

Das Mikrowellenrotationsspektrum des SnSe

J. HOEFT

II. Physikalisches Institut der Freien Universität Berlin

(Z. Naturforsch. 21 a, 437–440 [1966]; eingegangen am 28. Januar 1966)

In einem konventionellen Mikrowellenspektrometer mit heizbarer Absorptionszelle gelang die Beobachtung des reinen Rotationsspektrums einer weiteren (IV/VI)-Verbindung. Im Frequenzbereich 11–35 GHz wurden bei Temperaturen zwischen 650 und 700 °C Rotationsübergänge von 29 Isotopenkombinationen des SnSe gemessen. Es werden Rotationskonstanten, Kernabstände und Massenverhältnisse von Zinn- und Selenisotopen mitgeteilt. Für den Kernabstand des SnSe ergab sich der Wert $r_e = (2,325603 \pm 0,000070) \text{ \AA}$.

Die Untersuchung von bisher unbekannten reinen Rotationsspektren zweiatomiger (IV/VI)-Verbindungen wurde mit Messungen an SnSe fortgesetzt. In dieser Molekelklasse sind Rotationsübergänge der einzigen bei Zimmertemperatur gasförmigen Substanzen, CO und CS, seit längerer Zeit bekannt. Die Messungen an SnSe wurden mit der gleichen experimentellen Anordnung durchgeführt, in der zuvor die Sulfide¹ dieser Molekelklasse und das SiSe² untersucht worden waren.

Als Substanz stand 99-proz. SnSe zur Verfügung. (Hersteller: Dr. Th. Schuchardt, München.) Im Frequenzbereich 11–35 GHz wurden insgesamt 90 Linien der Übergänge $J=2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$, $5 \rightarrow 6$, $7 \rightarrow 8$ und $8 \rightarrow 9$ gemessen. Die in Tab. 1 aufgeführten Linienfrequenzen sind 29 isotonen Molekeln mit Häufigkeiten zwischen 0,5 und 16% zugeordnet. Die Zuordnung der Rotationsübergänge ergab sich aus der Lage aufeinanderfolgender Rotationsübergänge einer isotonen Molekel. Bei diesem Verfahren müssen größere Frequenzbereiche systematisch abgesucht werden. Eine Zuordnung aus dem STARK-Effekt der Übergänge ist in unserer Anordnung nicht möglich. Im inhomogenen elektrischen Feld der coaxialen Absorptionszelle werden die STARK-Komponenten der Absorptionslinien sehr verbreitert und können daher nicht mehr aufgelöst werden. Die Messungen wurden bei Temperaturen zwischen 650 und 700 °C durchgeführt. In diesem Temperaturbereich haben die Linien Halbwertsbreiten zwischen 0,6 und 1,0 MHz. Da sämtliche Zinn- und Selenisotope Kernspins $I < 1$ haben, hatten die Rotationsübergänge keinerlei Quadrupol-Hyperfeinstruktur.

Die Rotationskonstanten in Tab. 2 wurden nach den bekannten Beziehungen³

$$\nu = 2 B_v(J+1) - 4 D_v(J+1)^3 \quad (1)$$

mit

$$B_v = B_e - \alpha_e(v+1/2) + \gamma_e(v+1/2)^2 \quad (2)$$

aus den Linienfrequenzen berechnet (v : Schwingungsquantenzahl).

