

**5. Über die Form
ultramikroskopischer Silberteilchen;
von R. Gans.**

§ 1. *Einleitung.* Die Diskussion der Steubingschen Bestimmung¹⁾ der Absorptionskurve rubinroter kolloidaler Goldlösungen ergab²⁾, daß die ultramikroskopischen Goldamikronen mit großer Näherung Kugelform haben müssen.

Um festzustellen, ob dieses Ergebnis allgemeineren Charakter hat oder mehr zufälliger Natur ist, habe ich die Form ultramikroskopischer Silberteilchen bestimmt.

Aus einer theoretischen Voruntersuchung³⁾ ergab sich, daß auch bei kolloidalen Silberlösungen die Absorptionskurve stark von der Teilchenform abhängen muß, so daß umgekehrt aus den optischen Eigenschaften die geometrischen Verhältnisse der Molekülgruppierung festgestellt werden kann.

Jetzt habe ich eine umfassendere Berechnung ausgeführt, und zwar liegen denselben die gleichen Formeln zugrunde wie die, welche ich im § 3 meiner soeben zitierten Annalenarbeit entwickelt habe. In dem folgenden ist dieselbe Bezeichnungsweise beibehalten worden.

Mit den so ermittelten theoretischen Absorptionskurven, die den verschiedensten Formen der Amikronen entsprechen, ist sodann die beobachtete Kurve verglichen worden. Auf diese Weise ergab sich, daß die Silberteilchen genähert Kugelform haben.

§ 2. *Theoretische Berechnung der Absorptionskurve unter der Annahme verschiedener Teilchenform.* Der komplexe Brechungsindex m' des Silbers, bezogen auf Wasser, ergibt sich aus

1) W. Steubing, Greifswalder Diss. 1908; Ann. d. Phys. 26. p. 329. 1908.

2) R. Gans, Ann. d. Phys. 37. p. 881. 1912.

3) R. Gans, Phys. Zeitschr. 13. p. 1185. 1912.

folgender Tabelle von Ernst Müller¹⁾, die auf Grund der von Hagen und Rubens²⁾ bestimmten Reflexions- und Absorptionsvermögen des Silbers berechnet worden ist.

In dieser Tabelle bedeutet λ die Wellenlänge in Luft, gemessen in $\mu\mu$.

Tabelle 1.

λ	m'^2	λ	m'^2
350	- 0,645 - i 0,243	550	- 7,968 - i 1,268
375	- 1,411 - i 0,356	600	- 10,43 - i 1,667
400	- 2,194 - i 0,454	650	- 13,34 - i 2,162
420	- 2,863 - i 0,532	700	- 16,19 - i 2,523
450	- 3,888 - i 0,653	750	- 19,45 - i 2,927
500	- 5,801 - i 0,918	800	- 23,09 - i 3,285
525	- 6,821 - i 1,037		

Für zwölf Lösungen mit Teilchen verschiedener Form sind die Absorptionskurven berechnet worden, und zwar ist angenommen, daß die Lösungen Nr. 1—6 verlängerte, die Lösungen Nr. 7—12 abgeplattete Rotationsellipsoide aus Silber, in Wasser suspendiert, enthalten. Die Achsenverhältnisse B/A der Meridianellipsen sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 2.

Verlängerte Rotationsellipsoide.		Abgeplattete Rotationsellipsoide.	
Nr.	B/A	Nr.	B/A
1	1,00 (Kugel)	7	1,00 (Kugel)
2	0,77	8	0,62
3	0,57	9	0,38
4	0,40	10	0,22
5	0,23	11	0,10
6	0,00 (Stäbchen)	12	0,00 (Scheibe)

Diese Meridianellipsen sind der unmittelbaren Anschaulichkeit halber in Fig. 1 zwar nicht genau in der Form, aber im

1) E. Müller, Ann. d. Phys. 35. p. 500. 1911.

2) E. Hagen u. H. Rubens, Ann. d. Phys. 8. p. 1 u. 432. 1902.

richtigen Achsenverhältnis unter Markierung der Figurenachse gezeichnet.

