Keratophyr-/Spilit-Relikten weitgehend durch feinkristallinen Quarz ersetzt worden sind. Es muss demnach vermutlich im halbflüssigen bis erstarrten Zustand des Lavastromes eine hydrothermale Autometamorphose stattgefunden haben, die vor allem eine Verquarzung und Serizitisierung, aber auch Karbonatisierung grossen Stils bewirkt haben muss. Dabei können im Magma primär vorhanden gewesene Manganoxyde und -silikate, ähnlich denen von der Olympic Peninsula, durch zirkulierende Karbonatlösungen zu Rhodochrosit umgewandelt worden sein.

Es handelt sich demnach bei der *Rhodochrositlinse* von Saldein ziemlich sicher um eine *metasomatische Vererzung*, wobei die konkordante Lagerung der Linse entweder durch einen halbflüssigen Zustand und

weitere Bewegung des Lavastromes oder durch eine lagige Makrotextur bedingt ist.

Das Vorkommen von *manganhaltigem Dolomit und Rhodochrosit mit Eisenjaspis als konkordante Linsen und Bänke in einem tiefer liegenden vulkanischen Tuff* spricht zudem für den Umstand, dass sich *hydrothermal-exhalative Lösungen* auch schon von älteren Lavaergüssen abgespalten und sich auf Grund ihrer flächenhaften und bankigen Ablagerung wahrscheinlich in einem aquatischen Milieu abgesetzt haben, wobei das Beispiel der Olympic Mountains unwillkürlich an eine *marine Sedimentation* denken lässt.

Die Ausführung dieser Arbeit wurde finanziell von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission unterstützt, wofür ihrem Präsidenten, Herrn Prof. Dr. F. de Quervain, der beste Dank ausgesprochen sei.

LITERATUR

Amstutz G. C : Kupfererze in den spilitischen Laven des Glarner Verrucano. Schweiz. Min. Petr. Mitt. *30*, 182–91 (1950).

Bächtiger K.: Ein neues intramagmatisches Kupfervorkommen in den Keratophyrlaven des Gandstockes (Kt. Glarus, Schweiz). Schweiz. Min. Petr. Mitt. *40/2*, 279–288 (1960).

Bächtiger K.: Die Kupfer- und Uranmineralisationen der Mürtschenalp (Kt. Glarus, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., Lfg. 38, 113 S. (1963).

Blumenthal M.: Geologie der Ringel-Segnesgruppe. Beitr. Geol. Karte d. Schweiz, NF, Lfg. 33 (1911).

Cadisch J.: Geologie der Schweizer Alpen. Wepf & Co., 2. Aufl., Basel (1953).

Davoudzadeh M.: Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Tamins. Diplomarbeit, Geol. Institut der ETH (1963).

Epprecht W.: Die Eisen- und Manganerze des Gonzen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., Lfg. 24 (1946).

Hügi Th.: Zur Petrographie des östlichen Aarmassivs (Bifertengletscher, Limmernboden, Vättis) und des Kristallins von Tamins. Schweiz. Min. Petr. Mitt. *21*, 1–119 (1941).

Huttenlocher H.: Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. *14*, 22–149 (1934).

Moore T., Ellis M., Selwood P. W.: Solid Oxides and Hydroxides of Manganese. J. Amer. chem. Soc. *72/2*, 856–66 (1950).

Park Ch. F.: The spilite and manganese problem of the Olympic Peninsula, Washington. Amer. J. Sci. 244, 305–23 (1946).

Rosenbusch H.: Elemente der Gesteinslehre. E. Schweizerbart, Stuttgart (1898).

Smitheringale W. V.: Notes on Etching Tests and X-Ray Examination of some Manganese Minerals. Econ. Geol. *24/5*, 481–505 (1929).

Tarnuzzer Ch.: Neue Fundstellen von Manganerz in Graubünden. Ecl. Geol. Helv. *4*, Nr. 5, 414–6 (1896).

Theobald G.: Der Calanda. Jahresber. Natf. Ges. Graubündens. NF *1*, 7–43 (1856).

Weber E.: Eisenerzvorkommen im Verrucano westlich St. Martin bei Mels. Ecl. Geol. Helv. 33, 185–88 (1940).

2. P. BEARTH (Basel) – *Eklogite und Glaukophanschiefer.* (Erscheint in erweiterter Form in den Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen, Bd. 46/1, 1966.)

3. G.C. AMSTUTZ und E. KRAMER (Heidelberg) – *Die Kissenlaven von Arica, Chile, und eine Klassifikation der Zwischenmassen von 107 Kissenlaven.*

Die Kissenlaven von Arica an der Nordgrenze von Chile werden einer eingehenden mineralogisch-petrographischen Untersuchung unterworfen. Die Zwischenmasse besteht aus fossilführenden Doggerkalken mit einer wenig veränderten Grenzzone von etwa 1 cm gegen die Kissen. Silifizierungs- und Grobkristallisationserscheinungen, verbunden mit einer Dunkelfärbung, sind in dieser Grenzzone vorhanden.

Die gesamte Mächtigkeit von etwa 70 m andesitischen Laven besteht aus Kissen von 1–3 m Durchmesser. Daran ist besonders bemerkenswert, dass sie gegen aussen vollständig frisch sind und gegen das Zentrum immer stärkere autohydrothermale Veränderungen zeigen, mit einer deutlichen gleichzeitigen Zunahme der Kristallinität der Grundmasse. Am Rand zeigt die Grundmasse hyalopilitische Textur. Die Plagioklaseinsprenglinge liegen am Rand bei 50–66% An und sind vollständig frisch, selbst im direkten Kontakt mit der Kalkzwischenmasse. Im Zentrum zerfallen sie in feldergeteilte Neubildungen, die im Scanningbild der Mikrosonde für Na und Ca gut zum Ausdruck kommen.

Wichtig für das Problem der Spilitgenese ist hier die Tatsache, dass weder chemisch noch mineralogisch ein Einfluss des salinaren Porenwassers des Kalkschlammes zu verzeichnen ist. Ferner müssen vermutlich die Viskositäts- und Wärmeflussverhältnisse bei der Kissenbildung neu durchdacht und berechnet werden, da ein Kalk- und Kalktonschlamm sich offenbar ohne explosive Folgen als Lubrikat bei der Kissenbildung aktiv beteiligen kann.

Ferner wurden zu Vergleichszwecken etwas über 100 Literaturangaben über Pillowzwischenmassen zusammengestellt und nach Gesteins- und Mineralbestand ausgewertet. Die Resultate dieser Auswertung und die ausführlichen Daten über Arica werden zurzeit zusammengestellt und zur Veröffentlichung vorbereitet.

4. E. DAL VESCO (Zürich) – *Die Ophiolithe der unteren penninischen Decken.* (Kein Manuskript eingegangen.)

5. A. NICOLAS (Nancy) – *Interprétation des ophiolithes piémontaises.* (Erscheint in abgeänderter Form in den Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen, Bd. 46/1, 1966.)

6. M. VUAGNAT (Genève) – *Aperçu sur la pétrographie des roches vertes du Montgenèvre.* (Erscheint im Exkursionsbericht in den Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen, Bd. 46/1, 1966.)

7° Section de paléontologie

Session de la Société paléontologique suisse
Samedi 25 septembre 1965

Président: Dr H. HESS (Binningen)
Secrétaire: Dr H. SCHÆFER (Bâle)

Séance commune avec la Section de géologie

8° Section de botanique

Session de la Société botanique suisse
Vendredi 24, samedi 25 et lundi 27 septembre 1965

Président: Prof. Dr M. GEIGER-HUBER (Bâle)
Secrétaire: Prof. Dr H. ZOLLER (Bâle)

1. SAMUEL WEGMÜLLER – *Der Nachweis des fossilen Pollens von Buxus sempervirens im südwestlichen Jura.*

2. A. LÄUCHLI (Basel) – *Stoffwechselphysiologisches Verhalten höherer Pflanzen in Mischkultur.*

In der Natur können die verschiedensten Arten von höheren Pflanzen und Mikroorganismen in Gemeinschaft leben. Die Möglichkeiten einer gegenseitigen Beeinflussung sind zahlreich und sowohl hemmender als auch fördernder Natur. Der Konkurrenzierung in den Wachstumsbedingungen, vor allem um Raum, Wasser, Nährstoffe und Licht, steht die direkte Beeinflussung durch Stoffwechselprodukte, die Allelopathie, gegenüber. Eine bekannte Form der Allelopathie stellt die Wirkung von Antibiotika auf Mikroorganismen dar. Daneben sind auch zahlreiche Fälle von Allelopathie bei höheren Pflanzen bekannt.

Meist wurde bei höheren Pflanzen nur die Hemmung des Wachstums untersucht. Die durchgeführten Kausalexperimente mit Einschluss von stoffwechselphysiologischen Untersuchungen lassen erkennen, dass ein Einfluss auf das Wachstum bei Mischkulturen höherer Pflanzen oft mit einer Konkurrenz um Nährstoffe verbunden ist (Literatur über gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen bei Rademacher 1959 und Winter 1961).

Anschliessend an Arbeiten über die Ionenaufnahme durch Pflanzen von Frei (1963) an Zea Mays L. in Mischkultur mit Bodenpilzen und Läuchli (1962) an Zea Mays L. und Pisum sativum L. in Einzelkultur wurden Versuche mit Mischkulturen von Mais und Pisum in Nährlösung mit Hilfe des Ballastelementes Strontium durchgeführt.

Das Wachstum der Versuchspflanzen ist in Einzel- und Mischkultur gleich. Pisum nimmt in Mischkultur mit Mais mehr Strontium auf als in Einzelkultur, Mais bei beiden Kulturbedingungen etwa gleich viel. Das pH der Nährlösung bleibt bei Pisum in Einzelkultur beinahe unverändert, steigt aber bei Mais in Einzelkultur und bei den Mischkulturen von anfänglich pH 4,1 auf ungefähr 6,5 an. Die erhöhte Strontiumaufnahme durch Pisum in Mischkultur ist bedingt durch den pH-Anstieg der Nährlösung, da Pisum bei einem pH von 6,5 erheblich mehr Strontium aufnimmt als bei pH 4,0.

Die beschriebenen Versuche mit Mischkulturen zeigen, dass das Nährsubstrat durch die Wurzelaktivität einer Pflanze so verändert werden kann, dass der Stoffwechsel einer benachbarten Pflanze beeinflusst wird.

LITERATUR

Frei P.: Die Aufnahme von Strontium durch Zea Mays L. in Mischkultur mit Bodenpilzen. Ber. schweiz. bot. Ges. *73*, 21–57 (1963).

Läuchli A.: Über die Aufnahme von Strontium durch höhere Pflanzen. Ber. schweiz. bot. Ges. *72*, 147–197 (1962).

Rademacher B.: Gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen. Handb. d. Pflanzenphysiol. *11*, 655–706. Springer, Berlin 1959.

Winter A. G.: New physiological and biological aspects in the interrelationships between higher plants. Symp. Soc. exp. Biol. *15*, 229–244 (1961).

3. O. SCHÜEPP (Basel) – *Über einige neuere experimentelle und beschreibende Untersuchungen zum Problem der Blattstellungen.*

Aus Rechtecken $1 \cdot 1{,}618$ erhält man durch fortgesetztes Abtrennen von Quadraten als «Gnomon» Reihen in rechts- oder linksgewundenen logarithmischen Spiralen oder in Zickzacklinien. Variationen der Divergenzwinkel von 90° über $137\frac{1}{2}°$ bis 180° ergeben eine Fülle geordneter Stellungen. Versuche zur entwicklungsphysiologischen Erklärung nach einer «Feldtheorie» aus blosser Bestimmung von *Abständen*, mathematisch am besten durchdacht von Schoute (1913), führen nicht zum Ziel. Schoute nahm an, dass aus einer sich entwickelnden Blattspitze ein Hemmungsstoff kreisförmig oder in «Pseudokonchoiden» diffundiere und dass folgende Blattanlagen in einem bestimmten Minimalabstand von den vorhandenen möglichst weit vom Zentrum des Scheitels auftreten. Er kann danach die Fortsetzung einer geordneten Stellung mit dem Zirkel konstruieren, erklärt aber nicht ihren Anfang und ihre Wiederherstellung nach Störungen.

Ein allgemeines Resultat der vielfachen Experimente von M. und R. Snow, Wardlaw, Ball, Champagnat ist die Feststellung, dass nach störenden Eingriffen ein Vegetationspunkt oder seine Spalthälften zur *Wiederherstellung* einer geordneten, für die Pflanzenart charakteristischen Stellung fähig sind. Im Übergangsgebiet zwischen der ursprünglichen und der regenerierten Ordnung kann Stellung und Altersfolge einzelner Blätter verändert sein; die Richtung einer Grundspirale kann umgekehrt werden.

Die Tatsache der *Ausrichtung* der Blätter nach Linien, nach Geraden auf abgewickelter Zylinderfläche, nach Schraubenlinien auf Zylindern, Schneckenlinien auf Kegelflächen, logarithmischen Spiralen im Querschnittsbild oder der Scheitelansicht, bleibt unerklärt.

Van Iterson (1907, 1960, 1964) stellt mathematisch die Möglichkeiten regelmässiger, ausgerichteter Ordnung für sich berührende Kreise oder «Folioliden», für die Aufteilung der Zylinderfläche in Parallelogramme, Rhomben, Rechtecke oder Quadrate zusammen und berechnet für recht-

eckige elastische Membranen die Schwingungszahlen von Grundton und Obertönen. Flüssigkeiten in rechteckigen oder kreisförmigen Schalen lassen sich in Schwingung versetzen, «Crispations of Faraday», mit Einteilung der Oberfläche in schachbrettartig geordnete Felder. Van Iterson entwirft auf Grund dieser Experimente eine «crispation theory» der Blattstellung.

Ordnung nach Abständen und Richtungen finden wir in verschiedenen Grössenordnungen im Raumgitter der Kristalle, am Pflanzenspross, an schwingenden und tönenden Platten. *Ganze Zahlen* sind charakteristisch für die Zusammensetzung der Atomkerne und ihrer Elektronenschalen; ganze Zahlen treten auf bei der Gliederung der Pflanzensprosse; einfache ganzzahlige Verhältnisse bedingen die Harmonie von Tönen und Obertönen.

4. Y. VARDAR (Dept. of General Botany, Univ. of Ege, Bornova-İzmir, Turkey) – *Outline of the vegetation of West Anatolia.*

At the beginning it is my duty to let you know that I am neither a plant taxonomist nor a florist; my special researches are in the field of plant physiology. Nevertheless I feel myself bold enough to make an attempt in giving you briefly an outline of the vegetation of West Anatolia. I suppose you might be interested in such a special subject.

Before we study the vegetation of West Anatolia I think it is necessary and useful to point out in some words the most important vegetation zones distinguished in the whole of Turkey. Anatolia is, above all a land of conspicuous-extreme contrasts: geographical, geological, climatic contrasts and others. Accordingly, we find in different parts of Turkey extremely different vegetation zones. We have here horizontal as well as vertical zonations.

The number of plant species existing in Turkey amounts to 6000 and even more. Here we find the influences of the Iranian, North American, Middle and West European and African plant elements together with those of endemic and even monotypical species.

The vegetation of Turkey can be divided into the following plant geographical areas:

(1) The Mediterranean Area: this area can be divided into three different zones as follows:

(a) The Mediterranean zone comprising the southern slopes of the Taurus Mountains facing the Mediterranean Sea and the coastal plains.

(b) The Black Sea zone comprising the northern slopes of Pontus Mountains facing the Black Sea.

(c) The Marmara and Aegean zone.

(2) The steppes, the half deserts and the deserts. The Turkish steppes are seen in two different localities:

(a) In the high plateau of Eastern Turkey.

(b) In the Middle Anatolia (Mid Anatolian steppes).

(3) The sandy coasts. It is well known to you from geography that the Pontus Mountains in the North and the Antitaurus Mountains in the South extend from West to East parallel to the coasts of the Black Sea and the Mediterranean Sea. These coast ranges up to 3000 m in height cause the sea winds blowing from the Mediterranean and the Black Sea to rise towards the Central High Plateau of the Interior Anatolia. During this rising their capacity to hold moisture lowers and so they bring abundant rain, especially in autumn, winter and spring, to the coast facing the sides of Pontus and Taurus Mountains. The result is that we find in the coast plains, and on the slopes in the North and South a vegetation made up of bushes (maquis), woods and forests. Afterwards these winds unloaded of their moisture blow or enter into Interior Anatolia; they are moisture poor dry winds. Therefore and according to the opinion of other scientists, Eastern Turkey, Middle Anatolia and Thrace, because of the climate and the vegetation they have are considered as parts of Middle Asian and African deserts, half deserts, steppes and half steppes.

According to Walter (1955) and Regel (1959) the Quercus wood we find nowadays between Erzincan and Kars, are the natural vegetation of that area. In Middle Anatolia however, especially in the region of the Great Salt Lake (Tuz Gölü) between Ankara and Konya well known to you from Crusaders' times in the 12th century we find a salt desert.

In this area we find halophytes such as Salicornia, Artemisia, Beta vulgaris maritima, Salsola kali, Spergularia all of which as you know well are plant species of the Mediterranean and Atlantic coasts which are found also on the shores of the German Ocean (North Sea). You will see them on the shores of the Baltic Sea too if you make an excursion to Travemünde near Lübeck. In other parts of Middle Anatolia, in the area of Ankara for instance, you will find a well developed steppe. In such areas you will see that grasses (Gramineae) such as Stipa and Bromus which are dominant and characterising a steppe. This is a Stipa-Bromus steppe.

Since long it has been frequently discussed whether this Middle Anatolian steppe is a primary or a secondary one. Regel (1959) believes that the above mentioned Stipa-Bromus steppe and the halophyte steppe around the Great Salt Lake are primary. Walter (1955), however, on account of his researches, considers the Ankara steppe as recent and therefore comes to the conclusion that it is secondary. It seems to me that Walter has good reasons and arguments for his thesis.

You already know the famous capital of the Hittites, Boğazköy (Hattusa). This capital was excavated by the German archaeologist Prof. Bittel now president of all archaeological institutes. Nowadays the district of Hattusa shows the same character as that of Ankara, a Stipa-Bromus steppe, but in a former pond near Boğazköy archaeologists digged out the bones and horns of animals such as deers which live today in alluvial forests.

The German Professor Herre (Kiel) diagnosed these relicts and came to the conclusion that about three thousand or more years ago the natural

vegetation in the district of Boğazköy was absolutely different from the present one. According to him Alnus and Betula were prevailing in old times.

Anthropogenous and zoogenous influences changed the climatic and the floristic aspect of the landscapes of Middle Anatolia in a radical and unfortunately irreversible way.

Now let us have a look on West Anatolia. West Anatolia faces the Marmara and the Aegean Sea. It includes the following landscapes: Bithynia in the North, Mysia with Pergamon, Lydia with İzmir, Sardes and Ephesus, and Karia with Halikarnassos (Bodrum) Marmaris and Fethiye in the South. As you see most of the names of places I use are ancient because I know well that they are well known to you from ancient history that is from Ionian and Roman times.

In contrast to the Black Sea and the Mediterranean coasts the coast of West Anatolia is not a closed coast (Anschlussküste). The Marmara and the Aegean areas have an open coast that is the different mountain chains extend from West to East and approximately vertical to the coast line. Between these mountain ranges we have more or less wide inter-mountainous plains. The rivers Skamandros near Troy, Gediz Çay or Hermos, Küçük Menderes or Kaystros and Büyük Menderes or Maeander all have their sources in the high plateau of Central Anatolia. They flow East to West. The plains on both sides of these rivers are filled up with alluvial deposits. In these plains with virgin soil (alluvial sedimentation) we find a flourishing agriculture where by means of artificial irrigation and sometimes artesian wells as in Lydia valuable cultural plants are cultivated. For example in Bithynia and Mysia, Nicotiana tabacum (tobacco), Zea mays (corn), Quercus aegilops (valonia), Prunus persica (peaches), Prunus armeniaca (apricots), Vitis vinifera (grapes), etc. are grown. In Lydia and Karia grapes, especially Sultanine grapes, tobacco, Gossypium herbaceum (cotton), Ficus carica (figs) are grown. Figs are famous and abundantly grown between İzmir and Aydın. The citrus fruits grown in these areas are Citrus sinensis (oranges), Citrus nobilis (mandarines), Citrus limonum (lemons) and Citrus amara (Sevilla oranges).

But what is the natural vegetation here? According to Schwartz (1935) the vegetation in the area of İzmir is absolutely Mediterranean, that is we do not find any Pontic influences here. In order to understand this interesting phenomenon let us have a look on a climate map. According to Kö Pen (1930) we have an olive-climate in the Aegean area. The summers here are hot and dry, while winters are mild and rainy. The Aegean area receives a maximum rainfall in October/November. The months July, August and September leave scarvela any rain. The average annual rainfall in the Aegean area amounts to about 709.12 mm according to 1929 to 1958 surveys made.

In West Anatolia the maximum rainfall is in autumn. In Central Anatolia it is in spring. As you know from autumn till springtime the Mediterranean is under the influence of the Western Wind Drift. In

summer the Horse Latitudes determine the Mediterranean climate. In the following chapter let us have a look on the rivers and on the river valleys of West Anatolia.

(1) Gediz Çay or Hermos: this river is about 300 km long; its sources are high up in Akdağ Mountain. The floods of this river irrigate the fertile plains of Alaşehir, Akşehir and Manisa. Its valley is filled up with alluvion. Artificial irrigation and especially drainage systems allow the cultivation of grapes, cotton and tobacco in the above mentioned plains.

(2) Küçük Menderes or Kaystros: this river rises in Bozdağ Mountain and is about 130 km long. Like Gediz Çay and Büyük Menderes it carries with it plenty of sedimentary material such as sand, clay, loam, etc. The speed of sedimentation that is going on here can be studied in an excellent way in Ephesus. In ancient times, that is in İonian, Hellenistic and Roman times, Ephesus was one of the most important ports of the Mediterranean Sea. It was situated at the mouth of the river Kaystros. This river flowed into the Gulf of Ephesus. Nowadays this former gulf is completely filled with sediments. It takes about 6 km to reach the new mouth of the river from the ruins of Ephesus.

(3) Büyük Menderes or the famous Maeander: this river is about 380 km long. It rises in the mountains between Acı Göl (Bitter Lake or Bitter Sea) and Burdur Gölü (Burdur Lake or Burdur Sea). It flows from East to West and carries more water into the Aegean Sea than Gediz Çay and Küçük Menderes. Its valley about 20 km in width is a big level plain the soil of which is very fertile.

In the valleys of Küçük Menderes or Kaystros and Büyük Menderes or Maeander cotton cultivation is prevailing.

In the valley of Büyük Menderes we find the ruins of Miletus situated about 15 km inland. Like Ephesus, Miletus was also one of the most important sea ports of the Mediterranean Sea. What we said about Ephesus above could be repeated for Miletus too.

Now let us have a short look on the essential plant formations we see in the Aegean area.

(1) Littoral plants: the shores of the Aegean Sea are generally naked rocky slopes. Sometimes, however, they are surrounded by a narrow ribbon of yellow sand and gravel. At the mouths of the rivers mentioned above we see well developed Halophyte associations. They are distributed on an area which amounts to thousands of hectares. Researches made by some members of our Botany Institute showed that a great number of obligatory and facultative Halophytes grow in these districts. More than 50 different species of Halophytes belonging to 20 different families were collected.

The first association neares to the sea and sometimes overflooded by salt water is Salicornia halocnemum of Salicornia-Juncus association.

From the sandy beaches around the Gulf of İzmir we collected:

Salicornia herbacea L.	Salsola kali L.
Salicornia fruticosa L.	Hordeum maritimum
Halocnemum strobilaceum Bieb.	Atriplex hastata L.
Cakile maritima L.	Nicotiana glauca Graham
Juncus acutus L.	Beta maritima L.

(2) Macchia formation: On the coasts between İzmir and İskenderun a macchia formation is distributed. In the Aegean area this formation follows inland the littoral formation. The most important representatives or the most typical plants of this formation are the following:

Cistus villosus L.	Smilax aspera L.
Cistus salviaefolius Boiss.	Asparagus acutifolius L.
Myrtus communis L.	Tamus communis L.
Laurus nobilis L.	Phyllyrea media L.
Erica arborea L.	Pistacia lentiscus L.
Erica verticillata Forsk.	Pistacia terebinthus L.
Arbutus andrachne L.	Quercus coccifera L.
Arbutus unedo L.	Quercus ilex L.
Olea europaea L.	Juniperus oxycedrus L.
Jasminum fruticans L.	Nerium oleander L.

On the banks of rivers, on the shores of creeks, on quartzous and chalky places you will be delighted by the red, pink and white colours of Nerium oleander in summer time. The true companions of this macchia formation are some herbs such as Lavandula stoechas and Thymus.

In the valleys of Gedis Çay, Küçük Menderes and Büyük Menderes and in many other places you find different races of Vitex agnus castus (Verbenaceae). The twigs of Vitex are used by the villagers to make baskets. In ancient times the seeds of Vitex were a well known anaphrodisiacum. On dry slopes, on places where the macchia formation is destroyed by biogeneous factors we find a formation called a bozkır, a carigue or a phrygana steppe. The plants of this formation are mostly shrubs; they are smaller than the typical macchia plants. They are perennial, very often thorny and their roots are buried deep into the ground. The most typical representatives of this formation are:

Poterium spinosum L. or Sanguisorba spinosa (Rosaceae)
Quercus coccifera L.
Juniperus oxycedrus L.
Lavandula stoechas L.
Thymus sp.
Salvia sp.

and plants belonging to the family Euphorbiaceae.

(3) Woods: in the woods we find here and there some fruit trees and thick leaved trees such as:

Platanus orientalis L.
Quercus aegilops L.
Morus alba L.
Morus nigra L.
Celtis australis L. and others

The most typical evergreen needle leaved trees in the Aegean area around İzmir are:

Cupressus sempervirens L. ssp. pyramidalis Targ.
Cupressus sempervirens L. ssp. horizontalis (Mill.) Gard.

We find these especially in parks, cemeteries, and along many roads. Cedrus atlantica is cultivated especially in parks.

The most important pine trees are:

Pinus pinea which is never found in forests, it is found along roads
Pinus halepensis which is seen mostly in parks and scarcely in forests
Pinus brutia which is seen in big forests; it gives us a kind of resin
Pinus nigra which is found on high mountains such as Nif Dağ

An endemic and interesting tree which we find only in the area of Muğla and nowhere else in our country is Liquidambar orientalis. We obtain a kind of resin from this tree. The resin is called styrax resin. Juglans regia, the walnut tree, the natural home of which is in the North of Turkey, finds optimal conditions for growth in some high plains of the Taurus Mountains near Burdur. It is seen at heights about 500 m above sea level. On a way from Burdur to Antalia, when you pass the Taurus Mountains, you see on both sides of the excellent highway thousands and thousands of wonderfully shaped walnut trees distributed on the fields where especially wheat is cultivated.

In the vast level plains facing the Aegean Sea, and in the valleys too, Glycyrrhiza glabra (Papillionaceae) grows profusely. As you know the rhizomes of this plant contain glycyrrhizin which is used by pharmacies for different purposes.

5. J. C. FREDERIKS – *Die Bedeutung von Spurenelementen für die Wurzelbildung.*

6. RAYMOND WEIBEL – *Contribution à l'étude de la végétation des terrains d'alluvion: La Boucle du Rhône de Cartigny (Genève).*

En 1940, le cours du Rhône a été rectifié en aval de Genève à la suite de travaux de génie civil, la végétation riveraine d'un méandre appelé la Boucle du Rhône de Cartigny a subi dès lors de profondes modifications. Plusieurs séries de carrés permanents ont été établis dans cette localité. Ils ont fait l'objet, en 1961, de relevés phytosociologiques publiés dans les Travaux de la Société botanique de Genève N° 7 (1962–1963): 31. 1964.

Ils font ressortir une zonation très nette de la végétation, le développement rapide de boqueteaux d'*Alnus incana*, de *Populus nigra*, de buissons de *Salix elaeagnos*, ainsi que la colonisation du sol d'une partie des plages par des éléments des prairies sèches.

7. G. GAGNEBIN – *Observation d'une phénocopie intéressante, les bourgeons de Brassica oleracea var. gemmifera Zen.*

8. ALOYS DUPERREX (Genève) – *Déficit de saturation hydrique de Coleus blumei Benth. «Golden Bedder» cultivé dans différents milieux.*

Le point de flétrissement correspond à la quantité d'eau contenue dans un sol lorsque la totalité de l'eau utilisable par les plantes a disparu. Il se mesure de plusieurs façons, mais la seule méthode valable est celle qui fait appel à une plante-test. Après avoir expérimenté les plantes-tests classiques (Helianthus, etc.), nous avons constaté qu'elles ne permettent pas de mesurer le point de flétrissement des terres acides, salines, etc.

Après différents essais, nous avons adopté le Coleus blumei Benth. «Golden Bedder».

Le point de flétrissement est atteint, lorsque les deux feuilles de l'étage inférieur de la plante-test, placée dans la terre, commencement à s'abaisser (flétrissement temporaire). Lorsqu'on calcule la quantité d'eau se trouvant dans les terres au point de flétrissement, par rapport au poids de la terre séchée à 105°, on obtient les chiffres suivants: tourbe, 110%, terreau de feuilles peu décomposées, 50%; terre agricole, 20%; limon, 5%; sable, 1,5%.

Les chiffres résultant des mesures du point de ressuyage, c'est-à-dire de l'eau contenue dans les terres lorsque celles-ci sont imbibées d'eau, donnent les chiffres ci-après: tourbe, 440%; terreau de feuilles peu décomposées, 109%; terre agricole, 33%; limon, 22%; sable, 7%. Comme l'eau utile pour les plantes est représentée, théoriquement, par la différence entre ces deux chiffres, on serait tenté de croire qu'il y a entre ces terres des réserves d'eau très différentes; ainsi, les plantes disposent de 330% d'eau utile dans la tourbe mouillée (par rapport au poids de la terre séchée), tandis que le sable n'en dispose que de 5,5%.

En fait, les expériences montrent qu'il n'en n'est pas tout à fait ainsi. En cultivant des plantes de même grandeur dans 11 sols différents, nous avons constaté que lorsque les plantes sont toutes copieusement arrosées et qu'on les laisse à elles-mêmes, elles atteignent le point de flétrissement presque toutes dans le même laps de temps. Les plantes placées dans le sable ne sont pratiquement pas plus longtemps turgescentes que celles se trouvant dans la tourbe.

Nous avons été amenés à calculer la quantité d'eau nécessaire pour rétablir la turgescence.

Lorsqu'on soumet des Coleus en pots à des régimes hydriques précis, on s'aperçoit que la croissance des plantes est approximativement la

même avec tous les sols. Les Coleus cultivés dans les 11 terres et soumis à des régimes hydriques correspondant à 80 mm et 160 mm d'eau par mois, donnent des plantes dont la hauteur est sensiblement égale; on ne constate même pas de différence significative entre la tourbe et le sable.

Si l'on détermine le déficit de saturation hydrique des Coleus se trouvant au point de flétrissement temporaire

$$\frac{\text{contenu saturé} - \text{contenu observé}}{\text{contenu saturé}} \cdot 100$$

on s'aperçoit que les plantes ont perdu en moyenne 7% de leur eau.

Celles qui sont fortement flétries, c'est-à-dire qui se trouvent au point de flétrissement permanent en ont perdu environ 15%.

Si l'on prend le chiffre moyen d'un déficit d'eau de 10%, il est facile de calculer la quantité d'eau perdue par les plantes, lorsque celles-ci se trouvent dans un état de flétrissement bien visible.

Ainsi, un Coleus turgescent pesant 10 g, contient 9,3 cm^3 d'eau; son déficit de saturation hydrique est donc de 0,93 cm^3 d'eau.

Nous avons essayé de déterminer les quantités d'eau minima à donner à une plante flétrie pour rétablir sa turgescence, ceci dans différentes terres. Pour cela, nous avons cultivé des Coleus dans les plus petits récipients possibles avec différentes terres. En laissant ensuite les plantes se faner, nous avons rétabli la turgescence en mesurant la quantité d'eau apportée. Pour des plantes présentant un déficit de saturation hydrique de 0,56 cm^3, nous avons pu rétablir la turgescence avec un apport de 0,65 cm^3 d'eau par plante, dans des sols aussi opposés que la tourbe et le sable.

En calculant la quantité d'eau utile dans les terres, non pas par rapport au poids de la terre séchée à 105%, mais par rapport à un volume donné en tenant compte de la densité du sol, on constate que les réserves en eau des terres sont toujours de l'ordre du $\frac{1}{3}$ du volume. (1 dm^3 de tourbe humide contient 339 cm^3 d'eau et 1 dm^3 de sable 310 cm^3.)

En conclusion, on s'aperçoit que si une même espèce de plante se flétrit pratiquement en même temps dans des types de sols très différents, elle reprend sa turgescence, dans ces sols, avec des quantités d'eau qui sont également les mêmes.

9. G. COMBÉPINE – *Aperçus du métabolisme du groupe glycine – sérine chez Neurospora crassa.*

Voir article intitulé: «Recherches sur la Biosynthèse de la glycine chez Neurospora crassa, type sauvage et mutants.» Pathologia et Microbiologia *28* (volume spécial des Comptes rendus du Congrès de la Société Suisse de Microbiologie, 1965) et quelques résultats inédits.

10. P. HAINARD – *Répartition de Abies alba Miller sur l'adret valaisan.*

11. R. BACHOFEN und J. SCHÜRMANN (Institut für Allgemeine Botanik der Universität Zürich) – *Möglichkeiten der Auswertung von Translokationsversuchen mit Hilfe von Computern.*

I. Einleitung

Schon seit mehr als hundert Jahren ist das Studium der Translokation von Assimilaten in Pflanzen Gegenstand von Forschungen (1, 2, 3). Nachdem grundlegende Erkenntnisse über den Ort und die Art der transportierten Assimilate gewonnen werden konnten, interessierte auch die Frage der Transportgeschwindigkeit dieser Substanzen (3, 4). Diese Arbeiten lassen sich in zwei Hauptrichtungen unterteilen:

1. Bestimmung der Transportgeschwindigkeit durch Berechnung mit Hilfe von Messungen und Schätzungen, wie z. B. Leitbündelquerschnitt, Konzentration des Siebzellensaftes und der Menge der assimilierten Substanzen (4).

2. Bestimmung der Translokationsgeschwindigkeit durch direkte experimentelle Messungen: z. B. Ausbreitungsgeschwindigkeit von Viren in Pflanzen (5), Transportgeschwindigkeit von Fluoreszein (6) und Auxinen, Anwendung von Isotopen (7, 8, 9).

Die meisten Arbeiten differenzieren nicht zwischen Transportgeschwindigkeiten in den verschiedenen Pflanzenabschnitten. Kursanov (10) deutet jedoch an, dass verschiedene Geschwindigkeiten in den einzelnen Stengelabschnitten möglich sind. Schon vor einigen Jahren (11) konnte gezeigt werden, dass die von vielen Autoren beschriebene logarithmische Abnahme der Isotopenkonzentration im Stengel (12, 8) auch dann erhalten bleibt, wenn seitliche Organe, wie Früchte, den grössten Teil der vorbeifliessenden Assimilate den untersuchten Leitungsbahnen entziehen, und wir deuteten damals die Möglichkeit einer ungleichen Transportgeschwindigkeit in den einzelnen Stengelabschnitten an (11).

In der folgenden Arbeit soll versucht werden, das Problem verschiedener Transportgeschwindigkeiten in den einzelnen Abschnitten der Sprossachse von der rechnerischen Seite her zu betrachten.

II. Experimentelle Grundlagen

Das jüngste vollentwickelte Blatt der Versuchspflanze (Phaseolus multiflorus, 6–7 Wochen alt) wurde mittels einer Küvette mit $^{14}CO_2$ gefüttert. Nach Versuchsabbruch wurde die Pflanze in die einzelnen Stengelabschnitte und die seitlichen Organe zerlegt, getrocknet und die Aktivität der einzelnen Teile gemessen.

III. Ergebnisse der Experimente

a) Zeitabhängigkeit der Aktivität im Stengel des gefütterten Blattes

Die Zunahme der Aktivität nach der Fütterung wurde am Stiel des gefütterten Blattes durch Anlegen eines GM-Zählrohres direkt gemessen. Die s-förmige Kurve zeigt die grösste Steigung nach etwa 30 Minuten, und nach ca. 60 Minuten nähert sie sich asymptotisch einem Maximalwert, der einem Gleichgewichtszustand in der Pflanze entsprechen dürfte.

b) Verlauf der Aktivität in der Pflanze bei Versuchsabbruch (Fig. 1)

Wie in der Einleitung erwähnt, nimmt die Aktivität in der Sprossachse logarithmisch ab; auch wenn seitliche Organe wie Früchte einen Teil der vorbeifliessenden Aktivität aufnehmen, bleibt die logarithmische Abnahme weitgehend erhalten.

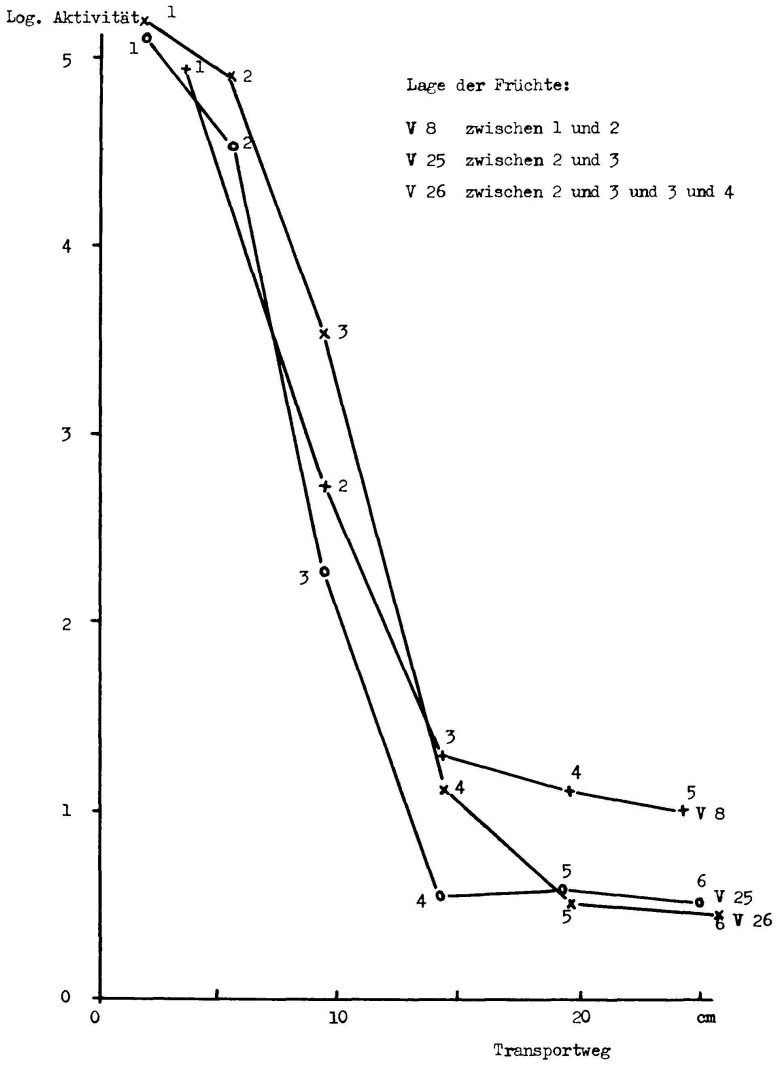


Abbildung 1

IV. Formulierung des Modells für die Berechnung der Translokationsgeschwindigkeit

a) Grössen, die zur Berechnung der Translokationsgeschwindigkeit dienten
Experimentelle Werte:

SA = von der Pflanze total aufgenommene Aktivität
Ta = Aktivität der einzelnen Pflanzenteile
l = Länge der Internodien

d = Durchmesser der internodialen Sprossabschnitte
β = Anteil der bei einem Nodium in der Achse weitertransportierten Aktivität, berechnet aus den Teilaktivitäten (vgl. Fig. 2 links oben)

Geschätzte und variierte Grössen:

α = irreversible Diffusion aus dem Leitgewebe
γ = rückfliessendes Wasser aus den seitlichen Organen (bei Blättern wurde kein Rückfluss angenommen, in diesem Fall = 1)
Lf = Anteil der Fläche des Leitgewebes am Stengelquerschnitt (Schätzung auf Grund von Messungen an Querschnitten gleichaltriger Pflanzen)

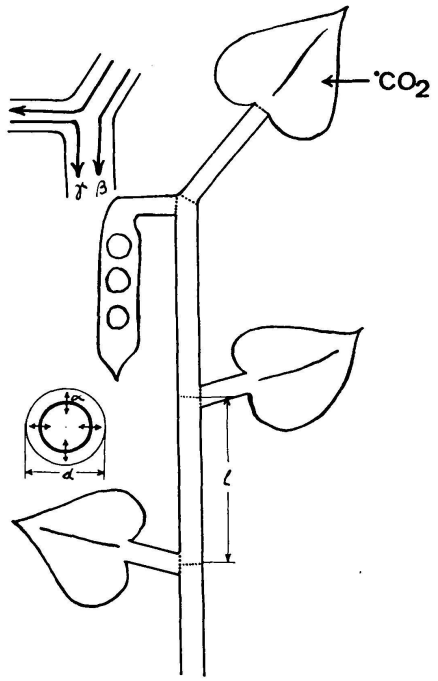


Abbildung 2

b) Mathematische Formulierung

In diesen Ausführungen soll aus zeitlichen Gründen auf die Ableitung der Formeln verzichtet werden. Es gelangen nur einige wichtige Formeln zur Darstellung[1].

Der Aktivitätsverlust Av durch Diffusion in einem internodialen Abschnitt des Sprosses ist abhängig vom Diffusionskoeffizienten α, der Länge des Internodiums l, dem Anteil der Fläche des Leitgewebes am Stengelquerschnitt Lf und der Translokationsgeschwindigkeit v:

$$Av = f(\alpha, l, Lf, v)$$

[1] Dr. Max Engeli, Institut für Angewandte Mathematik der ETH, Zürich, sei an dieser Stelle für die Mitarbeit bei der Ableitung der Formeln bestens gedankt.

Der Aktivitätsverlust Av beträgt in einem bestimmten Internodium:

$$Av = SA(1-e^{-q})+e^{-q}\cdot l\cdot Lf\cdot c_1$$

$$\text{wobei } q = \frac{\alpha\cdot ul\cdot l}{Lf\cdot v}$$

c_1 = Konzentration beim Eintritt ins Internodium
ul = Umfang des Leitgewebes

Die Austrittsaktivität Aa eines Internodiums ist gleich der Differenz der Eintrittsaktivität Ea und dem Aktivitätsverlust Av, allgemein:

$$Aa_n = Ea_n - Av_n$$

Bei Nodien mit einer Frucht liegen die Verhältnisse komplizierter. Ein Teil der Austrittsaktivität Aa_1 des oberhalb der Frucht gelegenen Internodiums gelangt in die Frucht. Auf Grund der Tatsache, dass in Früchten eine bedeutende Assimilatakkumulierung zu beobachten ist, die Transpiration der Früchte aber klein ist, wurde ein Faktor γ für die Grösse des rückfliessenden Wassers aus den Früchten in die Leitgewebe der Sprossachse in die Formulierung des Modells angenommen (vgl. Fig. 2, links oben). Der Betrag der Aktivität, der ins nächste Internodium gelangt, beträgt β.

Somit kann die Eintrittsaktivität Ea_2 ins Internodium, welches an die Verzweigung einer Frucht nach unten anschliesst, wie folgt formuliert werden:

$$Ea_2 = Aa_1\cdot\beta$$

Die Konzentration beim Eintritt ins nächste untere Internodium (c_2) ist abhängig vom Quotienten q, von der Eintrittskonzentration in das vorhergehende Internodium (c_1) und von γ.

$$c_2 = \frac{c_1\cdot q}{\gamma}$$

V. Simulierte Verteilung der Aktivität und Berechnung der Translokationsgeschwindigkeit in den verschiedenen Internodien bei gegebener Anfangsgeschwindigkeit

Mit Hilfe der erhaltenen Formeln können unter Verwendung der im Experiment gefundenen Werte SA, β, l, ul, unter Variierung der angenommenen Werte Lf, α, γ und einer gegebenen Translokationsgeschwindigkeit v_1 im Blattstiel des gefütterten Blattes die Aktivitätsverteilung sowie die Translokationsgeschwindigkeiten in den folgenden Internodien berechnet werden. Die gegegebene Translokationsgeschwindigkeit im Blattstiel wird ebenfalls variiert (Grenzen: 25–250 cm/h). Die durch Simulation errechneten Teilaktivitäten für die verschiedenen Internodien werden mit den entsprechenden experimentellen Werten verglichen und,

falls innerhalb einer bestimmten Streuungsgrenze liegend, für die weiteren Betrachtungen berücksichtigt. Die vorangehenden Darlegungen deuten das Ausmass des rechnerischen Aufwandes an, der notwendig ist, um derartige Modelle mit mehreren variablen Grössen durchzurechnen (durchschnittlich 5000 vollständige Berechnungen pro Versuch).

a) Einfluss der variablen Grössen auf die Aktivitätsverteilung in den Internodien

Folgende Faktoren bewirken eine starke Abnahme der Teilaktivitäten *Ta* nach unten:
- grosser Diffusionskoeffizient α
- grosse Leitfläche *Lf* (einerseits erhöhte Diffusion durch Vergrösserung der Diffusionsfläche, anderseits längere Diffusionszeit durch bedingte kleinere Translokationsgeschwindigkeit)
- kleine Translokationsgeschwindigkeit *v*

Kleiner Diffusionskoeffizient α, kleine Leitfläche *Lf* und grosser Faktor γ (bedingt grosse Translokationsgeschwindigkeit in den folgenden Internodien) führen zu einer kleinen Aktivitätsabnahme in den unteren Internodien.

b) Wirkung der variablen Grössen auf die Translokationsgeschwindigkeiten in den untern Internodien

Wirkung von *Lf*

Bei konstanten α und γ bewirkt der zunehmende Querschnitt des Leitgewebes *Lf* eine Änderung des Verhältnisses der Geschwindigkeiten der Internodien ($v_1 : v_2 : v_3$) (wobei v_1 = Geschwindigkeit des obersten Internodiums). Bei zunehmendem *Lf* werden die Geschwindigkeiten in den untern Internodien kleiner.

Wirkung von α (Tab. 1)

Tabelle 1

Die Auswirkung der Änderung von α

	Versuch 8 *Lf* 0,0132 γ 20				*Versuch* 25 *Lf* 0,0132 cm^2 γ 2		
α	v_1	v_2	v_3	α	v_1	v_2	v_3
0,0011	25	33	61	0,00005	50	110	0,49
0,0032	50	66	122	0,00016	75	165	0,73
	|	|	|		|	|	|
	75	100	184		150	330	1,47
0,0097	150	200	368	0,00049	150	330	1,47
	|	|	|		|	|	|
	250	333	614		250	550	2,44

Bei Variation von α bleibt das Verhältnis ($v_1 : v_2 : v_3$) konstant, da α in allen Internodien gleich ist. Damit die Aktivitätsverteilung innerhalb der gegebenen Streuungsgrenzen liegt, kann ein grosses α durch eine hohe Anfangsgeschwindigkeit v_1 kompensiert werden.

Wirkung von γ

Die Variation von γ wirkt sich stark auf die Translokationsgeschwindigkeit des folgenden Internodiums aus, hat aber auch grossen Einfluss auf die Aktivitätsverteilung, so dass bei Extremwerten von γ meist keine Aktivitätsverteilung gefunden wird, welche in die gegebenen Streuungsgrenzen passt.

VI. Diskussion und Zusammenfassung

Von den umfangreichen Ergebnissen sind in diesem Referat nur einige wenige Resultate dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung und Interpretation aller Ergebnisse übersteigt den Rahmen dieser Ausführungen und soll später folgen.

Die Berechnungen auf Grund des angenommenen Modells geben Aufschluss über mögliche Kombinationen der variablen Grössen. Die Ergebnisse erlauben auch Hinweise auf die wahrscheinlichen Werte; eine direkte experimentelle Bestimmung von α und γ ist jedoch noch nicht gelungen.

Die Untersuchungen über verschiedene Geschwindigkeiten des Assimilattransportes im Leitgewebe von Bohnen haben gezeigt, dass sie in den einzelnen Internodien stark variieren müssen. Allgemeine Gesetzmässigkeiten, wie z. B. die Geschwindigkeitszu- oder -abnahme nach unten, konnten an den bisher untersuchten 30 Pflanzen nicht gefunden werden.

LITERATUR

1. *Hartig Th.:* Allg. Forst-u. Jagdz. *36*, 257–261 (1860).
2. *Hanstein J.:* Jahrb. Wiss. Bot. *2*, 392–446 (1860).
3. *Mason T. G., Lewin C. J.:* Proc. roy. Dublin Soc. *18*, 203–205 (1926).
4. *Crafts A. S.:* Plant Physiol. *6*, 1–41 (1931).
5. *Severin H. H. P.:* Phytopath. *14*, 80–93 (1924).
6. *Schumacher W.:* Jahrb. Wiss. Bot. *77*, 685–732 (1933).
7. *Colwell R. N.:* Amer. J. Bot. *29*, 798–807 (1942).
8. *Vernon L. P., Arnoff S.:* Arch. Biochem. Biophys. *36*, 383–398 (1952).
9. *Biddulph O., Cory R.:* Plant. Physiol. *32*, 608–619 (1957).
10. *Kursanov A. L.:* Internat. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Proc. 12, 165–169 (1956).
11. *Bachofen R.:* Vjschr. naturforsch. Ges. *107*/2, 41–47 (1962).
12. *Canny M. J.:* Biol. Rev. *35*, 507–532 (1960).

12. DORA RAST und R. BACHOFEN (Zürich) – *CO_2-Fixierung in Agaricus bisporus*[1].

Einleitung

1933 zeigte Lambert (1), dass Kohlendioxyd einen morphogenen Einfluss auf wachsende Fruchtkörper des Kulturchampignons ausübt, wobei 0,3 Vol.% CO_2 in der die Sporokarpen umgebenden Luft eine ausgeprägte Förderung des Stielwachstums und eine Reduktion der Hutgrösse hervorrufen. Bekannt ist auch die bei einer grossen Anzahl von Pilzen festgestellte fruktifikationshemmende Wirkung erhöhter CO_2-Drucke; sie ist in den letzten Jahren von Tschierpe (2) bei *Agaricus bisporus* im Detail untersucht worden.

Eine kausale Erklärung für den wachstumsregulierenden Effekt von Kohlendioxyd auf Hutpilze steht aus; man wird jedoch kaum fehlgehen mit der Annahme, diesen einer stoffwechselphysiologischen Wirkung des CO_2 zuzuschreiben.

Nachdem wir 1961 auf Grund von Gaswechselmessungen und RQ-Bestimmungen auf die Möglichkeit intensiver CO_2-Fixierung im Plektenchym des Kulturchampignons aufmerksam gemacht hatten (3), lieferte Le Roux (4) hiefür den direkten Beweis, indem er in Sporokarpen, welche einer $^{14}CO_2$ enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt worden waren, u.a. radioaktive organische Säuren nachweisen konnte.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Orte potentieller CO_2-Fixierung im Kulturchampignon festzustellen und so die biochemischen Ausgangspunkte für die morphogene und fruktifikationshemmende Wirkung von CO_2 auf diesen Organismus aufzuzeigen, mit der weiteren Absicht, auf diese Weise dem stofflichen Prinzip für die Kontrollfunktion des Kohlendioxyds im Lebenszyklus einiger Eumyceten näherzukommen.

Als primäre CO_2-Akzeptoren wurden Pyruvat, Phosphoenolpyruvat (PEP), Ribulose-1, 5, -diphosphat (RuDP) und Azeton in Betracht gezogen. Während Pyruvat und PEP bei Pflanzen der verschiedensten Herkunft als CO_2-Akzeptoren fungieren können, ist die Karboxylierung von RuDP sehr wahrscheinlich ein Charakteristikum der grünen Pflanzen.

Nach Siegel (5) kann *Rhodopseudomonas gelatinosa*, ein photosynthetisches Bakterium, Azeton metabolisieren. Die erste Reaktion hiezu besteht in der Synthese von Azetoazetat, unter Verwendung von Lichtenergie. Nachdem Lockard (6) das Auftreten von Azeton im Stoffwechsel von *A. bisporus* gezeigt hat, muss es interessant sein zu untersuchen, ob Azeton auch in diesem Organismus karboxyliert werden kann. Gelänge ein solcher Nachweis, so würde es sich um eine für heterotrophe Pflanzen neue Karboxylierungsreaktion handeln.

Material und Methoden

Zur Herstellung des Enzymrohextraktes bedienten wir uns folgender Methode: Das Material (kleine Fruchtkörper) wird in flüssigem Stick-

[1] Vorläufige Mitteilung. Arbeit ausgeführt mit finanzieller Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und der Firma E. Hauser, Champignonlaboratorium, Gossau ZH.

stoff im Mörser zerrieben, mit Trispuffer versetzt und die jetzt pulvrige, weisse Masse bei 26000 g zentrifugiert. Das so präparierte, mit $NaH^{14}CO_3$ versehene und bei 37° in offenen Reagensgläsern inkubierte Homogenat ist bereits zur CO_2-Fixierung befähigt; ohne Zugabe von Kofaktoren und CO_2-Akzeptoren ist die in organische Substanz eingebaute Radioaktivität jedoch gering.

Am Ende der Inkubationszeit stoppt man die Reaktion durch Hinzufügen von Trichloressigsäure ab und entfernt das nicht fixierte $^{14}CO_2$ mittels Durchblasen von Luft. Die Suspension wird zentrifugiert und vom Überstehenden ein Aliquot zur Radioaktivitätsmessung verwendet. Das Verfahren ist an anderer Stelle im Detail beschrieben (7).

Die Identifikation der CO_2-Fixierungsprodukte erfolgte papierchromatographisch, und deren Gehalt an ^{14}C wurde direkt auf dem Papier ermittelt. Eine ausführliche Darstellung des Verfahrens wird anderswo gegeben (8).

Für sämtliche Radioaktivitätsmessungen diente ein Szintillationszähler (Nuclear Chicago Model 724).

Versuchsergebnisse

Nachdem mit Ausnahme der Karboxylierung von RuDP in allen geprüften Fällen der Nachweis einer CO_2-Fixierung gelungen war, wurden Optimalinkubationsmedien für die verschiedenen Akzeptoren ausgearbeitet.

Die optimale Substratkonzentration ist 5 µM (pro 2 ml Reaktionsmedium) im Pyruvat-, 20 µM im PEP- und 200 µM im Azetonsystem. Die entsprechenden Zahlen für die HCO_3^--Konzentrationen betragen 40–50 µM bei Zugabe eines exogenen Akzeptors, während die CO_2-Fixierung durch den endogenen Akzeptor ihr Maximum bei einer Bikarbonatkonzentration von 90 µM aufweist.

Einige weitere Charakteristika der untersuchten Karboxylierungsreaktionen werden in der Tabelle dargestellt:

Tabelle 1

pH-Optima und Kofaktorenbedürfnisse von Karboxylierungsreaktionen in Agaricus bisporus

System	*pH-Optimum*	Mn^{2+}	Mg^{2+}	ATP	TPNH	CoA	GSH
Pyruvat	7,0	5 µM	—	—	+		—
Phosphoenolpyruvat	8,5	+	10 µM				—
Azeton	8,5	+	3 µM	5 µM	—	0,1 µM	+
endogen	7,5	1 µM	+	5 µM	—	+	+

Zahlenangaben: Optimum pro 2 ml Reaktionsmedium
+ = steigernde Wirkung, aber Optimum nicht bestimmt
— = keine steigernde Wirkung
Keine Angabe: nicht untersucht

Das Pyruvatsystem ist ausgesprochen Mn^{2+}-spezifisch; Mg^{2+} und ATP rufen keine Steigerung der CO_2-Fixierung hervor, während reduziertes TPN leicht stimulierend wirkt. Wenn das Inkubationsmedium PEP als CO_2-Akzeptor enthält, kann als Kofaktor entweder Mg^{2+} oder Mn^{2+} verwendet werden; die beiden Kationen sind etwa gleich wirksam.

Das Azetonsystem zeigt starke Abhängigkeit von ATP und Mg^{2+}, wobei Mn^{2+} letzteres fast gleichwertig zu ersetzen vermag. CoA wirkt leicht steigernd, und es besteht ein ausgesprochenes Bedürfnis für ein reduzierendes Agens in Form von Glutathion, während Cystein wirkungslos bleibt oder sogar Hemmung hervorruft. Auch die endogene Fixierung erfährt durch ATP, CoA und GSH eine Stimulierung; Mn^{2+} erweist sich hier aber als ein besserer Kofaktor als Mg^{2+}.

Mit Pyruvat als Akzeptor ist die CO_2-Fixierungsintensität des Reaktionsmediums bei pH 7,0 maximal, während man in Gegenwart von PEP eine breite Aktivitätskurve erhält, die von pH 6,5 bis 8,5 ansteigt und nachher rasch abfällt. Für die endogene Fixierung ergibt sich eine sehr flache pH-Kurve von 6,5 bis 9,0, mit einem distinkten Optimum bei 7,5. Nach *Abbildung 1* weist die Karboxylierungsintensität in Gegenwart von Azeton zwischen pH 8,0 und 8,5 ihr Maximum auf.

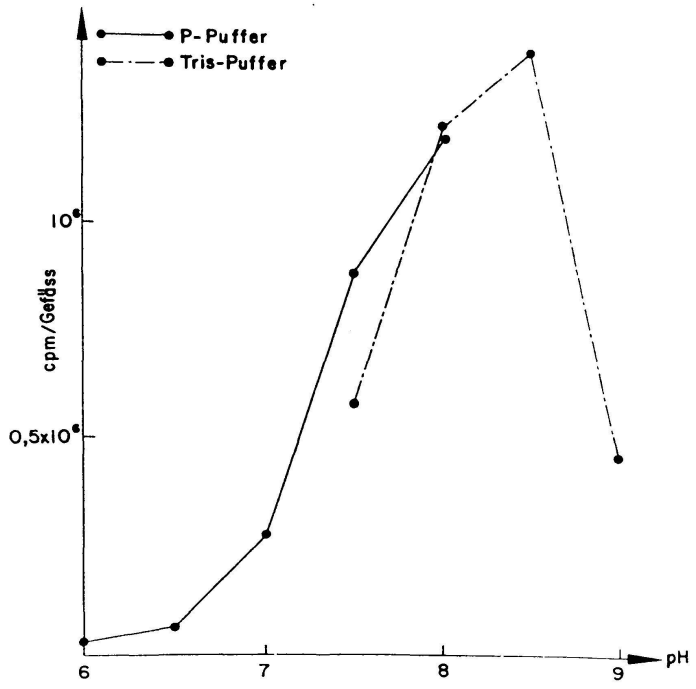


Abbildung 1
pH-Aktivitätskurve des Azetonsystems

Auf Grund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen ist das Vorhandensein von Malatenzym, PEP-karboxykinase oder -karboxylase sowie eines azetonkarboxylierenden Enzyms in *A. bisporus* wahrscheinlich gemacht worden. Da ein solches Ferment nicht bekannt und das Phänomen der CO_2-Fixierung durch Azeton für heterotrophe Pflanzen über-

haupt nicht beschrieben ist, werden noch weitere Versuche notwendig sein für den Beweis, dass dieses Keton, welches ja allgemein als Endprodukt des pflanzlichen Metabolismus gilt, durch Karboxylierung wieder in den Stoffwechsel eintreten kann. Die endogene Fixierung weist gewisse Ähnlichkeiten mit der CO_2-Assimilation in Gegenwart von Azeton auf.

Obschon als primäre Reaktionsprodukte der Karboxylierung von Pyruvat, PEP und Azeton Malat, Oxalazetat und eventuell Azetoazetat zu erwarten sind, erhält man in allen Fällen Aspartat, Malat und Fumurat.

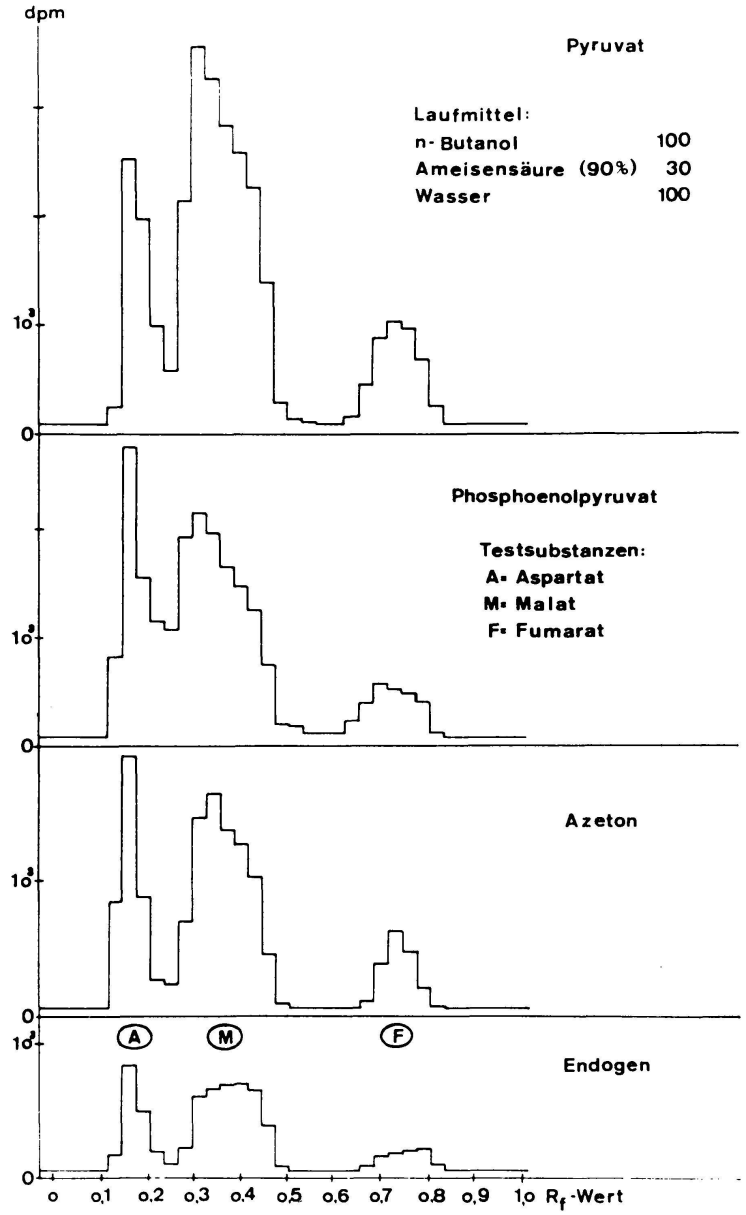


Abbildung 2

Radiochromatogramme der CO_2-Fixierungsprodukte

Aus Abb. 2 ist ersichtlich, dass die Endprodukte, unabhängig vom jeweiligen CO_2-Akzeptor, qualitativ identisch sind. Der für die hier beschriebenen Versuche verwendete Enzymrohextrakt muss also ausser Malatenzym, PEP-karboxykinase oder PEP-karboxylase und dem azetonkarboxylierenden Enzym noch Malatdehydrogenase, Fumarase und eine Transaminase enthalten. Abb. 3 gibt diese Zusammenhänge in einem Schema wieder:

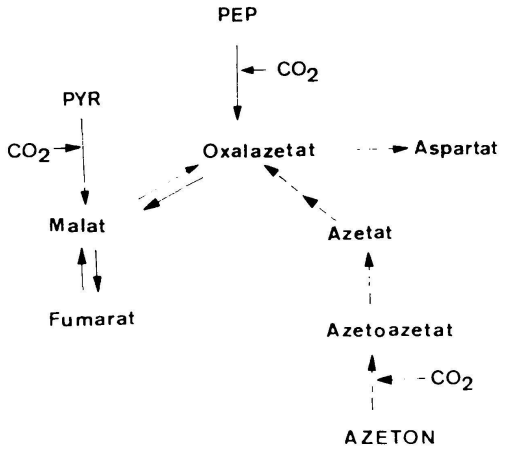


Abbildung 3

Schema der durch Homogenate von A. bisporus katalysierten Reaktionen

Das durch Karboxylierung von Pyruvat gebildete Malat steht einerseits mit Fumarat im Gleichgewicht, andererseits wird unter Einwirkung von Malatdehydrogenase aus Malat Oxalazetat und hieraus durch Transaminierung Aspartat gebildet. Dass mit PEP als CO_2-Akzeptor an Stelle von Oxalazetat ebenfalls Fumar-, Äpfel- und Asparaginsäure gefunden werden, steht mit dieser Erklärung im Einklang. Azetoazetat könnte durch eine Reihe von in andern Organismen beschriebenen Reaktionen in Oxalessigsäure übergeführt werden.

Nachdem die vorliegenden Untersuchungen mögliche biochemische Ausgangspunkte für den Einfluss von Kohlendioxyd auf die Morphogenese der Fruchtkörper von Hymenomyceten aufgezeigt haben, müssten nun stoffwechselphysiologische Experimente darüber entscheiden, inwiefern CO_2-Fixierung hierbei als wachstumsregulierender Faktor in Erscheinung tritt.

LITERATUR

1. *Lambert E.B.:* J.Agr.Res. *47*, 599–608 (1933).
2. *Tschierpe H.J.* und *Sinden J.W.:* Arch.Mikrobiol. *49*, 405–425 (1964).
3. *Rast D.:* Ber.schweiz.bot.Ges. *71*, 209–301 (1961).
4. *Le Roux P.:* Mushroom Science *V*, 525–539 (1962).
5. *Siegel J.M.:* J. Biol.Chem. *208*, 205–216 (1954).
6. *Lockard J.D.:* Diss.Abstr. *23*, 2298–2299 (1963).
7. *Rast D.* und *Bachofen R.* (in Vorbereitung).
8. *Bachofen R.* und *Rast D.* (in Vorbereitung).

9° Section de zoologie

Session de la Société suisse de zoologie

Président: Prof. Dr R. MATTHEY (Lausanne)
Secrétaire: Dr J. BOVET (Lausanne)

La Société suisse de zoologie a participé au symposium du vendredi soir pour commémorer le 400e anniversaire de la mort de Conrad Gesner et à celui du samedi sur la contraction du muscle strié.

