

Vorträge der NGZ

2. November 1964; Prof. Dr. E. R. WEIBEL, Zürich

Morphometrie der Lunge: Ein neuer Beitrag zur Korrelation von Bau und Funktion des Atmungsapparates

Die Frage nach den Beziehungen zwischen dem Bau der Lunge und ihrer Funktion als Gasaustauschapparat verlangt vom Morphologen eine möglichst genaue Bestimmung der Geometrie und der Dimensionen der inneren Lungenstrukturen. Luftbewegung, Blutströmung und Gas-transportphänomene gehorchen alle physikalischen Gesetzen; Geometrie und Dimensionen des Apparates, in dem sich diese Vorgänge abspielen, werden deshalb einen entscheidenden Einfluss auf ihre Wirksamkeit haben.

Die Untersuchung von inneren Strukturen eines Organes bedingt die Zerstörung seiner Integrität. Am häufigsten wird es zu diesem Zweck in Dünnschnitte zerlegt, die mit licht- und elektronenmikroskopischen Methoden untersucht werden können. Bei diesem Vorgehen geht aber die dritte Dimension verloren, denn ein Schnitt gibt nur ein zweidimensionales Abbild der Organstruktur wieder. Zudem trifft ein solcher Schnitt die inneren Einheiten des Organs meist in rein zufälliger Weise. Doch gerade in diesem letzten Umstand liegt für die messende Morphologie ein Vorteil: So kann uns nämlich die geometrische Wahrscheinlichkeitslehre Beziehungen angeben zwischen bestimmten Dimensionen der räumlichen Strukturen und den Erwartungswerten von wohldefinierten Messungen an deren Schnittbildern. Da diese Methodik der «Stereologie» nicht nur Biologen, sondern auch Metallurgen, Geologen, Mineralogen etc. interessiert, steht uns heute schon eine ganze Reihe von zweckmässigen Messmethoden zur Verfügung, mit denen wir die meisten funktionell wesentlichen Dimensionen der Lunge bestimmen können.

Unsere morphologischen Untersuchungen der menschlichen Lunge haben nun gezeigt, dass sie sich aus 300 Millionen Alveolen aufbaut, kleinen Luftpokkern, die den Ästen eines weitverzweigten Systems von Luftwegen seitlich aufgelagert sind. Diese Alveolenzahl wird mit dem achten Altersjahr erreicht und ist scheinbar eine für den Menschen typische Konstante. In den Wänden dieser Alveolen, die beim Erwachsenen eine Gesamtfläche von rund 80 m^2 ausmachen, liegen die Blutkapillaren in Form eines dichtgefügteten Netzes. Das Kapillarblut ist durch eine durchgehende Gewebeshranke von der Alveolarluft getrennt. Diese Schranke baut sich wechselweise aus dicken und dünnen Partien auf; ihre arithmetische mittlere Dicke beträgt etwa $1,3 \mu$. Für die Bestimmung des Diffusionswiderstandes muss aber nur der Wert von $0,6 \mu$ eingesetzt werden, der dem harmonischen Mittelwert der Dicke entspricht. Durch diese «gewellte» Anlage der Luft-Blut-Schranke werden ihre zwei Aufgaben günstig beeinflusst, obwohl sie eigentlich einander entgegenwirken: Die Erhaltung der Integrität der Beziehungen zwischen Luft und Blut verlangt möglichst viel Gewebe, während die Sicherstellung eines kleinen Diffusionswiderstandes für den Gasaustausch eine extreme Reduktion der Schrankendicke erfordert.

Die Alveolen sind als kleine seitliche Luftpokkern den etwa vier letzten Generationen eines weitverzweigten Luftwegsystems angelagert. Bei der Untersuchung von menschlichen Lungen zeigte sich, dass die Luftwege von der Trachea ausgehend sich durch Zweiteilung (Dichotomie) verzweigen und dass die Endäste im Durchschnitt nach 23 Generationen erreicht werden. Auch diese Zahl erscheint als eine für den Menschen typische Konstante. Die Durchmesser der Luftwege nehmen gegen die Peripherie zu systematisch ab, doch bewirkt die jeweilige Verdoppelung der Zweigzahl

mit jeder Generation ein rapides Ansteigen des Gesamtquerschnittes der Luftwege. Die Trachea hat einen Querschnitt von nur 2—3 cm²; der Luftwegsquerschnitt der letzten Generation beträgt über 1 m². Dies hat einen entscheidenden Einfluß auf Luftbewegung und Sauerstofftransport innerhalb der Luftwege.

