

## Die Bildungsenthalpie von Zinndijodid, $\text{SnJ}_2$ (c)

Von

Johann Mikler und Alfred Janitsch

Aus dem Institut für Anorganische Chemie der Universität Wien, Österreich

(Eingegangen am 11. Dezember 1974)

### *The Heat of Formation of Tin Diiodide, $\text{SnJ}_2$ (c)*

The heat of reaction for  $\text{SnJ}_2$  (c) +  $\text{J}_2$  (c) + 4045  $\text{CS}_2$  (l) =  $[\text{SnJ}_4; 4045 \text{CS}_2]$  (sol) has been determined to be  $(-41.12 \pm 0.55)$  kJ mol<sup>-1</sup>,  $(-9.83 \pm 0.13)$  kcal mol<sup>-1</sup> by isoperibol solution calorimetry. Combining this result with the heat of formation of  $\text{SnJ}_4$  in  $\text{CS}_2$  determined in a previous investigation<sup>11</sup> the value  $(-153.9 \pm 1.40)$  kJ mol<sup>-1</sup>,  $(-36.9 \pm 0.33)$  kcal mol<sup>-1</sup> has been derived for the heat of formation,  $\Delta H_f^\ominus$  ( $\text{SnJ}_2$ ; c; 298.15 K), of tin diiodide.

### Bildungsenthalpie von $\text{SnJ}_2$

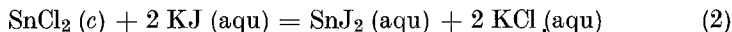
Die von einigen der bekanntesten thermodynamischen Tabellenwerken für die Bildungsenthalpie des Zinndijodids angeführten Werte von  $-34,4^{1,2}$  bzw.  $-34,3^3$  kcal mol<sup>-1</sup> erweisen sich alle als vom Circular 500<sup>4</sup> übernommen. Dieses verweist auf eine Arbeit *Berthelots*<sup>5</sup> aus dem Jahre 1878. Dort findet man im Zusammenhang mit der Ableitung der Bildungsenthalpie des  $\text{SnBr}_2$  aus Bestimmungen der Reaktionswärmen für die Umsetzung von  $\text{SnCl}_2$  (c) mit KJ (aqu) einerseits und  $\text{SnJ}_2$  (c) mit KCl (aqu) andererseits die Anmerkung, daß entsprechende Messungen für  $\text{SnJ}_2$  nicht durchgeführt werden konnten. An anderer Stelle der gleichen Arbeit<sup>5</sup> findet sich jedoch die Feststellung, daß „beim Mischen einer  $\text{SnCl}_2$ -Lösung (1 Teil + 20 Teile Wasser) mit KJ (1 Äquivalent in 2 Litern) zunächst unter Abgabe von 0,92 Cal ein brauner, flockiger Niederschlag (Oxyjodür) entsteht, der unter Freisetzung von ungefähr 1,2 Cal in rotes Zinnjodür (Kristallhydrat) übergeht“. *Berthelot* selbst verzichtete unter Hinweis auf die Unsicherheit in der Kenntnis des Reaktionsverlaufes auf eine weitere Auswertung dieser Daten. Nichtsdestoweniger läßt sich der NBS-Wert aus diesen Angaben verifizieren, wenn man die heute gültigen Konventionen be-

rücksichtigt, die Werte auf die richtige Stöchiometrie\* bezieht und die Reaktionsgleichung (1)



zugrunde legt. Der *Berthelotsche* Wert für die Reaktionswärme beträgt unter den genannten Voraussetzungen  $\Delta H_1 = -4,0 \text{ kcal mol}^{-1}$ . Unter Verwendung der Werte des „Circular 500“<sup>4</sup> für die anderen benötigten Größen errechnet sich daraus für die Bildungsenthalpie  $\Delta H_f^\circ (\text{SnJ}_2, \text{c}) = -34,5 \text{ kcal mol}^{-1}$ . Den Unterschied gegenüber dem tabellierten Wert ( $-34,4 \text{ kcal mol}^{-1}$ ) schreiben wir dem Versuch der NBS-Autoren zu,  $\Delta H_1$  auf Standardtemperatur zu reduzieren. *Berthelots* Versuchstemperatur lag nämlich höchstwahrscheinlich, wie bei anderen Experimenten mit  $\text{SnCl}_2$ -Lösungen, wo dies ausdrücklich erwähnt wird, bei  $10^\circ\text{C}$  (wahrscheinlich, um die Hydrolyse zu unterdrücken).