Im Falle der selteneren Isotopenkombinationen $\text{Sn}^{117}\text{Se}^{76}$, $\text{Sn}^{119}\text{Se}^{76}$, $\text{Sn}^{117}\text{Se}^{77}$, $\text{Sn}^{119}\text{Se}^{77}$, $\text{Sn}^{122}\text{Se}^{78}$, $\text{Sn}^{124}\text{Se}^{78}$, $\text{Sn}^{116}\text{Se}^{82}$, $\text{Sn}^{119}\text{Se}^{82}$ und $\text{Se}^{124}\text{Se}^{82}$ konnten nur Rotationsübergänge im Schwingungsgrundzustand der Molekeln gemessen werden. Übergänge in höheren Schwingungszuständen waren wegen ihrer geringen Intensität nicht mehr nachweisbar. Die Konstante α_e dieser 9 Isotopenkombinationen wurde daher aus den gemessenen α_e -Werten der anderen 20 isotonen Molekeln mit Hilfe der Beziehung³

$$\alpha_e \sim \sqrt{1/\mu^3} \quad (3)$$

berechnet. Dieser Zusammenhang mit der reduzierten Masse μ gilt für Isotopenkombinationen ein und derselben Molekel. Diese 9 berechneten α_e -Werte sind Mittelwerte von mit Gewichten versehenen 20 Einzelwerten. Die angegebenen Fehler sind die mittleren Fehler der arithmetischen Mittelwerte.

Für 9 häufigere Isotopenkombinationen ließ sich aus der Schwingungsfeinstruktur der Rotationsübergänge auch die Konstante γ_e des in ν quadratischen Terms der Gl. (2) berechnen. In dieser Gruppe wurden Übergänge in Schwingungszuständen bis zu $v=5$ beobachtet. Aus den mit Gewichten versehenen Einzelwerten ergab sich der arithmetische Mittel-

¹ J. HOEFT, Z. Naturforsch. 19 a, 1134 [1964]; 20 a, 313, 826, 1327 [1965].

² J. HOEFT, Z. Naturforsch. 20 a, 1122 [1965].

³ C. H. TOWNES u. A. L. SCHAWLOW, Microwave Spectroscopy, McGraw Hill Book Co., London 1955.

⁴ A. H. WAPSTRA, Handbuch der Physik, Band 38/1, Springer-Verlag, Berlin 1958, S. 7 ff.



