9. *Untersuchungen über Russ*¹⁾; von J. Stark.

1. *Die Luftadsorption des Russes.* — Die nachstehenden Untersuchungen wurden an Gasruss ausgeführt. Dieser enthält nach meiner Ansicht am wenigsten unverbrannte oder nur theilweise reducirte Kohlenstoffverbindungen.

In der Form, in der sich Russ niederschlägt, soll er poröser heissen. Für den Zustand dagegen, welchen der Russ im einzelnen, einheitlich gedachten Theilchen besitzt, den also eine poröse Russschicht durch continuirliche Aneinanderlagerung ihrer Theilchen annehmen würde, will ich die Bezeichnung compact gebrauchen.

Als ich an die Bestimmung des specifischen Gewichtes des porösen Russes ging, beobachtete ich bald eine starke Adsorption von Luft durch Russ. Ich constatirte zunächst, dass die Adsorptionsfähigkeit des Russes mit steigender Temperatur rasch abnimmt. Erhitzt man eine etwa auf Glas liegende Russschicht über der nichtleuchtenden Gasflamme und legt sie dann schnell auf die eine Schale einer sehr empfindlichen, kurzarmigen Waage, so macht man, falls die andere Schale gerade bis zur Herstellung des Gleichgewichtes belastet ist, die Beobachtung, dass für einige Secunden Gleichgewicht statt hat, die Zunge also ein- bis zweimal gleiche entgegengesetzte Ausschläge um die Nulllage ausführt, dass aber dann das Gewicht des Russes anfänglich rasch, später immer langsamer zunimmt. Diese Beobachtung macht wahrscheinlich, dass der Russ bei einer Temperatur, die nicht viel kleiner ist als diejenige der Gasflamme, beinahe alle adsorbirte Luft abgestossen hat, dagegen mit sinkender Temperatur rasch Luft an seiner Oberfläche verdichtet. Es giebt darum jene Beobachtung zugleich eine Methode an die Hand, die Luftadsorption an Russ quantitativ zu untersuchen. Diese Methode liefert allerdings nur mehr oder weniger gute Näherungswerthe. Doch reicht

1) Die vorliegende und nachfolgende Abhandlung stellen einen Auszug aus des Verfassers Inauguraldissertation dar.

deren Genauigkeit zur Correction der Wägungen von Russmengen aus.

Ich bestimmte mittels einer feinen kurzarmigen Waage das Gewicht einer gewissen Russmenge, wenn sie erhitzt und erkaltet war. Die Differenz der beiden Gewichte gab das Gewicht der adsorbirten Luft. Aus einer Reihe von Messungen fand ich, dass poröser Russ 13,4 Proc. seines Gewichtes adsorbirte Luft enthält. Diese Angabe gilt aber nur für frisch hergestellten Russ. Beim Liegen an freier Luft erfährt nämlich Russ, hauptsächlich infolge von Wasserdampfadsorption, eine progressive Gewichtszunahme.

Aus der Zahl 13,4 lässt sich das Normalvolumen der adsorbirten Luft nicht berechnen, da das Verhältniss der Gewichtsmengen unbekannt ist, mit denen vor allem die zwei hauptsächlichsten Bestandtheile der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, an der Adsorption Antheil haben. Es ist nämlich sehr wahrscheinlich, dass das Adsorptionsvermögen des Russes für Stickstoff und Sauerstoff verschieden gross ist, dass also die adsorbirte Luft eine andere Zusammensetzung hat als die atmosphärische.

2. *Das specifische Gewicht des compacten Russes.* — Behufs Bestimmung des specifischen Gewichtes des compacten Russes wandte ich die übliche pyknometrische Methode an. Ich brachte den Russ in Terpentinöl, dessen specifisches Gewicht ich wiederholt bestimmte; die Luft entfernte ich unter der Luftpumpe, in einigen Fällen suchte ich sie noch dazu durch Erhitzen bis zum Siedepunkt des Terpentinöls auszutreiben, ohne ein wesentlich anderes Resultat zu erzielen. Die Wägungen wurden bei 18° C. ausgeführt. Die angewandten Russmengen variirten zwischen 2 und 15 g. Bei den Berechnungen wurde natürlich stets die Luftadsorption berücksichtigt. Aus einer Reihe von Bestimmungen ergab sich im Mittel das specifische Gewicht des compacten Russes zu 2,1. Das von Graphit wechselt, wie ich vergleichsweise anführe, zwischen 2,09 und 2,24.