10° Section d'entomologie

Session de la Société entomologique suisse
Samedi 25 septembre 1965

Président: Dr G. MATHYS (Changins/Nyon)
Secrétaire: Dr W. MEIER (Zurich)

1. PAUL BOVEY (EPF, Institut d'Entomologie) – *Introduction aux problèmes de la diapause chez les arthropodes.*

Les différents facteurs susceptibles de déterminer la diapause, tels température, photopériode, humidité, nutrition, intensité lumineuse, génétique sont examinés. L'auteur se réfère aux études faites sur de nombreuses espèces pour démontrer le rôle qui revient à chacun de ces éléments dont l'action conjointe se reflète dans le comportenant de l'arthropode.

2. DANIEL BASSAND – *Quelques aspects de la diapause embryonnaire et de l'embryogenèse de Zeiraphera griseana Hbn.* (Thèse de doctorat EPF).

Les conséquences de la diapause sur l'embryogenèse de la tordeuse du mélèze sont discutées. L'étude porte également sur les possibilités d'une rupture de diapause à différentes températures. Les conclusions écologiques de ce travail permettent d'expliquer la dynamique des populations de l'espèce à différentes altitudes.

3. M. BOLLER (Stations fédérales d'essais agricoles, Wädenswil) – *Etude de la diapause chez Rhagoletis cerasi L.*

Bref aperçu d'observations relatives à l'hibernation de la mouche de la cerise sous forme de pupe.

4. W. VOGEL (c/o Dr Maag, produits antiparasitaires, Dielsdorf) – *Etude de la diapause chez différents ravageurs des arbres fruitiers.*

5. G. MATHYS (Stations fédérales d'essais agricoles, Changins/Nyon) – *Problèmes de la diapause chez les espèces du genre Bryobia.*

11° Section d'anthropologie et d'ethnologie

Session de la Société suisse d'anthropologie et d'ethnologie
Samedi 25 septembre 1965

Président: Prof. Dr H. HUBER (Fribourg)
Secrétaire: Mlle S. HAAS, M.A.

1. MARC-R. SAUTER (Genève) – *Sur deux crânes néolithiques trépanés*[1].

2. PIERRE MŒSCHLER (Genève) – *Corrélations anthropométriques chez les femmes de Genève (1940).*

La difficulté que l'on éprouve lorsque l'on cherche à interpréter un coefficient de corrélation, provient avant tout de la multiplicité des causes que l'on peut trouver à l'origine de sa valeur.

Nous voudrions cependant rappeler que le peu que l'on connaît de la transmission des caractères métriques suppose que ces caractères sont polygéniques et que les polygènes responsables de l'expression d'un même caractère se situent sur plusieurs chromosomes. Il est donc presque certain, en vertu des lois qui président à la répartition des gènes au sein d'une population mendélienne, qu'il ne devrait exister aucune corrélation entre ces caractères. La présence d'une corrélation revêt donc une signification toute particulière que nous allons commencer par tenter d'expliciter.

Tout d'abord elle peut être due à l'effet pléiotropique de polygènes responsables de l'expression de deux, ou de plusieurs caractères, simultanément.

Ensuite elle peut tirer son origine de la présence, au sein de la population étudiée, de plusieurs isolats différents.

Dans cette brève communication nous essayons de mettre en évidence une autre cause de corrélation, à savoir l'influence que le milieu ne manque pas d'exercer sur l'expression du génotype.

Le matériel utilisé pour cette démonstration se compose d'un ensemble de 1702 femmes de Genève, réparties en trois classes d'âge, mesurées en 1940 au cours d'une enquête séro-anthropologique.

Comme on peut s'en rendre compte sur le tableau suivant, les valeurs du coefficient de corrélation, pour les mensurations retenues, sont presque toutes significatives au seuil de 99%.

Nous pensons que la variation observée dans la valeur du coefficient est due avant tout au fait que toutes les régions du corps ne réagissent pas de la même manière à l'action du milieu. Cette action est certainement différentielle. Aussi la corrélation sera-t-elle d'autant meilleure que les

[1] Sera publié dans les Archives suisses d'Anthropologie générale.

régions mises en cause auront réagi de la même façon. A la limite, pour des régions peu variables, peu influençables, on devrait tendre à la situation évoquée plus haut: à l'absence de corrélation.

Coefficients de corrélations. 1702 femmes de Genève réparties en trois classes d'âges: de haut en bas, pour chaque couple de caractères, chez 607 individus de 20–29 ans, 673 individus de 30–39 ans et 422 individus de 40–49 ans

	Taille	Buste	Jambes	DAP
Buste	0,73	–	–	–
	0,76	–	–	–
	0,69	–	–	–
Jambes	0,86	0,30	–	–
	0,87	0,38	–	–
	0,88	0,27	–	–
DAP	0,24	0,22	0,17	–
	0,26	0,28	0,17	–
	0,32	0,27	0,25	–
DT	0,12	0,11	0,09	0,13
	0,11	0,13	0,06	0,08
	0,13	0,18	0,06	0,12

Si nous éliminons, pour la population qui fait l'objet de ce travail, les causes de corrélation énoncées au début de cette communication, et cela pour des raisons qui seront exposées ailleurs, nous constatons qu'entre les deux composantes de la taille d'une part, et celles de l'indice céphalique d'autre part, la corrélation est la plus forte entre le buste et le diamètre antéro-postérieur (DAP); la plus faible entre les jambes et le diamètre transverse (DT); qu'elle est faible entre le buste et le DT et moyenne, relativement, entre les jambes et le DAP.

Nous en déduisons que le buste et le DAP se ressemblent plus quant à la manière dont ils réagissent à l'influence du milieu, que n'importe quel autre couple de caractères parmi ceux que nous prenons ici en considération. Le buste et le DT, avec un coefficient de variation commun de 3,6, peuvent être tenus pour les valeurs les moins plastiques tandis que les jambes, coefficient de variation 5,5, le sont beaucoup plus. Cette plasticité des jambes étant responsable de la faible valeur obtenue entre elles et le DT.

En résumé l'étude du coefficient de corrélation combinée avec celle de la variance nous permet de supposer que l'influence du milieu se fait de plus en plus sentir lorsque l'on passe du DT (c.v. 3,6) au buste (c.v. 3,6) et ensuite au DAP (c.v. 4,1) et aux jambes (c.v. 5,5).

Institut d'Anthropologie de l'Université de Genève.

3. PIERRE MŒSCHLER (Genève) – *A propos de l'influence du climat sur les caractères anthropologiques.*

On sait le rôle que certains anthropologistes attribuent au climat dans la différenciation des races humaines. Sans vouloir contester le principe même d'une telle action, nous voudrions nous arrêter quelque peu sur certains des dangers que l'on peut courir lorsqu'on cherche à utiliser, pour expliquer l'évolution de populations préhistoriques, des raisonnements établis à partir de l'observation de populations actuelles.

Si le climat a pu jouer un rôle dans la différenciation de caractères tels que la forme corporelle ou la pigmentation, il a dû le tenir à un moment très reculé de l'histoire de l'humanité. Très vite la culture a dû fournir à l'homme, par le truchement du feu et du vêtement, des moyens de protection plus efficaces que ceux procurés par une quelconque modification de l'architecture corporelle. Ce qui fait que très tôt la sélection a dû rencontrer quelques difficultés pour opérer à elle seule une telle diversification.

On remarque d'autre part que l'adaptation au climat telle qu'on peut l'observer actuellement se fait avant tout par l'intermédiaire de processus de régulation physiologiques. Ces processus sont de beaucoup plus avantageux pour l'organisme que le recours à d'éventuelles modifications morphologiques. Or on ne contestera pas que la plupart des caractères qui distinguent les unes des autres les différentes races humaines appartiennent encore à cette dernière catégorie. Il nous paraît donc une fois encore que la sélection n'a pas toujours tenu le rôle important qu'on a parfois voulu lui faire jouer.

Il faut donc nous tourner vers un autre facteur d'évolution. Au moment où l'humanité en est à ses premiers balbutiements, l'homme vit certainement en groupe de chasseurs d'effectif très réduit. Ces groupes ne sont peut-être pas complètement isolés les uns des autres, du moins à certains moments de l'année. Mais ces conditions d'existence n'en doivent pas pour autant être moins favorables à la formation de véritables isolats au sein desquels la dérive génétique a dû pouvoir jouer un rôle déterminant du point de vue de leur évolution.

Rien ne s'oppose donc à ce que, dans de telles conditions, des caractères aient pu s'affirmer qui ne présentaient aucun avantage particulier dans le climat où ils se développaient. Des isolats ou des groupes d'isolats ont donc pu se trouver soudainement avantagés, par rapport aux populations avoisinantes, et cela si peu soit-il, pour aller coloniser des zones climatiques qui leur avaient été jusque-là interdites.

Il est certain que de tels avantages, que nous croyons avoir été, en ce qui concerne ceux procurés par des modifications de structure corporelle, toujours très légers, n'ont pas duré bien longtemps. La culture a dû rapidement mettre à la disposition d'autres populations les moyens propres à la conquête des mêmes espaces. Mais peut-être auront-ils duré suffisamment de temps pour permettre aux premiers occupants de développer un appareil culturel plus approprié qui leur aura permis alors de conserver l'avantage que le hasard leur avait conféré.

On ne voudra rien voir d'autre dans ces lignes que quelques réflexions qui demandent encore à être plus rigoureusement étayées. Nous craignons beaucoup cependant qu'il reste toujours très hasardeux de vouloir transposer à l'évolution des populations préhistoriques les explications que l'on ne manquera pas de trouver des processus mis en cause actuellement dans l'adaptation de l'homme aux climats qu'il peut rencontrer.

Institut d'Anthropologie de l'Université de Genève.

4. JOSEF BIEGERT (Zürich) – *Schädelbau und Evolution der Kopforgane bei Primaten.*

5. F. ANKEL (Zürich) – *Vergleichend-funktionelle Anatomie der menschlichen Wirbelsäule.*

6. W. SCHEFFRAHN (Zürich) – *Demographische Beobachtungen an den Neolithikern von Lenzburg AG.*

7. ERNST C. BÜCHI (Schaffhausen) – *Hautleisten der Fingerbeeren bei Andamanesen.*

Im Jahre 1953 besuchte ich im Auftrage der indischen Zentralregierung die Inselgruppe der Andamanen im Bengalischen Meer, um an der dortigen Pygmäenbevölkerung physische und physiologische Merkmale zu untersuchen. Bei dieser Gelegenheit nahm ich auch Finger- und Handabdrücke von 15 Grossandamanesen (7 ♂ + 8 ♀) und 43 Kleinandamanesen (25 ♂ + 18 ♀).

Die Auswertung der Fingerabdrücke zeigt, dass Grossandamanesen und Onge (Kleinandamanesen) ähnliche Musterhäufigkeiten aufweisen (Tabelle 1), so dass sie für den Vergleich mit andern Populationen in eine Gruppe zusammengefasst werden dürfen.

Tabelle 1

Musterhäufigkeiten bei Andamanesen

Gruppe		n	Wirbel	Schleifen			Bogen
				radial	ulnar	total	
Grossandaman	♂+♀	15	34,90	1,34	63,09	64,43	0,67
Kleinandaman	♂+♀	43	32,63	2,10	64,10	66,20	1,17
Andaman total	♂+♀	58	33,22	1,90	63,84	65,74	1,04
Andaman total	♂	32	31,44	2,52	64,15	66,67	1,89
Andaman total	♀	26	35,38	1,15	63,46	64,61	0

Tabelle 2
Muster-Indizes bei Andamanesen

Muster-Index		Männer	Frauen	Männer + Frauen
Intensitäts-Index	$(2 \cdot W + S) : 10$	12,96	13,54	13,22
Furuhatas-Index	$(W : S) \cdot 100$	47,16	54,76	50,53
Dankmeijers-Index	$(B : W) \cdot 100$	6,01	0	3,13

Gewöhnlich sieht man bei Frauen mehr Bogen und Schleifen, aber weniger Wirbel als bei Männern. In meinem Gesamtmaterial ist es umgekehrt. Dieses Verhalten wird durch die Grossandamanesen verursacht, wo die Frauen fast ebensoviele Wirbel besitzen wie Schleifen, Männer aber bedeutend weniger. Onge jedoch zeigen den üblichen Geschlechtsunterschied, bis auf das Fehlen von Bogenmustern bei Frauen.

Tabelle 3
Leistenhöchstwerte bei Andamanesen

	n	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Mittel
Männer	32	1	0	1	1	3	1	3	3	0	7	3	1	4	2	1	1	20,38
Frauen	25	1	0	1	2	2	3	0	5	2	1	3	4	0	1	0	0	19,12
Total	57	2	0	2	3	5	4	3	8	2	8	6	5	4	3	1	1	19,83

Tabelle 4
Individuelle quantitative Werte bei Andamanesen

	n	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Mittel
Männer	32	1	0	2	0	1	1	3	4	7	1	3	3	3	0	3	14,73
Frauen	25	1	0	1	2	1	0	1	4	4	6	2	0	1	1	1	14,15
Total	57	2	0	3	2	2	1	4	8	11	7	5	3	4	1	4	14,48

Nach Bonnevie widerspiegelt der Leistenhöchstwert (quantitativer Wert) das Mass der embryonalen Epidermisdicke. Nach den beachtlichen Ziffern, die sich aus meinem Material ergeben (Tabelle 3), wäre die Oberhaut der Andamanesen ziemlich dünn. Auch polsterartige Verdickungen auf der radialen und ulnaren Seite der embryonalen Handplatte, die nach der erwähnten Autorin den quantitativen Wert hinunterdrücken, scheinen in unserem Material nicht sehr häufig zu sein, wie aus dem relativ hohen Mittel und der Verteilung des individuellen quantitativen Wertes (Tabelle 4) hervorgeht. Eine Bestätigung dieser Annahme finden wir in den geringen durchschnittlichen Ziffern für radiale und ulnare Differenzen (Tabelle 5). Wie üblich ist dabei die radiale Differenz grösser als die ulnare.

Sieht man von der ulnaren Seite der Männerhand ab, so kann noch beigefügt werden, dass die Polsterwerte der rechten Hand durchschnittlich höher sind als diejenigen der linken.

Tabelle 5
Durchschnittliche Polsterwerte bei Andamanesen

	n	Radiale Differenzen			Ulnare Differenzen		
		rechts	links	total	rechts	links	total
Männer	32	7,91	7,19	7,55	4,71	5,42	5,06
Frauen	25	6,64	5,52	6,08	5,00	3,80	4,40
Total	57	7,35	6,46	6,90	4,84	4,70	4,77

Oft sind die Andamanesen den Eingeborenen Afrikas nehegestellt worden. Die Ergebnisse blutgenetischer Untersuchungen machen jedoch eine solche Annahme unwahrscheinlich, sie deuten vielmehr auf eine engere Bindung mit Melanesien hin. Wie ein Vergleich der Papillarmusterhäufigkeiten zeigt (siehe Tabellen in einschlägigen Publikationen), besitzen die Pygmäen und anderen Eingeborenen Afrikas meist wesentlich weniger Wirbel und deutlich mehr Bogen, die asiatischen Pygmäen und melanesischen Völker meist beträchtlich mehr Wirbel als die Andamanesen. Entsprechend der Musterverschiedenheit ist auch der durchschnittliche Leistenhöchstwert in Afrika geringer als bei meiner Gruppe (Ituri-Pygmäen: ♂ 16,2, ♀ 15,3). Für Melanesien fehlen meines Wissens solche Vergleichsdaten. Mit aller Vorsicht, vor allem der numerischen Kleinheit meiner Gruppe wegen, kann somit der Schluss gezogen werden, dass die Andamanesen in bezug auf die Frequenzen der verschiedenen Papillarmuster auf den Fingerbeeren zwischen Eingeborenen Afrikas und Melanesiens eine Mittelstellung einnehmen.

8. HANS DIETSCHY (Basel) – *Puer aeternus, notes d'ethnosociologie et d'ethnopsychologie à propos des Indiens Karaja.*

9. ALAIN GALLAY (Bamako–Genève) – *Contribution à l'étude de la poterie sarakolé (Mali).*

Les observations consignées ici se situent essentiellement dans le cadre de deux familles sarakolé du village de Mourdiah (cercle de Nara) à la limite sud de l'habitat actuel de cette ethnie, au point de contact avec les Bambara (Mission Sarakolé 1965, CNRS Paris). L'insertion de la poterie dans la vie courante a pu être étudiée dans la famille de Bakoro Kamara (22 personnes), tandis que les techniques de fabrication étaient observées au sein de la famille de Moussa Mangara (griots kousantagé, 6 femmes s'adonnant à la poterie).

Nous avons adopté une optique «archéologique». L'étude de cette tradition artisanale encore vivante devait permettre: 1° d'assurer une base

de comparaison valable pour l'étude des poteries anciennes analogues récoltées dans les sites abandonnés des environs de Mourdiah; 2° de circonscrire la portée des informations fournies par l'étude de la poterie et ainsi de tester certaines méthodes déductives utilisées par les archéologues.

La tradition potière de Mourdiah. Ce type de céramique a été retrouvé presque identique dans des sites que la tradition des Diarra de Mourdiah fait remonter au XVIII[e] siècle. Sur le plan actuel, on le retrouve, avec quelques variantes locales, plus au nord à Goumbou, Nara, et jusqu'à Korounga sur la piste de Koumbi Saleh. Il semble se dessiner une conception plus géographique qu'ethnique des traditions potières. En effet, au niveau de la production, le travail des potières sarakolé et bambara de Mourdiah ne se différencie pas; tandis qu'au niveau de la diffusion, l'écoulement de cette céramique auprès des nomades maures assure à cette dernière une répartition qui dépasse de beaucoup son aire de fabrication.

Formes et catégories. Les formes sont simples et dérivent de la sphère. Les fonds sont ronds (sauf pour 8 et 11). On note l'absence de formes hautes et étroites et de formes très aplaties (plats et assiettes). Les ouvertures peuvent présenter un bord évasé.

Nous donnons ici la liste des divers types de récipients. Les deux premières colonnes de chiffres correspondent aux composantes de tas de cuisson observé le 1[er] février; les deux dernières à l'inventaire des récipients de la famille Kamara.

	Type de poterie	Bambara	Sarakolé	N	%	N	%
1	Jarres pour conserver l'eau	Dji-daga	Dji-giné	10	5,8	19	30,3
2	Grands couscousiers	Nienti	Fouta-bengé	8	4,7	0	0
3	Petits couscousiers	Nienti	Fouta-bengé	7	4,1	8	12,7
4	Bassines pour laver	Faga	Vouté	9	5,3	12	19,2
5	Grandes marmites pour cuire	Nan-daga	Maraho-giné	19	11,1	9	14,3
6	Petites marmites pour cuire	Nan-daga	Maraho-giné	60	35,0	11	17,1
7	Bols à ablutions	Séli-daga	Séli-bengé	46	26,9	4	6,4
8	Brasero à encens	?	?	9	5,3	0	0
9	Petites écuelles en calotte	?	?	2	1,2	0	0
10	Vases pour puiser l'eau	Da(ga)-dourou	Domé	1	0,6	0	0
11	Gargoulette	«Gargoulette»	Géréménati	0	0	0	0
				171	100,0	63	100,0

Décor. Toute la surface a tendance à être décorée de façon très simple, soit par grandes surfaces impressionnées, soit par des lignes horizontales dans le haut de la panse. Un grand zig-zag s'observe parfois dans le haut des récipients utilisés pour l'eau (1 et 10). Les techniques employées sont les suivantes: impressions (avec un petit filet, au cordon de coton, à la roulette dentée), incisions à cru profondes ou légères avec un brin de paille,

incisions discontinues au bâtonnet. On peut ajouter à cette liste quelques petits boutons à sommet écrasé aux points d'articulation des zigzags et quelques cordons en relief. La peinture est absente, sauf à Nara où la face interne des bords est rouge orange.

Techniques de fabrication. On ajoute à l'argile, débarrassée de ses impuretés, un dégraissant mixte de débris de vases pilés et de bale de mil. Les fonds sont moulés sur d'anciennes poteries enduites de cendre. Le haut est monté au colombin. Une tournette faite d'un grand tesson est utilisée pour les poteries de petites dimensions. La cuisson s'opère en plein air à l'extérieur du village. La combustion dure 4 à 5 heures. Le tas de cuisson (diamètre 3,5 m, hauteur 1,2 m) est construit de la manière suivante: on entasse les poteries sur un plancher circulaire de grosses branches. Un anneau de branches plus fines ceinture la base. Les poteries sont recouvertes de chaumes de mil disposés radialement, puis de débris de paille. Le tout est recouvert de bale de mil. Les poteries cuites sont retirées avec de grandes perches à crochet et trempées dans une décoction comprenant des branches écrasées de *Ximenia americana* et de la poudre de gousse d'*Acacia nilotica* (utilisée aussi par les cordonniers pour tanner). Ce trempage donne une surface noire et luisante.

Economie de production. Les potières d'une même concession cuisent ensemble une ou deux fois par année en saison sèche uniquement. La production de chaque potière est marquée d'un signe distinctif sur le haut de la panse, généralement un petit mamelon ou quelques incisions diversement ordonnées, recoupant le décor traditionnel et uniforme. Les petites poteries sont échangées contre leur contenu en mil, les grandes contre des pagnes.

Silos à mil. Signalons pour terminer la présence de silos à mil cylindriques à ouverture rétrécie de 0,6 à 1,3 m de hauteur. Ces silos en argile grossière non cuite, sont formés de 4 à 5 anneaux superposés et étroitement assemblés pouvant se démonter. Ils sont entreposés à l'intérieur des cases. Les femmes y déposent leur provision de mil personnelle (le silo, élément féminin, s'oppose donc au grenier couvert de chaume, élément masculin, où le chef de famille garde le mil qui lui est propre). La confection des silos dépend des mêmes potières que précédemment. Chacune d'elles assume en effet la fabrication de la totalité des formes. Les silos sont construits sur commande et cédés contre une quantité de mil égale au dixième de leur contenance réelle. L'étude de ces faits matériels permet d'accéder à certains problèmes économiques familiaux très importants.

Institut des Sciences humaines du Mali, Bamako.
Institut d'Anthropologie de l'Université de Genève.

10. ROLAND BAY (Basel) – *Ausgrabungen villafranchien-zeitlicher Kulturen bei Ubeidiya im Jordantal, Israel.*

Die Fundstelle von Ubeidiya befindet sich im Jordantal, etwa 3 km vom Ausfluss des Tiberiassees entfernt. Die Stratigraphie und die Tektonik sind

sehr eigentümlich. Am Ende des Pliozäns formte sich in Richtung Nord-Süd der Jordangraben durch enorme Verwerfungen. Dabei wurde das Neogen durch frühpleistozäne Schichten zugedeckt. Diese Villafranchien-Schichten sind in einem Süsswassersee abgelagert worden und sind angereichert mit Süsswasserkrabben und mehreren Arten einer Schnecke Melanopsis. In diesen Melanopsisschichten finden sich ferner viele Mollusken und eine heute ausgestorbene Säugetierfauna von villafranchienartiger Zusammensetzung. Ferner finden sich einige Schichten mit einer sehr altertümlichen menschlichen Pebble-culture, wie sie von Villafranchien- oder frühpleistozänen Lokalitäten im Central African Rift Valley (Oldoway) von Leakey und in der Sahara (Ternifine) von Arambourg sowie in Nordafrika in Sidi-Abderrahmane von Biberson gefunden wurden. Am Ende des unteren Pleistozäns fanden weitere Verwerfungen statt, so dass die Melanopsisschichten mit den fossil- und kulturführenden Schichten um 60° bis 90° aufgefaltet wurden. Durch die dabei entstandenen Spalten stieg basaltige Lava auf und bildete die Naharaim-Schichten. Darüber wurden im Mittelpleistozän die horizontalgebankten Lisan-Schichten abgelagert, die dem Riss in Europa entsprechen.

Das Naturhistorische Museum in Basel (Dr. Hans Schaefer) beteiligt sich seit einiger Zeit an den Ausgrabungen in Ubeidiya, die von den Herren Prof. M. Stekelis und G. Haas von der Universität Jerusalem durchgeführt werden. Der Sprechende konnte ebenfalls während mehrerer Wochen in der Fundstelle arbeiten.

In verschiedenen Melanopsisschichten fanden sich eine reichhaltige Fauna sowie sehr primitive Steinwerkzeuge in Form von Spheroiden oder Bolas (ringsherum behauene Steinkugeln von meist 5–7 cm Durchmesser, selten auch grösser), Choppers (Gerölle mit einseitigen Abschlägen, so dass eine Schaberkante entsteht), und Chopping-tools (Gerölle mit alternierenden Abschlägen, so dass eine zickzackförmige Schneide entsteht). Sodann fanden sich Trièdres oder Dreikanter aus Kalkstein, Basalt und Silex, als Vorläufer primitiver Faustkeile, sowie in jüngeren Schichten evoluiertere Trièdres in Form des Challosien sowie clactonartige Abschläge. Von den älteren zu den jüngeren Schichten lässt sich eine deutliche Entwicklung der Steingeräte erkennen.

Besonders eindrücklich ist ein Living-floor mit vielen eng aneinandergereihten unbehauenen Geröllen, zwischen denen sich reichlich Werkzeuge und Knochenabfälle mit deutlichen Schlag- und Schabespuren zeigen. In diesem Living-floor wurden auf etwa 20 m^2 gegen 300 Werkzeuge gesammelt. Feuerspuren fanden sich bis jetzt keine. Hingegen ist eine kreisförmige Steinsetzung von kopfgrossen Geröllen aufgefallen.

Diese Werkzeuge entsprechen der in der Oldoway-Schlucht in Tanganjika von L.S.B. Leakey gefundenen Pebble-culture aus dem Horizont II von Bed II, die in die erste Phase des zweiten Pluvial oder das Kamasien gesetzt wird.

11. PIERRE-ANDRÉ GLOOR (Lausanne) – *Méthode de Czekanowski-Wanke: procédé de contrôle par calcul de la proportion théorique des yeux foncés.*

La validité des résultats de la méthode de Czekanowski-Wanke peut notamment être estimée par des calculs de contrôle, portant sur la valeur théorique de l'indice céphalique, et la proportion théorique des yeux clairs pour la population étudiée. Des calculs de contrôle de l'indice facial et de l'indice nasal ont également été proposés. Il paraît intéressant d'en rechercher d'autres, portant sur des caractères anthropologiques non utilisés par la méthode de Czekanowski-Wanke.

La proportion des yeux foncés (Martin 1 à 6–7) n'intervient pas dans le calcul des proportions raciales, et un calcul valable portant sur la proportion théorique de ce caractère permettrait indirectement une approche de l'hérédité de la couleur des yeux, dont le mécanisme nous échappe encore.

En partant de la formule suivante, donnant la proportion théorique des yeux clairs:

$$(A + L - 2AH)^2 - L^4 = Y \text{ (yeux clairs, Martin 13 à 16)}$$

on peut démontrer que l'expression

$$(E + H)^2 + 2AH + L^4 = Z \text{ (yeux foncés, Martin 1 à 6–7)}$$

donne déjà des valeurs assez satisfaisantes (en rappelant que la somme des éléments raciaux A, E, H, L est égale à $1 = 100\%$). Cette formule est pourtant incomplète dans le sens qu'elle s'applique mal aux populations possédant un haut pourcentage d'yeux foncés, chez lesquelles la proportion de l'élément nordique (A) tend vers zéro. D'autres formules empiriques ont été étudiées, et l'Institut de Mathématiques appliquées de l'EPUL, à Lausanne, a bien voulu en déterminer les résultats sur les 213 séries suisses de *Anthropologia Helvetica II.* A la suite de cette étude, la formule suivante est proposée:

$$[E + H + L(1 - 2A)^2]^2 + 2AH = Z \qquad (1)$$

ce qui amène la modification suivante de la formule pour les yeux clairs:

$$(A + L - 2AH)^2 - [L(1 - 2A)^2]^2 = Y \qquad (2)$$

Du point de vue de la validité statistique, on a procédé à la comparaison des valeurs observées et calculées; la différence entre ces deux valeurs ne devrait pas dépasser 2,58 fois l'erreur à craindre sur cette différence (test t, seuil de 1%). Ce cas s'est rencontré 192 fois sur 213 (90%) pour la formule (1) (yeux foncés) et 209 fois sur 213 (98%) pour la formule (2) (yeux clairs). Pour la formule (1), 21 séries (6 cantonales, 15 régionales) ont montré une différence plus forte entre moyennes calculées et observées, ce qui parle pour une non-validité du résultat; pour la formule (2), 4 séries cantonales sont dans le même cas. La liste des séries insatisfaisantes s'établit ainsi pour la formule (1): 2 et 11 GR; III AR, 22 et 23 AR; VII ZH et 40 ZH; IX AG; X LU et 76 LU; XI ZG; 98 OW; 142 et 144 FR; 149, 153, 156 VD; 165, 168, 171 VS, XXVII VS.

Ces résultats peuvent être uniquement dus à l'imperfection du procédé. Pourtant on peut penser à d'autres facteurs perturbants; en premier lieu la difficulté technique de détermination des couleurs 6, 6–7 et 7 de l'échelle de Martin; en second lieu l'existence, dans *Anthropologia Helvetica I et II* de catégories spéciales de coloration qui pourraient augmenter, dans certaines séries, la proportion des yeux intermédiaires, au détriment avant tout des yeux foncés. Ce facteur paraît sensible dans les séries de Suisse centrale et surtout orientale (AR). Les cantons alpins (surtout GR et VS) contiennent des régions hétérogènes avec isolats démographiques; le facteur inverse (forte exogamie) pourrait jouer dans des séries urbaines (40 ZH, 142 FR, 156 VD).

Vu un élément de symétrie partielle entre les formules 1 et 2 précitées, on peut établir un graphique montrant, pour une série donnée, à la fois la proportion des éléments raciaux, celle des yeux clairs et celle des yeux foncés.

12. PIERRE-ANDRÉ GLOOR (Lausanne) – *Un procédé graphique d'exposition de la structure raciale d'une série anthropologique.*

Etant donné les proportions centésimales des 4 éléments raciaux d'une population (d'Europe occidentale ou centrale) *A*, *E*, *H*, *L* selon le système de Czekanowski, et l'existence de deux formules sur la proportion théorique des yeux clairs et des yeux foncés:

$$(A + L - 2AH)^2 - [L(1 - 2A)^2]^2 = Y \text{ (yeux Martin 13 à 16)}$$
$$[E + H + L(1 - 2A)^2]^2 + 2AH = Z \text{ (yeux Martin 1 à 6–7)}$$

on peut construire le graphique suivant (fig. 1):
Du point d'intersection de deux axes perpendiculaires, on porte en abcisses et en ordonnées le segment H = % de la race arménoïde, et on trace deux droites perpendiculaires à partir des points obtenus sur chaque axe. On procède de même pour les segments E = % de la race méditerranéenne,

$$\left.\begin{array}{l} L(1 - 2A)^2 \\ L - [L(1 - 2A)^2] \end{array}\right\} \; L = \% \text{ de la race laponoïde}$$

$$\left.\begin{array}{l} A - 2AH \\ 2AH \end{array}\right\} \; A = \% \text{ de la race nordique}$$

On obtient ainsi un carré de côté $H + E + L + A = 1$, la surface valant également 1 étant divisée en 6 carrés et 30 rectangles. Dans ces conditions, la proportion théorique des yeux foncés est représentée par la surface de 13 carrés et rectangles selon la seconde formule précitée, et la proportion des yeux clairs par 8 carrés et rectangles selon la première formule. Les 15 autres surfaces partielles représentent la proportion théorique des yeux de coloration intermédiaire (Martin 7 à 12–13 et catégories spéciales).

Ce procédé n'est applicable qu'à des séries anthropologiques étudiées par la méthode de Martin, et composées de jeunes adultes masculins. En

effet, des groupes de sujets plus âgés présentent des modifications, peu marquées en ce qui concerne les indices céphalique, facial et nasal, plus accentuées pour la proportion des yeux clairs (dans le sens d'une augmentation) et prohibitives le plus souvent pour la proportion des yeux foncés (dans le sens d'une diminution); c'est en tout cas la situation qu'il faut s'attendre à rencontrer en Europe centrale dans des séries où aucun élément racial n'est nettement prédominant. L'inconvénient serait moins marqué en Scandinavie ou dans les péninsules méridionales, dans des régions à prédominance nordique, méditerranéenne, éventuellement arménoïde avec des variations moins sensibles de pigmentation dues à l'âge.

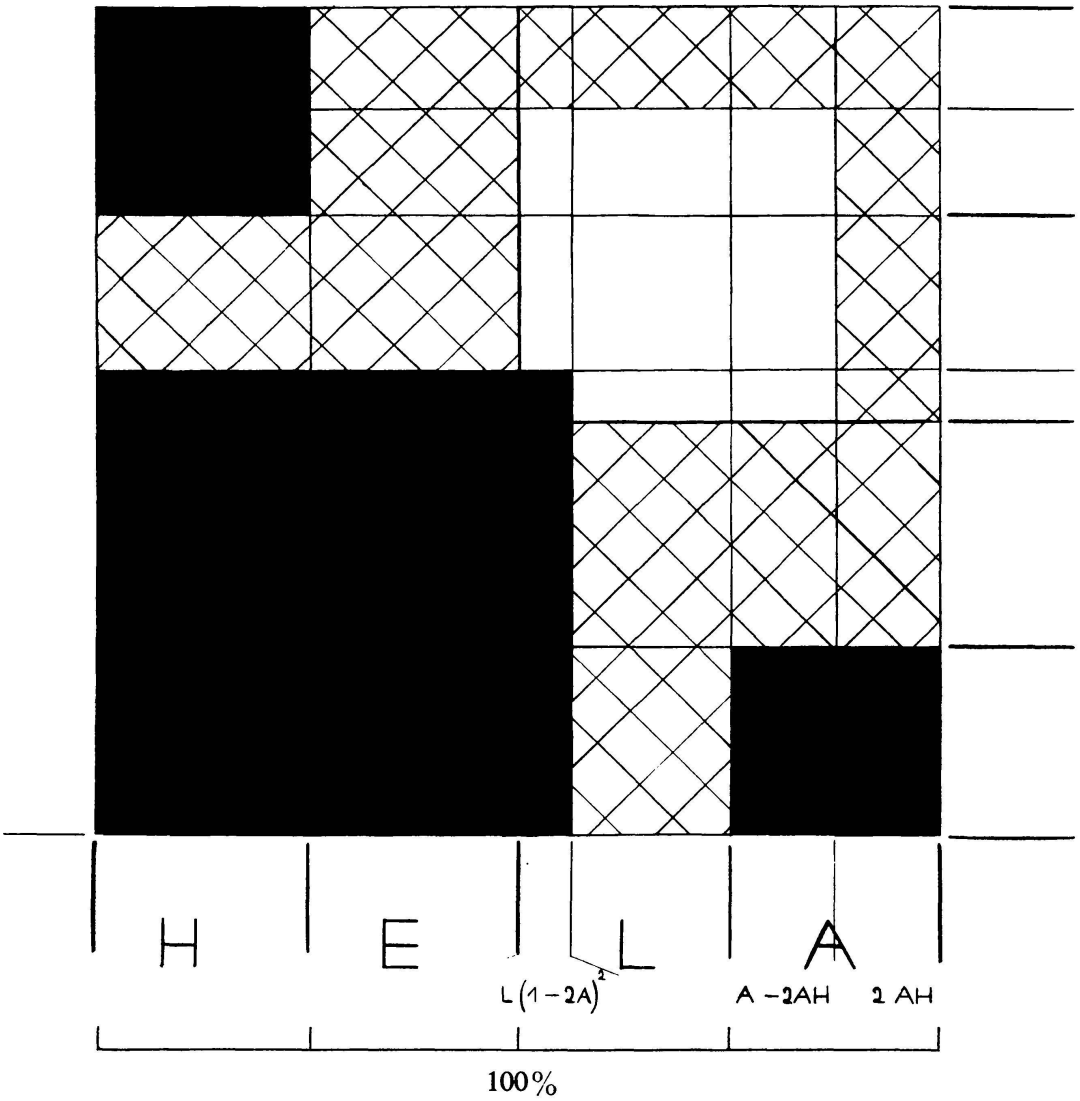


Figure 1

Série théorique dans laquelle les éléments raciaux *H, E, L, A* sont également représentés (25% chacun). Indice céphalique théorique 82,7. Yeux foncés 44,1% (surface noire); yeux intermédiaires 42,2% (surface quadrillée); yeux clairs 13,7% (surface claire).

La validité du procédé peut être estimée au moyen du test χ^2 pour les proportions centésimales des yeux clairs et foncés; elle se révèle satisfaisante dans 192 cas sur 213 soit 90%. La liste des cas insatisfaisants s'établit comme suit:
19 GR; 22 et 23 AR; VII ZH et 40 ZH; X LU et 76 LU; XI ZG et 86 ZG; 98 OW; 115 BEM; 82 FR; 149 et 156 VD; XXVII VS, 165, 168 et 171 VS; XXVIII TI.

Présentation des graphiques de 15 séries: Suisse (série totale), séries cantonales IV AI, XVIII BEO, XXVI GE, XXVIII TI, séries régionales 20a SG, 121b BEO, 183 TI, 8 GR ainsi que 5 séries étrangères de comparaison: 209 Andorre, 211 Albanie-Nord, 224 Islande, 226 Troms, 227 Finnmark (Norvège,) Kornowacz/Rybnik (Pologne).

12° Section d'histoire de la médecine et des sciences naturelles

Session de la Société suisse d'histoire de la médecine
et des sciences naturelles
Vendredi 24 et samedi 25 septembre 1965

Président: Prof. Dr E. A. ACKERKNECHT (Zurich)
Secrétaire: Prof. Dr H. FISCHER (Zollikon)

1. EDUARD FUETER – *Konrad Gesner als Universalgelehrter.*

Konrad Gesner war einer der grössten Universalgelehrten der Wissenschaftsgeschichte der Schweiz – vergleichbar J. J. Scheuchzer und Albrecht von Haller – sowie der europäischen Renaissance. Noch selten hat man aber nach den Ursprüngen dieser Universalität gefragt. Mindestens fünf Hauptursachen dieses ursprünglich zum Theologen bestimmten und lebenslänglich zur Theologie zurückkehren wollenden Forscher lassen sich nachweisen:

1. eine universelle Begabung und ein enormer Forschertrieb,
2. ein sensibles Gemüt, das alle Anregungen aufnahm und jedem freundschaftlichen Wunsche zu genügen wünschte,
3. die humanistische Entdeckung antiker Wissenschaften, vor allem der Medizin, Arzneikunde und Botanik,
4. eine oft furchtbare Notlage, so dass er arbeiten musste, arbeiten bei Tag und Nacht, um das tägliche Brot zu erwerben,
5. die damalige Lage des Buchhandels, dessen Verleger dem weitgehend als freier Schriftsteller und Forscher lebenden Gelehrten – denn seine Entschädigung als Lektor für Physik am Carolinum war kärglich und auch seine Einkünfte als Arzt bescheiden – nur für grosse Werke wesentliche Honorare ausrichten konnten, weil sie selbst vor räuberischen Nachdrucken (leicht bei erfolgreichen kleinen Schriften) kaum geschützt waren.

Die Grundlage der Universalität schuf Gesner als Humanist, als Bearbeiter eines griechisch-lateinischen Wörterbuches, dann durch die gewaltige «Bibliotheca universalis», die er als 25jähriger als Schriftstellerlexikon fast aller Wissenszweige von den Anfängen bis zu seiner Gegenwart an die Hand nahm und die auf 1264 Folioseiten 1544 erschien, so dass er den Ehrentitel des «Vaters der Bibliographie» erhielt. Es folgten die hervorragenden Tier- und Pflanzenbücher (letzteres postum) mit tier- und verhaltenspsychologischen Interessen.

Wenig bekannt ist Gesner als bahnbrechender Sprachforscher, vor allem der vergleichenden Philologie, des Althochdeutschen, der Dialektologie; bedeutender Historiker, Kenner der theologischen Wissenschaften von seltener Eindringlichkeit und Tiefe; genau beobachtender Astronom (Nordlicht und Meteoriten), keimhafter moderner Physiker in den späten Jahren, erster Abbildner von Kristallen und wahrscheinlicher Entdecker der charakteristischen Winkel bei solchen Gesteinen, Wissenschafts-

theoretiker und Natur- und Alpenfreund – wesentlich im «Jahr der Alpen» – vor A. von Haller oder J.-J. Rousseau. Die griechische Sprache, auch die schwierigen medizinischen und naturwissenschaftlichen Fachausdrücke, beherrschte er wie seine Muttersprache, deren Pflege er wie Galilei forderte.

2. GEORGES PETIT – *La zoologie de Konrad Gesner.*

3. HEINRICH ZOLLER – *Konrad Gesner als Botaniker.*

4. H. FISCHER – *Der Arzt Konrad Gesner (1516–1565).*

Konrad Gesner hatte als Archiater (Oberstadtarzt) Zürichs neben seiner grossen literarischen und naturwissenschaftlichen Tätigkeit und neben seiner Lehrtätigkeit am Carolinum die schwere Aufgabe der Überwachung des Gesundheitsdienstes in einer Zeit, in welcher die Stadt von schweren Seuchenzügen, Pest und pestähnlichen Epidemien, Dysenterien, Malaria heimgesucht wurde. Der Pest stand man machtlos gegenüber. Zürich mit damals etwa 7000 Einwohnern wurde durch die Seuchen der Jahre 1564 und 1565 auf die Hälfte reduziert. Gesner selbst wurde mit 49 Jahren durch die Pest dahingerafft.

Wie fast alle Ärzte der Renaissance war auch Gesner der hippokratisch-galenischen Medizin verpflichtet: die Wiedergeburt der Antike führte in der Medizin zur Herausgabe antiker Ärztetexte auf Grund griechischer Handschriften, die von Byzanz kamen und in der Ursprache oder in Latein im Druck herausgegeben wurden. Gesner war an dieser reichen editorischen Tätigkeit durch die Prolegomena zur grossen Frobenschen Galen-Ausgabe in Basel in hervorragender Weise beteiligt. Die Editionen antiker Ärzte sollten nach Gesners Auffassung in erster Linie dazu dienen, der Medizin eine wissenschaftliche Grundlage zu geben, die im Wust und Aberglauben mittelalterlicher Medizin längst verlorengegangen war. Gesner ging über die meisten seiner Zeitgenossen dadurch hinaus, dass er, besonders in der Therapie, den Grund zur modernen naturwissenschaftlichen Medizin legte. War er auch vielfach noch der Galenischen Arzneimittellehre verpflichtet, so lag sein Bestreben darin, den antiken Arzneischatz nicht nur in den Werken der Antike, eines *Galen* oder eines *Dioskorides*, kennenzulernen, sondern er wandte sich der einheimischen Pflanzenkenntnis in ganz umfassender Weise zu. Um die therapeutischen Eigenschaften der einheimischen und auch der fremdländischen Gewächse ganz unmittelbar zu erfahren, machte er in umfassender Weise vom Selbstversuch, vom Tierversuch und von der klinischen Prüfung Gebrauch. Damit wurde Gesner der Begründer der experimentellen Pharmakologie. Seine Versuche sind nicht systematisch zusammengefasst, aber im wissenschaftlichen Briefwechsel, soweit dieser erhalten ist, eindeutig nachweisbar. Dass es dabei auch zu Selbstvergiftungen kam, z. B. mit *Helleborus niger* (Christrose) und dem Tabakblatt, ist eindeutig belegt.

Durch vielseitige Anwendung und Erweiterung der von den Arabern eingeführten Destillationsverfahren (Gesner nennt in erster Linie den bedeutenden «Chemiker» *Geber* [gest. 776]) versuchte Gesner zu einer weitgehenden Reinigung der Arzneimittel zu gelangen, wobei flüchtige Stoffe, wie ätherische Öle, zyanhaltige Produkte, Senföle, flüchtige Alkaloide usw., auf diesem Wege in gereinigter und angereicherter Form gewonnen werden konnten. Gesner hat seine Darstellungsverfahren in dem «*Thesaurus evonymi philiatri*» (erstmals 1552, dann in weiteren zahlreichen Ausgaben und Übersetzungen) seinen Kollegen in liberalster Weise zur Verfügung gestellt.

Gesner hatte an der grossen geistigen Bewegung der Renaissance in reichem Masse Anteil. Bei Gesner war die Liebe zum Altertum, das er als primäre Erkenntnisquelle auch in der Medizin anerkannte, mit dem Drang zur unmittelbaren realen Erfahrung durch Beobachtung der Natur verbunden. Sein Ziel war nicht die Wiederholung der Antike, sondern die mit Hilfe antiker Erfahrung aus der Beobachtung gewonnene induktive Erkenntnis. In dieser Hinsicht dürfen wir in Gesners klarer, auf das einzelne Objekt gerichteter, durch keine spekulativen Theorien belasteter Forschungsarbeit, wie sie uns in seinem unvollendeten Pflanzenwerk am eindrücklichsten entgegentritt, einen Anfang der von *Francis Bacon* zu Beginn des 17.Jahrhunderts philosophisch begründeten induktiven Forschungsmethode erblicken, welche auch heute Medizin und Naturwissenschaft als führende Methode beherrscht.

Das alles erregt unsere Bewunderung für Konrad Gesners unerhört grosse Leistung, die heute noch kaum übersehen werden kann und einer umfassenden Darstellung harrt. Was uns noch stärker bewegt, ist seine durch alles Wissen und Können hindurch spürbare Menschlichkeit, ist seine unbegrenzte Hilfsbereitschaft, sein psychologisches Verständnis dem Epileptiker und Geisteskranken gegenüber, seine Freundestreue, seine grosse Sorgfalt und Genauigkeit in der Behandlung der bei ihm Heilung Suchenden, ist sein Verantwortungsbewusstsein in literarischer und menschlicher Hinsicht, ist sein unermüdlicher, fast übermenschlicher Fleiss, ist seine echte, einfache, auf Zwinglis Protestantismus gegründete Frömmigkeit. All dies macht ihn zum grossen Menschen und Arzt.

5. M. Michler – *Spekulative Operationen in der hellenistischen Medizin.*

6. Huldrych M. Koelbing – *Servet traditionaliste* (Zusammenfassung).

Man darf annehmen, dass Servets Beschreibung des Blutkreislaufs durch die Lungen auf eigener Beobachtung beruht; trotzdem ist seine Theorie im wesentlichen aus Galenischen Elementen aufgebaut. Ähnliches gilt für seine Physiologie der zerebralen Funktionen; wo er hier von Galen abweicht, stützt er sich auf Aristoteles. Alttestamentliche und

Platonische Vorstellungen bestimmen seine Auffassung des Zusammenhanges von Leib und Seele. Servets Physiologie, wie er sie auf den Seiten 169–178 der «Christianismi restitutio» (1553) dargelegt hat, ist nur im Zusammenhang mit seiner Theologie zu verstehen; mit Hilfe der Physiologie erklärt Servet, wie der Geist Gottes im Menschen gegenwärtig ist.

7. HEINZ BALMER (Konolfingen) – *Das Kartenbild der Schweiz zu Gesners Zeit.*

Gesners Leistung erscheint um so grösser, wenn man bedenkt, dass vor seiner Zeit das Gefühl für die Natur und die Landschaft in der Schweiz noch kaum erwacht war. Erste Beschreibungen boten zwei italienische Humanisten, die in amtlichem Auftrag hier weilten: Poggio Bracciolini am Konzil zu Konstanz, Aeneas Sylvius an dem zu Basel. Der erste beschrieb die Bäder von Baden, der zweite die Stadt Basel. Andere frühe Zeugnisse wirklichkeitsnahen Sinnes boten die Zürcher Geistlichen Felix Hemmerli, der seinen Garten beschrieb, und Felix Fabri, der in seinem Evagatorium oder Reisebuch den Rheinfall schilderte. Noch empfand er ihn nur als Schrecknis. So hat auch später Konrad Pellikan, der grosse Hebraist, in seiner schönen Selbstbiographie von den Borromäischen Inseln nur das ungesunde Klima, nicht aber ihre Anmut erwähnt, und Josua Malers Tagebuch weiss von einer Rheinfahrt nur zu melden, es sei ein langweiliges Fahren gewesen.

Als die Burgunderkriege das helvetische Nationalbewusstsein gehoben hatten, da schrieben in Einsiedeln der Dekan Albrecht von Bonstetten und in Freiburg im Breisgau Heinrich von Gundelfingen preisende Beschreibungen der acht alten Orte. Bonstetten fügte eine erste Wegweiserskizze bei. Als Herz Europas und der Schweiz erschien ihm der Rigi, auf dem er olympischen Sphärengesang heiliger Wesen zu hören glaubte. Ringsum verteilen sich die Orte, südlich Uri, nördlich Zürich, westlich Unterwalden, Luzern, Bern, östlich Schwyz, Zug, Glarus. – Bonstettens Moralschrift «Verbannung der Gerechtigkeit» hebt an mit der beschwingten Erzählung eines Spaziergangs im Grünen. Auch hier spüren wir das Wehen einer neuen Zeit.

Um 1495–1497 zeichnete der Zürcher Stadtarzt Konrad Türst die erste Schweizerkarte. Mit offenen Augen hat er die ganze Schweiz durchwandert, auch den Gotthardweg gekannt und überall die Ortschaften, die Burgen, die Klöster in wenigen Strichen festgehalten. Zwischen grünen Berghügeln schlängeln sich die Flüsse und liegen die Seen; die kleinen, lebensechten Ortsbildchen sind eingestreut. Süden ist oben, ein Gradnetz am Rande, die Ostschweiz jedoch stark nach Süden gedrängt, dafür Süddeutschland bis zum zugewandten Rottweil noch auf der Karte sichtbar. Die Eidgenossenschaft war damals zehnörtig; Basel ist daher am untern Rande weggelassen. Kleine Fehler sind oft bemerkt worden: das Zusammenfallen von Saane und Simme zu einem einzigen Fluss, die Verwechslung von Iseltwald mit Trachselwald, die Versetzung von Steffisburg ins Kandertal. Zur Karte gehörte eine lateinische und deut-

sche Beschreibung mit erstaunlich vielen Distanzenzahlen. Türsts handschriftliche Karte fand einen Holzschneider und wurde künftigen Ptolemäus-Ausgaben beigelegt, zuerst 1513 in Strassburg. Das inzwischen eidgenössisch gewordene Basel ist am untern Rande ergänzt. Diese Karte war die einzige der Schweiz, die in Gesners Jugend gedruckt vorlag.

Als Konrad Gesner geboren wurde, hatte das wiedererstandene Werk des Ptolemäus gezündet, und Vadian und Glarean hatten die Geographie der Schweiz zu Handen genommen. Vadian beschrieb den Thurgau und die Gegend des obern Bodensees; 1518 bestieg er mit Myconius den Pilatus; auch kommentierte er den Pomponius Mela. Glarean besang die Schweiz in Hexametern, und als man die vielen Anspielungen auf Strabo nicht verstand, fügte Myconius der zweiten Ausgabe von 1519 gute Erläuterungen bei. Mehr als alle Zeitgenossen Gesners aber förderte die Geographie der Schweiz Glareans Schüler Ägidius Tschudi von Glarus (1505–1572). Seine Jugendarbeit, die «Uralt wahrhafftig Alpisch Rhetia», begründete die Heimatkunde Bündens. Zu ihr gehörte eine selbsterwanderte, grosse Schweizerkarte, die zur massgebenden des Jahrhunderts wurde. Erschienen ist sie zuerst 1538. Erhalten blieb ein Exemplar von 1560. Die Berge sind zu Ketten gereiht und sehen alle gleich aus. Die Ortschaften werden durch schablonenhafte Türmchen bezeichnet; ein Kreislein im Turm gibt die genaue Lage an. Trotz der Fülle lateinischer und deutscher Namen herrscht Übersichtlichkeit. Süden ist oben.

Gesner hatte zu Myconius und Tschudi lebhafte Beziehungen. Myconius, ein zur Reformation abgesprungener Luzerner, wie Pellikan eine wunderbare Lehrergestalt voll Hingebung, war ja Gesners Lehrer in Zürich. Wie er den Schüler beschirmte und förderte, bleibt vorbildlich für alle Zeiten. Tschudi hinwiederum war 1558 Gesners Patient, als ihn ein langjähriges Steinleiden quälte, und 1563, als er an Fieber und Atemnot litt. Erstaunlich bleibt, was sich Tschudi, der Quellenforscher und Volkskundler ohnegleichen, in seiner Krankheit noch als gestaltender Historiker abrang.

Auch zwei Ausländer, die die Reformation in der Schweiz festhielt, hat Tschudi, der Katholik, selbstlos ausgestattet. Es waren dies die Theologen Sebastian Münster in Basel und Johannes Stumpf in Zürich. Münster brachte 1540 in seiner Ptolemäus-Ausgabe Karten der Schweiz und des Wallis, die er bald darauf auch in sein Hauptwerk, die lateinische und deutsche Kosmographie oder Beschreibung aller Länder, aufnahm. Zum erstenmal sehen wir in der nach Westen orientierten Karte die Schweiz deutlich in Alpen, Mittelland und Jura gegliedert. Auch das Gewässernetz ist in seinen Grundzügen klar erfasst. Ein Vorteil für Münster war, dass er nicht nur die Holzschnittausgabe, sondern die feinere handschriftliche Vorlage der Tschudi-Karte kannte. Für die Walliser Karte besass er weitere Quellen.

Stumpfs Schweizerchronik von 1548 führte der Reihe nach die Gaue vor: Thurgau, Zürichgau, Aargau, Wiflisburger Gau (Westschweiz), die Lepontier (Alpen), Graubünden, Wallis und Rauraker (Jura). Eine Übersichtskarte stellte «Die gantz Eydgnoschafft» vor, und jedes Gebiet

war von einem Sonderkärtchen begleitet. Sie lehnen sich dicht an die gedruckte Tschudi-Karte an und enthalten ausser im Wallis verhältnismässig wenige eigene Beiträge. Das Tagebuch einer Sammelreise Stumpfs von 1544 hat sich erhalten und spiegelt sich in den Karten. Die Orientierungsplänchen entsprachen einem Bedürfnis, und der Verleger Froschauer brachte sie 1552, losgelöst von der dicken Chronik, als ersten Schweizeratlas auf den Markt.

Ein glücklicher Schriftsteller, dem die Gabe guter Stoffzusammenfassung eignete, war Gesners jüngerer Zeitgenosse und Biograph Josias Simler, dessen Beschreibung des Wallis und der Alpen 1574 herauskam. Gleichfalls erst nach Gesners Tode erschienen die ersten grössern Kantonskarten, 1566 die schöne Zürcher Karte des Glasmalers Jost Murer, 1578 die reichhaltige Berner Karte des Arztes Thomas Schöpf, auf der bereits Niesen und Stockhorn in ihrer Form erfasst sind, hatten doch zwei Freunde Gesners sie zu Vorposten der Alpenerkundung gemacht, nämlich Johannes Rhellicanus 1536 das Stockhorn bestiegen und Benedikt Marti (Aretius) 1557 die Pflanzen beider Berge verzeichnet. Die Zusammenschau der einzelnen Leistungen gelang Gerhard Mercator, der für seine Schweizerkarten in vorzüglicher Weise Schöpf, Murer, Tschudi und für das Wallis die Chronisten ausgebeutet hat.

Keiner aber hat so innig die Freuden der Bergwelt empfunden wie Konrad Gesner, der von der Naturforschung her den Sinn für die alltägliche Umgebung weckte und seine Mit- und Nachwelt lehrte, die Wunder der Landschaft mit offenen Augen wahrzunehmen und mit weiter Seele zu empfinden.

8. ANTOINETTE VIRIEUX-REYMOND – *Malebranche biologiste, commémoration du 250e anniversaire de sa mort*[1].

Chacun associe au nom de Malebranche les profondes vues métaphysiques de la Vision en Dieu et de l'occasionnalisme, mais un public plus restreint connaît son activité scientifique: Il fut le centre d'un groupe de chercheurs qui ont mis au point la présentation du calcul infinitésimal en France; il a contribué au progrès de la physique dans les corrections successives apportées aux lois du choc et surtout dans l'explication de la lumière, puisqu'il est le premier a avoir expliqué la diversité des couleurs par la fréquence des vibrations[2]. Il s'est livré de plus à des études biologiques: L'infinie perfection de Dieu se marque aussi bien dans la structure des «atomes vivants» que nous voyons se déplacer, grâce au microscope, que dans la construction de l'Univers. Les mathématiques nous ont convaincus qu'il n'y avait pas de borne à la divisibilité de la matière: «Cela suffit pour nous faire croire qu'il peut y avoir des animaux plus petits et plus petits à l'infini, quoique notre imagination s'effarouche de

[1] La commémoration du 250e anniversaire de la mort de Malebranche nous vaut une édition complète des œuvres de Malebranche, dirigée par M. Robinet (Paris VRIN).

[2] *Geneviève Rodis-Lewis:* Nicolas Malebranche, p. 163, note 4 (Paris P.U.F. 1963).

cette pensée. Dieu n'a fait la matière que pour en faire des ouvrages admirables: et puisque nous sommes certains qu'il n'y a point de parties, dont la petitesse soit capable de borner sa puissance dans la formation de ces petits animaux, pourquoi la limiter et diminuer ainsi sans raison l'idée que nous avons d'un ouvrier infini, en mesurant sa puissance et son adresse par notre imagination qui est finie?» Ces infiniment petits seront ou des germes de plantes, ou bien de tout petits animalcules qui pourront ou servir de nourriture à de plus gros animaux *ou les dévorer*... Il ne faut pas que l'esprit s'arrête avec les yeux; car la vue de l'esprit a bien plus d'étendue que la vue du corps. Mais si Malebranche nous incite à nous fier plutôt à la vue de l'esprit qu'à nos yeux, il n'en joignit pas moins le goût de l'observation la plus rigoureuse à celui de la spéculation la plus hardie: il a ouvert des œufs à des stades différents de couvaison pour voir ce qui se passait; il a vérifié qu'une viande protégée ne donne pas naissance à des vers, il a élevé et observé des insectes. Il observe au microscope et croit même voir circuler du sang dans les pattes d'une araignée!... Malebranche a vraiment été un savant qui se livre lui-même à la recherche et il a uni au goût d'une spéculation hardie celui de l'observation et de l'expérimentation.

9. ERWIN H. ACKERKNECHT – *Bichat, légende et réalité.*

10. ERNST-RUDOLF MÜLLENER – *Methodische klinisch-therapeutische Forschung zu Beginn des 19. Jahrhunderts.*

11. HEINRICH BUESS – *Der Beitrag des Thurgauer Chirurgen Konrad Brunner zur Geschichte der Medizin.*

13° Section de géographie et cartographie

Session de la Fédération des Sociétés suisses de géographie
Samedi 25 et dimanche 26 septembre 1965

Président: Dr E.-L. PAILLARD (Lausanne)
Secrétaire: L. BRIDEL (Lausanne)

1. H. HOFER – *Landschaftswandel im Zürcher Unterland.*

2. JEAN-LUC PIVETEAU – *L'annuaire du téléphone comme moyen d'investigation géographique.*

L'étude du trafic téléphonique intéresse le géographe à un double titre: en tant que phénomène de relations entre les hommes d'abord; ensuite, et par voie de conséquence, en tant que signe et facteur de centralité dans l'étude des réseaux urbains.

Pour tout ce qui touche au volume, aux directions, à l'envergure des échanges téléphoniques, les données statistiques fournies par les PTT demeurent irremplaçables. Mais l'annuaire des abonnés livre un complément d'informations à quelques égards plus géographiques que ces dernières. Il est en effet, jusqu'à présent, le seul instrument que nous possédions pour analyser avec une certaine précision – mais non pas une précision certaine – le support socio-économique et microrégional du trafic téléphonique.

Il nous permet d'abord, par confrontation avec les recensements officiels de connaître celles des catégories socio-professionnelles qui représentent les plus grosses parties prenantes à ces échanges. Il nous permet ensuite d'apprécier par quartiers dans une ville, par écarts dans une commune, et par commune dans le cadre d'un «réseau local» tel que le définissent les PTT, l'équipement téléphonique d'une région. Rapporté à la population active, et rapproché des présomptions de trafic que fournit la mention de la profession des abonnés, cet équipement suggère différentes hypothèses de travail concernant l'articulation de l'espace et les corrélations complexes qui s'établissent entre la taille des localités et leur polarité.

3. HANS BERNHARD – *Churchill, ein Aussenposten an der Hudsonbai.*

4. PAUL GUICHONNET – *Une région de Haute-Savoie en plein essor industriel.*

5. E. WINKLER (Zürich) – *Landschaftswandel der Kolchis.*

Als Kolchis bezeichneten die Griechen der Antike die Gegenden am östlichen Schwarzen Meer und im besondern das Gebiet des Rion-Unterlaufes im Südwesen des Kaukasus. Hippokrates (460–377 v. Chr.) schil-

derte die Landschaft anschaulich wie folgt: «Das Land... ist versumpft, heiss, feucht und waldreich. Dort fallen in jeder Jahreszeit starke Regen. Die Leute leben in Sümpfen. Ihre Holz- und Rohrhütten errichten sie in Form von Pfahlbauten am Wasser. Zu Fuss gehen sie nur in den Städten oder auf dem Markt; gewöhnlich fahren sie mit Einbäumen auf den zahlreichen Kanälen... Die Früchte, die dort wachsen, werden durch den Wasserüberfluss schlecht reif und welken rasch. Aus dem Wasser steigen dichte Nebel auf, die das gesamte Land einhüllen.» Diese regenreiche Landschaft (es fallen jährlich 1000–2500 mm und mehr Niederschlag) besitzt innerhalb der Kaukasusländer deshalb besonderes Interesse, weil in ihm älteste und neuste Kulturelemente noch häufig nebeneinander vorkommen, was vor allem in Klima und Hydrologie begründet ist. Obgleich die Küstennähe und Lage an bedeutsamen Verkehrswegen des Südkaukasus eine raschere Entwicklung begünstigt hätten, blieb das Gebiet bis in die neueste Zeit hinein eine schwer durchdringliche Sumpf- und Niederungswaldlandschaft, die nur lokal kultiviert und besiedelt wurde. Die für den Ackerbau benötigten Flächen mussten in harter Rode- und Entwässerungsarbeit den fast undurchdringlichen Wildnissen abgerungen werden, was auch infolge der Malariagefahr erhebliche Schwierigkeiten bereitete. Erst in der spätern Zarenzeit und zu Beginn der Sowjetepoche setzte die eigentliche Melioration ein, die inzwischen immerhin mehr als 100000 ha Sumpfwaldlandes trockenzulegen vermochte. An die Stelle der seendurchsetzten Moore und Laubwalddickichte traten dort Zitrus-, Feigen-, Mispel- und Feijoahaine, Kulturen von Kampferlorbeer, Tungbäumen, Baumwolle, Eukalyptusarten, Tabak, Weizen und Gemüse, aber auch Mais und Tee sowie von verschiedenen Hirsearten. Die Bevölkerung, seit alters aus Georgiern und Abchasen bestehend, siedelt aber noch heute vielfach in Häusern auf Pfählen, die an die neolithische Kultur erinnern. Nur wo die Entwässerung auf ältere Werke zurückgeht oder wo Hügel oder Berge wie im Süden und gegen den Kaukasus hin Versumpfung oder Überschwemmungen von jeher abhielten, konnten geschlossene Siedlungen entstehen, die auch in der Sowjetzeit stärker gewachsen sind; überdies wurden auch die Küstenstädte, wie Batumi, Poti oder Suchumi, im Zuge der Modernisierung zu eigentlichen Kurorten umgewandelt, die mit ihren weissgetünchten Hotels, ihren Bädern und Quaianlagen an die mediterrane Fremdenverkehrslandschaft erinnern. Trotz der noch im vollen Zuge befindlichen Transformation blieb die Volksdichte verhältnismässig gering; sie betrug um 1960 bei rund 400000 Einwohnern und einer Gesamtfläche von rund 7000 km^2 zwischen 50 und 60 je km^2, wobei etwa 30–35% in kleinstädtischen Siedlungen leben. Für die Sowjetunion ist die Kolchis als Lieferant von Südfrüchten, Tabak und Tee nichtsdestoweniger eine wichtige Agrarregion.

6. BERTIL GALLAND – *Migrations contemporaines au Laos.*

7. WERNER NIGG – *Lissabon.*

8. E. SCHWABE (Bern) – *Der Fremdenverkehr im «Atlas der Schweiz».*

Der Bedeutung des Fremdenverkehrs in unserm Land und seinem starken Aufschwung in den letzten Jahren sucht der «Atlas der Schweiz» mit einer doppelseitigen Karte im Massstab 1:500000 und einer Reihe von Nebenkarten und -plänen gerecht zu werden, die sich gegenwärtig in Ausarbeitung befinden. Dabei wird besonderes Gewicht nicht allein darauf gelegt, die vielfältigen Erscheinungen des Tourismus im Landschaftsbilde darzustellen, sondern zu zeigen, wie sehr dieser Wirtschaftszweig heute gewisse ursprünglich rein landwirtschaftlich ausgerichtete Gegenden, dazu auch kleinere und grössere städtische Gemeinwesen durchdringt. Unter anderem sollen die in bestimmten Regionen und Jahreszeiten akzentuierten Bevölkerungsballungen in der Karte zum Ausdruck kommen, die ganz eigenen Problemen gerufen haben; auch soll bei den wichtigern touristisch orientierten Orten wenn möglich die Aufgliederung des Beherbergungspotentials nach Hotels, Privatunterkünften, Instituten usw. dargelegt werden.

9. WERNER KÜNDIG-STEINER – *Die Ölpalmen-Versuchsstation des IRHO von Dibamba bei Douala (Kamerun).*

Die Abkürzung IRHO bedeutet soviel wie «Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux», zu deutsch «Forschungsinstitut für öl- und fettliefernde Pflanzen», mit Hauptsitz in Paris. Dieses IRHO hat besonders in der Nachkriegszeit in ehedem französischen Kolonien Versuchsstationen errichtet, in welchen zu Vergleichszwecken und zur Produktionsförderung die klimatologischen, biologischen, ökologischen und agrotechnischen Grundlagen von Ölpalmen-, Kokospalmen-, Erdnuss- oder Rhizinus-Neupflanzungen gesammelt werden.