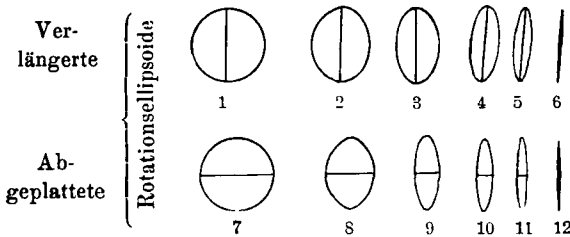


Fig. 1.

Die folgenden beiden Tabellen enthalten die Werte der Absorptionen K für die in der ersten Kolonne angegebenen Wellenlängen (in Luft), und zwar bedeuten die Zahlen den Lichtverlust auf dem Wege 1 mm durch eine Lösung von der Volumkonzentration 10^{-6} (d. h. 1 mm³ Silber in 1 l Wasser), und zwar in Promille.

Tabelle 3.

λ	Verlängerte Rotationsellipsoide. Die Größe K .					
	Nr. 1	2	3	4	5	6
350	27,94	29,84	35,85	45,09	61,15	86,68
375	152,3	194,9	258,2	217,6	127,6	75,01
400	353,7	199,1	80,96	43,87	27,48	18,83
420	93,54	202,9	77,24	28,86	16,53	11,15
450	27,53	45,13	240,1	37,70	18,61	7,784
500	9,076	11,51	34,75	219,8	19,07	6,860
525	6,407	7,763	18,30	255,6	26,36	7,116
550	4,677	5,509	11,14	97,86	39,49	7,475
600	2,837	3,236	5,571	24,90	113,2	8,437
650	1,879	2,107	3,326	10,80	409,3	9,754
700	1,805	1,448	2,185	6,105	202,9	10,39
750	0,9376	1,033	1,510	3,812	64,19	11,12
800	0,6776	0,743	1,061	2,499	27,74	11,61
Maxima der Ab- sorption	$\lambda = 393,8$ $K = 448,5$	$\lambda = 385,1$ $K = 300,4$	$\lambda = 377,8$ $K = 265,1$	$\lambda = 371,6$ $K = 242,0$	$\lambda = 366,3$ $K = 226,1$	$\lambda = 361,6$ $K = 213,7$
		$\lambda = 416,6$ $K = 229,7$	$\lambda = 452,9$ $K = 239,7$	$\lambda = 517,0$ $K = 296,6$	$\lambda = 661,6$ $K = 422,3$	

In Fig. 2 sind die so berechneten Absorptionskurven graphisch dargestellt.

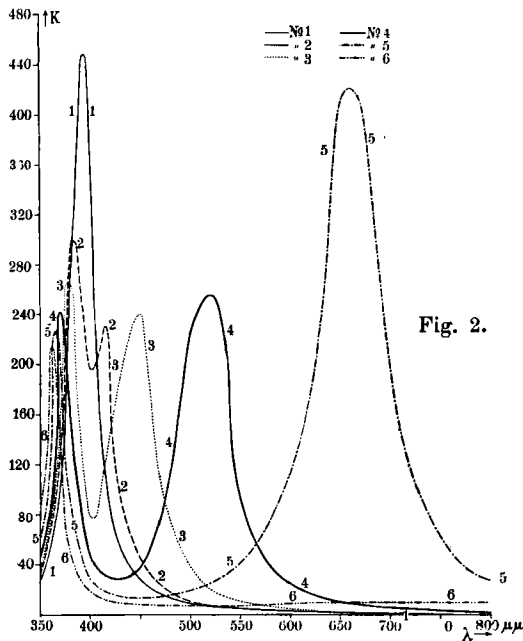


Tabelle 4.