Der Wert  $-38,9 \text{ kcal mol}^{-1}$  ( $18^\circ\text{C}$ ), den *Bichowsky* und *Rossini*<sup>6</sup> unter Verwendung der gleichen Quelle errechnen, ergibt sich ungefähr ( $-38,1 \text{ kcal mol}^{-1}$ ), wenn man die  $-4,0 \text{ kcal mol}^{-1}$  der Reaktion (2)



zuschreibt und mit der Lösungswärme<sup>7</sup> von  $\text{SnJ}_2 (\text{c})$  in 1proz.  $\text{HCl}$  kombiniert. Zweifelsohne entspricht diese Interpretation jedoch nicht den Angaben von *Berthelot*<sup>5</sup>.

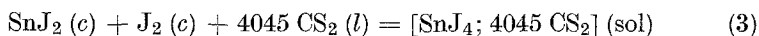
Nach *Freundler* und *Laurent*<sup>8</sup> kristallisiert aus wäßr.  $\text{SnCl}_2$ -KJ-Systemen eine Verbindung der Zusammensetzung  $\text{SnJ}_2 \cdot \text{KJ} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ , deren Beschreibung (braune Nadeln) sich mit den Angaben von *Berthelot*<sup>5</sup> deckt. Diese Substanz geht bei  $22$  bis  $23^\circ\text{C}$  reversibel in rotes  $\text{SnJ}_2$  über<sup>8</sup>. Da sich die meisten Untersuchungen *Berthelots* auf  $18^\circ\text{C}$  beziehen<sup>9</sup>, im gegenständlichen Fall wahrscheinlich sogar auf  $10^\circ\text{C}$ , ist nicht anzunehmen, daß diese Temperatur während des Experiments erreicht wurde.

Die Vermutung, daß den eingangs zitierten Werten für die Bildungsenthalpie des  $\text{SnJ}_2 (\text{c})$  praktisch jede experimentelle Basis fehlt, scheint deshalb nicht unberechtigt, wie auch das Fehlen entsprechender Angaben in älteren Auflagen des „*Landolt—Börnstein*“<sup>10</sup> beweist. In der vorliegenden Arbeit wird daher über die Bestimmung der Bildungsenthalpie des  $\text{SnJ}_2$  auf einem Weg, der die erwähnten Schwierigkeiten vermeidet, berichtet.

In einer früheren Arbeit<sup>11</sup> wurde die Bildungsenthalpie des  $\text{SnJ}_4 (\text{c})$  bestimmt. Dabei wurde einerseits die Enthalpie für die Reaktion zwischen  $\text{Sn} (\text{c})$  und  $\text{J}_2 (\text{c})$  im  $\text{CS}_2$ -Medium und andererseits die Lösungswärme von  $\text{SnJ}_4 (\text{c})$  im gleichen Medium gemessen. Für die Bestimmung

\* *B.* formulierte „Zinnchlorür“ als „ $\text{SnCl}$ “ und nahm dementsprechend für die Reaktion mit  $\text{KJ}$  das Molverhältnis  $1 : 1$  an. Seine Werte beziehen sich demnach auf die Bildung von  $1/2$  Mol  $\text{SnJ}_2$ .

der Reaktionswärme befand sich Sn (c) im Überschuß im Reaktionsgefäß und J<sub>2</sub> (c) als die den Umsatz bestimmende Komponente in der zu brechenden Ampulle. Da SnJ<sub>2</sub> (c) im Gegensatz zu älteren Angaben<sup>12</sup> in CS<sub>2</sub> praktisch unlöslich ist, konnte das gleiche Prinzip auch zur Bestimmung der Reaktionswärme zwischen SnJ<sub>2</sub> (c) und J<sub>2</sub> (c) in CS<sub>2</sub> (l), gemäß der Gl. (3)



herangezogen werden, wobei SnJ<sub>2</sub> (c) wiederum im Überschuß vorgelegt wurde. Die Bildungsenthalpie des SnJ<sub>2</sub> (c) wird damit auf jene des SnJ<sub>4</sub> im CS<sub>2</sub>-Medium<sup>11</sup> zurückgeführt.

## Experimenteller Teil

### 1. Ausgangsmaterialien

Jod (Merek: „Zur Analyse“; *MG* = 253,8088) wurde, wie schon beschrieben<sup>11</sup>, getrocknet und in Ampullen (LKB: Typ 8727-3) übergeführt.

