

verschiebung und der Quadrupolaufspaltung rückstoßfrei emittierter  $\gamma$ -Linien erhält man Aussagen über die Elektronendichte und den elektrischen Feldgradienten am Kernort. Das Emissionsspektrum ist deshalb charakteristisch für den Zustand der Elektronenhülle des nach der Kernumwandlung gebildeten Atoms, wie es zum Zeitpunkt des  $\gamma$ -Zerfalls vorliegt. Im Gegensatz zu radiochemischen und massenspektroskopischen Methoden können Nacheffekte mit der Mössbauerspektroskopie  $10^{-7}$  bis  $10^{-9}$  sec nach der vorausgehenden Kernumwandlung und ohne chemischen Eingriff im Festkörper untersucht werden.

Mit der beschriebenen Methode wurden die nach dem  $\beta^-$ -Zerfall von  $^{193}\text{Os}$  in Kaliumhexachloroosmat(IV),  $\text{K}_2\text{OsCl}_6$ , entstandenen Ladungszustände von Iridium bei  $4,2^\circ\text{K}$  untersucht. Für den  $73 \text{ keV}$ -Übergang in  $^{193}\text{Ir}$  wurden zwischen Resonanzabsorbern aus Ir-Metall und einigen drei- oder vierwertigen Ir-Verbindungen große Isomerieverchiebungen beobachtet. Eine Verschiebung um etwa  $-2,4 \cdot 10^{-7} \text{ eV}$  von  $\text{Ir}^{3+}$  gegenüber  $\text{Ir}^{4+}$ , sowie die ebenso große Verschiebung von  $\text{Ir}^{4+}$  gegenüber Ir-Metall, kann an Hand eines unter Verwendung von optischen Isotopieverchiebungsdaten aufgestellten Eichschemas verstanden werden. Die Isomerieverchiebung zwischen  $\text{Ir}^{3+}$  und  $\text{Ir}^{4+}$  mit den Elektronenkonfigurationen  $5d^6$  und  $5d^5$  wird durch die Abschirmwirkung des sechsten  $5d$ -Elektrons erklärt. Isotopieverchiebungsmessungen an  $5d$ -Elementen zeigen, daß die Abschirmwirkung eines  $5d$ -Elektrons nur geringfügig von der Zahl der vorhandenen  $5d$ -Elektronen abhängt.

Man kann daher die für andere, chemisch weniger stabile Wertigkeitsstufen des Ir zu erwartenden Isomerieverchiebungen angeben. Die im rückstoßfreien Emissionsspektrum einer  $\text{K}_2\text{OsCl}_6$ -Quelle auftretenden Linien konnten so den entsprechenden Ladungszuständen von Ir-Atomen zugeordnet werden. Neben Linien von  $\text{Ir}^{4+}$  und  $\text{Ir}^{3+}$  tritt eine intensive, für  $\text{Ir}^{2+}$  charakteristische Linie auf. Einige schwächere Linien entsprechen vermutlich höherwertigem Ir, können jedoch nicht eindeutig zugeordnet werden. Es wird versucht, das während der Lebensdauer des Mössbauerniveaus ( $\tau = 5,8 \text{ nsec}$ ) nach dem  $\beta^-$ -Zerfall beobachtete bevorzugte Auftreten von  $\text{Ir}^{2+}$  als Folge der nach der Kernladungsänderung ablaufenden sekundären Ionisationsprozesse zu deuten.

Aus aktivem Os-Metall hergestellte  $\text{K}_2\text{OsCl}_6$ -Quellen und direkt neutronenaktiviertes  $\text{K}_2\text{OsCl}_6$  zeigen im wesentlichen dasselbe Emissionsspektrum, jedoch mit etwas unterschiedlichen Intensitätsverhältnissen. Einige im Mössbauerspektrum von direkt neutronenaktiviertem  $\text{K}_2\text{OsCl}_6$  zusätzlich auftretende schwache Linien dürften durch Strahlenschäden bedingt sein.

[\*] J. Klöckner, P. Rother, Dr. F. Wagner und Dr. U. Zahn  
Physik-Department der Technischen Hochschule  
8 München 2, Arcisstraße 21

### Vergleichende Strukturbestimmung an gasförmigen Molekülen mit Hilfe der Methoden der Elektronenbeugung und Mikrowellenspektroskopie

Von W. Zeil<sup>[\*]</sup>

Bei den beiden Methoden der Strukturbestimmung freier gasförmiger Moleküle — der Mikrowellenspektroskopie und der Elektronenbeugung — stößt man auf prinzipielle Schwierigkeiten, wenn man die Genauigkeit der Abstandsbestimmung auf besser als  $\pm 0,01 \text{ \AA}$  erhöhen will. Diese Schwierigkeiten röhren daher, daß die untersuchten Moleküle niemals starr sind. Selbst dann, wenn sich die Moleküle im Schwingungsgrundzustand befinden, unterliegen die berechneten Abstände einer Unschärfe, die durch die Nullpunkt-Schwingung bedingt ist. Darüberhinaus mittelt die Elektronenbeugungs-Methode die durch die Schwingungen bedingten zeitlich variablen Atomkoordinaten über  $r$ , während die Mikrowellenspektroskopie sowohl im Schwingungsgrundzustand als auch in den angeregten Schwingungszuständen über  $1/r^2$  mittelt.