Das Arbeitsgebiet der Morphometrie ist jung; es hält noch ein weites Forschungsgebiet offen.
(Autoreferat)

16. November 1964: Dr. R. BRAUN, Zürich

Aufgaben und Probleme bei der Beseitigung fester Abfallstoffe

Zu den negativen Aspekten unserer hochentwickelten Zivilisation gehört die immer grösser werdende Flut fester und flüssiger Abfallstoffe, die im Hinblick auf die Reinhaltung unseres Lebensraumes unschädlich gemacht werden müssen. Noch vor wenigen Jahren galt die Hauptsorge unserer Behörden ausschliesslich der Beseitigung des Hausmülls. Die meisten Gemeinden entledigten sich dieser Abgänge auf die einfachste, billigste, jedoch mangelhafteste Art und Weise, nämlich mit der ungeordneten Ablagerung in der Landschaft und nahmen die üblen Folgeerscheinungen in Kauf. Diese Art der Beseitigung kann nicht mehr länger geduldet werden.

Mit dem Anstieg der Bevölkerungszahl, mit der wachsenden Hochkonjunktur, der fortschreitenden Industrialisierung traten jedoch weitere Probleme und Schwierigkeiten auf. Heute sind es nicht nur die häuslichen Abfälle, also Müll, Sperrgut und Gartenabraum, die schadlos beseitigt werden müssen. Es kommen dazu der Schlamm aus kommunalen Kläranlagen, die festen und schlammförmigen Abfälle aus Industrie und Gewerbe, die ölhaltigen Abfälle, die in Grossgaragen, in Mineralölabscheidern und bei der periodischen Reinigung von Öltanks entstehen, sowie die Kadaver, Konfiskate und Abfälle aus Schlachthöfen.

Alle diese verschiedenartigen Abfälle müssen so verarbeitet werden, dass die Endprodukte keinen Schaden mehr stiften können und dass ihre Menge und ihr Volumen möglichst stark reduziert wird. Wenn wir von der sog. geordneten Deponie absehen, die grosse Geländeflächen benötigt und daher nur noch in wenigen Fällen zur Anwendung kommt, so kann diese Verarbeitung entweder mit Hilfe der Verbrennung oder der Kompostierung erfolgen.

Die Aufgabe der Beseitigung häuslicher Abfälle haben zahlreiche Gemeinden zur Zufriedenheit gelöst. Heute sind in der Schweiz 10 Verbrennungsanlagen (darunter 4 Grossanlagen) und 12 Kompostwerke in Betrieb. Viele dieser Werke stellen regionale Anlagen dar, an die mehrere Gemeinden angeschlossen sind. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen setzt sich das regionale Denken und Planen immer mehr durch. Ende 1965 werden die häuslichen Abfälle von etwa 2,3 Millionen Einwohnern in Verbrennungs- und Kompostwerken unschädlich gemacht. Zahlreiche regionale Anlagen sind in Projektierung begriffen. Im Jahre 1970 werden etwa 3,2 Millionen Einwohner an solche Anlagen angeschlossen sein.

Der ausgefaulte Klärschlamm als Endprodukt der Abwasserreinigung kann nicht mehr wie in früheren Jahren in flüssiger Form restlos an die Landwirtschaft abgegeben werden, da einerseits das Angebot die Nachfrage übersteigt, andererseits gewisse hygienische Bedenken die Verwendung des Schlammes in milchwirtschaftlich genutzten Gebieten begrenzen. Der erste Schritt für jede weitere Verarbeitung und Verwertung des Schlammes, sei es auf dem Wege der Ablagerung, der Kompostierung oder der Verbrennung, liegt in der Reduktion seines Wassergehaltes.

Verbrennungsanlagen mit Wärmerückgewinnung haben sich in grossen Städten sehr gut bewährt. Aus technisch-wirtschaftlichen Gründen sind sie nicht für kleinere Gemeinden geeignet. Es ist der Verbrennungs-Technik gelungen, Kleinverbrennungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung zu entwickeln, die z. Zt. in der Praxis ausprobiert werden.

Die Verbrennung des Schlammes bietet heute noch gewisse Schwierigkeiten, namentlich wirtschaftlicher Art, im Gegensatz zur Müll-Kompostierung, bei der eine Mitverarbeitung des Schlammes beträchtliche Vorteile bietet. Der auch in hygienischer Beziehung einwandfreie Müllklärschlamm-Kompost kann als Bodenverbesserungsmittel im Pflanzenbau, insbesondere im Gartenbau, im Weinbau und im Waldbau (Baumschulen) mit Erfolg verwendet werden. Für die Landwirtschaft ist er von untergeordneter Bedeutung.

