

als Abdeckmittel z. B. auch Apiezonfett verwendet werden kann. Allerdings können dann die Punkte, von denen einzelne Glimmbahnen ausgehen, im voraus nicht genau bestimmt werden, vielmehr entstehen zufällig — wie es gerade der Oberflächenbeschaffenheit der aufgetragenen Fettschicht entspricht — an diskreten Punkten Glimmbahnen, die sich zwar in ihrem Verlauf von den oben beschriebenen nicht unterscheiden, doch tritt häufig an dem Punkt, wo sie ihren Anfang nehmen, ein Funken blaugrüner Farbe auf; ferner ändert hier im Laufe des Betriebes die einzelne Bahn unter Umständen öfter ihren Ursprungsort und die Intensität. Die Wirkung des Fettes dürfte darin liegen, daß es einerseits zur Abschirmung der elektrischen Entladung dient, andererseits scheint es aber an bestimmten Stellen die Einleitung einer lokalen disruptiven Bogenentladung zu begünstigen. Durch die auftretende Erwärmung kommt es dann zu Veränderungen und Verlagerungen dieser bevorzugten Stellen.

Zum Schluß sei zum Vergleich gezeigt, wie die gewöhnliche Glimmentladung im Magnetfeld aussieht: In Abb. 7 sind jeweils nur die oberen Hälften der beiden kegelstumpfförmigen Polschuhe mit einer Fettschicht überzogen, dagegen die unteren blank. Während die auf der unteren Hälfte vorhandenen Dunkelräume auf der Photographie nicht klar herauskommen, zeigt der in der oberen Hälfte sichtbare Bogen deutlich, daß die Glimmbahn tatsächlich geschlossen vom einen Polschuh zum anderen reicht.

### Die Bestimmung des Schmelzpunktes von Uran\*

Von Albert Alendörfer

Laboratorium für seltene Metalle der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt, Frankfurt (Main)

(Z. Naturforschg. 5a, 234—235 [1950]; eingeg. am 2. März 1950)

Von durch Destillation gereinigtem Uran (99,96-proz.) wurde der Schmelzpunkt auf thermoelektrischem Wege bestimmt und bei 1090°C gefunden, wobei die Genauigkeit auf  $\pm 2^\circ\text{C}$  geschätzt wird.

Schmelzpunkte von Uran finden sich bereits in Arbeiten von H. Fritz<sup>1</sup> mit 1800°, Anonym<sup>2</sup> mit 1850° und Anonym<sup>3</sup> mit 1300 bis 1400°. In neuerer Zeit haben Driggs und Lillienthal<sup>4</sup> den Schmelzpunkt mit 1869° angegeben. Gole und Wright<sup>5</sup> stellen ihn mit  $1700^\circ \pm 25^\circ$  fest. Ardenne gibt in einem Vortrag 1000 bis 1100° an<sup>6</sup>.

Man sieht daraus, daß die Beobachtungen stark voneinander abweichen. Demzufolge sind auch in den neuesten Lehr- und Taschenbüchern Werte zu finden, welche einige hundert Grade auseinandergehen.

Von Interesse war es deshalb, über Schmelzpunktuntersuchungen an einem gewonnenen Uranmetall mit einem Minimum an Verunreinigungen mit Fremdmetallen, vor allem an oxydfreiem Uran, zu berichten.

Uran ist ein außerordentlich leicht oxydierbares Metall, das bei seiner Darstellung, sei es durch Reduktion oder

\* Die Verhältnisse haben das Erscheinen dieser Arbeit so lange verzögert. Sie wurde schon Anfang des Jahres 1942 durchgeführt. Inzwischen hat M. v. Ardenne, wie schon erwähnt, den Schmelzpunkt zwischen 1000 und 1100° angegeben.

durch Elektrolyse, oft erhebliche Mengen Oxyde sowie einen pyrophoren Metallanteil enthält. Hierdurch wird seine Reinigung außerordentlich erschwert. Diese Reinigung erzielte man bei der DEGUSSA durch einen Schmelz- und Gießprozeß, bei dem heftig gerührt wurde. Es entstand dabei als Mittelwert ein Metall folgender Zusammensetzung:

98,00% Uran,  
1,20% Uranoxyd,  
0,60% Urannitrid,  
0,05% Silicium,  
0,02% Kohlenstoff,  
0,06% Eisen.

Zwecks Erzielung der größtmöglichen Reinheit schloß sich daran an die Destillation im Hochvakuum.

Mit der Verflüchtigung von Metallen durch Erhitzung auf den Siedepunkt, insbesondere im hohen Vakuum, zwecks Gewinnung sehr reiner Metalle, haben sich Tiede<sup>7</sup> und Kroll<sup>8</sup> befaßt, so daß hier nicht näher darauf eingegangen zu werden braucht.