Während diese Verhältnisse bei zwei- und dreiatomigen Molekülen noch relativ gut zu überschauen sind, liegen für größere Moleküle bisher kaum vergleichende Untersuchungen mit beiden Methoden vor. Gerade für größere Moleküle aber genügt im allgemeinen keine der beiden Methoden allein für eine vollständige Strukturbestimmung.

Wir haben uns zum Ziele gesetzt, beide Methoden bei der Strukturbestimmung größerer Moleküle zu kombinieren, um zu einer möglichst vollständigen Strukturinformation zu gelangen. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, inwieweit überhaupt die durch die genannten physikalischen Erscheinungen bedingten Strukturunsicherheiten bei einer Strukturbestimmung mit beiden Methoden ins Gewicht fallen.

Kombinierte Strukturuntersuchungen an den Molekülen  $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cl}$ ,  $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{Cl}$  und COS scheinen den Schluß zuzulassen, daß — je größer und schwerer die Moleküle werden — desto genauer die Ergebnisse beider Methoden übereinstimmen.

[\*] Prof. Dr. W. Zeil  
Lehrstuhl für Physikalische Chemie der Universität Ulm  
z. Zt. 75 Karlsruhe, Hertzstraße 16, Bau 35

### Weitere Untersuchungen über die Isotopenfraktionierung der Alkalionen an biologischen Membranen

Von K. Wagener und U. Zimmermann (Vortr.)<sup>[\*]</sup>

In den meisten tierischen und pflanzlichen Membranen wirken aktive Ionenpumpen, die zu einer starken Entmischung der Komponenten führen können. Solche stationären Entmischungszustände können mit einer Isotopenfraktionierung verbunden sein, wobei deren Größe in spezifischer Weise von der Art des Ionendurchtritts abhängt. Diese Tatsache kann zur Aufklärung des Transportmechanismus herangezogen werden.

Nachdem bei früheren Messungen mit einer Genauigkeit von 0,1 % keine Verschiebung bei den Kaliumisotopen gefunden werden konnte, versuchten wir nun, die eventuell vorhandene Isotopendiskriminierung zu verstärken. Das gelingt am besten mit den Isotopen eines physiologisch geeigneten, seltenen Elementes.

Im Anschluß an unsere Kalium-Messungen an den Meeresalgen *Valonia macrophysa* und *Chaetomorpha linum* ließen wir nunmehr diese Algen in einem künstlich veränderten Seewasser wachsen, in dem K ganz oder teilweise durch Rb ersetzt war. Nachdem sich das Rb stationär zwischen Kulturmedium und Zellsaft verteilt hatte, benutzten wir den Zellsaft der Kulturzellen, um daraus ein neues Kulturmedium für eine zweite Kultur zu bereiten. Sobald in dieser stationäre Elektrolytverhältnisse eingetreten waren, wurde nunmehr deren Zellsaft zur Herstellung eines dritten Kulturmediums verwandt usf. Bei diesem Vorgehen wird die Isotopenfraktionierung offensichtlich vervielfacht, sofern eine solche überhaupt vorliegt. Hat der Isototentrennfaktor zwischen dem Rb im Zellsaft und dem Rb im Medium jeweils den Betrag  $1 + \epsilon$ , so ergibt sich zwischen dem Zellsaft der n-ten Stufe und dem Medium der ersten Stufe ein Trennfaktor  $(1 + \epsilon)^n$ .

Die Grenzen dieser Methode liegen darin, daß bei jedem folgenden Kulturansatz eine Verdünnung des Rb-Anteils im Medium eintritt (die durch K-Zusatz kompensiert werden muß), die sich potenziert. Nach 5–10 Umsetzungen wird dann meist die Nachweigrenze des Rb erreicht. Nach einer Änderung des Mediums wird der neue stationäre Zustand nach etwa 6 Tagen erreicht; wir warteten jeweils 8–9 Tage bis zur Zellsaftgewinnung. In den ersten 15 Tagen ruht Rb keine Veränderungen an den Zellen hervor.

Die massenspektrometrisch gemessenen Isotopenverhältnisse des Rb im Zellsaft betragen (in Klammern jeweils die Anzahl der Messungen):