Schwierigkeiten stellen sich insbesondere bei der Unschädlichmachung gewisser spezifischer Industrieabfälle ein, die weder verbrennbar noch kompostierbar sind. Manche anorganischen Industrieschlämme sollten bei Temperaturen von 1300—1500° versintert werden, um sie in weitgehend wasserunlösliche, damit deponierbare Form überzuführen.

Unbefriedigend in der Schweiz ist die Beseitigung der Kadaver, Konfiskate und Schlachthofabfälle. Die noch weitverbreiteten Wasenplätze sind hygienisch nicht einwandfrei und können nur noch in speziellen Fällen geduldet werden. Der Bau von Tierkörperverwertungsanlagen und Verbrennungsanlagen muss intensiviert werden. Die bisher erstellten Anlagen vermögen nur etwa 37% der insgesamt anfallenden tierischen Abfälle zu verarbeiten.

In den nächsten Jahren wird sich der Mangel an ausgebildeten Fachleuten für die Planung und den Bau von Abfallbeseitigungsanlagen sehr stark bemerkbar machen und die Lösung der dringlichen Aufgaben verzögern. (Autoreferat)

30. November 1964: Prof. Dr. E. NIGGLI, Bern

Das internationale Projekt: «Der obere Erdmantel und sein Einfluss auf die Entwicklung der Erdkruste» und die Schweizer Erdwissenschaften

Die Erde zeigt nach seismischen Untersuchungen einen Schalenbau. Eine äusserste Haut, die sogenannte Erdkruste, ist unter den Ozeanen im Mittel 5 km, im Bereich der Kontinente 30 km dick. Sie ist durch die Mohorovičić-Diskontinuität vom ebenfalls festen Mantel getrennt, der bis in 2900 km Tiefe reicht und an den «flüssigen» Erdkern grenzt. Man nimmt heute mit guten Gründen an, dass die in der Kruste sich abspielenden Vorgänge, wie Gebirgsbildung, Grabenbildung, Vulkanismus und Metamorphose, durch Prozesse verursacht und gesteuert werden, die ihren Sitz weitgehend im oberen Erdmantel haben. Wir wissen aber über diesen Mantel, der 84% des Volumens der Erde einnimmt, noch sehr wenig. Im August 1960 beschloss die Internationale Union für Geodäsie und Geophysik, ein internationales Projekt zu planen und durchzuführen, das uns neue Kenntnisse über den Mantel und über seinen Einfluss auf die Vorgänge in der Kruste verschaffen soll (= «Upper Mantle Project»). Vorgesehen sind unter anderem Tiefbohrungen im Ozean durch die Kruste in den Mantel hinein, dann aber auch eine Intensivierung indirekter, geophysikalischer Untersuchungen und ferner gleichzeitig auch eine weitere Abklärung der zum Teil noch ungenügend bekannten und umstrittenen Vorgänge in der Kruste selbst sowie eine Erforschung des Aufbaues dieser Kruste.

Auch die Schweiz kann und soll an diesem Projekt mitarbeiten. Das alpine, tertiäre Orogen ist ja auch heute noch das mit klassischen geologischen Methoden am genauesten untersuchte Kettengebirge. Gerade deshalb ist es aber dringend notwendig, die tieferen, nicht durch die Erosion erschlossenen Teile des Alpenkörpers zu rekognoszieren, und zwar mittels geophysikalischer Untersuchungen und mit Hilfe von Tiefbohrungen.

Die Synthesen über den Bau und die Entstehung der Alpen sind ja noch weitgehend hypothetischer Natur.

Im Dezember 1963 beauftragten die Schweizer Geophysiker, Geologen und Mineralogen ein Komitee damit, Pläne für eine Beteiligung der Schweiz am «Projekt oberer Mantel» auszuarbeiten. Das Komitee stellte fest, dass schon eine ganze Reihe im Gange befindlicher oder zur Zeit geplanter Untersuchungen als Beiträge gewertet werden können, so zum Beispiel Arbeiten über Ophiolithe, radioaktive Altersbestimmungen und Isotopenuntersuchungen, Studien über die alpidische Metamorphose, Schweremessungen, geodätische Vermessungen und das europäische Projekt, mit Hilfe von Grosssprengungen den Bau der äusseren Erde im Bereich der Alpen zu bestimmen. Das Komitee ist jedoch der Meinung, dass auch grössere Arbeiten geplant und durchgeführt werden sollten, die eine Zusammenarbeit schweizerischer Erdwissenschaftler der verschiedensten Fachrichtungen und allerdings auch die Bereitstellung grösserer finanzieller Mittel erfordern. In Frage kommen unter anderem kombinierte geophysikalische und geologische Untersuchungen, wobei mit Tiefbohrungen (oder Schächten) und seismischen Verfahren Querschnitte durch die Alpen erforscht werden sollen, dann Wärmeflussbestimmungen, eine Untersuchung der in mancher Hinsicht rätselhaften Ivreazone

