

**310. A. Sieverts und E. Bergner:
Tantal, Wolfram und Wasserstoff.**

[Mittl. a. d. Institut v. E. Beckmann, Labor. f. angew. Chemie d. Univ. Leipzig.]
(Eingegangen am 15. Juli 1911.)

Vor einigen Jahren hat M. von Pirani¹⁾ die Veränderungen beschrieben, die Tantal beim Glühen in Wasserstoff erleidet. Er fand, daß das Metall 0.3% schwerer wird, wenn es in Wasserstoff von Atmosphärendruck auf Rotglut erhitzt und dann abgekühlt wird. Durch Steigerung der Temperatur auf Gelbglut wurde die Gewichtszunahme auf 0.4% erhöht; hier schien die Grenze der Aufnahmefähigkeit für Wasserstoff zu liegen. Mit der Absorption von Wasserstoff ging eine völlige Veränderung der Eigenschaften des Tantals parallel. Der vorher elastische Tantaldraht war brüchig geworden und zeigte ausgesprochen krystallinische Struktur. Sein elektrischer Widerstand war auf das 1.7—2.1-fache gestiegen und der Temperaturkoeffizient des Widerstandes für einen Grad zwischen 0° und 100° von 0.3% auf 0.1% gesunken. Durch Glühen im Vakuum wurde der Wasserstoff bis auf einen hartnäckig zurückgehaltenen Rest (0.1% vom Tantalgewicht) bei Rotglut abgegeben, ohne daß das Metall dadurch seine alten Eigenschaften wieder erlangte. Das geschah erst durch Erhitzen bis zur Sinterung des Drahtes, wobei auch der Wasserstoffrest zum größten Teil entwich; vollständig wasserstofffrei wurde das Tantal erst durch längeres Schmelzen. Der Verfasser folgert, daß das Tantal 0.1% oder 190 Volumina H₂ chemisch bindet, während der größere Teil (0.3% oder 550 Volumina H₂) okkludiert wird; die Eigenschaften des Tantals werden ausschließlich durch den chemisch gebundenen Wasserstoff geändert.

Wir haben versucht, die Wasserstoff-Absorption des Tantals bei verschiedenen Temperaturen und Drucken festzustellen, denn die Zahlen von v. Pirani geben nur die beim Erkalten zurückgehaltenen Mengen und sind deshalb von der Abkühlungsgeschwindigkeit und anderen Faktoren abhängig. Man könnte aus der Tatsache, daß die höhere Glühtemperatur den Wasserstoffgehalt vermehrt, schließen, daß die Absorptionsfähigkeit des Metalles für Wasserstoff mit steigender Temperatur zunimmt, und daß die Abgabe des Wasserstoffes beim Erkalten sehr langsam erfolgt. Beide Schlüsse sind, wie sich zeigen wird, irrig. Der für die Untersuchung benutzte Tantaldraht war von Siemens & Halske bezogen und hatte einen Durchmesser von 0.3 mm. Die Versuche wurden in der schon früher beschriebenen

¹⁾ Z. El. CH. 11, 555 [1905].

Weise¹⁾ ausgeführt. Die Werte für die »frei + absorbiert« im Reaktionsgefäß vorhandenen Gasmengen sind zum Teil durch Abpumpen bestimmt, zum Teil als Differenz von Anfangsvolumen (A.-V.) und Bürettenvolumen (B.-V.). Im zweiten Falle sind die Zahlen mit einem * versehen. Zur Bestimmung des freien Volumens wurde Argon benutzt, weil Stickstoff von 900° ab mit Tantal reagiert. Die Reaktion verläuft langsam: nach einstündigem Erhitzen auf 920–1030° waren von 1 g Tantal im ganzen nur 2.2 ccm N₂ gebunden, die im Vakuum nicht wieder abgegeben wurden. Wahrscheinlich überzieht sich das Metall sehr bald mit einer schützenden Decke von Nitrid, das bei 1000° noch keine merkliche Dissoziationsspannung besitzt.

In den folgenden Tabellen ist als Versuchsdauer die Zeit in Minuten angegeben, während der das Tantal bei der Versuchstemperatur mit dem Wasserstoff vor der endgültigen Messung in Berührung war; der »Rückgang« bezeichnet die Abnahme des Bürettenvolumens während der letzten 5 Minuten. Die Versuche sind in der Reihenfolge der Ausführung mitgeteilt.

1, Versuchsreihe (Reaktionsgefäß: Porzellanrohr).