Unser Interesse gilt ausschliesslich der fast auf Meeresniveau liegenden und rund 800 ha umfassenden Ölpalmenstation von Dibamba, 20 km östlich der Hafenstadt Douala, mitten im äquatorial-tropischen Regenwald, bereits im Mündungsgebiet des Dibamba in den Golf von Biafra. Die Rodungsinsel, am Ostrand mit einigen bescheidenen Gebäulichkeiten bestellt, erreicht heute rund 200 ha. Die vordringliche Aufgabe dieser Station liegt darin, mit wissenschaftlichen Mitteln Produktion und Export von Palmöl und Palmkernen aus Kamerun zu steigern, steht dieser doch erst an 5. Stelle, das heisst nach Kakao, Kaffee, Holz und Baumwolle. Eine erhöhte Ernte könnte auch den Import an Speiseölen und Seifen auf ein Mindestmass herabsetzen. Die 1948 gegründete Dibamba-Station des IRHO soll demonstrieren können, wie man mit Hilfe einer spezifischen Saatgutauswahl, insbesondere auch von technisch einfachen, von jedem Kleinpflanzer leicht zu übernehmenden neuen Arbeits- und Düngemethoden die Palmkernerzeugung eines Tropenentwicklungslandes verstärken kann.

Obwohl man aus «europäischer Ferne» (oder aus Routineüberlegungen) die Erfolgsaussichten für Ölpalmenpflanzungen im äquatorial-tropischen Kamerun als recht günstig bezeichnen möchte, so haben doch schon die

deutschen Pflanzer vor dem Ersten Weltkrieg drüben am Kamerunberg festgestellt, dass der Erfolg nicht nur vom Klima, sondern auch noch von der Bodenqualität und den Arbeitsmethoden abhängt. Im Falle von Dibamba hat sich schon im Laufe eines Jahrzehntes ergeben, dass der Verwitterungsboden aus tertiären Sanden besonders während der Hauptwachstumszeit der Ölpalmen über zu wenig Magnesium- und Stickstoffverbindungen verfügt, wie auch beim Eintritt des Fruchtwachstums über zu wenig Pottasche bzw. Kaliumverbindungen. Auch enthält dieser Boden fast keinen Lehm oder organische Bestandteile. Wenn auch der pH-Wert bei nur 5,5 liegt, so kann doch der ganze Küstensaum des Biafra-Golfes für die Neuanlage von Ölpalmenpflanzungen als günstig bezeichnet werden. Immerhin sei beigefügt, dass in dieser Tieflandregion immer wieder Elefanten auftauchen, die kleinere Rodungsinseln mit Neupflanzungen bevorzugen und zerstören.

Da das äquatorial-tropische Klima für die Versuchsergebnisse als ein wesentlich entscheidender, erstrangiger Faktor gelten kann, hat man seit der Stationsgründung in Dibamba die elementaren Klimafaktoren des Niederschlags, der mittleren Temperaturmaxima bzw. -minima möglichst genau verfolgt. Seit 1957 kennt man nun auch die Verteilung der Sonnenscheinstunden; leider fehlen uns die Werte für die Luftfeuchtigkeit, von der man weiss, dass sie auch in der Trockenzeit sehr selten einmal unter 90% sinkt.

Das Dibamba-Lokalklima ist im Mittel mit rund 3480 mm (fast 3½ m) Jahresniederschlag bei nur 153 Regentagen gekennzeichnet, das heisst mit einer sechsmonatigen Regen- und einer deutlich dreimonatigen Trockenzeit. Der Sonnenschein ist während vier Monaten (Anfang Juni bis Anfang Oktober) sehr schwach, das heisst durchschnittlich täglich nur 2½ Stunden, so dass die mittlere Jahressumme nur 1615 Stunden erreicht, was etwa den schlechtest besonnten voralpinen Regionen in der Schweiz entspricht. So wird verständlich, dass auch die Lufttemperatur nur zwischen einem mittleren Maximum von 34 °C in der Trockenzeit und einem mittleren Minimum von knapp 21 °C in der Regenzeit schwanken kann.

Grosses Gewicht legen alle IRHO-Versuchsstationen auf eine sorgfältige Saatgutauswahl. In Dibamba wurden 1948 Jungpflanzen aus Stationen der Elfenbeinküste, von Dahomey, dem französischen Kongo, ja sogar aus Malaya – wo die westafrikanische Ölpalme um 1848 eingeführt wurde – hergeholt. Auf die Richtlinien des IRHO für die Artenauslese kann hier nicht eingegangen werden. Man beschränkt sich ausserdem auf bestimmte Düngverfahren, hat man doch längst erkannt, dass in bestimmten Wachstumsstadien der Ölpalme sogenannte Spurenelemente, wie z. B. Bor, Kupfer, Molybdän, Mangan, Eisen, Zink, eine sehr wichtige Rolle spielen.

Uns Geographen interessieren wissenschaftlich begründete neue Arbeitsmethoden eher noch mehr als rein biochemische Versuche. Beide vermögen eine Kulturlandschaft mitzugestalten, so z. B. die mehrjährigen Versuche mit der Abdeckung des Wurzelbereiches junger Ölpalmen (mit

Schutzgeflecht und Schnittkräutern aller Art oder auch mit Plastikmaterial). Auch die Kastrierung von jungen erst 2½–3½jährigen Ölpalmen bewirkt Wachstums- und Dichteveränderungen bzw. neue Merkmale im Charakter einer grösseren Pflanzung und damit in der gesamten Ölpalmenlandschaft.

Bei einem Vergleich der Dibamba-Station mit jenen an der Elfenbeinküste, in Dahomey oder im Kongo ergibt sich vor allem die Tatsache, dass sich das Klima im südlichen Kamerun für die Anlage von Ölpalmenpflanzungen weniger eignet als jenes der eben genannten Länder; denn die Ernte ist in Dibamba um einen Viertel geringer als an der Elfenbeinküste, trotz sonst nahezu gleichen natürlichen Stationsgrundlagen.

Excursion dans la vallée de l'Arve

Cette excursion rapide permettra de parcourir la cluse de l'Arve, l'une des régions les plus originales des Alpes françaises, à plusieurs titres.

On pourrait dire, en effet, que c'est la partie la plus «helvétique» de la Savoie. Tout d'abord par son style tectonique. Nous sommes à une partie remarquable de l'arc alpin, là où les plissements en nappes de charriage (rive droite, à gauche en venant de Genève) du Chablais-Giffre font face aux massifs préalpins autochtones des Bornes-Aravis. En second lieu, parce que la vallée a évolué, jusqu'en 1923, en symbiose économique étroite avec Genève, dans le cadre de la *Zone franche*.

Ces relations ont façonné la géographie humaine du Faucigny (vallées de l'Arve et de son affluent le Giffre). En effet, privée par l'histoire de sa métropole naturelle, cette cluse n'est pas commandée par une grande ville, comme c'est le cas pour Annecy, Chambéry et Grenoble. Trois petites capitales «de remplacement» se sont partagé les fonctions urbaines: le rôle administratif (Bonneville); le rôle commercial (*La Roche-sur-Foron*); le rôle industriel (*Cluses*).

Si certains aspects complémentaires entre Genève et l'Arve moyenne ont disparu, comme la contribution au ravitaillement en grains, en légumes et surtout en vin, qui a entraîné la décadence du vignoble, par contre d'autres ont survécu, en se transformant:

– le rôle touristique de grande banlieue, pour la Cité de Calvin, enserrée dans ses frontières. Tous les villages dénombrent une quantité de chalets de week-end et de résidences secondaires, appartenant à des Genevois.

– le rôle de fournisseur de main-d'œuvre. Actuellement, près de 4000 migrants quotidiens du travail sont recrutés, d'Annemasse à Sallanches, par la place de Genève.

– depuis l'ouverture du tunnel du Mont-Blanc, le rôle d'artère routière internationale de transit. Les prévisions ont été déjouées, puisque, sur la base des résultats déjà enregistrés, le mouvement annuel sera de 700000 véhicules, au lieu de 450000 escomptés. Avec 10850 véhicules de moyenne journalière en août , la circulation entre Bonneville et Cluses a doublé, par rapport à la période antérieure au tunnel.

– le dernier point le plus important est l'implantation de l'industrie du *décolletage*, entre Annemasse et Sallanches, avec un pôle principal autour de Cluses. Occupant 15000 personnes et forte de 18000 tours automatiques, elle vaut à la cluse de l'Arve le plus gros coefficient d'industrialisation des Alpes françaises. Cette industrie, à dominante artisanale, a succédé, dans l'entre deux guerres, à l'horlogerie qui, depuis le XVIII^{e} siècle, travaillait pour la Fabrique genevoise. Depuis 1940, un centre français de la montre, essaimé du Jura, prospère à Annemasse. Le décolletage, qui livre 65 à 70% de la production commercialisée en France, demeure très helvétique dans ses modalités et ses techniques. Une grande partie de l'outillage vient du Jura bernois (firmes Bechler, Tornos, Petermann, Schaublin, de Moutier, Bévilard).

Depuis 1945, la cluse de l'Arve a subi une rapide transformation économique. Elle s'est marquée par la poussée industrielle et urbaine et le déclin de l'agriculture. C'est, avec Annecy, la région la plus dynamique de la Savoie et, avec Grenoble, de toutes les Alpes françaises. Au dernier recensement français (1962) elle rassemble 11,15% de la population de la Haute-Savoie (37058 habitants). La densité par km^2 est de 141, et de 280 par km^2 exploité. Ce secteur a enregistré, entre 1936 et 1962, une augmentation de population de 23,8% qui n'est dépassé que par la cluse d'Annecy (39,7).

L'agglomération clusienne, forte d'une quinzaine de milliers d'habitants, a progressé de 65,09% entre 1954 et 1962. C'est le second pourcentage-record d'accroissement dans le classement de *toutes les villes françaises*. L'agglomération annemassienne (30000 habitants), qui est hors de la cluse proprement dite (Basse-Arve), a progressé de 34,6%. Ces quelques chiffres montrent le dynamisme de la vallée.

Itinéraire de l'excursion

Rendez-vous dimanche 26 septembre 1965, à 8 h 15, entrée principale des Bastions, côté Place-Neuve (en face du Théâtre). Tram N° 12 et 3/33.

Départ à 8 h 30. Le temps prévu pour l'excursion étant limité, le départ aura lieu sans faute à 8 h 30.

On sort de Genève vers l'Est pour franchir la frontière à Moillesulaz et entrer dans l'agglomération d'Annemasse. Cette ville récente (2880 habitants en 1901) est essentiellement commerçante et industrielle (textile de nylon, meuble, décolletage, mécanique et surtout horlogerie qui livre 50% des pignons, 70% des ébauches et 15% du terminage en montres). Il n'y a pratiquement pas de rapports avec l'horlogerie de Genève, contrairement à ce qu'on peut imaginer.

La route suit la base des collines du Faucigny (complexe d'écailles de nappes, pentes de mollasse et de moraines). Elle traverse la Menoge. On atteint Arthaz (centre maraîcher fournissant en partie Genève), puis Contamine-sur-Arve (prieuré clunisien du XI^{e} siècle). Tout cet adret était jadis en vignes.

Bonneville (25 km), centre administratif et scolaire. Un peu de décolletage et une grosse usine de décentralisation parisienne (Compagnie

parisienne d'outillage à air comprimé, installée en 1962). Depuis Contamine, on est dans le bassin de Bonneville. A droite, l'épaulement mollassique et glaciaire du plateau de la Borne, adossé au Salève, frontière entre la vallée de l'Arve et Annecy.

Les habitants anciens sont sur les têtes des cônes de déjection des torrents affluents de l'Arve. Le fond de la vallée, autrefois inondable et marécageux, est vide de villages. Il a été endigué entre 1825 et 1860, par le gouvernement sarde (Colonne commémorative du roi Charles-Félix, à la sortie du Pont de Bonneville). On traverse l'Arve à Bonneville et on longe le pied du massif des Bornes (plongement du calcaire urgonien). Par Vougy, Scionzier, Marnaz, on entre dans la zone du décolletage. Remarquer les villas cossues et les petits ateliers. La route est une section de la future «Route blanche».

On arrive à Cluses (à 14 km de Bonneville). La ville ancienne, à la tête du cône de l'Arve, a été détruite par un incendie en 1845 et reconstruite par les urbanistes piémontais, sur un plan géométrique. Depuis 1945, la ville nouvelle s'étend à l'aval, sur les 2 côtés de l'Arve. On traverse les quartiers nouveaux. Outre le décolletage classique, Cluses a des usines, contenant de 500 à 1000 personnes, faisant l'appareillage (compteurs, minuteries, surtout moulinets de pêche (700000 par mois), exportés aux USA).

Remarquer le Lycée technique (héritier de l'Ecole royale d'horlogerie) qui forme les cadres techniques et a joué un rôle fondamental dans l'industrialisation.

Réception à la Mairie de Cluses par M. Paul Bechet, maire industriel (fabricant de machines à décolleter).

Retour à Genève par la rive droite de l'Arve, jusqu'à Bonneville par Marignier (décolletage, usine des bougies automobiles Marchal) en longeant le coteau viticole d'Ayze (une centaine d'hectares).

Arrivée à Genève: 11 h 30.

14° Section de logique et philosophie des sciences

Session de la Société suisse de logique et philosophie des sciences

Président: Dr M. Aebi (Zurich)
Secrétaire: H. Iklé (Stäfa)

La Société suisse de logique et philosophie des sciences a participé au symposium du vendredi soir pour commémorer le 400e anniversaire de la mort de Konrad Gesner.

15° Section de pharmacie

Session de la Commission scientifique de la Société suisse
des pharmaciens
Samedi 25 septembre 1965

Présidents: Prof. E. CHERBULIEZ
Prof. A. MIRIMANOFF
Prof. P. BOYMOND

1. P. BURI – *Contrôle physiologique de quelques hydrogels destinés à la muqueuse nasale.*

Pour le contrôle physiologique d'hydrogels de Carbopol® applicables à la muqueuse nasale, la méthode d'observation directe de la fonction ciliaire de l'épithélium trachéal de cobaye, en présence du gel (correspondant au test Gallay pour les gouttes nasales), s'est révélée inutilisable dès les premiers essais. En effet, la viscosité des gels inhibe le mouvement des cils vibratiles.

Afin de distinguer si cette inhibition est définitive ou réversible, nous avons élaboré une méthode de contrôle indirecte, dont le principe consiste à apprécier le mouvement des cils après élimination du gel. Un fragment de trachée de cobaye est immergé dans le gel à examiner pendant un temps déterminé, puis le gel est éliminé par lavage avec une solution physiologique; le mouvement ciliaire est alors observé au microscope et qualifié selon 3 degrés d'appréciation, ceci en comparaison avec un essai témoin.

Les principaux résultats ont montré en premier lieu l'innocuité des gels de Carbopol®, la nécessité d'y adjoindre du glucose (isoosmose), l'influence du pH, la très bonne tolérance du propylèneglycol, et le léger effet inhibiteur de l'éthylèneglycol à concentration élevée.

Puis les tests avec des gels contenant des principes actifs ont révélé notamment une bonne tolérance pour la néomycine, le borate de phénylmercure et l'argent colloïdal, l'effet stimulant de l'éphédrine et de la phényléphrine ainsi que l'effet inhibiteur de l'antazoline. Ces différentes substances médicamenteuses ont été également étudiées dans des formules composées.

Ce test montre donc dans quelle mesure le mouvement ciliaire est altéré, inchangé ou stimulé après contact avec la préparation. Il s'impose pour des formes galéniques telles que les gels et peut s'appliquer également aux solutions aqueuses. Il permet de voir si les préparations examinées sont toxiques, sans influence ou ont un effet stimulant sur la fonction ciliaire. Il peut être associé au test Gallay pour distinguer une action inhibitrice momentanée, pendant le temps de contact, ou réversible, si la fonction ciliaire est rétablie après élimination de la préparation testée.

2. A. MIRIMANOFF et A. PALEY – *Contrôle physiologique des gouttes nasales sur la muqueuse du cobaye: effet toxique temporaire et permanent.*

La méthode élaborée en 1960 par C. Gallay consiste à immerger, dans la solution à tester, un fragment d'épithélium cilié de la trachée du cobaye, puis à mesurer la durée des battements ciliaires. Si celle-ci excède une moyenne de 20 minutes, on admet que la solution est bien tolérée par la muqueuse.

Le présent travail se propose, en modifiant le mode opératoire, de déterminer si l'arrêt des battements est temporaire ou définitif.

Le principe consiste à immerger dans la solution à tester une trachée entière. Après des temps déterminés, on coupe un morceau de cette trachée (4–5 anneaux), sur lequel on effectue un prélèvement d'épithélium que l'on examine immédiatement dans une goutte de solution à tester. Le reliquat du morceau de trachée est immergé dans NaCl à 9‰.

Sur ce même morceau de trachée, on effectue un nouveau prélèvement que l'on place dans une goutte de NaCl à 9‰ et on observera le mouvement ciliaire après 5, 15, 30, 45 et 60 minutes.

Les résultats reposent sur l'observation du rythme des battements ciliaires, ainsi que sur la proportion des cils devenant immobiles.

On déterminera, par exemple, pendant combien de temps il convient d'immerger la trachée entière pour que, replacés dans un milieu liquide physiologique (NaCl à 9‰), les fragments récupèrent leur battement ciliaire normal (effet temporaire) ou, au contraire, ne manifestent plus aucun mouvement (effet permanent).

Principaux résultats

a) L'eau distillée exerce une action toxique permanente après un contact de 30 minutes.

b) Même effet avec une solution tamponnée isoosmotique de citrate de Na de pH 4,5 (15 à 20 minutes).

c) L'acide borique à 2,2% produit ce même effet après 30 minutes de contact.

d) Une solution de glucose à 5% dans de l'éthanol à 10% n'exerce qu'un effet temporaire (1 h et plus).

e) Le propylèneglycol pur, mais glucosé à 5%, exerce un effet toxique permanent déjà après 5 minutes de contact. Dilué à 10%, cet alcool est bien toléré.

f) Mêmes résultats avec l'éthylèneglycol.

En conclusion, notre méthode peut permettre de déceler un effet toxique permanent ou temporaire.

L'action délétère de l'eau distillée et des solutions acides de pH $<$ à 6,0–6,5 est confirmée.

L'absence de pouvoir-tampon d'une solution semble atténuer l'effet toxique d'une solution acide.

Malgré certaines différences de résultats, nous estimons que le test Gallay demeure le meilleur critère pour le contrôle physiologique des gouttes nasales.

3. G. JÜRGENSEN, P. SPEISER – *Komplexbindungstendenzen zwischen Pharmaka und makromolekularen Hilfsstoffen.*

Makromolekulare Stoffe finden heutzutage in der Pharmazie als Hilfsstoffe verbreitete Anwendung. Daraus versteht sich die Bedeutung von Untersuchungen der therapeutischen, physikalischen und chemischen Aktivität dieser Stoffe.

So kann zum Beispiel eine Komplexbindung zwischen Wirkstoff und Hilfsstoff die Resorption eines Wirkstoffes vollständig ändern.

Untersuchungen über die Komplexbindungstendenz nicht ionischer makromolekularer Stoffe, insbesondere von PVP (Polyvinylpyrrolidon), mit verschiedenen Benzolderivaten mittels einer Dialysemethode werden erörtert.

Die Resultate zeigen, dass vor allem H-Brückenbindungen und hydrophobe Bindungen auftreten.

Weitere Auskünfte über die Bindungsvorgänge erhofft man vom Studium der Ionenstärke, von NMR-Spektren, rheologischen und thermodynamischen Daten.

4. V. BHAVNAGRI, P. SPEISER – *Über rektale Xerogelarzneiformen.*

Lyophilisierte Xerogele eignen sich aus vielen Gründen für die rektale Applikation, da die Wirkstoffabgabe aus solchen Arzneiformen in vitro besser und quantitativer erfolgt als aus lipophilen Suppositorien. Die Herstellung dieser verformten Xerogele mit Hilfe schonender Gefriertrocknungsverfahren, und ihre physikalischen Eigenschaften, wie z.B. Bruchfestigkeit, werden besprochen sowie der Einfluss der Wirkstoffe und einiger Hilfsstoffe auf die Wirkstofffreigabe untersucht. Mit Hilfe einer eigens hiezu entwickelten Diffusionsapparatur kann gezeigt werden, dass z.B. Sulfisomidin-Natrium besser diffundiert als ihre korrespondierende Säure und dass gewisse Hilfsstoffe, wie Mannitol, die Wirkstofffreigabe fördern können. Um die Güte rektaler Präparate bestimmen zu können, sollte inskünftig die Wirkstoffabgabe aus jeder Suppositorienformulierung in vitro untersucht werden.

5. H. RAHM et P. SPEISER – *Quelques remarques critiques sur la valeur HLB.*

Après quelques considérations générales sur la valeur HLB et sa détermination, différentes questions se rapportant à l'emploi de ce système sont discutées, notamment la stabilité, le principe de l'addition et l'influence d'électrolytes ainsi que les difficultés se présentant lors de la préparation des émulsions. De ces études il s'en suit qu'il faut déterminer expérimentellement la valeur HLB de la phase huileuse, de préférence par évaluation de la stabilité à l'aide de la dispersité.

6. A. EGAKEY, P. SPEISER – *Forme médicamenteuse de dépôt à l'aide d'un moulage par injection de résine.*

Les différentes possibilités de libération du principe actif d'une forme médicamenteuse perorale de dépôt sont discutées. La diffusion du principe actif de la plupart des spécialités ne donnant pas entière satisfaction, nous avons élaboré une nouvelle forme galénique, basée sur le principe d'un moulage par injection de résines thermoplastiques.

Les méthodes de préparation, les vitesses de dissolution des résines dans les sucs gastriques et intestinaux, ainsi que la libération du principe actif sont discutées. La nouvelle forme médicamenteuse de dépôt présente de grands avantages et mérite une étude plus approfondie.

7. MAX SCHRENZEL (Bâle) – *Emploi du compteur de Coulter pour l'analyse des émulsions O/W.*

Le compteur de Coulter, couramment utilisé pour l'analyse de la grandeur des particules solides, peut être aussi employé pour l'analyse des gouttelettes huileuses d'une émulsion liquide O/W.

L'analyse de ces gouttelettes est d'un intérêt certain dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique, car leur grandeur et leur degré de dispersion jouent un rôle important pour la stabilité de l'émulsion, son apparence, sa viscosité, etc.

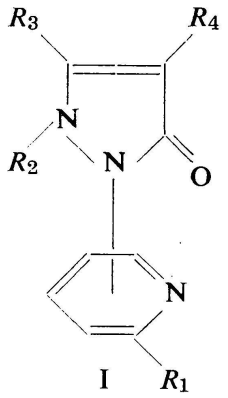
Le pouvoir émulsionnant de différents appareils de fabrication ainsi que des homogénéisateurs peut être déterminé à l'aide d'une mesure de la grandeur des gouttelettes émulsionnées. L'étude de la stabilité au cours du temps et à différentes températures de ces émulsions peut être améliorée par une telle mesure.

On explique en premier lieu le principe de l'appareil et ses avantages sur le microscope en particulier. Puis on démontre que la solution d'électrolyte employée lors des déterminations avec le compteur de Coulter ne fait varier ni le diamètre moyen ni le degré de dispersion des gouttelettes huileuses et que les résultats obtenus sont reproductibles.

Enfin, on étudie l'influence causée par différents appareils et homogénéisateurs sur le degré de dispersion de la phase interne d'une émulsion ainsi que le comportement de cette émulsion au cours du temps.

8. J. BÜCHI, P. EICHENBERGER, P. FABBIANI, H.-U. FREY, A. HOFSTETTER und A. SCHORNO (Zürich) – *Synthese und Wirkung pyridylierter Pyrazolone.*

Es wurde über die Synthese einer Reihe substituierter 1-[Pyridyl (2′, 3′ und 4′)]-pyrazolone-5 der allgemeinen Formel



R_1 = H, Cl, OC_4H_9

R_2 = H, CH_3

R_3 = CH_3, C_3H_7, C_6H_5

R_4 = H, CH_3, C_2H_5, iso-C_3H_7, C_4H_9, C_6H_5, CH_2–C_6H_5

I

berichtet. Diese ging aus von den entsprechenden 2-, 3- oder 4-Pyridylhydrazinen bzw. in 6-Stellung substituierten 2-, 3- oder 4-Pyridyl-hydrazinen und den erforderlichen Acetessigestern. Die Kondensationen zu den Pyrazolonen-5 erfolgten mit guten Ausbeuten nach den Methoden von Knorr, Schering, Koenigs, Zwart und Wibaut sowie Räth. Während die N-Methylierung der am Pyridyl-Rest nichtsubstituierten Pyrazolone in den meisten Fällen nicht erreicht werden konnte, lässt sich diese bei den am Pyridyl-Rest chlorierten Derivaten mit Methyliodid oder Dimethylsulfat und unterschiedlichen Ausbeuten durchführen. Die Butoxylierung von 1-[6′-Chlorpyridyl (2′)]-3-methyl-pyrazolon-5 verlief mit guter Ausbeute unter Erhitzen mit Natriumbutylat im Bombenrohr.

Um die Auswirkung der Einführung der Pyridyl-Gruppe in die Pyrazolone-5, der Methylierung am N_2 und der homologen Reihe zu untersuchen, wurden die hergestellten Verbindungen auf ihre antipyretische, analgetische, antiphlogistische und psychosedative Wirkung untersucht. Einige Derivate zeigten eine gewisse antipyretische und antiphlogistische Wirksamkeit. Die Einführung der Pyridyl-Gruppe bewirkte keine Verstärkung der psychosedativen Effekte. Zusammenhänge zwischen der chemischen Konstitution und der Wirkung sind nicht zu erkennen.

9. X. Perlia et G. Fischer (Institut de Pharmacie, EPF Zurich) – *Réactivité de dérivés de la procaïne.*

Pour une série analogue de la procaïne, où le groupe carboxyle a été remplacé par différents restes

(–C(=O)–S–, –C(=O)–NH–, –C(=O)–CH_2–, –NH–C(=O)–, –CH_2–CH_2–, –O–CH_2–,

–S–CH_2–, –SO_2–CH_2– et –CH_2–O–),

l'activité anesthésique locale de conduction (préparation sciatique-gastrocnémien) et différentes propriétés physico-chimiques ont été étudiées. Afin de connaître des relations entre ces deux propriétés les coefficients de corrélation des rangs d'après Spearman ont été déterminés. On a trouvé ainsi une relation hautement significative entre l'activité d'un

côté, l'hydrosolubilité des bases et le coefficient de partage d'un autre côté, une relation significative prononcée entre l'activité, le pH critique de précipitation, l'activité superficielle, l'adsorbabilité et l'ensemble des propriétés physico-chimiques étudiées. Il n'y a, par contre, aucune relation entre la basicité et l'activité pharmacodynamique. La substitution du groupe carboxyle par les restes mentionnés, à l'exception du groupe $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-S-$, conduit à une diminution de l'activité anesthésique locale.

10. H. MÜHLEMANN und H. WERNLI – *Über die Struktur des Glukofrangulins.* (Kurzfassung.)

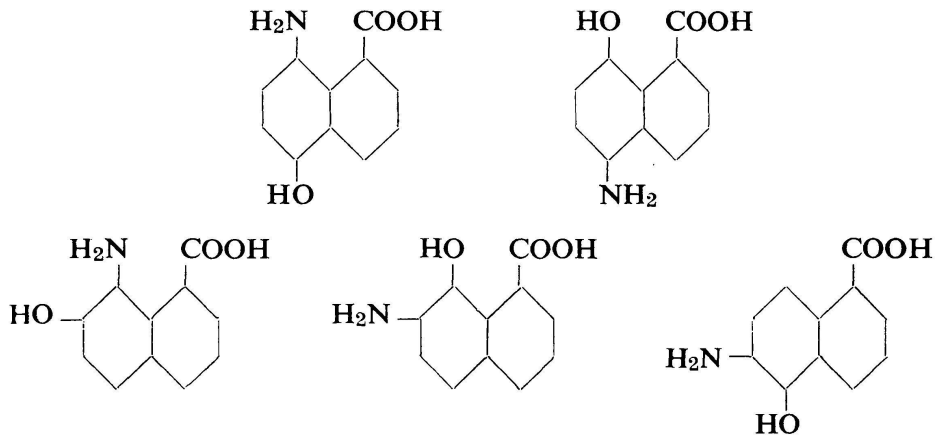
Auf Grund der Ergebnisse der Hydrolyse von Oktomethylglukofrangulin wurde bewiesen, dass entgegen den früheren Annahmen Glukofrangulin ein Bi-glycosid des Emodins darstellt, wobei die Rhamnose in Stellung 6 und die Glukose in Stellung 1 oder 8 mit dem Emodin verknüpft ist. Dies geht daraus hervor, dass als Hydrolyseprodukte nur ein Monomethylemodin (Stellung der Methylgruppe entweder in 1 oder 8) sowie Tetramethylglucose und eine Trimethylrhamnose aufgefunden werden konnten.

(Die Arbeit wird in extenso in den Pharm.Acta Helv. erscheinen)

11. N. LORUSSO et A. GIRARDET (Lausanne) – *Synthèse de quelques acides amino-oxy-naphtoïques susceptibles de posséder une action tuberculostatique.*

Nous avons synthétisé quelques dérivés naphtaléniques portant les substituants du PAS, dans l'espoir d'y trouver une action tuberculostatique.

Les acides aminohydroxynaphtoïques que nous avons synthétisés sont les suivants:



Un article détaillé paraîtra dans les Pharm. Act. Helv.

12. HANS FLÜCK und CHRISTA WINDECK-LUTZ – *Die Prüfung der Harze und Balsame mittels Dünnschichtchromatographie.*

Die Begriffe Balsame und Harze sind nicht sehr scharf umrissen. Es handelt sich immer um pflanzliche Exkrete, wobei die pharmazeutisch verwendeten Produkte infolge pathologischer Reizung (z. B. Einschnitte) vermehrt sezerniert werden. Unter Balsam versteht man eine Mischung von ätherischem Öl (wasserdampfflüchtig) und Harz (nicht wasserdampfflüchtig). Gummiharze enthalten neben dem Harz im engeren Sinne und Spuren von ätherischem Öl noch polymere Kohlenhydrate. Chemisch sind alle Balsame und Harze Mischungen von mehreren Verbindungen, die dominant aus C und H oder C, H und O bestehen und in seltenen Fällen auch S und N enthalten. Die Verbindungen sind, mit Ausnahme der polymeren Kohlenhydrate, dominant lipophil. Einzelne sind apolar, andere mehr oder weniger polar. Die Mengenverhältnisse der einzelnen Substanzen sind einigermassen konstant, wobei einzelne Substanzen nur in Spuren, andere dominant vorkommen. Die therapeutische Wirkung beruht meistens auf der Kombination der einzelnen Substanzen oder wenigstens von einigen der Komponenten.

Die Identifikations- und Reinheitsprüfung ist bisher durch organoleptische Merkmale, qualitative Reaktionen und chemische und physikalische Kennzahlen erfolgt, die oft nicht eindeutige Resultate ergeben haben.

Die Dünnschichtchromatographie erlaubt die Auftrennung in die einzelnen Komponenten, die dann mittels chemischer Sprühreagentien und Fluoreszenzerscheinungen im UV sichtbar gemacht werden können. Quantitative Bestimmungen einzelner Substanzen sind bei Balsamen und Harzen nur mittels densitometrischer Messungen oder spektrophotometrischer Bestimmung nach Elution der ausgekratzten Flecken möglich.

Für Pharmakopöezwecke genügen Identifikations- und Reinheitsprüfung weitgehend. In der Regel werden auf einer Platte mit einem einheitlichen Laufmittel mehrere Bahnen laufen gelassen und durch Abdecken selektiv mit verschiedenen Detektionsmitteln entwickelt. In einzelnen Fällen ist die Verwendung von 2 Platten nötig. Als Sorptionsmaterial wird durchweg Kieselgel-GF 254 verwendet. Bei allen Chromatogrammen wird zur Festlegung der Rf-Werte eine Standardsubstanz mitlaufen gelassen. Die Trennung der Flecke ist meist besser, wenn das Chromatogramm zweimal nacheinander laufen gelassen wird. Genauere Angaben finden sich in der Dissertation von Christa Windeck-Lutz, ETH Zürich 1965, (Untersuchung und Prüfung einiger Balsame und Harze usw.).

Bei den 6 behandelten Drogen sind die folgenden Befunde gemacht worden:

Myrrha: Eine Platte. *Laufmittel*: Benzol/Essigester; *Bezugssubstanz*: Eugenol; *Detektionsmittel*: Anisaldehydreagens, UV. Es wurden 10 Flecke gefunden. Die Differenzierung gegen die Verfälschungen mit Bisabolmyrrha und Bdelliumharz gelingt, da beide bedeutend weniger Flecke aufweisen.

Styrax: Eine Platte. *Laufmittel*: Benzin/Eisessig; *Bezugssubstanz*: Zimtsäure; *Detektionsmittel*: Anisaldehydreagens, UV, $FeCl_3/H_2O_2$. Es wurden 11 Flecke gefunden.

Benzoe: Zwei Platten. *Laufmittel*: 1. Platte: Benzol/Chloroform/Methanol; 2. Platte: Chloroform/Zyklohexan/Essigsäure; *Bezugssubstanzen*: 1. Platte: Benzylbenzoat; 2. Platte: Benzoesäure; *Detektionsmittel*: 1. Platte: Anisaldehydreagens, UV; 2. Platte: Benzidin/Eisessig, $FeCl_3/H_2O_2$. Es wurden 7 Flecke gefunden. Die Differenzierung zwischen Siam-Benzoe und Sumatra-Benzoe gelingt auf der 2. Platte. Benzoesäure und Zimtsäure liegen zwar sehr nahe beieinander, zeigen jedoch verschiedene Farben.

Terebinthina laricina: Eine Platte. *Laufmittel*: Benzol/Essigester; *Bezugssubstanz*: Borneol; *Detektionsmittel*: Anisaldehydreagens, UV, $FeCl_3/H_2O_2$. Es wurden 7 Flecke gefunden. Der Nachweis von Pinusterpentin ist im Chromatogramm ungenügend und muss durch andere Charakteristika erfolgen.

Perubalsam: Zwei Platten. *Laufmittel für beide Platten*: Benzin/Essigsäure; *Bezugssubstanz für beide Platten*: Zimtsäure; *Detektionsmittel*: 1. Platte: Anisaldehydreagens, UV, $FeCl_3/H_2O_2$; 2. Platte: Brom-Natriumfluorescein (Nachweis von fettem Öl usw.). Es wurden 10 Flecke gefunden.

Tolubalsam: Eine Platte. *Laufmittel*: Benzin/Essigsäure; *Bezugssubstanz* Zimtsäure; *Detektionsmittel*: Anisaldehydreagens, UV, $FeCl_3/H_2O_2$. Es wurden 10 Flecke gefunden.

Die Intensität und Grösse der Flecke der einzelnen Substanzen waren bei den verschiedenen Mustern der gleichen Droge weitgehend ähnlich. Am abweichendsten verhielten sich die Chromatogramme der 3 untersuchten Sorten von Tolubalsam.

13. TH. LANGAUER und K. STEIGER-TRIPPI – *Über die Veränderungen der Kornfeinheit der Arzneistoffe während der Nassgranulierung.*

Die Übertragung lösungskinetischer Erfahrungen auf die Resorption aus festen Arzneizubereitungen führt zur Verwendung möglichst feinverteilter Arzneistoffe bei der Herstellung von Tabletten, Dragées usw.

Durch die Nassgranulierung kann aber die Kornfeinheit der Arzneistoffe, die vereinfacht durch die Grösse der spezifischen Oberfläche (m^2/g) beschrieben wird, verändert werden.

Dies kann in der fertigen Arzneiform zu spez. Oberflächen führen, die sowohl um ein Vielfaches grösser als auch wesentlich kleiner als die der Ausgangsstoffe sein können.

An einigen Beispielen wird gezeigt, dass es daher sinnvoll ist, solche technologisch bedingten Veränderungen durch Messung, z.B. der spezifischen Oberfläche (BET-Methode usw.) kennenzulernen, ehe eine Feinheitsforderung an das Material für Tabletten, Dragées usw. vor der Granulierung gestellt wird.

Gleichbleibende Oberflächen werden im Interesse einer gleichbleibenden Wirkung der Arzneimittel für wesentlich erachtet.

16° Section de génétique

Session de la Société suisse de génétique
Vendredi 24 septembre 1965

Président: Prof. A. HOTTINGER (Bâle)
Secrétaire: Prof. R. ROSIN (Berne)

1. JÉRÔME LEJEUNE (Institut de Progenèse, Paris) – *Pathologie chromosomiale.*

17° Section de physiologie, chimie physiologique et pharmacologie

Session de la Société suisse de physiologie, chimie physiologique et pharmacologie
Samedi 25 septembre 1965

Président: Prof. Dr W. WILBRANDT (Berne)
Secrétaire: Dr E. EICHENBERGER (Berne)

Symposium organisé par le Prof. J. M. POSTERNAK (Genève):

Aspects biophysiques, biochimiques et pharmacologiques de la contraction du muscle strié

sous la présidence du Prof. A. VON MURALT (Berne)

1. ALEXANDER VON MURALT – *Kurzer Überblick über die Entwicklung unserer Kenntnisse der Entstehung der Muskelkraft.*

Mystisch mutet uns heute die noch anfangs des letzten Jahrhunderts vorherrschende Theorie einer «vis vitalis» an, einer Kraft, die als Quelle der Lebensäusserungen und auch ganz besonders als Quelle der Muskelkraft angesehen wurde. Den ersten entscheidenden Schlag gegen solches unexaktes Denken führte der 24jährige Helmholtz (1845) mit einer exakten und mit heutigen Augen gesehen grossartigen Arbeit, in welcher er zeigte, dass bei der Arbeitsleistung im Muskel die extrahierbare wasserlösliche Substanz abnimmt, während dafür die alkohollösliche zunimmt: die Muskelkraft wird auf Kosten chemischer Umsätze und nicht durch die «vis vitalis» entwickelt! Der nächste Schritt war der Nachweis, den wir ebenfalls Helmholtz verdanken, dass bei der Arbeit als Folge dieser chemischen Prozesse auch Wärme gebildet wird. Diese beiden Feststellungen sind noch heute das solide Fundament aller Vorstellungen über die Energie-Umwandlungen bei der Muskelkontraktion.

Ein weiterer Trugschluss war der Gedanke, der Muskel sei eine Wärmemaschine und wandle in gleicher Weise wie die technischen Verbrennungsmaschinen die Verbrennungswärme in Arbeit um. Jeder, der nur etwas von Thermodynamik versteht, weiss, dass ein Wirkungsgrad von 25%, wie ihn der Muskel zeigt, nur mit Temperaturdifferenzen von mindestens 100° im Idealfall in einer thermodynamischen Maschine zu verwirklichen wäre. Fick (1893) und McDougall (1898) haben das Verdienst, den Gedanken der Wärmemaschine ad absurdum geführt zu haben.

Ein neuer grosser Schritt war die Entdeckung des «chemischen Fliessbandes», an dessen «Rändern» die Enzyme als «Arbeiter» stehen. Genau wie beim technischen Fliessband führt jedes Enzym nur einen einzigen Schritt in der Veränderung des «vorbeifliessenden» Moleküles aus. Am Anfang des Fliessbandes wird Glykogen «aufgeladen», und am Ende des Fliessbandes entsteht unter anaeroben «Fabrikationsverfahren» Milchsäure und Energie, im aeroben Prozess Kohlensäure und Wasser und

ausserdem sehr viel mehr Energie pro «Fabrikationseinheit». Fletcher und Hopkins (1907, 1911, 1913) haben den ersten gezielten Vorstoss in diese grossartige chemische Werkstatt des Muskels gemacht. Meyerhof, Embden, Parnas (vgl. Meyerhof 1930) und deren Schüler haben die «Fliessbandprozesse» des stufenweisen Abbaues und der Phosphorylierungen erforscht. Die energetische Seite wurde vor allem von Hill (1910–1965!) in meisterhafter Weise bearbeitet. Bei allen diesen Untersuchungen stellte es sich heraus, dass es nicht nur ein «Fliessband» gibt, sondern mehrere, bei denen auch rückläufige Arbeitsvorgänge die Moleküle wieder in ihren ursprünglichen Zustand als Energiespeicher zurückführen.

Die Frage nach der eigentlichen Muskelmaschine, in der die mechanische Energie produziert wird, hat die Geister schon sehr früh beschäftigt. Besonders der Wechsel zwischen isotropen (I) und anisotropen, doppelbrechenden Schichten (Q) beim quergestreiften Muskel schien im unmittelbaren Zusammenhang mit der Muskelmaschine zu stehen. Auf Engelmann (1878) geht ein weiterer Trugschluss zurück, dass nämlich die Kontraktion in den anisotropen Schichten (Q) erfolge und die isotropen Schichten (I) sich gar nicht verkürzen sollen. Andrew Huxley (1954, der Vorname ist hier sehr wichtig!) hat mit dem von ihm selbst entwickelten Interferenz-Mikroskop zeigen können, dass das gar nicht stimmt, sondern dass die isotropen Schichten bei der Verkürzung des Muskels verschwinden! Diese Beobachtung ist einer der Grundpfeiler der neuen Vorstellungen von der Muskelkontraktion geworden! Bevor auf diese modernen Vorstellungen eingegangen werden kann, ist ein Wort über die Muskeleiweisse am Platz. Der quergestreifte Muskel enthält Myosin, Aktin und weitere für die Kontraktion nicht unmittelbar massgebende Eiweisse (vgl. H.H. Weber 1934, Weber und Portzehl 1952, Szent-Györgyi 1947). Das Myosin, das zum erstenmal in relativ reiner Form von Edsall präpariert wurde, zeigt prachtvolle Strömungsdoppelbrechung (v. Muralt und Edsall 1930, Boehm und Signer 1931, Needham und Mitarbeiter 1941, Greenstein und Edsall 1940) und ist ein langgestrecktes Fadenmolekül, das zu Fäden versponnen werden kann (vgl. Weber 1934), hohe Eigen- und Stäbchendoppelbrechung besitzt, ein Röntgendiagramm liefert, das mit dem des lebenden Muskels identisch ist und in Lösung anomale Viskosität aufweist (vgl. Weber und Portzehl 1952). Mit dem Aktin kann es sich zu Aktomyosin koppeln, eine der grundlegenden Feststellungen der modernen Muskelchemie, die wir dem genialen Szent-Györgyi verdanken! Bei der Kontraktion nimmt die Doppelbrechung des Muskels ab (v. Muralt 1932, Buchthal und Knappeis 1938), aber die Abnahme hängt bei isometrischen Bedingungen von der Spannung ab (Fischer 1940).

Hugh Huxley und Hanson (1954) haben mit ihren prachtvollen elektronenmikroskopischen Aufnahmen in dieses scheinbar verworrene Bild eine klare neue Auffassung gebracht, der sich alle Beobachtungen fast widerspruchslos einordnen lassen.

Damit sind wir zum Thema des heutigen Kolloquiums gelangt, in welchem die modernen Vorstellungen von der Muskelmaschine und der

Kopplung zwischen Erregungsvorgang und Kontraktion behandelt werden.

Es wäre ein neuer Irrtum, zu glauben, dass in unseren heutigen Auffassungen nicht auch wieder einige Irrtümer mitlaufen, die in kommenden Arbeiten entlarvt werden!

LITERATUR

Boehm G. und *Signer R.:* Helv. chim. Acta *14*, 370 (1931).
Buchthal F. und *Knappeis G.G.:* Skand. Arch. Physiol. *78*, 97 (1938).
Engelmann Th. W.: Pflügers Arch. ges. Physiol. *18*, 1 (1878).
Fick A.: Pflügers Arch. ges. Physiol. *53*, 606 (1893).
Fischer E.: Am. J. Physiol. *131*, 156 (1940).
Fletcher W. M. and *Hopkins F. G.:* J. Physiol. *35*, 247 (1907); *43*, 286 (1911); *47*, 361 (1913).
Greenstein J. P. and *Edsall J. T.:* J. biol. Chem. *133*, 397 (1940).
Helmholtz H.: Müllers Arch. Anat. Physiol. S. 72 (1845).
Hill A. V.: Prac. Roy. Soc. B *159*, 297, 319, 585 u. 596 (1964).
Huxley A. F. and *Niedergerke R.:* Nature (London) *173*, 971 (1954).
Huxlex H. and *Hanson J.:* Nature (London) *173*, 973 (1954).
McDougall W.: J. Anat. Physiol. *32*, 187 (1898).
Meyerhof O.: Die chemischen Vorgänge im Muskel. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1930.
v. Muralt A. and *Edsall J. T.:* J. biol. Chem. *89*, 315 (1930).
v. Muralt A.: Pflügers Arch. ges. Physiol. *230*, 299 (1932).
Needham J., Shen S. C., Needham D. M. and *Lawrence L. S. C.:* Nature (London) *147*, 766 (1941).
Weber H. H.: Ergebn. Physiol. *36*, 109 (1934).
Weber H. H. und *Portzehl H.:* Ergeb. Physiol. *47*, 369 (1952).
Szent-Györgyi A.: Chemistry of Muscular Contraction. New York Acad. Press Inc., 1947.

2. CH. ROUILLER et W. G. FORSSMANN (Genève) – *Notions actuelles sur l'ultrastructure du muscle squelettique et cardiaque.*

La cellule musculaire striée comprend des noyaux, un sarcoplasme, riche en enzymes, des mitochondries ou sarcosomes, sièges de la respiration cellulaire (50), des fibrilles représentant l'appareil contractile, un réticulum sarcoplasmique, impliqué dans le contrôle de la fonction de contraction et de relâchement et, dans certaines activités métaboliques, un sarcolemme doublé d'une membrane basale, jouant un rôle dans l'excitation et la conduction de l'impulsion, et divers organites, particules ou inclusions: glycogène, lipides, ribosomes (1), vésicules de micropinocytose (13), etc.

Seuls sont considérés ici les myofibrilles, le réticulum sarcoplasmique et le sarcolemme.

L'ultrastructure des cellules musculaires striées et ses relations avec la physiologie et la biochimie du muscle ont fait l'objet de nombreux travaux, qui sont analysés dans des revues récentes (8, 28, 41, 53, 64).

I. Les éléments contractiles ou myofibrilles

Les éléments contractiles ou myofibrilles ont un diamètre de 1 à 3μ et une longueur équivalente à celle de la fibre. Ils sont striés transversalement. Les striations se répètent régulièrement de disques Z en disques Z. La portion fibrillaire délimitée par les disques est le sarcomère, dont la longueur est en moyenne de 2 à 3μ et n'excède pas 15μ, à de rares exceptions près (49).

Les myofibrilles contiennent deux types de filaments, dont la disposition et les interrelations déterminent la division du sarcomère en bandes I, A et H.

Les *filaments épais* (ou myofilaments primaires) sont situés dans la bande A et chacun d'eux en occupe toute la longueur. Ils ont un diamètre de 100 à 120 Å et une longueur de 1,5 à 1,6 μ. Ils présentent de nombreux prolongements latéraux perpendiculaires, qui constituent des ponts avec les filaments minces. Sur une distance régulière de 0,15 à 0,2 μ, le milieu du filament épais est dépourvu de prolongements.

Ces filaments contiennent la myosine, car ils sont dissous par KCl et par les traitements sélectifs d'extraction de la myosine (38). D'autre part, les filaments épais peuvent être obtenus à partir de suspensions de molécules naturelles et synthétiques de myosine (45, 47).

Les molécules de *myosine* ont une longueur de 1500 Å environ et un diamètre de 20 à 40 Å. 200 à 400 d'entre elles participent à la formation d'un filament épais. Elles seraient arrangées selon des configurations particulières, grâce auxquelles chaque molécule successive serait déplacée d'environ 72 Å en direction axiale, le long d'une hélice dont le pas est d'environ 435 Å, ce qui donne une structure axiale à hélice sextuple (47). A partir de suspensions dans des milieux à concentration ionique basse de molécules de myosine naturelle ou synthétique, Huxley (45, 47) a obtenu des filaments épais identiques à ceux de la bande A. Les molécules de myosine sont donc capables de s'assembler pour donner des structures fonctionnellement compétentes.

La myosine comprend deux constituants, la *méromyosine lourde* (HMM) et la *méromyosine légère* (LMM). La molécule complète est asymétrique, car elle a l'aspect d'un bâtonnet (LMM) surmonté d'une masse globulaire à l'une de ses extrémités (HMM) (45, 47, 68).

La HMM, qui serait située au niveau des prolongements latéraux des filaments épais, est la fraction active de la myosine, car elle se combine à l'actine et est le siège de l'activité ATP-asique.

La LMM se présente sous la forme de particules allongées d'un diamètre de 15 à 20 Å, d'une longueur variable (530 à 1390 Å), dépourvue de régions globulaires. Mises en suspension, les molécules de LMM se groupent en agrégats qui peuvent croître indéfiniment en longueur et en épaisseur, contrairement aux filaments de myosine (45). La LMM serait l'axe inactif, à fonction mécanique passive, de la myosine (34, 45, 47).

Dans les filaments épais, la polarité des molécules de myosine serait inversée de chaque côté du centre, de telle sorte que la masse globulaire

serait toujours tournée vers l'extrémité. Ce filament aurait donc un axe constitué par le LMM et des prolongements latéraux contenant la HMM.

Les *filaments minces* (ou myofilaments secondaires) sont situés dans les bandes I et A, à l'exception de la bande H. Ils ont un diamètre de 60 à 70 Å. Dans la bande I, ils ont une longueur de 1,06 μ, du disque Z à leur extrémité (limite entre A et H). Ces filaments contiennent l'actine, car, après coloration négative, ils présentent une structure qui correspond à celle de l'actine (34, 70) et l'adjonction de KCl n'entraîne pas leur destruction.

L'*actine-F* est constituée par deux cordons de subunités qui s'enroulent l'un autour de l'autre en une hélice dont le pas est de 350 Å (13 subunités par tour: 34, 58) ou de 406 Å (15 subunités par tour: 82). Les subunités ont un diamètre de 55 Å. L'actine se combine à la myosine pour donner des filaments complexes dans lesquels les monomères de HMM sont attachés à l'extérieur de la double hélice des monomères d'actine-G (45). Ces filaments d'actomyosine ont un diamètre de 200 à 300 Å et une période axiale de 366 Å, avec une polarité bien définie: succession de structures en forme de flèches, dont les sommets ont tous la même direction. Ces complexes actine-myosine sont dissociés en présence d'ATP (10^{-3} M).

Les bandes I dont on a extrait la myosine sont capables de capter de grandes quantités d'HMM. Les structures obtenues sont toutes polarisées. Si un disque Z en occupe le centre, les filaments présentent une polarité inverse de chaque côté, ce qui démontre que les filaments minces ne traversent pas sans autre le disque Z, mais qu'ils sont interrompus ou modifiés à ce niveau (45).

L'actine correspond aux 60% des protéines de la bande I, le reste étant probablement fourni par la tropomyosine B (34).

La *striation transversale de la bande I*, dont la période est de 406 Å, n'est certainement pas due à la disposition hélicoïdale de l'actine F, mais plutôt à l'existence d'un matériel de nature indéterminée, localisé entre les filaments, selon des plans transversaux. Un complexe filamenteux actine-tropomyosine B pourrait posséder une répétition axiale de 406 Å, expliquant la fixation régulière d'un autre matériel (34).

La *tropomyosine B* forme probablement le réseau filamenteux du disque Z (35). Précipitée par dyalise, elle forme un réseau à mailles carrées, qui rappelle l'arrangement des filaments dans le disque Z (45). Elle constitue aussi une part de la bande I. La ramification de chaque filament mince en 4 filaments, à la jonction de la bande I avec le disque Z, suggère que deux cordons de tropomyosine accompagnent chaque filament d'actine (35).

Dans les myofibrilles, les filaments épais sont espacés de 450 Å et arrangés en hexagones. Dans les régions où les deux types de filaments sont intriqués (bande A, à l'exclusion de H), chaque filament épais est encerclé, dans les muscles des vertébrés, par 6 filaments minces et chacun de ceux-ci est «partagé» entre 3 filaments épais (44). Dans les muscles du vol des diptères (3), les filaments minces sont relativement plus nombreux et chacun d'eux est partagé entre deux filaments épais.

La théorie du *glissement des filaments* pour expliquer leur contraction musculaire a été avancée en 1954 par H.E.Huxley et Hanson (48) et par A.E.Huxley et Niedergerke (42), qui ont remarqué qu'en dépit des différences de longueur des sarcomères, les filaments conservent, eux, la même longueur. Ces auteurs ont proposé un modèle de glissement des filaments dans lequel les changements de la longueur musculaire résultent du glissement des deux types de filaments les uns sur les autres, sans modification de leur longueur individuelle, constance qui a été confirmée récemment par Page et Huxley (57) qui trouvent une longueur de 1,6 μ pour les filaments épais et de 2,05 μ pour les filaments de la bande I (cette longueur qui comprend le disque Z n'est donc pas celle du filament mince). Quand le sarcomère a une longueur de 2,27 μ ou plus, la bande H est visible; de 2,26 μ à 2,23 μ, il n'y a plus de bande H; à 2,22 μ ou au-dessous, une ligne sombre apparaît au centre de la bande A, à cause du chevauchement des filaments minces (47).

Les ponts entre les filaments épais et minces doivent se rupturer et se reformer au cours de la contraction, car ils demeurent toujours perpendiculaires aux filaments (44, 45).

Récemment encore, plusieurs auteurs se sont élevés contre la théorie du glissement (10, 29, 72, 76). Selon Gilev (29), il faut distinguer deux phases dans la contraction. Dans la première (de 100 à 79% de la longueur au repos), les filaments glissent les uns par rapport aux autres. Au stade suivant (de 78 à 58%), il y a une spiralisation des filaments en bordure de la bande H et du disque Z. Sjöstrand (72) estime que la théorie du glissement reste valable pour décrire les mouvements des filaments lors d'une tension pendant la relaxation. Dans le raccourcissement isotonique, les filaments de la bande A se dissocieraient en branches plus fines, lesquelles constitueraient un réseau dense par interaction avec les filaments de la bande I.

L'ultrastructure du disque Z a été étudiée récemment par Knappeis et Carlsen (51), Franzini-Armstrong et Porter (27) et par Auber et Couteaux (3). Les filaments minces ne sont pas continus à travers les disques Z. Chez les vertébrés, chacun d'eux donne 4 filaments (filaments Z). L'ensemble est disposé en un réseau à mailles carrées, dont chaque intersection est occupée par un filament et dont le centre est en face d'un filament mince situé de l'autre côté (51). Dans les muscles des diptères, les filaments minces acquièrent au voisinage du disque Z une épaisseur plus grande et une forme aplatie. Dans le disque Z, ils s'associent par trois pour former des tubes qui traversent complètement le disque Z et chacun d'eux met en rapport deux groupes de 3 filaments minces, situés de part et d'autre du disque Z.

II. Le réticulum sarcoplasmique

L'appareil réticulaire, vu déjà en microscopie optique par Retzius (66) en 1881, et par Veratti (80) en 1902, a été décrit pour la première fois au microscope optique par Bennett et Porter (6). L'ensemble des vésicules et des tubules qui sont situées entre les myofibrilles a reçu, par analogie

avec le réticulum endoplasmique, le nom de *reticulum sarcoplasmique* (60, 61, 63). Le réticulum sarcoplasmique est plus ou moins développé, selon le type de muscle considéré. Dans les muscles à contractions rapides et répétées, tels que le cricothyroïdien de la chauve-souris (67), le muscle de la vessie natatoire des poissons téléostéens (21), certains muscles du vol chez les insectes (16, 74, 75), son extension est considérable.

Le réticulum sarcoplasmique comprend deux systèmes, le *système longitudinal* (système L), où prédominent les vésicules et les citernes, et le *système* tubulaire *transversal (système T)*, qui correspond à des digitations du sarcolemme à l'intérieur du sarcoplasme (2, 61). Depuis le sarcolemme, ces tubes s'enfoncent en profondeur. Chez les batraciens, ils sont situés au niveau de la membrane Z. Chez les insectes et la plupart des mammifères, ils sont en bordure de la jonction A–I (16, 25, 26, 69, 74, 75). Le système T est alors en contact du système L, avec lequel il forme des images caractéristiques et bien connues, qui sont les diades (9), les triades (18, 61), les pentades, les hexades, etc. (17, 18, 67). Dans la triade, le canal du système T est situé entre les deux extrémités du système réticulaire longitudinal (citernes terminales). Là où les deux constituants réticulaires sont face à face, leurs membranes sont épaissies, des ponts parfois les rejoignent, des membranes plus ou moins nettes apparaissent entre eux, aspects variés qui rappellent les desmosomes ou les synapses (18, 65, 67). Chez les crustacés, le système T possède des ramifications transversales (9).

Grâce au système T, le sarcolemme entre en contact avec la profondeur des fibres musculaires, en particulier avec le système longitudinal. Il servirait à la propagation intracellulaire du potentiel d'action (5, 43), en accord avec les déductions de Hill (39, 40), qui a montré qu'en raison de la lenteur des processus de diffusion, une substance pénétrant depuis la périphérie de la cellule ne peut déclencher la contraction. Girardier et al. (32) ont montré dans le muscle de l'écrevisse qu'une partie de la membrane des tubules est sélectivement perméable aux anions. Ils en déduisent que dans ce muscle la membrane tubulaire ne propage pas de potentiels d'action et que, pour cette raison, les écrevisses marchent à reculons; au moment de l'excitation, une différence de potentiel s'établit entre le sarcolemme et la membrane tubulaire, donnant naissance à un courant local de couplage électromécanique.

Le réticulum sarcoplasmique des muscles striés est capable d'accumuler de grandes quantités d'ions calcium (11, 36, 37, 81). Selon Fahrenbach (18), ce calcium est situé dans le système longitudinal et non pas dans les tubules. Une autre fonction du réticulum sarcoplasmique est la production du facteur de relaxation. On le retrouve, en effet, dans le culot microsomes obtenu à partir d'un homogénat de muscle (7, 15, 54, 55).

Dans le muscle cardiaque, le reticulum sarcoplasmique a une structure voisine de celle du muscle squelettique (22, 56, 77, 78). La continuité du système T avec l'espace extracellulaire a été démontrée en utilisant la ferritine comme traceur de diffusion (30, 31). Par contre, on ne trouve pas dans le cœur de structure spécialisée comparable aux triades (20, 24).

Forssmann et ses collaborateurs (24) pensent avoir démontré la présence de ferritine – lorsque la préparation est incubée en présence de cette substance – dans le système L, observation qui suggère l'existence dans le cœur du rat de communications entre les systèmes T et L. Toutefois des études complémentaires sont en cours pour confirmer cette hypothèse, car il est très difficile parfois de différencier avec certitude le système L du système T. Il faut aussi se souvenir que le système T peut emprunter un trajet longitudinal sur une distance de la longueur d'un sarcomère (20, 56). Néanmoins, la communication du système L avec l'espace extracellulaire, par l'intermédiaire du système T, est en accord avec diverses données physiologiques et biochimiques: le système L n'accumule le calcium qu'en présence d'oxalates (37) et la contraction cardiaque dépend beaucoup plus de la concentration de calcium externe, que ce n'est le cas pour le muscle squelettique (52).

III. Les disques intercalaires (traits scalariformes)

Les disques intercalaires, zônes de séparation entre cellules anatomiquement isolées les unes des autres (59, 73, 79), comportent différents segments:

1° Une zône où les membranes des deux cellules apposées sont séparées par un interstice de 200 à 300 Å, sans interposition de membranes basales. L'interstice est ouvert dans l'espace extracellulaire et, en certaines régions, communique avec le réticulum sarcoplasmique (24, 33).

2° Des *desmosomes*, où la membrane possède un épaississement osmiophile. Les membranes sont trilamellaires et entre les deux cellules se trouve un matériel filamenteux. Ces desmosomes sont morphologiquement identiques à ceux qui mettent en contact les cellules épithéliales (19, 23).

3° Des *nexus*, c'est-à-dire des zônes où les deux membranes cellulaires ont fusionné (12). Les deux «Unit membranes» y forment une structure unique, épaissie. Ces nexus possèdent certainement une faible résistance à la diffusion des ions; ils servent de couplage électrique entre cellules, faisant du cœur un «syncitium fonctionnel».

L'interstice du disque intercalaire est élargi lorsque le cœur – ou un fragment de cet organe – est plongé dans une solution hypertonique (4, 14), mais aussi longtemps que les nexus ne sont pas séparés, on n'observe pas de bloc de conduction.

(Institut d'Histologie normale et d'Embryologie générale de l'Université de Genève.)

BIBLIOGRAPHIE

1. *Allen E.R.* and *Pepe F.A.:* Am.J.Anat. *116*, 115 (1965).
2. *Andersson-Cedergren E.:* J.Ultrastruct.Research, Suppl.1 (1959).
3. *Auber J.* et *Couteaux R.:* J.Micros.(Paris) *2*, 309 (1963).
4. *Barr L., Dewey M.M.* and *Berger W.:* J.Gen.Physiol. *48*, 797 (1965).
5. *Bennett H.S.:* Am.J.Phys.Med. *34*, 46 (1955).
6. *Bennett H.S.* and *Porter K.R.:* Am.J.Anat. *93*, 61 (1953).

7. *Berne R.M.:* Biochem.J. *83*, 364 (1962).
8. *Bourne G.E.* (ed.): Academic Press, New York, 3 vol. (1960).
9. *Brandt P.W., Girardier L., Reuben J.* and *Grundfest H.:* J.Cell.Biol. *25*, 233 (1965).
10. *Carlsen F., Knappeis G.G.* and *Buchthal F.:* J.Biophys.Biochem.Cytol. *11*, 95 (1961).
11. *Costantin L.L , Franzini-Armstrong C.* and *Podolsky R.J.:* Science *147*, 158 (1965).
12. *Dewey M.M.* and *Barr L.:* J.Cell Biol. *23*, 553 (1964).
13. *Dreifus J.J., Girardier L.* et *Forssmann W.G.:* (à paraître).
14. *Dreifus J.J., Girardier L., Pollet M.* et *Forssmann W.G.:* Helv.Physiol.Pharmac. Acta *23*, C18 (1965).
15. *Ebashi S.* and *Lipmann F.:* J.Cell Biol. *14*, 389 (1962).
16. *Edwards G.A., Ruska H.* and *de Harven E.:* J.Biophys.Biochem.Cytol. *4*, 251 (1958).
17. *Fahrenbach W.H.:* J.Cell Biol. *22*, 477 (1964).
18. *Fahrenbach W.H.:* Science *147*, 1308 (1965).
19. *Farquhar M.G.* and *Palade G.E.:* J.Cell Biol. *17*, 375 (1963).
20. *Fawcett D.W.:* VIII. Int. Anatomenkongress, Wiesbaden 1965. Zus.fass.d.Vortr. Thieme, Stuttgart 1965, S. 37.
21. *Fawcett D.W.* and *Revel J.P.:* J.Biophys.Biochem.Cytol. *10*, Suppl., 89 (1961).
22. *Fawcett D.W.* and *Selby C.C.:* J.Biophys.Biochem.Cytol. *4*, 63 (1958).
23. *Forssmann W.G.:* Frankf.Z.Path. *74*, 512 (1965).
24. *Forssmann W.G.:* VIII. Int. Anatomenkongress, Wiesbaden 1965. Zus.fass.d. Vortr. Thieme, Stuttgart 1965, S. 40.
25. *Franzini-Armstrong C.:* Fed.Proc. *23*, 887 (1964).
26. *Franzini-Armstrong C.* and *Porter K.R.:* J.Cell Biol. *22*, 675 (1964).
27. *Franzini-Armstrong C.* and *Porter K.R.:* Z.Zellforsch. *61*, 661 (1964).
28. *Gergely J.* (ed.): Little, Brown and Co., Boston (1964).
29. *Gilev V.P.:* J.Cell Biol. *12*, 135 (1962).
30. *Girardier L.:* In: Electrophysiology of the heart. *Taccardi, B.* and *Marchetti, G.* (ed). Pergamon Press, Oxford 1965, p. 53.
31. *Girardier L.* et *Pollet M.:* Helv. Physiol. Acta *22*, C72 (1964).
32. *Girardier L., Reuben J.P., Brandt P.W.* and *Grundfest H.:* J. Gen. Physiol. *47*, 189 (1963).
33. *Hadek R.* and *Talso P.J.:* J.Cell Biol. *23*, 40A (1964).
34. *Hanson J.* and *Lowy J.:* J.mol.Biol. *6*, 46 (1963).
35. *Hanson J.* and *Lowy J.:* Proc.roy.Soc.(London) B *160*, 449 (1964).
36. *Hasselbach W.:* Proc.roy.Soc.(London) B *160*, 501 (1964).
37. *Hasselbach W.* and *Makinose M.*, in: Biochemistry of muscle contraction, *J.Gergely* (ed.), Little, Brown and Co., Boston 1964, p. 247.
38. *Hasselbach W.* and *Schneider G.:* Biochem.Z. *321*, 462 (1951).
39. *Hill A.V.:* Proc.roy.Soc. (London) B *135*, 446 (1948).
40. *Hill A.V.:* Proc.roy.Soc. (London) B *136*, 399 (1949).
41. *Huxley A.F.:* Ann.Rev.Physiol. *26*, 131 (1964).
42. *Huxley A.F.* and *Niedergerke R.:* Nature *173*, 971 (1954).
43. *Huxley A.F.* and *Taylor R.E.:* J.Physiol. (London) *144*, 426 (1958).
44. *Huxley H.E.:* J.biophys.biochem.Cytol. *3*, 631 (1957).
45. *Huxley H.E.:* J.mol.Biol. *7*, 281 (1963).
46. *Huxley H.E.:* Nature *202*, 1067 (1964).
47. *Huxley H.E.:* Proc.roy.Soc. (London) B *160*, 442 (1964).
48. *Huxley H.E.* and *Hanson J.:* Nature *173*, 973 (1954).
49. *Huxley H.E.* and *Hanson J.* in: Structure and Function of Muscle, *Bourne G.H.* (ed.), Academic Press, New York 1960. Vol. I, ch. VII, p. 183.
50. *Klingenberg M.:* Ergebn.Physiol. *55*, 131 (1964).