am Südrand der Westalpen, ferner eine möglichst gute Ausnutzung der dem Erdwissenschaftler sich bietenden Möglichkeiten beim Bau der geplanten Basistunnel durch die Alpen. Von grosser Bedeutung für das Projekt ist übrigens der geplante Ausbau des schweizerischen Erdbebendienstes.

(Autoreferat)

14. Dezember 1964: Prof. Dr. W. KÄNZIG, Zürich

Unvollkommenheit der Ionenkristalle

In den letzten 25 Jahren hat die Physik des festen Körpers ungeheure Fortschritte gemacht. Ein nicht geringer Teil dieses Fortschrittes ist der Erkenntnis zu verdanken, dass Störungen im Gitterbau notwendig sind zur Erklärung einer grossen Anzahl von Eigenschaften der festen Materie. Ionenkristalle, insbesondere die Alkalihalogenide spielten schon früh eine wesentliche Rolle in der Erforschung der Gitterfehler. Ihr Gitterbau und die elektronische Struktur der Gitterbausteine ist überaus einfach und der theoretischen Analyse zugänglich. Sie sind durchsichtig in einem sehr breiten Spektralbereich und somit der konventionellen Spektroskopie zugänglich. Für eine lange Zeit spielten sie deshalb die Rolle einer Modellsubstanz (man kann fast sagen einer «Drosophila der Festkörperphysik»), bis sie abgelöst wurden durch das Germanium der modernen Halbleiterphysik. In den letzten zehn Jahren sind jedoch die Alkalihalogenide wieder aktueller geworden:

Die Dislokationen, welche die Festigkeit und Plastizität bestimmen, konnten sichtbar gemacht werden, was eine quantitative Prüfung der theoretischen Vorstellungen ermöglichte. Die Diffusion konnte dank dem Aufgebot radioaktiver Isotope studiert werden. Besondere Fortschritte machte die Untersuchung der sog. Farbzentren. Diese Gitterfehler bestehen aus Leerstellen oder aus Ionen auf Zwischengitterplätzen, welche Elektronen oder Defektelektronen eingefangen haben. Noch um 1955 herum war die Struktur von nur zwei Farbzentren mit einiger Sicherheit bekannt. Heute sind etwa ein Dutzend Strukturen im Detail erforscht mit der Methode der Elektronenspinresonanz.

Der Mechanismus der Entstehung von Farbzentren unter dem Einfluss von Röntgenstrahlen war lange Zeit ein Gegenstand der Spekulation. Die Strukturbestimmung von Farbzentren, welche bei sehr tiefen Temperaturen entstehen, hat nun gute Anhaltspunkte geliefert, und man beginnt zu verstehen, auf welchem Wege ionisierende Strahlung nichtleitende Kristalle modifiziert.

In neuester Zeit haben die Untersuchungen an Farbzentren neue Zugänge zur Physik der Schallquanten (Phononen) eröffnet: Es wurde beobachtet, dass gewisse Farbzentren, deren Symmetrie niedriger ist als diejenige des Wirtgitters, durch elastische Deformation des Kristalls oder durch Anlegen eines elektrischen Feldes bei sehr tiefen Temperaturen ausgerichtet werden können. Die Orientierungsänderung erfolgt dabei durch Absorption oder Emission eines Schallquants. Ausrichtungszeiten von unter 10^{-7} Sekunden sind beobachtet worden. Interessante dielektrische Eigenschaften treten auf. Auch die Wärmeleitfähigkeit lässt sich durch elektrische Felder und mechanische Spannungen beeinflussen. Neue Methoden zur Erzeugung sehr tiefer Temperaturen werden studiert.

Aus der «Drosophila» könnte noch eine «Milchkuh» werden!