Tabelle 1²⁾.

g Ta	Ver- suchs- dauer	Druck	Tempe- ratur	A.-V.	B.-V.	frei + absor- biert	frei	ab- sor- biert	Rück- gang	Kon- trolle
9.189	30	752	1230	49.08	28.78	19.19	10.88	8.31	0.01	— 1.11
22.88	17	754	1030	51.18	9.36	42.13	11.91	30.22	0.02	+ 0.31
	15	»	1130	50.15	14.63	35.75	11.46	24.29	0.07	+ 0.23
	22	»	1230	50.96	19.69	31.48	11.15	20.33	0.00	+ 0.21
	10	»	1330	50.72	22.87	27.83	10.94	16.89	0.00	+ 0.02
	10	»	925	100.37	48.73	50.19	12.39	37.80	0.03	— 1.45
	20	»	830	93.84	29.90	64.54	12.94	57.60	0.01	+ 0.06
	20	»	630	177.36	34.09	144.43	14.45	129.98	—	+ 1.16
	15	218	830	34.01	3.48	31.99	3.75	28.24	—	+ 1.46
	21	288.5	930	29.18	1.31	26.82	4.75	22.07	—	— 1.05
	10	87	730	27.44	1.22	26.71	1.58	25.13	—	+ 0.49

Das Tantal wurde vor den Versuchen im Vakuum bis 1200° erhitzt; dabei gaben 9.2 g Metall 1.8 ccm Gas ab. Nach dem Zulassen des Wasserstoffes stellten sich die Gleichgewichte rasch ein, doch

¹⁾ Ph. Ch. 74, 277 [1910]; 68, 115 [1909]; 60, 129 [1907]; vergl. auch B. 43, 893 [1910].

²⁾ Alle Wasserstoffmengen sind in ccm von 0° und 760 mm Druck wiedergegeben.

wurde stets 10—20 Minuten bis zur endgültigen Ablesung gewartet. Das Abpumpen des Gases aus dem heißen Tantal gelang ohne Schwierigkeit. Bei den größeren Gasmengen mußten die Anfangsvolumina und der abgepumpte Wasserstoff in mehreren Bürettenfüllungen gemessen werden; daraus entstanden leicht Fehler und die Kontrollen zeigen Differenzen bis zu 1.5 ccm H₂. Da aber die absorbierten Mengen groß sind, so beträgt die hierdurch bedingte Unsicherheit höchstens 5% der Resultate. — Für die Beobachtungen der niedrigen Temperaturen kam nur 1 g Tantal zur Verwendung; als Reaktionsgefäß diente ein kleiner Quarzkolben.

2. Versuchsreihe (Reaktionsgefäß: Quarzkolben).

Tabelle II.

Nr.	Versuchsdauer	Druck	Temperatur	A.-V. B.-V.		frei + absorbiert	frei	absorbiert	Rückgang	Kontrolle
1	90	749	630	23.55	12.22	11.31	6.07	(5.24)	0.08	— 0.02
2	10	»	830	22.02	14.27	7.71	5.54	2.17	0.01	— 0.04
3	20	748	630	49.48	37.45	12.03*	6.07	5.96	0.02	
4	—	»	530	»	31.25	18.23*	6.38	11.85	—	
5	—	»	417	»	19.32	30.16*	6.79	23.37	—	
6	25	»	314	»	9.26	40.22*	7.39	32.83	0.01	+ 0.22
7	10	»	263	»	5.62	43.86*	7.75	36.11	—	
8	—	»	417	»	19.13	30.35*	6.79	23.56	—	
9	15	976	»	»	15.32	34.38	8.72	25.66	0.09	
10	285	216	474	13.82	2.80	11.16	1.86	9.30	0.02	+ 0.14 ²⁾
11	13 Stdn. ¹⁾	755	17	65.87	7.28	58.61*	11.40	47.21	—	
12	5 Stdn.	754	100	»	11.64	54.23*	9.90	44.33	0.01	— 1.5 ³⁾
13	70 Min.	»	183	»	15.36	50.51*	8.75	41.76	0.03	
14	48 Stdn. ¹⁾	755	17	90.96	33.84	57.62*	11.40	46.22	—	(< 1 ccm)

Nach der Erhitzung in Argon zur Bestimmung des freien Volumens war das Tantal bei 630° gegen Wasserstoff auffallend inaktiv; auch nach 90 Minuten war noch keine konstante Einstellung erreicht (Nr. 1). Dagegen ergab ein Versuch bei 830° schon nach 5 Minuten den normalen Absorptionswert (Nr. 2). Erst nachdem das Metall vorher auf 900° in Wasserstoff erhitzt war, wurde es auch bei 630° reaktionsfähiger und sättigte sich im Verlauf von 10 Minuten (Nr. 3). Ähnliche Erfahrungen haben wir mit Palladium und Wasserstoff gemacht, über die demnächst an anderer Stelle berichtet werden soll.

