

teristisch hierfür ist das Auftreten einzelner scharfer Linien, die parallel zueinander verlaufen und z. Tl. bei schwacher Neigung das Beugungsbild durchziehen. Hier liegen offenbar Liniengitter-Interferen-

Intensität geschätzt	e_n [mm]	J_n [Å] Elektr.-Strahlen	Atombindung	J_n [Å] Röntgen-Strahlen
st.	8,7	2,30	O—OH	≈ 2,25
s. st.	12,8	1,56	C—C	1,54
st.	14,7	1,36	C—OH	≈ 1,35
st.	16,7	1,20	C=O	1,10 → 1,30
s.	18,2	1,10	C—H	1,12
s.	20,0	1,00	O—H	≈ 1,00
s. s.	27,0	0,74	H—H	0,75

Tab. 3. Aus Abb. 27 ermittelte Atomabstände.

zen von gerichteten Kohlenwasserstoffketten vor. Die Auswertung nach $J_n = (n/e_n) \lambda L$ liefert die Identitätsperioden J_n der Tab. 3, wobei e_n den Schichtlinienabstand bedeutet. Die beobachteten Periodenwerte lassen sich bekannten Atomabständen zuordnen, wie sie in den Olefinen und deren Derivaten auftreten.

In Abb. 27 ist, wie erwartet, die Interferenzlinie $J_{c-c} = 1,54$ Å am intensivsten, sie entspricht der C—C-Bindung. Offenbar sind hier die Kohlenwasserstoffketten³⁴ mit ihren freien Enden (COOH-Gruppen) an die Cu-Atome gekettet, während sie selbst senkrecht zur Oberfläche ausgerichtet sind.

³⁴ K. L. Wolf, Z. Ver. dtsch. Ing. **83**, 781 [1939].

Energieniveaus von Ne²¹

Von GERHART v. GIERKE

Aus dem Institut für Physik im Max-Planck-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg

(Z. Naturforsch. **9a**, 164—166 [1954]; eingegangen am 1. Dezember 1953)

Mit der schon früher beschriebenen Apparatur¹ wurde auch Neon nach der Wilhelmschen Methode untersucht. Zahlreiche Niveaus des Zwischenkernes Ne²¹ konnten im Energiebereich zwischen 8 und 13,5 MeV Anregungsenergie wahrscheinlich gemacht werden. Von einer systematischen Zunahme der Niveaudichte bei höheren Energien ist bei der erreichten Energieauflösung nichts zu bemerken, wie schon früher bei N¹⁵ und O¹⁷ festgestellt¹.

In einer früheren Arbeit¹ (im folgenden als I zitiert) wurde Stickstoff und Sauerstoff nach der vervollkommenen Wilhelmschen Methode mit einer Antikoinzidenz-Ionisationskammer und einem hochauflösenden photographischen Impulsspektrographen untersucht. Da bei höheren Energien Vergleichsmöglichkeiten fehlten, bestand zunächst immer noch eine gewisse Möglichkeit, daß ein Teil der dabei gefundenen Zwischenkern-Niveaus durch eine Struktur im eingestrahlten Neutronenspektrum (Raα + Be) vorgetäuscht wird. Die Gegenstände sind in I diskutiert. Trotzdem war es eine Beruhigung, als in einer gleichzeitig veröffentlichten Messung² des totalen Wirkungsquerschnittes von Stickstoff für monoenergetische Neutronen von 1,9—3,8 MeV die von uns gefundenen und durch eine andere Methode bisher nicht belegten

Energieniveaus von N¹⁵ im wesentlichen bestätigt wurden.

In der vorliegenden Arbeit wurde auch Neon mit derselben Apparatur untersucht. Hier kommt praktisch allein die Reaktion $\text{Ne}^{20} + n \rightarrow \text{Ne}^{21} * \rightarrow \text{O}^{17} (*) + \alpha + Q$ in Betracht³. Das Reaktionsspektrum in Neon wurde schon öfters³⁻⁵ nach der Wilhelmschen Methode gemessen. Aber gerade bei diesem Gas müssen sich die Vorteile der von uns verwendeten Apparatur besonders günstig auswirken. Denn bei Neon würde der Wandeffekt schon bei viel geringeren Energien als bei N₂ und O₂ das Spektrum zu verwaschen beginnen, da die Reichweite von α-Strahlen in Ne das rd. 1,8-fache der Luftreichweite beträgt. Gerade der Wandeffekt aber wird bei der von uns benutzten Antikoinzidenz-Ionisationskammer⁶ vermieden. Außerdem liegen

¹ G. v. Gierke, Z. Naturforsch. **8a**, 567 [1953].

² R. Meier, R. Ricamo, P. Scherrer u. W. Zündt, Helv. physica Acta **26**, 451 [1953].

³ H. Gailer, Z. Physik **110**, 605 [1938].