Molekel	%	$J \rightarrow J+1$	v	ν (MHz)	Molekel	%	$J \rightarrow J+1$	v	ν (MHz)
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁶	1,3	2 → 3	0	12 205,830 ± 0,1	Sn ¹¹⁷ Se ⁸⁰	3,8	2 → 3	0	11 795,780 ± 0,1
			1	12 172,860 ± 0,1			7 → 8	1	11 764,620 ± 0,1
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁶	0,7	2 → 3	0	12 164,520 ± 0,1				0	31 455,080 ± 0,1
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁶	2,2	2 → 3	0	12 124,020 ± 0,1	Sn ¹²² Se ⁷⁸	1,1	2 → 3	0	11 779,098 ± 0,1
			1	12 091,400 ± 0,1	Sn ¹¹⁸ Se ⁸⁰	12,0	2 → 3	0	11 755,280 ± 0,1
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁷	1,1	2 → 3	0	12 110,000 ± 0,1				1	11 724,175 ± 0,1
			1	12 077,385 ± 0,1				2	11 693,120 ± 0,1
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁶	0,8	2 → 3	0	12 084,025 ± 0,1				3	11 661,990 ± 0,1
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁷	0,6	2 → 3	0	12 068,525 ± 0,1			3 → 4	4	11 630,800 ± 0,1
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁶	3,0	2 → 3	0	12 044,830 ± 0,1			5 → 6	0	15 673,650 ± 0,1
			1	12 012,470 ± 0,1			7 → 8	0	23 510,350 ± 0,1
			2	11 980,000 ± 0,1				0	31 346,990 ± 0,1
		7 → 8	0	32 118,895 ± 0,1				1	31 264,125 ± 0,1
			1	32 032,650 ± 0,1				2	31 181,052 ± 0,1
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁷	1,8	2 → 3	0	12 027,920 ± 0,1	Sn ¹¹⁹ Se ⁸⁰	4,3	2 → 3	0	11 715,280 ± 0,1
			1	12 995,680 ± 0,1				1	11 684,420 ± 0,1
		7 → 8	0	32 073,550 ± 0,1			7 → 8	2	11 653,445 ± 0,1
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁸	3,4	2 → 3	0	12 016,760 ± 0,1	Sn ¹²⁴ Se ⁷⁸	1,4	2 → 3	0	11 704,920 ± 0,1
			1	11 984,670 ± 0,1			7 → 8	0	31 212,655 ± 0,1
			2	11 952,510 ± 0,1	Sn ¹²⁰ Se ⁸⁰	16,4	2 → 3	0	11 676,160 ± 0,1
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁷	0,7	2 → 3	0	11 988,225 ± 0,1				1	11 645,430 ± 0,1
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁸	1,8	2 → 3	0	11 975,380 ± 0,1				2	11 614,520 ± 0,1
			1	11 943,580 ± 0,1				3	11 583,725 ± 0,1
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁷	2,5	2 → 3	0	11 948,890 ± 0,1				4	11 552,860 ± 0,1
			1	11 917,285 ± 0,1				5	11 522,010 ± 0,1
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁸	5,7	2 → 3	0	11 935,075 ± 0,1			5 → 6	0	23 352,015 ± 0,1
			1	11 903,530 ± 0,1				1	23 290,650 ± 0,1
		5 → 6	0	23 869,700 ± 0,1			7 → 8	0	31 135,830 ± 0,1
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁸	2,0	2 → 3	0	11 894,880 ± 0,1				1	31 053,800 ± 0,1
			1	11 863,240 ± 0,1			8 → 9	2	30 971,570 ± 0,1
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁸	7,7	2 → 3	0	11 855,630 ± 0,1	Sn ¹¹⁶ Se ⁸²	1,3	2 → 3	0	11 666,250 ± 0,1
			1	11 824,270 ± 0,1	Sn ¹²² Se ⁸⁰	2,4	2 → 3	0	11 599,529 ± 0,1
			2	11 792,810 ± 0,1				1	11 569,000 ± 0,1
			3	11 761,310 ± 0,1			5 → 6	0	23 198,895 ± 0,1
		5 → 6	0	23 711,370 ± 0,1	Sn ¹¹⁸ Se ⁸²	2,2	2 → 3	0	11 584,225 ± 0,1
		7 → 8	0	31 614,925 ± 0,1				1	11 553,850 ± 0,1
Sn ¹¹⁶ Se ⁸⁰	7,1	2 → 3	0	11 837,120 ± 0,1	Sn ¹¹⁹ Se ⁸²	0,8	2 → 3	0	11 544,320 ± 0,1
			1	11 805,890 ± 0,1	Sn ¹²⁴ Se ⁸⁰	3,0	2 → 3	0	11 525,375 ± 0,1
			2	11 774,370 ± 0,1				1	11 495,125 ± 0,1
			3	11 742,820 ± 0,1				2	11 464,820 ± 0,1
		5 → 6	0	23 674,050 ± 0,1	Sn ¹²⁰ Se ⁸²	3,0	2 → 3	0	11 505,180 ± 0,1
		7 → 8	0	31 565,320 ± 0,1				1	11 475,030 ± 0,1
			1	31 481,665 ± 0,1				2	11 444,920 ± 0,1
			2	31 397,740 ± 0,1	Sn ¹²⁴ Se ⁸²	0,5	2 → 3	0	11 354,460 ± 0,1

Tab. 1.

wert $\gamma_e = (-5,3 \pm 1,0)$ kHz. Diese Mittelung ist gerechtfertigt, da die Abhängigkeit der γ_e -Werte von der reduzierten Masse der isotopen Molekeln im Rahmen der Meßgenauigkeit sicher vernachlässigbar ist. Mit dem Mittelwert γ_e wurden sämtliche B_e -Werte in Tab. 2 berechnet.