¹⁾ Zeit zwischen dem Einlassen des H₂ und der endgültigen Ablesung bei Zimmertemperatur.

²⁾ Bei ca. 600° abgepumpt.

Die Zahlen bis 263° abwärts (Nr. 4—7) sind durch Abkühlen des bei 600° gesättigten Tantals auf die Versuchstemperatur erhalten, der Wert für 417° wurde dann noch einmal durch Erwärmen, also durch Gasabgabe, erreicht (Nr. 8); nach einer Einstellung unter 976 mm Wasserstoffdruck ¹⁾ wurde eine Kontrolle durch Abpumpen für die Versuche 3—10 ausgeführt (+ 0.22 ccm).

Versuche bei vermindertem Wasserstoffdruck und Temperaturen unter 450° scheiterten an der geringen Reaktionsgeschwindigkeit; bei 474° (Nr. 10) änderte sich endlich nach 60 Minuten das Volumen nicht weiter, nachdem das Metall vorher schon 3 1/2 Stdn. lang bei 420° mit Wasserstoff in Berührung gewesen war. Von 320° abwärts nahm das vorher von Wasserstoff befreite Tantal praktisch überhaupt keinen Wasserstoff mehr auf. Als aber das Metall auf 800° in Wasserstoff erhitzt und der Ofen durch Abstellen des Heizstromes langsam auf Zimmerwärme abgekühlt wurde, hielt 1 g Tantal 47.2, in einem zweiten Versuch 46.2 ccm H₂ zurück (Nr. 11 und 14). Durch Erwärmen des so mit Wasserstoff beladenen Tantals in Wasser- und in Anilindampf (Nr. 12 und 13) sind endlich die Zahlen für 100° und 183° erhalten. Aus den Beobachtungen geht hervor, daß die Sättigung mit Wasserstoff bei niederen Temperaturen viel schneller erreicht wird, wenn das Tantal vorher bei höherer Temperatur mit Wasserstoff beladen wird. Das gasfreie Metall ist gegen Wasserstoff unterhalb 500° auffallend inaktiv.

Für die Ableitung der Beziehung zwischen Gasdruck und absorbierter Menge enthält schon Tabelle I einige brauchbare Zahlen:

Temperatur	Druck (p)	absorbierte Menge (m)	p : m	$\sqrt{p} : m$
830	754	51.60	14.6	0.53
	218	28.24	7.72	0.52
925 (930)	154	37.80	19.9	0.73
	288.5	22.07	13.1	0.77

Wenn die Löslichkeit dem Henryschen Gesetz folgte, so müßte für jede Temperatur der Quotient p : m eine konstante Größe sein. Das ist, wie die Zusammenstellung zeigt, nicht der Fall; dagegen ist der Bruch $\sqrt{p} : m$ nahezu konstant. Ein Versuch bei 780° läßt die gleiche Regelmäßigkeit noch deutlicher erkennen.

¹⁾ Der große Rückgang zeigt, daß das Gleichgewicht noch nicht ganz erreicht war.

3. Versuchsreihe (Reaktionsgefäß: Quarzkolben).

Tabelle III.

2.00 g Tantal; Temperatur: 780°.

Druck	A.-V.	B.-V.	frei + absorb.	frei	absorb.	Kontrolle	$\frac{\sqrt{p}}{m}$
753	13.06	1.27	11.08*	5.62	5.46	- 0.07	5.03
498	13.06	4.93	8.13*	3.74	4.39		5.08
267	13.06	7.84	5.22*	1.99	3.23		5.06
150.5	6.29	2.78	3.51*	1.12	2.39		5.13
103.5	4.48	1.75	2.73	0.77	1.96	+ 0.06	5.19
38	1.81	0.42	1.39	0.28	1.11		5.56
5	0.416	0.043	0.373*	0.037	0.336		-

Bis 100 mm abwärts sind die Werte für $\sqrt{p} : m$ innerhalb der Fehlergrenzen gleich, bei noch kleineren Drucken ist ein Ansteigen der Werte erkennbar, d. h. die absorbierten Mengen sind kleiner, als zu erwarten wäre¹⁾. Die Löslichkeit des Wasserstoffes in Tantal ist also bei konstanter Temperatur der Quadratwurzel aus dem Gasdrucke proportional.