Der hier verwendete Ofen war ein Doppelvakuumofen. Tiegel und einseitig geschlossenes Schmelzraumrohr bestanden aus DEGUSSA-Sinterberylloxyd. Das verdampfende Metall wurde auf ein wassergekühltes Rohr aus Uranmetall aufgedampft, um alle Fremdmetalle auszuschalten. Die Trennung des aufgedampften Metalls von dem Kühler bot keine Schwierigkeit.

Der Siedepunkt dieses Urans bei einem Druck zwischen  $1 \cdot 10^{-3}$  und  $10^{-4}$  mm liegt bei 1450 bis 1500°C. Um die niedriger siedenden Oxyde und Fremdmetalle zu beseitigen, wurde die Destillation nach 30 Min. unterbrochen, die Apparatur von dem unreinen Destillat gereinigt und dann mit der eigentlichen Destillation begonnen. Während einer Destillation wurden 200 bis 250 g Uranmetall erhalten.

An diesem so erhaltenen Produkt ist bei den Schmelzpunktbestimmungen dann folgendermaßen vorgegangen worden:

### Bestimmung des Schmelzpunktes von Uran auf thermoelektrischem Wege

Schmelzpunkt sowie Erstarrungspunkt wurden nach der Tiegelmethode ermittelt. Als Tiegelmaterial diente ein DEGUSSA-Sintertonerde-Tiegel von 100 mm Länge und 20 mm lichter Weite, der in ein zweites, einseitig geschlossenes Rohr aus gleichem Werkstoff eingesetzt wurde. Dieses Außenrohr mit einer Länge von 500 mm und einer lichten Weite von 26 mm war oben durch einen Messing-

<sup>1</sup> H. Fritz, Ber. dtsch. chem. Ges. 17, 2161 [1884].

<sup>2</sup> Anonym, Circular Bur. Stand. Nr. 35, II [1915].

<sup>3</sup> Anonym, Gazz. chim. ital. 45 II, 425 [1915].

<sup>4</sup> F. H. Driggs u. W. C. Lillienthal, Ind. Engng. Chem. 22, 518 [1930].

<sup>5</sup> W. L. Gole u. R. W. Wright, Physic. Rev. 56, 785 [1939].

<sup>6</sup> M. v. Ardenne, Die Chemie 2, 15 [1943].

<sup>7</sup> E. Tiede, Z. anorg. allg. Chem. 87, 129 [1914]; 88, 364 [1915].

<sup>8</sup> Kroll, Metallwirtschaft 13, 725 [1934].



kopf mit Wasserkühlung dicht abgeschlossen. Für das Schutzrohr des Thermoelements sowie Zu- und Ableitung des Schutzgases waren 3 Durchführungen angebracht. Als Heizquelle diente ein kleiner Tammann-Ofen. Die zur Messung verwendete Metallmenge betrug 245 g. Da als indifferenten Gase für Uranmetall weder Stickstoff noch Wasserstoff in Frage kommen, wurde reines Argon verwendet, welches vorher nochmals mit der Gehlhoff-Schröter-Zelle gereinigt war. Als Thermoelement diente Pt-PtRh-Draht, der sich in einem dünnwandigen Schutzrohr, ebenfalls aus DEGUSSA-Sintertonerde, befand. Die Thermokräfte wurden bei der Bestimmung der Abkühlungs- bzw. Erhitzungskurven mit einem normalen Millivoltmeter gemessen, das mit dem Thermoelement zusammen mit Sb, NaCl, Au und Ni geeicht war.

Die Schmelzpunkt-Temperaturen wurden sowohl aus den Erhitzungskurven als auch aus den Abkühlungskurven ermittelt. In beiden Fällen traten stets deutliche Haltepunkte auf. Die erhaltenen Ergebnisse sind in der folgenden Zahlentafel zusammengestellt.

Schmelztemperatur in °C	
Erhitzungskurve	Abkühlungskurve
1088	1095
1089	1094
1090	1093
Mittel 1089	1094

Endgültiger Wert: 1090° C mit einer geschätzten Genauigkeit von  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Nach der Schmelzpunktbestimmung wurde der Schmelzregulus bzw. das Destillationsprodukt auf seinen Reinheitsgrad untersucht. Es ergaben sich folgende Werte:

99,96% Uran,  
0,01% Eisen,  
0,02% Silicium,  
0,00% Aluminium.

Spuren von Beryllium konnten festgestellt werden.