CS<sub>2</sub> wurde ebenfalls in der schon beschriebenen Weise gereinigt<sup>11</sup> und schließlich über P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> einer frakt. Destillation unterworfen. Die für die Untersuchung verwendete Fraktion destillierte innerhalb 0,01 K über.

SnJ<sub>2</sub>: Das anfänglich aus der Lösungsphase hergestellte Produkt<sup>7, 13</sup> enthielt in Übereinstimmung mit *Bontschev et al.*<sup>14</sup> immer Spuren SnJ<sub>4</sub>. Wir führen dies darauf zurück, daß das Präparat im feuchten Zustand wesentlich luftempfindlicher ist als im trockenen. Wir stellten die Verbindung daher in Anlehnung an die Untersuchungen von *van Klooster*<sup>15</sup> sowie *Reinders* und *de Lange*<sup>16</sup> durch direkte Synthese aus den Elementen dar. Sn (10facher stöchiometr. Überschuß) und J<sub>2</sub> wurden in einer Ampulle aus Pyrex mit angeschmolzenem Manifold vorsichtig auf ca. 120 °C erhitzt, wobei heftige Reaktion zum SnJ<sub>4</sub> eintrat. Dieses reagiert in der Folge bei weiterer Temperaturerhöhung mit dem überschüss. Sn zu SnJ<sub>2</sub>. Die Temperatur wurde solange unterhalb des Siedepunkts von SnJ<sub>4</sub> (348,4 °C<sup>17</sup>) gehalten, als die Gasphase noch eine merkliche Färbung von SnJ<sub>4</sub>-Dämpfen aufwies. Sodann wurde sie auf 450 °C gesteigert und der Ansatz 2 Monate\* auf dieser Temp. gehalten. Die Probe wurde dann soweit abgekühlt, daß das SnJ<sub>2</sub> (Schmp.: 320 °C<sup>18</sup>) erstarrte und das Zinn noch flüssig blieb. Letzteres wurde in eine Kugel des Manifolds abgegossen. Hierauf wurde das SnJ<sub>2</sub> noch einmal aufgeschmolzen und der vorstehend beschriebene Vorgang wiederholt. Auf diese Weise läßt sich das überschüss. Sn restlos entfernen. Eine Bestimmung des Sn-Gehalts<sup>11</sup> ergab 32,01% (ber.: 31,86%). Vor der Verwendung wurde das SnJ<sub>2</sub> im Reservoir erschmolzen, ca. 2 g in eine der Ampullen des Manifolds abgegossen und diese dann abgeschmolzen. Das Öffnen der Ampulle erfolgte in N<sub>2</sub>-Atmosphäre, in der das Produkt auch in einer Achatschale zerrieben und in ein Wägegglas abgefüllt wurde. Nach dem Wägen wurde es in das bereits mit CS<sub>2</sub> beschickte Kalorimetergefäß geschüttet. Dies war die einzige Gelegenheit, bei welcher das SnJ<sub>2</sub> mit der offenen Atmosphäre in Berührung kam.

\* Damit soll jedoch nicht behauptet werden, daß diese lange Reaktionszeit tatsächlich notwendig ist, um ein SnJ<sub>4</sub>-freies Produkt zu erhalten.