λ	Abgeplattete Rotationsellipsoide. Die Größe K .					
	Nr. 7	8	9	10	11	12
350	27,94	41,62	100,3	32,78	13,64	8,051
375	152,3	101,1	30,47	15,58	9,664	6,608
400	353,7	185,4	49,49	20,82	11,26	7,019
420	93,54	343,4	114,9	30,67	13,52	7,540
450	27,53	68,83	464,6	63,75	18,23	8,402
500	9,076	15,31	63,38	434,7	34,17	10,43
525	6,407	9,966	32,09	507,7	49,71	11,71
550	4,677	6,905	18,91	192,9	76,66	12,99
600	2,837	3,932	9,012	43,02	224,9	15,59
650	1,879	2,512	5,206	20,38	817,5	18,61
700	1,305	1,709	3,353	11,34	405,1	20,14
750	0,9376	1,209	2,282	6,992	127,8	21,77
800	0,6776	0,8638	1,586	4,536	55,09	22,88
Maxima der Ab- sorption	$\lambda = 393,8$ $K = 448,5$	$\lambda = 416,6$ $K = 371,5$	$\lambda = 452,9$ $K = 464,4$	$\lambda = 517,2$ $K = 589,1$	$\lambda = 661,6$ $K = 844,7$	
		$\lambda = 366,3$ $K = 141,2$	$\lambda = 350,7$ $K = 99,94$			

In Fig. 3 sind die so berechneten Absorptionskurven graphisch dargestellt.

Man sieht, daß, wenn die Form sich von der der Kugel entfernt, das Absorptionsmaximum bei $394 \mu\mu$ sich in zwei spaltet, von denen das eine nach größeren, das andere nach kleineren Wellenlängen rückt.

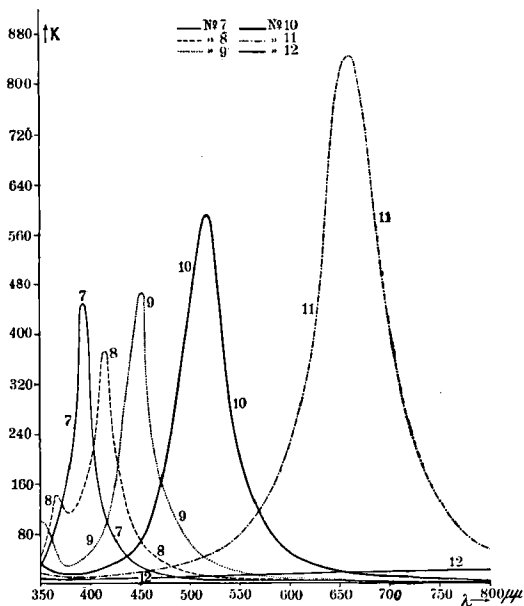


Fig. 3.

§ 3. *Die Abhängigkeit der Absorption kugelförmiger Silber-
teilchen vom Kugeldurchmesser.* In diesen Paragraphen sollen
kurz die Resultate einiger Rechnungen über die Absorption
kugelförmiger Silberteilchen von etwas größeren Radien mit-
geteilt werden, da es für die Beurteilung der Messungen von
Wichtigkeit ist, zu sehen, in welcher Weise sich die Absorp-
tion nicht nur mit der Form, sondern auch mit der Größe
der Teilchen verändert.

Hierbei wurden die Formeln von Mie¹⁾ und einige nume-
rische Daten von Ernst Müller²⁾ benutzt, deren Bezeich-
nungsweise einfach übernommen wurde.

1) G. Mie, Ann. d. Phys. 25. p. 377. 1908.

2) E. Müller, Ann. d. Phys. 35. p. 500. 1911.

Tabelle 5.

$\lambda = 420 \mu\mu.$

α^2	$u_2^1)$	v_2	$\frac{3}{2} w_1$
0,2	0,9774 $e^{-i 0,08^0}$	1,042 + i 0,0050	1,605 + i 0,0064
0,4	0,9576 $e^{-i 0,26}$	1,074 + i 0,0099	1,704 + i 0,0037
0,6	0,9419 $e^{-i 0,47}$	1,113 + i 0,0150	1,828 - i 0,0013
0,8	0,9255 $e^{-i 1,15}$	1,150 + i 0,0198	1,956 - i 0,0274
1,0	0,9109 $e^{-i 1,70}$	1,190 + i 0,0245	2,100 - i 0,0550
1,5	0,8738 $e^{-i 4,61}$	1,287 + i 0,0363	2,478 - i 0,234
2,0	0,8268 $e^{-i 9,0}$	1,388 + i 0,0465	2,837 - i 0,573