Es erscheint berechtigt, das angegebene Uran als das reinste, das bisher für Schmelzpunktbestimmungen verwendet wurde, zu bezeichnen.

## BESPRECHUNGEN

**Die statistische Theorie des Atoms und ihre Anwendungen.** Von P. Gombás. Springer-Verlag, Wien 1949. 406 S., mit 59 Abb., Preis geb. DM 65.—.

Seitdem L. H. Thomas schon 1926 das Atom als „entartetes Elektronengas“ beschrieben und bald darauf E. Fermi in einer grundlegenden Arbeit die Anwendung der statistischen Methode auf das Atom gegeben hat (Z. Physik 1927, „Fermi-Statistik“), hat die statistische Theorie des Atoms rasch große Fortschritte gemacht und ist seither zu einem der wichtigsten mathematischen Hilfsmittel der Atomphysik herangewachsen. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß ein berufener Kenner dieses Forschungsgebietes, P. Gombás an der Universität der Technischen Wissenschaften in Budapest, sich der Aufgabe unterzogen hat, zum ersten Male eine Gesamtdarstellung der statistischen Theorie des Atoms und seiner Anwendungen zu geben.

Das Werk gliedert sich in einen allgemeinen und einen speziellen Teil. Im allgemeinen Teil wird nach einer Einführung in die Fermi-Diracsche Statistik freier Elektronen zunächst das Thomas-Fermische Modell für Atome und Ionen ausführlich besprochen; hierbei werden die Korrekturen von Fermi und Amaldi für negative Ionen sowie die weitergehenden Korrekturen von Lenz und Jensen (Ritzsches Verfahren) für verschiedene (positive und negative) Ionisationsgrade eingehend behandelt. Da in den häufigen graphischen Darstellungen soweit als möglich der Vergleich mit dem strengeren wellenmechanischen Hartreischen Verfahren durchgeführt ist, so gewinnt der Leser überall einen sicheren Eindruck von der Zuverlässigkeit bzw. den Grenzen der statistischen Methode, deren Leistungsfähigkeit überall kritisch erörtert wird. Es folgen weitere Abschnitte über die durch die Austauschwechselwirkung der Elektronen und die Wechselwirkung zwischen Elektronen mit antiparallelem Spin erforderlichen Korrekturen (Thomas-Fermi-Diracsche Gle-

chung und ihre Erweiterungen durch Gombás) nebst Anwendungen auf Atome und Ionen, ferner Korrektionsglieder zur kinetischen Energie, über die Gruppierung der Elektronen mit gleicher Nebenquantenzahl sowie über die relativistische Korrektur der Thomas-Fermi-Gleichung für höchste Temperaturen oder Drucke. Ein weiterer Abschnitt behandelt die Herleitung der statistischen Gleichungen aus den wellenmechanischen Gleichungen des „selfconsistent field“ nach Dirac, wodurch der Zusammenhang der Theorie mit der Wellenmechanik und ihr Näherungscharakter sehr verdeutlicht wird. Ein Abschnitt über Störungsrechnung bei statistischen Systemen bereitet auf vielfache Anwendungen dieses Verfahrens auf nichtkugelsymmetrische Systeme vor, deren ausführliche Darstellung im speziellen Teil erfolgt. Endlich werden in einem Schlussabschnitt des allgemeinen Teils Weiterentwicklungen der statistischen Theorie sowohl nach der Seite einer eleganten Formulierung der Wechselwirkung der im Sinne des Paulischen Ausschließungsprinzipes vollbesetzten Quantenzustände eines Atomrumpfes mit einzelnen Valenzelektronen (Gombás und Kónya) als auch in Hinsicht auf die nichtstatische Behandlung des Elektronengases nach Bloch und Jensen (insbesondere Eigenschwingungen eines kugelsymmetrischen Systems) erörtert. Die Anwendungen dieser Theorien machen einen Hauptabschnitt des speziellen Teils des Buches aus. Hier möge eine kurze Aufzählung einiger wichtiger Anwendungsgebiete genügen: *Atome*: Theorie der Bildung der Elektronengruppen im Periodischen System, Ionisierungsenergien, Berechnung der Atomspektren, seltene Erden, Atom und Ionenradien, diamagnetische Suszeptibilitäten, Polarisierbarkeit, Streuvermögen von Atomen für Röntgen- und Elektronenstrahlen, Bremsvermögen von Atomen; *Moleküle*: hetero- und homöopolare Moleküle; *Kristalle*: Ionenkristalle und Metalltheorie (metallische Bindung, Atomkonstanten, Druck-Dichte-Beziehung, Austrittsarbeit, Potentialverlauf). Ein letzter Abschnitt des