51. *Knappeis G.G.* and *Carlsen F.:* J.Cell Biol. *13*, 323 (1962).
52. *Lüttgau H.C.*, in: Electrophysiology of the heart. *Taccardi B.* and *Marchetti G.* (ed.), Pergamon Press Oxford 1965, p. 87.
53. *Mommaerts W.F.H.M.:* Amer.J.Med. *35*, 606 (1963).
54. *Muscatello U., Andersson-Cedergren E., Azzone G.F.* and *Decken A. von der.:* J.biophys.biochem.Cytol. *10*, Suppl., 201 (1961).
55. *Nagai T., Makinose M.* and *Hasselbach W.:* Biochim.biophys.Acta *43*, 223 (1960).
56. *Nelson D.A.* and *Benson E.S.:* J.Cell Biol. *16*, 297 (1963).
57. *Page S.G.* and *Huxley H.E.:* J.Cell Biol. *19*, 369 (1963).
58. *Peterson R.P.:* J.Cell Biol. *18*, 213 (1963).
59. *Poche R.* und *Lindner E.:* Z.Zellforsch. *43*, 104 (1955).
60. *Porter K.R.:* J.biophys.biochem.Cytol. *2*, Suppl., 163 (1956).
61. *Porter K.R.:* J.biophys.biochem.Cytol. *10*, Suppl., 219 (1961).
62. *Porter K.R.* and *Franzini-Armstrong C.:* Sci.Amer. *212*, No. 3, 73 (1965).
63. *Porter K.R.* and *Palade G.E.:* J.biophys.biochem.Cytol. *3*, 269 (1957).
64. *Price H.M.:* Amer.J.Med. *35*, 589 (1963).
65. *Reger J.F.:* J.biophys.biochem.Cytol. *10*, Suppl., 111 (1961).
66. *Retzius G.:* Biol.Untersuch. *1*, 1 (1881).
67. *Revel J.P.:* J.Cell Biol. *12*, 571 (1962).
68. *Rice R.V.*, in: Biochemistry of muscle contraction. *J.Gergely* (ed.), Little, Brown and Co., Boston 1964, p. 41.
69. *Robertson J.D.:* J.biophys.biochem.Cytol. *2*, 369 (1956).
70. *Selby C.C.* and *Bear R.S.:* J.biophys.biochem.Cytol. *2*, 71 (1956).
71. *Simpson F.O.* and *Oertelis S.J.:* J.Cell Biol. *12*, 91 (1962).
72. *Sjöstrand F.S.:* Nature *201*, 45 (1964).
73. *Sjöstrand F.S.* and *Andersson E.:* Experientia *10*, 369 (1954).
74. *Smith D.S.:* J.biophys.biochem.Cytol. *10*, Suppl., 123 (1961).
75. *Smith D.S.:* J.biophys.biochem.Cytol. *11*, 119 (1961).
76. *Sonnenblick E.H., Spiro D.* and *Cottrell T.S.:* Proc.Nat.Acad.Sci. *49*, 193 (1963).
77. *Spiro D.:* Trans.N.Y.Acad.Sci., Series II, *24*, 879 (1962).
78. *Stenger R.J.* and *Spiro D.:* J.biophys.biochem.Cytol. *9*, 325 (1961).
79. *Van Breemen V.L.:* Anat.Rec. *117*, 49 (1953).
80. *Verrati E.:* J.biophys.biochem.Cytol. *10*, Suppl., 3 (1961).
81. *Walker S.M., Schrodt G.R., Truong X.T.* and *Wall E.J.:* Amer.J.phys.Med. *44*, 26 (1965).
82. *Worthington C.R.:* J.mol.Biol. *1*, 398 (1959).

3. J. DÉLÈZE (Lausanne) – *Propagation du potentiel d'action cardiaque et traits scalariformes.*

Les tissus cardiaques se composent de cellules distinctes réunies par des zones de jonction, les traits scalariformes. La propagation du potentiel d'action s'explique par la théorie du câble si la résistance électrique des traits scalariformes est suffisamment petite par rapport à la résistance électrique de la membrane.

L'observation du potentiel de repos et de la résistance électrique équivalente des fibres au voisinage d'une lésion peut fournir une indication sur l'ordre de grandeur de la résistance électrique des traits scalariformes. Si la résistance × unité de surface des disques intercalaires, membranes

transversales, est du même ordre que celle de la membrane longitudinale, on n'attend aucune variation de la résistance équivalente de la fibre lésée.

Matériel: Préparations *in vitro* de tissu conducteur de moutons ou de chiens.

Méthodes: Le potentiel transmembranaire est capté par une microélectrode. Une deuxième électrode intracellulaire insérée à courte distance de la première sert à polariser localement la membrane d'une fibre de Purkinje par un courant rectangulaire d'intensité connue. Lorsque la charge de la capacité de la membrane ne varie plus, le déplacement du potentiel de membrane causé par le passage du courant rectangulaire et mesuré près de l'électrode polarisante est proportionnel à la résistance équivalente de la fibre.

L'effet d'une lésion locale sur cette résistance ne peut s'observer qu'à courte distance ($< \lambda; \lambda = 2$ mm). L'enregistrement continu du potentiel de repos et de la résistance est possible si les lésions (diamètre 50–150 μ) sont produites par la décharge monochromatique d'un Laser à rubis convergeant au foyer de l'objectif du stéréomicroscope de préparation.

Résultat: Au moment de la lésion, la résistance à la polarisation électrique et le potentiel de repos observés à courte distance diminuent; ils augmentent ensuite rapidement.

Le calcul basé sur la théorie du câble indique une variation du potentiel de polarisation du même ordre de grandeur que celle qui est observée. Ce résultat confirme l'idée d'une faible contribution des traits scalariformes à la résistance interne des fibres.

(Institut de Physiologie de l'Université de Lausanne.)

4. H. C. LÜTTGAU (Bern) – *Die Wirkung der extrazellulären Kalzium-Ionen auf die elektromechanische Kopplung.*

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, welche Rolle die extrazellulären Ca-Ionen bei der Auslösung der Muskelkontraktion spielen.

In den vorhergehenden Referaten wurde bereits beschrieben, dass eine Erhöhung der Konzentration an intrazellulären Ca-Ionen für die Aktivierung der Aktomyosin-ATP-ase und damit der Kontraktion verantwortlich gemacht wird. Die dafür notwenigen Ca-Ionen stammen nicht aus dem extrazellulären Raum, sondern werden wahrscheinlich aus bestimmten Abschnitten des sarkoplasmatischen Retikulums freigesetzt. Zu dieser Annahme führen u.a. die Beobachtungen, dass der bei einer Erregung nachweisbare Ca-Einstrom pro cm^2 Zelloberfläche für die Aktivierung der ATP-ase um Grössenordnungen zu klein ist und dass Kontraktionen noch möglich sind, wenn die Ca-Ionen der physiologischen Lösung durch andere zweiwertige Kationen ersetzt werden.

Die Aufgabe der extrazellulären Ca-Ionen besteht einmal darin, eine Verarmung der intrazellulären Ca-Speicher zu verhindern. Ihre weitere Rolle wird verständlich, wenn man sich vor Augen hält, dass das Aus-

mass und die Dauer einer Kontraktion der Fibrillen im Zellinneren in grossem Umfange von Vorgängen gesteuert wird, die sich an der «Zelloberfläche» abspielen. Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass das extrazelluläre Ca diese Prozesse «stabilisiert» und dass es in dieser Aufgabe durch Mg ersetzt werden kann. Charakteristisch ist der Einfluss auf die «Schwelle». Unter normalen Bedingungen muss man das Membranpotential der Muskelzelle (z. B. durch den Zusatz von K-Ionen) von –90 mV auf –35 mV erniedrigen, um das kontraktile System zu aktivieren. Eine Erhöhung der extrazellulären Ca-Konzentration von 1,8 mM auf 5,0 verschiebt die Schwelle von –35 mV auf –18 mV. Diese und weitere Beobachtungen zeigen, dass Ca-Ionen die elektromechanische Kopplung in ähnlicher Weise beeinflussen wie den Na-Carrier-Mechanismus an erregbaren Membranen.

(Physiologisches Institut der Universität, Hallerianum, Bern.)

LITERATUR

Lüttgau H.C.: Fortschritte der Zoologie. *17*, 272–311 (1965).

5. L. GIRARDIER (Genève) – *Flux ioniques transmembranaires et couplage électromécanique.*

Il est hors de doute que, physiologiquement, la contraction musculaire est déclenchée par un phénomène électrique membranaire, le potentiel d'action, dont M. Délèze vient d'analyser les mécanismes de propagation.

On désigne sous le terme général de «couplage électromécanique» la chaîne d'événements débutant par le signal électrique et aboutissant à la contraction. C'est l'un des aspects les moins systèmatiquement étudiés de la physiologie du tissu musculaire et, pourtant, je suis persuadé que, dans un proche avenir, ce sera l'un des chapitres importants, en particulier de la cardiologie, car il devient de plus en plus évident que l'hypodynamie cardiaque est souvent liée à une diminution de l'efficacité du couplage électromécanique.

L'étude de ce couplage se heurte à de nombreuses difficultés. La plus importante provient du fait que, ainsi que nous le verrons, c'est un mécanisme extrêmement polyfactoriel et que, pour compliquer les choses, les mêmes agents interviennent à titres divers à plusieurs étages du processus. Je pense, en particulier, au calcium qui intervient directement dans le mécanisme de contraction, soit à l'étage final, mais est également un facteur important de la stabilité physioco-chimique de la membrane cellulaire et intervient donc indirectement dans le signal, c'est-à-dire dans le premier étage du couplage.

De sorte que le chemin est semé d'embûches et, seules, des analyses soigneuses d'expériences faites dans des conditions rigoureusement contrôlées permettent, ainsi que le Dr Lüttgau vient de le montrer, de faire la part de l'une ou l'autre action. Ce qui est vrai pour le Ca^{++} l'est certainement pour une série d'autres facteurs beaucoup moins étudiés.

De toute façon, il n'est actuellement pas encore possible de présenter une image cohérente du mécanisme du couplage électromécanique. Ce que je me propose de faire, c'est simplement de montrer que, dans ce problème, comme dans beaucoup d'autres en physiologie cellulaire, les études comparatives ont une grande valeur. La comparaison de différents systèmes permet de distinguer entre des caractéristiques spéciales et les propriétés générales et, de plus, on trouve presque toujours des préparations qui montrent plus nettement que d'autres certains détails essentiels du mécanisme étudié.

Situer le problème dans le court laps de temps imparti nécessite une schématisation extrême, mais les détails et les limitations du modèle très embryonnaire que je veux présenter pourront être discutés à la fin de la séance.

Nous considérerons comme admis que la contraction est déclenchée, au dernier échelon, par une brusque augmentation de la concentration intrasarcoplasmique du calcium ionisé. La source de ce calcium devra être localisée et le mécanisme de sa libération déterminé. Cette dernière constitue pour nous le dernier étage du couplage, l'interaction du calcium avec le système actomyosinique appartenant au domaine du Dr Portzehl et du Dr Rüegg.

Ceci dit, nous pouvons essayer de placer les différents aspects du couplage électromécanique dans le contexte morphologique de la cellule musculaire striée. Comme le Professeur Rouiller vous l'a montré, cette cellule possède, à côté des éléments de la machinerie contractile, un complexe de membranes endocellulaires dont l'étude fait l'objet de très nombreux travaux récents. Prenons comme exemple l'un des muscles les plus utilisés, soit la fibre musculaire striée de grenouille. Le complexe de membranes endocellulaires s'y divise en deux systèmes:

1° un système tubulaire transverse qui est constitué par une extension intracellulaire de la membrane plasmatique;

2° un système longitudinal qui représente certainement une adaptation au muscle du reticulum endoplasmique d'autres cellules. Ces deux systèmes sont indépendants et leur seul point de contact est constitué par un appareil de jonction situé, dans ce cas, au niveau de la strie Z.

Il est généralement admis que la fonction du système transverse est de propager le signal vers l'intérieur de la fibre de façon à obtenir une contraction synchrone de l'ensemble des quelque 5000 à 10000 myofibrilles de la cellule. Ce premier étage du couplage est presque certainement de nature électrique, car, ainsi que A. V. Hill l'a montré, la synchronisation de la contraction des myofibrilles est excellente de sorte qu'il faut admettre que l'information atteint chacune d'elles dans un délai extrêmement court, incompatible avec la cinétique de processus physico-chimiques simples telle que la diffusion d'une substance activatrice.

La modalité de l'extension intracellulaire du signal électrique n'est pas connue dans tous ses détails. On peut imaginer que le potentiel d'action se propage le long de la membrane des tubes transverses; il est plus probable, toutefois, qu'il s'agisse d'une extension électrotonique passive.

La fonction du système longitudinal est complexe. Il semble que la réserve immédiate du calcium nécessaire à la contraction y soit localisée. Les arguments expérimentaux en faveur de cette hypothèse sont encore passablement indirects, mais, pris dans leur ensemble, sont assez convaincants. Ce sont, d'une part, la démonstration par Frank et Lüttgau que la contraction du muscle strié ne dépend pas directement du calcium extracellulaire. D'autre part, Costantin et coll. viennent de montrer que, si l'on supprime le sarcolemme de la fibre (placée dans un bain d'huile de paraffine), il est possible d'obtenir une contraction localisée des myofibrilles au moyen de solutions de chlorure de potassium ou de sodium. La présence de régions bien localisées de contraction a suggéré à l'auteur que les stimuli ioniques agissent par la dépolarisation de parties fonctionnellement intactes du système de membrane interne. Ensuite, Hasselbach et coll. ont observé que des fibres musculaires, plongées dans des solutions d'oxalate, présentent de larges dépôts de matériel électroniquement dense dans les citernes latérales du réticulum sarcoplasmique et très vraisemblablement constitué d'oxalate de Ca^{++}. Enfin, il est bien connu, après les travaux de Weber et coll., Hasselbach et coll., Ebashi et coll., et d'autres, que des préparations de reticulum sarcoplasmique sont capables d'accumuler, in vitro, le calcium. Si cette localisation de la réserve immédiate de calcium se révèle être exacte, il devient nécessaire de postuler: a) un mécanisme relayant l'information depuis le système tubulaire transverse jusqu'au réticulum sarcoplasmique. Il n'est pas exclu que ce relais soit également de nature électrique. Fahrenbach a récemment montré qu'au niveau de l'appareil de jonction entre les deux systèmes, il y avait fusion des deux membranes. Toutefois, Hoyle conteste ce point et a publié dans Science une micrographie de l'appareil de jonction qui ne montre ni discontinuité ni fusion des deux membranes respectives; b) un mécanisme de libération du calcium à partir du reticulum. La seule information que nous ayons à ce propos provient des expériences de Costantin qui a montré que, pour que des stimuli ioniques soient actifs sur les membranes endocellulaires, la présence de chlore était absolument nécessaire. On peut imaginer que cet ion sert d'échange pour la libération d'un complexe calcique électronégatif à partir d'un pool situé dans le réticulum sarcoplasmique.

J'aimerais montrer maintenant que ces modalités semblent être différentes dans deux autres types de muscle: a) le muscle strié d'écrevisse et b) le myocarde de rat.

Muscle strié d'écrevisse. – La morphologie du complexe de membranes endocellulaires de cette cellule n'est pas très différente de celle de la fibre de grenouille, comme on peut le voir sur ce schéma que nous avons établi en collaboration avec P. Brandt, J. Reuben et H. Grundfest. Dans ce cas, le reticulum n'entoure la myofibrille qu'au niveau de la bande A et les tubes transverses ont un parcours plus sinueux. Les jonctions entre les deux systèmes forment des diades au lieu de triades chez la grenouille. La différence physiologique importante d'avec le muscle de grenouille est la nécessité, pour une contraction normale, de la présence d'ions

chlore dans la solution externe. On peut le démontrer par une série d'expériences convergentes.

1° La présence de l'ion chlore est nécessaire à une contracture itérative.

2° La durée de la contracture est fonction de l'accessibilité du réticulum à la solution externe lorsque celle-ci contient du chlore comme anion principal. On peut, en effet, en polarisant la cellule, dilater considérablement la partie terminale du système tubulaire transverse et, dans ce cas la contracture est réduite au tiers de sa durée normale.

3° La procaïne, qui diminue considérablement la vitesse d'échange du chlore ^{36}, est capable de bloquer réversiblement la contracture potassique.

4° On peut démontrer morphologiquement que la durée de la contraction est limitée par la vitesse de diffusion des ions chlore hors du système transverse. Il est possible de mettre en évidence, au moyen de précipitations par l'argent, une concentration élevée de chlore intracanaliculaire plusieurs minutes après le début du lavage de la cellule au moyen d'une solution dépourvue de cet ion.

5° Il existe enfin des espèces d'écrevisses dont l'accessibilité du réticulum à la solution externe est normalement élevée du fait que leurs tubes transverses sont courts et de gros calibre. Dans ce cas aussi, on observe des contractures de durée plus courte.

De plus, lors de l'hyperpolarisation de la fibre au moyen de microélectrodes contenant du chlore, on observe une dilatation du système transverse à la partie terminale des canaux. Ceci suggère que cette région de la membrane tubulaire possède une conductance élevée, ce qui a pour effet d'y augmenter la densité du courant d'action. L'extension intracellulaire profonde de l'excitation serait donc favorisée par un mécanisme qui rappelle la conduction saltatoire. Or, la région terminale des tubes transverses est précisément celle qui contient l'appareil de jonction avec le système transverse.

Ainsi ce muscle dont la membrane dans les conditions physiologiques ne propage pas de potentiel d'action – car elle est investie de très nombreuses synapses dont l'activation ne déclenche qu'une réponse locale – possède-t-il apparemment un mécanisme de relais du signal plus simple entre le système transverse et le système longitudinal. En effet, le chlore semble pouvoir atteindre directement le pool calcique intraréticulaire. Ce qui fait penser que, chez la grenouille, ce relais est probablement organisé de façon à limiter au maximum le shunt du courant d'action afin de maintenir une vitesse de propagation élevée.

Muscle cardiaque. – Dans une recherche effectuée en collaboration avec W. Forssmann, J.J. Dreifuss et M. Pollet, on a pu montrer que, dans cette préparation, la morphologie du système de membrane endocellulaire est très différente des deux cas précédents en ce sens qu'ici, le système transverse est, en partie au moins, en continuité directe avec le réticulum sarcoplasmique. Dans ce cas, on s'attend à ce que la source immédiate de calcium intervenant dans la contraction dépende très directement du calcium extracellulaire, ce qui est le cas expérimentalement. Ainsi le cœur est

organisé de telle façon que la concentration calcique dans le réticulum reste essentiellement constante et ne dépende pas d'une source interne d'énergie. Une autre conséquence de la communication directe entre les deux systèmes canaliculaires est que la membrane réticulaire est soumise à un potentiel égal au potentiel de repos. De plus, il existe à travers elle un gradient de concentration calcique considérable puisque la concentration extracellulaire de cet ion est de l'ordre de 1 mM alors que la concentration intrasarcoplasmique doit être de l'ordre de 10^{-7} M. Et ici, j'aimerais souligner les différences considérables qu'il peut exister entre les essais in vitro et la situation physiologique. Les préparations de réticulum sarcoplasmique ne possèdent probablement pas un potentiel de membrane de l'ordre de 70 à 80 mV. Elles correspondent donc plutôt à un système existant dans la cellule dépolarisée, c'est-à-dire dans la phase de libération du calcium. D'autre part, les préparations réticulaires de myocarde n'accumulent le calcium in vitro qu'en présence d'oxalate, donc lorsque l'efflux calcique à travers leur membrane est maintenu à une valeur basse. On peut se demander si, in vivo, le reticulum est capable de pomper du calcium contre un gradient de concentration aussi élevé. Il est possible que ce soit les mitochondries qui, dans ce cas, ramènent la concentration calcique à des valeurs compatibles avec la relaxation puisqu'elles sont, elles aussi, capables de pomper le calcium contre un gradient de concentration, même en l'absence d'oxalate dans le milieu.

(Institut de Physiologie de l'Université de Genève.)

BIBLIOGRAPHIE

1. *Costantin L.L.* and *Podolsky R.J.*: Fed. Proc. *24*, 2, 649 (1965).
2. *Frank G.B.*: J. Physiol. (London) *163*, 254 (1962).
3. *Hoyle G.*: Science *149*, 3679, 70 (1965).
4. *Weber A.* and *Herz R.*, in: Biochemistry of Muscle Contraction. *Gergely J.* (ed.), Little, Brown and Co., Boston 1964, p. 222.

Les autres références sont citées dans le travail de *Rouiller* et *Forssmann* dans ce même symposium.

6. J. C. Rüegg (Heidelberg und Oxford) – *Vergleich der funktionellen Eigenschaften der kontraktilen Proteine verschiedener Muskelarten mit besonderer Berücksichtigung fibrillärer Muskeln von Insekten.*

Vergleichende biochemische und physiologische Untersuchungen der kontraktilen Aktomyosin-Systeme verschiedener Muskelarten dienen zur Klärung der Frage, inwiefern die Spezialisierung eines Muskels für eine besondere Leistung auf einer Spezialisierung seines Aktomyosin-Systems beruht. Dieses Problem soll hier vor allem am Beispiel des oszillierenden Aktomyosin-Systems von fibrillären Insektenflugmuskeln besprochen werden. Die Adenosintriphosphatase (ATP-ase) dieses Systems wird durch Dehnung auf den dreifachen Wert aktiviert! (Rüegg und Tregear 1965.)

Ein Beispiel sehr langsamer, für Halteleistungen spezialisierter Muskeln sind die tonischen Schliesser von Muskeln, deren Sperreigenschaften und

Halteökonomie von Lowy und Millman (1963) einem besonderen Verhalten des Aktomyosin-Systems und von Rüegg (1964) dem Tropomyosin-System dieser glatten Muskeln zugeschrieben wurden. Die «tonischen» Eigenschaften von Arterienmuskeln sollen auf der Synärese eines besonderen «Tonoaktomyosins» beruhen (Laszt und Hamoir 1961).

1. Besonderheiten von Aktomyosin-Systemen

Arterienaktomyosin (Tonoaktomyosin) ist wie Uterusaktomyosin (Needham und Shoenberg 1964) im Gegensatz zu Aktomyosin aus Skelettmuskeln schon bei physiologischer Ionenstärke in Form von Aktinfilamenten und Myosinaggregaten löslich und vollständig extrahierbar, sofern nur ATP (1 mM) anwesend ist (Rüegg, Strassner und Schirmer 1965). Nach Reinigung, nach Alterung oder nach Erhöhung der H-Ionen-Konzentration auf pH 6 verhält sich aber Arterienaktomyosin wie Skelettmuskelaktomyosin (Schirmer 1965). Es ist dann bei physiologischer Ionenstärke ein unlösliches Gel, das nach Zugabe von Magnesium-ATP kontrahiert.

Das Aktomyosin-System im glatten Arterienmuskel kann *in situ* funktionell isoliert werden, indem die Fasern nach dem Verfahren von *Szent-Györgyi* (1949) mit 50% Glyzerin monatelang in der Kälte extrahiert werden. Es kontrahiert dann in einer Salzlösung nach Zugabe von ATP ebenso wie glyzerinierte Proteinfäden aus Arterienaktomyosin. Der Bedarf an aktivierenden Kalziumionen ist etwa 10^{-6} M (Filo, Bohr und Rüegg 1965) und damit ähnlich wie bei Skelettmuskelaktomyosin-Systemen (A. Weber und Winicur 1961). Der Magnesiumbedarf hingegen ist 5 mM und somit 10–100mal grösser als bei Aktomyosin-Systemen von Skelettmuskeln in Gegenwart von Kalziumionen. Möglicherweise wirkt also die physiologische Magnesiumkonzentration der glatten Muskelzelle limitierend auf die Kontraktilität. Chronische Veränderungen des Magnesiumgehaltes könnten infolgedessen Zustandsänderungen glatter Muskeln bedingen.

Das Aktomyosin der tonischen Sperrmuskeln von Muscheln verhält sich in allen untersuchten Eigenschaften wie das Aktomyosin aus Skelettmuskeln (Rüegg, 1965). Dasselbe gilt bedingt auch für das *Aktomyosin des fibrillären Insektenmuskels* nach seiner Isolierung (v. Brocke 1965). Nur die Aktivierbarkeit der ATP-ase durch Kalziumionen ist hier gering. Beim funktionell isolierten Aktomyosin-System glyzerinextrahierter fibrillärer Muskeln lässt sich aber – wie erwähnt – durch Dehnung eine zusätzliche ATP-ase-Aktivierung erreichen. Im folgenden beschränken wir uns auf die Frage, welcher Zusammenhang besteht zwischen der Dehnungsaktivierbarkeit der ATP-ase-Aktivität der Aktomyosin-Systeme von Flugmuskeln und ihrer speziellen Fähigkeit zur hochfrequenten Oszillation im Insektenflug.

2. Die Oszillation des fibrillären Insektenmuskels

Die Besonderheit des oszillatorischen Verhaltens der fibrillären Flugmuskeln hochentwickelter Insekten geht am besten aus folgendem Ver-

such hervor: Wird ein isolierter, überlebender fibrillärer Flugmuskel an einem auxotonischen Hebelsystem geeigneter Eigenfrequenz fixiert und elektrisch gereizt, so kontrahiert er und beginnt nach kurzer Zeit mit einer der Resonanzfrequenz des Hebelsystems ähnlichen Frequenz zu oszillieren. Die Frequenz ist unabhängig von der Frequenz und Stärke der Reizung, sie ist nicht begleitet von oszillationssynchronen Aktionspotentialen (Pringle 1949, 1954, Darwin und Pringle 1959, Machin und Pringle 1959). Das endoplasmatische Retikulum fibrillärer Muskeln ist nur sehr schwach ausgebildet (Smith 1961). Man fragt sich darum, ob die oszillatorische Tätigkeit überhaupt auf einer Regulation des intrazellulären Kalziumionenspiegels beruht (Smith 1961), wie das bei der Regelung des Kontraktionszyklus von anderen quergestreiften Muskeln (Übersicht bei Hasselbach 1964) der Fall ist. Möglicherweise ist der Oszillationsautomatismus ein von der erregbaren Membran und der Kalziumpumpe des Retikulums unabhängiger Automatismus der kontraktilen Maschine selbst.

3. Die funktionelle Isolierung des Oszillationsmechanismus

Um die kontraktile Maschinerie des Flugmuskels durch Inaktivierung von Zellmembran und Retikulum gewissermassen funktionell zu isolieren, haben Jewell und Rüegg (1966) die Muskelfasern von Flugmuskeln grosser tropischer Wasserkäfer (*Lethocerus*, *Hydrocyrius*) monatelang bei –15 °C mit 50% Glyzerin extrahiert. Die extrahierten Fasern werden sodann in einer physiologischen Kaliumchloridlösung an einem auxotonischen Muskelhebel fixiert. Die einzige Energiequelle in der Lösung ist Magnesium-ATP (5 mM). Liegt nach Zugabe von EGTA (Ethylen-Glykol-bis-(β-Aminoäthyläther)-N, N′-Tetraazetat) die freie Kalziumionen-Konzentration unter 10^{-9} M und infolgedessen weit unter der physiologischen Kalziumionen-Konzentration (vgl. Portzehl, Caldwell und Rüegg 1964) der erschlafften lebenden Muskelzelle, so ist auch die extrahierte Muskelfaser erschlafft. Wird aber die Kalziumionen-Konzentration durch Kalzium-EGTA-Puffer (Weber und Winicur 1961, Portzehl et al. 1964) auf einen konstanten (weil gepufferten) Wert von 10^{-7}–10^{-6} M erhöht, so kontrahiert die extrahierte Faser des Insektenmuskels und beginnt mit

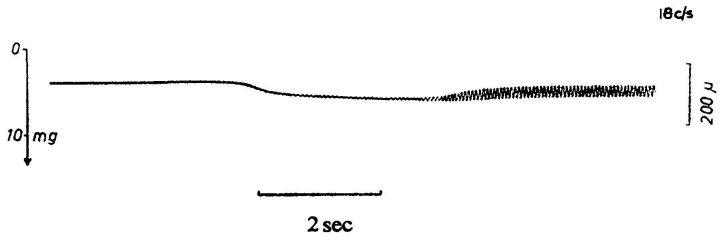


Abbildung 1

Freie Oszillation eines funktionell isolierten Aktomyosin-Systems (glyzerinierte Muskelfaser von Lethocerus) im ATP-Bad nach Erhöhung der Kalziumionen-Konzentration auf 10^{-7} M; 0,5 cm lange Faser am auxotonischen Hebelsystem. Ionenstärke 0,1 µ, pH 7, $T = 20$ °C (unpubliziertes Experiment von Jewell und Rüegg)

der Eigenfrequenz des Hebelsystems zu oszillieren (Abb. 1), und zwar um so stärker, je höher die Kalziumionen-Konzentration ist. Die Oszillation dauert bis zu 23 Stunden und hört erst dann auf, wenn die Kalziumionen wieder durch EGTA entfernt werden.

Die Oszillation zeigt dieselben Charakteristika wie die Oszillation überlebender Flugmuskeln bei elektrischer Stimulierung und von lebenden Flugmuskeln während des Insektenfluges. Die Oszillationsamplitude beträgt bis zu 1,5% der Muskellänge. Die Frequenz ist unabhängig von der Stärke der Stimulierung, aber ähnlich der Eigenfrequenz des Hebelsystems (bzw. von Flügel und Thorax); sie kann durch Variation der Eigenfrequenz innerhalb gewisser Grenzen (bei Muskeln von Wasserkäfern 2–50 pro Sekunde) variiert werden. Die Versuche zeigen also, dass die glyzerinextrahierte Muskelfaser im ATP-Bad nicht nur den Kontraktionszyklus imitiert (siehe Weber und Portzehl 1952), sondern auch das oszillatorische Verhalten des Insektenmuskels. Unsere in Gegenwart von Kalziumpuffern ausgeführten Versuche zeigen, dass der Oszillationsmechanismus auf einem von Zellmembran und Kalziumpumpe bzw. Retikulum unabhängigen Automatismus der kontraktilen Aktomyosin-Struktur selbst beruht.

4. Die Regelung der Oszillationsbewegung

Da die Muskelfaser mit der Eigenfrequenz des Hebelsystems oszilliert und da die Frequenz durch Variation der Resonanzfrequenz des Hebelsystems verändert werden kann, ist ein spontaner Rhythmus in der Tätigkeit des kontraktilen Systems ausgeschlossen. Während jedes Oszillationszyklus erfolgt die Muskelverlängerung durch die Bewegung des schwingenden Hebels. Diese Elongationsbewegung des Muskels ist dann offenbar Anreiz und Zeitgeber für die anschliessende aktive Kontraktionsphase im Oszillationszyklus. Denn jede abrupte Elongation der extrahierten Muskelfaser im ATP-Bad führt nach einer kurzen Latenzzeit zu einer Aktivierung der Faser. Nach einer plötzlichen Dehnung der Faser beispielsweise steigt die Faserspannung kurz an, fällt wieder ab und nimmt dann erneut zu («delayed activation», siehe Jewell und Rüegg 1966). Entdehnung bewirkt ein spiegelbildliches Verhalten. Die verzögerte Aktivierung und Deaktivierung nach plötzlichen Längenänderungen wurde zuerst an überlebenden Muskeln beobachtet (Boettiger 1957). Sie ist charakteristisch für fibrilläre, oszillierende Insektenmuskeln. Durch Elongation glyzerinextrahierter Muskelfasern wird aber das kontraktile Aktomyosin-System nicht nur mechanisch aktiviert, sondern auch enzymatisch; die ATP-ase-Aktivität nimmt, wie wir einleitend hervorhoben, um 200–300% zu (Rüegg und Tregear). In einem konkreten Beispiel wird von einer 1 cm langen einzelnen Muskelfaser pro Minute $150 \cdot 10^{-12}$ M Phosphat freigesetzt. Die Rate der ATP-Spaltung steigt nach Dehnung um 2,5% auf $280 \cdot 10^{-12}$ nach Dehnung um 5% auf $330 \cdot 10^{-12}$ reversibel an. Gleichzeitig steigt die Spannung auf 10 mg.

Die Aktomyosin-Struktur des Insektenmuskels funktioniert also während der Oszillation wie ein Rückkopplungskreis (Abb. 2).

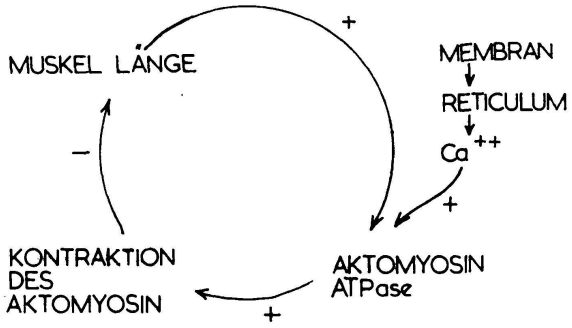


Abbildung 2

Die Regelung der Muskellänge fibrillärer Flugmuskeln bei der Oszillation; Erklärung im Text

Kalziumionen aktivieren die Aktomyosin-ATP-ase; die Spannung der kontraktilen Elemente nimmt zu und bewirkt Verkürzung, die gefolgt ist von Deaktivierung der ATP-ase und Erschlaffung des kontraktilen Systems. Das auxotonische Hebelsystem schwingt deshalb zurück und dehnt die erschlaffte Muskelfaser über die Ausgangslänge hinaus. Dadurch wird die ATP-ase wieder aktiviert und die bei der ATP-Spaltung frei werdende Energie des energiereichen Phosphats wird dem kontraktilen System während der Oszillation gerade im Moment der grössten Elongation zugeführt. Dies bewirkt aktive Kontraktion und damit beginnt der Zyklus wieder von vorn. Die Länge der Muskelfaser wird also durch negative Rückkoppelung kontrolliert. Infolge von Verzögerungsgliedern im Feed-Back wird sie jedoch nicht konstant gehalten, sondern schwingt um eine Mittellage.

5. Energetik der Oszillation

Damit die am auxotonischen Hebel befestigte, frei oszillierende extrahierte Muskelfaser trotz der Dämpfung die Oszillation aufrechterhält, muss sie – wie wir gesehen haben – kurz nach der grössten Elongation aktiv kontrahieren und dabei Arbeit leisten. Die extrahierte Muskelfaser arbeitet auch dann, wenn sie nicht frei oszilliert, sondern in Anwesenheit von ATP-Mg und Kalziumionen mit einer geeigneten Frequenz durch einen Vibrator (Machin und Pringle 1960) sinusförmig gedehnt und entdehnt wird. Wie auch bei der freien Oszillation ist bei dieser getriebenen Oszillation die Aktivierung, d.h. die Spannung kurz *nach* der grössten Elongation am grössten (Abb. 3). Spannungs- und Längenänderung sind also phasenverschoben, und zwar so, als ob das sinusförmig gedehnte Präparat einen negativen viskösen Modulus hätte. Werden während eines Oszillationszyklus Länge und Spannung gleichzeitig registriert, so beschreibt das Längen- und Spannungsdiagramm der glyzerinextrahierten Faser eine Ellipse im Gegenuhrzeigersinn. Die eingeschlossene Fläche entspricht der von der Faser pro Zyklus (am Apparat) geleisteten Arbeit, woraus sich die Leistung errechnen lässt. Der totale Energieumssatz kann

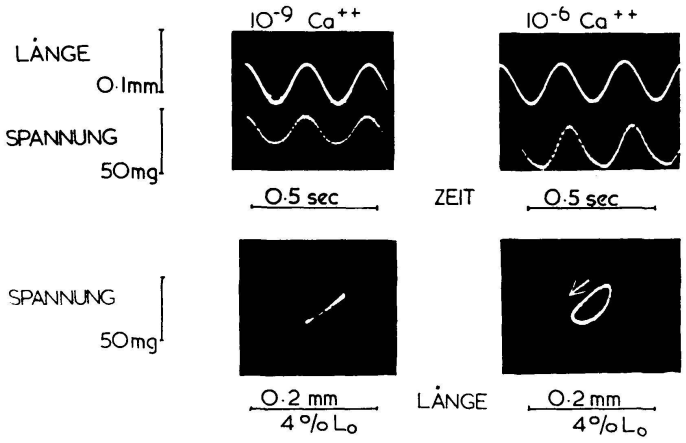


Abbildung 3

Oszillation glyzerinierter Muskelfasern von Lethocerus, getrieben durch sinusförmige Dehnungen, nach der Methode von Machin und Pringle (1960)

Oben: Die Phasenverschiebung von Spannungsänderung und Längenänderung des Faserbündels im aktiven Zustand (Kalziumionen-Konzentration des ATP-Bades 10^{-6} M); fehlende Phasenverschiebung im erschlafften Zustand (Kalziumionen-Konzentration unter 10^{-9} M)

Unten: Die zugehörigen Längenspannungsdiagramme bei aufgezwungener Oszillation im inaktiven und aktiven Zustand. Die eingeschlossene Fläche ist die Arbeit der Fasern pro Oszillationszyklus; aus dem ATP-Verbrauch errechnet sich der Energieumsatz (Rüegg und Tregear)

nach Rüegg und Tregear (in Vorbereitung) aus dem ATP-Verbrauch direkt bestimmt werden.

In einem konkreten Fall wird ein Bündel von 9 0,5 cm langen glyzerinierten Muskelfasern in einem 0,1 ml kalziumhaltige ATP-Lösung fassenden röhrenförmigen Durchflussbad suspendiert und mit einer Frequenz von 4/Sekunde und einer Amplitude von 2% der Faserlänge zur sinusförmigen Oszillation getrieben. Das etwas über 0,1 mg schwere Faserbündel leistet pro Stunde etwa 100 µcal an mechanischer Arbeit und verbraucht 0,16 µM ATP. Dieser ATP-Verbrauch ist etwa doppelt so gross wie dann, wenn das Präparat bei denselben ionalen Bedingungen isometrisch kontrahiert ist, aber nicht oszilliert und nicht arbeitet. Er ist sogar 4–5mal so gross wie bei der im kalziumfreien Medium erschlafften Faser. Die durch Kalzium induzierte ATP-Spaltung beträgt also etwa 0,04 µM ATP/Stunde und die durch die oszillatorische Arbeit induzierte Spaltung etwa 0,08 µM ATP pro Stunde. Die diesen ATP-Umsätzen entsprechenden Energieumsetzungen sind wahrscheinlich A. V. Hill's «Energy of activation» und «Energy of work» analog.

Die Mitochondrien-ATP-ase ist in glyzerinextrahierten Fasern spezifisch durch Azid (10 mM) gehemmt. Die ATP-ase-Aktivität der Fasern ist dann gleich gross wie im Homogenat, und sie hat denselben Temperaturkoeffizienten; daher scheint eine Limitierung der ATP-ase-Aktivität der Fasern durch ungenügende ATP-Versorgung unwahrscheinlich.

Der ATP-Verbrauch wird bestimmt durch Bestimmung des abgespaltenen Phosphats nach der Methode von Marsh oder unter Verwendung von β, γ-markiertem ATP_{32} (Rüegg und Tregear 1965). Die Leistung der extrahierten Fasern kann bei der getriebenen Oszillation bei konstanten ionalen Bedingungen durch Veränderung der Oszillationsamplitude variiert werden. Die durch die Oszillation bedingte Extra-ATP-ase ist unter diesen Umständen der Leistung des extrahierten Faserbündels ziemlich proportional. Also ist die als Fenn-Effekt bekannte Erhöhung des Energieumsatzes lebender Muskeln durch Arbeitsleistung auch in funktionell isolierten Aktomyosin-Systemen reproduzierbar, bei welchen Adenosintriphosphat die einzige Energiequelle ist. Der Fenn-Effekt des lebenden (Insekten-) Muskels beruht offenbar auf einer direkten Aktivierbarkeit der Aktomyosin-ATP-ase durch mechanische Arbeit.

6. Zum Mechanismus der Oszillation

Nach der Kontraktionstheorie von Perry und Cotterill (1965) wird durch die ATP-ase-Wirkung das ATP am Ort der Aktin-Myosin-Interaktion zwischen den dicken und dünnen Filamenten der Myofibrille (Huxley 1963) entfernt. Bei Entfernung des Weichmachers ATP bilden sich aber bekanntlich Aktin-Myosin-Bindungen (Weber und Portzehl 1952), die bei glyzerinextrahierten Insektenmuskeln elektronenoptisch sichtbar sind (Reedy, Holmes und Tregear 1965). Diese Muskeln werden dann starr und kontrahieren sich dabei um 2% (D.C.S.White, persönliche Mitteilung). Durch die Verkürzung wird die ATP-ase deaktiviert; nachdiffundierender ATP-Weichmacher löst die Kontraktionsbindungen; die Faser erschlafft, und die ATP-ase wird wieder aktiv.

7. Schlussfolgerung

Die generelle Frage eines Zusammenhanges zwischen Muskelspezialisierung und Abwandlung des kontraktilen Aktomyosin-Systems wird am Beispiel des fibrillären Flugmuskels von Insekten besprochen. Bei diesem Muskel liegt die Spezialisierung für hochfrequente Oszillation an einer Spezialisierung des Aktomyosin-Systems, nämlich der Aktivierbarkeit der Aktomyosin-ATP-ase durch Dehnung. Dadurch wird «Kontraktion» und «Erschlaffung» des Oszillationszyklus bei konstantem Kalziumspiegel möglich und durch die Längenänderungen bei der Oszillation selbst gesteuert. Infolgedessen wird die Oszillation von der Kalziumpumpe des endoplasmatischen Retikulums unabhängig. Ihr beträchtlicher Energieumsatz wird eingespart, und die Energiereserven werden frei für die Rekordleistung des oszillierenden kontraktilen Aktomyosin-Systems im Insektenflug.

Summary

The functionally isolated actomyosin-systems (glycerol-extracted fibres) of smooth and striated muscle show ATP-ase activity activated by calcium ions (10^{-6} M) or (in the case of the fibrillar flight muscle of an insect) by stretch and by the performance of oscillatory work.

Zusammenfassung

Die durch Extraktion quergestreifter oder glatter Muskeln mit 50% Glyzerin funktionell isolierten kontraktilen Aktomyosin-Systeme besitzen eine Aktomyosin-ATP-ase, die durch 10^{-6} M Ca^{2+} aktiviert wird. Im Falle der fibrillären Insektenmuskeln wird die Aktomyosin-ATP-ase bei konstanter Kalziumionen-Konzentration durch Dehnung der Muskelfaser oder durch Leistung oszillatorischer Arbeit zusätzlich aktiviert.

(Institut für Physiologie im Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg, und Department of Zoology, University of Oxford).

LITERATUR

Boettiger E.G., in: Recent Advances in Invertebrate Physiology. *Scheer B.T.* (ed.), Univ. of Oregon Publ. (1957), S. 117–142.
v. Brocke H.H. (in Vorbereitung).
Darwin W.W. and *Pringle J.W.S.*: Proc. roy. Soc. *151*, 194 (1959).
Filo R.S., *Bohr D.F.* und *Rüegg J.C.*: Science *147*, 1581 (1965).
Hasselbach W.: Progr. Biophys. *14*, 169 (1964).
Huxley H.E.: J. mol. Biol. *7*, 281 (1963).
Jewell B. und *Rüegg J.C.*: Proc. roy. Soc. B (1965), im Druck.
Jewell B., *Pringle J.W.S.* und *Rüegg J.C.*: J. Physiol. *173*, 8P (1964).
Laszt L. und *Hamoir G.*: Biochim. biophys. Acta *50*, 430 (1961).
Lowy J. und *Millman*: Phil. Trans. B *246*, 105 (1963).
Machin K.E. und *Pringle J.W.S.*: Proc. roy. Soc. B *151*, 204 (1959).
Machin K.E. und *Pringle J.W.S.*: Proc. roy. Soc. B *152*, 311 (1960).
Marsh B.B.: Biochim. biophys. Acta *32*, 357 (1959).
Needham D.M. und *Shoenberg C.F.*: Proc. roy. Soc. B *160*, 517 (1964).
Perry S.V. und *Cotterill J.*: Nature (London) *206*, 161 (1965).
Portzehl H., *Caldwell P.C.* und *Rüegg J.C.*: Biochim. biophys. Acta *79*, 581 (1964).
Pringle J.W.S.: J. Physiol. *108*, 226 (1949).
Pringle J.W.S.: J. Physiol. *124*, 269 (1954).
Reedy M.C., *Holmes K.C.* und *Tregear R.T.*: Nature (London) *207*, 1276 (1965).
Rüegg J.C.: Proc. roy. Soc. B *160*, 536 (1964).
Rüegg J.C.: Helv. physiol. Acta, Suppl. (1965), im Druck.
Rüegg J.C., *Strassner E.* und *Schirmer R.H.*: Biochem. Z. *343*, 70 (1965).
Rüegg J.C. und *Tregear R.T.*: J. Physiol. (1965), im Druck.
Schirmer R.H.: Biochem. Z. *343*, 269 (1965).
Smith D.S.: J. biophys. biochem. Cytol. *10*, 123 (1961).
Szent-Györgyi A.: Biol. Bull. *96*, 140 (1949).
Weber H.H. und *Portzehl H.*: Advanc. Protein Chem. *7*, 162 (1952).
Weber A. und *Winicur S.*: J. biol. Chem. *236*, 3198 (1961).

7. P.G. Waser (Zürich) – *Neue Resultate der Herzglykosidforschung.*

1. Die Wirkung von Herzglykosiden auf die kontraktilen Proteine

Nachdem es A. Szent-Györgyi (1951) und Straub (1943) gelungen war, aus dem Skelettmuskel Myosin und Aktin zu isolieren, ihre Eigenschaften zu charakterisieren wie auch künstliche kontraktionsfähige Assoziate (Aktomyosinfäden und -bänder) herzustellen, war es naheliegend, die

kontraktionsfördernde Wirkung der Herzglykoside direkt an solchen Aktomyosinmodellen oder ihren Komponenten zu untersuchen. Dies ist auch zahlreichen Arbeitsgruppen gelungen (Mallov und Robb 1949, 1953; Horvath, Kiraly und Szerb 1949; Kako und Bing 1958).

Wir beschäftigen uns seit 15 Jahren mit dieser Aufgabe, ohne dass wir das Problem der inotropen Wirkung der Herzglykoside damit gelöst hätten (Waser 1962, 1963). Die rasche Entwicklung der experimentellen Technik erlaubt immer genauere Messungen der physikochemischen Eigenschaften, der kontraktilen Proteine sowie die Herstellung reinerer Präparate. Wir wollen daher mit der Besprechung der einzelnen Proteine, so wie wir sie heute kennen, beginnen und Glykosideffekte später diskutieren.

Eine Überprüfung der Reinheit früherer Proteinextrakte aus Skelettmuskel und Herz hat ergeben, dass wohl die von uns verwendeten Aktomyosin- und Myosinlösungen meistens nicht sehr rein waren. Erst neue Extraktionsverfahren unter Kontrolle durch die analytische Ultrazentrifuge erlauben die Herstellung von einheitlichen, gut definierten Proteinlösungen. Während früher neben Verunreinigungen durch Spuren anderer Proteine oft Polymerisate des Myosins zu Dimeren oder Trimeren gefunden wurden, gilt heute eine Myosinlösung für unsere Zwecke als homogen, wenn in der Ultrazentrifuge nur ein Gipfel auftritt und mit ATP kein Abfall der Viskosität durch Aktinbeimengung (nach Aktomyosin-Spaltung) gefunden wird (Abb. 1).

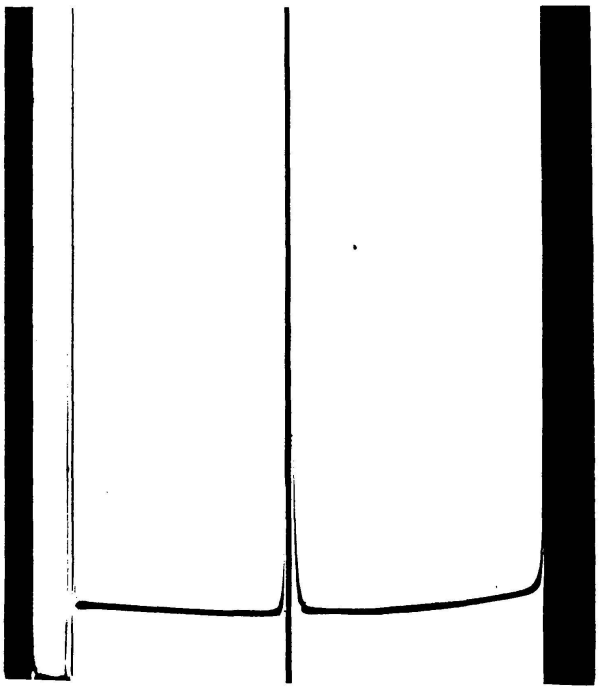


Abbildung 1

Sedimentationsverhalten von Kalbsherzmyosin (6,6 mg/ml in KCl-Phosphatpuffer) in der Ultrazentrifuge. Aufnahme 2 Stunden nach Versuchsbeginn, Tourenzahl 56100 U./min, Temperatur 20 °C, Schlierenwinkel 70° (Jenny, Waser 1965)

Mit diesen Kriterien liessen sich die folgenden Parameter für Kalbsherzmyosin aus Sedimentations- und Diffusionskoeffizient sowie dem partiellen spezifischen Volumen berechnen (Jenny 1965; Jenny und Waser 1965).

- Molekulargewicht 520000 ± 25000
- Achsenverhältnis ca. 50

Für das unhydratisierte Molekül stimmen die berechneten Achsen des Rotationsellipsoides von 24,6 und 1968 Å einigermassen mit den elektronenoptisch gemessenen Werten von 20–25 Å und 1500–1600 Å überein.

Das Dimerisationsprodukt des Myosins kommt mit einem $S^0_{20\,w}$ von ca. 10 durch Seite-zu-Seite-Anlagerung zweier Moleküle zustande. Das Molekulargewicht stimmt mit demjenigen des Myosins aus Hundeherzen (500–554000) gut überein. Auch Myosin aus Kaninchenskelettmuskeln hat dieses Molekulargewicht (Abb. 2). Diese Feststellung korrigiert heute die früheren Resultate von Olson und Mitarbeitern (1960, 1961), welche für Herzmyosin nur das halbe Molekulargewicht (226000) fanden und insbesondere bei Hunden mit Herzinsuffizienz ein Molekulargewicht von 690000 beschrieben. Auch dieses Resultat konnte in neueren Versuchen nicht bestätigt werden, so dass das Molekulargewicht unverändert bleibt (Kay und Green 1964; Davis et al. 1964; Conway und Roberts 1965).

Während das Myosin keine nennenswerte *Cholinesterase*wirkung besitzt, ist die *ATP-ase-Aktivität* seit längerer Zeit bekannt (Liubimova und Engelhardt 1939). EDTA und Magnesiumionen beeinflussen die Aktivi-

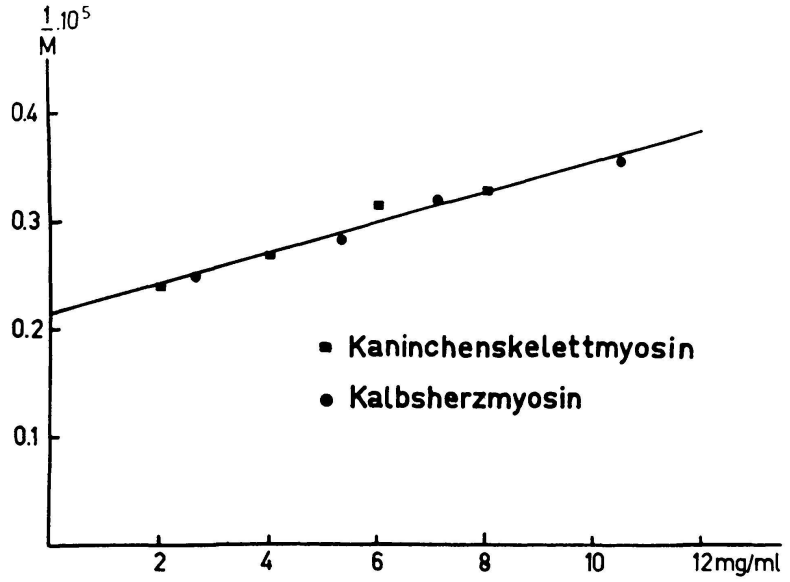


Abbildung 2

Molekulargewichte von Myosin abhängig von Eiweisskonzentration (Messungen im Sedimentationsgleichgewicht bei 4 °C) (Jenny 1965)

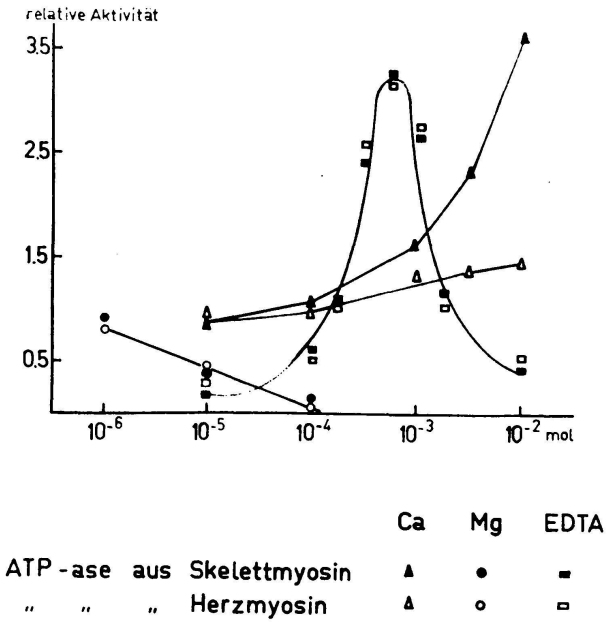


Abbildung 3

Relative Aktivität der Myosin-ATP-ase, beeinflusst durch Kalzium, Magnesium oder EDTA (Jenny 1965)

tät von Herz- und Skelettmuskelmyosin gleich (Abb. 3). Kalziumionen steigern die Skelettmuskel-ATP-ase um über 200%, die des Herzmuskels jedoch nur um ca. 30%. Durch Äthylenglykol (25%!) wurde die Herzmuskelmyosin-ATP-ase des Kalbes um 80% aktiviert.

Wenn man Herzmyosin mit Skelettmuskelmyosin aus Kaninchen vergleicht, erkennt man, dass sich die Molekulargewichte kaum unterscheiden. Die unterschiedlichen ATP-ase-Aktivitäten und Aktivierung durch Kalzium sind wahrscheinlich auf verschiedene aktive ATP-ase-Zentren zurückzuführen. Die Aktivierung durch Äthylenglykol kommt eventuell durch eine Änderung des Protein-Helix zustande. Auch die Kinetik des tryptischen Abbaus ist verschieden. Immunologische Eigenschaften und Aminosäuresequenz um das aktive Zentrum weisen auf einen verschiedenen Bau hin.

Da die physikalischen Parameter ähnlich sind, Molekulargewichtsbestimmungen und Diffusionskoeffizienten-Messungen jedoch um $\pm$ 5% genau sind, scheint die Identität beider Myosine noch nicht bewiesen zu sein. Eventuell unterscheiden sie sich in der Tertiärstruktur.

Man muss sich dauernd bewusst sein, dass weder der Hydratationszustand noch die Molekülform dieser Proteine im Herzmuskel bekannt sind und dass daher alle In-vitro-Untersuchungen nie dem physiologischen Zustand im Muskel entsprechen. Für Strukturproteine gilt dies besonders durch ihre ausserordentlich schlechte Löslichkeit bei physiologischen Ionenkonzentrationen. Diese Feststellung ist wichtig, wenn jetzt kurz Glykosideinwirkungen auf die kontraktilen Proteine zu diskutieren sind.

Es war schon bekannt und wurde von uns erneut mit reinen Herzmyosinlösungen bestätigt, dass die *Viskosität* durch herzaktive Glykoside, insbesondere $5 \cdot 10^{-6}$ m K-Strophantosid, nicht verändert wird. Auch Sedimentationskoeffizienten, Molekulargewichte, ATP-ase-Aktivitäten ändern nicht (Jenny 1965; Waser und Volkart 1954).

Die Viskosität von hochgereinigten natürlichen Aktomyosinlösungen wird durch $5 \cdot 10^{-6}$ Strophantosid nicht verändert (Jenny 1965). Wir waren immer der Meinung, dass Viskositätsänderungen unspezifische Effekte sind, da sie auch durch herzinaktive Glykoside ausgelöst werden (Waser 1956). Andere Autoren haben bei hochgereinigten Myosin- und Aktomyosinlösungen durch Herzglykoside keine Beeinflussung der hydrodynamischen Eigenschaften, der Rotationsdispersion oder der ATP-ase-Aktivität feststellen können (Kay und Green 1964). Es besteht hier eine Kontroverse, welche nur durch weitere Untersuchung der Struktur und Eigenschaften der kontraktilen Proteine mit den modernen Methoden der Proteinchemie gelöst werden kann.

Die *Thixotropie* von Aktomyosinlösungen, das heisst die Vernetzung der fibrillären Proteine in einer Lösung, wird durch Herzglykoside unterschiedlich beeinflusst (Waser 1957). Wir haben vor einigen Jahren mit einem Rotationsviskosimeter festgestellt, dass die Thixotropie durch herzaktive Glykoside vermindert wird, durch inaktive aber erhöht. Worauf dieser Effekt beruht und ob er mit synthetischen, hochgereinigten Aktomyosinlösungen wiederholt werden kann, wissen wir noch nicht. Man könnte sich vorstellen, dass intermolekulare Verbindungen (Wasserstoffbrücken) durch Änderung der Ladung, der Hydratation oder der Konformation (Tertiärstruktur) gelöst werden und dadurch die Thixotropie abnimmt.

Dieses Resultat führte uns dazu, die *Ionenbindung* von Aktomyosin und Myosin unter dem Einfluss verschiedener Glykoside zu untersuchen (Waser 1957, 1963). Wir stellten fest, dass auch hier vor allem durch die herzaktiven Glykoside (10^{-6} m) viel mehr Kalium-, aber auch Kalziumionen an diese Proteine gebunden werden. Auch dieser Befund könnte nur mit einer Strukturänderung des Proteins und Vermehrung der anionischen Bindungsstellen erklärt werden. Wir werden diese Versuche demnächst mit gereinigten Muskelproteinen wiederholen, um festzustellen, ob die Ionenbindung wirklich ihnen selbst oder Beimengungen zuzuschreiben ist.

2. Herzglykoside und Ionentransportsysteme

Dies führt uns zu den heute allgemein bekannten Arbeiten über die Wirkung der Herzglykoside auf Ionentransportsysteme. Nachdem während der letzten 10 Jahre auch hier sehr widersprüchliche Resultate über die Veränderung der Ionenkonzentration in der Muskelzelle und die Beeinflussung der Membranpermeabilität insbesondere für Kalium, Natrium und Kalzium bekannt wurden, hat sich hier die Situation weitgehend geklärt. Schatzmann fand 1953 an Erythrozyten, dass die Austauschpumpe für Natrium und Kalium durch Digitalis gelähmt wird.

Skou (1961), Repke und Portius (1963) und zahlreichen andern Forschern gelang der Nachweis, dass durch herzaktive Glykoside eine Natrium-Kalium-aktivierbare *Ionenpumpe der Membran* gehemmt wird. Die auffällige Parallelität in bezug auf biologische Wirkungen (Speziesunterschiede, Organspezifität, Strukturvariationen der Glykoside, Temperatureffekte, synergistische oder antagonistische Effekte durch Kalzium-, Kalium, Rubidiumionen usw.) und Beeinflussung dieser ATP-ase in vitro führte Repke (1963) dazu, die Transport-ATP-ase der Muskelmembran als wichtigsten Rezeptor der Digitaliswirkung zu betrachten. Die therapeutisch wirksame Digitaliskonzentration 10^{-7} M/l K-Strophantosid hemmt die Transport-ATP-ase um 15–30%, 10^{-6} bereits 50% und erst 10^{-5} über 80% (Abb. 4). Nach einer Latenzzeit kommt es daher zu einer allmählichen Bremsung der Transport-ATP-ase und damit vor allem zu einer Hemmung des Kaliumeinstromes. Interessant scheint, dass schon eine 30prozentige Blockierung der Membran-ATP-ase eine so starke Wirkung auf die Muskelkontraktion haben kann, da ja bei anderen Fermenten (Cholinesterase, Aminoxydase) eine minimal 80prozentige Hemmung für eine biologische Wirkung notwendig ist. Der Ionenrücktransport zwischen den Kontraktionen ist jedoch bei den therapeutisch wirksamen Digitaliskonzentrationen noch vollständig, aber verlangsamt. Es müsste also die in der Diastole verminderte Ausgleichsgeschwindigkeit und die resultierende verlängerte negative Ionenbilanz für die inotrope Wirkung verantwortlich sein. Es tritt kein Kaliumverlust der Herzmuskelfaser ein – erst nachtoxischen Digitalisdosen wird eine intrazelluläre Kaliumabnahme festgestellt. Ein Anstieg der intrazellulären Natriumkonzentration wurde nicht eindeutig bewiesen.

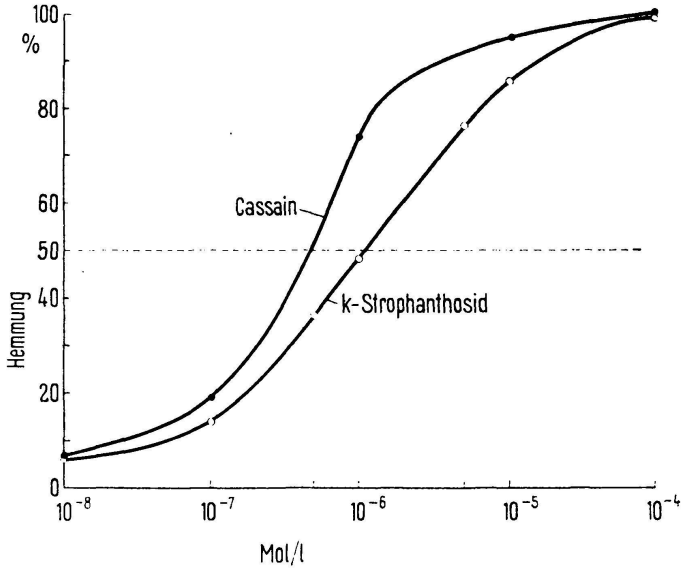


Abbildung 4

Hemmwirkung von K-Strophantosid oder Cassain in verschiedenen Konzentrationen (Abszisse) auf die Transport-ATP-ase der Zellmembran des Herzmuskels (Repke 1963)

Schon lange bekannt ist die Beobachtung, dass *Kalzium* in mässiger Konzentration synergistisch mit Digitalis wirkt (Clark 1915; Loewy 1918). Dieser Effekt wurde auch für den Ionentransport und an der Transport-ATP-ase festgestellt, wobei intrazelluläres Kalzium den Membrantransport hemmt (Seifen, Rummel und Baldauf, 1962). Moulin und Wildbrandt (1955) nehmen eine Kalziumpumpe in der Membran an, welche in der Diastole das eingetretene Kalzium aus der Muskelzelle herausschafft. Glykoside könnten durch vermehrten Einstrom während der Kontraktionsphase oder Hemmung der Kalziumpumpe in der Ruhepause den Kalziumgehalt erhöhen und damit die Kontraktion verstärken (Wilbrandt 1962). Da das zelluläre Kalzium jedoch nicht einheitlich ist, sondern verschiedenen gebundenen und freien Fraktionen zukommt, ist auch eine Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen diesen Anteilen von Bedeutung. Klaus und Kuschinski (1962) konnten mit therapeutischen Glykosidkonzentrationen an isolierten Meerschweinchenvorhöfen eine deutliche Mehraufnahme von radioaktivem Kalzium bei unverändertem Gesamtkalziumgehalt und damit eine Zunahme der austauschbaren Kalziumfraktion um 10–20% demonstrieren (Abb. 5). Toxische Glykosidkonzentrationen führen zu einer noch grösseren Aufnahme von Kalzium, die zum Teil durch Hemmung des Auswärtstransportes und damit durch Steigerung des Nettogehaltes der Muskelfaser bedingt ist. Die Steigerung der austauschbaren Kalziumfraktion ist anscheinend dosisabhängig und bei drei verschiedenen Digitalisglykosiden auch in

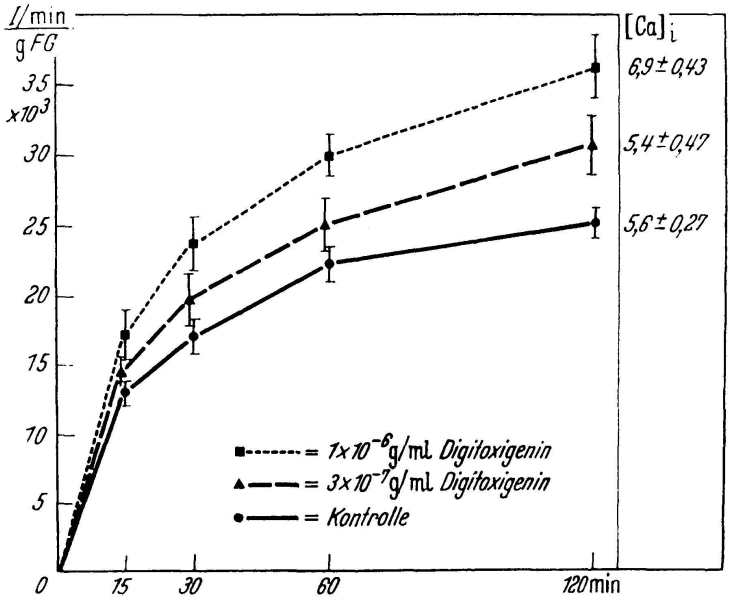


Abbildung 5

^{47}Ca-Aufnahme (Impulse/min/mg Feuchtgewicht) und intrazelluläre Ca-Konzentration (mAequ/l Intrazellulärraum) von Meerschweinchenvorhöfen unter Kontrollbedingungen und dem Einfluss einer therapeutischen ($3 \cdot 10^{-7}$ g/ml) und einer toxischen (10^{-6} g/ml) Digitoxigeninkonzentration (Klaus, Kuschinski 1962)

Korrelation zur positiv inotropen Wirkung (Klaus 1963). Das intrazelluläre Kalzium, welches den Erregungsablauf an der äussern Zellmembran mit dem Kontraktionsprozess koppelt, wird vor allem durch Ionenpumpen im *endoplasmatischen Retikulum* kontrolliert. Dieses selbst kann aus einem Muskelhomogenat in Bruchstücken als Grana (Kunstprodukte!) isoliert werden, besonders wenn rasch kontrahierende Skelettmuskeln verwendet werden. Im glatten Muskel, der sich langsam kontrahiert, fehlen sie; im Herzen sind sie als *Relaxing factor* von Marsh-Bendall bekannt geworden, weil sie anscheinend durch Kalziumentzug aus dem Sarkoplasma für die Erschlaffung des Muskels verantwortlich sind.