(Autoreferat)

11. Januar 1965: Prof. Dr. G. SEMENZA, Zürich

Die zuckerspaltenden Enzyme des Darmes und ihre Bedeutung für die intestinale Resorption der Kohlenhydrate

1. Die Disaccharidasen der Darmschleimhaut sind am Bürstensaum fixiert und den Substanzen im Darmlumen frei zugänglich.

2. Nach Papain-Behandlung des Bürstensaums kann man die Disaccharidasen der menschlichen Darmschleimhaut chromatographisch zum Teil trennen. Durch das chromatographische Verhalten, durch die Hitzestabilität und durch kinetische Untersuchungen kann man zeigen, dass in der menschlichen Darmmucosa 8 Disaccharidasen vorhanden sind: eine Trehalase, zwei Lactase-Cellobiasen und fünf Maltasen. Von den letzteren greifen zwei nur die Maltose an, zwei sowohl die Maltose als

auch die Saccharose und eine die Maltose, die Isomaltose sowie die Palatinose. Diese Multiplizität ist nicht ein Artefakt der Solubilisierung.

3. In der Saccharose-Isomaltose-Intoleranz fehlen 3 Maltasen; und zwar diejenigen, die normalerweise auch die Saccharose, beziehungsweise auch die Isomaltose hydrolysieren. Da diese Krankheit monofaktoriell vererbt wird, zeigt dieser Befund, dass auch beim Menschen ein einziger Erbfaktor die Synthese von mehr als einem einzigen Enzym kontrollieren kann.

4. Die Maltase-Saccharose und die Maltase-Isomaltase werden durch Na^+ aktiviert. Die Aktivierungskonstante ist annähernd gleich der Na^+ -Aktivierungskonstante der Glucoseresorption.

5. Die Na^+ -Aktivierung sowohl der Glucoseresorption als auch dieser Maltasen lässt sich durch Kationen der 1. Gruppe kompetitiv (gegen Na^+) hemmen.

6. Beim Menschen und Kaninchen wird die Darm-Saccharaseaktivität mit einer Erhöhung der maximalen Geschwindigkeit, aber ohne Änderung des K_m für die Saccharose aktiviert. Die Glucoseresorption (im Kaninchen) wird ebenfalls durch Na^+ aktiviert, indem die maximale Geschwindigkeit erhöht und das K_m (für die Glucose) nicht beeinflusst wird.

7. In der Ratte und im Hamster ist der kinetische Typ der Na^+ -Aktivierung, sowohl der Darm-Saccharase als auch der Glucoseresorption, anders: das Na^+ beeinflusst die maximale Geschwindigkeit nicht, verkleinert aber das K_m .

8. «Aktiv» resorbierbare Zucker hemmen die Darm-Saccharase kompetitiv. Das K_1 der Glucose für die Darm-Saccharase des Hamsters ist (in Anwesenheit von Na^+) ca. 10^{-3} M, das heisst es entspricht dem K_m der Glucoseresorption. In Abwesenheit von Na^+ sind beide Konstanten viel grösser.

9. Dieser enge (sowohl qualitativer als auch quantitativer) Parallelismus zwischen Glucoseresorption und Na^+ -aktivierbaren Darmmaltasen zeigt, dass der begrenzende Faktor bei der Zuckerresorption der Eintritt des Zuckers ins Zuckertransportsystem ist und dass der erste Acceptor des Zuckertransportsystems eben diese Na^+ -aktivierbaren Maltasen sind. Somit wird auch die früher bekannte Tatsache erklärt, dass der Glucoseresorptionsrest der Saccharose besser resorbiert wird als die freie Glucose.

10. Literaturangaben über dieses Gebiet können von Übersichten und Originalarbeiten entnommen werden [Schw. Med. Wochenschr., 93; 1272 (1963); Bioch. Bioph. Acta, 73; 582 (1963); 65; 173 (1962); 89; 109 (1964); Chimia, 18; 405 (1964) usw.]. (Autoreferat)

25. Januar 1965: Prof. Dr. F. RUCH, Zürich

Cytochemie der Nukleoproteide

Neben biochemischen Untersuchungen der Nukleoproteide spielen zytochemische Studien eine wichtige Rolle bei der Abklärung der Funktion dieser biologisch wichtigen Verbindungen. Sie geben Einblick in die Stoffverteilung innerhalb der Zelle und in Veränderungen dieser Verteilung während verschiedenen physiologischen Prozessen wie z. B. Zellwachstum und Zelldifferenzierung.