Um die Löslichkeitskurve für gleichen Druck und verschiedene Temperaturen zu erhalten, haben wir alle bei Atmosphärendruck (b) gemessenen Werte auf 100 g Tantal, mg H₂ und 760 mm Wasserstoffdruck umgerechnet. (Faktor: $\frac{100}{g \text{ Tantal}} \times 0.0899 \times \sqrt{\frac{760}{b}}$). Für 474° und 730° sind die Beobachtungen bei Unterdruck benutzt; die Werte fallen, wie das Diagramm zeigt, auf die Kurve und bilden so eine weitere Bestätigung des Quadratwurzel-Gesetzes. Eine Gewähr für die Richtigkeit der Messungen ergibt sich aus der Unabhängigkeit der Löslichkeitszahlen von der Menge des Tantals.

Tabelle IV.

100 g Tantal lösen bei 760 mm Druck mg Wasserstoff:

Bestimmt mit	17°	100°	183°	263°	314°	417°	474°	530°
9.189 g Fa.	—	—	—	—	—	—	—	—
22.88 » » .	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00 » » .	417 421	400	377	327	297	212 213	157	107
2.00 » » .								
$\frac{l_1 - l_2}{t_2 - t_1}$. . .	—	0.23	0.28	0.62	0.59	0.72	0.98	0.90

¹⁾ Das Ansteigen von $\sqrt{p} : m$ bei niedrigem p findet sich auch bei anderen Metallgaslösungen (Cu, Fe, Ni und H₂), s. Ph. Ch. 1911.

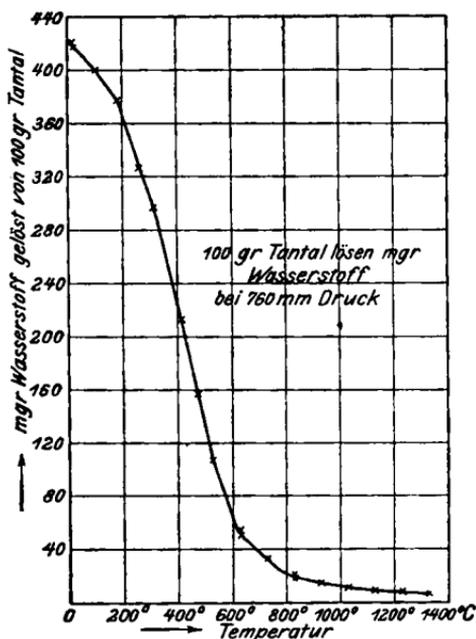
Bestimmt mit	630°	730°	780°	830°	930°	1030°	1130°	1230°	1330°
9.189 g Ta.	—	—	—	—	—	—	—	8.17	—
22.88 > >	51.2	33.4	—	20.3	14.9	11.9	9.58	8.02	6.66
1.00 > >	54.0	—	—	19.7	—	—	—	—	—
2.00 > >	—	—	24.7	—	—	—	—	—	—
$\frac{l_1 - l_2}{t_2 - t_1}$. . .	0.56	0.18	—	0.13	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01

Bei der Beurteilung der Tabelle und der Kurve ist zu beachten, daß die Zahl für 17° die beim Erkalten zurückgehaltene Menge bedeutet, also wahrscheinlich niedriger als der Gleichgewichtswert für 17° liegt. Die Werte für 100° und 183° sind dagegen eher zu hoch, als zu niedrig, weil sie durch Gasabgabe eingestellt sind. Aus dem Verlauf der Kurve darf man wohl schließen, daß alle drei Zahlen nicht sehr weit vom Gleichgewicht entfernt liegen.

Die Löslichkeit nimmt in dem ganzen untersuchten Bereich mit steigender Temperatur ab. Der Einfluß gleicher Temperaturdifferenzen auf die Löslichkeitsverminderung ist dabei in den verschiedenen

Temperaturintervallen sehr verschieden. Die letzte Zeile der Tabelle enthält die Löslichkeitsunterschiede $l_1 - l_2$, dividiert durch die zugehörigen Temperaturdifferenzen ($t_2 - t_1$). Man erkennt, daß die Werte von 100—474° rasch anwachsen, um von da sehr schnell zu fallen; der Temperatureinfluß auf die Löslichkeit erreicht also zwischen 450° und 500° ein Maximum.