Die aus dem Zusammenhang ³

$$r_e = \sqrt{\hbar / (4 \pi \mu B_e)} \quad (4)$$

berechneten Kernabstände sind in Tab. 3 aufgeführt. Der Berechnung der reduzierten Massen μ lagen wie oben die Tabellen der Atommassen von WAPSTRA ⁴ zugrunde. Die Werte der Naturkonstanten

$$\hbar = (1,05443 \pm 0,00004) \cdot 10^{-27} \text{ erg sec}$$

Atomare Masseneinheit:

$$(1,65979 \pm 0,00004) \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

Molekel	B_0 (MHz)	B_e (MHz)	α_e (MHz)	γ_e (kHz)	D_e (kHz)
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁶	2034,311 ± 0,017	2037,055 ± 0,026	5,485 ± 0,024	—	—
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁶	2027,426 ± 0,017	2030,147 ± 0,017	5,439 ± 0,003	—	—
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁶	2020,676 ± 0,017	2023,390 ± 0,026	5,426 ± 0,024	—	—
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁷	2018,339 ± 0,017	2021,053 ± 0,026	5,425 ± 0,024	—	—
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁶	2014,010 ± 0,017	2016,704 ± 0,017	5,385 ± 0,003	—	—
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁷	2011,427 ± 0,017	2014,116 ± 0,017	5,375 ± 0,003	—	—
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁶	2007,473 ± 0,006	2010,166 ± 0,009	5,383 ± 0,008	— 9,2 ± 20	0,36 ± 0,11
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁷	2004,643 ± 0,006	2007,326 ± 0,017	5,363 ± 0,024	—	0,51 ± 0,16
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁸	2002,799 ± 0,017	2005,469 ± 0,021	5,338 ± 0,012	— 5,8 ± 20	—
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁷	1998,043 ± 0,017	2000,705 ± 0,017	5,321 ± 0,003	—	—
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁸	1995,902 ± 0,017	1998,548 ± 0,026	5,290 ± 0,024	—	—
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁷	1991,487 ± 0,017	1994,117 ± 0,026	5,257 ± 0,024	—	—
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁸	1989,171 ± 0,008	1991,796 ± 0,017	5,247 ± 0,024	—	0,69 ± 0,35
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁸	1982,486 ± 0,017	1985,119 ± 0,026	5,263 ± 0,024	—	—
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁸	1975,966 ± 0,005	1978,577 ± 0,008	5,219 ± 0,009	— 5,8 ± 20	0,05 ± 0,16
Sn ¹¹⁶ Se ⁸⁰	1972,865 ± 0,005	1975,476 ± 0,006	5,220 ± 0,005	— 10,9 ± 6	0,31 ± 0,09
Sn ¹¹⁷ Se ⁸⁰	1965,978 ± 0,006	1968,571 ± 0,017	5,183 ± 0,024	—	0,19 ± 0,16
Sn ¹²² Se ⁷⁸	1963,189 ± 0,017	1965,782 ± 0,017	5,183 ± 0,003	—	—
Sn ¹¹⁸ Se ⁸⁰	1959,221 ± 0,005	1961,805 ± 0,006	5,166 ± 0,005	— 4,1 ± 5	0,26 ± 0,09
Sn ¹¹⁹ Se ⁸⁰	1952,558 ± 0,006	1955,128 ± 0,011	5,137 ± 0,012	— 9,6 ± 20	0,23 ± 0,16
Sn ¹²⁴ Se ⁷⁸	1950,828 ± 0,006	1953,396 ± 0,006	5,134 ± 0,003	—	0,26 ± 0,16
Sn ¹²⁰ Se ⁸⁰	1946,027 ± 0,004	1948,584 ± 0,005	5,111 ± 0,005	— 3,8 ± 4	0,33 ± 0,08
Sn ¹¹⁶ Se ⁸²	1944,380 ± 0,017	1946,935 ± 0,017	5,108 ± 0,003	—	—
Sn ¹²² Se ⁸⁰	1933,262 ± 0,008	1935,802 ± 0,017	5,078 ± 0,024	—	0,25 ± 0,35
Sn ¹¹⁸ Se ⁸²	1930,710 ± 0,017	1933,237 ± 0,026	5,052 ± 0,024	—	—
Sn ¹¹⁹ Se ⁸²	1924,059 ± 0,017	1926,575 ± 0,017	5,029 ± 0,003	—	—
Sn ¹²⁴ Se ⁸⁰	1920,901 ± 0,017	1923,417 ± 0,021	5,030 ± 0,012	— 4,6 ± 20	—
Sn ¹²⁰ Se ⁸²	1917,535 ± 0,017	1920,039 ± 0,021	5,006 ± 0,012	3,3 ± 20	—
Sn ¹²⁴ Se ⁸²	1892,415 ± 0,017	1894,869 ± 0,017	4,905 ± 0,003	—	—