## 2. Reaktion

Reaktion (3) verläuft bei ca. 14fachem stöchiometrischen Überschuß an  $\text{SnJ}_2$  und geeigneter Rührung mit einer den Bedingungen der isoperibolen Kalorimetrie entsprechenden Geschwindigkeit. In Vorversuchen unter Verwendung des 100 ml-Kalorimetergefäßes des LKB „8700-1 Precision Calorimetry“ Systems ohne Mantel und außerhalb des Thermostaten (Raumtemp.  $\approx 18^\circ\text{C}$ ) wurde ermittelt, daß bei Normalstellung des Rührers und 500 Umdrehungen pro Minute die Reaktionszeit für 0,1 g  $\text{J}_2$  in (100 ml  $\text{CS}_2 + 2$  g  $\text{SnJ}_2$ ) ca. 30 Min. betrug. Wurde jedoch der Rührer nach dem Brechen\* der Ampulle mit Hilfe einer Klammer in der untersten erreichten Stellung fixiert, dann betrug die Zeiten bis zum völligen Verschwinden der Jodfärbung ca. 6 Min. (bei Standardtemp. waren entsprechend noch kürzere Zeiten zu erwarten). Diese beträchtliche Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Rührerposition bei gegebener Umdrehungszahl findet ihre Erklärung in der Tatsache, daß bei Normalstellung des Rührers das  $\text{SnJ}_2$  sich infolge seiner relativ hohen Dichte am Boden des Reaktionsgefäßes absetzt, während es bei Betreiben des Rührers in Bodennähe im Medium dispergiert wird. Allerdings ist damit auch eine Erhöhung der Rührwärme verbunden, was sich in einer Verschiebung der Konvergenztemp. äußert. Dieser Umstand war natürlich bei der Berechnung der Temperaturkorrektur zu berücksichtigen. Es sei weiters hervorgehoben, daß bei der beschriebenen Reaktionsführung (Jod als die den Umsatz limitierende Komponente) eventuell vorhandene Verunreinigungen durch  $\text{SnJ}_4$  keine Rolle spielen können. Diese hätten sich noch vor Versuchsbeginn im  $\text{CS}_2$  lösen müssen, da die Ansätze zwecks Temperaturangleichung jeweils 1 bis 2 Stdn. im Thermostaten temperiert wurden.

Um einen möglichst guten Anschluß an die Daten für  $\text{SnJ}_4$ <sup>11</sup> zu erzielen, war in den Endlösungen ein Molverhältnis zwischen  $\text{CS}_2$  und gebildetem  $\text{SnJ}_4$  von 4165 : 1 wünschenswert. Dementsprechend betrug die Jodeinwaagen ca. 0,1 g auf 125–126 g ( $\approx 100$  ml)  $\text{CS}_2$ . Die  $\text{SnJ}_2$ -Einwaagen betrug ca. 2 g. Die genauen Werte für die einzelnen Versuche können der Tab. 1 entnommen werden.

## 3. Kalorimetrie

Die Messungen wurden mit dem „8700-1 Precision Calorimetry System“<sup>19</sup> der Fa. LKB (Stockholm) unter Verwendung eines Teflonkörpers<sup>11</sup> zur Vermeidung von Verdunstungsverlusten ausgeführt. Als Folge der Fixierung des Rührers nach dem Ampullenbrechen in der unteren Endstellung unterschieden sich Haupt- bzw. Nachperiode bezüglich der auftretenden Rührwärme. Die entsprechende Änderung der Konvergenztemperatur, ausgedrückt durch die Widerstandsänderung des zur Temperaturmessung verwendeten Thermistors, lag in den Grenzen — 5 bis — 8 Ohm, entsprechend ca. 0,06 bis 0,1 K. Mit dem Ausgangssystem durchgeführte elektrische Eichungen können daher nicht herangezogen werden, um die der Endtemperatur entsprechende Reaktionswärme zu ermitteln. Derartige Messungen wurden lediglich ausgeführt, um die Änderung der Konvergenztemperatur zu bestimmen und die geforderte Konstanz der Abkühlungskonstanten<sup>11</sup> zu überprüfen. Für die Bestimmung der Reaktionswärmen

\* Beim LKB-System befindet sich die Ampulle zwischen den Rührerarmen und wird beim Absenken des Rührers von einer an den Boden des Reaktionsgefäßes gekitteten Saphirspitze gebrochen.

stand also nur das am Endsystem analog der Haupt- und Nachperiode der Reaktion (gedrückte Rührerstellung in allen Phasen des Versuches) bestimmte Energieäquivalent,  $\varepsilon_f = R_H \cdot I^2 \cdot t / (\Delta R / R_m)$ ;  $[\varepsilon_f] = J$ ; zur Verfügung. Es bedeuten:  $R_m$  den Heizerwiderstand in Ohm,  $I$  die Eichstromstärke in Ampere,  $t$  die Heizdauer,  $\Delta R$  die korrigierte Widerstandsänderung des Thermistors in Ohm und  $R_m$  den Mittelwert aus Anfangs- und Endwert dieser Größe im Integrationsintervall. Die gemessene Reaktionswärme  $q(R_B) = \varepsilon_f (\Delta R / R_m)_{RK}$  bezieht sich bekanntlich auf die Anfangstemperatur. Diese wurde infolgedessen so gewählt, daß sie mit der Standardtemperatur [298,15 K;  $R(298,15 \text{ K}) = 2035,18 \Omega$ ] zusammenfiel, wodurch sich eine Datenreduktion erübrigte. Die Wärmeaustauschkorrektur erfolgte nach dem Verfahren von *Regnault—Pfandler*. Da im Falle der Reaktion die Vorperiode, wie schon erwähnt, nicht zur Bestimmung von  $k$  und  $R_{\infty, f}$  herangezogen werden konnte, wurden in diesem Fall 2 Nachperioden aufgenommen. Die erste schloß unmittelbar an die Reaktion an, dann wurde ein bestimmter Energiebetrag auf elektrischem Wege zugeführt, worauf die zweite Nachperiode aufgenommen wurde. Die Temperatur des äußeren Thermostaten war so gewählt, daß bei diesem Vorgang die Konvergenztemperatur überschritten wurde, die Steigungen der entsprechenden Kurven (Geraden) also verschiedene Vorzeichen hatten.