Eine ähnliche Löslichkeitskurve ist an Metallgaslösungen bisher nur einmal beobachtet worden, und zwar an Palladium und Wasserstoff. Auch in der Größenordnung der Löslichkeit stehen Tantal und Palladium einander sehr nahe. Es ist sicher kein Zufall, daß gerade die beiden Metalle mit dem weitaus größten Absorptionsvermögen für



Wasserstoff Löslichkeitskurven von gleichem Charakter haben, vielmehr wird man den Grund dafür in der besonderen Bindung des Gases durch die Metalle zu suchen haben, ohne daß es zunächst möglich wäre, über die Art der Bindung eine bestimmte Vorstellung zu gewinnen. Bei den Metallen mit geringem Absorptionsvermögen für Wasserstoff: Nickel, Eisen, Kobalt, Platin, Kupfer nimmt die Löslichkeit ausnahmslos mit steigender Temperatur zu. Während also beim Tantal und Palladium der Vorgang der Absorption exotherm ist, verläuft er bei den übrigen Metallen endotherm.

Die Abhängigkeit der absorbierten Menge vom Druck ist nur für Temperaturen oberhalb 450° festgestellt worden; möglicherweise werden unterhalb 450°, also in dem Gebiet größter Löslichkeit, ähnliche Abweichungen von der Quadratwurzel-Beziehung bestehen, wie sie Hoitsema zuerst am Palladiumschwamm festgestellt hat¹⁾. Soweit aber die Beobachtungen reichen, löst das Tantal bei gegebener Temperatur eine Wasserstoffmenge, die der Quadratwurzel des Wasserdrucks proportional ist, und verhält sich darin ganz ebenso wie alle übrigen gaslösenden Metalle.

Mit den Ergebnissen der Arbeit von v. Pirani stimmen die unserigen fast in allen Punkten überein. Die beim Glühen und Erkalten in Wasserstoff zurückgehaltenen Gasmengen sind von v. Pirani gewichtsanalytisch zu 0.4 %, von uns gasvolumetrisch zu 0.42 % bestimmt worden. Der vorher elastische Draht war nach dem Behandeln mit Wasserstoff brüchig und kristallinisch geworden und erlangte beim Erhitzen auch im Vakuum seine frühere Beschaffenheit nicht wieder, trotzdem — und hierin weichen unsere Beobachtungen ab — der Wasserstoff dem Tantal beim Glühen im Vakuum vollständig entzogen wird. Die Reaktion zwischen Gas und Metall ist also reversibel, die Strukturveränderung aber nicht. Erst wenn die Struktur des Drahtes bei hoher Weißglut durch Sintern wieder dichter wird, gewinnt er, wie v. Pirani angibt, allmählich die alten Eigenschaften zurück²⁾. Die Versuche sprechen also nicht da-

¹⁾ Ph. Ch. 17, 1 [1895].

²⁾ Auch die Vergrößerung des elektrischen Widerstandes wird sicher teilweise durch die Strukturänderung bedingt. Der Widerstand des nach einander in Wasserstoff und im Vakuum geglühten Drahtes erfährt also durch die Auflockerung der Struktur eine Zunahme r ; macht man die naheliegende Annahme, daß beim Erwärmen nur w , nicht aber r wächst, so folgt daraus, daß der Temperaturkoeffizient des Widerstandes in dem Verhältnis $\frac{w}{w+r}$ kleiner erscheint, als beim reinen Tantal. Bei v. Pirani ist das Verhältnis der Temperaturkoeffizienten etwa 1 : 3, der Quotient $\frac{w}{w+r} = \frac{1}{2.1}$ bis $\frac{1}{1.7}$.

für, daß ein Teil des Wasserstoffes anders gebunden ist, als der Rest. In welcher Form das Gas gelöst wird, ob als Tantalwasserstoffverbindung oder ohne eine Valenzbetätigung des Metalles, muß einstweilen unentschieden bleiben.

Wie das Tantal, so wird das Wolfram in der Industrie der Metallfadenlampen verwendet. Im Anschluß an das Vorige seien deshalb noch einige Versuche mitgeteilt, die wir auf Anregung von Hrn. Dr. Arth. Müller in Fürstenwalde mit Wolfram angestellt haben. Das Metall war uns in Form sehr dünner harter Fäden von der Firma Julius Pintsch in Fürstenwalde an der Spree in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Durch Erhitzen im Vakuum wurden dem Metall geringe Gasmengen entzogen, ebenso nach dem Glühen und Erkalten im Wasserstoff.

