



ORDEN POUR LE MÉRITE  
FÜR WISSENSCHAFTEN UND KÜNSTE

Übergabe des Ordenszeichens durch den Ordenskanzler  
HELMUT COING an

OTTO KRATKY

bei der Öffentlichen Sitzung in der Aula der Rheinischen Friedrich-  
Wilhelms-Universität in Bonn  
am 4. Juni 1985

Herr BUTENANDT sprach die Laudatio auf OTTO KRATKY:

Lieber, verehrter Herr Kratky!

In der großen Freude, daß es mir vergönnt ist, Sie als neues Mitglied in den Orden Pour le mérite einzuführen, gehen meine Gedanken zurück zu den Zeiten unserer ersten persönlichen Begegnungen. In den Jahren 1940 – 1943 waren wir gleichzeitig an zwei einander benachbarten Kaiser-Wilhelm-Instituten in Berlin-Dahlem tätig. Sie leiteten die Böntgenabteilung am Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie. Damals hatten Sie Ihr eigentliches Arbeitsgebiet bereits gefunden: die Strukturermittlung von organisch-chemischen Molekülen – insbesondere von biologisch bedeutsamen Makromolekülen – mit Hilfe von Röntgenstrahlen. Mir ist Ihre prägende Kraft und Ihre Fähigkeit, in didaktisch hervorragender Weise Probleme und Methodik Ihres Arbeitsgebietes verständlich zu machen und einen größeren Kreis für das Gebiet der Röntgenstrukturanalyse zu begeistern sowie deren Bedeutung für die künftige Entwicklung der Biochemie deutlich zu machen, stets im Gedächtnis geblieben. Das hat sich noch nach dem 2. Weltkrieg auf die Förderung der Strukturforschung in der Max-Planck-Gesellschaft ausgewirkt.

Den Weg zu Ihrem Arbeitsgebiet fanden Sie nach dem Studium der Chemie und Physik an der Technischen Hochschule Ihrer Geburtsstadt Wien über eine wissenschaftliche Tätigkeit am Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie in Berlin-Dahlem und am I. Chemischen Universitätslaboratorium bei H. Alark in Wien. Seit 1946 sind Sie in Graz tätig: von Ihren dortigen Instituten, dem für Physikalische Chemie der Universität und nach Ihrer Emeritierung dem für Röntgenfeinstrukturforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und des Forschungszentrums Graz, ist der Ruhm Ihrer wissenschaftlichen Erkenntnisse weltweit vernommen und durch äußerst zahlreiche nationale und internationale Ehrun-

gen anerkannt worden.

Ihr Name ist in erster Linie verbunden mit der Entwicklung und Anwendung einer Methode, der Röntgen-Kleinwinkelstreuung. Sie haben diese Methode aus bescheidenen Anfängen 1938 bis heute zu einem Verfahren entwickelt, das auf alle kolloiden Systeme mit Nutzen angewendet werden kann und aus der Kolloidforschung nicht mehr wegzudenken ist. Die Methode liefert zufolge ihrer zerstörungsfreien Arbeit und einer wohlfundierten Theorie gut überschaubare und gesicherte Ergebnisse, darunter solche, die auf keinem anderen Wege erhältlich sind.

Die mit der Röntgen-Kleinwinkelstreuung durchgeführten Untersuchungen umfassen eine große Zahl sehr unterschiedlicher Problemstellungen. Mit der Verfeinerung der Methode wuchs stetig die Möglichkeit, sich an der Lösung moderner biochemischer und molekularbiologischer Fragestellungen zu beteiligen. Die Zahl der Laboratorien, die sich um Zusammenarbeit mit Ihrem Institut bemühen, ist dauernd gewachsen. Wie bedeutungsvoll die Methode heute ist, geht daraus hervor, daß seit 20 Jahren internationale »Röntgen-Kleinwinkel-Tagungen« veranstaltet werden: die sechste war 1983 in Hamburg, die nächste wird in Prag stattfinden.

Das Verfahren ist in gewissem Sinn vergleichbar der Mikroskopie, nur kann es tausendmal kleinere Merkmale erkennen. Das bedeutet, daß man z.B. biologische Makromoleküle nicht nur als Ganzes erfaßt, sondern auch ihre Strukturmerkmale, ihre Konformation, erkennt. Der Weg, wie man zu den Feststellungen kommt, ist jedoch wesentlich anders als beim Mikroskop: ein sehr dünnes Strahlenbündel durchdringt das Präparat; es interessiert aber nicht die Strahlung, die aus dem Präparat wieder austritt, sondern die abgelenkte oder gestreute Strahlung. Es entsteht ein Beugungsbild, das erfaßt werden muß. Seine Messung bereitet nicht unerhebliche experimentelle Schwierigkeiten, weil die das sehr feine Strahlenbündel ausgrenzenden Schneiden selbst eine Kleinwinkelstreuung ausstrahlen, die oft ungleich intensiver ist als die vom untersuchten Präparat herrührende. Durch ein 1955 von Ihnen konzipiertes Blendensystem konnte diese Schwierigkeit sehr weitgehend beseitigt werden. Eine damit ausgerüstete Kleinwinkelkamera, die Kratky-Kamera, hat sich weltweit durchgesetzt, und das in Graz vollständig entwickelte und auch gebaute Instrument wird zur Zeit in etwa 500 Laboratorien verwendet.