Tab. 2.

Molekel	r_e (Å)	Molekel	r_e (Å)
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁶	2,325596	Sn ¹¹⁶ Se ⁸⁰	2,325604
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁶	2,325599	Sn ¹¹⁷ Se ⁸⁰	2,325606
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁶	2,325591	Sn ¹²² Se ⁷⁸	2,325608
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁷	2,325590	Sn ¹¹⁸ Se ⁸⁰	2,325603
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁶	2,325597	Sn ¹¹⁹ Se ⁸⁰	2,325604
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁷	2,325610	Sn ¹²⁴ Se ⁷⁸	2,325609
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁶	2,325593	Sn ¹²⁰ Se ⁸⁰	2,325603
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁷	2,325621	Sn ¹¹⁶ Se ⁸²	2,325601
Sn ¹¹⁶ Se ⁷⁸	2,325609	Sn ¹²² Se ⁸⁰	2,325595
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁷	2,325590	Sn ¹¹⁸ Se ⁸²	2,325615
Sn ¹¹⁷ Se ⁷⁸	2,325620	Sn ¹¹⁹ Se ⁸²	2,325607
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁷	2,325614	Sn ¹²⁴ Se ⁸⁰	2,325595
Sn ¹¹⁸ Se ⁷⁸	2,325609	Sn ¹²⁰ Se ⁸²	2,325601
Sn ¹¹⁹ Se ⁷⁸	2,325610	Sn ¹²⁴ Se ⁸²	2,325596
Sn ¹²⁰ Se ⁷⁸	2,325608		

SnSe: $\bar{r}_e = 2,325603 \pm 0,000070$ Å

Tab. 3.

wurden einer Publikation von COHEN, DUMOND und Mitarbeitern⁵ entnommen. Die Kernabstände der 29 isotopen Molekeln stimmen im Rahmen der Meßgenauigkeit überein. Am Schluß der Tab. 3 ist der arithmetische Mittelwert der mit Gewichten versehenen Einzelwerte angegeben. Der Fehler von \bar{r}_e re-

sultiert aus dem Fehler der Naturkonstanten. Der Fehler aus unseren Messungen und der Fehler der reduzierten Massen ist dagegen vernachlässigbar klein.

Zur Kontrolle der Konsistenz unserer Messungen dienen Massenverhältnisse M_1/M_2 isotoper Atome, die sich bekanntlich aus den Rotationskonstanten $B_e^{(1)}$ und $B_e^{(2)}$ zweier isotoper Molekeln X_1Y und X_2Y nach der Beziehung³

$$M_1/M_2 = \frac{(M/M_2)(B_e^{(2)}/B_e^{(1)})}{1 + M/M_2 - B_e^{(2)}/B_e^{(1)}} \quad (5)$$

berechnen lassen. M bedeutet die Masse des Atoms Y. Die so berechneten Massenverhältnisse von Zinn- und Selenisotopen sind in Tab. 4 zusammengestellt. In der Spalte der Einzelwerte sind außer den Ergebnissen an SnSe auch die an SnSe¹ und SiSe² aufgeführt. Die vierte Spalte enthält die arithmetischen Mittelwerte der gewichteten Einzelwerte. Zum Vergleich mit unseren Ergebnissen sind in der letzten Spalte die Massenverhältnisse nach den Tabellen

⁵ E. R. COHEN, J. W. M. DUMOND, L. LAYTON u. J. S. ROLLETT, Rev. Mod. Phys. 27, 363 [1955].