Zum qualitativen und quantitativen Nachweis der Nukleinsäuren und Nukleoproteide in der Zelle dienen verschiedenartige optische Methoden, z. T. kombiniert mit Farbreaktionen und die Autoradiographie. Verschiedene Ergebnisse der Absorptions- und Fluoreszenz-Mikrospektrophotometrie werden besprochen. Die photometrische Messung der DNS-Menge in Zellkernen gestattet deren Polyploidie- bzw. Polyäniegrad zu bestimmen. Dieser zeigt Zusammenhänge mit der Zell- und Gewebedifferenzierung. In pathologisch veränderten Zellen, z. B. in Tumoren, findet man meist eine von normalen Zellen stark abweichende DNS-Verteilung.

Auch in normalen Geweben wird eine gewisse Streuung der DNS-Menge innerhalb jeder Kernklasse festgestellt. Es wird vermutet, dass diese Streuung mit der unterschiedlichen Genaktivität der verschiedenen Zellen eines Gewebes zusammenhängt. Es gelingt auch zytochemisch lokale Erhöhungen der DNS-Konzentration in Zellkernen nachzuweisen, die je nach Zelldifferenzierung verschieden häufig sind. Solche Stellen sind oft durch abweichendes morphologisches Verhalten ausgezeichnet und als Heterochromatin bezeichnet worden (der übrige Teil des Kerns Euchromatin). Die DNS im Heterochromatin zeigt gegenüber Hydrolyse- und enzymatischen Abbaueversuchen ein anderes Verhalten als die DNS im Euchromatin. Es werden daher Verschiedenheiten im DNS-Histon-Komplex vermutet. Photometrische Bestimmungen der Bindung saurer Farbstoffe im Kern weisen auf einen höheren (im Verhältnis zur DNS) Histongehalt des Heterochromatins hin. Nach-

dem in biochemischen Versuchen eine Blockierung der Genaktivität der DNS durch Histone nachgewiesen werden konnte, scheint es wahrscheinlich, dass die Histone im Heterochromatin eine entsprechende Wirkung haben müssen.

Viele Untersuchungen sind jedoch noch notwendig um einen Einblick in die Rolle der Nukleoproteide für die Zelldifferenzierung erhalten zu können. (Autoreferat)

8. Februar 1965: Prof. Dr. W. HÄLG

Auf dem Wege zur wettbewerbsfähigen Kernenergie

Bis in die Mitte der fünfziger Jahre wurden die Aussichten der Kernenergie auf Grund der von den Physikern erwarteten geringen Kosten sehr optimistisch beurteilt. Etwas später schlug diese Stimmung ins Gegenteil um, da die praktisch aus dem Uran gewinnbare Energie (ausgedrückt durch den sogenannten Abbrand) kleiner war als erwartet. Zudem waren die Baukosten der ersten Anlagen enttäuschend hoch.

Man hat inzwischen gelernt, dass der Abbrand vergrössert werden kann durch Verwendung von beständigeren Materialien und Befolgung der Prinzipien der Neutronenökonomie. Auf Grund der Erfahrungen mit den bestehenden Kernkraftwerken wird die Lage heute realistischer beurteilt.

Generell gesprochen haben die Atomkraftwerke unter anderm wegen der zum Teil übertriebenen Aufwendungen für die Reaktorsicherheit und der Anlagen zur Brennstoffhandhabung grössere spezifische Investitionskosten (Fr./kW) als konventionelle Anlagen, jedoch sinken diese Kosten mit steigender Leistung stärker. Die nuklearen Brennstoffkosten sind hingegen bedeutend niedriger als diejenigen von herkömmlichen Brennstoffen.

Als bewährte Reaktortypen gelten die in Grossbritannien und Frankreich entwickelten Gas-Graphitreaktoren (metallisches Natururan als Brennstoff, CO₂ als Kühlmittel, Graphit als Moderator), ebenso die vor allem in Kanada und Schweden geförderten Schwerwassertypen (sehr gute Ausnützung des Urans, aber Entwicklung noch nicht so weit gediehen). Dank den Erfahrungen mit Atom-U-Booten und zivilen Leistungsreaktoren sind bei den in den USA entwickelten bewährten Leichtwassertypen (angereichertes Uran als Brennstoff, H₂O als Kühlmittel und Moderator) in der letzten Zeit so grosse Verbesserungen möglich geworden, dass die spezifischen Investitionskosten bei sehr grossen Anlagen etwa gleich niedrig sind wie bei konventionellen Kraftwerken. Damit können grosse Reaktoren in einem bedeutenden Teil der USA (wo Kohle und Öl relativ teuer sind) billigeren Strom liefern als herkömmliche Dampfkraftwerke (in der Schweiz gilt das schon für Reaktoren mittlerer Grösse).