Alle auftretenden  $k$ -Werte lagen zwischen 0,017 und 0,018  $\text{min}^{-1}$ . Die mit Hilfe der erwähnten Kalibrierungen an den Ausgangssystemen bestimmten  $k$ -Werte lagen innerhalb der gleichen Grenzen. Sämtliche Rechnungen wurden durch Einsetzen der Widerstandswerte des Thermistors in die an sich streng nur für Temperaturen gültigen Formeln durchgeführt und der dadurch begangene Fehler als vernachlässigbar klein angesehen<sup>20</sup>. Der beim Brechen einer leeren Ampulle auftretende Wärmeeffekt („Verdampfungswärme“,  $q_V$ ) wurde in gesonderten Versuchen, ebenfalls mit gedrückter Rührerstellung nach dem Brechen, ermittelt. Es ergab sich der Wert  $q_V = (1,16 \pm 0,08) \text{ J}$ . Dieser Wert ist zur experimentellen Wärme,  $q(R_B)$  zu addieren, um die korrigierte experimentelle Wärme,  $q(R_B)_{\text{korrr}}$ , welche im vorliegenden Fall mit  $q(298,15 \text{ K})$  identisch ist, zu erhalten. Die gesuchte Reaktionsenthalpie ergibt sich aus der Beziehung  $\Delta H_3(298,15 \text{ K}) = -q(298,15 \text{ K})/n(\text{J}_2)$ .

### Ergebnisse

Tab. 1 enthält die kalorimetrischen Versuchsparameter und -ergebnisse für Reaktion (3). Die verwendeten Symbole haben, sofern sie nicht schon im vorstehenden Text erklärt wurden, nachstehende Bedeutung:  $m$  = Masse;  $n$  = Molzahl;  $R_B$  = Thermistorwiderstand für einen Punkt  $B$  der Vorperiode (im gegenständlichen Fall so gewählt, daß er mit dem Zeitpunkt des Brechens bzw. der Auslösung des Eichstroms zusammenfiel);  $R_C$  = Thermistorwiderstand für einen Punkt  $C$  auf der Nachperiode;  $t_B$  bzw.  $t_C$  = die den Punkten  $B$  und  $C$  entsprechenden Zeitwerte,

$$R_{C(\text{korrr})} = R_C - k \int_{t_B}^{t_C} (R_{\infty, f} - R) dt, \quad \Delta R = R_{C(\text{korrr})} - R_B.$$

Tabelle 1. Bestimmung der Reaktionswärme von  $\text{SnJ}_2(c) + \text{J}_2(c) + \langle n \rangle \text{CS}_2(l) = [\text{SnJ}_4; \langle n \rangle \text{CS}_2](\text{sol})$ ; ( $T = 298,15 \text{ K}$ ;  $\langle n \rangle = 4045$ ;  $1 \text{ cal} \hat{=} 4,184 \text{ J}$ )