ρ_1	K	2ρ in $\mu\mu$
0,02396 $e^{i 7,5^0}$	275,8	44,56
0,04158 $e^{i 7,4}$	209,6	63,01
0,05882 $e^{i 7,2}$	127,1	77,16
0,06845 $e^{i 7,7}$	89,15	89,11
0,07506 $e^{i 8,4}$	70,47	99,63
0,09082 $e^{i 10,9}$	51,37	122,0
0,09616 $e^{i 14,7}$	41,31	140,9

$\lambda = 525 \mu\mu.$

α^2	r_2	$\frac{3}{2} w_2$	ρ_1
0,2	1,074 + i 0,009988	1,655 + i 0,01390	0,04211 $e^{i 7,55^0}$
0,4	1,147 + i 0,01949	1,819 + i 0,01819	0,07425 $e^{i 6,8}$
0,6	1,219 + i 0,02852	2,002 + i 0,01862	0,09504 $e^{i 6,9}$
0,8	1,290 + i 0,03703	2,195 - i 0,006145	0,09895 $e^{i 8,1}$
1,0	1,362 + i 0,0440	2,404 - i 0,03558	0,1057 $e^{i 9,0}$
1,5	1,534 + i 0,0626	2,957 - i 0,2410	0,1286 $e^{i 12,5}$

K	2ρ in $\mu\mu$
21,01	55,95
53,23	79,12
76,83	96,92
71,66	111,9
61,15	125,1
39,95	153,2

1) u_2 ist von λ unabhängig.

$\lambda = 650 \mu\mu.$

α^2	v_2	$\frac{3}{2} w_2$	φ_1
0,2	1,133 + i 0,01926	1,746 + i 0,02794	0,07466 $e^{i 6,68^\circ}$
0,4	1,260 + i 0,03591	2,000 + i 0,0480	0,1119 $e^{i 6,51}$
0,6	1,380 + i 0,05078	2,269 + i 0,05128	0,1360 $e^{i 7,0}$
0,8	1,495 + i 0,06160	2,545 + i 0,02494	0,1489 $e^{i 8,31}$
1,0	1,606 + i 0,07386	2,837 - i 0,003405	0,1563 $e^{i 9,5}$

K	2ϱ in $\mu\mu$
7,996	69,47
21,16	98,24
35,30	120,3
41,68	138,9
39,71	155,3

 $\lambda = 750 \mu\mu.$

α^2	v_2	$\frac{3}{2} w_2$	φ_1
0,2	1,187 + i 0,02527	1,828 + i 0,03728	0,0936 $e^{i 6,25^\circ}$
0,4	1,357 + i 0,04482	2,155 + i 0,05603	0,1222 $e^{i 6,72}$
0,6	1,516 + i 0,06113	2,492 + i 0,06528	0,1627 $e^{i 6,55}$
0,8	1,659 + i 0,07422	2,823 + i 0,03756	0,1726 $e^{i 7,86}$

K	2ϱ in $\mu\mu$
5,180	80,30
13,44	113,6
24,59	139,1
30,38	160,6

So erhält man durch graphische Interpolation:

Tabelle 6.

Durchmesser 2ϱ	Größe von K .			
	$\lambda = 420$	525	650	750
0 $\mu\mu$	93,54	6,407	1,879	0,9376
20	240	7,8	2,2	1,2
40	285	13,0	3,5	1,5
60	225	24,2	6,0	2,8
80	115	54,5	11,1	5,1
100	71	77,0	22,4	9,5
120	53	65,2	35,0	16,0
140	42	49,3	41,5	25,0

Die Zahlen dieser Tabelle beanspruchen nur den Wert grober Näherungen, sonst müßten noch viele Zwischenwerte berechnet werden; doch ersieht man schon so, daß das Absorptionsmaximum mit wachsendem Radius sich vom Ultravioletten nach größeren Wellenlängen hin bewegt.

§ 4. *Die Absorptionsmessungen im Sichtbaren.* Als geeignetes Beobachtungsmaterial wählte ich Argentum colloidal (Kollargol), welches nach der deutschen Pharmakopoe¹⁾ 97 Proz. metallisches Silber enthält, und das sich leicht in Wasser löst.