Die neueste Forschungsrichtung beschäftigt sich nun speziell mit der *Kalziumpumpe dieser Grana*, und es sind von Lee und Mitarbeitern (1965) kürzlich sehr wichtige Untersuchungen über die Beeinflussung dieser Grana mit elektrischen Reizimpulsen und Herzglykosiden veröffentlicht worden. An Stelle eines eigentlichen Muskels wurde ein biochemisches System mit isolierten Myofibrillen und gewaschenem Relaxing factor (Grana) aus Skelett- und Herzmuskel von Hunden benutzt. Myofibrillen-Suspensionen zeigen nach ATP-Zusatz eine sogenannte Synerese, das heisst eine Präzipitation, welche abzentrifugiert werden kann. Diese volumenmässig erfassbare Verdichtung entspricht der Muskelkontraktion. Sie wird durch Zusatz des Relaxing factors gehemmt, ebenso durch Chelatoren für Kalzium. Kalzium scheint für die Synerese wie auch die Muskelkontraktion unbedingt erforderlich zu sein, und die Konzentration der freien Kalziumionen bestimmt die Kontraktionsamplitude. Lee konnte nun zeigen, dass regelmässige elektrische Impulsreizung der Suspension (1,5 V, Frequenz 60/min) die Grana hindert, alles Kalzium aufzunehmen. Es bleibt genügend freies Kalzium in der Suspension, so dass eine Synerese der Myofibrillen eintritt. Diese Umkehr der relaxierenden Wirkung der Muskelgrana durch elektrische Impulse könnte eine In-vitro-Demonstration der *elektromechanischen Koppelung* der Muskelkontraktion sein, bei der die Auslösung einer Kontraktion auch vom Membranaktionspotential aus über das sarkoplasmatische Retikulum zu den Myofibrillen kommt und diese wahrscheinlich über freie Kalziumionen zur Kontraktion bringt.

Herzglykoside (K-Strophantosid und Digitoxin) beeinflussen interessanterweise die Kalziumpumpe der Grana in Suspension nicht; sie potenzieren aber den Effekt der elektrischen Stimulation, so dass unterschwellige Ströme (0,5 V oder nur 10 Impulse/min) den Relaxing factor so blokkieren, dass vollständige Synerese der Myofibrillen eintritt. Für Skelettmuskel war die notwendige Glykosidkonzentration viel höher ($5 \cdot 10^{-6}$ m) als für Herzmuskel (10^{-6}–$5 \cdot 10^{-7}$ M). Obwohl die Natur der strombedingten Prozesse in den Grana noch nicht bekannt ist, müssen diese heute als Wirkungsort der Herzglykoside ernsthaft in Betracht gezogen werden.

Es würde zu weit führen, nun eine Hypothese der Glykosidwirkung aufzustellen, die allen Forschungsresultaten gerecht wird. Ist es die Hemmung der Membran-ATP-ase, welche über verzögerten Kalium-

rückstrom oder vorübergehende erhöhte Natriumkonzentration die Funktion der Grana oder der Kalziumverteilung beeinflusst? Sind es die Grana, welche verstärkt vor der Muskelkontraktion Kalzium verlieren oder insgesamt weniger Kalzium zurückpumpen können?

Endlich wissen wir heute auch noch nicht, wie Kalziumionen die Muskelkontraktion verstärken und wie Herzglykoside die kontraktilen Proteine direkt beeinflussen.

Zusammenfassung

Herzmuskelmyosin (Kalb, Hund) hat dasselbe Molekulargewicht (520000 ± 25000) wie das Myosin des Skelettmuskels (Kaninchen). Die Myosin-ATP-ase wird jedoch durch Kalziumionen weniger aktiviert als im Skelettmuskel. Herzaktive Glykoside vermindern die Thixotropie von Aktomyosinlösungen und erhöhen die Bindung von Kalium- und Kalziumionen an Aktomyosin und Myosin. Zur starken Bindung der Glykoside an Myosin ist Kalzium notwendig. Herzaktive Glykoside hemmen die Transport-ATP-ase für Natrium- und Kaliumionen in der Zellmembran und verzögern damit den Konzentrationsausgleich nach der Depolarisation. Sie antagonisieren auch den Relaxing factor des sarkotubulären Systems und bewirken wahrscheinlich über eine erhöhte Konzentration der freien Kalziumionen im Sarkoplasma eine verstärkte Muskelkontraktion.

(Pharmakologisches Institut der Universität Zürich.)

LITERATUR

Szent-Györgyi A.: Chemistry of muscle contraction. Academic Press, New York 1951.
Mallov S. und *Robb J.S.:* Fed.Proc. *8*, 104 (1949); J.Pharmacol. *108*, 251 (1953).
Horvath I., Kiraly C. und *Szerb J.:* Nature *164*, 792 (1949).
Kako K. und *Bing R.J.:* J.clin.Invest. *37*, 465 (1958).
Waser P.G.: Schweiz.med.Wschr. *92*, 819 (1962).
Waser P.G.: Proc. of the First Intern. Pharmacological Meeting, Vol. 3, p. 173, Pergamon Press, London 1963.
Jenny E.: Helv.physiol.Acta 1965 (eingeschickt).
Jenny E. und *Waser P.G.:* Experientia *21*, 315 (1965).
Ellenbogen E., Iyengar R., Stern H. und *Olson R.E.:* J.biol.Chem. *235*, 2642 (1960).
Olson R.E.: Amer.J.Med. *30*, 692 (1961).
Kay C.M. und *Green W.A.:* Circulation Research, Suppl. II, *14*, *15* (1964).
Davis J.O., Carroll W.R., Trapasso M. und *Yankopoulos N.A.:* J.clin.Invest. *39*, 1463 (1960).
Conway G.F. und *Roberts J.L.:* Amer.J.Physiol. *208*, 243 (1965).
Liubimova M.M. und *Engelhardt V.A.:* Nature *144*, 668 (1939).
Waser P.G. und *Volkart O.:* Helv.physiol.Acta *12*, 12 (1954).
Waser P.G.: Cardiologia *29*, 214 (1956).
Waser P.G.: Helv.physiol.Acta *15*, 125 (1957); *15*, C42–C43 (1957).
Schatzmann H.J.: Helv.physiol.Acta *11*, 346 (1953).
Skou J.C.: Symposium on membrane transport and metabolism. Czechoslovak Academy of Sciences, Prag 1961, p. 228.
Repke K. und *Portius H.J.:* Experientia *19*, 452 (1963).

Clark A.J.: Proc.roy.Soc.Med. *5*, 1 (1915).
Loewy O.: Arch.exp.path.Pharmak. *82*, 131 (1918).
Seifen E., Rummel W. und *Baldauf J.:* Arch.exp.path.Pharmak. *243*, 349 (1962).
Moulin M. und *Wilbrandt W.:* Experientia *11*, 72 (1955).
Wilbrandt W.: Med.Klinik *57*, 2085 (1962).
Klaus W. und *Kuschinski G.:* Arch.exp.path.Pharmak. *244*, 237 (1962).
Klaus W.: Arch.exp.path.Pharmak. *246*, 226 (1963).
Lee K.S., Yu D.H. und *Struthers J.J.:* J.Pharmakol. *148*, 277 (1965).
Straub F.B.: Studies Inst.Med.Chem.Univ.Szeged *2*, 3 (1943).

Contributions à la discussion

8. Dr. R.W. STRAUB

Es ist in diesem Zusammenhang vielleicht von Interesse, auf die Untersuchungen von A.F.Huxley und Mitarbeitern hinzuweisen, die sich mit der Bedeutung des sarkoplasmatischen Retikulums für die Aktivierung der Muskelkontraktion befasst haben. In diesen Untersuchungen wurden einzelne, isolierte Muskelfasern durch Mikropipetten, deren Spitzen so geschliffen worden waren, dass sie gut Kontakt mit der Faseroberfläche herstellten, elektrisch gereizt, und die Kontraktion der Muskelfasern unter einem Polarisations- oder Interferenz-Mikroskop photographisch registriert. Dabei zeigten sich, dass an Muskelfasern vom Frosch Kontraktionen ausgelöst werden konnten, wenn die Pipette gegenüber einem I-Streifen, ungefähr auf der Höhe der Z-Linie, lag. Die Kontraktion erfolgte beiderseits der Z-Linie; die Z-Linie selbst bewegte sich dabei nicht. Dieses Verhalten machte es zunächst wahrscheinlich, dass sich die Erregung von der Faseroberfläche entlang der Z-Linie ins Innere der Faser fortpflanzen könnte. In der Folge zeigten elektronenmikroskopische Untersuchungen, dass sich am Froschmuskel Elemente des sarkoplasmatischen Retikulums (Triaden) auf der Höhe der Z-Linien befinden.

Im quergestreiften Muskel von Eidechsen liegen, im Gegensatz dazu, triadenförmige Elemente an der Grenze zwischen A- und I-Streifen. Bei der lokalen Aktivierung konnten an diesem Muskel Kontraktionen ausgelöst werden, wenn die Pipette an der Grenze zwischen A- und I-Streifen lag. Bei der Kontraktion wurde die Z-Linie in der Richtung der Pipette bewegt. Da sich so bei beiden Muskelarten die lokalen Kontraktionen nur an den Stellen auslösen lassen, wo sich Triaden befinden, und die Kontraktionen bei beiden Muskelarten symmetrisch um diese erfolgen, scheint es sehr wahrscheinlich, dass die Triaden, oder Elemente davon, an der Fortleitung der Erregung von der Oberfläche ins Innere der Muskelfasern beteiligt sind.

Bei beiden Muskelarten erstreckte sich die Kontraktion nur über eine kurze Distanz ins Innere der Faser. Ebenso fand sich an beiden Muskelarten, dass mit zunehmender Stärke des Reizstromes die Ausdehnung der Kontraktion gegen das Innere der Faser zunahm. Dieses Verhalten deutet darauf hin, dass die Ausbreitung der Erregung entlang des sarkoplas-

matischen Retikulums nicht dem Alles-oder-nichts-Gesetz folgt, sondern ein graduierter Vorgang ist, der durch eine «elektrotonische» Potentialausbreitung verursacht sein könnte.

9. P. MÜLLER (Bern)

Es wurden in vitro simultan die Aktionspotentiale, die isometrische Spannungsentwicklung und der ^{22}K-Gehalt von Schafherz-Muskeltrabekeln registriert. Niedere Konzentrationen von Herzglykosiden (Ouabain $1–5 \cdot 10^{-8}$ M/l) erniedrigten den intrazellulären Kaliumgehalt innerhalb von 3–5 Stunden auf einen neuen Gleichgewichtszustand. Dieser Glykosideffekt war reversibel. Es fand sich eine auffällige zeitliche Parallelität zwischen zellulärem Kaliumgehalt und Kontraktionszunahme. Dieser Befund lässt auf eine enge Beziehung zwischen den beiden Phänomen schliessen. Die intrazellulär registrierten Aktionspotentiale zeigten über Versuchsperioden bis zu 30 Stunden keine nennenswerten Veränderungen.

10. W. WILBRANDT (Bern)

In bezug auf die Frage, ob und in welcher Weise die pharmakologische Digitaliswirkung mit Transporthemmungen zusammenhängt, scheint mir der gegenwärtige Stand etwa folgender zu sein.

Die Parallelen zwischen inotroper Herzwirkung und Hemmung der Kalium-Natrium-Austausch-Pumpe sind sehr weitgehend. Die Wirkungsschwellen stimmen annähernd überein. Bemerkenswerte Übereinstimmung besteht in der molekularen Strukturabhängigkeit: in der Bedeutung der Anwesenheit des Laktonrings, der Unversehrtheit seiner Doppelbindung (Wirkungsverluste durch Hydrierung) und seiner Stellung (Unwirksamkeit von Allo-Verbindungen), der schwachen, aber nachweisbaren Wirksamkeit einfacher Laktone, der Bedeutung der Stellung der OH-Gruppe an C_3 (Wirkungsverlust durch Epimerisierung) sowie schliesslich in der quantitativen Wirksamkeitsabstufung zwischen individuellen Herzglykosiden. Weiter bestehen Parallelen in Wirkungsbedingungen: Antagonismus mit Kalium, Synergismus mit Kalzium, Temperaturabhängigkeit (keine Wirkung bei tiefer Temperatur) und zeitlicher Wirkungscharakter (langsame Entwicklung der Wirkung).

Ebenso deutliche Parallelen bestehen zwischen Herzwirkung und Wirkung auf die K-Na-abhängige Membran-ATP-ase, die nahe Beziehungen zum Na-K-Austauschtransport hat. Vor allem K. Repke hat sie eingehend studiert. Er ist der Meinung, dass im Enzymprotein der ATP-ase der langgesuchte molekulare Angriffspunkt der Herzglykoside gefunden ist. Es ist aber durchaus denkbar, dass, entsprechend den Vorstellungen von R. Post, die Tätigkeit des «Enzyms» (in Wirklichkeit fragmentierter Membranen, deren Wirksamkeit durch Phospholipase zerstört wird, also an die Anwesenheit intakten Lipoids gebunden ist) von Ionentransporten in den Membranfragmenten abhängt, die ihrerseits glykosidempfindlich sind. In diesem Fall würde Glykosid die enzy-

matische Tätigkeit indirekt durch Transporthemmung und nicht direkt durch Reaktion mit dem Enzymprotein beeinflussen.

Jedenfalls sind aber die Beziehungen zwischen ATP-ase und Transport so eng (quantitative Übereinstimmung in bezug auf alle untersuchten modifizierenden Einwirkungen von Ionen und Hemmstoffen), dass Parallelen zur ATP-ase-Wirkung als Parallelen zur Transporthemmung betrachtet werden dürfen. Repke hat hier neben den oben erwähnten Strukturabhängigkeiten vor allem frappante Parallelen in der Artspezifität aufgedeckt.

Dass die inotrope Wirkung engste Beziehungen zu Transporthemmungen hat, kann danach kaum zweifelhaft erscheinen. Schwierigkeiten macht das Verständnis der Art dieser Beziehungen. Änderungen der intrazellulären Natrium- und Kaliumkonzentrationen können kaum massgeblich sein. Offenbar müssen Beziehungen zum Kalzium bestehen, dessen Bedeutung für Kontraktion und Erschlaffung sich immer klarer abzeichnet und auch aus verschiedenen Darstellungen dieses Symposiums wieder hervorgeht. Die wahrscheinlichste unmittelbare Ursache des inotropen Effekts ist danach eine Erhöhung der Konzentration des ionisierten Kalziums in den Muskelfasern. Eine solche könnte durch Lähmung einer Kalziumpumpe zustande kommen. Eine Hemmung des Kalziumeffluxes surch die Zellmembran nach aussen, wie er zu erwarten wäre, wenn die heute mit Sicherheit nachgewiesene Kalziumpumpe der Zellmembran durch Glykosid gelähmt würde, ist aber in mehreren Untersuchungen nicht gefunden worden. Die von Klaus u.a. beschriebene Erhöhung des «austauschbaren Kalziums» ist offenbar auf intrazelluläre Verschiebungen zurückzuführen. Aber auch die Kalziumpumpe der Erschlaffungsgranula, die mehrfach darauf geprüft wurde, wird offenbar durch Herzglykoside nicht gehemmt.

Wenn Herzglykoside keine unmittelbaren Wirkungen auf Kalziumpumpen besitzen, drängt sich die Frage nach sekundären Wirkungen auf Grund von Beziehungen zwischen Natrium-Kalium-Pumpe und Kalziumkonzentration auf. Repke vermutet, dass die durch Lähmung der Natriumpumpe entstehende Erhöhung der Natriumkonzentration in der Muskelfaser zur Freisetzung von Kalzium aus Bindungen an Phospholipiden führt. Diese Vorstellung würde jedoch eine hochgradige Selektivität solcher Bindungen für Natrium gegenüber Kalium verlangen, da ja die intrazelluläre Kaliumkonzentration wesentlich höher ist als die Natriumkonzentration. Auch andere Möglichkeiten sind erwogen worden. Jedenfalls scheint mir, dass das Hauptproblem gegenwärtig darin besteht, das Verbindungsglied zwischen der durch Herzglykoside gelähmten Kalium-Natrium-Pumpe und der offenbar für die Kontraktilität unmittelbar wirksamen intrazellulären Konzentration des ionisierten Kalziums zu finden.

(Pharmakologisches Institut der Universität Bern.)

11. E. F. LÜSCHER (Bern) – *Das kontraktile System der Blutplättchen.*

Unter dem Einfluss des Gerinnungsfermentes Thrombin sowie einer ganzen Reihe anderer Agenzien, von denen Immunkomplexe besonders

wichtig erscheinen (1), bilden die Blutplättchen dichte Aggregate, die sich aktiv zu kontrahieren vermögen. Diese Eigenschaft ist zurückzuführen auf die Tatsache, dass in den Plättchen beträchtliche Mengen eines kontraktilen Materials vorkommen, das 1959 erstmals von Bettex-Galland und Lüscher (2) beschrieben und später als Thrombosthenin bezeichnet wurde.

Die besonderen Eigenschaften des Thrombosthenins und seine Beziehungen zu andern kontraktilen Proteinen sind kürzlich zusammenfassend dargestellt worden (3), so dass sich eine Besprechung hier auf einige Aspekte, die im Zusammenhang mit dem Gegenstand dieses Symposiums von besonderem Interesse sind, beschränken kann:

Die Beziehungen des Thrombosthenins zum Aktomyosin des quergestreiften Muskels

Thrombosthenin ist ein typischer Vertreter der Aktomyosinfamilie kontraktiler Proteine. Gleich wie Aktomyosin in Aktin und Myosin dissozierbar ist, kann auch das Thrombosthenin in die entsprechenden Komponenten Thrombosthenin A und Thrombosthenin M zerlegt werden. Andererseits ist Thrombosthenin schon bei etwas niedrigeren Ionenstärken löslich als Muskelaktomoysin, und ein weiterer auffallender Unterschied ist seine auch unter optimalen Bedingungen 50–100mal geringere ATP-ase-Aktivität. Vor allem jedoch sind in den intakten Blutplättchen bisher nie irgendwelche Anzeichen für eine geordnete fibrilläre Anordnung der kontraktilen Elemente gefunden worden. Um so bemerkenswerter ist es, dass sich trotzdem experimentell eine enge Verwandtschaft mit dem Aktomyosin des quergestreiften Muskels nachweisen lässt:

Aus menschlichen Blutplättchen wurde Thrombosthenin isoliert und in die Kompenenten A und M zerlegt. Gleich wurde vorgegangen mit dem Aktomyosin aus Kaninchenskelettmuskel. Es zeigte sich, dass durch kreuzweises Vermischen der beiden Komponentenpaare Hybriden hergestellt werden können, in denen je eine aus Kaninchenmuskel und aus menschlichen Blutplättchen herstammende Hälfte enthalten ist. Solche rekombinierte Systeme erweisen sich wieder als aktiv bezüglich ihrer ATP-ase-Aktivität, d.h. Aktin und Thrombosthenin A können sich gegenseitig als Aktivatoren der Myosin-ATP-asen ersetzen (4). Gleiche Verhältnisse finden sich, wenn an Stelle der ATP-ase-Wirkung die sogenannte ATP-Empfindlichkeit, d.h. die Viskositätsveränderung auf ATP-Zusatz in den Lösungen solcher hybrider Rekombinationen geprüft wird (5). Trotz den offenkundigen Unterschieden und vor allem trotz dem Fehlen jeder geordneten Struktur in den Blutplättchen sind die Bausteine des Thrombosthenins offenbar denen des Aktomyosins, die aus der Muskulatur einer anderen Spezies isoliert wurden, so ähnlich, dass sich wiederum ein funktioneller Komplex zu bilden vermag.

Die Auslösung der kontraktilen Aktivität der Blutplättchen

Eingangs ist erwähnt worden, dass verschiedene äussere Faktoren, vor allem das Ferment Thrombin, aber auch Papain und gewisse Schlangen-

gifte (6), imstande sind, die Blutplättchen so zu verändern, dass ihr kontraktiles System eine Aktivierung erfährt. Den gleichen Effekt zeigen gewisse Immunkomplexe und aggregierte, homologe Gammaglobulinpräparate (1, 7). Die primäre Wirkung aller dieser zum Teil sehr verschiedenartigen Substanzen besteht in einer Permeabilitätserhöhung der Plättchenmembran. Dies ist daran erkennbar, dass das erste morphologische Merkmal meist in einer Quellung der Plättchen besteht, dass aber gleichzeitig Inhaltsstoffe der Zelle, so insbesondere Nukleotide, pharmakologisch aktive Amine, aber auch hochmolekulare Substanzen aus dieser austreten. Diese Permeabilitätsstörung, die entsprechend der Funktion der Plättchen in weitaus den meisten Fällen irreversibel bleibt, hat die deshalb zwangsläufig ebenfalls einmalige, Ca^{++}-Ionen-abhängige Aktivierung des kontraktilen Systems im Gefolge. Es handelt sich folglich hier um einen sehr wenig spezialisierten Auslösungsmechanismus für ein primitives Bewegungssystem. Vielleicht geht man nicht fehl mit der Vermutung, dass eine phylogenetisch sehr frühe Form der Erregung solcher Mechanismen realisiert ist, die mit zunehmender Spezialisierung der Zellen schliesslich über komplexere humorale und zelleigene Systeme, wie man letztere wohl z. B. bei beweglichen Einzellern finden kann, zum hochspezialisierten Mechanismus der durch Aktionsströme ausgelösten Depolarisierung und Permeabilitätsänderung der Muskelzellmembran geführt hat.

(Theodor-Kocher-Institut, Universität, Bern.)

LITERATUR

1. *Bettex-Galland M., Lüscher E.F., Simon G.* und *Vassalli P.:* Nature *200*, 1109 (1963).
2. *Bettex-Galland M.* und *Lüscher E.F.:* Nature *184*, 276 (1959); Helv. physiol. Acta *17*, C14 (1959).
3. *Bettex-Galland M.* und *Lüscher E.F.:* Adv. Protein Chem. *20*, 1 (1965).
4. *Bettex-Galland M., Portzehl H.* und *Lüscher E.F.:* Helv. Chim. Acta *46*, 1595 (1963).
5. *Bettex-Galland M., Portzehl H.* und *Lüscher E.F.:* Nature *193*, 777 (1962).
6. *Davey M.G.* und *Lüscher E.F.:* Nature *207*, 730 (1965).
7. *Bettex-Galland M.* und *Lüscher E.F.:* Path. Microbiol. *27*, 533 (1964).

12. H. PORTZEHL (Bern) – *Die Regulation der Muskelaktivität durch den intrazellulären Spiegel der freien Kalziumionen.*

In einem Teil der voranstehenden Vorträge ist darauf hingewiesen worden,

1. dass für die Kontraktion der kontraktilen Systeme der quergestreiften Muskeln freie Kalziumionen notwendig sind,

2. dass das Ausmass der Kontraktion von der Konzentration der freien Kalziumionen abhängt und

3. dass der intrazelluläre Kalziumionenspiegel während des Kontraktionszyklus, d.h. während Kontraktion und Erschlaffung, verändert wird.

Benutzte Abkürzungen: P_i = anorganisches Phosphat, ATP = Adenosintriphosphat, ADP = Adenosindiphosphat, EGTA = Äthylenglykoldiaminotetraacetat.

Es erscheint mir daher richtig, wenn ich hier auf die Versuche etwas näher eingehe, die zu den oben gemachten Behauptungen geführt haben. Es handelt sich dabei um Versuche, die erstens an isolierten kontraktilen Systemen von quergestreiften Muskeln und zweitens an der lebenden Skelettmuskelfaser der Krabbe Maia Squinado ausgeführt wurden.

Ich beginne mit den Versuchen an isolierten kontraktilen Systemen. Solche Systeme lassen sich aus jeder Muskelfaser oder -fibrille isolieren, indem durch Wasser-Glyzerin-Extraktion alle wasserlöslichen Substanzen und damit auch alle Fermente und Substrate des Stoffwechsels entfernt werden. Solche extrahierten Fasern und Fibrillen bestehen zum grössten Teil aus kontraktilen Strukturen und zum kleineren Teil aus Stützgewebe. Ausserdem enthalten sie noch die mengenmässig sehr bescheidenen Strukturen des sarkoplasmatischen Retikulums. Die kontraktilen Strukturen bestehen im wesentlichen aus Myosin, das die dicken Filamente der A-Bande liefert, und dem Aktin, aus welchem die dünnen Filamente der I-Bande aufgebaut sind. Diese reichen noch etwas in die A-Bande hinein. In dieser Überlappungszone können die Myosin- und die Aktinfilamente chemisch miteinander reagieren und einen Komplex bilden, der als Aktomyosin bezeichnet wird. Auf der Reaktion zwischen Myosin und Aktin beruht die Kontraktion des Muskels. Mit geeigneten Mitteln lässt sich das Aktomyosin aus dem Muskel herauslösen, reinigen und aus dem gereinigten Aktomyosin nach einer Art Kunstseidenverfahren Aktomyosinfäden herstellen (vgl. Weber und Portzehl 1954). Dies ist die sauberste Form der Isolierung kontraktiler Systeme. Alle diese isolierten kontraktilen Systeme sind natürlich tot und können daher monatelang im Kühlschrank aufbewahrt werden.

Wird solchen isolierten kontraktilen Strukturen in einer Lösung eines Kaliumsalzes von etwa physiologischer Konzentration ATP und Mg^{++}, beide ebenfalls in etwa physiologischer Konzentration, zugesetzt, so kontrahieren sie in derselben Weise wie der lebende Muskel. Gleichzeitig wird ATP zu ADP und P_i gespalten. Diese Spaltung liefert die Energie für die Kontraktion[1].

Wie Abb. 1 zeigt, kontrahieren dagegen isolierte kontraktile Systeme unter physiologischen Bedingungen auf Zusatz von ATP und Mg^{++} *nicht*, wenn durch Zusatz von Kalziumpuffer[2] die freie Kalziumionen-

[1] Cain und Davies konnten 1962 zeigen, dass auch während der Kontraktion des lebenden Muskels ATP gespalten wird und dass auch hier die ATP-Spaltung die einzige unmittelbare Energiequelle des Muskels ist.

[2] Die Kalziumpuffer sind 1961 von A. Weber in die Physiologie eingeführt worden. Es handelt sich dabei um eine Mischung von Kalziumionen mit organischen Substanzen (z. B. EGTA), die die Kalziumionen mit hoher Affinität reversibel binden. Damit aber nötigen sie dem System, dem sie zugesetzt werden, ihre eigene, wenn gewünscht extrem niedrige Konzentration an freien Kalziumionen in derselben Weise auf, wie gewöhnliche H-Ionenpuffer einem Versuchsansatz ihre eigene, meist sehr niedrige H-Ionen-Konzentrationen aufnötigen.

Konzentration des Milieus auf Werte $\leqq 10^{-7}$ M eingestellt ist. Die Kontraktion setzt erst ein, wenn die freie Kalziumionenkonzentration $\geqq 10^{-7}$ M wird und erreicht ihr Maxiumm bei einem freien Kalziumionenspiegel von $\lesssim 10^{-5}$ M. Wie Abb. 2 zeigt, gilt das gleiche auch für die enzymatische Aktivität der isolierten kontraktilen Systeme: Auch die ATP-ase-Aktivität steigt zwischen 10^{-7} M und 10^{-6} M freien Kalziumionen vom Ruhewert auf den Maximalwert der Aktivität an. Dass das Kalzium in dieser Art wirkt, beruht, wie A. Weber 1964 als erste gefunden hat, auf einer Zunahme der Kalziumbindung durch das kontraktile Protein um 1 Mol Kalzium pro 500000 g kontraktiles Protein, wenn die freie Kalziumionenkonzentration von 10^{-7} auf $> 10^{-6}$ M anwächst. Diese Versuche zeigen nicht nur, dass freie Kalziumionen kontraktionsnotwendig sind, sondern auch dass die Kontraktion erst maximal wird, wenn die Schwellenkonzentration um etwas mehr als eine Zehnerpotenz erhöht wird.

Wenn genügend freie Kalziumionen anwesend sind, werden die isolierten Systeme nicht nur aktiv, sondern bleiben auch aktiv, während beim lebenden Muskel auf jede Kontraktion sofort eine Erschlaffung folgt. Auch beim isolierten kontraktilen System folgt der Kontraktion eine Erschlaffung – und zwar dann, wenn neben dem isolierten kontraktilen

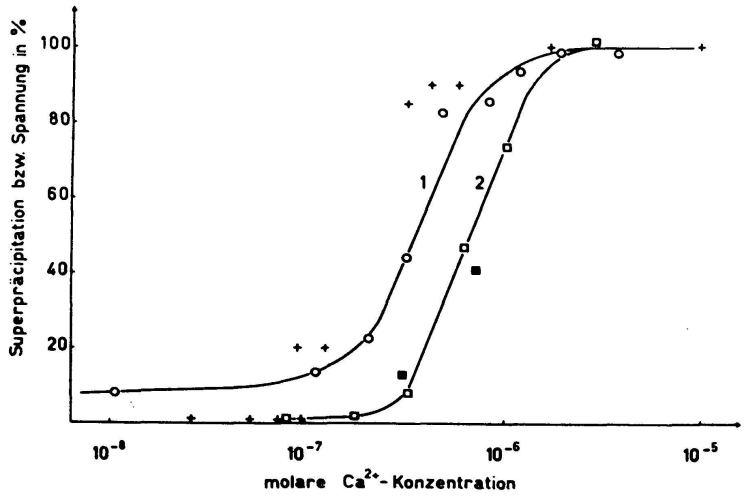


Abbildung 1

Der Kalziumbedarf der mechanischen Aktivität von Fibrillen und Fasern. Ordinate: Superpräzipitation (gleich Mass der Kontraktion) isolierter Fibrillen bzw. Spannung extrahierter Fasern in Prozenten des Maximalwertes. Abszisse: Molarität der freien Kalziumionen. Kurve 1: Superpräzipitation extrahierter Fibrillen von Krabbenmuskeln ○–○ (nach Portzehl et al. 1965) und von Kaninchenmuskeln +–+ (nach A. Weber und Herz 1963). [MgATP] = 2 mM, Ionenstärke = 0,1 μ, pH = 7,0 bei den Krabbenfibrillen und 6,5 bei den Kaninchenfibrillen, Puffer: CaEGTA+EGTA=0,9 bis 5 mM. Kurve 2: Spannungsentwicklung einzelner extrahierter Muskelfasern der Krabbe. [MgATP] = 10 mM, Ionenstärke = 0,08 μ, CaEGTA+EGTA = 2,5 mM, pH = 6,9. ■–■ Verkürzung von lebenden Einzelfasern der Krabbe auf Injektion von CaEGTA+EGTA. Raumptemperatur

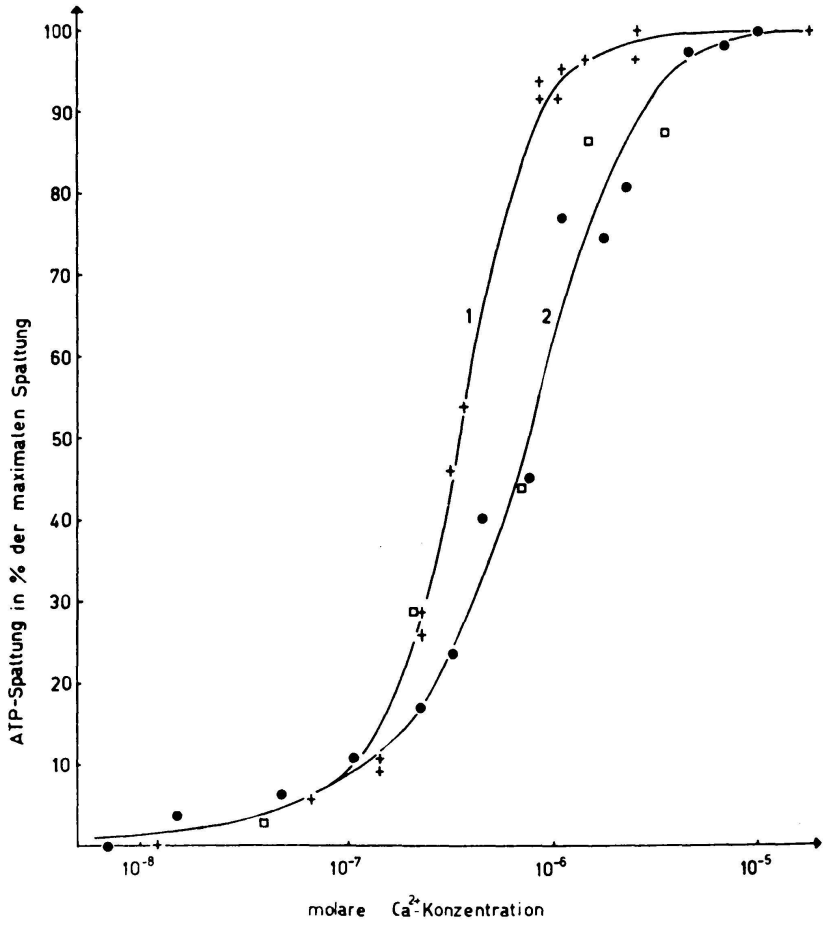


Abbildung 2

Der Kalziumbedarf der enzymatischen Aktivität extrahierter Fibrillen von Skelettmuskeln des Kaninchens und der Krabbe wie vom Herzmuskel des Schafes. Ordinate: ATP-Spaltung in Prozenten der Maximalspaltung. Abszisse: Molare Konzentration der freien Kalziumionen. +–+ Fibrillen aus Kaninchenmuskeln (nach A. Weber und Herz 1963), ●–● Fibrillen aus Krabbenmuskeln (nach Portzehl et al. 1965), □–□ Fibrillen aus Schafsherzmuskeln. [MgATP] = 2 mM, CaEGTA+EGTA = 0,9 bis 5 mM, pH = 7,0 bei Krabben- und Herzfibrillen, pH = 6,5 bei Kaninchenfibrillen, Ionenstärke ~0,1 μ, Raumtemperatur

System die ultramikroskopischen Vesikel des sarkoplasmatischen Retikulums anwesend sind. Wie Abb. 3 zeigt, ist dann trotz Anwesenheit von ATP und Mg^{++} die ATP-Spaltung fast aufgehoben. Werden nun zu einem solchen erschlafften vesikelhaltigen System freie Kalziumionen hinzugefügt, so wird das System für kurze Zeit aktiv – die ATP-Spaltung steigt steil an – und gleich wieder inaktiv – die ATP-Spaltung fällt spontan wieder auf den Ruhewert ab. Zugabe der doppelten Menge an freien Kalziumionen lässt die Aktivitätsperiode doppelt so lang werden. Dieser einfache Versuch spricht dafür, dass die spontane Erschlaffung des kontraktilen Systems darauf beruht, dass die anwesenden Vesikel die

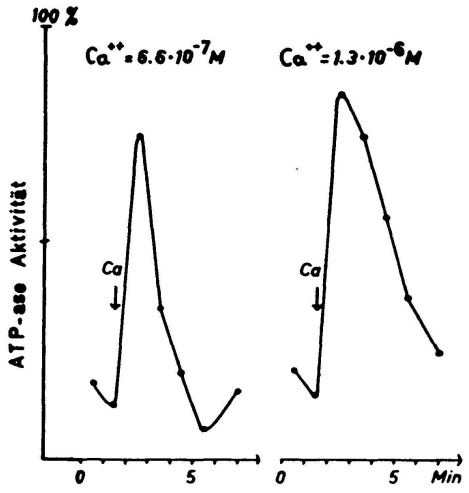
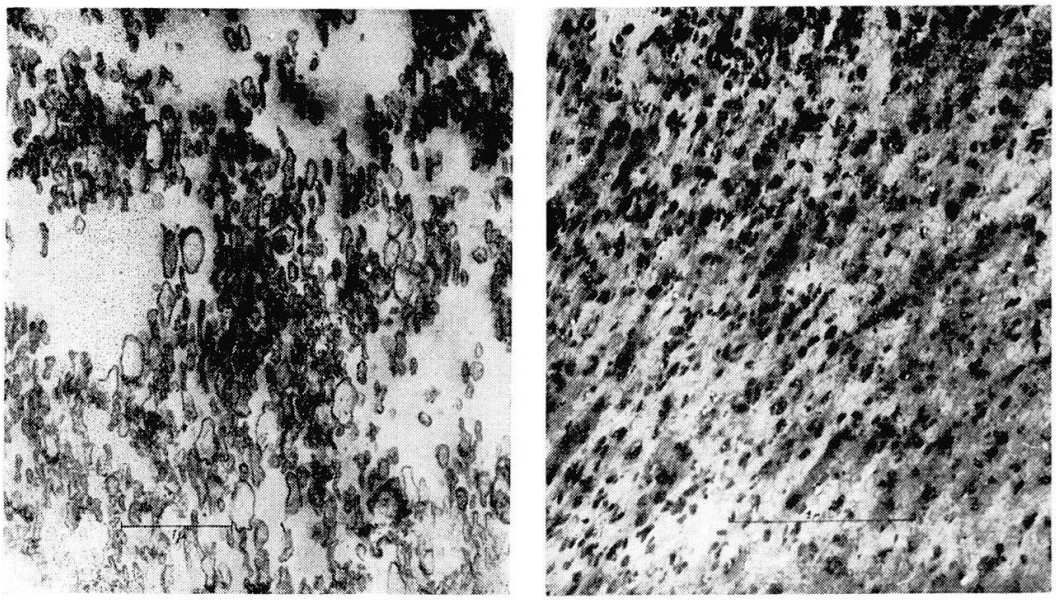


Abbildung 3

Die reversible Aktivierung der Fibrillen-ATP-ase durch Zugabe von Kalziumionen in Anwesenheit von Vesikeln. Ordinate: ATP-Spaltung in Prozenten der ungehemmten Fibrillenspaltung, d. h. der Fibrillenspaltung ohne anwesende Vesikel. Abszisse: Zeit in Minuten. $[Mg^{++}] = [Oxalat] = [ATP] = 5$ mM. Über den Kurven: Konzentration der effektiven freien Kalziumionen in Anwesenheit des Oxalates. Kaninchen. (Nach Hasselbach und Makinose 1961)

freien Kalziumionen mit hoher Geschwindigkeit durch Speicherung in ihrem Inneren wieder entfernen. Hasselbach (1964 a) hat dann gezeigt, dass tatsächlich eine genügend konzentrierte Vesikelsuspension die Kalziumionenkonzentration der Lösung von 10^{-5} auf 10^{-9} M erniedrigt. D. h., die Vesikel sind in der Lage, die Konzentration der freien Kalziumionen von maximal aktivierenden Werten bis weit unter die Kontraktionsschwelle von 10^{-7} M zu erniedrigen. Diese Kalziumspeicherung findet nur statt, wenn physiologische Konzentrationen an ATP und Mg^{++} anwesend sind, weil es sich nicht um eine einfache Bindung des Kalziums an die Strukturelemente der Vesikel handelt, sondern um eine durch ATP-Spaltung angetriebene Kalziumpumpe (Hasselbach und Makinose 1961). Diese Kalziumpumpe pumpt die Kalziumionen in die Hohlräume der Vesikel, und die ATP-Spaltung ist dafür die Energiequelle.

Die Akkumulation der freien Kalziumionen «innen» lässt sich beweisen, wenn die Kalziumakkumulation aus Lösungen stattfindet, die zusätzlich $\sim 10^{-3}$ M Oxalat enthalten. Diese Oxalatkonzentration ist so niedrig, dass in der Lösung kein Kalziumoxalat ausfällt. Im Innern der Vesikel aber entstehen Kalziumoxalat-Niederschläge, weil durch die Tätigkeit der Pumpe die Kalziumionenkonzentration «innen» ausserordentlich (auf das 3000fache der Aussenkonzentration) erhöht wird. Abb. 4 zeigt die elektronenmikroskopische Aufnahme einer Vesikelsuspension (a) vor und (b) nach der Kalziumspeicherung. In Abb. 4b finden sich neben den mit Kalziumoxalat gefüllten und daher schwarz



a b

Abbildung 4

Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Vesikelsuspension (a) vor und (b) nach Kalziumspeicherung. Kalziumoxalat-Niederschläge = schwarze Flecken in 4b. Kaninchen, Messstrich = 1 μ (nach Nagai, Makinose und Hasselbach 1960 und Hasselbach 1962)

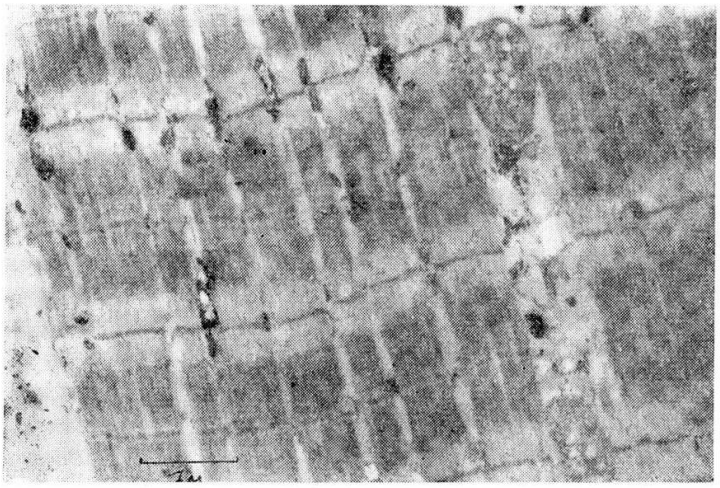


Abbildung 5

Kalziumoxalat-Niederschläge (schwarze Flecken) in der intakten Froschfaser (Sartorius). Fibrillen von oben nach unten verlaufend: breite dunklere Banden = A-Banden, helle Banden mit feiner, sehr dunkler Querlinie = I-Bande mit Z-Scheiben. Kalziumoxalat zwischen den Fibrillen vorwiegend in der Höhe der Z-Scheiben. Messstrich = 1 μ, Vergrösserung 20000fach (nach Hasselbach 1964b)

aussehenden Vesikeln auch noch leere Vesikel. Ausserhalb der Vesikel finden sich nirgends Kalziumoxalat-Niederschläge. Warum nur ein Teil der Vesikel mit Kalziumoxalat gefüllt ist, ergibt die Abb. 5. Hier ist genau der gleiche Versuch nicht mit isolierten Vesikeln gemacht worden, sondern mit Vesikeln, die an ihrem natürlichen Ort in der extrahierten Faser verblieben sind (Hasselbach 1964b). Auf dieser elektronenmikroskopischen Aufnahme finden sich die Kalziumoxalat-Niederschläge nicht überall zwischen den Muskelfibrillen, sondern nur in der Nähe der Z-Scheiben. Dagegen sind alle Vesikel, die zwischen den A-Banden liegen, frei von Kalziumoxalat. Diese Vesikel dürften die leeren Vesikel der Abb. 4b sein. In der Höhe der Z-Scheiben werden die longitudinal angeordneten Vesikel gekreuzt von transversallaufenden Tubuli (vgl. dazu die Abbildungen von Rouiller). Dort wo das Bild besonders klar ist, kann man erkennen, dass nur die beiden Vesikel Kalzium speichern, die gerade oberhalb und unterhalb dieser transversalen Tubuli liegen.

Die zuletzt vorgetragenen Versuche zeigen, dass dem Muskel in gewissen Vesikeln des longitudinalen Anteils des sarkoplasmatischen Retikulums ein System zur Verfügung steht, das den intrazellulären Spiegel der freien Kalziumionen auf Werte $\leqq 10^{-7}$ M senken und halten kann und dadurch dafür sorgt, dass der lebende Muskel trotz der Anwesenheit von ATP und Mg^{++} nicht dauernd kontrahiert ist, sondern schnell erschlafft und sich meist im erschlafften Zustand befindet. Dass auch im lebenden Muskel eine Kontraktion nur auftritt, wenn die freie Kalziumionenkonzentration $\geqq 10^{-7}$ M ist, konnte von Portzehl, Caldwell und Rüegg 1964 durch Versuche an der lebenden Muskelfaser gezeigt werden. Es wurden die Muskelfasern der Krabbe Maia Squinado verwendet, die bei einer Dicke von etwa 1 mm erlauben, mit einer sehr feinen Pipette ein etwa 1 cm langes Stück der Faser mit Kalziumpuffer zu infiltrieren. Dann zeigt sich, dass bei Infiltration von Puffern, die die Kalziumionenkonzentration auf Werte $\leqq 10^{-7}$ M festlegen, nichts passiert. Dagegen treten bei Infiltration von Puffern mit freien Kalziumionenkonzentrationen zwischen 10^{-7} und 10^{-6} M Schwellenkontraktionen auf, während eine weitere Steigerung der freien Kalziumionenkonzentration die Kontraktion mehr und mehr anwachsen lässt – ähnlich wie das bei den isolierten Systemen der Fall ist (vgl. in Abb. 1 die Kurve mit den Symbolen ▪–▪). Die Kontraktion des lebenden Muskels scheint also vom Spiegel der freien Kalziumionen ebenso abzuhängen wie die Kontraktion der isolierten kontraktilen Systeme. Das aber macht es sehr wahrscheinlich, dass auch im lebenden Muskel die unmittelbare Auslösung der Kontraktion durch den intrazellulären Spiegel der freien Kalziumionen erfolgt. Die Versuche zeigen weiter, dass auch in der lebenden Skelettmuskelfaser die Vesikel bei der Einstellung des Kalziumruhespiegels eine entscheidende Rolle spielen. Denn aus Abb. 6, die das Verhalten einer Krabbenfaser auf Infiltration einer freien Kalziumionenkonzentration von $\sim 10^{-6}$ M zeigt, ergibt sich, dass der Kontraktion sofort spontan eine Erschlaffung folgt – offenbar, weil die Vesikel mit ihrer Pumpe das injizierte Kalzium entfernen, indem sie es speichern (vgl. Portzehl et al. 1964).

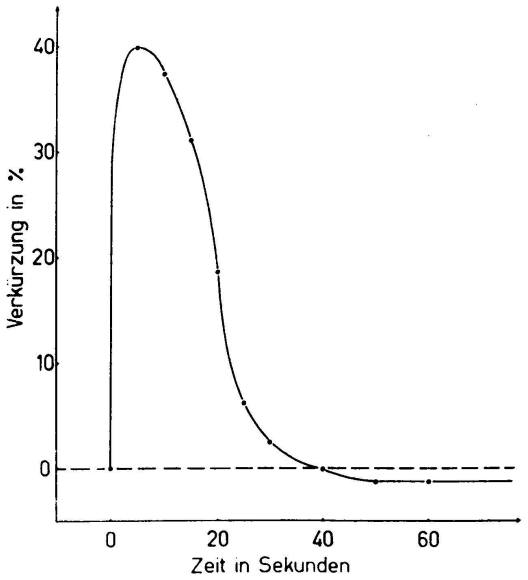


Abbildung 6)

Der zeitliche Verlauf einer isotonischen Kontraktion einer einzelnen Krabbenmuskelfaser auf Injektion von Kalzium-EGTA-Puffer. Ordinate: Verkürzung in Prozenten der Ruhelänge des injizierten Faserstückes. Abszisse: Zeit in Sekunden. Injektion des Kalzium-EGTA-Puffers bei 0 Sekunden. Freie Kalziumionenkonzentration = 10^{-6} M (nach Portzehl et al. 1964)

Zum Schluss bleibt noch die Frage zu beantworten, wie im Moment der Erregung der intrazelluläre Kalziumspiegel erhöht wird, so dass die kontraktilen Elemente des Muskels ihre kontraktionsnotwendigen Kalziumionen erhalten. Für den Herzmuskel scheint es jetzt bewiesen zu sein (Reuter mündliche Mitteilung), dass die Kalziumionen im Moment der Erregung in genügender Menge aus dem Extrazellulärraum durch die Membran in den Intrazellulärraum wandern und dadurch die Kontraktion verursachen. Bei den viel dickeren Fasern des Skelettmuskels, bei denen ein Kalziumeinstrom aus dem Extrazellulärraum wegen der Länge des Diffusionsweges nicht in Frage kommt, müssen die Kalziumionen aus den Vesikeln stammen. Die Versuche von A. Huxley und Mitarbeitern (1955, 1958a und 1958b, siehe auch Diskussionsbemerkung von *Straub*) machen es sehr wahrscheinlich, dass die Erregung der äusseren Membran auch in die nach aussen offenen transversalen Tubuli weiterläuft bis zu den Kalziumionen speichernden Vesikeln der Triade und dort eine kurzdauernde Permeabilitätssteigerung der Vesikelmambran für Kalziumionen hervorruft. Infolgedessen wandern die gespeicherten Kalziumionen ihrem Konzentrationsgefälle entsprechend für einen Augenblick zu den kontraktilen Elementen. Nach Bruchteilen einer Sekunde werden sie dann durch die Kalziumpumpe der Vesikel wieder entfernt.

(Physiologisches Institut, Hallerianum, der Universität Bern.)

LITERATUR

Cain D.F. und *Davies R.E.:* Biochem. Biophys. Res. Commun. *8*, 361 (1962).
Hasselbach W. und *Makinose M.:* Biochem. Z. *333*, 518 (1961).
Hasselbach W.: Arzneim.-Forsch. (Drug Res.) *12*, 877 (1962).
Hasselbach W.: Proc. roy. Soc. B (London) *160*, 501 (1964a).
Hasselbach W.: Fed. Proc. *23*, 909 (1964b).
Huxley A.F. und *Taylor R.E.:* J. Physiol. (London) *130*, 49P (1955).
Huxlex A.F. und *Straub R.W.:* J. Physiol. (London) *143*, 40P (1958a).
Huxley A.F. und *Taylor R.E.:* J. Physiol. (London) *144*, 426 (1958b).
Nagai T., Makinose M. und *Hasselbach W.:* Biochim. biophys. Acta *43*, 223 (1960).
Portzehl H., Caldwell P.C. und *Rüegg J.C.:* Biochim. biophys. Acta *79*, 581 (1964).
Portzehl H., Zaoralek P. und *Grieder A.:* Pflügers Arch. ges. Physiol. *286*, 44 (1965).
Weber A. und *Winicur S.:* J. biol. Chem. *236*, 3198 (1961).
Weber A. und *Herz R.:* J. biol. Chem. *238*, 599 (1963).
Weber A., Herz R. und *Reiss I.:* Proc. roy. Soc. B (London) *160*, 489 (1964).
Weber H.H. und *Portzehl H.:* Progress Biophys. biophys. Chem. *4*, 60 (1954).

18° Section de biologie cellulaire et moléculaire

Session de la Société suisse de biologie cellulaire et moléculaire

Président: Prof. Dr CH. ROUILLER (Genève)
Secrétaire: Dr G. SIMON (Genève)

La Société suisse de biologie cellulaire et moléculaire a participé au symposium sur «Aspects biophysiques, biochimiques et pharmacologiques de la contraction du muscle strié», organisé par la Société suisse de physiologie, chimie physiologique et pharmacologie.

La Physique et le Temps

Prof. DOMINIQUE RIVIER, Lausanne

1. INTRODUCTION

«Qu'est-ce donc que le temps? Si personne ne me pose la question, je le sais. Mais si quelqu'un me demande de le lui expliquer, alors je ne sais plus!»

C'est dans ces termes que, plein d'inquiétude et sollicitant de son Dieu la lumière, saint Augustin s'engage dans une des plus belles et des plus pénétrantes méditations qu'un philosophe ait jamais conduite sur le problème du temps.

Certes, ce sentiment d'embarras devant l'explication d'une notion première s'il en est, solidement enracinée dans le fonds du sens commun, n'a rien de particulièrement surprenant, même chez un maître de la pensée comme Augustin! N'écrivait-il pas à une époque où la science du temps n'était pas née, pas plus que la physique et la psychologie d'ailleurs, du moins au sens où de nos jours nous entendons ces sciences. Quoi donc de plus normal que ces incertitudes et ces doutes chez l'évêque d'Hippone au moment d'entreprendre une tâche pour laquelle, semble-t-il, lui faisaient défaut la plupart des instruments jugés aujourd'hui indispensables.

Or, plutôt qu'une sollicitude pleine de compréhension, c'est tout au contraire une sorte de ravissement de l'intelligence que ressent de nos jours le lecteur du onzième livre des *Confessions*. Comment imaginer qu'un sujet de l'Empire romain, d'avant la révolution copernicienne, d'avant la Renaissance, ayant vécu plus de mille ans avant Galilée et Newton, ait pénétré si profondément, découvert tant de mystères, ouvert à la pensée tant de chemins dans ce monde encore indéfini qu'évoque pour l'homme du XX^{e} siècle le seul mot de *temps!*

Je ne sais si de nos jours, questionné à brûle-pourpoint sur le temps, le philosophe serait plus au moins embarrassé que ne l'était saint Augustin... ce que je sais, par contre, c'est que la Physique contemporaine, malgré les retentissantes réussites que l'on sait, reste bien silencieuse sur le problème même du temps. Et pourtant, il y a une cinquantaine d'années de cela, les physiciens avaient enfin cru tenir une des clefs de l'explication de ce concept fondamental: la théorie de la relativité n'était-elle pas parvenue, pensait-on généralement, à réduire le temps à l'espace, ayant ainsi vaincu la difficulté majeure, inhérente semble-t-il à la notion même du temps: l'impossibilité de l'observer dans son extension. Or, des années ont passé et l'enthousiasme des physiciens s'est bien refroidi: non seulement l'obstacle que l'on croyait forcé tient toujours, mais d'autres sont survenus, plus épineux encore.

Il en va du temps comme d'autres notions fondamentales: au fur et à mesure que s'étend et s'approfondit la connaissance, scientifique ou philosophique, ces notions voient leur complexité – leur épaisseur, pourrait-on dire –, croître comme si la pensée les chargeait des fruits de son labeur.

C'est faire entendre qu'il ne saurait être question ici d'expliquer le temps... même de l'étroit point de vue du physicien. Pour la Physique comme pour l'homme, le temps se vit plutôt qu'il ne s'explique, et c'est de préférence à cet aspect mouvant d'une notion étroitement liée à l'histoire de la physique que j'aimerais m'attacher maintenant.

2. LA NAISSANCE DU TEMPS DURÉE, GRANDEUR CARACTÉRISTIQUE DE LA PHYSIQUE

Au sens où nous l'entendons aujourd'hui, la Physique est née avec les recherches de Galilée sur la chute des corps. Quelqu'importantes qu'aient été les découvertes astronomiques des Chaldéens, les théories cosmogoniques et les réussites mécaniques des anciens Grecs, il ne s'agissait là que d'éléments épars et fragiles, qui ne sauraient constituer une *science* au sens moderne du terme, par quoi j'entends un ensemble de connaissances rationnelles, ordonné suivant une méthode spécifique, et jouissant d'un degré suffisant d'unité, d'objectivité et de généralité.

Pourquoi les sciences physiques ont-elles attendu si tard avant de voir le jour, peut-on se demander, alors que, de leur côté, les mathématiques avaient déjà dans l'Antiquité construit l'essentiel de leur méthode et mis en évidence d'importants champs de recherches?

Entreprendre de répondre à la question peut certes paraître audacieux, et céder par trop facilement à l'attrait de la spéculation... Et pourtant, il va s'avérer que cette tentative conduit droit au cœur du sujet proposé.

On l'a bien justement et souvent souligné: face à la Nature, Galilée eût le grand mérite de substituer d'une façon claire et délibérée au «pourquoi» des penseurs grecs et médiévaux le «comment» apparemment moins ambitieux – mais peut-être plus exigeant – des hommes de science modernes. Toutefois, encore qu'il ne soit pas certain que Galilée ait été le premier à déclencher cette mutation radicale de la réflexion philosophique, il m'apparaît que l'action déterminante, le pas décisif et génial accompli par Galilée, celui qui a permis à la Physique moderne d'émerger des brumes – souvent admirables – de la pensée du Moyen Age, c'est l'introduction explicite du temps comme paramètre à la fois *expérimental* et *mathématique* dans la description des phénomènes naturels.

Alors que, dans la recherche d'une loi régissant la chute des corps, ses prédécesseurs tentaient de combiner les *espaces parcourus aux vitesses* (ce qui conduisait inévitablement à des relations dont la complexité relative cachait la simplicité de la loi à découvrir), Galilée – non sans peine et comme mû par une force irraisonnée – abandonne la vitesse au profit des *intervalles de temps ou durées* mises par le corps pour parcourir les espaces de chute. Cette émergence tardive et difficile du «*temps durée*»

comme paramètre de description des phénomènes naturels peut sembler surprenante à l'homme moderne, notamment au familier de la physique, pour qui la vitesse paraît se présenter naturellement comme grandeur *dérivée* de l'espace et du temps, supposés préexistants. Mais il ne s'agit pas d'un accident: l'histoire de la physique ne fait ici que corroborer de façon éclatante les découvertes de l'épistémologie génétique, selon lesquelles «il existe une intuition primitive de la vitesse indépendante de toute *durée* et ne supposant que l'ordre temporel et spatial».

C'est seulement après avoir introduit explicitement le *temps durée* comme paramètre que la Physique va pouvoir se développer. En effet, lorsque, quelques cinquante ans après la découverte de Galilée, Newton entreprend dans ses *Principia mathematica* de donner à la Physique une axiomatique fondée sur l'expérience, son premier soin est, comme il le déclare lui-même, de définir à nouveau certains termes «connus de tout le monde» qui «pour n'avoir été considérés que par leurs relations à des choses sensibles» ont fait «tomber dans plusieurs erreurs». C'est ainsi qu'il fixe la définition de l'espace absolu. Puis, comme si le génie de Newton avait immédiatement saisi le caractère primordial du nouveau paramètre utilisé par Galilée, c'est par le *temps* que l'auteur des *Principia* poursuit immédiatement, opposant le concept mathématique à la notion d'usage commun. «*Il faut distinguer*», écrit Newton, «*entre le temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur*», *qui* «*coule uniformément et s'appelle durée*», et «*le temps relatif, apparent et vulgaire*», *qui* «*est cette mesure sensible et externe d'une partie de durée quelconque (égale ou inégale) prise du mouvement: telles sont les mesures d'heures, de jour, de mois, etc..., dont on sert ordinairement à la place du temps vrai.*»

Alors enfin se trouve achevée pour le temps cette opération exemplaire, depuis systématiquement pratiquée par la Physique sur le réel: une *abstraction* tirant de l'analyse d'une notion encore complexe, élaborée à partir du sensible, un concept *mathématique* qui en devient la représentation adéquate: enfantement parfois pénible de la *grandeur physique* observable, mesurable et partant quantifiable. Et comme cela s'est produit bien souvent depuis pour d'autres grandeurs, la construction du temps physique s'est faite en deux étapes. D'abord une première élaboration intuitive, un usage encore mal fondé mais efficace – c'est le saut décisif, celui de Galilée; puis – et ce fut la tâche de Newton – une formulation explicite et rigoureuse, séparant en quelque sorte la grandeur physique nouveau-née de cette matrice que constituent pour elle les éléments fournis par l'analyse encore incomplète du donné sensible.

Sitôt apparu le temps mathématique, la Physique connaît un départ extraordinairement rapide. Ce sont en effet *les axiomes ou lois du mouvement* qui, déjà dans les Principes, succèdent immédiatement aux définitions *du temps*, de *l'espace*, *du lieu et du mouvement*. Newton fixe ainsi d'emblée non seulement à la Mécanique, mais à toute la Physique un cadre qui, retouché ici et là, tient encore aujourd'hui, à défaut d'un meilleur encore à trouver. Quant à ces lois du mouvement – dont la première n'est autre que le principe d'inertie de Galilée –, il s'agit de relations entre

les grandeurs dynamiques décrivant le système et celles qui précisent l'action de l'*extérieur* sur ce dernier. Le point important est que ces lois sont vraies à chaque instant, ce qui revient à dire qu'elles sont indépendantes précisément de la variable nouvellement introduite. C'est dans ce sens-là notamment que toute l'axiomatique de la Physique classique repose sur l'existence de la grandeur physique temps telle que l'ont dégagée Galilée et Newton.

Il vaut la peine de s'arrêter un instant à ce temps absolu de Newton: certaines de ses propriétés ne pourraient-elles pas en effet expliquer pourquoi, dans l'histoire de la pensée occidentale, l'apparition de ce concept fondamental s'est fait tant attendre? Le temps défini dans les *Principes* est un paramètre universel, uniforme, sans bornes dans le passé comme dans l'avenir et sans retour sur lui-même. Ecoutons avec quel soin Newton insiste sur ces propriétés à la fois nouvelles et essentielles: «*On distingue en astronomie le temps absolu du temps relatif par l'équation du temps. Car les jours naturels sont inégaux, quoiqu'on les prenne communément pour une mesure égale du temps, et les astronomes corrigent cette inégalité, afin de mesurer les mouvements célestes par un temps plus exact.*» «*Il est très possible qu'il n'y ait point de mouvement parfaitement égal, qui puisse servir de mesure exacte du temps; car tous les mouvements peuvent être accélérés et retardés, mais le temps absolu doit toujours couler de la même manière.*»

Certes, la réduction mathématique du temps était une opération parfaitement conforme au plus puissant des courants de la pensée grecque de l'Antiquité. «*Ἀγεωμέτρητος μηδεὶς εἰσίτω*»: «Que nul n'entre ici qui ne soit géomètre», rappelait, selon la tradition, une inscription aux portes de l'Académie d'Athènes. Or, dans la mesure même où Galilée, dès le début de ses recherches à Pise, se montre résolument et passionnément antiaristotélicien, il ne manque jamais de se réclamer de l'autorité du génie platonicien d'Archimède qu'il n'a cessé d'admirer profondément (... «*quem nunquam absque admiratione nomino*»)... Et l'on ne saurait nier la résonance platonicienne de cette véritable profession de foi de Galilée dans le «*Saggiatore*»:

«*L'Univers ne peut se comprendre si l'on n'a préalablement appris à en parler la langue et à en connaître les caractères employés pour l'écrire. Or ce livre est écrit dans la langue mathématique, ses caractères sont des triangles, des cercles et d'autres figures géométriques, sans l'intermédiaire desquels il est impossible d'en comprendre humainement un seul mot.*»

Mais la conversion mathématique du temps opérée par Newton entraînait avec elle quelque chose de totalement étranger aux traditions de la pensée grecque antique: il s'agit de l'abandon du temps *cyclique* auquel l'auteur des *Principes* substitue un temps *linéaire*. Certes, on a pu déceler chez Platon l'idée d'un progrès historique ou mécanique, mais ce progrès a lieu «dans le temps des dieux», «en imitant l'éternité». «Le temps linéaire, c'est la mort du temps», dit en substance l'auteur du *Phédon*, et «même pour l'homme, le temps est cyclique dans la mesure exacte où le divin l'emporte sur le matériel». Ainsi se trouvait profondément enracinée chez les Grecs l'intuition d'un temps cyclique, intuition conti-

nuellement confirmée par les changements multipériodiques du ciel, de la biosphère terrestre et de la voûte étoilée.

Là gît vraisemblablement la raison pour laquelle l'idée d'un temps universel et linéaire comme le temps absolu de Newton ne put voir le jour au sein de l'ancien monde gréco-romain, pas plus à Samos qu'à Athènes, pas plus à Syracuse qu'à Alexandrie.

Mais alors se pose la question: face à cette intuition profonde d'un temps cyclique, d'où vint la *libération* qui, quelques dix siècles plus tard, permit à Galilée de pressentir, à Newton d'énoncer de façon explicite, l'existence d'un temps absolu, universel et linéaire? A n'en pas douter, il s'agit là d'une contribution décisive apportée à l'édification de la Science par la pensée judéo-chrétienne. En effet, toute la Révélation, de la Genèse à l'Apocalypse en passant par les Prophètes et les Evangiles, est en quelque sorte portée par un temps linéaire dont elle manifeste les étapes *irréversibles:* la création du monde, la chute d'Adam, le sacrifice unique et parfait du Fils de Dieu sous Ponce Pilate et, enfin, le Jugement dernier. Et c'est précisément à saint Augustin qu'il avait appartenu de confronter en philosophe la révélation chrétienne d'un temps linéaire irréversible aux conceptions gréco-orientales d'un temps de l'éternel retour, sans commencement ni fin, telles que les avaient défendues les néoplatoniciens d'une part, les disciples de Mani d'autre part. On sait la façon brillante dont, une à une, Augustin réfuta les objections de ses adversaires, forgeant notamment pour cela une théorie tout à fait actuelle du temps qui allait non seulement marquer la pensée de la Renaissance, mais aussi diriger tout un courant de réflexion à l'origine même de la Science moderne.

Ainsi paraît-il peut-être moins surprenant que le temps universel et linéaire de la physique moderne ait vu le jour seulement lorsque se trouvèrent réunis chez le même génie de l'abstraction et de la synthèse la foi en un monde soumis au Verbe d'un Dieu créateur et la certitude que cet univers ne pourrait être décrit que par la langue des mathématiques.

3. LE TEMPS DE LA PHYSIQUE

Ayant rappelé les circonstances qui présidèrent aux naissances simultanées de la physique moderne et du *temps* qui est le sien, il faut maintenant tenter de suivre les métamorphoses principales du concept fondamental introduit par Newton et Galilée. Il s'agit si possible de découvrir les faces les plus significatives d'une notion à la fois maîtresse et mouvante des sciences physiques.

3.1 Le temps de la Mécanique newtonienne

Avec l'espace absolu, le temps absolu fournit à la Mécanique classique ce que l'on peut appeler *son cadre cinématique.* Il s'agit de la réunion de deux *continus* mathématiques – l'un à trois dimensions, l'autre à une seulement – sous-tendant l'ensemble de l'univers, à la fois dans son extension visible et dans son histoire, enregistrée et anticipée.

En effet, à côté des propriétés *d'universalité et de linéarité* du temps absolu déjà mentionnées tout à l'heure, il en est une autre, tout aussi fondamentale, et sur laquelle Newton n'a pas manqué d'insister aussi : c'est la *continuité*. Là encore, il s'agit d'un aspect du temps que les anciens Grecs avaient certes pressenti, mais qu'ils n'avaient jamais dominé. Si le problème de la continuité du temps et de l'espace fut posé – au moins implicitement – par Zénon d'Elée dans les célèbres apories de la flèche et d'Achille poursuivant la tortue, les mathématiciens grecs, méfiants, hésitèrent à l'attaquer de front. A ma connaissance, c'est encore Newton qui, l'un des premiers, abandonna les spéculations générales sur les «quantités évanouissantes» et la fastidieuse «méthode d'exhaustion» pour oser se servir, *systématiquement et directement*, des infiniment petits dans la preuve de ses théorèmes. Fondée sur la seule propriété qu'à la force gravifique de passer par un centre fixe, l'élégante démonstration de la loi des aires donnée par l'auteur des *Principes* est à cet égard exemplaire.