Versuch-Nr.:	1	2	3	4	5	6
$m(\text{J}_2)/\text{g}$	0,09505	0,09804	0,09979	0,09744	0,10545	0,13390
$m(\text{SnJ}_2)/\text{g}$	2,0649	2,0778	1,9729	2,2003	2,2462	2,2657
$m(\text{CS}_2)/\text{g}$	125,5995	125,8199	124,7861	124,8777	125,8277	126,6534
$10^4 \cdot n(\text{J}_2)/\text{mol}$	3,744	3,862	3,931	3,839	4,155	5,275
$n(\text{CS})/n(\text{J}_2)$	4 406,0	4 278,9	4 169,2	4 282,3	3 977,7	3 153,5
$n(\text{SnJ}_2)/n(\text{J}_2)$	14,81	14,44	13,47	15,42	14,51	11,53
$c_f/\text{J}$	— 3 723,08	— 3 754,52	— 3 680,35	— 3 672,54	— 3 735,15	— 3 738,31
$R_B/\Omega$	2 035,1769	2 035,1683	2 035,1697	2 035,1770	2 035,1847	2 035,1667
$R_{C(\text{kor})}/\Omega$	2 027,3465	2 026,9967	2 026,9549	2 027,0789	2 026,4210	2 024,2615
$\Delta R_{(\text{kor})}/R_m \cdot 10^3$	— 7,8304	— 8,1716	— 8,2148	— 8,0981	— 8,7637	— 10,9052
$(\Delta R_{(\text{kor})}/R_m) \cdot 10^3$	— 3,8549	— 4,0232	— 4,0040	— 3,9870	— 4,3153	— 5,3727
$q(R_B)/\text{J}$	14,3521	15,1052	14,8852	14,6421	16,1183	20,0848
$(q_{rJ}) \pm 0,08$	1,1600	1,1600	1,1600	1,1600	1,1600	1,1600
$[T(R_B)/\text{K}] \pm 0,05$	298,15	298,15	298,15	298,15	298,15	298,15
$q(298,15)_{\text{kor}}$	15,5121	16,2652	16,0452	15,8021	17,2783	21,2447
$\Delta H_3(298,15 \text{ K})/\text{J mol}^{-1}$	— 41 432	— 42 116	— 40 817	— 41 162	— 40 910	— 40 274
$\Delta H_3(298,15 \text{ K})/\text{cal mol}^{-1}$	— 9 902,5	— 10 066,0	— 9 755,5	— 9 838,0	— 9 777,7	— 9 625,8

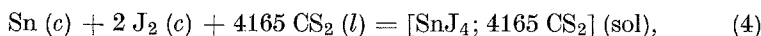
$\langle \Delta H_3(298,15 \text{ K}) \rangle / \text{J} = -41 118,5$ ; Standardabw. d. Einzelmessung:  $\pm 623 \text{ J}$ ; Standardabw. d. Mittelw.:  $\pm 254 \text{ J}$ .

$\langle \Delta H_3(298,15 \text{ K}) \rangle / \text{cal} = -9 827,58$ ; Standardabw. d. Einzelmessung:  $\pm 149 \text{ cal}$ ; Standardabw. d. Mittelw.:  $\pm 60,8 \text{ cal}$ .

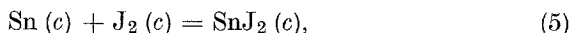
Bei der Festlegung der Fehlergrenzen ist zu berücksichtigen, daß der Fehler, mit dem  $q_V$  behaftet ist ( $\pm 0,08$  J) durch ca.  $4 \cdot 10^{-4}$  mol dividiert wird und dementsprechend mit ca.  $\pm 200$  J in das Endergebnis eingeht. Zusammen mit der doppelten Standardabweichung<sup>21</sup> der Reaktionswärmen ergibt dies bei pythagoräischer Addition.

$$\Delta H_3 (298,15 \text{ K}) = \begin{cases} (-41119 \pm 546) \text{ J mol}^{-1} \\ (-9828 \pm 130) \text{ cal mol}^{-1}. \end{cases}$$

Kombiniert man diesen Wert mit dem schon früher bestimmten  $\Delta H_4 = (-46,6 \pm 0,3 \text{ kcal mol}^{-1})$ <sup>11</sup> für die Reaktion (4)



dann folgt bei Vernachlässigung der Verdünnungswärme für die Reaktion (5)

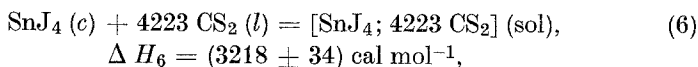


$$\begin{aligned} \Delta H_5^\ominus &= \Delta H_f^\ominus (\text{SnJ}_2; c; 298,15 \text{ K}) = \Delta H_4 - \Delta H_3 = \\ &= \begin{cases} (-153855 \pm 1370) \text{ J mol}^{-1} \\ (-36895 \pm 327) \text{ cal mol}^{-1}, \end{cases} \end{aligned}$$