Von dieser Lösung wurde die Absorption mittels eines König-Martensschen Spektralphotometers der Firma Schmidt und Haensch für vier Heliumlinien im Roten, Gelben, Grünen und Violetten gemessen, nachdem ich mich durch spezielle Messungen vorher davon überzeugt hatte, daß das Beersche Gesetz, d. h. die Proportionalität zwischen Absorption und Konzentration, gültig ist, indem ich die Lösung in bekanntem Verhältnis verdünnte.

Der Versuch, die Absorption direkt in ihrer Abhängigkeit von der aufgelösten Silbermenge zu messen, indem ich diese mit der Nernstschen Wage bestimmte, gab ganz unregelmäßige Resultate, sicherlich wegen der sehr kleinen Massen, mit denen operiert wurde. Gelegentlich werde ich auf diesen Punkt näher eingehen.

Ich erhielt die folgenden Resultate für die Absorptionskonstante κ , die durch die Formel

$$J = J_0 e^{-\kappa l}$$

definiert ist (J austretende, J_0 einfallende Intensität, l Schichtlänge).

Tabelle 7.

Nr. 18. Ursprüngliche Lösung. $l = 2$ cm.

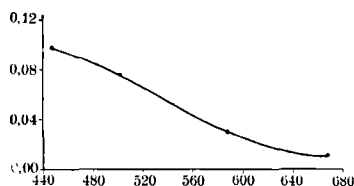
λ	κ	κ reduz.
6678 A.E.	0,1234	0,01081
5876.	0,3362	0,02947
5016	0,8628	0,07561
4471	0,9716	0,09716

1) Deutsches Arzneibuch V.

Die Lösung ist rot und zeigt ein kräftiges Tyndallphänomen.

Da sich im einen Strahlengang des Photometers das Rohr mit der Lösung, im anderen ein Rohr der gleichen Länge mit Wasser befand, und diese beiden Rohre dann vertauscht wurden, so wurde damit die Absorption des Wassers und Reflektion an den Grenzflächen Luft-Glas und Glas-Flüssigkeit völlig eliminiert, da der Brechungsexponent der Lösung von dem des Wassers sich so gut wie nicht unterscheidet.

Die Werte $\kappa_{\text{reduz.}}$ bedeuten hier, wie in den folgenden Tabellen, Werte, die aus κ durch Multiplikation mit einem bestimmten Faktor hervorgehen. Dieser Faktor ist so gewählt, daß $\kappa_{\text{reduz.}}$ für die Wellenlänge $\lambda = 5016 \text{ \AA.}$ für alle beobachteten Lösungen den gleichen Betrag erhält, weil der Vergleich auf diese Weise sich leichter bewerkstelligt.



Nr. 18. Ursprüngliche Lösung.

Fig. 4.

Die durch Tab. 7 und Fig. 4 dargestellte Absorptionskurve der ursprünglichen Lösung weicht merklich von der theoretischen für sehr kleine kugelförmige Teilchen gültigen Kurve ab, insofern als die Lösung eine zu starke Absorption im Roten und eine zu schwache im Violetten zeigt.

Da der Verdacht nahe liegt, daß die Ursache dieser Differenz darin zu suchen sein könnte, daß sich in der Lösung größere Teilchen befinden oder Teilchen, die sich nach Art von Perlenketten aneinandergereiht haben, so zentrifugierte ich die Lösung Nr. 18 6 Stunden lang.¹⁾

Schon mit bloßem Auge konstatiert man leicht, daß die zentrifugierte orangefarbige Lösung Nr. 12 sich merklich von

1) Das hat mit Erfolg bei Goldlösungen bereits Frl. Robitschek getan; siehe A. Lampa, Wien. Ber. 119. II A. Nov. 1910.

der ursprünglichen roten Lösung Nr. 18 sowie von dem Sediment unterscheidet, das sich in Wasser zu einer blau-roten Lösung Nr. 13 auflöst.

Die Absorptionsmessungen gaben die folgenden quantitativen Resultate.