Dans le cadre cinématique de l'espace-temps continu newtonien, les systèmes physiques évoluent selon les *lois du mouvement*, relations dont nous avons vu qu'elles sont *invariantes* dans cet espace-temps, c'est-à-dire vérifiées en tout lieu, en tout temps et pour tout observateur *inertial*, ce qui signifie pour tout observateur *en mouvement rectiligne uniforme par rapport aux étoiles fixes*. Particularisant quelque peu son point de vue en se limitant comme le fit Hamilton aux *systèmes isolés*, le théoricien moderne préfère déduire cette invariance des équations du mouvement à partir de deux hypothèses très générales et relatives au cadre cinématique de la mécanique: d'une part *l'homogénéité et l'isotropie* de l'espace, et d'autre part *l'uniformité* du temps (le temps coule «uniformément» disait Newton). Ce faisant, le physicien d'aujourd'hui porte de préférence l'accent sur l'invariance des données concernant le *système d'observation* ou *référentiel inertial*, invariance relative aux groupes continus des transformations possibles de ce système. Ces transformations sont: d'une part celles dans *l'espace*, qui laissent constantes la *distance* entre deux points, savoir les translations et les rotations, et d'autre part les translations dans *le temps*, qui ne changent pas la *durée* entre deux événements. Ces invariances entraînent elles-mêmes sans autre hypothèse que la continuité l'existence des trois constantes du mouvement attachées à tout système isolé: la quantité de mouvement, le moment cinétique et l'énergie.

Mais, sous la forme admirable que sut leur donner Hamilton – forme qui exclut toutefois certaines actions particulières comme *le frottement* –, les équations de la Mécanique classique ne tardèrent pas à réserver une surprise aux physiciens: il est en effet une autre invariance fort singulière de ces équations du mouvement qui d'abord apparut comme donnée par surcroît. De quoi s'agit-il? Eh bien, si dans les équations du mouvement de la Mécanique classique il prenait à quelqu'un la fantaisie de substituer partout à la variable du temps t la variable opposée «*moins* t», il constaterait que, toutes simplifications faites, rien n'est changé du tout. L'interprétation physique qui peut être donnée de l'invariance observée par rapport à cette transformation – appelée *symétrie* ou *inversion* par rapport au

temps – est la suivante: tout se passe comme si les lois du mouvement d'un système mécanique étaient indifférentes au *sens* de l'écoulement du temps.

Prenons l'exemple de notre système solaire: si, à un instant donné, il était possible sans en changer la valeur absolue de renverser brusquement et simultanément le *sens* des vitesses de tous les points de ce système – soleil, planètes, comètes, satellites, astéroïdes –, nous le verrions évoluer à rebours et repasser par tous ses états mécaniques antérieurs, exactement dans l'ordre de succession inverse et avec les vitesses opposées.

Si insolite qu'en soit l'interprétation, cette propriété de *réversibilité par rapport au temps* des équations de la Mécanique classique se révèle de la plus haute importance pour la physique. J'y reviendrai.

3.2 Le temps de la Mécanique relativiste

Mais il faut maintenant parler de la modification spectaculaire apportée au cadre cinématique de la Mécanique classique, suite aux importantes expériences effectuées vers la fin du siècle passé sur la propagation de la *lumière et des ondes électromagnétiques*. Comme le montra Einstein, la façon la plus simple de rendre compte de ces expériences cruciales fut de reconnaître à la vitesse de la lumière et des ondes électromagnétiques *dans le vide* une valeur *constante*, indifférente aussi bien au mouvement rectiligne uniforme du système émetteur qu'à celui du référentiel d'observation. Du même coup se trouvait fondamentalement modifiée la structure de l'espace temps newtonien. En effet, les deux groupes continus de transformations dans l'espace et de translation dans le temps se trouvaient fondus en un seul groupe plus vaste et plus complexe, le fameux groupe continu de Lorentz–Poincaré, noyau de la *théorie de la relativité restreinte*, et dont les transformations manifestent la propriété caractéristique de laisser invariante précisément *la vitesse de propagation dans le vide de ce phénomène fondamental qu'est la lumière*. C'est ainsi que cette vitesse apparaît en même temps comme la limite supérieure des vitesses de propagation de l'énergie, sous quelque forme que ce soit.

Le cadre cinématique ainsi obtenu est une généralisation du cadre newtonien en ce sens qu'il suffit pour retrouver ce dernier d'y considérer la vitesse limite de la lumière comme infiniment grande. Toutefois, l'unification de l'espace avec le temps réalisée par Einstein devait se payer fort cher. Il ne s'agissait de rien d'autre que des abandons simultanés de *l'espace absolu et du temps absolu*, en ce sens qu'aussi bien la distance entre deux points que l'intervalle de temps entre deux événements perdaient la propriété d'invariance que leur avait spontanément reconnu l'intuition newtonienne, pour devenir fonction de la vitesse relative du référentiel d'observation.

Par suite de la valeur très élevée de la vitesse de la lumière dans le vide par rapport à la plupart de celles des systèmes naturels, ces abandons devaient il est vrai se traduire le plus souvent par de très petites déviations quantitatives dans les mesures. Mais cela n'enlevait rien au caractère dramatique de la revision demandée par la physique relativiste à la repré-

sentation que, depuis deux siècles l'intuition newtonienne s'était peu à peu construite du déroulement des phénomènes naturels dans l'espace et dans le temps.

C'est ainsi que certaines conséquences apparemment inéluctables de cette revision ont mis beaucoup de temps pour être généralement reçues; la plus notoire est peut-être celle connue sous le nom de paradoxe «des horloges» ou des «jumeaux de Langevin». Bien qu'il trouve sa résolution complète seulement dans le cadre plus large offert par une théorie généralisée aux référentiels accélérés, les racines de ce fameux paradoxe plongent jusqu'en les fondements mêmes de la relativité restreinte. Imaginons deux jumeaux univitellins dont l'un, Constant, déteste les voyages et ne sort jamais de chez lui, et dont l'autre, Viator, se trouve au départ d'un long périple utilisant des véhicules à très grandes vitesses. Admettons qu'au moment de se quitter, nos jumeaux synchronisent soigneusement leurs montres éphémérides, que nous supposons invariables et parfaites dans leur mouvement. Imaginons enfin qu'au temps des retrouvailles, longtemps après la séparation, ils aient l'idée de comparer leurs montres: eh bien, s'ils ne sont pas gens avertis des mystères de la relativité, nos jumeaux auront la surprise de constater un retard de la montre de Viator sur celle de Constant, retard qui dépendra des vicissitudes auxquelles aura été soumise la vitesse de déplacement de Viator au long de son voyage. Suivant celles-là, le retard pourrait être de plusieurs années. Ainsi, et dans la mesure où les horloges que sont les atomes et les molécules dont nous sommes faits satisfont aux hypothèses – il est vrai très strictes – du physicien relativiste, nos jumeaux univitellins pourraient au moment du revoir apparaître fort différents: l'un, Viator, serait encore dans la force de l'âge, tandis que Constant aurait déjà subi des ans l'irréparable outrage! En physique relativiste, on le voit, si les voyages ne forment pas nécessairement la jeunesse, du moins ont-ils le mérite de la conserver!

Il est une autre conséquence d'ordre général que l'on a voulu tirer de la théorie de la relativité restreinte: il s'agit de la prétendue *spatialisation du temps*, ou encore de *l'équivalence du temps avec l'espace*. Selon les tenants de cette idée, la fusion des groupes de transformation spatiaux et temporels réalisée par le groupe de Lorentz entraîne une équivalence entre chacune des dimensions de l'espace et le temps, et cette équivalence serait confirmée par l'existence d'une représentation très généralement adoptée par les physiciens et qui porte le nom de Minkowski.

Cette représentation utilise un hyperespace à 4 dimensions, le temps venant s'ajouter aux 3 dimensions conventionnelles de l'espace proprement dit. Elle met en évidence la *structure* topologique de l'espace-temps liée à un observateur à la fois parfaitement *localisé* et strictement *instantané*. C'est ainsi qu'à cet observateur ponctuel et éphémère, représenté par un *point* à l'origine commune des axes temporel et spatiaux, l'espace-temps – dont chaque point représente un événement – apparaît distribué en trois domaines distincts: d'abord *un premier hypercône* de révolution dont la base serait donnée par tout *l'espace* aux temps les plus anciens et dont le sommet coïnciderait avec l'observateur origine: c'est le *cône* dit du

passé, constitué par l'ensemble des événements *antérieurs* à l'observateur instantané, c'est-à-dire qui auraient pu se signaler à lui, compte tenu de la vitesse limite de propagation de la lumière: puis *un second hypercône* de révolution, symétrique au premier par rapport à l'observateur origine avec lequel coïncide aussi son sommet, et dont la base serait cette fois donnée par tout l'espace aux temps les plus lointains dans l'avenir: c'est le *cône du futur*, constitué par l'ensemble des événements *postérieurs* à l'observateur instantané, c'est-à-dire auxquels ce dernier pourrait se signaler. Quant à la troisième région restante, elle comprend tous les événements qui, suivant la vitesse du référentiel occupé par l'observateur ponctuel et éphémère, pourraient lui être considérés comme *simultanés:* pour cette raison, ce dernier domaine s'appelle le *présent-ailleurs*. Les 3 régions, toutes d'un seul tenant, sont limitées par une hypersurface, celle des cônes du passé et du futur. Cette surface porte le nom *de cône de lumière*, parce qu'elle est formée de l'ensemble des événements qui dans le passé auraient pu *lumineusement* se signaler à l'observateur origine et de ceux auxquels cet observateur pourrait faire parvenir un signal lumineux dans le futur.

Si sommaire soit-elle, la description qui vient d'être esquissée suffit à montrer que la fusion du temps et de l'espace réalisée par la relativité n'est en rien assimilable à *une identification du temps avec l'espace*. Bien au contraire, la structure topologique de l'espace-temps tel qu'il apparaît à l'observateur ponctuel et éphémère dans la représentation de Minkowski consacre de la manière la plus définitive *l'irréductibilité* de l'espace au temps: c'est ainsi que d'une part l'échange d'un axe spatial avec l'axe du temps bouleverserait complètement cette structure et que d'autre part les symétries opérées par rapport à l'observateur origine sur l'espace ou sur le temps ont des résultats tout différents: tandis que *la symétrie par rapport à l'espace* ne touche pas la structure en domaines du cadre cinématique offert par la relativité, *la symétrie par rapport au temps* échange les cônes du passé et du futur. A ce propos, il est intéressant de noter que, si importantes soient-elles, les modifications apportées par la Relativité à la Mécanique hamiltonienne n'ont rien changé à la bizarre propriété des lois du mouvement d'être indifférentes au sens de l'écoulement du temps: celles-là sont aussi réversibles par rapport à lui dans la Mécanique classique *relativiste*. Cette dernière propriété conduit à penser que si la Mécanique relativiste réalise la fusion de la Mécanique newtonienne avec l'Electromagnétisme et toute l'Optique, son cadre est insuffisant pour décrire sans hypothèse supplémentaire l'ensemble des phénomènes naturels dont l'explication constitue un des objets de *la Thermodynamique*.

3.3 Le temps macroscopique de la Thermodynamique

Et c'est le moment de rappeler que, malgré ses surprenantes réussites – je pense à la célèbre détermination par Leverrier de la position dans l'espace-temps de la planète Neptune alors inconnue des astronomes –, la Mécanique classique – newtonienne ou relativiste – souffre sous sa

forme hamiltonienne d'un défaut qui touche en plein le problème du temps. Il s'agit notamment de la description des systèmes isolés pour lesquels la Mécanique prévoit des *mouvements périodiques*, c'est-à-dire se répétant indéfiniment au cours du temps, comme celui de la lune autour de la terre. Comme les facteurs d'horloges le savent bien, aucun système *isolé* ne suit un mouvement parfaitement périodique... il existe toujours une dissipation de l'énergie mécanique, due notamment aux forces de frottement. Perdue pour le mouvement, cette énergie dissipée – que les horlogers compensent par le travail extérieur du remontoir ou du moteur –, ne disparaît pas, mais se transforme spontanément en une autre plus subtile, appelée énergie *interne* et qui dépend essentiellement d'une grandeur étrangère à la Mécanique, la *température*. C'est précisément le but premier de la Thermodynamique que de compléter ici la description insuffisante donnée des phénomènes naturels par la Mécanique.

D'une façon générale, la Thermodynamique décrit l'ensemble des phénomènes au cours desquels les systèmes physiques échangent leur énergie non pas seulement par *travail*, c'est-à-dire selon les voies de la mécanique, mais aussi par transfert de *chaleur*, soit au cours de processus dont la description complète fait nécessairement intervenir des grandeurs extra-mécaniques dont la plus élémentaire est précisément *la température*. On le sait: pour l'essentiel, la Thermodynamique repose sur deux principes qui prolongent et complètent les lois de la Mécanique.

Le premier principe de la Thermodynamique étend la conservation de l'énergie au cas des systèmes *isolés*, moyennant la généralisation suivante: l'isolation du système ne doit pas seulement exclure tout échange de *travail*, mais aussi tout *transfert de chaleur* entre l'extérieur et le système. En ceci comparable aux lois de la Mécanique, le premier principe de la Thermodynamique est *indifférent au sens de l'écoulement du temps*, propriété qu'il partage d'ailleurs avec tous les principes de conservation.

Il en va tout autrement *du second principe de la Thermodynamique* qui, lui, affirme au contraire *l'unicité du sens d'évolution des phénomènes physiques dans le temps.*

Considérons premièrement une montre privée de son remontoir et placée dans une bouteille thermos: c'est un système thermodynamiquement isolé. Au bout d'un temps suffisamment long la montre s'arrête, l'énergie mécanique s'étant entièrement dissipée en énergie interne, dont l'augmentation pourrait être indirectement décelée par la montée légère d'un thermomètre de haute précision. On n'a jamais observé que spontanément la montre isolée se refroidisse pour reprendre sa marche.

Pensons maintenant à la tasse de thé ou de café trop chaude qu'il faut se hâter de boire chaque matin. Afin de l'avaler sans se brûler, il suffit d'attendre: jamais il n'est arrivé que spontanément la tasse se réchauffe au dépend de l'atmosphère ambiante!

Ces deux exemples ne sont pas *singuliers:* ils manifestent au contraire cette propriété, *commune* à tous les phénomènes naturels macroscopiques, d'évoluer dans un sens bien déterminé, propriété que le second principe a pour tâche de formuler de façon utilisable non seulement pour le phy-

sicien, mais aussi pour l'ingénieur et le philosophe. Tout se passe comme si, dans l'alternative ouverte par le premier principe, la nature ne choisissait jamais qu'une seule des possibilités d'évolution, et toujours la même. Il fallut longtemps aux physiciens pour construire la grandeur physique qui, fonction de l'état du système, permette de traduire univoquement cette tendance à la fois uniforme et universelle. Et même si *l'entropie* demeure, aujourd'hui encore, une manière de *pont aux ânes* pour les étudiants en physique, il faut reconnaître qu'elle permet une formulation remarquablement simple du second principe: *l'entropie* d'un système *isolé* croît continuellement vers un maximum jusqu'à ce que soit atteint l'équilibre: *maximale, l'entropie reste alors constante.* Qu'est-ce à dire sinon que la Physique est ici parvenue à construire, pour n'importe quel système, une grandeur qui porte en soi la *flèche du temps:* en effet, dans le cas où ce système est isolé, son entropie peut servir à mesurer son âge qui, comme elle, croît toujours. Une fois l'équilibre atteint, l'entropie cesse de croître, il est vrai; mais alors, devenu immuable, le système n'a plus d'âge: il est passé du temps à l'éternité!

La Thermodynamique et ses principes – on l'a rappelé – ne s'appliquent qu'aux phénomènes macroscopiques, par opposition à tous ceux que la prodigieuse instrumentation de la Physique moderne permet d'observer à l'échelle du *noyau* et de *l'atome.*

3.4 Le temps microscopique de la Mécanique quantique

On sait en effet que pour décrire ces phénomènes microscopiques, il a fallu forger une théorie nouvelle, *la Mécanique quantique*, dont son aînée classique ne constitue qu'un cas singulier. Toutefois, et ceci est important en ce qui concerne le temps, *la Mécanique quantique* n'a pas, jusqu'à ce jour, éprouvé la nécessité de modifier le cadre cinématique classique qu'elle utilise, selon la situation, dans ses deux versions newtonienne ou relativiste. C'est ainsi que la description quantique assigne encore à tout système isolé les 3 constantes du mouvement classique, savoir la quantité de mouvement, le moment cinétique et l'énergie. La profonde modification apportée par la Mécanique quantique porte bien plus sur la description de l'état du système *à un instant donné* que sur l'évolution de cet état au cours du temps. Quant à l'origine même de cette modification, elle réside, on le sait, dans l'action perturbatrice exercée par l'appareil de mesure sur le système microscopique observé et c'est en partie pour rendre compte de cet effet que Heisenberg énonça les relations fixant au produit des incertitudes de deux grandeurs conjugées du système une valeur *minimale*, donnée par la constante de Planck; que cette constante s'évanouisse et l'on retrouve la Mécanique classique.

Toutefois, si fondamentales soient-elles, les relations de Heisenberg ne rendent compte que de façon incomplète du drame qui se joue au moment d'une mesure sur un système microscopique. En effet, cette mesure provoque en général un *imprévisible* changement d'état non seulement de l'appareil de mesure mais aussi du système.

Une façon simple de tenir compte de cette situation est de faire corres-

pondre à chaque état du système une fonction résumant les éléments de connaissance acquis sur lui par l'observateur. Cette fonction, dite *fonction d'onde* ou de *Schrœdinger*, porte une information de nature *probabiliste* en ce sens qu'elle permet d'attribuer une probabilité déterminée au résultat de la mesure de toute grandeur liée au système. L'évolution de la fonction d'onde est donnée par une équation de mouvement de type classique – dite de Schrœdinger –, et qui détermine univoquement la façon dont changent ces probabilités au cours du temps, pour autant que le système soit isolé, *et notamment pour autant qu'on n'y effectue pas de mesure*.

Nous touchons ici du doigt un des points les plus discutés de la Mécanique quantique, un point qui concerne directement le rôle qu'y joue le temps. Tout se passe comme si l'état du système y subissait deux types de changement: *le premier*, du genre classique comme nous l'avons déjà annoncé, est commandé par l'équation de Schrœdinger et permet de prévoir avec précision l'évolution des probabilités attachées aux résultats des mesures à effectuer sur le système; *le second*, essentiellement aléatoire, hors du temps sinon réversible, préside au drame de la mesure d'une grandeur du système; toute fondamentale qu'elle soit, cette mutation particulière semble échapper entièrement à la théorie, un peu comme les circonstances qui conduisent une cartomancienne *honnête* à tirer de son jeu telle carte plutôt que telle autre échappent au calcul des probabilités dont les règles sont pourtant applicables à l'ensemble de tous les tirages! Cette dualité, peu réjouissante aux yeux de bien des physiciens, paraît profondément enracinée d'une part dans le caractère probabiliste de la fonction l'état du système et d'autre part dans la forme classique des lois du mouvement *isolant* le système afin de le bien décrire.

Voyons ce dernier point de plus près: à tout instant, la Mécanique quantique remplace le résultat de la mesure classique d'une grandeur physique par ce que l'on appelle *l'espérance mathématique* de cette grandeur relative à l'état du système. Il s'agit là d'une moyenne pondérée de tous les résultats possibles que donnerait un grand nombre de mesures, à effectuer chacune sur un exemplaire du système se trouvant dans le même état. Cette espérance mathématique dépend de l'état du système. Elle dépend aussi, c'est nécessaire, de la grandeur à mesurer. Comment? Par l'intermédiaire d'un opérateur particulier appelé *observable* et qui correspond de façon quasi-univoque à la grandeur classique. Cela dit, les équations du mouvement de la Physique quantique peuvent se déduire de la proposition générale suivante: *à des termes multipliés par la constante de Planck près, les espérances mathématiques suivent les équations du mouvement des grandeurs classiques correspondantes*. Ce *Principe de correspondance des mouvements* montre que les lois de l'évolution quantique n'offrent rien de fondamentalement nouveau par rapport à la Mécanique classique – comme pouvait le faire prévoir le maintien du cadre cinématique newtonien ou relativiste –, et que les deux théories souffrent du même défaut de ne traiter effectivement que des systèmes *isolés*. Par ailleurs, selon que l'on rejette la dépendance temporelle entièrement sur l'état du système ou sur les observables représentant

les grandeurs physiques, on obtient à partir du principe de correspondance les deux formes les plus utilisées des équations du mouvement de la Physique quantique: *la forme de Schrœdinger*, dans laquelle les observables restant fixes, la fonction d'état évolue suivant l'équation du même nom – nous avons déjà mentionné cette équation d'évolution – ou *la forme de Heisenberg*, caractérisée par l'invariabilité de l'état du système au cours du temps, alors que, portant tout le poids de l'évolution, les observables suivent formellement les équations du mouvement des grandeurs classiques. Considérées généralement comme équivalentes, ces deux formes possèdent toutes deux leur analogue en Mécanique classique.

Si la Physique quantique *non* relativiste a connu et connaît encore de brillantes confirmations expérimentales – notamment dans la description de l'état solide de la matière –, il est évident que, d'un point de vue fondamental, *seule une théorie à la fois quantique et relativiste* peut espérer rendre compte d'une façon satisfaisante de l'ensemble des phénomènes microscopiques où les particules fondamentales se déplacent fréquemment à des vitesses voisines de celles de la lumière. La forme à ce jour la plus satisfaisante de cette Mécanique quantique relativiste est *la théorie des champs quantifiés* qui permet de suivre de la façon la plus cohérente possible les réactions entre particules fondamentales où, comme il est bien connu, ces *éléments de matière* à ce jour tenus pour ultimes non seulement se transforment les uns dans les autres, mais sont sujets aux singuliers phénomènes d'annihilation et de création. Implicitement, les lois du mouvement de la théorie des champs quantifiés satisfont aussi au Principe de correspondance des mouvements. Encore une fois, les nombreux et patients perfectionnements apportés aux théories quantiques n'ont jusqu'ici rien touché au cadre cinématique fixé par Einstein à la physique contemporaine et, à ce jour, aucune expérience en la jungle microscopique, même parmi celles qui mettent en jeu les plus hautes énergies, ne donne à penser qu'il soit nécessaire de remanier ce cadre consacrant la prééminence du groupe continu de Lorentz.

C'est ainsi que les lois du mouvement quantique devraient présenter les mêmes propriétés d'invariance que leurs correspondantes classiques par rapport aux symétries: nous avons mentionné parmi celles-ci la *réversibilité* – c'est-à-dire l'invariance par rapport à un *renversement du sens de l'écoulement du temps*. Il y a une dizaine d'années, la plupart des physiciens estimait que les lois du mouvement quantique devaient en outre satisfaire à deux autres invariances: il s'agit d'une part de la *réflexibilité*, c'est-à-dire de l'invariance par rapport à la symétrie *gauche–droite* (c'est l'opération qui, notamment, échange un objet avec son image donnée par un miroir-plan), et d'autre part de l'invariance par rapport au *changement de signe des charges électriques* (opération qui, par exemple, échange un électron pour un positon). Ces conjectures ont été démenties par les faits: dans leur ensemble, les réactions entre particules fondamentales ne satisfont ni à l'invariance par rapport à la symétrie gauche–droite, ni à celle par rapport au changement de signe des charges électriques. Quant à *l'invariance par rapport au renversement du sens d'écoule-*

ment du temps, de vérification fort délicate, l'expérience microscopique ne l'a pas encore mise en défaut de façon irréfutable, cela en dépit des importantes restrictions prévues par les physiciens aux propriétés d'invariance offertes par les meilleurs modèles actuellement mis à leur disposition par la théorie des champs.

3.5 Le temps de la Mécanique statistique

C'est ici que surgit une difficulté déjà reconnue depuis longtemps: d'une part, il s'avère que les lois de la Physique microscopique sont indifférentes à un renversement du sens d'écoulement du temps: et d'autre part, nous l'avons rappelé, la Thermodynamique, consacrant l'irréversibilité manifeste des phénomènes macroscopiques, affirme au contraire que les lois décrivant l'évolution des systèmes à l'échelle du laboratoire ne sont pas invariantes par rapport à ce renversement du temps. N'y a-t-il pas là contradiction, dans la mesure où un système *macroscopique* ne saurait être autre chose qu'un assemblage de systèmes *microscopiques!* C'est à la *Mécanique statistique* qu'il appartient de résoudre cette aporie moderne. Il y a un siècle déjà que Boltzmann tentait de lui donner une solution. Dans ce but, il raisonnait sur le modèle simple d'une masse de gaz – c'est le système macroscopique – constituée d'un nombre immense de molécules identiques – ce sont les systèmes microscopiques. Soumis à de violentes critiques – n'oublions pas qu'il vivait à une époque où les atomes n'étaient qu'hypothèse –, Boltzmann ne cessa de remanier sa démonstration du fameux *théorème H* qui, dans le cas particulier de la masse de gaz isolée, tente de déduire le principe de l'entropie croissante à partir de la statistique des mouvements, réversibles mais désordonnés, de la foule des molécules constituant le gaz. Réduite à l'essentiel cette démonstration de l'irréversibilité, marche à l'équilibre des systèmes thermodynamiques, se fonde sur deux propositions préalables. Premièrement: *la réversibilité de la mécanique régissant le très grand nombre de systèmes élémentaires composant le système macroscopique.* Secondement une hypothèse accessoire, étrangère à la théorie microscopique, et dont *la caractéristique essentielle est de porter sur des probabilités, ce qui* de facto *entraîne l'irréversibilité.* Dans le modèle envisagé par Boltzmann, l'hypothèse accessoire concernait le nombre probable de collisions encourues, pendant un intervalle de temps défini, par les molécules d'une certaine vitesse et se trouvant dans un volume donné. Les démonstrations modernes du théorème H se fondent encore toutes sur l'existence, pour les systèmes microscopiques, d'équations de mouvement qui sont réversibles. Toutes aussi font usage du nombre très élevé de systèmes élémentaires constituant le système macroscopique. Enfin à ce jour, toutes ces démonstrations sont, comme celle de Boltzmann, obligées de faire appel à une hypothèse accessoire de nature probabiliste *qui explicitement introduit l'irréversibilité;* celle-ci ne résulte donc pas simplement – comme on l'a quelquefois avancé – du fait que le système macroscopique est composé d'un très grand nombre de systèmes élémentaires. C'est ce que tient encore à préciser la remarque suivante:

sous certaines réserves, l'hypothèse accessoire probabiliste peut être réduite à une sorte de *condition initiale ou asymptotique* qui, faite à un seul instant, sélectionne de façon judicieuse les solutions des multiples équations de mouvement des systèmes microscopiques. Or, *la réversibilité par rapport au temps de ces dernières permet d'associer à la condition initiale accessoire assurant l'irréversibilité de l'évolution macroscopique une autre condition qui lui est symétrique par rapport à l'origine des temps.* Substituée à la première, cette condition symétrique assignerait au macrosystème une évolution irréversible encore, *mais tournée vers le passé au lieu du futur.* Probablement sans interprétation physique, cette possibilité manifeste toutefois de façon très nette non seulement *la nécessité* d'une hypothèse accessoire aux lois microscopiques, mais aussi *le rôle décisif* joué par cette hypothèse dans l'obtention d'une évolution irréversible pour le système macroscopique.

Ainsi se trouvent reliés, sinon réconciliés, *le temps réversible* de la physique à l'échelle des atomes et *l'irréversible évolution* des phénomènes que nous vivons.

3.6 Le temps de la Cosmologie

Toutefois, dans le désir de comprendre toute la Nature dans ses théories, la Physique moderne ne s'est pas contentée de descendre vers les structures élémentaires constitutives de la matière. Guidée par le génie de Newton, elle a dès ses débuts voulu connaître le monde dans son ensemble. Cependant, longtemps privée des instruments indispensables pour ordonner l'univers, la Physique n'a guère commencé de réunir les éléments d'une «cosmologie» digne de ce nom que depuis une cinquantaine d'années à peine. C'est ainsi que du côté de l'expérience, il est aujourd'hui possible de discerner les premiers indices de structures dans la répartition de la matière au sein de l'univers: systèmes planétaires, amas d'étoiles, galaxies, amas de galaxies. Par ailleurs, les expérimentateurs ont aussi mis en évidence une apparente expansion de notre monde, celle-ci prenant l'allure du bouquet final d'une gigantesque explosion dont les déchets, amas de nébuleuses aux dimensions défiant l'imagination, semblent s'éloigner de nous d'autant plus vite qu'ils sont plus lointains. Du côté des théoriciens, les progrès ont été tout aussi remarquables: faisant plein usage des vues profondes avancées par Einstein dans sa théorie de la relativité générale – théorie qui, on le sait tient la gageure de réduire le phénomène de la gravitation à une déformation du cadre cinématique offert par la relativité restreinte – les physiciens ont pu de notre univers forger des modèles qui non seulement relient entre eux la plupart des faits d'expériences mentionnés tout à l'heure, mais qui les inscrivent de façon cohérente dans le cadre général des lois de la physique. Tout en reconnaissant au monde la propriété rassurante pour l'intuition newtonienne d'être sans frontières, les modèles les plus satisfaisants proposés par les cosmologistes contemporains lui assignent des dimensions *finies.* Par ailleurs, confirmant de façon plus ou moins inattendue l'allure explosive de notre univers, les plus recevables parmi ces modèles lui attribuent un âge, res-

pectable il est vrai, mais dont l'ordre de grandeur est tout de même bien défini: *dix milliards d'années environ.*

La naissance du monde coïnciderait ainsi avec le début de l'explosion, moment où toute la matière de l'univers – atomes, molécules, planètes, soleils et galaxies – devait être concentrée dans une seule masse de densité fantastique, *l'atome primitif.* Mais, demandera-t-on, que devient le temps dans ce cataclysme à rebours qui enfanta notre monde? Le temps de la Physique, ce temps que nous avons vu naître dans la pensée de Galilée et de Newton, n'est-il pas illimité?... ne s'écoule-t-il pas uniformément du profond gouffre de la nuit des temps passés jusqu'à l'insondable obscurité du futur? Face à ces questions qui l'assaillent, le physicien ne peut répondre qu'en physicien: la description à ce jour la plus cohérente de tout ce que l'expérience nous a révélé de l'univers physique conduit, en remontant le passé, à fixer une origine à ce monde, c'est-à-dire un moment au-delà duquel il n'est plus possible d'aller sans violer les lois mêmes de la physique. C'est là une limite que cette science est amenée à se donner spontanément.

A première vue, la situation n'est pas nouvelle pour le physicien, et la Thermodynamique lui avait déjà fourni de semblables exemples d'une extrapolation bloquée vers le passé. Imaginons une plaque de métal *isolée* dont la température soit uniforme. Supposons qu'à un instant origine, l'isolation ayant été momentanément supprimée, on porte brusquement un point de cette plaque au rouge, le reste conservant la même température: grâce aux équations de la Thermodynamique, il est possible de prévoir la répartition des températures de la plaque à nouveau isolée pour tout instant *postérieur* à l'instant origine *t*. Mais ces mêmes équations ne permettent pas de connaître les températures de la plaque *avant* l'instant origine. Si l'extrapolation vers l'avenir est possible, celle dans le passé se voit bloquée par une singularité infranchissable. Comme on le voit facilement, cette dissymétrie tient notamment au fait que l'état des températures résulte d'une *action de l'extérieur* sur la plaque, action que ne sauraient décrire les équations donnant l'évolution de la plaque *isolée.*

L'existence d'un *extérieur* pour le système constitué par la plaque est ainsi nécessaire pour rendre compte de l'impossibilité d'une extrapolation vers le passé. Or, *l'univers, lui, n'a pas d'extérieur,* sans quoi il ne serait pas l'univers... englobant toutes choses observables! Le raisonnement invoqué pour la plaque ne s'applique donc plus...

Afin d'illustrer la difficulté fondamentale liée à l'existence d'une origine des temps pour l'univers, considérons l'image suivante: des enfants de tous âges ont décidé de se livrer au jeu dont voici la règle: après que tous se sont serrés les uns contre les autres, l'un d'entre eux, le meneur de jeu, crie «partez!» et chacun s'échappe au plus vite dans *une* quelconque direction. Regardant autour de soi, pendant la course, chacun des enfants aura l'impression de voir les autres filer d'autant plus vite qu'ils sont plus éloignés... Eh bien, remplaçons les enfants par des amas de galaxies dont l'un, appelé «groupe local», contient le système solaire, multiplions leur distance par un facteur contenant un respectable nombre de zéros (24 à

peu près) et nous aurons une vision passable de l'univers tel qu'il nous apparaît de la terre... Gardant maintenant cette représentation à l'esprit, posons-nous la question de tout à l'heure: avant l'explosion de l'atome primitif, que se passait-il donc? Pour nos enfants, cela revient à se demander ce qu'ils pouvaient bien faire avant le début du jeu. On le voit bien: la connaissance la plus précise des règles de ce jeu ne sert de rien pour répondre: nos enfants jouaient peut-être à un autre jeu, ou même, ne jouaient-ils pas du tout! Semblablement, la connaissance la plus précise des lois physiques de notre univers – l'analogue des règles du jeu – ne peut nous donner la moindre certitude sur ce qui se passait «avant» la naissance du monde: peut-être les lois étaient-elles différentes, peut-être n'y en avait-il même pas.

Le physicien n'a donc pas à se soucier des fictions que sont la Physique et le Temps de cet «avant» fondamentalement inconnaissable. Fait remarquable, il y a plus de seize siècles que, répondant à la même question par d'autres voies et sur un autre plan il est vrai, saint Augustin parvenait pour l'essentiel à la même réponse.

3.7 Une première conclusion

L'analyse détaillée qui vient d'être donnée des divers aspects de la notion de temps utilisés par la Physique permet, dans une première synthèse, de tirer cette conclusion provisoire:

A ce jour, il est en principe possible de rendre compte, de façon plus ou moins cohérente, d'une évolution de tous les phénomènes physiques aux échelles *mi*croscopique, *ma*croscopique et cosmique, grâce à *un seul paramètre* linéaire, continu, irréversible, d'extension limitée dans le passé et illimitée dans le futur. Irréductible aux dimensions de l'espace, ce paramètre, *le temps de la physique*, se trouve toutefois intimément uni à ce dernier pour constituer le cadre cinématique de toutes les sciences physiques. A ce jour encore, il existe un phénomène, la gravitation, qui peut s'interpréter comme une simple déformation macroscopique de ce cadre où les particules fondamentales constituant la matière jouent entre elles un jeu dont les règles semblent indifférentes à l'irréversibilité du temps.

Si provisoire soit-elle, cette première conclusion appelle néanmoins des remarques importantes qui seront l'objet de la dernière partie de cet exposé.

4. LES NOTIONS SATELLITES DU TEMPS EN PHYSIQUE: CAUSALITÉ, CONSERVATION, IRRÉVERSIBILITÉ

Si un effort vers la plus grande objectivité possible paraît de mise, dans l'analyse qui précède et qui cherche à présenter la notion de temps telle que, *de l'intérieur*, l'a construite le physicien, les remarques qui vont suivre ne sauraient se réclamer de la même exigence de rigueur. Elles procèdent plutôt d'un examen fait cette fois *du dehors*, et concernent des

questions de portée plus générale, ressortissant davantage à la méthodologie de la physique qu'à cette science proprement dite.

Pour commencer, il faut s'arrêter quelques instants à *la notion de causalité* et au lien étroit qui, en physique, l'attache au temps. A la richesse souvent déroutante des acceptions que les philosophes anciens et modernes ont ménagé et ménagent au mot de *cause*, la Physique oppose – on le sait – une conception fort restreinte et purement *descriptive* de la notion de causalité, presque totalement dépouillée de contenu métaphysique. C'est ainsi que se fondant sur le cadre cinématique de l'espace-temps et notamment sur sa continuité le physicien peut définir ce qu'il entend par *théorie causale*, en l'opposant à une *théorie anticausale* ou finaliste.

Pour être *causale* une théorie doit en premier lieu admettre à chaque instant l'existence d'une description *complète* de l'état d'un système physique. En second lieu la théorie est causale si l'état *présent* est constamment explicable à partir d'états *antérieurs* du système seulement. Plus précisément, un événement donné ne peut avoir été influencé que par d'autres événements nécessairement tous situés dans son *passé*. Ainsi, une théorie causale s'oppose à une théorie *finaliste* ou *anticausale* qui considérait le présent comme en partie conditionné par l'*avenir*. Dans le cas particulier où la connaissance du passé d'un événement quelconque *suffit* à la connaissance complète de cet événement, la théorie est non seulement causale, mais encore *déterministe*. Illustrons ces définitions générales par trois exemples:

Un certain *finalisme* en biologie, selon lequel des formes se développent afin de réaliser tels buts – nécessairement dans l'avenir – est le type d'une théorie anticausale.

Encore en biologie, une théorie comme celle du *transformisme* est par contre une théorie causale en ce sens qu'elle explique une partie de l'état actuel des formes biologiques par l'histoire de ces formes.

Sous sa forme hamiltonienne, la Mécanique classique est enfin une théorie non seulement *causale* mais aussi *déterministe* puisqu'elle permet de prédire de façon complète l'état présent d'un système à partir de la connaissance – complète aussi – d'un seul état antérieur de ce système. Il faut d'ailleurs ajouter que, conséquence inattendue de la réversibilité par rapport au temps des équations du mouvement classique, la Mécanique hamiltonienne peut être aussi qualifiée d'*anticausale*: en vue de la détermination complète de l'évolution du système à partir de ces équations, cette réversibilité veut en effet que le rôle d'un état du passé puisse être échangé avec celui d'un état du futur. Cette situation, paradoxale en apparence seulement, est à l'origine de certaines formulations téléologiques des lois du mouvement classique, le principe de moindre action de Maupertuis ou celui de l'action stationnaire de Hamilton notamment. Cela ne fait d'ailleurs que souligner le défaut fondamental dont souffre la Mécanique classique, et la nécessité de la compléter par une théorie comme la Thermodynamique qui porte en soi la flèche du temps.

Une fois admises les définitions ainsi formulées de causalité et de

déterminisme, il est possible de montrer que, tout comme son analogue classique, la Mécanique quantique qui fonde l'évolution de ses systèmes sur le Principe de correspondance des mouvements est à la fois *causale et déterministe*. Cela pour autant que l'on fasse abstraction du processus de mesure lui-même, processus dont il a déjà été remarqué qu'il restait à ce jour étranger aux formes élaborées de la théorie.

Quant à cette propriété partagée par les Mécaniques classique et quantitique d'être déterministes, il n'est pas superflu de souligner qu'elle est en relation étroite avec la structure continue du cadre cinématique commun à ces deux disciplines.

La question de savoir si les jeux encore mystérieux des particules fondamentales peuvent être fidèlement décrits par la Mécanique quantique reste à ce jour encore sans réponse sûre. Face aux obstacles quasi-insurmontables actuellement rencontrés par cette mécanique en microphysique, nombreux sont les physiciens qui vont jusqu'à mettre en question la possibilité pour une théorie décrivant les particules fondamentales d'être causale au sens donné tout à l'heure à ce terme. Considérant d'une part les dimensions extraordinairement petites de ces particules et le temps apparemment infinitésimal que dure leur interaction, et d'autre part l'état d'extrême dilution de la matière à l'extérieur des noyaux, il ne leur apparaît plus indispensable de s'attacher au déroulement détaillé et complet des interactions. Il est suffisant, leur semble-t-il, de substituer aux équations de mouvement un faisceau de relations générales entre l'état *initial* et l'état *final* du système constitué par l'ensemble de particules en jeu. Ces tentatives ont certainement remporté d'indéniables succès. Mais le dessein qu'elles ont de sortir la microphysique du temps – de «l'extemporaliser» pourrait-on dire – paraît à ce jour quelque peu compromis pour les deux raisons que voici: premièrement ces théories utilisent en plein le cadre cinématique continu de l'espace-temps conventionnel; en second lieu, il n'est pas évident que la «causalité microscopique» à laquelle ces théories se voient obligées de faire appel tout de même ne soit pas en fin de compte équivalente à l'hypothèse d'un déroulement continu des interactions dans le temps.

Une seconde remarque concerne les notions liées et complémentaires *d'évolution et de conservation*, et la manière dont elles s'inscrivent dans la dialectique du temps de la Physique.

Dès la plus haute antiquité, les philosophes qui tentaient de se représenter la figure du monde ont dû faire face à ce dilemme: l'univers est-il immuable ou, au contraire, vit-il un perpétuel changement? C'est ainsi que dans la Grèce ancienne, l'Ecole de Parménide tenait le cosmos pour statique, tandis qu'Héraclite et ses disciples le voyaient se mouvoir, pareil au gigantesque écoulement d'un fleuve sans commencement ni fin. D'autres opposaient au majestueux temps des dieux, cyclique et éternel, les temps rompus des hommes, misérables lambeaux de l'histoire.

Pour sa part, la Physique moderne n'est pas non plus parvenue à se sortir du dilemme opposant le fixe au mouvant. Il y a bien une interpré-

tation de la théorie de la relativité qui tente de fixer «*sub specie aeternitatis*» tout l'univers, son histoire passée et future, comme une tapisserie déroulée une fois pour toute; un peu à la façon dont certains peintres primitifs ont représenté dans un seul paysage les moments successifs de la chute d'Adam ou de la Passion du Christ. Mais ne paraît-il pas que cette vision quelque peu ambitieuse confond le cadre cinématique de la Physique avec la Physique elle-même, prenant en quelque sorte le lit du fleuve pour le fleuve lui-même? Il faut se rendre à l'évidence: le dilemme est fallacieux en ce sens que le mouvant n'existe que relativement au fixe. La Physique l'a fort bien précisé qui, d'une part fonde toute sa cinématique sur la relativité du mouvement et qui d'autre part oppose aux grandeurs d'évolution décrivant l'histoire du système les paramètres *fixes et les constantes* du mouvement. On a vu comment la Mécanique quantique exploite cette relativité du mouvant jusque dans la diversité des formes données aux équations d'évolution, où liberté est donnée de considérer comme variables dans le temps, soit l'état du système, soit les observables liées à ce système.

De ce point de vue, il n'est pas sans intérêt d'opposer au modèle orthodoxe de l'univers en expansion esquissé tout à l'heure, le modèle tout aussi ingénieux qu'en fournit la théorie dite «*de la création continue*», théorie selon laquelle, malgré les apparences, notre monde serait immuable dans son aspect, et sans origine et sans fin. D'un côté un univers en plein devenir, de dimensions et d'âge finis, mais dont les lois satisfont aux grands principes de *conservation* de l'énergie, de la quantité de mouvement et de la charge électrique. De l'autre, un monde infini mais stationnaire, régi par des lois où les principes de conservation sont remplacés par des *équations de création* distribuant de façon continue dans tout l'espace-temps cette unique et singulière catastrophe que fut, selon les orthodoxes, la création du cosmos.

Ne peut-on se demander si, d'une part en dépit ou peut-être à cause des observations cruciales que l'astrophysique s'efforce maintenant d'imaginer pour les départager et, d'autre part, sous l'effet des multiples perfectionnements que la technique et la réflexion leur apporteront encore, ces deux modèles ne finiront pas tout de même par s'accorder, donnant deux vues cohérentes et complémentaires d'un monde qui cache encore beaucoup de mystères? Car, en dernière analyse, ce qui distingue essentiellement ces deux descriptions de notre monde, ce n'est pas que dans l'une il soit mobile et dans l'autre fixe, mais seulement la façon dont y sont distribués la permanence et le mouvant.

Revenant à l'image la plus plausible que la physique donne à ce jour de notre univers, il faut constater, et ce sera là ma dernière remarque, que l'intervention quasi-nécessaire d'un *temps cosmique irréversible* pose au physicien orthodoxe une question qu'il ne saurait éluder: les lois de la Physique échappent-elles à cette évolution et, notamment, les constantes universelles de la Nature restent-elles aussi immuables que le supposent ces lois?

Il y a longtemps que les physiciens ont vu ce problème, et les récents progrès de la cosmologie ont déjà permis de construire des théories où, l'une après l'autre, les constantes universelles se mettent à vieillir comme nous! Certes, on peut considérer cette éventualité comme naturelle à toute cosmologie scientifique: c'est ce que tendrait à prouver la multitude des expériences envisagées par les physiciens afin de déceler les plus ténues des variations imaginables pour les constantes universelles. Mais ne voit-on pas que, fondamentalement, il y a bien davantage dans cette soumission possible des lois de la Physique au temps de l'univers?

Il s'agit, ni plus ni moins, d'une véritable mise en question de la Physique par le temps lui-même, ou si l'on veut, *d'une mise en question de la Physique par la Physique elle-même.*

N'avez-vous jamais, au cours d'une de ces promenades sans but que la vie moderne s'entend à rendre de plus en plus rares, n'avez-vous jamais eu le regard arrêté par quelque nuée accrochée à la montagne, perdue dans le bleu transparent d'un ciel d'été? A la regarder attentivement, c'est tout un monde qui s'y agite: ombres, lumières, couleurs, tourbillons et tournoiements se succèdent dans un jeu où bien vite il apparaît manifeste que le hasard n'est pas seul: vous commencez à discerner un semblant d'ordre, des successions, des périodicités, des retours, ... et vous jouez à anticiper sur tel changement, ... vous vous trompez, ... vous avez raison... vous vous surprenez à énoncer des règles: un tourbillon qui disparaît ici fait place à un autre venant de là... peu à peu, vous regardez vos prévisions s'accomplir et déjà vous vous réjouissez de découvrir une Nature qui vous obéit... Et soudain, un sentiment de frais, le temps de laisser courir votre regard à la recherche du vent caressant des herbes en effroi...: la nuée s'est évaporée, entraînant dans le vide du ciel la vanité des promesses que vos théories avaient échafaudées pour son avenir!...

Et notre univers de soleils, d'amas d'étoiles et de galaxies! Malgré ses dimensions et son âge formidables, ne serait-il pas lui aussi, qu'un nuage éphémère aux yeux de je ne sais quel être supérieur au-delà de notre entendement?

Et si c'était le cas, quelle valeur donner à la Physique? et à toute la Science? et à toute la peine des savants? A cette question-là, bien sûr, ce n'est plus au physicien de répondre, mais bien à chaque homme personnellement, à chacun de nous, selon notre foi et selon nos convictions, car manifestement la raison seule n'y suffit plus!

Mais revenons une dernière fois au temps et à la Physique pour tenter de conclure.

5. CONCLUSION: LE TEMPS, GRANDEUR CENTRALE ET SPÉCIFIQUE DE LA PHYSIQUE

Nous l'avons vu, la Physique est née lorsque la Philosophie, se tournant délibérément vers la Nature, céda à la volonté de la décrire dans les faits puis au désir de la maîtriser par ses lois.

Plus que tout autre grandeur de la Physique le temps porte en soi cette origine philosophique, et la réduction mathématique pratiquée sur lui par Newton n'a pu le dépouiller complètement de son épaisseur métaphysique. D'autre part, née avec la physique moderne, la grandeur temps s'est constamment trouvée au cœur des problèmes qui ont jalonné le développement de cette science.

Comment s'étonner dès lors que toute l'histoire de la physique, et ses échecs aussi bien que ses réussites, témoignent du rôle central qu'y a joué et qu'y joue encore le temps. Or ce rôle est double.

D'une part, le temps de la physique révèle au philosophe le mouvement et les *intentions* de l'invention physicienne, par la manière dont cette invention en use avec lui. D'autre part et surtout, le temps tient auprès du physicien le rôle d'une sorte de témoin de la réflexion philosophique. Que l'on considère seulement la multiplicité des propriétés que la physique a successivement ou simultanément attachées au temps: linéarité ou périodicité, continuité ou universalité, irréversibilité ou finitude. N'ont-elles pas eu, toutes ces propriétés, leur correspondant dans la pensée philosophique antique ou médiévale?

D'ailleurs, cette action du temps auprès de la physique trouve sa contrepartie dans le fait que, pour le temps, la physique joue en quelque sorte le rôle combiné d'un filtre et d'un prisme, purifiant et séparant la plupart des multiples acceptions que la réflexion philosophique avait progressivement accumulées sur le seul mot de *temps*.

Mais le temps n'est pas seulement la grandeur *centrale* de la physique moderne. Qu'on prenne en effet la peine de considérer cette physique en l'opposant d'un côté aux *mathématiques* qui se veulent hors du temps sinon de l'espace, et d'un autre côté aux *sciences biologiques* où le temps n'intervient qu'au travers des phénomènes infiniment plus complexes de la *vie*. Il apparaît alors que le temps doit être aussi tenu pour *la grandeur spécifique* des sciences physiques: n'est-ce pas d'ailleurs ce que faisaient prévoir d'une part la *nécessité* et la *suffisance* du cadre cinématique fourni par l'espace-temps, et d'autre part l'irréductibilité de l'espace au temps de la physique?

Toutefois, si riche et si multiple, si fascinant même que soit ce temps des physiciens, véritable protée des sciences physicochimiques, il ne saurait être, rappelons-le, qu'une caricature du temps tel qu'il nous est donné de le vivre!

«Image mobile de l'éternité» enseignait-on à l'Académie d'Athènes... «Prix de la vie éternelle» prêchait-on sous Louis XIV... «*Présent* de l'amour de Dieu suspendant Son jugement pour le salut des hommes» annoncent depuis vingt siècles les Evangiles.

Oui certes, le temps, c'est aussi et surtout cela. Y a-t-il, depuis les sombres jours d'Hiroshima et de Nagasaki, un seul physicien de notre génération qui pourrait l'oublier?

BIBLIOGRAPHIE

1re partie

St. Augustin: Œuvres. Les Confessions. Livre XI. Desclées de Brouwer, Paris 1962.

2e partie

St. Augustin: Œuvres; Tomes 1 à 12, notamment les dialogues philosophiques. Desclées de Brouwer, Paris 1948.

Galilée, G.: Il Saggiatore. Opere. Florence 1929.

Inhelder et Piaget: Les structures logiques et élémentaires. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel et Paris 1959.

Kroyre, A.: Etudes galiléennes, Vol. I, II et III. Hermann, Paris 1939.

Platon: Dialogues, et notamment *Théetète, Phédon, Timée.* Les Belles Lettres, Paris 1936.

Russel, B.: History of Western Philosophy. Allen and Unwi, London 1946.

Vidal-Naguet, P.: Temps des Dieux et temps des hommes. Rev.Hist.Relig. CLVII, I, 5, A (1960).

3e partie

Adler, R., Bazin, M., Schiffer, M.: Introduction to General Relativity, McGraw-Hill, New York 1965.

Bogoljubov, N.N. and Skirov: Introduction to the Theory of Quantitative Fields, Interscience Publishers, New York 1959.

Boltzmann, L.: Leçons sur la théorie cinétique des gaz. Gauthier-Villars, Paris 1902–1905.

Bondi, H.: Cosmology. Cambridge 1960.

Callen, H.B.: Thermodynamics. Wiley, New York 1960.

Costa de Beauregard, O.: Le second principe de la science du temps. Edition du Seuil, Paris 1963.

La notion du temps. Equivalence avec l'espace. Hermann, Paris 1963.

Dirac, P.A.M.: The Principles of Quantum Mechanics. Oxford 1957.

Dugas, R.: Histoire de la mécanique. Le Griffon, Neuchâtel 1950.

Feymann, R.P.: Quantum Electrodynamics. Benjamin, New York 1962.

Fock, V.: The Theory of Space, Time and Gravitation. Pergamon, London 1964.

Heisenberg, W.: Les principes physiques de la théorie des quanta. Gauthier-Villars, Paris 1922.

Van Hove, L.: Physica *21*, 517 (1955). *23*, 411 (1957).

Hoyle: Monthly Notices Roy.Astron.Soc. *108*, 372 (1948).

Jauch, J.M.: The Problem of Measurement in Quantum Mechanics. Helv.Phys.Acta *37*, 293 (1964).

Lemaitre, G.: The Expanding Universe, Monthly Notices Roy.Astron.Soc. *91*, 490–501.

Mach, E.: La mécanique. Hermann, Paris 1904.

Newton, L.: Principia Mathematica Philosophae Naturalis. Amsterdam 1714.

Principes mathématiques de la philosophie naturelle, traduction de la Marquise du Chatelet, 2 volumes, Paris 1759.

Pauli, W.: Theory of Relativity. Pergamon Press, London 1958. Festschrift für A. Sommerfeld, 30. Leipzig 1928.

Penrose and Percival: Proceedings Physical Society *79*, 605 (1962).

Reymond, A.: Histoires des sciences exactes dans l'antiquité romaine. Presses universitaires de France, Paris 1955.

Rivier, D.: Cours de physique quantique, Université de Lausanne (inédit).

Robertson, H.P.: Kinematics and World Structure Astrophysical, J. *82*, 284 (1935).

Schlipp, P.A.: Einstein, A., Philosophic Scientist. Tudor, New York 1949.

Neuman, von: Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik. Dover/New York 1943.
Schwinger, J.: Quantum Electrodynamics. Dover/New York 1958.
Streator, R.F. and Wightmann, A.S.: PCT, Spin and Statistics and All That. Benjamin, New York 1964.
Stueckelberg, E.C.G.: Cours de physique théorique à l'Université de Lausanne 1945–1965 (inédits).
Un nouveau modèle de l'électron ponctuel en théorie classique. Helv.Phys.Acta *14*, 51 (1941).
Remarque à propos de la création de paires de particules en théorie de relativité. Helv.Phys.Acta *14*, 588 (1941).
Signification du temps propre en mécanique ondulatoire. Helv.Phys.Acta *14*, 321 (1941).
La mécanique du point matériel en théorie de relativité et en théorie des quanta. Helv.Phys.Acta *15*, 23 (1942).
Un principe qui relie la théorie de la relativité et la théorie des quanta. Helv.Phys. Acta *16*, 173 (1943).
Principe de correspondance d'une mécanique asymptotique classique. Compte rendu des séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève *61*, 156 (1944).
Principe de correspondance d'une mécanique asymptotique quantifiée. Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève *61*, 159 (1944).
Un modèle de l'électron ponctuel II. Helv.Phys.Acta *17*, 3 (1944).
Causalité et structure de la matrice S (avec Rivier, D.). Helv.Phys.Acta *23*, 215 (1950).
Relativistic Quantum Theory for Finite Time Intervals. Phys.Rev. *81*, 130 (1951).
Théorème H et unitarité de S. Helv.Phys.Acta *25*, 577 (1952).
Thermodynamique en relativité générale (avec Wanders, G.). Helv.Phys.Acta *26*, 308 (1953).
Thermodynamique dans un continu, riemannien par domaines. Helv.Phys.Acta *26*, *26*, 418 (1953).
Acausalité de l'interaction non locale (avec Wanders, G.). Helv.Phys.Acta *27*, 667 (1954).
Field Quantification and Time Reversal in Real Hilbert Space. Helv.Phys.Acta *32*, 254 (1959).
Tolmann, R.C.: The Principles of Statistical Mechanics. Oxford 1938.
Weyl, H.: Space, Time, Matter. Dover/New York 1950.
Wigner, E.P.: The Problem of Measurement. Amer.J.Phys. *31*, 6–15 (1963).
Wu, T.Y. and Rivier, D.: Helv.Phys.Acta *34*, 661 (1961).
Zemansky, M.W.: Heat and Thermodynamics. McGraw-Hill, New York 1957.

4e partie

Bondi, H., Bonnor, W.B., Littleton, R.A., Whitrow, G.J.: Rival Theories of Cosmology. London 1960.
Reichenbach, H.: Philosophische Grundlagen der Quantenmechanik. Birkhäuser, Basel 1949.
Rivier, D.: Déterminisme et causalité en microphysique. Bull.Soc.Vaud.Sc.Nat.Lausanne *66*, 20 (1956).
Weizsäcker, C.F., von: Komplementarität und Logik. Naturwissenschaften *19*, 521–529; ibid. *20*, 545–555 (1955).
Wightmann, A.S. et al.: Les problèmes mathématiques de la théorie des quantiques des champs. CNRS, Paris 1957.

5e partie

Russel, B.: History of the Western Philosophy. Allen and Unwi, London 1946.

Liste alphabétique des auteurs
Alphabetisches Namenregister der Autoren
Indice alfabetico degli autori

	Page
Ackerknecht, E.H.	151
Alder, J.-C.	65
Ægerter, M.	60
Ammann, A.	51
Amstutz, G.C.	107
Ankel, F.	135
Arigoni, D.	94
Baatard, F.	80
Bachmann, K.	59
Bachofen, R.	119, 125
Bächtiger, K.	102
Badoux, H.	98
Baldinger, E.	60
Balmer, H.	148
Baltensperger, W.	55
Balzer, R.	53
Bassand, D.	131
Bay, R.	139
Bearth, P.	106
Bernhard, H.	152
Bharucha, D.	53
Bhavnagri, V.	162
Biegert, J.	135
Böhlen, B.	96
Boller, M.	131
Borghini, M.	64
Boskovic, B.	63
Bouvier, P.	79
Bovey, P.	131
Boymont,	63
Brandenberger, H.	95
Brändli, H.P.	54
Brebner, J.L.	61, 62
Brunisholz, G.	97
Bucher, E.	57
Büchi, E.C.	135
Büchi, J.	163
Buess, H.	151
Bühlmann, M.	96
Bührer, W.	58
Bünning, E.	15
Buri, P.	160
Charollais, J.	98
Chavanne, A., conseiller d'Etat	39
Chodat, F.	28
Chuard, J.	51
Clerc, D.	55
Combépine, G.	118
Dahn, H.	94
Dändliker, R.	54
Dal Vesco, E.	101, 107
Dætwyler, J.	63
Debrunner, H.	51
Delay, A.	97
Délèze, J.	178
Déverin, J.-A.	61
Dietschy, H.	137
Dörscheln, W.	95
Duperrex, A.	117
Ecklin, D.	60
Egakey, A.	163
Ehrat, R.	57
Eichenberger, P.	163
Els, H.	95
Erbeia, A.	53
Fabbiani, P.	163
Falkenstein, R.	94
Fischer, G.	164
Fischer, H.	146
Fischer, P.	58
Fivaz, R.	61, 62
Flach, E.	89
Flatt, R.	97
Flück, H.	166
Fornerod, R.C.	56

Page

Forssmann, W.G. 171
Frederiks, J.C. 116
Frey, H.-U. 163
Fröhlich, C. 52
Fueter, E. 145
Furlenmeier, A. 95
Furrer, A. 57
Fürst, A. 95

Gagnebin, G. 117
Gaillard, M. 52
Galland, B. 153
Gallay, A. 137
Girardet, A. 165
Girardier, L. 180
Gisiger, M. 101
Gloor, P.-A. 141, 142
Gnehm, R. 94
Göth, H. 95
Gränacher, I. 60
Grenacs, L. 64
Grin, G.A. 65
Grob, C.A. 94
Guichonnet, P. 152
Gut, G. 94
Guyer, A. 94, 96
Guyer, P. 94
Gwinner, M. 98

Hænssler, F. 62
Hälg, W. 57, 58
Hærdi, W. 97
Hainard, P. 118
Heer, E. 63
Helman, J.S. 55
Henchoz, A. 65
Hess, R. 64
Hesse, M. 94
Heubi, R. 60
Hirt, W. 63
Hofer, H. 152
Hofstetter, A. 163
Holy, J.-C. 51
Huber, P. 41, 47
Hümbelin, R. 96

Jaggi, R. 61
Jaunin, R. 94
Jeannet, E. 63
Joseph, C. 65
Joyet, G. 55

Page

Junod, A. 82
Jürgensen, G. 162

Känzig, W. 59, 60
Kiess, H. 61
Klein, R. 56
Knellwolf, T. 63
Knus, M.A. 51
Kœlbing, H.M. 147
Kowalski, E. 53, 54
Kramer, E. 107
Kündig-Steiner, W. 154
Kunz, H. 55
Kyburz, E. 95

Langauer, Th. 167
Läuchli, A. 109
Lejeune, J. 168
Lerch, P. 97
Leresche, G. 51
Levrat 63
Liniger, H. 98
Loew, P. 94
Lombard, A. 98
Loude, J.-F. 65
LoRusso, N. 165
Lüscher, E.F. 202
Lüthi, B. 58
Lüttgau, H.C. 179

Maeder, D. 52
Maier, L. 96
Majnoni, St. 95
Martin, Ed. 97
Martin, M. 63
Mathys, G. 131
Mauron, G. 64
Merbach, A. 97
Metzger, C. 63
Michaelis 63
Michler, M. 147
Mirimanoff, A. 161
Mœschler, P. 132, 134
Monnier, D. 97
Mooser, E. 62
Mühlemann, H. 165
Mühll, P.A., von der 94
Müllener, E.-R. 151
Muller, J. 57
Müller, P. 201
Muralt, A., von 169

Page

Nicolas, A. 107
Nicolet, M. 94
Nigg, W. 153

Olsen, J.L. 57
Oulianoff, N. 84, 101

Paley, A. 161
Palmy, C. 57
Perlia, X. 164
Peter, M. 52
Petit, G. 146
Piaget, A. 66, 69
Piaget, J. 23
Piccard, S. 51
Piveteau, J.-L. 152
Planta, C., von 95
Plattner, Pl.A. 95
Portzehl, H. 204

Rahm, H. 162
Rast, D. 125
Rehwald, W. 56
Reich, H.U. 94
Revillard 63
Rima, A. 75
Rinderer, L. 62
Rivier, D. 57, 214
Rossel, J. 63
Roubeau, P. 64
Rouiller, Ch. 171
Rüegg, J.C. 184
Ryter, Ch. 64

Sauter, M.-R. 132
Séchehaye, R. 53
Segmüller, A. 58
Serre 63
Settimj, G. 94
Siegenthaler, R. 54
Sigrist, F. 51
Skarek 63
Speiser, P. 162, 163
Spiegelberg, H. 95
Schaffner, K. 94
Scheffrahn, W. 135
Schellenberg, L. 64
Schneider, R. 71

Page

Schneider, T. 57, 58
Schorno, A. 163
Schrenzel, M. 163
Schüepp, O. 110
Schürmann, J. 119
Schwabe, E. 154
Stammbach, U. 51
Steiger-Trippi, K. 167
Steinemann, A. 55
Stoll, E. 58
Straub, R.W. 200
Tanner, C. 51
Terrier, C. 49
Tiefenthaler, H. 95
Truninger, E. 57
Tschudi, H.P., conseiller fédéral ... 9

Vannoti, L. 60
Vardar, Y. 111
Vaterlaus, B.P. 95
Vaucher, B. 65
Virieux-Reymond, A. 150
Vogel, W. 131
Voldet, P. 97
Vuagnat, M. 107
Vuillemier, C. 97

Walliser, Ch. 60
Waser, P.G. 191
Weber, H. 94
Wegmüller, S. 109
Weibel, R. 116
Wenk, H.-R. 98
Wernli, H. 165
Wilbrandt, W. 201
Windeck-Lutz, Ch. 166
Winkler, E. 152
Winteler, H.R. 55
Wohl, R.A. 94
Woker, G. 94
Wright, B.T. 63
Wyss, P. 94

Zeller, H.R. 59
Zeller, P. 94
Zellner, H. 94
Zoller, H. 146

Einführung zur Gedenkvorlesung für Prof. Werner Kuhn

Prof. Dr. PAUL HUBER

Hochgeehrte Frau Prof. Kuhn,
Vir magnifice,
Meine Damen und Herren,

Die Universität Basel und die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft haben die Anregung zu einer nachträglichen Ehrung von Herrn Prof. Werner Kuhn, die von der Internationalen Chemischen Union ausging, mit Freuden aufgenommen, gehörte er doch viele Jahre seines fruchtbaren Lebens beiden Körperschaften als eines ihrer angesehensten Mitglieder an. Wer immer mit ihm in Berührung kam, sei es im Zusammenhang mit wissenschaftlichen Problemen oder menschlichen Belangen, hat stets einen positiven und menschlich beglückenden Eindruck mitgenommen, der geprägt wurde von seiner reifen und gütigen Persönlichkeit und seinem grossartigen Forschertalent. Beide Quellen entsprang die hohe Wertschätzung, die dem Forscher und Menschen Werner Kuhn bereits bei Lebzeiten gezollt und darüber hinaus ungeschmälert gewahrt blieb. Mit dem heutigen Anlass beginnen wir eine erste Gedenkvorlesung – nächstes und übernächstes Jahr werden je eine weitere folgen – mit der wir glauben, Werner Kuhns in bester Art ehrend zu gedenken. Was könnte ihn mehr freuen, als neueste Erkenntnisse aus der Domäne der wissenschaftlichen Forschung zu erfahren, ihn, der unermüdlich und zielbewusst immer wieder versuchte, geheimste Rätsel der Natur zu ergründen. Ohne Spezialist zu werden, hat er mit höchstem Erfolg ganz spezielle Fragestellungen klärend und umfassend beantwortet. Sein wissenschaftliches Werk ist bedeutsam und reichhaltig, behandelt es doch Probleme aus der Atom- und Kernphysik, der optischen Aktivität, der Trennung optisch aktiver Antipoden und Isotope und dem Gebiete der Makromoleküle. Überall verstand er es, wesentlich neue Gesichtspunkte der Forschung zu eröffnen, und er zeigte, wie die gewonnenen Erkenntnisse von der Natur in ihrer unerhörten Vielfalt tatsächlich ausgenützt werden.

Es freut uns besonders, dass die heutige Vorlesung von bedeutenden Gelehrten des In- und Auslandes besucht ist. Sie bezeugen damit nicht nur das Interesse an den kommenden Darlegungen, sondern insbesondere auch ihre Verbundenheit mit Werner Kuhn und die hohe Wertschätzung seiner wissenschaftlichen Leistungen. Die Anwesenheit von Herrn Prof. Tiselius aus Uppsala ist uns eine grosse Freude. Einen speziellen Gruss entbiete ich Herrn Prof. K. Freudenberg aus Heidelberg, in dessen Institut Kuhn in den Jahren 1928–1930 tätig war. In dieser Zeit gelang es ihm, die seit Louis Pasteur unbeantwortete Frage nach der absoluten Konfiguration von Stereoisomeren optisch aktiver Verbindungen zu

beantworten und eine modellmässige Deutung der natürlichen optischen Aktivität zu geben.