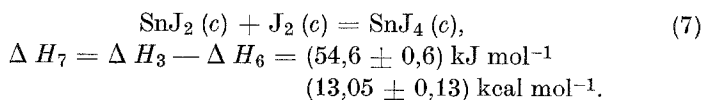
bzw. in gerundeter Form

$$\Delta H_f^\ominus (\text{SnJ}_2; c; 298,15 \text{ K}) = \begin{cases} (-153,9 \pm 1,40) \text{ kJ mol}^{-1} \\ (-36,9 \pm 0,33) \text{ kcal mol}^{-1}. \end{cases}$$

Unter Benutzung der Lösungswärme von SnJ<sub>4</sub> (c) in CS<sub>2</sub><sup>11</sup>:



ergibt sich weiter für Reaktion (7)



## Literatur

- <sup>1</sup> *Landolt—Börnstein*, Zahlenwerte aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik, Technik; 6. Aufl., Bd. II/4: Kalorische Zustandsgrößen. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer. 1961.
- <sup>2</sup> *O. Kubaschewski, E. L. Evans und C. B. Alcock*, Metallurgical Thermochemistry, 4. Aufl. Oxford-London-Edinburgh-New York-Toronto-Sydney-Paris-Braunschweig: Pergamon Press. 1967.
- <sup>3</sup> *D. D. Wagman, W. H. Evans, V. B. Parker, I. Halow, S. M. Bailey und R. H. Schumm*, Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties, NBS Technical Note 270—3, Washington (D.C.) 1968.

- <sup>4</sup> *F. D. Rossini, D. D. Wagman, W. H. Evans, S. Levine und E. Jaffe*, Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties, NBS Circular 500, Washington (D.C.) 1952.
- <sup>5</sup> *M. Berihelot*, Ann. chim. phys. [5] **15**, 185 (1878).
- <sup>6</sup> *F. R. Bichowsky und F. D. Rossini*, The Thermochemistry of the Chemical Substances. New York: Reinhold. 1936. (Second Printing 1948.)
- <sup>7</sup> *W. Biltz und W. Fischer*, Z. anorg. allg. Chem. **129**, 1 (1923).
- <sup>8</sup> *P. Freundler und Y. Laurent*, Bull. Soc. chim. France [4] **37**, 1133 (1925).
- <sup>9</sup> Lit. <sup>6</sup>, S. 6.
- <sup>10</sup> *Landolt—Börnstein*, Physikalisch-chemische Tabellen, 5. Aufl., Berlin: Springer. 1923, 1927 (1. Erg.-Bd.); 1931 (2. Erg.-Bd.); 1936 (3. Erg.-Bd.).
- <sup>11</sup> *J. Mikler*, Mh. Chem. **104**, 376 (1973).
- <sup>12</sup> *L. Vanino*, Handbuch der Präparativen Chemie, Bd. I., S. 480. Stuttgart: Enke. 1913.
- <sup>13</sup> *G. Brauer*, Handbuch der Präparativen Anorganischen Chemie, 2. Aufl., I. Bd., S. 651. Stuttgart: Enke. 1960.
- <sup>14</sup> *Cv. Bontschev, D. Christov und B. Manushev*, Z. anorg. allg. Chem. **379**, 95 (1970).
- <sup>15</sup> *H. S. van Klooster*, Z. anorg. allg. Chem. **79**, 223 (1913).
- <sup>16</sup> *W. Reinders und S. de Lange*, Z. anorg. allg. Chem. **79**, 230 (1913).
- <sup>17</sup> *A. Kabesh und R. S. Nyholm*, J. Chem. Soc. [London] **1951**, 3245.
- <sup>18</sup> *T. N. Sevast'yanova und N. V. Karpenko*, J. Fiz. Khim. [russ.] **45**, 1834 (1971).
- <sup>19</sup> *J. Mikler und E. Bauernfeind*, Mh. Chem. **103**, 116 (1972).
- <sup>20</sup> *S. R. Gunn*, J. Chem. Thermodyn. **3**, 19 (1971).
- <sup>21</sup> *F. D. Rossini* in *F. D. Rossini* (Hrsg.), Experimental Thermochemistry, Vol. I, S. 319. New York: Interscience. 1956. (Second printing 1965.)

Korrespondenz und Sonderdrucke:

*Dr. J. Mikler*  
*Institut für Anorganische Chemie*  
*Universität Wien*  
*Währinger Straße 42*  
*A-1090 Wien*  
*Österreich*