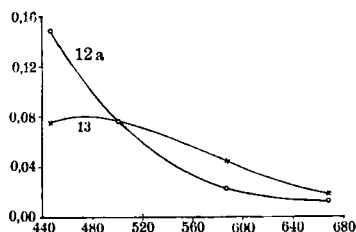
Tabelle 8.

Nr. 12 a. Zentrifugierte Lösung, aufs 8 fache verdünnt. $l = 12$ cm.

λ	$x = x_{\text{reduz.}}$
6678	0,01235
5876	0,02247
5016	0,07561
4471	0,1480

Nr. 13. Sediment, in Wasser gelöst. Fig. 5.

λ	x	$x_{\text{reduz.}}$
6678	0,1462	0,01797
5876	0,3584	0,04404
5016	0,6154	0,07561
4471	0,6132	0,07534



Nr. 12 a Zentrifugierte Lösung.
Nr. 13 Sediment.

Fig. 5.

Der Versuch, sich der theoretischen Kurve für kugelförmige Amikronen durch erneutes Zentrifugieren der Lösung Nr. 12 weiter zu nähern, mißglückte, wie man aus folgender Tabelle sieht.

Tabelle 9.

Nr. 14. Zum zweiten Mal zentrifugierte Lösung Nr. 12.

λ	x	$x_{\text{reduz.}}$
6678	0,01801	0,01452
5876	0,02548	0,02844
5016	0,06773	0,07561
4471	0,1283	0,1432

Die Absorption im Ultravioletten hat ein wenig abgenommen, anstatt, wie ich vermutet hatte, zu wachsen.

Deshalb schien es notwendig, zu einer anderen Methode überzugehen, um Lösungen mit äußerst kleinen Teilchen zu erhalten, zur Ultrafiltration. Hierbei schloß ich mich an das Verfahren von Bechhold¹⁾ an, das in einigen Einzelheiten geändert wurde.

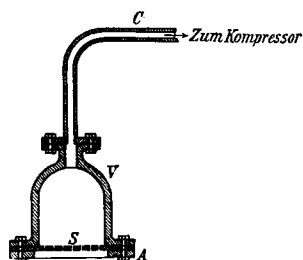


Fig. 6.

An das Rohr *C* (Fig. 6), das mit einem Hochdruckkompressor unter Zwischenschaltung eines Reduktionsventils verbunden war, wurde das innen gut vernickelte Bronzegefäß *V* angeschraubt. Den Boden dieses Gefäßes bildete ein auf Filterpapier gelegtes Kollodiumfilter, unter welchem sich das Sieb *S* befand, das aus einer kreisrunden, mit feinen Löchern versehenen Nickelscheibe bestand, die mittels Bronzeringes *A* an das Gefäß *V* gepreßt und durch Flügel-schrauben gehalten wurde.

Des Herstellungsverfahrens der Ultrafilter war das folgende: 12,5 g Schießbaumwolle wurden in absolutem Alkohol getränkt und dann soviel Äther zugesetzt, daß das Ganze 500 cm³ betrug. Darauf wurde 1 Volumproz. Eisessig hinzugefügt.

Diese Flüssigkeit wurde auf eine Glasplatte gegossen, so daß sich durch Verdampfen des Äthers eine Eisessig-Kollodiumhaut bildete.

Die Silberlösung, die unter 2—3 Atmosphären Druck durch dieses Ultrafilter gepreßt wurde, war rein gelb, das seitlich ausgestrahlte Licht (Tyndall-Phänomen) war blau, mit Spuren von Grün vermischt.

Tabelle 10.

Nr. 15. Ultrafiltrierte und verdünnte Lösung. $l = 12$ cm.

λ	α	$\alpha_{\text{reduz.}}$
6678	0,006867	0,01241
5876	0,006561	0,01186
5016	0,04183	0,07561
4471	0,1076	0,1946

1) H. Bechhold, Zeitschr. f. phys. Chem. 60. p. 257. 1907.

Tabelle 10 (Fortsetzung).

Nr. 16. Ultrafiltrierte und verdünnte Lösung. $l = 12$ cm.

λ	x	$x_{\text{reduz.}}$
6678	0,004619	0,009612
5876	0,008716	0,01813
5016	0,03634	0,07561
4471	0,1135	0,2361

Nr. 19. Ultrafiltrierte und verdünnte Lösung. $l = 5$ cm.