⁴ G. Ortner u. G. Protiwinsky, Mitt. Inst. Rad.

Forschung Wien, Nr. 434, [1939]; Wiener Berichte **IIa**, 148, 349 [1939]; Physik. Z. **44**, 116 [1943].

⁵ H. J. Zagor u. F. A. Valente, Physic. Rev. **67**, 138 [1945].

⁶ W. Stetter u. W. Bothe, Z. Naturforsch. **6a**, 61 [1951].



die Ausbeuteverhältnisse, namentlich bei höheren Energien, ungünstiger als bei Stickstoff, so daß wesentlich längere Meßzeiten notwendig sind. Hierfür aber ist der in I beschriebene Impulsspektrograph besonders geeignet.

Bei einer notwendigen Neuaufstellung der Apparatur wurden nur geringfügige Änderungen gegenüber I vorgenommen. Die Gastrocknung erfolgte in einem geschlossenen Umlauf. Verwendet wurde Neon mit einer Reinheit von 98%. Da in Neon schon bei einer Kammer Spannung um 750 V Multiplikation an den Drahtelektroden eintrat, konnte nur mit einer Sammelspannung von 620 V gearbeitet werden. Die hierdurch bedingte lange Sammelzeit der Ionen hatte wiederum zur Folge, daß die Zeitkonstanten des Verstärkers erhöht werden mußten, um eine ortsunabhängige Energiemessung zu gewährleisten. Das Frequenzband wurde daher nach oben und unten mit der gleichen Zeitkonstanten von $5 \cdot 10^{-3}$ sec beschnitten. Die Verschlechterung der zeitlichen Auflösung konnte wegen der geringeren Impulsrate in Kauf genommen werden. Außerdem sorgte, wie in I beschrieben, die Elektronik

dafür, daß keine zu dicht aufeinanderfolgenden Impulse registriert werden konnten. Auch die Kippzeiten der Verzögerungs-Univibratoren wurden entsprechend verlängert. Die Apparatur wurde wieder mit Polonium- α -Teilchen geeicht. Da die Eichkonstanten von einer Aufnahme zur anderen etwas schwanken, kann für die Genauigkeit des Energiemaßstabes nur innerhalb von 5% garantiert werden. Die Halbwertbreite der Polonium- α -Linie konnte auf < 100 keV verkleinert werden. Auch der Nulleffekt war kleiner als in I angegeben. Bei der verwendeten Kammer Spannung von 620 V war die Kammer so unempfindlich gegen mechanische und akustische Störungen, daß bei eingeschaltetem Störbegrenzer in einem ruhigen Zimmer auch am Tage gemessen werden konnte, ohne daß die Registrierung allzu lange wegen Störungen abgeschaltet wurde. Wegen aller übrigen Einzelheiten sei auf I verwiesen.

Abb. 1* zeigt die Kopien eines Teils der Aufnahmen nach Reduktion auf gleiche Energiemaßstäbe. Diese Kopien wurden ohne Rücksicht auf

* Abb. 1 auf Tafel S. 156 f.

1	2	3	4	5	6	7	8
Gailer ³	Ortner u. Protivinsky ⁴	Zagor u. Valente ⁵	Eigene Messungen		Johnson Bockelmann u. Marshall ⁷	Sikkema ⁹	Middleton u. Tai ¹⁰
(n, α) n (kont.) E in MeV	(n, α) n (kont.) E in MeV	(n, α) n (kont.) E in MeV	(n, α) n (kont.) E in MeV	E* in MeV	(n, α) n (monoen.) E* in MeV	(n, α) n (monoen.) E* in MeV	Ne ²⁰ (d, p) E* in MeV
	0,73	0,85	0,84	8,13			
	0,95	1,05	0,99	8,27			8,28
	1,28		1,18	8,45			
			(1,33)	(8,59)			
			1,45	8,71	8,77		
1,7	1,73	1,68	1,75	9,00			8,91
			1,88	9,10	9,09	9,11	
			1,94	9,18	9,25		
			2,16	9,39	9,35		
2,4	2,27		2,25	9,48	9,49	9,58	
	2,70		2,47	9,68			
			2,66	9,86	9,86	9,90	
	3,24		3,15	10,33			
			3,29	10,47			
			(3,43)	(10,60)			
3,8	3,78		3,66	10,81			
3,8	3,78		3,88	11,02			
			(4,03)	(11,17)			
	4,29		4,17	11,30			
	4,29		4,37	11,49			
4,8	4,75		4,48	11,60			
4,8	4,75		4,80	11,90			
5,3	5,17		5,30	12,38			
	5,51		(5,56)	(12,64)			
			5,77	12,83			
			5,94	12,98			
	6,23		(6,07)	(13,10)			
	6,23		(6,29)	(13,32)			
			6,40	13,42			