Tabelle V. (Reaktionsgefäß: Porzellanrohr.)

Wolfram g	Gasabgabe beim Glühen im Vakuum ccm	nach Erkalten in H ₂ ccm
12.5	2.35	1.14
43.90	4.84	1.10

Schon diese Zahlen beweisen, daß die Löslichkeit nur eine sehr geringe sein kann. Weitere Versuche mit Wasserstoff wurden bei 1030—1500° ausgeführt; als Vergleichsgas konnte Stickstoff benutzt werden, der bis zu der höchsten Versuchstemperatur (1500°) nicht mit Wolfram reagierte.

Tabelle VI. (Reaktionsgefäß: Porzellanrohr.)

Wolfram g	Dauer	Temperatur	p	absorb. ccm H ₂	Rückgang	Kontrolle
43.90	30	1230	760	0.70	0.07	— 1.03
	20	1130	760	0.61	0.05	+ 0.24
	15	1030	760	0.62	0.03	+ 0.27
	30	1230	760	0.35	0.03	— 0.30
50.0	40	1400	749	1.25	0.31	— 3.17
	25	1500	749	1.09	0.34	— 2.31
12.5	35	1230	757	0.88	0.14	— 1.37
	35	1230	760	0.68 CO	0.04	+ 0.58

Eine bestimmte Abhängigkeit der Absorptionswerte von der Wolframmenge und der Temperatur ist nicht zu erkennen. Die Zahlen sind also keinesfalls Gleichgewichtswerte. Man kann aus ihnen aber schließen, daß die Löslichkeit von Wasserstoff in Wolfram bis 1500° aufwärts sehr klein ist¹⁾.

Zusammenfassung: 1. Die Löslichkeit des Wasserstoffes in Tantal wurde bis 1330° aufwärts gemessen; sie wird für gleichen Wasserstoffdruck mit steigender Temperatur kleiner und ist bei gegebener Temperatur der Quadratwurzel aus dem Gasdruck proportional. Durch Glühen in Wasserstoff erfährt der Tantaldraht eine Strukturänderung, die auch bestehen bleibt, wenn der Wasserstoff dem Metall durch Glühen im Vakuum entzogen wird. Stickstoff reagiert mit Tantal langsam oberhalb 900° unter Nitridbildung.

2. Wolfram löst Wasserstoff bis 1500° nur in sehr geringer Menge; Stickstoff reagiert mit Wolfram bis 1500° nicht.

Die vorstehende Arbeit ist mit Unterstützung der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie ausgeführt.

Leipzig, 14. Juli 1911.

311. Th. Zerewitinoff und Iw. Ostromisslensky:

Über Bariumoxyd als Reduktionsmittel:

Die Reduktion von Nitrobenzol zu Nitroso-, Azo-benzol, Anilin, Phenazin und Ammoniak.

[Mitt. aus dem Chem. Laboratorium der Kaiserl. Techn. Hochschule zu Moskau.]

(Eingegangen am 27. Juni 1911.)

Beim Erwärmen einer Mischung von Bariumoxyd mit Nitrobenzol bis auf 208° kann man die Bildung von Nitrosobenzol leicht nachweisen; damit sich die Ausbeute an diesem Produkt möglichst gut gestaltete, schien es uns von vornherein notwendig, es aus der Reaktionsmischung sofort nach der Bildung zu entfernen. Wir ließen daher die Dämpfe von Nitrobenzol über in einem Rohr erwärmtes Bariumoxyd streichen. Dabei ergab sich, daß so die Reduktion noch weiter geht: sie kann nicht bei der Bildung von Nitrosobenzol festgehalten werden. Als Hauptprodukt tritt hierbei Azobenzol auf; gleichzeitig bilden sich in nicht unbedeutlicher Menge Phenazin und Anilin, nebenher sehr wenig Ammoniak.

Wir haben weiter versucht, das Nitrobenzol mittels Kohle bezw. Bimsstein zu reduzieren. Die Durchgangsgeschwindigkeit des Nitro-

¹⁾ Der letzte Versuch der Tabelle 6 ist mit Kohlenoxyd angestellt und zeigt, daß dieses sich gegen Wolfram ähnlich verhält wie Wasserstoff.