λ	x	$x_{\text{reduz.}}$
6678	0,003758	0,005017
5876	0,003274	0,004371
5016	0,05663	0,07561
4471	0,1667	0,2226

Die Absorptionsmessungen, an drei verschiedenen auf diese Weise hergestellten Proben ergaben die Resultate der Tab. 10, Nr. 15, 16 u. 19.

Fig. 7 zeigt, wie die ursprüngliche Lösung sich durch die verschiedenen Behandlungsweisen geändert hat, und daß

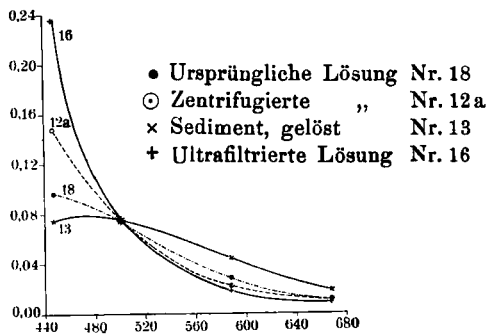
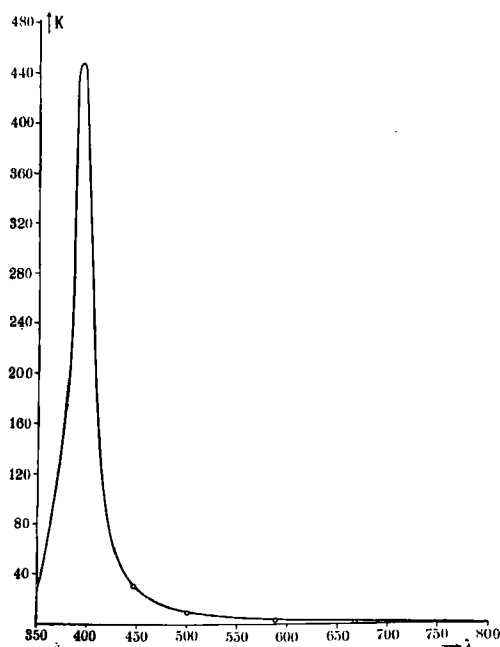


Fig. 7.

die Ultrafiltration bedeutend wirksamer als das Zentrifugieren war.

Zeichnet man die beobachteten Punkte der besten Lösung Nr. 16 in das Diagramm ein, welches die theoretische Absorptionskurve für kugelförmige Amikronen darstellt, indem man den Maßstab passend verändert, so erhält man eine befriedigende Übereinstimmung (Fig. 8).



© Lösung Nr. 16

Fig. 8.

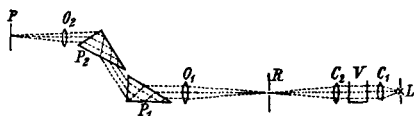
§ 5. *Die Absorption im Ultravioletten.* Der einzige Übelstand der bisherigen Methode ist der, daß man mit dem Spektralphotometer nicht weiter ins Ultraviolette kommen kann, weil die geringe Lichtintensität für Wellen, die kürzer als $445 \mu\mu$ sind, keine Beobachtung mehr zuläßt.

Da aber der Teil der Kurve zwischen 350 und $450 \mu\mu$ für sehr kleine kugelförmige Teilchen sehr charakteristisch ist, hielt ich den Nachweis des Absorptionsmaximums bei $394 \mu\mu$ für eine wichtige Stütze der Annahme der Kugelform.

Deshalb habe ich die Existenz und die Lage des Absorptionsmaximums im Ultravioletten mittels einer photographischen Methode festgestellt.

Als Lichtquelle diente der kondensierte Funke einer Flaschenentladung; die Leydener Flaschen waren an die Sekundärpole eines Induktors geschaltet, in dessen Primärkreis ein Turbinenunterbrecher lag. Die eine Elektrode bestand aus Eisen, die andere aus Kadmium, so daß der Funken reich an ultraviolettem Licht war.