Da der Vorrat an billig abbaubaren Uranerzen beschränkt ist, wird man allmählich zu Reaktortypen übergehen, die das Uran möglichst gut ausnützen und eventuell auch das reichlich vorhandene Thorium in spaltbares Uran umwandeln. Die Entwicklung der schnellen Brüter (die mehr Spaltstoff erzeugen als sie verbrauchen) dürfte wegen der grossen technologischen Probleme noch viel Zeit und Geld in Anspruch nehmen.

In den USA werden zwischen der Nuklearindustrie einerseits und den Öl- und Kohlegesellschaften (die die Konkurrenz bereits spüren) andererseits erbitterte Kontroversen ausgetragen.

Auch diese Auseinandersetzungen zeigen deutlich, dass die Kernenergie heute wettbewerbsfähig ist. (Autoreferat)

22. Februar 1965: Prof. Dr. H.-G. ELIAS, Zürich

Struktur und Eigenschaften von Makromolekülen

Die makromolekulare Chemie hat sich in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren von einem sehr speziellen zu einem der grossen Teilgebiete der Chemie entwickelt. Kennzeichnend für diese Expansion ist der Entscheid der «Chemical Abstracts», die makromolekulare Chemie als eine der fünf Sektionen dieses Referate-Organs zu führen. Da die Forschung überwiegend in Industrielaboratorien

ausgeführt wird, kann die Referenzzahl jedoch nur einen unteren Grenzwert für die auf diesem Gebiet herrschende Aktivität angeben.

Ein grosser Teil der Arbeiten konzentriert sich auf die Beziehungen zwischen der Struktur und den Eigenschaften von Makromolekülen, speziell den Gebrauchseigenschaften. Anders als in der niedermolekularen Chemie kann hier jedoch eine Änderung des Verfahrensweges zu einer solchen der Produkteigenschaften führen. Schon kleine Strukturunterschiede können aber zu grossen Unterschieden in den Gebrauchseigenschaften führen. Diese Effekte sind in der Regel durch den Umstand bedingt, dass die Nebenprodukte der niedermolekularen Chemie nunmehr als Bestandteil der makromolekularen Struktur erscheinen.

Die Gebrauchseigenschaften von Makromolekülen werden durch die chemische (Konstitution, Konfiguration, Konformation) und die physikalische Struktur (Konformation, Orientierung, Kristallinität) bestimmt. Der Einfluss der Konstitution wird am Beispiel der Synthese thermostabiler Polymerer erläutert. Thermostabile Polymere sollen im gewünschten Temperaturbereich keine Umwandlungstemperaturen (Schmelzpunkte, Glastemperaturen usw.), keinen Fluss unter Last sowie eine genügende chemische Widerstandsfähigkeit aufweisen. Vernetzung, Substitution der Hauptkette, Einbau von Ringen und der Aufbau von Doppelleiterketten stellen mögliche Synthesewege dar.

Die Konformation von Polymeren im kompakten Zustand ist überwiegend durch die Konfiguration bestimmt. Die Konformation in Lösung ist bislang überwiegend unbekannt. Sie kann in der Regel nur durch indirekte Methoden (Bestimmung der Dimensionen, thermodynamische Parameter) aufgeklärt werden. Entgegen früheren Annahmen ist ein thermodynamisch übereinstimmender Zustand bei Untersuchungen über die Lösungseigenschaften von Makromolekülen jedoch nur eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für vergleichende Strukturanalysen. Es erscheint wahrscheinlich, dass mindestens ein Teil der Fadenmoleküle in Lösung in Form von gestörten Helixstrukturen vorliegt.

Molekülketten und Molekülverbände können durch geeignete Behandlung in Vorzugsrichtungen orientiert werden, wodurch Löslichkeit, Färbbarkeit, Zugfestigkeit usw. stark geändert werden können. Die Gebrauchseigenschaften werden jedoch durch eine Kristallisation der Makromoleküle noch weit stärker beeinflusst. Die Arbeiten der letzten sieben Jahre haben zum Konzept der Faltungsstruktur kristalliner Polymerer geführt. Nach diesem Modell sind bei der überwiegenden Mehrzahl kristalliner Polymerer die Molekülketten nach einer bestimmten Anzahl von Kettengliedern in sich zurückgefaltet. Die Faltungslänge hängt bei einem gegebenen Polymeren wesentlich von den Kristallisationsbedingungen ab. Aus sehr verdünnten Lösungen konnten Polymer-Einkristalle erzeugt werden. Auch bei der Kristallisation aus der Schmelze treten jedoch Faltungsstrukturen auf. Von den Temperbedingungen abhängige Rekrystallisationen können insbesondere den Bruch und das Dauerstandverhalten beeinflussen. (Autoreferat)