M_1/M_2	Molekel	Massenverhältnis Diese Arbeit		Massen- verhältnis WAPSTRA ⁴
		Einzelwert	Mittelwert	
Sn ¹¹⁶ /Sn ¹²⁰	SnSe ⁷⁶	0,966648 ± 0,000031	0,966642 ± 0,000004	0,966641 ± 0,000006
	SnSe ⁷⁷	0,966591 ± 0,000044		
	SnSe ⁷⁸	0,966644 ± 0,000025		
	SnSe ⁸⁰	0,966644 ± 0,000010		
	SnSe ⁸²	0,966640 ± 0,000029		
	SnS ³²	0,966638 ± 0,000070		
	SnS ³⁴	0,966636 ± 0,000082		
	SnSe ⁷⁶	0,975002 ± 0,000024		
	SnSe ⁷⁷	0,974980 ± 0,000038		
	SnSe ⁷⁸	0,975014 ± 0,000033		
Sn ¹¹⁷ /Sn ¹²⁰	SnSe ⁷⁶	0,975002 ± 0,000024	0,974999 ± 0,000005	0,974989 ± 0,000006
	SnSe ⁷⁷	0,974980 ± 0,000038		
	SnSe ⁷⁸	0,975014 ± 0,000033		
	SnSe ⁸⁰	0,974995 ± 0,000021		
	SnS ³²	0,975019 ± 0,000071		
	SnS ³⁴	0,975019 ± 0,000071		
Sn ¹¹⁸ /Sn ¹²⁰	SnSe ⁷⁶	0,983315 ± 0,000033	0,983321 ± 0,000004	0,983319 ± 0,000006
	SnSe ⁷⁷	0,983333 ± 0,000038		
	SnSe ⁷⁸	0,983321 ± 0,000024		
	SnSe ⁸⁰	0,983318 ± 0,000010		
	SnSe ⁸²	0,983347 ± 0,000040		
	SnS ³²	0,983391 ± 0,000072		
	SnS ³⁴	0,983275 ± 0,000085		
	SnSe ⁷⁶	0,991681 ± 0,000023		
	SnSe ⁷⁷	0,991617 ± 0,000039		
	SnSe ⁷⁸	0,991675 ± 0,000034		
Sn ¹¹⁹ /Sn ¹²⁰	SnSe ⁷⁶	0,991681 ± 0,000023	0,991672 ± 0,000008	0,991670 ± 0,000006
	SnSe ⁷⁷	0,991617 ± 0,000039		
	SnSe ⁷⁸	0,991675 ± 0,000034		
	SnSe ⁸⁰	0,991673 ± 0,000015		
	SnSe ⁸²	0,991683 ± 0,000033		
	SnS ³²	0,991701 ± 0,000073		
Sn ¹²⁰ /Sn ¹²²	SnSe ⁷⁸	0,983582 ± 0,000024	0,983589 ± 0,000010	0,983582 ± 0,000006
	SnSe ⁸⁰	0,983599 ± 0,000022		
	SnS ³²	0,983543 ± 0,000073		
	SnS ³⁴	0,983543 ± 0,000073		