Dieser wurde mittels eines Quarzkondensors auf den Spalt eines Zeiss'schen Quarz-Flußspatspektroskops abgebildet. Zwischen die beiden Linsen des Kondensors konnte man eine Quarzküvette von 2 cm Länge mit der Silberlösung legen.



L Lichtquelle; C_1 und C_2 Linsen des Kondensors V Küvette; R und O_1 Spalt und Objektiv des Kollimators; P_1 und P_2 Quarzprismen; O_2 Objektiv des Fernrohrs; P photographische Platte.

Fig. 9.

Die Versuchsanordnung und der Strahlengang gehen aus Fig. 9 hervor und bedürfen keiner weiteren Erklärung.

Auf derselben photographischen Platte wurden 12 Spektrogramme unter einander aufgenommen (siehe Fig. 10).

Das Spektrogramm Nr. 1 ist das einer Heliumröhre, um die Linien leichter identifizieren zu können. Die Spektren Nr. 2, 4, 6, 8, 10, 12 sind mit dem Eisen-Kadmiumfunken erzeugt bei konstanter Expositionsdauer von 6 Sekunden, während sich in der Küvette Wasser befand. Bei der Exposition der Spektren Nr. 3, 5, 7, 9, 11 war in der Küvette die ultrafiltrierte Lösung Nr. 16, die im Vakuum bei Zimmertemperatur eingengt war, um eine größere Konzentration der Silberteilchen zu erzielen.

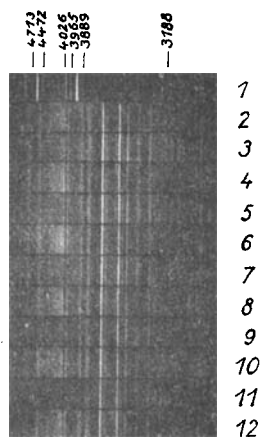


Fig. 10.

Die folgende Tab. 11 gibt alle Details betreffs der Spektrogramme an.

Man sieht ohne weiteres aus der Reproduktion, daß die Lösung ein Absorptionsgebiet besitzt, und indem man die Linien suchte, die zu beiden Seiten des Absorptionsmaximums die gleiche Schwärzung wie das Nachbarspektrogramm aufweisen, konnte man die Lage dieses Absorptionsmaximums ungefähr bei $412 \mu\mu$ feststellen.

Tabelle 11.

Spektrum Nr.	Die Küvette enthält	Expositionsdauer in Sek.	Lichtquelle
1	nichts	—	He
2	Wasser	6	Fe und Cd
3	Lösung	24	„
4	Wasser	6	„
5	Lösung	20	„
6	Wasser	6	„
7	Lösung	15	„
8	Wasser	6	„
9	Lösung	10	„
10	Wasser	6	„
11	Lösung	8	„
12	Wasser	6	„

Diese Bestimmung wurde natürlich am Negativ ausgeführt, auf dem alle Einzelheiten weit besser sichtbar waren.

Obwohl das so beobachtete Maximum ($\lambda = 412 \mu\mu$) nicht genau mit dem theoretisch berechneten ($\lambda = 394 \mu\mu$) zusammenfällt, kann man doch schließen, daß *sehr kleine kolloidale Silberteilchen wenigstens genähert Kugelform haben.*

Die kleine Abweichung in der Lage des Absorptionsmaximums erklärt sich nämlich ungezwungen aus der Gegenwart einiger weniger Teilchen von größerem Durchmesser, denn mit wachsendem Kugelradius verschiebt sich sofort, wie Tab. 6 zeigt, das Absorptionsmaximum mehr nach der Seite größerer Wellenlängen.

Zusammenfassung: Die Bestimmung der Absorptionskurve kolloidaler Silberlösungen ist ebenso wie bei Goldlösungen ein sehr empfindliches Mittel, um die Teilchenform festzustellen. Es ergibt sich, wie früher bei Gold, daß die Silberamikronen mit großer Näherung Kugelform haben. Die Vermutung Siedentopfs und Zsigmondys, die Partikeln hätten die Gestalt von Scheiben oder Blättchen, ist keineswegs zutreffend.

La Plata, Instituto de Física, 1. Januar 1915.

(Eingegangen 5. Februar 1915).