Was leistet die Methode der Röntgenkleinwinkelstreuung? Ihr wichtigster Vorzug besteht darin, daß sie die Makromoleküle in natürlichem Milieu, in Lösung, untersuchen kann.

Unter den zahlreichen Parametern, die die Kleinwinkelstreuung zu liefern vermag, sind Massenbestimmungen, wie das Molekulargewicht, die Masse pro Längeneinheit bei langgestreckten Teilchen und die Masse pro Flächeneinheit bei flachen Teilchen. Diese bei-

den letzteren Möglichkeiten, die Sie gemeinsam mit dem so früh verstorbenen Porod aufgezeigt haben, besitzt in direkter Form nur das Röntgen kleinwinkelverfahren.

Der große Konkurrent der Röntgen-Kleinwinkelstreuung ist die Röntgenkristallstrukturanalyse. die beim Vorliegen ausreichend fehlerfreier Kristalle von Makromolekülen zu wesentlich detaillierteren Aussagen kommt. Vergleicht man beide Methoden, so ist leicht ersichtlich, daß man sie beide benötigt. Abgesehen davon, daß die Röntgenkristallstrukturanalyse ungleich aufwendiger an Experimenten und benötigter Zeit ist. lassen sich viele Biomoleküle gar nicht kristallisieren oder liefern keine Kristalle von ausreichender Qualität. Hier ist die Domäne der Röntgen-Kleinwinkelstreuung. Außerdem ist nur sie allein anwendbar bei der Analyse fortschreitender mittelschneller biochemischer Vorgänge in Lösung.

Wenn gesagt wird, die Neutronenbeugung sei leistungsfähiger, so stimmt das in gewissen Fällen: jedoch darf man nicht vergessen, daß sie ihre gesamte Theorie des Beugungsvorganges von der Röntgen-Kleinwinkelstreuung übernommen hat.

An einigen wenigen charakteristischen Beispielen aus dem reichen Spektrum Ihrer eigenen Arbeiten und der Ihrer Mitarbeiter sei die Bedeutung der Röntgen-Kleinwinkelstreuung aufgezeigt:

Die ersten bemerkenswerten Untersuchungen aus dem Jahre 1940 wurden an der Cellulose durchgeführt: sie erbrachten entscheidende Beiträge zum modernen Bild vom micellaren Aufbau, der übermolekularen Struktur der Cellulose und ihrer Derivate.

Bei Fadenmolekülen in Lösung vermag die Kleinwinkelstreuung aus der Gestalt der Streukurve wichtige Kenngrößen zu entnehmen. Der innerste Teil ergibt eine Meßgröße für die gesamte Dimension des Molekülknäuels und aus dem Mittelteil erhält man die sogenannte Persistenzlänge, die den Grad der Verknäuelung im großen anzeigt. Das Kleinwinkelverfahren kann als einziges voraussetzungslos zu dieser Größe kommen. Aus der Masse pro Längeneinheit schließlich läßt sich der Gestaltstypus im kleinen ableiten, man kann also sagen, ob das Molekül in  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Form oder als Helix vorliegt. Schließlich führt der gleiche Quotient direkt auf einen Mittelwert des Molekulargewichts.

Zahlreiche Anwendungen liegen vor bei Proteinen, Nucleinsäuren, quartären Strukturen aus diesen, biologischen Membranen und Viren. Diese Arbeiten dürfen als die »hohe Schule« der Kleinwinkel-forschung bezeichnet werden, weil sie die detailliertesten Aussagen des Verfahrens repräsentieren.

Der Gedanke, daß man durch Einführen von zwei stark streuenden »Marken« durch ein bestimmtes Substraktionsverfahren deren Abstand bestimmen kann, hat die derzeitige Spitze der Kleinwinkel-forschung, die Aufklärung der Quartärstruktur von Ribosomen, entscheidend befruchtet.

Beim Studium des Multienzymkomplexes Fettsäuresynthetase der Hefe standen nur Lösungen zur Verfügung. Gemeinsam mit Feodor Lynen konnten Sie ein hohlkugelähnliches Modell entwickeln. Es erklärt, daß die Substrate im Hohlraum mit mehreren Enzymen in drei Dimensionen Kontakt aufnehmen können.