Tab. 1. Gemessene (n, α)-Resonanzenergien E und Niveaus E* des Ne²¹ über dessen Grundzustand.

absolute Schwärzung nur mit der Absicht hergestellt, möglichst viel der aufgenommenen Struktur zu zeigen. Nur von der Aufnahme d) mit der besten Statistik sind mehrere Kopien wiedergegeben, um auch die Struktur in dem stark belichteten Teil des Spektrums sichtbar zu machen. Der allgemeine Verlauf des Spektrums ist ähnlich den in I als Photometerkurven gezeigten Spektren, da ja das gleiche Neutronenspektrum eingestrahlt wurde. Nur fällt das Spektrum gegen hohe Energien noch steiler ab, da die Reichweite der α -Strahlen, wie erwähnt, schon bei viel kleineren Energien in die Größenordnung der Kammerdimensionen kommt als bei den in I untersuchten Gasen. Bei Aufnahme a) wurden 5500 Impulse, bei b) 26500 Impulse, bei c) 36000 Impulse und bei d) 250000 Impulse registriert; die Registrierung d) dauerte insgesamt 165 Stunden. Die deutlichsten der auf den verschiedenen Aufnahmen auftretenden Häufungsmaxima sind durch Pfeile bezeichnet und in Tab. 1, Spalte 4, aufgeführt. In Spalte 1–3 sind die Ergebnisse anderer Autoren, die Neon nach der Wilhelmschen Methode untersuchten, angegeben. Durch die größere Statistik und das bessere Auflösungsvermögen konnten jetzt wesentlich mehr Maxima bestimmt und viele der von den früheren Autoren angegebenen Maxima in mehrere aufgelöst werden.

Nach Gailer³ ist ein Übergang in einen angeregten Zustand des Endkernes O^{17} durchaus denkbar, zumal das niederste Anregungsniveau von O^{17} nur 0,875 MeV hoch liegt⁸. Dagegen spricht aber, daß von Johnson, Bockelmann und Barshall⁷ bei Messung des (n, α) -Reaktionswirkungsquerschnittes mit monoenergetischen Neutronen bis zu Neutronenenergien von über 3 MeV immer nur eine α -Gruppe, dem Übergang in den Grundzustand entsprechend, gefunden wurde. So wollen wir jetzt nur Übergänge in den Grundzustand in Betracht

ziehen. Die Anregungsenergien E^* des Zwischenkernes Ne^{21} , vom Grundzustand aus gerechnet, ergeben sich dann aus den gemessenen Häufigkeitsmaxima der Energie E (Tab. 1, Spalte 4) zu

$$E^* = 20/21 (E - Q) + Q_B$$

Hier ist $Q = -0,603 \text{ MeV}$ ⁸ die Energietönung des Prozesses und $Q_B = 6,756 \text{ MeV}$ ⁸ die Bindungsenergie des Neutrons im Grundzustand des Ne^{21} -Kernes. Die hiernach berechneten Energieniveaus sind in Spalte 5 aufgeführt. Die nächsten Spalten geben noch Ergebnisse wieder, die von anderen Autoren mit anderen Methoden gefunden wurden. Die Niveaus in Spalte 6 und 7 ergaben sich aus Messungen des (n, α) -Reaktionswirkungsquerschnittes mit monoenergetischen Neutronen^{7,9}, indem man denselben Q_B -Wert wie oben zugrunde legt. Vor allem die Ergebnisse von Johnson et al.⁷, die mit einer vergleichbaren Energieauflösung erhalten wurden, zeigen, daß die Niveaudichte wirklich der von uns gefundenen entspricht. Schließlich können angeregte Niveaus auch bei Ne^{21} als Endkern beobachtet werden. Die zwei in Spalte 8 aufgeführten Niveaus wurden so von Middleton und Tai¹⁰ bei Ne^{20} (d, p) Ne^{21} gemessen.

Eine Zunahme der Niveaudichte des Ne^{21} mit wachsender Anregungsenergie konnte in dem untersuchten Bereich von 8–13,5 MeV mit der erreichten Auflösung nicht beobachtet werden. Entsprechendes war schon in I für die Zwischenkerne N^{15} und O^{17} festgestellt worden.

Herrn Professor Dr. W. Bothe danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für ihre stete Unterstützung.

Für die Untersuchung wurden apparative Hilfsmittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft mitbenutzt.

⁷ C. H. Johnson, C. K. Bockelmann u. H. H. Barshall, *Physic. Rev.* **82**, 117 [1951].

⁸ F. Ajzenberg u. T. Lauritsen, *Rev. mod. Physics* **24**, 321 [1952].

⁹ C. P. Sikkema, *Nature* [London] **165**, 1016 [1950].

¹⁰ R. Middleton u. C. T. Tai, *Proc. physic. Soc., Sect. A* **64**, 801 [1951].