M_1/M_2	Molekel	Massenverhältnis Diese Arbeit		Massen- verhältnis WAPSTRA ⁴
		Einzelwert	Mittelwert	
Sn ¹²⁰ /Sn ¹²⁴	SnSe ⁷⁸	0,967689 ± 0,000012	0,967693 ± 0,000004	0,967691 ± 0,000006
	SnSe ⁸⁰	0,967706 ± 0,000026		
	SnSe ⁸²	0,967703 ± 0,000032		
	SnS ³²	0,967699 ± 0,000072		
	SnS ³⁴	0,967699 ± 0,000072		
Se ⁷⁶ /Se ⁸⁰	Sn ¹¹⁶ Se	0,949970 ± 0,000022	0,949973 ± 0,000003	0,949981 ± 0,000003
	Sn ¹¹⁷ Se	0,949972 ± 0,000020		
	Sn ¹¹⁸ Se	0,949965 ± 0,000022		
	Sn ¹¹⁹ Se	0,949972 ± 0,000017		
	Sn ¹²⁰ Se	0,949967 ± 0,000009		
Se ⁷⁷ /Se ⁸⁰	Si ²⁸ Se	0,949982 ± 0,000010	0,962504 ± 0,000007	0,962503 ± 0,000003
	Sn ¹¹⁶ Se	0,962483 ± 0,000022		
	Sn ¹¹⁷ Se	0,962508 ± 0,000019		
	Sn ¹¹⁸ Se	0,962527 ± 0,000015		
	Sn ¹¹⁹ Se	0,962493 ± 0,000016		
Se ⁷⁸ /Se ⁸⁰	Sn ¹²⁰ Se	0,962518 ± 0,000021	0,974993 ± 0,000002	0,974983 ± 0,000003
	Si ²⁸ Se	0,962502 ± 0,000012		
	Sn ¹¹⁶ Se	0,974990 ± 0,000018		
	Sn ¹¹⁷ Se	0,975003 ± 0,000025		
	Sn ¹¹⁸ Se	0,974992 ± 0,000015		
	Sn ¹¹⁹ Se	0,974992 ± 0,000023		
	Sn ¹²⁰ Se	0,974990 ± 0,000008		
	Sn ¹²² Se	0,975001 ± 0,000019		
	Sn ¹²⁴ Se	0,975002 ± 0,000018		
	Si ²⁸ Se	0,974991 ± 0,000010		
Se ⁸⁰ /Se ⁸²	Si ²⁹ Se	0,975024 ± 0,000046	0,975584 ± 0,000003	0,975585 ± 0,000003
	Sn ¹¹⁶ Se	0,975590 ± 0,000015		
	Sn ¹¹⁸ Se	0,975568 ± 0,000022		
	Sn ¹¹⁹ Se	0,975580 ± 0,000017		
	Sn ¹²⁰ Se	0,975587 ± 0,000018		
	Sn ¹²⁴ Se	0,975585 ± 0,000023		
	Si ²⁸ Se	0,975584 ± 0,000012		
	Si ²⁹ Se	0,975584 ± 0,000012		

Tab. 4.

von WAPSTRA ⁴ angegeben. In fast allen Fällen ist die Übereinstimmung gut. Nur die Massenverhältnisse Se⁷⁶/Se⁸⁰ und Se⁷⁸/Se⁸⁰ bilden Ausnahmen. Über die reduzierten Molekelmassen stehen diese Abweichungen nach Gl. (4) mit den Kernabständen der Molekelgruppen SnSe⁷⁶ und SnSe⁷⁸ in Zusammenhang. Die Mittelwerte der Kernabstände nur dieser Molekelgruppen weichen merklich vom Mittelwert aller 29 Isotopen Molekeln ab. Setzt man im Rahmen der Meßfehler für alle Isotopenkombinationen

des SnSe den gleichen Kernabstand voraus, dann folgen aus dem Vergleich zwischen unseren Ergebnissen und den Werten nach WAPSTRA für die Atommassen Se⁷⁶ und Se⁷⁸ Abweichungen, die etwa dreimal so groß wie die angegebenen Fehler sind.

Herrn Professor Dr. R. HONERJÄGER danke ich herzlich für seine großzügige Förderung und sein reges Interesse an dieser Arbeit. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die finanzielle Unterstützung unserer Forschungsvorhaben.