Es konnten die Struktur und physikochemischen Eigenschaften der normalen und pathologischen Lipoproteine des menschlichen Plasmas ermittelt werden, deren klinische Bedeutung für den normalen und gestörten Ablauf des Fettstoffwechsels und als Risikofaktor für die Artherosklerose diskutiert werden.

Eine umfassende Darstellung des Informationsgehaltes von Kleinwinkelmessungen an biologischen Membranen wurde von Ihnen und Laggner anhand des pathologisch bedeutsamen Lipoproteins X gegeben, das sich als eine mit Cholesterin gesättigte Phospholipid-Doppelschicht erwies.

Konformationsänderungen als Folge biochemischer Reaktionen können mit der Kleinwinkelmethode in natürlichem Milieu erfaßt werden. Die Reaktionen der Glycerinaldehyd-Dehydrogenase mit dem Coenzym NAD ist ein Beispiel, das Sie in Zusammenarbeit mit der Schule von Manfred Eigen mit der Kleinwinkelanalyse aufklären konnten.

Das wahrscheinlich schönste Beispiel für die Anwendung der Massenbestimmung pro Längeneinheit wurde in Graz (Pilz und Sund) an einem Enzym, der Glutaminsäure-Dehydrogenase, gegeben. Die länglichen Teilchen assoziieren; da die Masse pro Längeneinheit sich als unabhängig vom Assoziationsgrad erweist, folgt, daß die Assoziation durch Aneinanderlagerung in der Längsrichtung erfolgen muß.

Zum Abschluß sei noch auf das von Ihnen gemeinsam mit Stabinger und Leopold entwickelte Biegeschwinger-Verfahren für genaue Dichtebestimmungen hingewiesen. Der »Biegeschwinger« wurde im Rahmen der Entwicklung der Kleinwinkelstreuungs-Methode erfunden, weil man außer den eigentlichen Röntgendaten die Kenntnis des partiellen Volumens der gelösten Teilchen braucht und diese Größe durch extrem genaue Dichtebestimmungen verdünnter Lösungen erfaßbar ist. Das Gerät ist über den ursprünglichen Anwendungszweck weit hinausgewachsen; es werden bisher etwa 10 000 Exemplare verschiedener Varianten des Gerätes, die alle in Graz entwickelt und produziert wurden, weltweit in Laboratorien der Universitäten und der Industrie verwendet.

Lieber Herr Kratky! Sie können auf ein imponierendes Lebenswerk zurückblicken, das durch große Zielstrebigkeit ausgezeichnet ist und Ihnen in reichem Maße die Möglichkeit zu internationaler Zusammenarbeit eröffnete. Seit einigen Jahren haben Sie das Amt des Vorsitzenden der Kurie für Wissenschaft des Österreichischen Ehrenzeichens für Wissenschaft und Kunst inne. Was uns zusätzlich in

einer besonderen Weise verbindet. Wir freuen uns, Sie in der Nachfolge Ihres Landsmannes Albin Lesky in unserem Kreis willkommen zu heißen.

Herr KRATKY dankte mit folgenden Worten:

Hochverehrter Herr Bundespräsident.  
Sehr verehrter Herr Ordenskanzler,  
Festliche Versammlung,  
lieber und sehr verehrter Herr Butenandt!

Für das Wohlwollen, das Sie meiner Arbeit entgegenbringen, darf ich Ihnen den allerherzlichsten Dank sagen.

Ich habe mich auf meine alten Tage nochmals entschlossen. Verbesserungen der Röntgenkleinwinkelkamera vorzuschlagen und von einem jungen Mitarbeiter testen zu lassen; das geschieht nicht, weil ich mich in die Arbeit der nächsten oder übernächsten Generation eindringen will, sondern weil ich glaube, daß ich von meinem geistigen Kind, mit dem ich mich dreißig Jahre lang befaßt habe, die noch verbliebenen Mängel am besten kenne.

Wenn mir etwas Mut macht und Enthusiasmus gibt diese Arbeit mit Energie voranzutreiben, dann ist es wohl die hohe Auszeichnung, die mir durch die Aufnahme in den Orden Pour le mérite widerfährt und die Sie, hochverehrter Herr Butenandt, so glänzend eingeleitet haben. Ich darf für diese mich beglückende Ehre allen, die am Zustandekommen beteiligt sind, den wärmsten Dank sagen. Ebenso gedenke ich heute mit Dank meiner vielen Mitarbeiter, deren Arbeit für das Gelingen meines gesamten Lebenswerkes entscheidend