Eine überaus grosse Genugtuung empfinden wir jedoch darüber, dass einer der erfolgreichsten Schüler Werner Kuhns, Prof. Hans Kuhn aus Marburg, heute die erste Gedenkvorlesung halten wird. Werner Kuhn hat die Wissenschaft nicht nur durch neue Einsichten und Erkenntnisse bereichert, er hat ihr auch junge, von der Neugierde wissenschaftlichen Forschens beseelte Menschen zugeführt, die forttragen und weiterentwickeln, was ihnen ihr Lehrer mit Umsicht erschloss. So werden wir nicht nur das Gute und Grosse, das von Werner Kuhn ausging und immer in menschlicher Bescheidenheit zutage trat, als lebendige Erinnerung in uns tragen, sondern es wird sich immer wieder neu kristallisieren und weiterwirken.

Prof. Dr. HANS KUHN, Marburg

Liebe Frau Professor Kuhn, Vir magnifice, Herr Zentralpräsident, meine Damen und Herren,

Für die Einladung, hier in dieser Stunde zum Gedenken an meinen verehrten Lehrer Werner Kuhn vortragen zu dürfen, möchte ich herzlich danken. – Ich habe ein Thema gewählt, an dem Sie vielleicht keine direkten Beziehungen zu bestimmten Arbeiten von Werner Kuhn erkennen, aber ich fühle mich darin wie in jeder anderen Arbeit mit meinem Lehrer sehr verbunden. Es sind ja nicht die Arbeitsgebiete, die Themen, das Wertvollste, was ein Lehrer seinen Schülern mitgeben kann, sondern die Wege, die er ihnen aufzeigt, ein Problem zu sehen, anzugreifen und zu lösen.

Ich hatte das grosse Glück, während fast zehn Jahren bei Werner Kuhn arbeiten zu können. Zum erstenmal begegnete ich ihm, als ich als frischgebackener Ingenieur-Chemiker den Zug von Zürich nach Basel nahm, an seiner Tür anklopfte und ihn fragte, ob ich bei ihm doktorieren könne. Es ist mir noch sehr lebendig in Erinnerung, wie er für den unangemeldeten Besucher gleich Zeit hatte und mir ein Thema für die Doktorarbeit vorschlug, das mich sofort begeisterte. Während meiner Doktorarbeit kümmerte er sich sehr viel um mich, war fast jeden Tag bei mir, und so lernte ich seine wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise sehr gründlich kennen. Ich sah aus nächster Nähe, wie einige der Arbeiten entstanden, die in so verschiedenen Gebieten wie Physiologie und Geophysik entscheidende Impulse ausgelöst und diese Gebiete in hohem Masse bereichert haben, denn er war damals gerade mitten in seinen Theorien über die Funktion der Niere und über den Aufbau des Erdinneren.

Werner Kuhn stiess oft so ganz zufällig auf ein Problem, das auf einem ihm zunächst völlig unbekannten Gebiet liegen mochte. Dass er ein solches Problem mir nichts, dir nichts ohne jedes Zögern anzupacken wusste, hat mich immer wieder von neuem erstaunt. Die Selbstverständlichkeit, mit der er dabei vorging, ergab sich aus seinem klaren Blick für das Wesentliche, aus seiner ausserordentlichen Gründlichkeit im Durch-

denken einer Idee und ihrer Konsequenzen und aus seiner festen Überzeugung, dass sorgfältiges und konsequentes Überlegen, neben einer genauen Kenntnis der speziellen Gegebenheiten, mehr zur Lösung eines wissenschaftlichen Problems beiträgt als umfangreiches Fachwissen.

Es fiel mir immer wieder auf, mit welcher Leichtigkeit er aus einem komplizierten Tatbestand den Kern erkannte und durch einfache modellmässige Betrachtungen das Grundsätzliche einer komplexen Erscheinung zu erfassen und auf einfache Grundtatsachen zurückzuführen wusste.

Es blieb aber nicht beim ersten Anstoss durch eine neue Idee; mit ausserordentlicher Tiefe und Gründlichkeit wurden die Probleme bis in die letzten Konsequenzen durchdacht und experimentell wie theoretisch eingehend bearbeitet, und es ist uns Mitarbeitern immer wieder aufgefallen, mit welcher Intensität und welcher Konzentrationsfähigkeit Werner Kuhn an den Fragen arbeitete, die ihn fesselten.

Werner Kuhn schlug mir vor, in meiner Doktorarbeit das Verhalten von Fadenmolekülen in strömender Lösung theoretisch zu untersuchen, und das Modell des Fadenmoleküls, von dem ich auszugehen hatte, war ein einfaches Hantelmodell, bei dem man sich vereinfachend vorstellte, dass die hydrodynamischen Kräfte, die an den Molekülteilen angreifen, in zwei Schwerpunkten in den Fadenendpunkten konzentriert seien. Das Verhalten dieses Modells musste ich dann konsequent durchrechnen. Ich erwähne dieses Beispiel, um daran das Vorgehen von Werner Kuhn zu charakterisieren: Er war stets bestrebt, der Deutung einer Erscheinung ein Denkmodell zugrunde zu legen, das einerseits so detailliert war, dass es das physikalisch Wesentliche wiederzugeben vermochte, aber anderseits noch so einfach war, dass alle interessierenden Folgerungen aus dem Modell mathematisch konsequent abgeleitet werden konnten. Dieses Modell untersuchte er dann in allen Einzelheiten, indem er daraus neue experimentell prüfbare Konsequenzen ableitete. Dieser Weg bei der Untersuchung komplexer Erscheinungen unterscheidet sich von einem anderen häufig beschrittenen Weg, den Werner Kuhn nicht schätzte und der darauf beruht, dass zuerst ein möglichst allgemeingültiges Formelgebäude aufgestellt wird, das aber dann nachträglich, um zu einem Vergleich mit der Erfahrung zu gelangen, in physikalisch oft schwer überschaubarer Weise so vereinfacht werden muss, dass vom ursprünglichen Gebäude wenig übrigbleibt. Werner Kuhn vermied durch sein Vorgehen den Aufwand einer überflüssigen Verallgemeinerung, der nur ablenkt vom Ziel der theoretischen Untersuchung, eine möglichst umfassende Deutung bestimmter Erscheinungen und Voraussage neuer Erscheinungen zu geben.

Werner Kuhn war an den experimentellen Dingen genauso interessiert wie an den theoretischen, denn es drängte ihn, die theoretisch erwarteten Effekte experimentell nachzuweisen und seine Vorstellungen dadurch in greifbarere Form zu bringen, dass er geeignete Modellsysteme, welche die auf Grund der Denkmodelle erwartete Leistung tatsächlich vollbringen, aufbaute und untersuchte. Die experimentellen Arbeiten packte er mit derselben Selbstsicherheit und Unvoreingenommenheit an wie die theo-

retischen Probleme. Es kam oft vor, dass wir Mitarbeiter bei einer experimentellen Aufgabe tausend Schwierigkeiten sahen, die er durch einen einfachen Einfall ausräumte. Mit derselben Intensität und Beharrlichkeit, mit der er ein theoretisches Ziel verfolgte, suchte er nach experimentellen Wegen zur Realisation seiner Ideen. Wenn er etwas im Sinn hatte, gab er nicht nach, bis es verwirklicht war.

Uns Mitarbeitern fiel es immer wieder auf, was für ein Meister der Improvisation Werner Kuhn war, wenn er ab und zu den Labormantel anzog und den Brenner zum Glasblasen anzündete oder mit Korkzapfen, Wachs und ein paar Linsen eine optische Anordnung zu bauen begann. Er wusste die erforderliche Genauigkeit, mit der eine experimentelle Aufgabe durchgeführt werden muss, um ein gewünschtes Ziel zu erreichen, gut abzuschätzen und hatte eine besondere Fähigkeit zur schnellen Verwirklichung einer Idee. Dadurch gelang ihm ja auch die Lösung einer Reihe heikler experimenteller Probleme mit geringem Aufwand und einfachsten Mitteln.

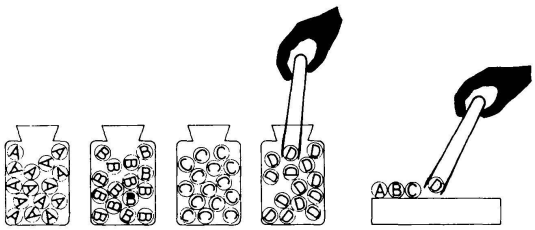
Die Arbeit von Werner Kuhn war von dem Bestreben getragen, die Naturvorgänge um uns und in uns zu ergründen und dieses Ziel durch detaillierte Einzeluntersuchungen zu erreichen. Er hat dabei stets die Einheit in der Mannigfaltigkeit gesucht. An mehreren seiner Arbeiten konnte er erleben, wie die Lösung spezieller Probleme auf einem Teilgebiet zur Erreichung allgemeiner Ziele verschiedenster Wissenschaftsbereiche entscheidend sein kann, dadurch dass eine Synthese und Verschmelzung dieser Bereiche ausgelöst wird. So haben etwa die sehr speziellen Arbeiten von Werner Kuhn über die Gestalt von Makromolekülen die biologischen Wissenschaften entscheidend beeinflusst, da ja der grösste Teil der Lebensfunktionen von den Makromolekülen getragen wird.

Werner Kuhn war stets erfüllt und begeistert von seinen wissenschaftlichen Problemen, und diese Begeisterung übertrug sich auch auf uns Mitarbeiter, die wir alle mit grosser Dankbarkeit und frohem Herzen, und jetzt auch mit Wehmut, an die Zeit in der physikalisch-chemischen Anstalt an der Klingelbergstrasse zurückdenken.

Versuche zur Herstellung einfacher organisierter Systeme von Molekülen

Prof. Dr. HANS KUHN, Marburg

Ich möchte nun zum Thema meines Vortrags übergehen und über einige Versuche berichten, die das Ziel haben, einfachste organisierte Systeme von Molekülen zu bauen, das heisst Anordnungen einzelner Moleküle, welche Eigenschaften haben, die durch die Besonderheit dieser Anordnung bedingt sind. Während die Moleküle schon in den einfachsten biologischen Strukturen in hoch organisierter Weise assoziiert sind, fehlt es dem Chemiker an Methoden, um Moleküle in vorausgeplanter Weise aneinanderzufügen. Er kann sehr komplizierte Moleküle synthetisieren, aber er kann nicht wie die Natur Aggregate von verschiedenen Molekülen in geplanter Ordnung bauen. Er sollte eine Pinzette haben (Fig. 1), mit der er einzelne Moleküle herauszieht und sie in der geplanten Ordnung ABCD aneinanderfügt.

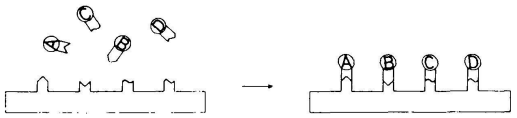


Figur 1

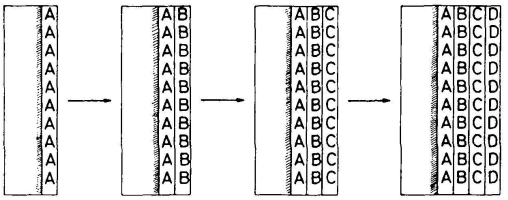
Man kann das ferne Ziel der Herstellung grösserer organisierter Assoziate von Molekülen in zwei Aspekten sehen: Einerseits wird man bestrebt sein, einfache biologische Strukturen nachzuahmen; anderseits wird man sich bemühen, ganz unabhängig vom Vorbild der Natur irgendwelche der Phantasie entspringende Anordnungen von Molekülen herzustellen, die nützliche, von der genauen Anordnung der Moleküle im Aggregat abhängige Eigenschaften haben und die somit Werkzeuge mit molekulardimensionierten Bauelementen darstellen.

Verschiedene Wege sind denkbar, dem betrachteten Ziel zuzustreben. Dem Vorbild der Natur entsprechend, könnte man ein kettenförmiges Molekül als Matrix verwenden, um darin die Moleküle A, B, C, D... in der vorgeplanten Ordnung aneinanderzufügen (Fig. 2). Da es schwierig erscheint, auf diesem Wege komplexere Systeme von Moleküle zu erhalten, wurde eine andere Möglichkeit in Betracht gezogen (Fig. 3). Man

bringt eine monomolekulare Schicht der Moleküle A auf einen Träger, überdeckt sie mit einer monomolekularen Schicht der Moleküle B und diese wiederum mit einer monomolekularen Schicht der Moleküle C usw. In dieser Weise müsste es möglich sein, durch die Wahl in der Reihenfolge der Schichten einfache organisierte Systeme von Molekülen zu erhalten, Anordnungen, die in der Richtung senkrecht zur Schichtebene eine geplante Ordnung im molekularen Bereich haben.



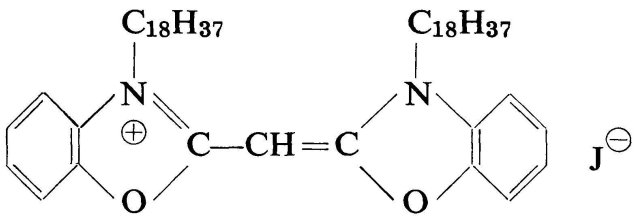
Figur 2



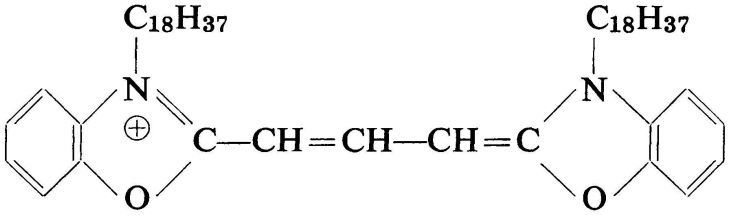
Figur 3

Monomolekulare Vielfachschichten von *einer* Molekülsorte sind mit Salzen von Fettsäuren bereits von Blodgett und Langmuir (1) auf einer Trägeroberfläche aufgebaut worden, indem sie auf einer Wasseroberfläche eine monomolekulare Fettsäureschicht erzeugten und die Schicht durch Ein- und Austauchen einer Glasplatte auf die Oberfläche dieses Trägers brachten. Wurde die Platte ein zweites Mal eingetaucht, so legte sich eine weitere monomolekulare Schicht auf die erste, und durch Wiederholen des Ein- und Austauchprozesses konnten praktisch beliebig viele Schichten auf dem Träger übereinandergelgt werden. Nach Singer und Ries (2) besitzen solche Schichten, wie Untersuchungen mit dem Elektronenmikroskop gezeigt haben, Löcher, und nach Sobotka (3) diffundieren die Fettsäuremoleküle durch viele Schichten, wie Untersuchungen mit radioaktivem Tracer ergaben. Nach Langmuir (4) treten beim Herausnehmen der Träger aus dem Wasser Umlagerungen in der Schicht auf. Es erscheint also zunächst recht hoffnungslos, durch Übereinanderlegen von monomolekularen Schichten zu einer Methode zum Aufbau einfacher organisierter Systeme von Molekülen zu gelangen.

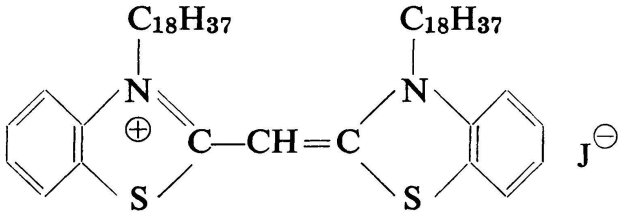
Es ist der Zweck der Untersuchungen, über die ich hier berichte, zu zeigen, dass durch geeignete Abänderung der Blodgett-Langmuir-Technik Schichten hergestellt werden können, in denen Störungen durch Löcher, Diffusion und Umlagerungseffekte keine merkbare Rolle spielen und die daher für die Herstellung einfacher organisierter Systeme von Molekülen geeignet sind.



I



II

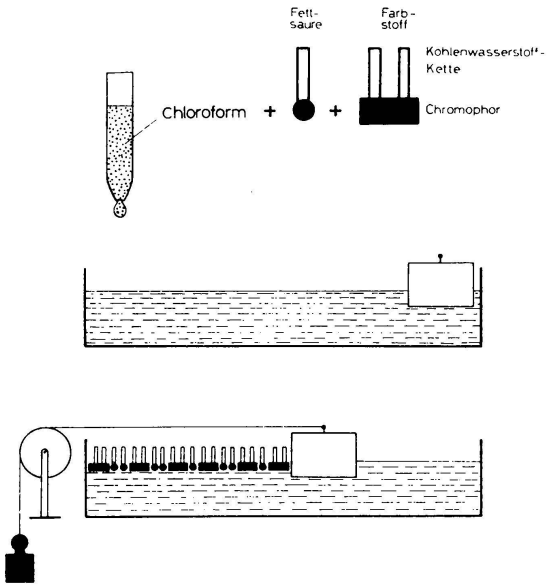


III

Wir haben Farbstoffe, z.B. die Körper I, II, III, synthetisiert, die einen ionischen Chromophor haben, an dem lange Kohlenwasserstoffketten als Substituenten hängen, die also wie Fettsäuren aus einem hydrophilen und einem hydrophoben Teil bestehen. Sie können wie diese auf Wasser gespreitet und auf Trägeroberflächen aufgezogen werden. Man tropft eine Lösung des Farbstoffs (oder von Farbstoff und Fettsäure) in einem organischen Lösungsmittel auf eine Wasseroberfläche (Fig. 4). Das Lösungsmittel verdampft. Der Oberflächenfilm wird durch einen Schwimmer mit einem Schub von 30 dyn/cm zusammengehalten. Die Chromophore des Farbstoffs und die Karboxylgruppen der Fettsäure stecken im Wasser, und die Paraffinketten sind gegen die Luft zu gerichtet. Bei einem fluoreszierenden Farbstoff kann man den monomolekularen Film auf der Wasseroberfläche durch ein deutliches Leuchten der ganzen Oberfläche bei der Bestrahlung mit UV-Licht sehen (Fig. 5a, Tafel S. 249). Beim Eintauchen einer Glasplatte wird die Schicht zunächst nicht aufgezogen, da die Glasoberfläche hydrophil ist; beim Herausziehen der Platte zieht eine erste Schicht auf, indem die hydrophilen chromophoren Teile der Farbstoffmoleküle an der hydrophilen Glasoberfläche festhaften, während die Paraffinbeine nach aussen stehen; der aus dem Wasser gezogene, von der Schicht bedeckte Teil der Glasplatte fluoresziert im UV-Licht (Fig. 5a). Wird die Platte nach dem Herausziehen aus dem Wasser (Fig. 5b) bis zur halben Höhe nochmals eingetaucht und herausgezogen (Fig. 5c), so fluoresziert die untere Hälfte deutlich kräftiger als der darüberliegende Teil der Platte: Beim Eintauchen wird eine zweite Schicht aufgezogen, wobei der hydrophile Teil dem Wasser zugekehrt ist, und beim Herausziehen eine dritte Schicht, wobei der hydrophobe Teil nach aussen steht.

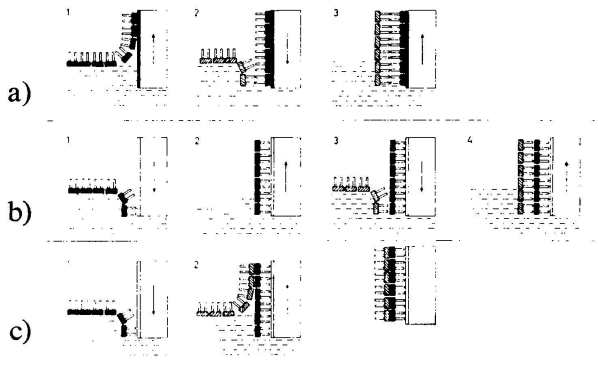
Fig. 6 zeigt einige Möglichkeiten, wie man zwei Farbstoffe dieses Typus zu Doppelschichten zusammenfügen kann, bei denen die Schichtebenen der Chromophore der beiden Farbstoffe einmal im Abstand von 60 Å sind, das andere Mal im Abstand von 30 Å und schliesslich in direktem Kontakt stehen.

Die erste Anordnung (Fig. 6a) wird dadurch erreicht, dass man einen Träger mit hydrophiler Oberfläche in Wasser eintaucht, auf dessen Oberfläche eine monomolekulare Schicht des ersten Farbstoffs sitzt. Erst beim Herausziehen zieht die Farbstoffschicht auf (Schritt 1). Wird der nun hydrophobe Träger in Wasser getaucht, auf dessen Oberfläche eine monomolekulare Schicht des anderen Farbstoffs liegt, so zieht diese Schicht beim Eintauchen auf (Schritt 2), indem die Paraffinketten beider Farbstoffe aneinander kleben. Die Wasseroberfläche wird vom Farbstofffilm befreit, und das Plättchen wird dann ausgetaucht (Schritt 3).



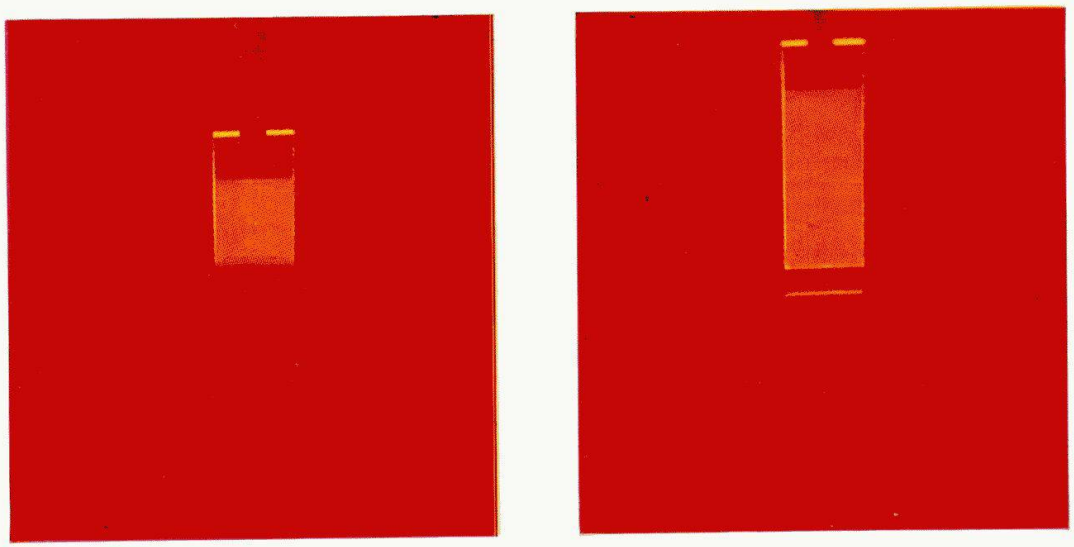
Figur 4

Herstellung einer monomolekularen Farbstoff-Arachidat-Mischschicht durch Spreiten auf eine Wasseroberfläche

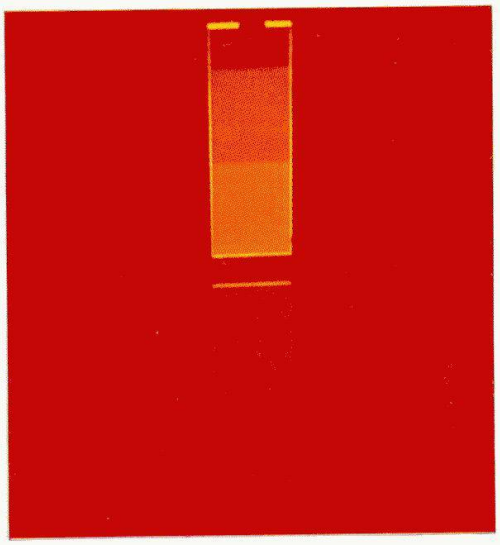


Figur 6

Herstellung von drei verschiedenen Anordnungen einer Schicht von Farbstoff *S* und einer Schicht von Farbstoff *A*. (a) bzw. (b) bzw. (c) Schichten der Chromophore im Abstand von 60 Å bzw. 30 Å bzw. in direktem Kontakt



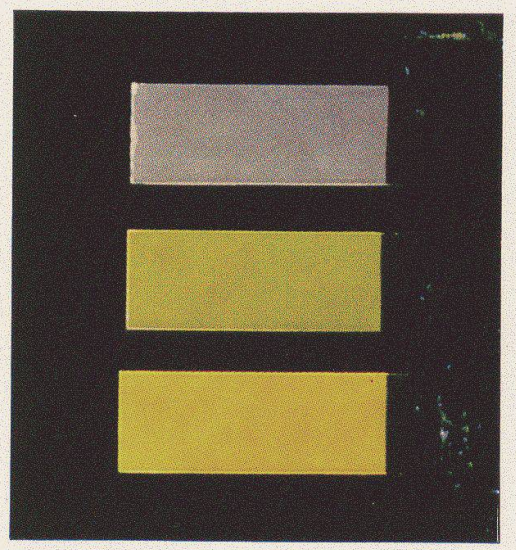
a b



c

Figur 5

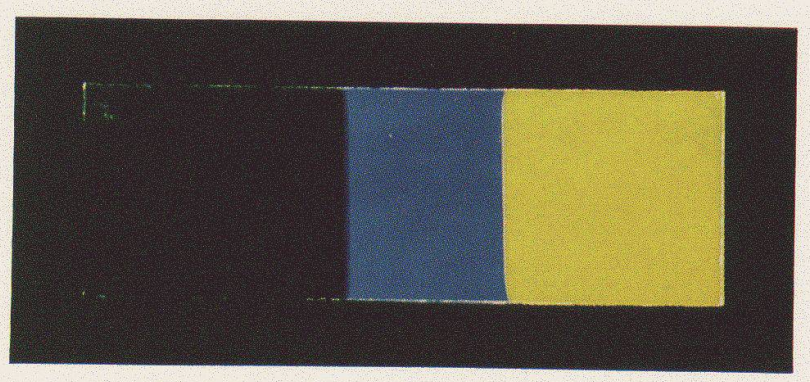
Beschichtung eines Glasplättchens mit einem monomolekularen Film von Farbstoff IV für drei aufeinander folgende Schritte der Herstellung. Im UV-Licht ist die rote Fluoreszenz des Films auf der Wasseroberfläche und auf dem Plättchen deutlich sichtbar



Figur 8

Glasplättchen mit Schichten von Sensibilisator *S* (Farbstoff I) und Akzeptor *A* (Farbstoff II). Die Schichten in Fig. 8a, b, c wurden gemäss Fig. 6a, b, c erhalten. Fluoreszenz bei Erregung von *S* durch Bestrahlen mit UV-Licht (366 nm)

a) Schichten der Chromophore von *S* und *A* im Abstand von 60 Å, vorwiegend blaue Fluoreszenz von *S*
b) Schichten der Chromophore von *S* und *A* im Abstand von 30 Å, blaue + gelbe = grüne Fluoreszenz
c) Schichten der Chromophore von *S* und *A* in direktem Kontakt. Vollständiger Energieübergang von *S* nach *A*, gelbe Fluoreszenz von *A*

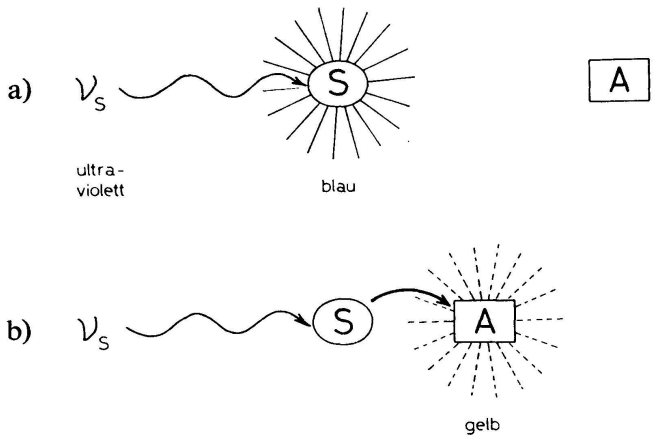


Figur 10

Plättchen mit monomolekularen Schichten von *S* (Farbstoff I) und *A* (Farbstoff II) gemäss Fig. 9. Erregung von *S* durch Bestrahlen mit UV-Licht (366 nm). Links keine Fluoreszenz, Mitte blaue Fluoreszenz von *S*, rechts Energiewanderung von *S* nach *A*, gelbe Fluoreszenz von *A*

Die zweite Anordnung (Fig. 6b) lässt sich so herstellen, dass man einen Träger mit hydrophober Oberfläche (Glasplatte mit Arachidatdeckschicht) in Wasser eintaucht, das einen monomolekularen Film des ersten Farbstoffs trägt. Der Film zieht auf (Schritt 1), wobei die Chromophore gegen das Wasser zu stehen. Die Wasseroberfläche wird nun vom Film befreit, und der Träger wird herausgezogen (Schritt 2). Interessanterweise benimmt sich dieser nun hydrophob, denn beim Eintauchen (Schritt 3) in Wasser, dessen Oberfläche einen Film des zweiten Farbstoffs trägt, zieht eine Schicht dieses Farbstoffs auf. Nach dem Eintauchen des Trägers wird der Film von der Wasseroberfläche entfernt, und danach wird der Träger herausgezogen (Schritt 4).

Die dritte Anordnung ergibt sich so, dass man einen hydrophoben Träger in Wasser taucht, das einen Film des ersten Farbstoffs trägt; er zieht beim Eintauchen auf (Schritt 1); nun entfernt man den Film von der Wasseroberfläche, ersetzt ihn durch einen Film des zweiten Farbstoffs und zieht den Träger aus dem Wasser (Schritt 2), wobei dieser Film aufzieht.



Figur 7

Farbstoffmoleküle *S* und *A*. *S* absorbiert UV-Licht und fluoresziert blau. *A* absorbiert blau und fluoresziert gelb. Erregung mit UV-Licht

a) *S* und *A* in grossem Abstand: blaue Fluoreszenz von *S*

b) *S* und *A* in kleinem Abstand: Energieübergang von *S* nach *A* und gelbe Fluoreszenz von *A*

Überträgt man die eingangs erwähnten Vorstellungen über die Beweglichkeit der Moleküle in den auf Glasplättchen aufgezogenen Fettsäureschichten auf diese Farbstoffschichten, so muss man erwarten, dass die betrachteten Anordnungen sofort durch Diffusions- und Umlagerungsprozesse ineinander übergehen und dass dann zwischen den drei Fällen nicht mehr zu unterschieden ist; beispielsweise ist zu erwarten, dass sich die Anordnung nach Fig. 6b sofort zur Anordnung nach Fig. 6c umordnet.

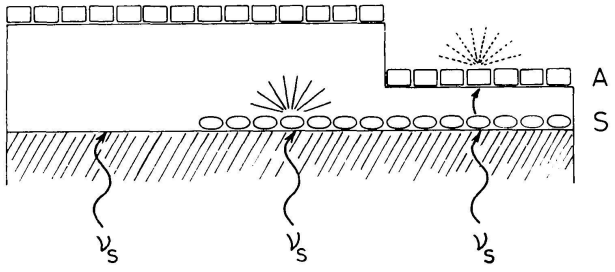
Im folgenden soll gezeigt werden, dass dies nicht der Fall ist, dass also Fig. 6 die tatsächlichen Verhältnisse, wie sich die Schichten monate- und wahrscheinlich jahrelang halten, realistisch wiedergibt (5). Dazu benötigt man einen Massstab, um in den drei Fällen den Abstand zwischen den Schichtebenen der Chromophore messen zu können. Durch den Effekt des Übergangs der Anregungsenergie von einem Sensibilisator-Molekül *S* zu einem Akzeptor-Molekül *A* ist ein solcher Massstab gegeben[1]. *S* soll beispielsweise im Ultraviolett absorbieren und in Blau fluoreszieren, *A* soll im Blau absorbieren und im Gelb fluoreszieren, und es werde mit UV-Licht bestrahlt. Bei grossem Abstand der Moleküle *S* und *A* (Fig. 7a) erscheint die blaue Fluoreszenz von *S*, da *A* im UV nicht absorbiert; bei genügend kleinem Abstand (Fig. 7b) geht die Anregungsenergie von *S* nach *A* und man beobachtet dann die gelbe Fluoreszenz von *A* an Stelle der blauen Fluoreszenz von *S*.

Die drei gemäss Fig. 6 erhaltenen Schichtanordnungen seien mit den Farbstoffen I und II hergestellt; I absorbiert im UV und fluoresziert im Blau, II absorbiert im Blau und fluoresziert gelb, und diese Farbstoffe können daher die Stelle von *S* und *A* in Fig. 7 einnehmen. Es ist nun zu erwarten, dass bei Erregung im UV im Fall von Fig. 6a vorwiegend die blaue Fluoreszenz von *S* (schwacher Energieübergang nach *A*) und im Fall von Fig. 6c die gelbe Fluoreszenz von *A* (100prozentiger Energieübergang) auftritt. Im Fall von Fig. 6b erwartet man einen in beschränktem Mass auftretenden Energieübergang, also eine blau + gelb = grüne Fluoreszenz. Das erwartete Verhalten wird tatsächlich festgestellt (Fig. 8, Tafel S. 250).

Zur weiteren Illustration sei ein Plättchen betrachtet, dessen Aufbau in Fig. 9 im Querschnitt dargestellt ist; links ist nur *A* vorhanden, in der Mitte *S* und *A* in grossem Abstand, rechts *S* und *A* in kleinem Abstand. Es sei wiederum *S* erregt durch Bestrahlen des Plättchens mit UV. Links erwarten wir keine Fluoreszenz, weil *A* nicht absorbiert, in der Mitte die blaue Fluoreszenz von *S* und rechts die Energiewanderung von *S* nach *A* und die gelbe Fluoreszenz von *A*. Dieses Verhalten wird auch beobachtet (Fig. 10, Tafel S. 250). Bei Bestrahlen mit blauem (nicht mit ultraviolettem) Licht wird dagegen eine gleichmässige gelbe Fluoreszenz des ganzen Plättchens festgestellt, da in diesem Fall *A* (nicht *S*) das Licht absorbiert. Diese Methode stellt einen so empfindlichen Massstab für den Abstand der Chromophore von *S* und *A* dar, dass sich sogar die Verlängerung der Paraffinketten um eine CH_2-Gruppe in der Fluoreszenzfarbe bemerkbar macht.

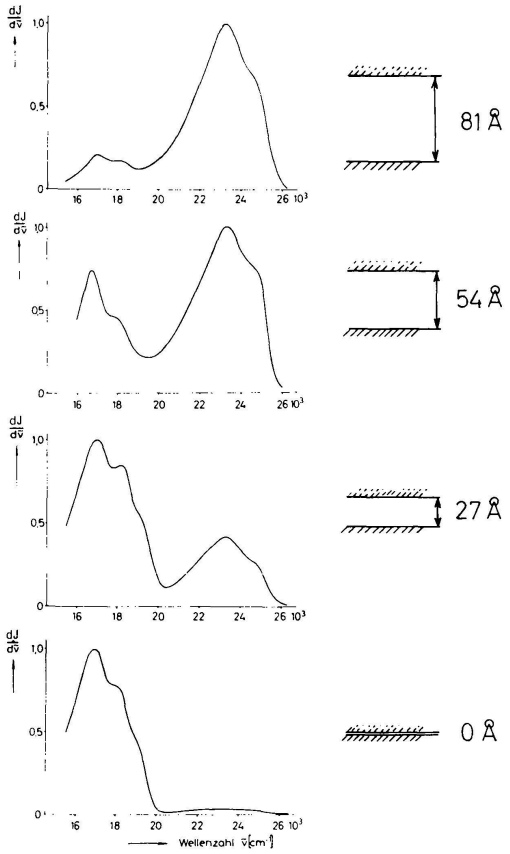
Fig. 11 zeigt die Fluoreszenzspektren (Fluoreszenzintensität gegen Wellenzahl) für Anordnungen mit verschiedenen Abständen zwischen Sensibilisator- und Akzeptorschicht. In den Präparaten mit grösseren Abständen der Schichten von *S* und *A* dient eine entsprechende Zahl

[1] In den unter 6 genannten Arbeiten ist der Energieübergang in Lösung untersucht worden. In den Arbeiten 5, 7, 8 und 9 wurde der Energieübergang durch monomolekulare Schichten untersucht.



Figur 9

Querschnitt durch Glasplättchen mit monomolekularen Schichten der Farbstoffe *S* und *A*. Links *A*, Mitte *S* und *A* in grossem Abstand, rechts *S* und *A* in kleinem Abstand



Figur 11

Anordnungen von Schichten von *S* (Farbstoff I) und *A* (Farbstoff II) in verschiedenen Abständen *d*. Fluoreszenzspektren bei Erregung von *S* durch Bestrahlen des Plättchens mit UV-Licht (366 nm). Mit abnehmendem Abstand *d* nimmt die Fluoreszenzbande von *S* ab und die Fluoreszenzbande von *A* zu

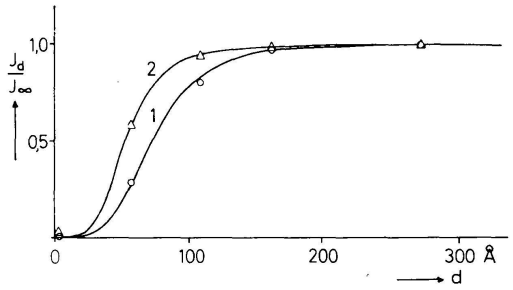


Fig. 12a

Anordnungen von *S* (Farbstoff I und Kadmiumarachidatschichten im Molverhältnis $r_S = {}^1/_{20}$) und *A* (Farbstoff III im Molverhältnis r_A) im Abstand *d*

a) J_d/J_∞ (relative Fluoreszenzintensität von *S*) gegen *d*. Kurve 1 (Kreise) $r_A = {}^1/_{10}$; Kurve 2 (Dreiecke) $r_A = {}^1/_{50}$

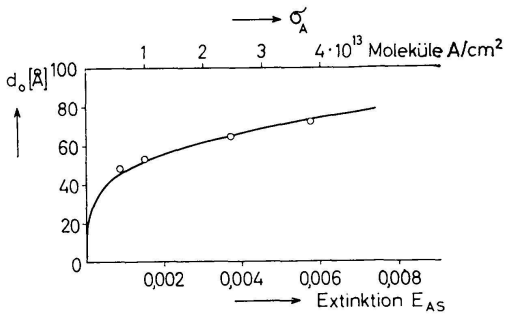


Fig. 12b

b) d_0 (Abstand *d* bei $J_d/J_\infty = {}^1/_2$) gegen σ_A bzw. E_{AS}

Die Kurven ergeben sich aus Gl. (1) und (2)

Kadmiumarachidatschichten als Abstandshalter zwischen S und A, die wie Farbstoffschichten schrittweise auf den Träger aufgezogen werden. Bei grossem Abstand der Schichten von S und A tritt die Fluoreszenzbande von S auf, mit abnehmendem Abstand nimmt sie ab und die Fluoreszenzbande von A wird stärker; sie ist bei direktem Kontakt der Chromophore praktisch allein vorhanden.

Fig. 12a zeigt für das Beispiel S = Farbstoff I, A = Farbstoff III die Intensität J_d der Fluoreszenz des Sensibilisators S gegen den Abstand d von Sensibilisator- und Akzeptorschicht (Kreise bzw. Dreiecke). Die Kurven in Fig. 12a ergeben sich auf Grund der einfachen klassischen Vorstellung, dass das Sensibilisatormolekül als kleine Sendeantenne (Herzscher Dipolstrahler) aufzufassen sei und die Akzeptormoleküle als absorbierende Substanz, die sich im Nahfeld dieser Dipolantenne befindet. Sie folgen der Beziehung

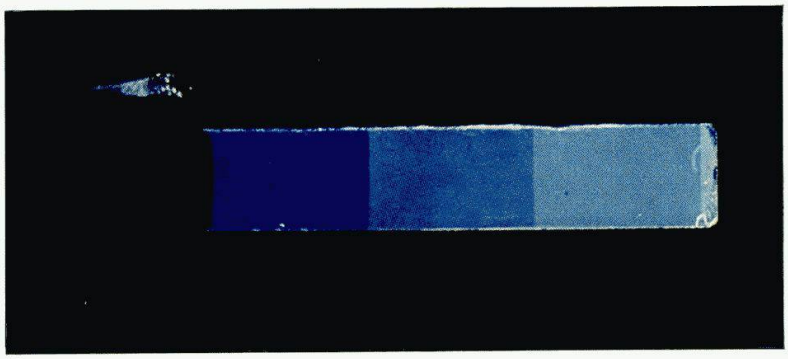
$$\frac{J_d}{J_\infty} = \left[1 + \left(\frac{d_0}{d}\right)^4\right]^{-1} \tag{1}$$

$$d_0 = \alpha\, \lambda_S^*\, q_S^{1/4}\, E_{AS}^{1/4} \tag{2}$$

Darin ist $\lambda_S^* = \lambda_S/n$ die Wellenlänge im Maximum der Fluoreszenzbande von S im umgebenden Medium (Brechzahl n), q_S die Quantenausbeute der Fluoreszenz von S bei Fehlen des Akzeptors, E_{AS} die Extinktion der Akzeptorschicht bei der Wellenlänge λ_S; α ist ein Zahlenfaktor; es ist $\alpha = 0{,}12$, falls S und A in der Schichtebene polarisiert sind, und $\alpha = 0{,}14$, falls S in der Schichtebene polarisiert und A unpolarisiert ist. Dieses Modell führt zu derselben Beziehung für die Abhängigkeit der Fluoreszenzintensität J_d vom Abstand d wie die bekannte von der Konzeption der Resonanz von S und A ausgehende Förstersche Theorie (10) des strahlungslosen Energieübergangs.

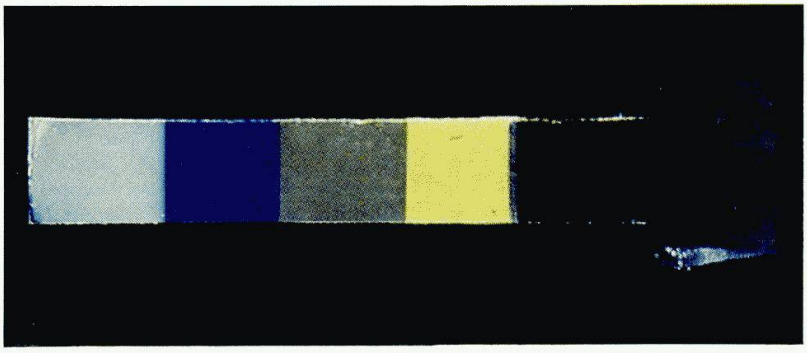
Die Grösse d_0 in Gl. (2) ist der Abstand von Sensibilisator- und Akzeptorschicht, für welchen die Fluoreszenzintensität von S gerade halb so gross ist wie bei grossem Abstand, bei dem also $J_d/J_\infty = \frac{1}{2}$ ist (im Fall von Fig. 12a ist $d_0 = 70$ Å [Kurve 1] bzw. 50 Å [Kurve 2]). Beim Schichtabstand $d = d_0$ gibt also im Mittel jedes zweite angeregte Sensibilisatormolekül seine Anregungsenergie an ein Akzeptormolekül ab. Nach Gl. (2) nimmt d_0 mit zunehmender Extinktion E_{AS} und damit zunehmender Zahl σ_A der Akzeptorfarbstoffmoleküle pro cm² der Schicht zu. Farbstoffschichten mit verschiedenen Belegungsdichten lassen sich leicht herstellen, indem man der Farbstofflösung beim Spreiten auf Wasser (Fig. 4) den erforderlichen Überschuss an Fettsäure zugibt. Für den betrachteten Fall ist in Fig. 12b d_0 gegen σ_A oder E_{AS} aufgetragen. Die experimentellen Punkte liegen ungefähr auf der Kurve, die den Verlauf nach Gl. (2) darstellt.

Es sei erwähnt, dass Gl. (1) nur gilt, solange der mittlere Abstand a_A zwischen benachbarten Akzeptormolekülen kleiner ist als der Abstand d. Ist a_A gross gegen d, so erwartet man, dass die Wahrscheinlichkeit für den Energieübergang unabhängig von d ist und dass auch im Fall



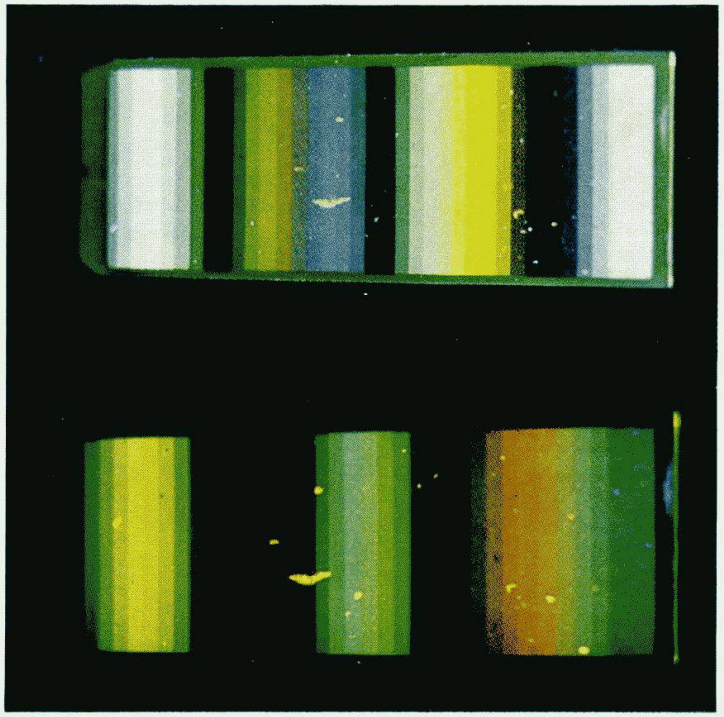
Figur 14

Anordnung von S (monomolekulare Schicht von Farbstoff I) und A (5 Å dicke Goldaufdampfschicht). Die S-Schicht ist von der A-Schicht im Abstand von 54 Å (links), 108 Å (Mitte) und 162 Å (rechts) fixiert. Erregung von S mit UV-Licht. Links fast vollständiger Energieübergang (schwache Fluoreszenz), rechts fast fehlender Energieübergang (starke Fluoreszenz). Mitte beschränkter Energieübergang (mässige Fluoreszenz)



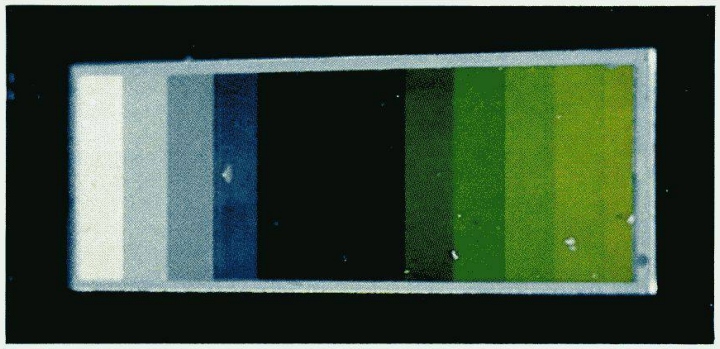
Figur 16

Plättchen mit Schichten von S, A und A' gemäss Fig. 15. Erregung von S durch Bestrahlen mit UV-Licht (366 nm). Erster Abschnitt links: starke Fluoreszenz von S; zweiter Abschnitt: Fluoreszenz von S geschwächt durch Energieübergang $S \rightarrow A$; dritter Abschnitt: Fluoreszenz von S gelöscht durch Energieübergang $S \rightarrow A$, $S \rightarrow A'$, schwache Fluoreszenz von A'; vierter Abschnitt: Fluoreszenz von S gelöscht durch Energieübergang $S \rightarrow A'$, starke Fluoreszenz von A'; fünfter Abschnitt: keine Fluoreszenz, da A' Licht nicht absorbiert



a

b



c

Figur 21

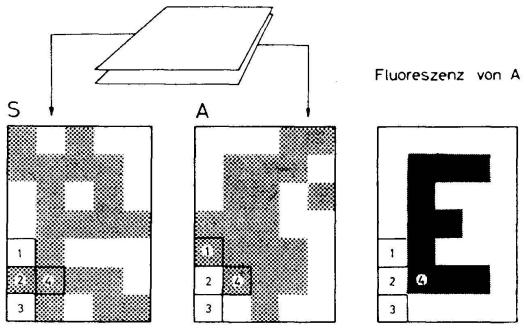
a) und b) Farbphotos der Anordnungen gemäss Fig. 20a und b. Fluoreszenz fehlt an den Stufen, an denen der Farbstoff (Mischung von I und III) an einem Knoten sitzt. c) Farbphoto einer Anordnung gemäss Fig. 20, jedoch mit Stufen aus Arachidat-Doppelschichten (Farbstoff I). Mittlere Stufe fällt auf den ersten Knoten vor dem Spiegel und erscheint schwarz. An den nächst benachbarten Stufen ist bereits deutliche Fluoreszenz bemerkbar

$d = 0$ praktisch kein Energieübergang erfolgt, solange $a_A \gg r_0$ ist, wo r_0 der Abstand zwischen einem S- und einem A-Molekül ist, bei dem der Energieübergang mit 50prozentiger Wahrscheinlichkeit erfolgt. Ist $a_A/3 \simeq r_0$, so sollte im Fall $d = 0$ der Energieübergang mit nur etwa 50prozentiger Wahrscheinlichkeit stattfinden, d. h. im Fall $a_A/3 = r_0$ müsste $J_0/J_\infty \simeq \frac{1}{2}$ sein. $a_A/3$ ist (für $d = 0$) der ungefähre mittlere Abstand eines S-Moleküls von seinem nächsten A-Molekül. Es ist $(a_A/2)^2\, \pi\sigma_A \simeq 1$ und somit $a_A \simeq 2(\pi\sigma_A)^{-1/2}$. Im betrachteten Beispiel ist $r_0 = 50$ Å [1] und somit müsste für

$$\sigma_A = \frac{1}{\pi(a_A/2)^2} = \frac{1}{\pi(3r_0/2)^2} = \frac{1}{\pi(75 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{cm})^2} = 6 \cdot 10^{11}\,\mathrm{cm}^{-2}$$

die Grösse $J_0/J_\infty \simeq \frac{1}{2}$ sein. Tatsächlich nimmt bei der Belegungsdichte $\sigma_A = 5 \cdot 10^{11}\ \mathrm{cm}^{-2}$ die Grösse J_d/J_∞ mit abnehmendem d viel schwächer ab als nach Gl. (1) und geht für $d = 0$ in den Wert $J_0/J_\infty = 0{,}55$ über.

Die Anordnung eines Sensibilisator-Farbstoffmoleküls S und eines Akzeptormoleküls A im bestimmten kleinen Abstand stellt ein Beispiel eines einfachsten organisierten Aggregats von Molekülen dar (Fig. 7). Die Moleküle S und A haben als Ganzes, wenn sie auf dem geringen Abstand festgehalten werden, eine Eigenschaft, die bei keinem der Einzelmoleküle angetroffen wird, nämlich die Eigenschaft, bei Anregung mit UV-Licht gelb zu fluoreszieren. Die Einheit, bestehend aus den zusammenwirkenden Molekülen S und A, ist eine einfache *molekulare Funktionseinheit*, denn sie kann eine Funktion ausüben, die keiner ihrer Teile für sich ausüben kann, ähnlich wie eine Schere mehr ist als die Summe ihrer beiden Hälften.



Figur 13

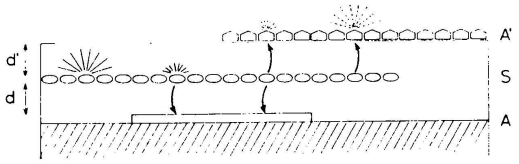
Modell für einfache Informationsverarbeitung. Bei Bestrahlen mit Licht, das von S absorbiert wird, erscheint Fluoreszenz von A nur an den Stellen, wo S und A vorhanden sind

[1] Sind die Übergangsmomente von S und A statistisch in der Molekülebene verteilt, so ist $r_0^6 = \frac{20}{3\pi}\frac{d_0^4}{\sigma_A}$. Im betrachteten Fall ergibt sich nach Fig. 12 für das Beispiel $\sigma_A = 4 \cdot 10^{13}\ \mathrm{cm}^{-2}$ der Wert $d_0 = 70$ Å, und somit folgt der Wert $r_0 = 50$ Å.

Als Funktionseinheit hat ein solches System Eigenschaften eines Schaltelements von molekularer Dimension. Die makroskopischen Schaltelemente, die in einem Computer zur Informationsverarbeitung verwendet werden, haben eine Eigenschaft, die sie zur Selektion bestimmter Fälle befähigt. So ist ein und-Element dadurch charakterisiert, dass es ein Signal im Ausgang nur abgibt, wenn zwei Eingangssignale *S* und *A* da sind, nicht aber, falls *S* oder *A* allein da ist. In der hier betrachteten Funktionseinheit der Farbstoffmoleküle *S* und *A* ist ein und-Element dadurch verwirklicht, dass bei UV-Bestrahlung die gelbe Fluoreszenz nur auftritt, wenn *S und A* da sind; das System kann daher im Prinzip zur Informationsverarbeitung verwendet werden. Wenn den Schichten von *S* und *A* gemäss Fig. 13 Informationsmuster dadurch aufgedrückt werden, dass man die Farbstoffe durch Bestrahlen mit entsprechenden vorgelegten Schablonen ausbleicht und nun *S* anregt, so erscheint die Fluoreszenz von *A* nur an den Stellen, wo *S* und *A* anwesend sind, also im Quadrat 4, nicht aber in den Quadraten 1, 2 oder 3, da im Quadrat 1 *S* fehlt, im Quadrat 2 *A* fehlt und im Quadrat 3 *S* und *A* fehlen. Die Seitenlänge eines solchen Quadrats ist durch die Wellenlänge des Lichts praktisch begrenzt. In dieser Grenze würden 10^{14} Schalter nur 1 cm^3 beanspruchen. Zum Vergleich sei erwähnt, dass die Zahl der Schaltelemente in einem Computer mit bis 10^6, die Zahl der Neuronen im menschlichen Gehirn mit 10^{10} angegeben wird.

An Stelle des gelb fluoreszierenden Akzeptorfarbstoffs *A* kann eine Metall-, z.B. Goldaufdampfschicht als Akzeptor verwendet werden, die eine Dicke von nur einigen Å haben kann. In Fig. 14, Tafel S. 255, ist ein Glasplättchen abgebildet, das auf der ganzen Oberfläche eine gleichmässige Goldschicht trägt, die links mit drei, in der Mitte mit fünf und rechts mit sieben Arachidatschichten bedeckt ist, auf denen sich wiederum eine monomolekulare Schicht des blau fluoreszierenden Farbstoffs I befindet. Das Plättchen ist im UV-Licht photographiert. Links ist die Fluoreszenz des Sensibilisatorfarbstoffs sehr schwach (starke Energiewanderung zum Gold), in der Mitte stärker (mässige Energiewanderung) und rechts noch stärker (praktisch keine Energiewanderung). Die nähere Untersuchung des Systems zeigt, dass auch hier Gl. (1) (2) quantitativ bestätigt werden kann, sowohl bezüglich der Abhängigkeit der Fluoreszenzintensität vom Abstand *d* des Farbstoffs von der Goldschicht, als auch bezüglich der Abhängigkeit von der Dicke der Goldschicht. Die Goldschicht muss also fast molekulare Gleichmässigkeit haben, da das Vorhandensein von Körnern, die eine mit dem Schichtabstand *d* vergleichbare Abmessung haben, das Ergebnis empfindlich beeinflussen würde.

In Fig. 15 ist eine Anordnung im Querschnitt dargestellt, die aus den vorangehend betrachteten Bauelementen zusammengesetzt ist. Auf einem Teil einer Glasplatte befindet sich eine dünne Goldaufdampfschicht *A*, darüber liegen drei Arachidatschichten, die auf einem Teil der Platte von einer Schicht *S* des Farbstoffs I bedeckt ist, und darüber liegt auf einem Teil der Platte eine Schicht *A'* des Farbstoffs II. Die Schichten



Figur 15

Querschnitt durch Anordnung zur Untersuchung der Energiewanderung von Sensibilisator *S* (Farbstoff I) zu zwei konkurrierenden Akzeptoren *A* (Gold) und *A'* (Farbstoff II). Erster Abschnitt links *S*, zweiter Abschnitt *S* und *A*, dritter Abschnitt *S*, *A* und *A'*, vierter Abschnitt *S* und *A'*, fünfter Abschnitt *A'*

sind so angeordnet, dass im ersten Abschnitt links nur *S* vorhanden ist, im zweiten Abschnitt S und *A*, im dritten Abschnitt *S*, *A* und *A'*, im vierten Abschnitt *S* und *A'* und im fünften Abschnitt *A'* allein. Nun wird der Sensibilisator *S* durch Bestrahlen des Plättchens mit UV-Licht angeregt. Das Präparat fluoresziert dann gemäss Fig. 16, Tafel S. 255. Im ersten Abschnitt erscheint die starke blaue Fluoreszenz von *S*, im zweiten Abschnitt ist sie durch die Energiewanderung zum Gold geschwächt, im dritten Abschnitt ist diese Fluoreszenz durch die Energiewanderung zu beiden Akzeptoren völlig gelöscht, dagegen tritt die gelbe Fluoreszenz von *A'* auf, die jedoch nur sehr schwach ist, da das Gold *A* den Hauptteil der Anregungsenergie von *S* übernimmt. Im vierten Abschnitt, wo der Konkurrent von *A'* fehlt, tritt die kräftige gelbe Fluoreszenz dieses Farbstoffs auf. Der fünfte Abschnitt erscheint schwarz, da der das erregende Licht absorbierende Farbstoff *S* fehlt und somit *A'* nicht fluoreszieren kann.

Tabelle 1

d	*d'*	$J_{dd'}/J_\infty$ *exp.*	*theor.*
27 Å	54 Å	0,02	0,02
135 Å	54 Å	0,18	0,21
135 Å	108 Å	0,39	0,40
135 Å	108 Å	0,42	0,43
189 Å	162 Å	0,67	0,70
189 Å	162 Å	0,70	0,72

Die betrachtete konkurrierende Energiewanderung zu zwei Akzeptoren kann quantitativ untersucht werden, indem man die Intensität $J_{dd'}$ der Fluoreszenz des Sensibilisators relativ zur Intensität J_∞ bei Fehlen der Akzeptoren misst. In Tabelle I sind die Werte von $J_{dd'}/J_\infty$ für verschiedene

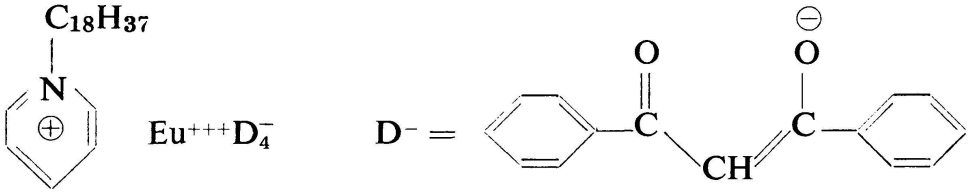
Werte von d und d' (Abstand der Schicht von S und A bzw. A') den theoretischen Werten gegenübergestellt, die sich nach der Beziehung

$$\frac{J_\infty}{J_{dd'}} - 1 = \frac{J_\infty}{J_d} - 1 + \frac{J_\infty}{J_{d'}} - 1 \qquad (3)$$

aus den Werten $\frac{J_d}{J_\infty}$ bzw. $\frac{J_{d'}}{J_\infty}$ der Einzelsysteme S—A bzw. S—A'

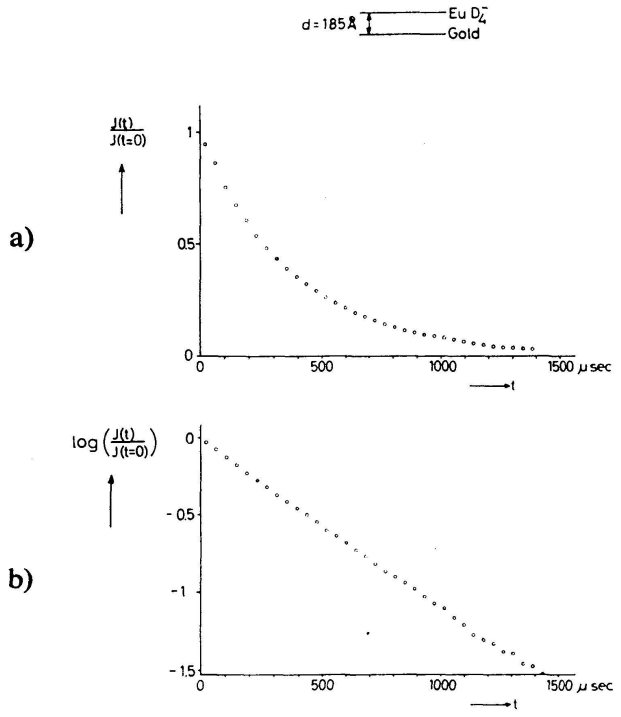
ergeben, mit denen sie gut übereinstimmen.

Die beschriebenen Versuche zeigen, dass die eingangs erwähnten Schwierigkeiten entgegen der Erwartung keine Rolle spielen. Löcher, Diffusion und Umlagerungen müssten sich in einer starken Verfälschung der Abhängigkeit der Fluoreszenzintensität vom Abstand bemerkbar machen. Trotzdem möchte man die Auffassung durch weitere Versuche stützen, bevor man nach dem beschriebenen Baukastenprinzip komplizierter organisierte Anordnungen von Molekülen herzustellen versucht.



IV

Zunächst sei der Abklingvorgang der Fluoreszenz näher untersucht. Durch den Energieübergang von S nach A wird die Fluoreszenz abgeschwächt, da der Energieübergang ein Vorgang ist, der den angeregten S-Molekülen die Energie wegfrisst, und dadurch verkürzt sich auch die Lebensdauer des Anregungszustandes, die durch die Abklingzeit der Fluoreszenz gegeben ist. Dieser Effekt lässt sich im Fall des kräftig rot fluoreszierenden Europiumkomplexes IV einfach untersuchen, da hier die Fluoreszenz eine gut messbare Abklingungsdauer von etwa $^1/_{1000}$ sec hat. Als Akzeptor kann wieder eine dünne Goldschicht verwendet werden. Man erregt den Sensibilisator durch einen Lichtblitz und misst die Fluoreszenzintensität J in Abhängigkeit von der Zeit t nach dem Blitz. Sie nimmt allmählich ab (Fig. 17a). Trägt man den Logarithmus von J gegen die Zeit t auf (Fig. 17b), so liegen die Punkte auf einer Geraden. Daraus kann man schliessen, dass der Fluoreszenzabklingvorgang rein exponentiell verläuft und somit durch eine einzige Abklingzeit zu beschreiben ist. Es folgt, dass jedes Sensibilisatormolekül in praktisch demselben Abstand von der Akzeptorschicht sein muss. Fehlstellen oder Diffusion der Farbstoffmoleküle durch die Schicht müssten sich so auswirken, dass dies nicht mehr der Fall wäre, und die Punkte in Fig. 17b müssten somit auf einer gekrümmten Kurve liegen. Aus der Steigung der Geraden in Fig. 17b ergibt sich die Abklingzeit τ_d.

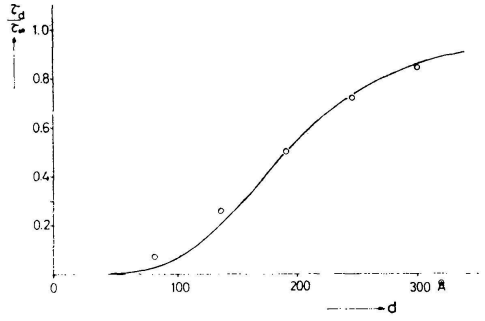


Figur 17

Anordnung von S (monomolekulare Schicht des Eu-Komplexes IV) und A (5 Å dicke Goldaufdampfschicht) im Abstand $d = 185$ Å

a) J (Intensität der Fluoreszenz) gegen t (Zeit nach der Blitzlichtanregung)

b) $\log J$ gegen t



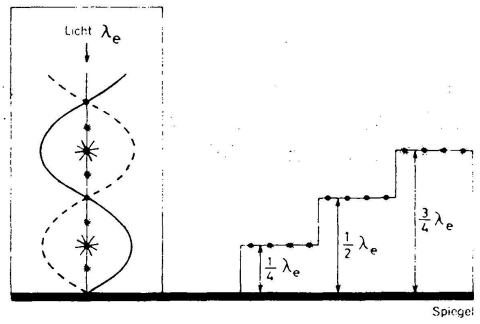
Figur 18

Verkürzung der Abklingzeit der Fluoreszenz von S (monomolekulare Schicht des Eu-Komplexes IV) durch A (Goldaufdampfschicht). τ_d/τ_∞ (τ_d Abklingzeit für Schichtabstand d) gegen d. Experimentelle Punkte und theoretische Kurve

In Fig. 18 ist τ_d/τ_∞ in Abhängigkeit vom Abstand d der Schichten aufgetragen. Die Messpunkte liegen gut auf der Kurve, die das Ergebnis der erwähnten einfachen Theorie darstellt. Danach ist $\tau_d/\tau_\infty = J_d/J_\infty = [1 + (d_0/d)^4]^{-1}$.

Eine andere Möglichkeit zur Untersuchung des Energieübergangs von *S* nach *A*, auf die hier nur hingewiesen sei, ergibt sich durch Messen des allmählichen Ausbleichens des Sensibilisator- und Akzeptorfarbstoffs bei längerem Einstrahlen in die Absorptionsbande des Sensibilisators (9). Sind Sensibilisator und Akzeptor in so grossem Abstand, dass der Energieübergang nicht eintreten kann, so bleicht der Sensibilisator allmählich aus, und der Akzeptor, der kein Licht empfängt, bleibt unverändert. Sind Sensibilisator und Akzeptor in genügend kleinem Abstand, so geht die Anregungsenergie sofort vom Sensibilisator zum Akzeptor über, und die Lichtbeständigkeit des Sensibilisators nimmt daher zu; dafür bleicht der Akzeptor aus, obgleich er das eingestrahlte Licht selber nicht absorbieren kann.

Diesen Effekt kann man ebenfalls ausnutzen, um den Energieübergang quantitativ zu untersuchen, und man findet auch hier Übereinstimmung mit der Theorie. Das Verfahren kann auch verwendet werden, um den Energieübergang zwischen nicht merkbar fluoreszierenden Farbstoffen nachzuweisen, wo die vorher betrachteten Methoden versagen, und eine Reihe solcher Fälle konnten so näher untersucht werden.