24. Mai 1965: Prof. Dr. H. AEBI, Bern

Prinzipientreue und Launen der Natur; Betrachtungen zum Thema der vergleichenden Biochemie

Ganz im Gegensatz zur Vielfalt der Formen und Farben, die uns in der belebten Welt entgegentritt, ist bei den grundlegenden biochemischen Mechanismen eine auffallende Einheitlichkeit zu beobachten. Diese «Prinzipientreue» der Natur erstreckt sich zum Beispiel auf die Art und Weise, wie genetisch festgelegte Informationen in der Basensequenz der DNS gespeichert werden, wie Energie aus verschiedenen Substraten unter Ausschluß von O_2 freigesetzt werden kann (Gärung und Glycolyse) und wie die daraus gewonnene Energie in Form energiereicher Phosphate (ATP) beliebig transportiert und übertragen werden kann. Der Befund, dass alle bisher untersuchten Lebewesen diese Prinzipien in gleicher Weise anwenden, macht es sehr wahrscheinlich, dass der eigentlichen Phase der Evolution der Organismen eine chemische Evolution vorangegangen sein muss.

Um so interessanter sind nun diejenigen Mechanismen, bei denen offenbar von diesem Prinzip abgewichen worden ist. So hat zum Beispiel die systematische Analyse der als Energiespeicher dienenden Muskelphosphagen (Amidin-Phosphate) gezeigt, dass hier bereits sehr früh vom ursprünglichen Plan abgewichen worden ist. Da bei den Anneliden 7 verschiedene Muskelphosphagen-Typen zu finden sind, darf diese Phase der Evolution füglich als «Experimentierstadium» angesehen werden.

Auch die Struktur der Proteine ist im Lauf der Entwicklungsgeschichte — bei gleichbleibender Funktion — laufend verändert worden. Ein Vergleich der 14 — erst seit kurzem in ihrer Primärstruktur bekannten — Cytochrom-C-Arten ergibt, dass im Bereich des Haemin bindenden Abschnittes des Peptidfadens gar keine Unterschiede bestehen, dass aber im «mutierbaren Bereich» des Peptidfadens zahlreiche Varianten vorkommen. Der Befund, dass die Zahl der Aminosäurevarianten um so kleiner ist, je enger die verwandtschaftliche Beziehung zwischen den verglichenen Spezies, hat zur Begründung einer neuen Forschungsrichtung geführt, die von Pauling und Zuckerkandl als chemische Paleogenetik bezeichnet wird. Aus diesen Studien geht zum Beispiel hervor, dass zur Realisierung einer einzigen Aminosäurevariante ein Zeitraum von 10 bis 20 Millionen Jahren benötigt worden ist.

Als Launen der Natur dürfen auch diejenigen Anomalien gelten, welche dem Arzt als angeborene Stoffwechseldefekte («inborn errors of metabolism», A. Garrod) bekannt sind. Es sind stets nur «Nebenwege» des Stoffwechsels betroffen, nicht die «Hauptstrassen». Heute sind gegen 100 derartige molekulare Krankheiten bekannt. Sie sind entweder auf eine Fehlsynthese zurückzuführen, zum Beispiel Bildung einer atypischen Cholinesterase (= Mutation im Bereich der Struktur-gene) oder auf einen Syntheseausfall, zum Beispiel Enzymdefekte (= Mutation im Bereich des Regulator- und Operator-gen-Apparates). Dass derartige Krankheiten nicht allein klinisches Interesse bieten, sondern auch Probleme von allgemein biologischer Bedeutung aufwerfen, ist anhand eines Beispiels (Akatlasie) gezeigt worden.

Die Zielsetzung der vergleichenden Biochemie — ein Grenzgebiet zwischen Biochemie, Zoologie und Medizin — ist eine zweifache: Der Mediziner verspricht sich von ihr eine Klärung der praktisch wichtigen Frage, ob und inwiefern ein im Tierversuch erhobener Befund auf den Menschen übertragen werden kann. Vom Standpunkt der allgemeinen Biologie ist diese Forschungsrichtung geeignet, zusätzliche Einblicke in den mutmasslichen Ablauf der Evolution zu vermitteln. (Autoreferat)