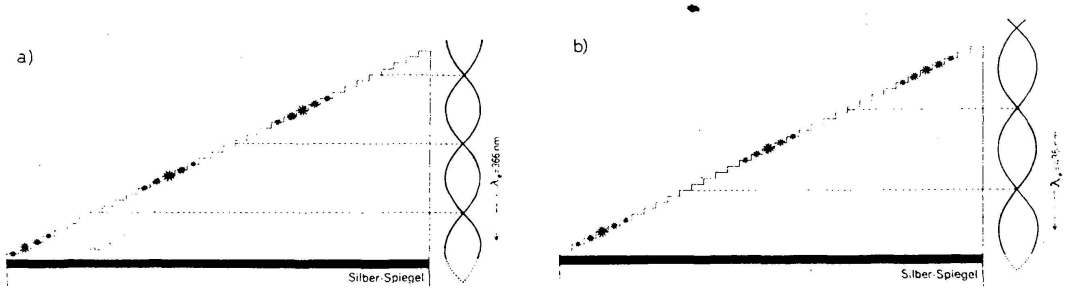
Figur 19

Stehende Lichtwellen vor Spiegel erregen Farbstoffmolekül, das am Wellenbauch sitzt, zur Fluoreszenz. Sitzt das Molekül am Wellenknoten, so tritt keine Fluoreszenz auf

Um die Auffassung weiter zu prüfen, dass in den untersuchten Systemen Diffusion und Löcher keine Rolle spielen, betrachten wir einige Interferenzversuche (5). Beim Auffallen von Licht auf einen Spiegel entstehen davor durch Interferenz von direkten und reflektierten Lichtwellen stehende Wellen (Fig. 19). Drude und Nernst (11) konnten sie nachweisen, indem sie einen fluoreszierenden Stoff in einen kleinen Abstand vor den Spiegel brachten. In den Bäuchen der stehenden Welle leuchtete er auf, in den Knoten nicht. Mit den monomolekularen Schichten können solche Versuche sehr leicht und sehr viel präziser als bisher gemacht werden.

Man dampft auf eine Glasplatte einen Silberspiegel auf und bringt darauf, treppenförmig abgestuft, eine monomolekulare Arachidat-Doppelschicht nach der anderen (Fig. 20). Auf diese Treppe legt man

einen Teppich aus einer monomolekularen Schicht eines fluoreszierenden Farbstoffs. An den Treppenstufen, die auf einen Knoten fallen, tritt keine Fluoreszenz auf, an den Treppenstufen, die auf einen Bauch fallen, ist die Fluoreszenzintensität maximal. In Fig. 21a bzw. b, Tafel S. 256, erkennt man, dass die Knoten bei Einstrahlung von Licht der Wellenlänge 366 nm bzw. 435 nm an den gemäss Fig. 20a bzw. b erwarteten Treppenstufen liegen. In dem Präparat von Fig. 21c ist der Bereich um einen Knoten durch entsprechende Anordnung der Treppenstufen herausgeblendet. Man sieht, dass eine Treppenstufe deutlich dunkler ist als die benachbarten Stufen. Unregelmässigkeiten im Schichtaufbau oder Diffusion durch die Schichten würden sich auf diesen Effekt stark auswirken und ihn weniger ausgeprägt erscheinen lassen.



Figur 20

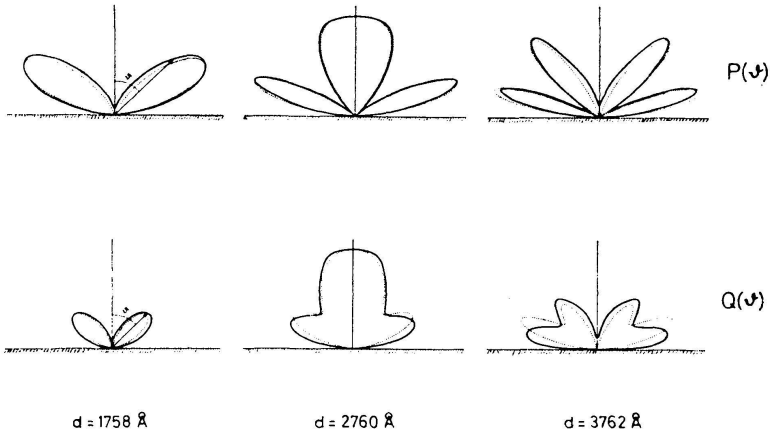
Querschnitt durch Anordnung zur Demonstration der stehenden Lichtwellen vor einem Silberspiegel. Treppenstufen aus Arachidat-Vierfachschichten, die von monomolekularer Schicht eines fluoreszierenden Farbstoffs bedeckt sind. Wellenlänge des einfallenden Lichts $\lambda_e = 366$ nm (a); $\lambda_e = 435$ nm (b)

Die Fluoreszenzfarbe und Intensität ist nicht gleich an jedem Wellenbauch. Das hängt damit zusammen, dass das Fluoreszenzlicht ähnlich wie das einfallende Licht am Spiegel eine Interferenzerscheinung zeigt. Es tritt eine Interferenzverstärkung oder Löschung auf, je nachdem, in welchem Abstand das Molekül vor dem Spiegel steht und unter welchem Winkel die Fluoreszenz des Plättchens beobachtet wird. Der Effekt ist in den verschiedenen Teilen der Fluoreszenzbande verschieden; aus diesem Grund treten in den verschiedenen Abschnitten des Plättchens von Fig. 21 unterschiedliche Farben auf. Interferenzerscheinungen an fluoreszierenden Stoffen, die sich sehr nahe vor einer Spiegeloberfläche befinden, sind schon von Selenyi und von Kossel (12) untersucht worden; mit der Technik der monomolekularen Schichten können solche Effekte nun sehr einfach und mit viel besserer Auflösung als bisher verfolgt werden.

Das Problem des Verhaltens eines fluoreszierenden Farbstoffmoleküls vor einem Spiegel entspricht dem Problem der Ausstrahlung einer Dipolsendeantenne, die in einem bestimmten Abstand über dem leitenden Erdboden steht. In bestimmte Richtungen strahlt die Antenne stark, in andere nicht; das Richtdiagramm (Fluoreszenzintensität in Abhängigkeit vom Winkel ϑ zwischen der Richtung der Normalen auf die Schichtebene

und der Beobachtungsrichtung) ist sehr empfindlich davon abhängig, in welchem Abstand der Sender vom Spiegel steht. Das Richtdiagramm des fluoreszierenden Moleküls kann ausgemessen werden, indem man die Fluoreszenzstrahlung, die in den verschiedenen Richtungen zur Plättchenebene ausgestrahlt wird, auf einen Multiplier fallen lässt. Fig. 22 zeigt die Richtdiagramme für die Schicht des Europiumkomplexes IV in drei verschiedenen Abständen d vor einem Goldspiegel. Im Fall dieses Komplexes ist die Fluoreszenzbande sehr schmal, wodurch die Verhältnisse hier besonders einfach sind. Die experimentellen Kurven sind ausgezogen, die theoretischen punktiert. Im Fall beider Komponenten des Fluoreszenzlichts (Komponente $P(\vartheta)$ bzw. $Q(\vartheta)$, deren elektrischer Vektor senkrecht zur Ebene des Winkels ϑ bzw. in dieser Ebene schwingt) ist eine gute Übereinstimmung von Theorie und Experiment festzustellen[1]. Unregelmässigkeiten im Schichtaufbau würden sich empfindlich auf die Richtdiagramme auswirken. Diese gute Übereinstimmung zeigt auch, dass es sich bei der betrachteten Lumineszenz des Europiumkomplexes um einen elektrischen Dipolübergang handelt. Im Fall eines magnetischen Dipol- oder eines elektrischen Quadrupolübergangs würden sich ganz andere Richtcharakteristiken ergeben. Das Verfahren stellt also eine einfache Methode zur Ermittlung der Natur des Elektronenübergangs dar.

Zur weiteren Kontrolle der Gleichmässigkeit im Schichtaufbau der untersuchten Systeme dienen elektrische Messanordnungen. Man kann

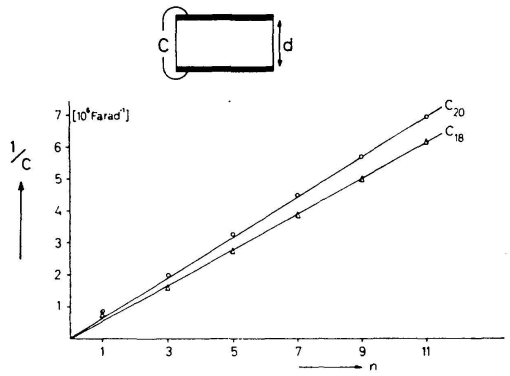


Figur 22

Richtdiagramm der Fluoreszenz (Fluoreszenzintensität als Funktion des Winkels ϑ) des Eu-Komplexes IV im Abstand d vor einem Goldspiegel. Links $d = 1758$ Å, Mitte $d = 2760$ Å, rechts $d = 3762$ Å. Oben Komponente $P(\vartheta)$ mit elektrischem Vektor senkrecht zur Ebene von ϑ, unten Komponente $Q(\vartheta)$ mit elektrischem Vektor in Ebene von ϑ. Experimentell: ausgezogen; theoretisch: punktiert

[1] Die noch ersichtlichen Diskrepanzen zwischen Theorie und Experiment dürften darauf zurückzuführen sein, dass in der Berechnung das Zwischenmedium als isotrop betrachtet wurde, während es in Wirklichkeit doppelbrechend ist.

auf eine Metallaufdampfschicht eine Kadmiumarachidatschicht oder mehrere solcher Schichten legen und darauf eine zweite Metallschicht aufdampfen. Die Kapazität des so gewonnenen Kondensators kann gemessen werden, und dies gelingt erstaunlicherweise auch im Fall einer einzigen Arachidatzwischenschicht. Die Kapazität C eines Plattenkondensators ist bekanntlich durch die Beziehung $1/C = 4\pi\, d/(DF)$ gegeben, wo d der Plattenabstand, F die Fläche und D die Dielektrizitätskonstante des Zwischenmediums ist. Nach dieser Beziehung ergibt sich bei Auftragen von $1/C$ gegen die Zahl n der monomolekularen Schichten die Gerade C_{20} (Fig. 23). Bei Stearat- an Stelle von Arachidatschichten wird die Gerade C_{18} erwartet, die unterhalb der Geraden C_{20} liegt, da hier die Paraffinkette kürzer, $1/C$ somit bei gleichbleibender Zahl n kleiner ist. Die experimentellen Punkte liegen gut auf den Geraden. Die Punkte für $n = 1$ weichen wenig, aber in reproduzierbarer Weise von den Geraden ab. Diese Ergebnisse bestätigen wiederum, dass Unregelmässigkeiten in der Schicht keine grosse Rolle spielen. Man kann an den Platten mehrere Volt anlegen, bevor der Kondensator durchschlägt, und es herrschen dann im Dielektrikum Felder von 10^7 V/cm; das sind Durchschlagsfeldstärken, die in den besten Isolatoren nur wenig überschritten werden.



Figur 23

Querschnitt durch Kondensator aus zwei aufgedampften Metallfilmen, die durch n Kadmiumstearat- (C_{18}-) oder Kadmiumarachidat- (C_{20}-) Schichten getrennt sind. $1/C$ gegen n. Geraden C_{18} und C_{20}: theoretisch; Dreiecke (C_{18}) und Punkte (C_{20}): experimentell

In entsprechender Weise kann man Anordnungen bauen (9), in denen eine oder mehrere Farbstoffschichten zwischen zwei Metallschichten eingebaut sind, und man erhält bei geeigneten Farbstoffen Anordnungen, an denen Photoleitfähigkeit und Photospannungen nachgewiesen werden können. Die Verhältnisse sind hier einfacher als bei den üblichen Halbleitern und Photoleitern, da durch das Vorhandensein eines aus wenigen monomolekularen Schichten bestehenden Zwischenmediums theoretisch besonders übersichtliche Systeme vorliegen.

Die betrachteten optischen und elektrischen Bauelemente können in mannigfacher Weise kombiniert werden, und man hat damit eine Art Baukasten, um einfache, in einer Dimension organisierte Molekülaggregate Schritt für Schritt aufzubauen. Es ist zu erwarten, dass man die beschriebenen Bauteile durch weitere, insbesondere chemische Bauteile ergänzen kann und dass damit stufenweise viel komplexere Systeme als die bisherigen aufgebaut werden können mit interessanteren, durch die Art der Schichtanordnung bedingten Eigenschaften.

Den Mitarbeitern, die diese Untersuchungen durchgeführt haben, den Herren Dr. Drexhage, Dr. Möbius, Dr. Schäfer, Dr. Sperling, Dr. Sondermann, und den Herren Fleck, Tillmann, Beck, Wiegand und Bücher bin ich zu grossem Dank verpflichtet.

LITERATUR

1. *Blodgett K.B.:* J.Am.Chem.Soc. *57*, 1007 (1935); *Langmuir J.* and *Schaefer V.J.:* J.Am.Chem.Soc. *59*, 1406 (1937); *Trurnit H.J.:* Fortschr.d.Chem.organ.Naturst. *4*, 347 (1945).
2. *Singer S.J.:* J.Biological Chemistry *182*, 189 (1950); *Ries H.E., Kimball W.A.:* J.Phys.Chem. *59*, 94 (1955); Nature *181*, 901 (1958); *Ries H.E.:* Scientific American, March 1961; *Ries H.E., Walker D.C.:* J.Coll.Sci. *16*, 361 (1961).
3. *Sobotka H.:* J.Phys.Chem. *62*, 527 (1958); J.Coll.Sci. *11*, 435 (1956).
4. *Langmuir I.:* J. of the Franklin Institute, *218*, 143 (1934), see page 155; *Blodgett K.B.:* J.Amer.Chem.Soc. *57*, 1007 (1935), see page 1012. *Langmuir I.:* Proc.Roy. Soc. (London) A, *170*, 15 (1939), see pages 19, 23.
5. *Bücher H., Drexhage K.H., Fleck M., Kuhn H., Möbius D., Schäfer F.P., Sondermann J., Sperling W., Tillmann P., Wiegand J.:* Molec.Cryst., Issue April 1966.
6. *Förster, Th.:* Z.Elektrochem. *53*, 93 (1949), *64*, 157 (1960); Z.Naturforschung *4a*, 321 (1949); *Galanin M.D., Lewschin L.W.:* J.Exp.Theor.Phys. USSR *21*, 121 (1951); *Watson W.F., Livingston R.:* J.Chem.Phys. *18*, 802 (1950); *Bowen E.J., Brocklehurst B.:* Trans.Faraday Soc. *49*, 1131 (1953); *51*, 774 (1955); *Bowen E.J., Livingston R.:* J.Amer.Chem.Soc. *76*, 6300 (1954); *Bennett R.G.:* J.Chem.Phys. *41*, 3037, 3048 (1964); *Bennett R.G., Schwenker R.P., Kellogg R.E.:* J.Chem.Phys. *41*, 3040 (1964); *Kellogg R.E., Bennett R.G.:* J.Chem.Phys. *41*, 3042 (1964); *Kellogg R.E.:* J.Chem.Phys. *41*, 3046 (1964).
7. *Zwick M.M., Kuhn H.:* Z.Naturforschung *17a*, 411 (1962).
8. *Drexhage K.H., Zwick M.M., Kuhn H.:* Ber.d.Bunsenges.f.physikal.Chem. *67*, 62 (1963).
9. *Barth P., Beck K.H., Drexhage K.H., Kuhn H., Möbius D., Molzahn D., Röllig K., Schäfer F.P., Sperling W., Zwick M.M.:* 2.Internat. Farbensymposium 1964. Verlag Chemie, Heidelberg.
10. *Förster Th.:* Naturwiss. *33*, 166 (1946); Ann.Physik, Leipzig (6) 2, 55 (1948); Disc.Faraday Soc. *27*, 7 (1959); Bull. 18, Inst.of Molecular Biophysics, Florida State University, March 1, 1965.
11. *Drude P., Nernst W.:* Wiedem.Ann. *45*, 460 (1892).
12. *Selenyi P.:* Z.Physik *108*, 401 (1938); *111*, 791 (1939); Phys.Rev. *56*, 477 (1939); *Kossel D.:* Praxis d. Naturwiss. *7*, 44 (1958).

Notices biographiques de membres décédés
de la Société helvétique des sciences naturelles
et listes de leurs publications

Nekrologe verstorbener Mitglieder
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
und Verzeichnisse ihrer Publikationen

Necrologie di soci defunti
della Società elvetica di scienze naturali
e liste delle loro pubblicazioni

Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide

Hans E. Althaus

1893–1964

Am 25. Oktober 1964 verschied in Bern nach langer, schwerer Krankheit, als Folge gesundheitlicher Schäden, die er während seiner Tropenaufenthalte erlitt, Hans Erwin Althaus, Geologe.

Geboren am 9. April 1893 als Sohn des Stationsvorstandes auf dem Brünig, besuchte der Verstorbene die Schulen von Meiringen, Interlaken und Langnau; später das Lehrerseminar Hofwil, um dann kurze Zeit als Lehrer in Oberburg zu wirken.

1915 begann er an der Universität Bern mit dem Geologiestudium und bearbeitete unter der umsichtigen Leitung von Prof. P. Arbenz die Dreispitzgruppe im Berner Oberland. Bereits 1921 steht er im Dienste der Bataafschen Petroleum Maatschappij (BPM) in Tunis als Assistent von Daniel Trümpy und 3 Jahre später, in gleicher Eigenschaft, im Süden Argentiniens. Während seines ersten Europaurlaubes ehelicht Hans Althaus 1926 Fräulein Martha Dürst, und schon im selben Jahre finden wir ihn wieder in Patagonien, jetzt als Chefgeologen der BPM. Nach einem kurzen Aufenthalt in Den Haag folgen als Wirkungsstätten die Karpathen – als Chefgeologe der Astra Romana, 1935–1937 Sumatra für die Shell und 1938 in deren Zentralverwaltung in Holland, wo die Familie vom Kriege überrascht wird und dann auf Umwegen die Heimat erreicht (Dezember 1940).

Bis Ende des Krieges arbeitet der Verstorbene in Bern auf dem Büro für Bergbau. 1946 verreist er für die Shell zum dritten Male nach Argentinien und kehrt 1948 endgültig nach Holland zurück. 1950 tritt er in den wohlverdienten Ruhestand und lässt sich in Bern nieder. Nach einem kurzen Aufenthalt in Strassburg arbeitet Hans Althaus 1957–1961 noch am Institut de Pétrol in Paris, worauf er sich dann gesundheitshalber nach Bern zurückzieht.

Trotz seinen vielen Auslandsaufenthalten blieb der Verstorbene seiner Heimat immer eng verbunden. *K. Louis*



HANS E. ALTHAUS

1893–1964

2

Arnold Heim

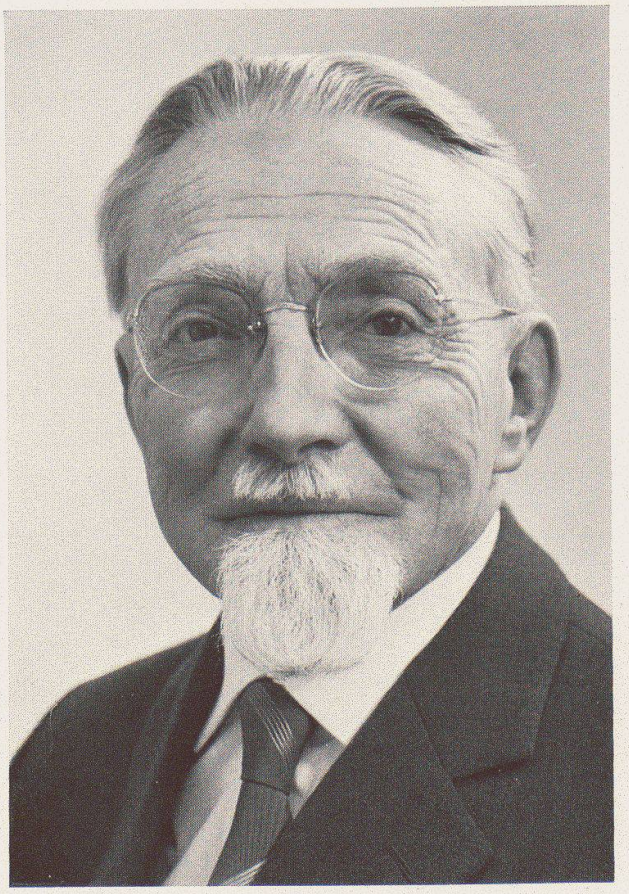
1882–1965

Am 27. Mai 1965 ist Professor Dr. Arnold Heim nach langer Krankheit von uns gegangen. Ein reiches, erfülltes Forscherleben fand damit seinen Abschluss.

Am 20. Mai 1882 in Zürich als Sohn des «Altmeisters» der Geologie, Albert Heim, geboren, entschloss er sich, nach dem Besuch der Schulen in Zürich in die Fussstapfen seines Vaters zu treten und sein Leben ebenfalls der geologischen Forschung zu widmen. 1905 schloss er das Studium an der Universität Zürich ab mit der Dissertation: «Der westliche Teil des Säntisgebirges» als Teil des Werkes seines Vaters über das Säntisgebirge. 1910–1917 folgte die «Monographie der Churfirsten-Mattstockgruppe» in 4 Teilen, mit 32 Tafeln, wovon 4 Spezialkarten und der berühmt gewordenen photographischen Aufnahme des Südabsturzes der Churfirstenkette mit geologischem Ansichtsprofil. Als Ergänzung dieser ausgezeichneten Arbeit, die den Grundstein zu einer neuen stratigraphischen Erforschung der helvetischen Schichtserien bedeutete, dienen die unter Mitarbeit von J. Oberholzer erschienenen geologischen Karten 1:25000 der «Gebirge am Walensee» und der «Alviergruppe».

In minuziöser Detailarbeit gliedert er die Kreidemassen im Gebiet des Walensees nicht nur allgemein stratigraphisch, auch in faziell-lithologischer, mikropaläontologischer und in sedimentpetrographischer Richtung. Anschliessend folgen gleichgerichtete Untersuchungen über die Fähnerngruppe und die helvetische Kreide in Vorarlberg. Einen Aufenthalt in Edinburgh 1909 benutzte er zum Studium rezenter Proben der Challenger-Tiefsee-Expedition zur besseren Möglichkeit der Deutung fossiler Meeressedimente.

Mit den von ihm angewandten neuen Forschungsmethoden, z. B. Anwendung des Mikroskops für petrographische und mikropaläontologische Untersuchung der Sedimente, erfolgte eine bedeutende Ausweitung des stratigraphischen Forschungszweiges, die wichtige Rückschlüsse erlaubte über die Verteilung der helvetischen Sedimentationsräume, über Deckenabwicklungen und damit verbunden eine Förderung der helvetischen Tektonik. Erwähnt seien in diesem Zusammenhang auch das Aufgreifen verschiedener allgemeingeologischer Probleme der marinen Sedimentologie, wie Mangelsedimentation (Kondensation), Bildung von Schichtlücken, subaquatische Erosion und Rutschungen, niedergelegt in der 1924 erschienenen Schrift: «Über subaquatische Denudation und



ARNOLD HEIM

1882–1965

chemische Sedimente». Mit all diesen bahnbrechenden, z.T. revolutionär anmutenden Methoden eilte Arnold Heim seiner Zeit weit voran. Auf die vielen grösseren und kleineren Publikationen, z.T. unter Mitarbeit von Fachgenossen, über geologische Fragen und Probleme der engeren Heimat kann hier nicht eingegangen sein, es sei auf die biographischen Schriften am Schluss verwiesen.

Ausserhalb der Fachwelt ist Arnold Heim besonders bekannt geworden durch seine weiten Reisen. Mit Recht kann er als der am weitesten gereiste Schweizer Geologe bezeichnet werden. In seiner Zeit wuchs ständig der Bedarf an Rohstoffen, wie Erdöl, Erz, Kohle, für die in starker Entwicklung begriffene technische Zivilisation. Für Erdölgesellschaften bereiste er fast alle heute auf der Erde bekannten Ölländer, zuletzt noch Iran und Taiwan, und darf somit als einer der bedeutendsten Pioniere unter der grossen Zahl von Schweizer Geologen bezeichnet werden, die im Dienste ausländischer Ölgesellschaften an der Entdeckung neuer Lagerstätten bis heute gewirkt haben. Nebenbei befasste er sich auch als Experte in Spanien, Marokko, Argentinien und an der Elfenbeinküste für Erzvorkommen.

Neben diesen Reisen im Zusammenhang mit weltwirtschaftlichen Fragen unternahm Heim Forschungsreisen, z.T. aus eigenen Mitteln finanziert, in allen Weltteilen. In unzähligen Veröffentlichungen und Reisebüchern gab er deren Resultate, einesteils für die Fachwelt, anderseits für einen weiteren Leserkreis bestimmt, bekannt. Erinnert sei an «Sommerfahrten in Grönland» (1910 mit M. Rickli), «Afrikaflug» im Wasserflugzeug (1927, mit Mittelholzer und Gouzy), an zahlreiche Veröffentlichungen über unbekannte Gebiete in SW-China während seines Aufenthaltes in Kanton als Professor an der nationalen Sunyatsen-Universität, unter denen das 1939 erschienene Werk «Minya Gonkar» das bekannteste ist, das die Erlebnisse einer mit E. Imhof unternommenen Expedition ins chinesisch-tibetanische Hochland schildert. Weitere grosse Reisen führten ihn nach Russland (Nowaja Semlja), Nord- und Südamerika (Peru, Patagonien, Bolivien usw.), Nord-, West- und Zentralafrika, Ostasien, Indonesien und Australien sowie in den Zentralhimalaja mit A. Gansser. 1950–1952 ist er Chef einer Gruppe von Schweizer Geologen in Teheran für die Iran Oil Co., der die Entdeckung eines neuen grossen Ölfeldes gelang. 1959 besteigt er als 77jähriger anlässlich einer im Auftrag einer Ölgesellschaft ausgeführten Forschungs- und Studienreise durch die Insel Taiwan (Formosa) den 3997 m hohen Yüshan.

So hat sich Arnold Heim als wissenschaftlicher Forscher und sehr geschätzter Experte, speziell auf dem Gebiet der Erdölgeologie, ausserordentliche Verdienste erworben. Als Reiseschriftsteller ist Arnold Heim weit über die Grenzen seiner Heimat hinaus bekannt geworden. Über die seinen immer gut illustrierten Reisebüchern zugrunde liegenden Erlebnisse weiss er in anschaulicher und fesselnder Weise zu erzählen.

Infolge seiner vielen Reisen war ihm eine längere akademische Tätigkeit in der Heimat versagt. Als Privatdozent lehrte er 1908–1911 und 1924–1928 an der ETH und der Universität Zürich.

Arnold Heim interessierte sich nicht nur für sein eigentliches Forschungsgebiet, er war Naturforscher im weitesten Sinne des Wortes. Publikationen über Botanik, Zoologie (speziell Vögel und Flugfragen) und Völkerkunde bezeugen seine grosse Hochachtung vor dem Leben in all seinen Erscheinungen. Dass ihm auch der heimatliche und weltweite Naturschutz am Herzen lag, ist verständlich. Im Werk «Weltbild eines Naturforschers» hat er den Zeitgenossen eine Orientierung gegeben über seine Einstellung zu Lebens- und Weltanschauungsfragen (1942).

Überblickt man das Lebenswerk Arnold Heims, ist man erstaunt, abgesehen von seinen physischen Leistungen (speziell ausseralpine Bergbesteigungen), über seine vielseitige, immer von Begeisterung getragene Forschertätigkeit und sein stetiges Interesse für alle menschlichen Fragen. Sein Leben und Streben und seine Güte gegenüber seinem Nächsten versichert ihn unserer Hochachtung. *H. Suter*

BIOGRAPHISCHE SCHRIFTEN

Heim Arnold: Die naturwissenschaftlichen Arbeiten von Arnold Heim, 1905–1943, Autoreferat mit Verzeichnis der Publikationen. Vjschr. Naturf. Ges. Zürich *89* Beiheft 3 (1944).

Gansser A.: Arnold Heim zum achtzigsten Geburtstag, 20. März 1962. Mit einer Zusammenstellung der Reisen, geologischen Expertisen, wissenschaftlichen Expeditionen, Veröffentlichungen und ausseralpinen Bergbesteigungen. Schweiz. Stiftung für alpine Forschungen, Zürich 1962.

3

Paul Huber

1878–1965

Mit Paul Huber, Chemiker in Vevey, hat die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft einen ihrer Senioren verloren. Er erblickte am 30. März 1878 in Schaffhausen als zweitjüngstes von zehn Kindern des Pfarrers Emanuel Huber und der Katharina geb. Vetter das Licht der Welt. Er war der jüngste Bruder des nach Brasilien ausgewanderten Naturforschers Dr. Jakob Huber, der unter Prof. Emilio Goeldi am Museu Paraense in Belém wirkte und dessen Nachfolger wurde. Im Haus «Bethanien» am Emmersberg verbrachte Paul Huber eine frohe Jugendzeit. Er durchlief die Elementar- und die Kantonsschule in Schaffhausen und bestand 1897 die Matura. Seinem Wunsche, Apotheker zu werden, Folge leistend, absolvierte er ein Praktikum in der Apotheke Dr. Schmid an der Kramgasse in Bern. Leider erwies sich seine beginnende Schwerhörigkeit im Verkehr mit der Kundschaft als hemmend. Deshalb entschloss er sich, an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich Chemie zu studieren. Nach anschliessenden landwirtschaftlichen Kursen schloss er sein Studium im Jahre 1903 ab. Aus einer Zeit schwerer innerer Krise fand er den Weg zurück zu wissenschaftlicher Betätigung. Er arbeitete vorübergehend in den Metallwerken Dornach, in der Eidgenössischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil und im Eidgenössischen Gesundheitsamt in Bern, wo er über 2000 Proben von Gletscherwassern untersuchte.

Im Jahre 1927 trat er in die Firma Nestlé in Vevey ein. Nachdem er einige Jahre unter den Doktoren Bakke und von Fellenberg gearbeitet hatte, kam er 1930 in das chemische Kontrollaboratorium von Dr. Morgenthaler, dem Erfinder des Nescafés, wurde 1934 in dessen Speziallaboratorium übernommen und hatte so Gelegenheit, die ersten Analysen von Nescafé auszuführen. Bei allen seinen Arbeiten leitete ihn ein grosses Pflichtbewusstein und ein unermüdlicher Eifer. Im Laufe des Zweiten Weltkrieges wurde er ein Opfer des Arbeitsmangels. Bei der jungen Gesellschaft «Dental Products» in Vevey fand er ein neues Arbeitsfeld, in das er sich dank seinem umfassenden Wissen rasch einarbeitete. Erst im hohen Alter von über 83 Jahren zog sich Paul Huber in den Ruhestand zurück und hatte nun Musse für seine Liebhabereien, die Astronomie und die Philatelie. Nach kurzem Aufenthalt in der Klinik Mottex bei Blonay ist Paul Huber am 28. Mai 1965 sanft entschlafen. Eine treue

Freundschaft verband ihn bis zu seinem Lebensende mit seinem jüngeren Kollegen Dr. Max Landolt in Vevey, dem wir für seine biographischen Hinweise danken.

Dr. Heinrich Frey-Huber

4

Walter Knopfli

1889–1965

Am 19. Februar 1965 ist Herr Dr. phil. Walter Knopfli kurz nach Vollendung seines 76. Lebensjahres verschieden.

Die Schweiz hat damit einen ihrer führenden Ornithologen verloren, der in glücklicher Weise die Qualitäten eines Forschers mit denjenigen eines Naturschützers in sich vereinigte.

W. Knopfli dissertierte unter Prof. Hescheler am Zoologischen Institut der Universität Zürich mit der Arbeit «Beiträge zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte des Brustschulterskelettes der Vögel»; Vjschr. Naturf.Ges.Zürich *62*, 49–58 (1917), widmete sich eine Zeitlang dem Mittelschulunterricht und war während vieler Jahre 1. Assistent am erwähnten Hochschulinstitut.

Seine Hauptinteressen galten der Vogelwelt der Schweiz und insbesondere der Erforschung der Avifauna des Kantons Zürich. Er war seinerzeit zweifellos der beste Kenner der Vögel von Zürich und Umgebung sowie des ganzen Gebietes Zürichsee-Limmattal. Ungezählte von ihm geleitete oder allein ausgeführte Exkursionen vermittelten ihm einen tiefen Einblick in die faunistischen und ökologischen Verhältnisse seiner Lieblinge, über welche er jahrzehntelang sorgfältige Notizen in Tagebuchform und nach systematischen Gesichtspunkten sammelte und die er dereinst wissenschaftlich auszuwerten gedachte. Leider ist ihm die Erfüllung dieses Planes nicht vergönnt gewesen.

Besonders gefreut hat sich Dr. Knopfli, als ihm von der Eidgenössischen Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei der ehrenvolle Auftrag erteilt wurde, das Werk «Die Vögel der Schweiz», dessen erste Lieferung in seinem Geburtsjahr 1889 unter dem Titel «Katalog der schweizerischen Vögel» erschien, fertigzustellen. Er hat diese Aufgabe durch die Bearbeitung und Herausgabe der noch fehlenden vier Lieferungen (insgesamt 944 Druckseiten umfassend) in den Jahren 1930 bis 1956 mit Bravour gelöst, und es ist ein besonderes, bleibendes Verdienst Knopflis, das Niveau des Werkes beträchtlich gehoben zu haben.

Daneben beanspruchten zahlreiche kleinere Publikationen, Vorträge, Volkshochschulkurse, Expertisen und eine eminente vogel- und naturschützerische Tätigkeit den grössten Teil der Zeit des vielbeschäftigten Junggesellen, der überall, wo er auftrat, begeistert und begeisternd für die Belange der Vogelkunde und des Vogelschutzes eintrat und sich mutig auch



WALTER KNOPFLI

1889–1965

dort einsetzte, wo aus besonderen Gründen die Gewinnchancen gering waren.

W. Knopfli war ein geborener Feldornithologe, dem blosse Artenkenntnis nicht genügte; er suchte, wo immer möglich, nach den Gründen der Vorkommensweisen der Vögel, wobei ihn ökologische Probleme besonders zu fesseln vermochten. Als typisch für seine Arbeits- und Denkweise können etwa seine Studien «Mutmassliche Ausbildung und Geschichte der Vogelgesellschaften des schweizerischen Mittellandes» in Orn.Jahrb. *27*, 1–26 (1916) und «Die Ausbreitung des Girlitz, Serinus canaria serinus (L.), im schweizerischen Mittelland mit besonderer Berücksichtigung des Limmattales und Zürichseetales» in Vjschr. Naturf. Ges. Zürich *83* (1938), Festschrift Karl Hescheler, p. 263–278, gelten. Anlässlich von Reisen nach Finnland und Ungarn konnte Knopfli seine schon reichen Erfahrungen auch jenseits der Landesgrenzen erweitern.

Die hohen Qualitäten des Berufsornithologen führten fast automatisch dazu, dass Dr. Knopfli zahlreiche Mandate übertragen wurden. So war er lange Jahre Präsident (und Ehrenpräsident) der Ornithologischen Gesellschaft Zürich, Präsident des Schweizerischen Landeskomitees für Vogelschutz und der Abteilung Vogelschutz und Vogelliebhaberei der Schweizerischen Ornithologischen Gesellschaft. Im Jahre 1942 berief ihn die Zürcher Regierung als Naturschutzbeamten bei der Direktion der öffentlichen Bauten; in dieser Eigenschaft entfaltete Knopfli eine seinen Fähigkeiten hervorragend entsprechende und eminent verdienstvolle Tätigkeit. Die Quintessenz seiner einschlägigen Arbeiten und Ideen fasste er in einer Schrift «Natur- und Landschaftsschutz im schweizerischen Mittelland und seine Zielsetzung» zusammen.

Dr. W. Knopfli war ein Idealist, der das einmal als gut Erkannte mit wahrer Leidenschaft, ja oft mit Vehemenz vertrat. Seiner sensiblen Natur wegen war es dabei unvermeidlich, dass er zuweilen – wie jedermann – Enttäuschungen erfuhr, die ihn in Depressionen drängten. Die gleiche Natur aber half ihm immer wieder, seine Ziele unverdrossen weiter zu verfolgen. Er hat denn auch mit seiner Beharrlichkeit viele von ihnen, die eines Menschenlebens wahrlich würdig sind, erreicht. *U. A. Corti*

Nekrologe: R. Blass und D. Zimmermann, Orn. Beobachter *62*, 29–32 (1965).

5

Paul Müller

1899–1965

Am 13. Oktober 1965 ist der Chemiker und Nobelpreisträger Dr. phil. Paul Müller nach kurzer Krankheit im Bürgerspital Basel verschieden.

Am 12. Januar 1899 als Sohn eines SBB-Beamten in Olten geboren, verbrachte Paul Müller nach der beruflich bedingten Übersiedlung seines Vaters nach Basel den grössten Teil seiner Jugend- und Schulzeit in dieser Stadt, die ihm zur eigentlichen Heimat geworden ist. Schon in der Schule fühlte er sich von den Naturwissenschaften, speziell von Chemie und Physik, stark angezogen, und frühzeitig bekundete er eine besondere Vorliebe für technische Bastelarbeiten und Experimentierkunst, die ihn bewog, den Schulunterricht zu unterbrechen und zunächst als Laborant im analytischen Labor eines kleinen chemischen Betriebs und dann während eines Jahres im Versuchslaboratorium der Lonza praktisch zu arbeiten. Nach bestandener Maturität studierte Paul Müller an der Universität Basel Chemie bei den Professoren Fichter und Rupe und promovierte 1925 zum Doctor phil. mit einer Dissertation über «Die chemische und elektrochemische Oxydation von as. m-Xylidin und seinem Mono- und Dimethylderivat», die er unter der Anleitung seines von ihm hoch verehrten Lehrers Professor Fichter, mit dem er auch in späteren Jahren freundschaftlich verbunden blieb, ausgeführt hatte.

Anschliessend trat Dr. Paul Müller als wissenschaftlicher Chemiker in die Firma J. R. Geigy A.G. ein und war vorerst auf dem Gerbstoffgebiet tätig, wo ihm die Darstellung einiger neuer synthetischer Gerbstoffe gelang. Als in der Folge Mottenschutz- und Pflanzenschutzmittel in das Forschungsprogramm der Firma aufgenommen wurden, begann er sich 1935 mit dem damals von der synthetisch-organischen Chemie noch wenig beachteten Gebiet der Schädlingsbekämpfung zu beschäftigen. Ein erster Erfolg dieser Arbeit stellte sich mit der Entwicklung eines quecksilberfreien Saatbeizmittels ein, das 1942 in der schweizerischen Landwirtschaft eingeführt wurde, zu einer Zeit, als unsere Versorgungslage mit Getreide äusserst prekär war. Noch während der Saatbeizmittelarbeit wandte Dr. Paul Müller sein Interesse den Insektiziden zu, doch führte die Darstellung einer grossen Zahl von Verbindungen der verschiedensten Stoffklassen vorerst zu keinem Ergebnis. Erst 1939 gelangte er zu einer interessanten chemischen Körperklasse, die er mit der ihm eigenen unermüdlichen Beharrlichkeit – einer Eigenschaft, die er sich in der strengen



PAUL MÜLLER

1899–1965

Schule Professor Fichters erworben hatte – weiterbearbeitete, bis ihm im Herbst 1939 der grosse Wurf gelang, als er durch Kondensation von Chloral mit Chlorbenzol das 4,4'-Dichlordiphenyltrichloräthan, den DDT-Wirkstoff, synthetisierte, eine chemische Verbindung, die bei der Prüfung an Fliegen, Kartoffelkäfern und anderen Insekten eine hervorragende Kontakt- und Dauerwirkung zeigte und alle damals bekannten Produkte weit übertraf. Die von ihm hergestellten chemischen Verbindungen prüfte er in seinem Labor selber an Fliegen, da ihm zu jener Zeit noch kein biologisches Laboratorium zur Verfügung stand.

Die auf der Grundlage von Dichlordiphenyltrichloräthan aufgebauten Insektizide wurden noch während des Zweiten Weltkriegs, vor allem aber in den ersten Nachkriegsjahren zur Bekämpfung von schädlichen Insekten in der Landwirtschaft und Hygiene weltweit angewandt. Sie finden auch heute noch vielseitige Verwendung, vor allem im Kampf gegen die Malaria, wo die DDT-Präparate bei den von der Weltgesundheitsorganisation durchgeführten Kampagnen gegen die Anophelesmücken, die Überträger der Malaria, in grossem Ausmass eingesetzt werden, wodurch jährlich Millionen von Menschen vor dieser einst so gefürchteten Weltseuche geschützt werden.

In einer 1946 publizierten grundlegenden Arbeit untersuchte Dr. Paul Müller an einer grossen Zahl isomerer und homologer Verbindungen des DDT-Wirkstoffs die Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und insektizider Wirkung. Er konnte dabei zeigen, dass im allgemeinen kein Zusammenhang zwischen der von anderen Autoren postulierten Salzsäureabspaltung aus der DDT-Molekel und der insektiziden Wirkung besteht. Aus diesem Befund zog er den Schluss, dass die biologische Wirkung nicht zu einzelnen Teilen des Moleküls in Beziehung gesetzt werden kann, sondern dass jede chemische Verbindung ein Individuum darstellt, dessen charakteristische Wirkung auf seiner Ganzheit beruht. Mit dieser Ansicht hat Dr. Paul Müller bis auf den heutigen Tag recht behalten; denn alle seither aufgestellten Theorien brachten keinen endgültigen Aufschluss über den Wirkungsmechanismus der DDT-Substanz im Insektenorganismus. In Würdigung seiner wissenschaftlichen Arbeiten zur Auffindung der kontaktinsektiziden Wirkung der DDT-Substanz erhielt er 1948 den Nobelpreis für Physiologie und Medizin.

Auch später blieb Dr. Müller bis zu seiner Ende 1961 erfolgten Pensionierung auf dem Insektizidgebiet unablässig tätig. Als stellvertretender Leiter der Schädlingsbekämpfungs-Forschung zog er die Arbeit des wissenschaftlichen Laborchemikers allen anderen Funktionen vor. Trotz der Verleihung des Nobelpreises und anderer wissenschaftlicher Ehrungen, die ihm in reichem Masse zuteil wurden, ist Dr. Paul Müller immer ein bescheidener und schlichter Mensch geblieben, der lieber in der Stille seines Laboratoriums wirkte, als dass er sich im Rampenlicht der Öffentlichkeit zeigte. Wohl ist er in seinem tiefen Pflichtbewusstsein den an ihn ergangenen Anfragen, Vorträge an wissenschaftlichen Kongressen zu halten, gefolgt; doch lag ihm diese Seite seiner wissenschaftlichen Tätigkeit weniger. Regelmässig hat er jedoch an den Tagungen der Nobelpreis-

träger in Lindau teilgenommen, da ihn die grossen Probleme der Naturwissenschaften lebhaft interessierten. Mehrere Male hielt er auch in diesem illustren Kreise einen Vortrag aus seinem Arbeitsgebiet.

Die wissenschaftliche Leistung Dr. Paul Müllers hat in enormem Masse befruchtend auf die ganze Schädlingsbekämpfung gewirkt und diesen einst vernachlässigten Zweig der angewandten Chemie recht eigentlich zum Erblühen gebracht. Wenn heute die Schädlingsbekämpfung zu einem wissenschaftlich und industriell gleicherweise faszinierenden Gebiet geworden ist, auf dem unzählige Chemiker, Biologen und Mediziner in aller Welt tätig sind, so ist das in erster Linie den grundlegenden chemischen Arbeiten Dr. Paul Müllers über die synthetischen Kontaktinsektizide zu verdanken. Damit hat sich Dr. Paul Müller nicht nur um die Entwicklung der Firma Geigy grosse Verdienste erworben, sondern auch der schweizerischen industriellen Forschung im Ausland zu hohem Ansehen verholfen und somit gleichzeitig der Wissenschaft unseres Landes gedient. Seine Pionierleistung bildet nicht zuletzt auch für die heutige Generation junger Wissenschafter Ansporn und Verpflichtung, weil sie zeigt, dass auch in unserer Zeit des Spezialistentums die zielbewusste, beharrliche Arbeit eines Einzelnen zu einem epochemachenden Fortschritt führen kann. Gerade die Förderung der jungen Wissenschafter lag Dr. Paul Müller besonders am Herzen; so hat er in grosszügiger Weise aus dem Ertrag des Nobelpreises den Grundstock eines Fonds zur Ausbildung und Weiterbildung von jungen Naturwissenschaftern gestiftet.

Seit 1949 war er Ehrenmitglied der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

Die Freude am Experimentieren veranlasste Dr. Paul Müller, sich in seinem Haus in Oberwil bei Basel ein Privatlaboratorium einrichten zu lassen, um auch nach dem Rücktritt von der aktiven Tätigkeit chemisch weiterarbeiten zu können. Als grosser Naturfreund war er ein begeisterter und geschickter Amateurphotograph, der seine Filme im eigenen Photolabor zu entwickeln pflegte. Entspannung von der Arbeit und mannigfache Anregung fand er in einem glücklichen Familienleben im Kreise seiner Kinder und Grosskinder. In der Erinnerung seiner ehemaligen Mitarbeiter wird er nicht nur als vorbildlicher Wissenschafter, sondern auch als gütiger und liebenswürdiger Mensch fortleben. *M. Spindler*

VERÖFFENTLICHUNGEN VON DR. PAUL MÜLLER

1. (*mit P. Läuger* und *H. Martin*) Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentötenden Stoffen. Helv.Chim.Acta *27*, 892 (1944).
2. Über Zusammenhänge zwischen Konstitution und insektizider Wirkung. Helv. Chim.Acta *29*, 1560 (1946).
3. Relations entre la constitution chimique et l'action insecticide dans le groupe du Dichlorodiphényltrichloréthane et Dérivés apparentés. Compte-Rendu du Premier Congrès International de Phytopharmacie. Héverlé 1946, p. 97.

4. Dichlordiphenyltrichloräthan und neuere Insektizide. Nobel-Vortrag, gehalten am 11. Dezember 1948. Les Prix Nobel en 1948, Stockholm 1949, Kungl. Boktryckeriet P. A. Norstedt u. Söner.
5. Physik und Chemie des Dichlordiphenyltrichloräthans. Ergebn. Hyg. Bakt. Immunitätsforsch. exper. Therap. *26*, 8 (1949).
6. DDT and the newer insecticides. Proceedings of the 2nd International Congress of Crop Protection, London 1949.
7. (mit *M. Spindler*) Die Chemie der Insektizide, ihre Entwicklung und ihr heutiger Stand. Experientia *10*, 91 (1954).
8. Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Schädlingsbekämpfung. Beitrag in Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, 3. Auflage, 5. Band, Seite 477–486. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1954.
9. Physik und Chemie des DDT-Insektizides in DDT, das Insektizid Dichlordiphenyltrichloräthan und seine Bedeutung, Vol. I. Birkhäuser-Verlag Basel und Stuttgart 1955.
10. Verwendung der Antibiotica im Pflanzenschutz und im Vorratsschutz. Antibiotica et Chemotherapia *6*, 1–40. Verlag S. Karger, Basel/New York, 1959
11. Zwanzig Jahre wissenschaftlich-synthetische Bearbeitung des Gebietes der synthetischen Insektizide. Naturwissenschaftliche Rundschau *14*, 209 (1961).
12. Schädlingsbekämpfung; Insekticide und andere Insektenbekämpfungsmittel. Beitrag in Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, 3. Auflage, 15. Band, Seite 103–131. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1964.

6

Prof. Hans Pallmann

1903–1965

Der verstorbene Präsident des Schweizerischen Schulrates, Prof. Hans Pallmann, kam am 21. Mai 1903 in Frauenfeld zur Welt. Er ist somit nach den erfolgreichen Präsidenten Kern und Kappeler der dritte Thurgauer Bürger, der dieses 1854 mit der Gründung des Eidgenössischen Polytechnikums geschaffene höchste Amt im schweizerischen Hochschulwesen bekleidet hat. Nach dem sehr frühen Tode seiner beiden Eltern nahm ihn seine Tante mütterlicherseits zu sich nach Wädenswil, wo er die Primar- und die Sekundarschule durchlief. Später wurde er zur Festigung seiner Gesundheit in die Kantonale Landwirtschaftsschule Cernier (Neuenburg) geschickt. Dort begeisterte er sich vor allem für die naturwissenschaftlich orientierten Fächer und bestand das Schlussdiplom mit Auszeichnung.

Von Cernier kehrte er an den Zürichsee zurück, um sich an der «Juventus» Zürich auf die Maturität vorzubereiten. In jener Zeit entwickelte sich mit seinen Wädenswiler Kameraden Alberto Ferrari, dem angehenden Arzte, und Heinrich Funk, dem späteren Organisten, eine innige Freundschaft, die durch alle Lebenslagen bis auf den heutigen Tag in seltener Harmonie erhalten blieb. Während des folgenden Studiums stiessen weitere Gefährten, die sich durch das kameradschaftlich hilfreiche Wesen und das fröhliche Naturell Hans Pallmanns angezogen fühlten, zu seinem Freundeskreis.

Zu seinen Wädenswiler Schulkameraden gehörte auch Tildy Vogt, seine künftige Ehegefährtin. Der Ehe entsprossen drei Söhne, denen ihr Vater herzlich zugetan war und denen er alles zu geben trachtete, was er selbst als Waise hatte entbehren müssen.

Im Jahre 1922 trat Hans Pallmann in die Eidgenössische Technische Hochschule ein. Er beabsichtigte, Landwirtschaft zu studieren, doch veranlassten ihn seine Lehrer, Prof. Wiegner und Prof. Schröter, die seine besonderen Fähigkeiten früh erkannten, in die Abteilung für Naturwissenschaften überzutreten. Dort diplomierte er 1927 als Naturwissenschafter und wurde dann Assistent bei seinem verehrten Förderer Prof. Wiegner am Institut für Agrikulturchemie, wo er 1929 promovierte. Er widmete sich vor allem der neuen aufstrebenden Wissenschaft der Bodenkunde, auf welchem Gebiete er sich bald einen internationalen Namen erwarb; so trat er in die akademische Laufbahn ein, die steil und sehr glanzvoll

verlief: 1932 habilitierte er sich für Bodenkunde, 1935 lehnte er einen Ruf nach Königsberg ab und wurde dafür zum ausserordentlichen Professor der ETH ernannt. 1936 wählte ihn der Bundesrat zum ordentlichen Professor und zum Vorsteher des Institutes für Agrikulturchemie der ETH. 1942 bis 1946 amtete er als Vorstand (Dekan) der Abteilung für Landwirtschaft, 1947 bis 1949 als Rektor der ETH und seit 1949 (17 Jahre) als Präsident des Schweizerischen Schulrates.

Die Vorlesungen, die der Privatdozent für Bodenkunde hielt, zeichneten sich durch Originalität, glänzende, bei Wiegner erlernte Didaktik, Übersichtlichkeit und erfrischende Heiterkeit aus. Der Zulauf der Studierenden war erstaunlich; dies muss besonders hervorgehoben werden, da ja die Studenten der ETH wegen ihrer mit obligatorischen Fächern schwer belasteten Lehrpläne kaum Zeit für zusätzliche Vorlesungen finden und daher nur begnadete Lehrkräfte als Privatdozenten einen solchen Erfolg zu erzielen vermögen. Das offenkundige Lehrtalent führte zu seiner unbestrittenen Wahl als Nachfolger des in den besten Jahren verstorbenen Prof. Wiegner. Der junge Institutsvorsteher war aber auch ein erfolgreicher Forscher, und er baute mit zahlreichen Mitarbeitern eine von ihm geprägte Schule für Bodenkunde auf. Auch auf dem Gebiete der Pektinforschung und der Lebensmittelchemie setzte er Schüler und Doktoranden ein.

Als Vorstand der landwirtschaftlichen Abteilung führte er die agrotechnologische Studienrichtung ein. Bisher hatten die in der Schweiz tätigen Brauerei- und Gärungsingenieure im Ausland studiert. Durch den Krieg wurde dies verunmöglicht, und es handelte sich darum, Gelegenheit für ein solches Spezialstudium in der Schweiz zu schaffen. Dies war nur durch Überwindung stark verwurzelter konservativer Meinungen möglich, die das bisherige Studium auf vielseitiger, breiter Grundlage hochhalten wollten. In diesen Auseinandersetzungen hat sich Pallmann als vorausschauender Pionier erwiesen, indem 20 Jahre später im Zuge der überall notwendig gewordenen Spezialisierung Vertiefungsrichtungen in Pflanzenbau, Tierzucht und Betriebswirtschaft eingeführt werden mussten.

Bei den schwierigen Beratungen über die Lehrplanreform trat das ausgesprochene Verhandlungs- und Organisationstalent des Initianten in Erscheinung. Der Schulrat betraute ihn daher mit der Planung des Um- und Neubaus der land- und forstwirtschaftlichen Gebäulichkeiten sowie mit den delikaten Raumzuteilungen an die verschiedenen Institute, und die Konferenz der Professoren (Senat) erkor ihn zum Rektor der Hochschule. Dies war der Auftakt zu seinem Aufstieg zum Schulratspräsidenten, denn der abtretende Präsident, Prof. A. Rohn, wünschte diese dynamische Kraft als seinen Nachfolger zu gewinnen, und er überzeugte Hans Pallmann von der Notwendigkeit, seine erfolgreiche Lehr- und Forschungstätigkeit aufzugeben, um den weiteren Ausbau der ETH und des schweizerischen Hochschulwesens an die Hand zu nehmen. Bei seinem Rücktritt äusserte sich Prof. Rohn, er sei glücklich, seine Arbeit in die Hände eines so fähigen jungen Kandidaten zu legen, dem überdies die Gabe des Humors bei seinen Geschäften eine Hilfe sein werde.

Als wir unseren Kollegen zu seiner ehrenvollen Wahl beglückwünschten, ahnten nur wenige, was dieses Amt im Zeichen der explosionsartigen Entwicklung der Technik, des Verkehrs, der Landesplanung, der Hochkonjunktur, der Nachwuchsprobleme, der Hilfe an unterentwickelte Länder, des Gewässerschutzes (um nur die dringendsten der die Hochschulen umgestaltenden Aufgaben zu nennen) mit sich bringen werde. Die Behandlung all dieser Probleme türmte sich auf das bereits vollgerüttelte Mass der bisherigen Arbeit der Schulratspräsidenten. Unter der Ägide von Prof. Rohn waren zwei Dutzend neue wissenschaftliche Institute an der ETH gegründet worden, und der moderne Unterricht in Reaktortechnik, Elektronik, Kybernetik, Elektronenmikroskopie, Biophysik, Molekularbiologie usw. verlangte eine beschleunigte Fortführung dieser lebensnotwendigen Expansionspolitik. Für die damit verbundenen, von allen Seiten anstürmenden Forderungen muss der Präsident ein offenes und kritisches Ohr bewahren. Das seinerzeit von Pallmann für die Stellung seines Vorgängers geprägte Bonmot: «Alle Wege führen nach – Rohn», konnte er nun am eigenen Leibe erfahren. Dazu kam eine Verdoppelung der Zahl der Studierenden, so dass nicht nur für die Forschung, sondern auch für den Unterricht zusätzliche Kräfte eingestellt werden mussten. Um diesen Bedürfnissen zu begegnen, hat Präsident Pallmann in der Zeit von 1951 bis 1966 zu den 95 Professoren, die es 1949 an der ETH gab, 91 neue Professuren geschaffen.

Diese Entwicklung führte auf dem Areal der ETH zu einer unerträglichen Raumnot, der durch Ausbau der bestehenden Gebäulichkeiten, durch Neubauten und durch Dezentralisierung begegnet wurde. Die verschiedenen Versuchsanstalten, die dem Schulratspräsidenten unterstellt sind, dislozierte er nach Birmensdorf, Dübendorf und Würenlingen, und für den Ausbau der Hochschule erwarb er ein Areal von 46 ha auf dem Hönggerberg, wo nach seinem weitschauenden Plane bis zum Ende des Jahrhunderts neben Studentenhäusern sich die Abteilungen für Physik, für Architektur, für Land- und Forstwirtschaft sowie die biologischen Laboratorien der Abteilung für Naturwissenschaften frei entfalten und durch ihren Wegzug aus ihren jetzigen Lokalitäten den Stammsitz der ETH entlasten sollen.

Dieses grosszügige Projekt wurde aus Kreisen des kommunalen Wohnungsbaues, die das Areal ebenfalls beanspruchten, in den eidgenössischen Räten heftig bekämpft, wie wenn der soziale Wohnungsbau für die Studenten weniger wichtig als für andere Bevölkerungskreise wäre. Fast gleichzeitig eröffneten wissenschaftlich tätige Übersee-Schweizer eine Kampagne, die unser Hochschulsystem verurteilte. Obschon sich diese Kritik in vielen Hinsichten mehr auf die kantonalen Universitäten bezog, musste sich unsere oberste schweizerische Hochschulbehörde doch angegriffen fühlen, und ihr Präsident, der die Probleme stets auf dem Wege der Verhandlungen und der Wegschaffung von Missverständnissen zu lösen suchte, sah sich für die Riesenarbeit, die er der Hochschule und dem Lande täglich leistete, durch die Entfachung einer Polemik in der Sensationspresse schlecht belohnt.

In jene belastende Zeit (um 1958) fiel seine erste grössere Herzattacke. Obschon er nun von allen Seiten bestürmt wurde, seine Kräfte zu schonen, sich beurlauben zu lassen und Teile seiner Arbeit zu delegieren, blieb sein Arbeitsstil, der durch Nacht- und Sonntagsarbeit gekennzeichnet war, im wesentlichen unverändert. Auch pflegte er, schon während seiner Studienzeit, zu sagen, dass ihm wegen eines Herzklappenfehlers voraussichtlich nur ein kurzes Leben beschieden sei und dass es daher gelte, die Ernte einzubringen, solange es Zeit sei.

Seine Gewissenhaftigkeit verbot ihm, irgend etwas nur summarisch zu behandeln. Die zehn zum Teil buchartigen Botschaften, die er für den kostspieligen Ausbau der ETH an den Bundesrat und die Bundesversammlung richtete, sind Musterbeispiele klarer Darstellung der Bedürfnisse und sorgfältigster Begründung und Berechnung der benötigten Mittel. Wer je an einer Sitzung der unzähligen Gremien teilnahm, die er zu präsidieren hatte, sei es im Schulrat, in einem der Stiftungsräte der zahlreichen ETH-Fonds, in den Aufsichtskommissionen der verschiedenen Versuchsanstalten oder in den eidgenössischen Kommissionen für Entwicklungshilfe, für Gewässerschutz oder für Landesplanung, konnte feststellen, wie jeder Verhandlungsgegenstand restlos durchdacht und in jeder Beziehung abgeklärt zur Beschlussfassung vorgelegt wurde.

Die gleiche Sorgfalt wendete er in den viel subtileren Personenfragen auf, bei seiner Gutachtertätigkeit als schweizerischer Forschungsrat und vor allem bei den 170 Berufungen und Professorenwahlen, die in seine Amtsperiode fielen. Bei ihm lag die ganze Verantwortung für die Erkürung des als Lehrer und Forscher fähigsten und für die Entwicklung der kommenden 30 Jahre aussichtsreichsten Kandidaten durch den Schulrat. Die Abteilungen (Fakultäten) können sich ja nur beratend, nicht aber entscheidend zu den Wahlen äussern. Die ganze Zukunft der Hochschule liegt deshalb in den Händen des Präsidenten, und diese Verantwortung muss eine sensible Natur, wie sie Hans Pallmann eigen war, in vielen Fällen schwer belasten. So häufte sich im Laufe der Jahre physischer und seelischer Druck, dem seine Konstitution auf die Dauer nicht gewachsen war, so dass er am 13. Oktober 1965 aus dem Schlafe nicht mehr erwacht ist.

Die Eidgenössische Technische Hochschule und die ganze Schweiz haben in Hans Pallmann einen hervorragenden Magistraten verloren, der die Entwicklung unserer Hochschule auf Jahre hinaus nach der von ihm erarbeiteten Konzeption geprägt hat. Er war wohl der letzte Schulratspräsident, der alle Sparten einer sich stets ausweitenden Administration bis in alle Einzelheiten beherrschte und verfolgte. Dank seinem erstaunlichen Gedächtnis kannte er nicht nur alle Dozenten, sondern auch die Beamten der Annexanstalten und das ältere Personal der Laboratorien, Werkstätten und Gewächshäuser, und er interessierte sich stets persönlich für ihr Fortkommen. In seiner Nähe fühlte man eine wohlwollende Sympathie, und gleichzeitig musste man seine aussergewöhnliche Auffassungsgabe bewundern, mit der er die grossen Zusammenhänge sofort erkannte und in hohem Gedankenflug die richtigen Schlüsse für die Zukunft zog.

Heute trauern alle, die den Schulratspräsidenten Hans Pallmann persönlich gekannt haben, um einen liebenswerten Menschen, und das ganze Land beklagt den Tod einer markanten Persönlichkeit, die sich für ein hohes nationales Ziel im wahren Sinne des Wortes aufgeopfert hat.

A. Frey-Wyssling

7

Marcelle Vallette

1902–1965

Fille de médecin, petite-fille du célèbre chirurgien Jacques Reverdin, qui fut aussi un lépidoptérologiste connu et un excellent biologiste, Marcelle Vallette devait tout naturellement se tourner vers les études scientifiques. Elle fit toutes ses études à la Faculté des sciences de l'Université de Genève; licenciée ès sciences physiques et naturelles en 1924, elle entreprenait immédiatement une thèse de doctorat en zoologie expérimentale, sous la direction du Professeur E. Guyénot. A cette époque déjà lointaine, le laboratoire de zoologie expérimentale venait d'être aménagé dans une villa du chemin Sautter. Mademoiselle K. Ponse, professeur d'endocrinologie, alors jeune assistante, assumait la responsabilité d'apprendre les techniques de laboratoire et de diriger les recherches d'une demi-douzaine de doctorants à peine moins âgés qu'elle. Avec un «patron» aussi brillant que le Professeur Guyénot, qui, si il ne ménageait pas les critiques, savait susciter la passion de la recherche et ouvrir des horizons sur tous les problèmes de la biologie, toute la jeune équipe travaillait dans l'enthousiasme et la bonne camaraderie. M. Vallette s'attaqua, avec son esprit méthodique, sa précision et sa grande habileté technique, au problème des processus de régénération de la mâchoire supérieure et du museau chez le triton. Des recherches en cours de O. Schotté, assistant à l'Institut, sur la régénération de la patte du triton avaient montré que la régénération est conditionnée par l'intégrité de l'innervation arrivant au cône de régéneration. Si le nerf est détruit ou dévié expérimentalement de son tracé normal, il n'y a plus de régénération possible. M. Vallette arriva aux mêmes conclusions par des méthodes analogues sur le territoire du museau. Elle publia ses résulatats dans deux notes préliminaires [E. Guyénot et M. Vallette: C.R.Soc.Biol. *93*, (1925); M. Vallette: C.R.Soc.Phys. et Hist.nat. (Genève) *43* (1926)] et dans sa thèse «Régénération du museau et territoires de régénération chez les Urodèles [Bull.biol.France Belg. *63* (1929)].

Dès 1930, elle fut nommée assistante à l'Institut de zoologie et le Professeur Gyuénot lui confia la responsabilité de tous les travaux pratiques pour les étudiants. Elle collabora aux recherches d'endocrinologie entreprises par Guyénot et Ponse sur les extraits préhypophysaires alcalins et leur action sur le cobaye et publia avec eux deux travaux [C.R.Soc. Biol. *110* (1932); Rev. suisse Zool. *40* (1933)].



MARCELLE VALLETTE

1902–1965

La mort prématurée de son père l'obligea à chercher un poste mieux rémunéré que celui d'assistante en zoologie. En 1934, elle entrait dans l'enseignement secondaire où elle devait enseigner à des générations de jeunes filles la biologie, la zoologie et la botanique. Professeur aimé de ses collègues, l'école était devenue pour elle le centre de ses préoccupations. Elle s'intéressa activement aux problèmes de la réorganisation des études et des programmes et fut nommée Doyenne de la section de culture générale en 1954. Elle participa en 1958 à la création de la section scientifique et en assuma également le décanat.

Si l'enseignement l'avait écartée de la recherche expérimentale, M. Vallette s'intéressa toujours aux progrès des sciences biologiques et se tint parfaitement au courant. Elle garda le contact avec l'Institut de zoologie, où elle faisait de fréquentes visites à son ancien maître. Elle assistait aux séances des sociétés scientifiques genevoises et suisses – elle était membre de la Société suisse de zoologie et de la Société helvétique des sciences naturelles – et participa à plusieurs congrès internationaux de zoologie et de biologie.

Anne-M. Du Bois

Notes bibliographiques sur d'autres membres décédés

Notes biographiques et indication d'articles nécrologiques

Bibliographische Notizen über weitere verstorbene Mitglieder

Beruf, Lebensdaten und Verzeichnis erschienener Nekrcloge

Notizie bibliografiche su altri soci defunti

Note biografiche e lista d'articoli commemorativi

Abelin Isaak, Prof. Dr. phil. et med., Bern, geb. 1883, Mitglied seit 1917

Baumeister L., Dr. phil., Basel, geb. 1880, Mitglied seit 1910

Briner Emile, Prof., Dr. ès sc., Professeur à l'Université de Genève, geb. 1879, Mitglied seit 1902

Clerc Jean-François, Prof. Dr. med., Neuchâtel, geb. 1899, Mitglied seit 1957

Georgi Felix, Prof. Dr. med., Basel, geb. 1893, Mitglied seit 1943

Gräub Ernst, Dr. med. vet., PD an der Universität Bern, geb. 1881, Mitglied seit 1922

Jentzer Albert, Prof. Dr. med., Genève, geb. 1886, Mitglied seit 1923

Kürsteiner Jakob, Dr. phil., Zürich, geb. 1870, Mitglied seit 1914

Morgenthaler Walter, Dr. med., PD, Muri BE, geb. 1882, Mitglied seit 1932

Portmann Hans, Dr. med., Escholzmatt LU, geb. 1875, Mitglied seit 1922

Stahel Max, Prof., Thalwil ZH, geb. 1900, Mitglied seit 1951

Savulescu Traian, Prof. Dr., Bukarest