3. *Das specifische Gewicht des porösen Russes.* — Zum Zwecke der Ermittlung des Volumens einer abgewogenen Russmenge benutzte ich die Thatsache, dass eine Russschicht unter sehr grossem Einfallswinkel betrachtet, spiegelt, und verfuhr so:

Auf zwei gegenüberliegenden Seiten einer rechteckigen, planparallelen Nickelplatte liess ich zwei ebenfalls planparallele, polirte Leisten aus demselben Material, die beide ungefähr 1 mm dick waren, aufnieten, sodass zwischen ihnen eine Vertiefung von der Form eines Parallelepipedes sich ergab. Der zur Längsrichtung der Leisten senkrechte Querschnitt der Platte hatte also die in der nachstehenden Figur dargestellte Form. Die Fläche der Platte zwischen den zwei Leisten berussste ich möglichst gleichmässig, wobei ich von Zeit zu Zeit den Russ, der sich auf den Leisten ablagerte, sorgfältig abwischte. Die Berussung setzte ich entsprechend solange fort, bis das Bild einer kleinen schmalen Flamme bei grosser Incidenz ohne bedeutende Verzerrung sich zeigte, und bis ich es von der Russschicht auf die Leisten wandern lassen konnte, ohne dass es beim Uebergang von der einen zur anderen Fläche eine merkliche Deformation erlitt. Auf diese Weise erreichte ich zweierlei. Erstens konnte ich controlliren, ob die Russschicht überall ungefähr die gleiche Dicke besass, zweitens gab die mikrometrische Messung der Dicke der Leisten diejenige

der Russschicht an. Aus dieser

Fig. 1.

und der Ausdehnung der berusssten Fläche liess sich das Volumen des Russes berechnen. Die Wägungen erfolgten immer ungefähr eine halbe Stunde nach der Abkühlung des Russes.

Nach der angegebenen Methode führte ich mehrere, nur wenig voneinander abweichende Bestimmungen des specifischen Gewichtes von porösem Russ aus. Ich erhielt dies ohne Berücksichtigung der Luftadsorption im Mittel zu 0,055; die gleiche Zahl fand auch Rosický.¹⁾ Wird die Luftadsorption in Rechnung gezogen, dann ist das specifische Gewicht des porösen Russes nach meinen Messungen 0,048.

4. *Ueber die Structur des porösen Russes.* — Während für compacten Russ das specifische Gewicht 2,1 ist, hat es für porösen den Werth 0,048. Die auffallende Differenz der bei-

1) Rosický, Ueber die optischen Eigenschaften des Russes. Wiener Ber. 78. II. p. 407. 1878. Auf diese Abhandlung wird im Folgenden jede Nennung des Namens Rosický Bezug haben.

den Zahlen gab mir zu nachstehender Betrachtung über die Structur des Russes Anlass.

Gemäss dem Verhältniss 43,75 der beiden specifischen Gewichte sind vom Volumen des porösen Russes durchschnittlich nur 2,28 Proc. von Russsubstanz ausgefüllt, dagegen 97,72 Proc. von Luft. Die Vertheilung der Russsubstanz im porösen Russ ist also eine auffallend spärliche, ihre Concentration, wenn ich so sagen darf, eine ungemein geringe. Während man gewöhnt ist anzunehmen, die an Menge überwiegende Substanz in einer porösen Russschicht sei Russ, hat man diese nach dem vorhergehenden als eine Luftschicht zu betrachten, die durch Russ nur getrübt ist.

Die Vertheilung der Russsubstanz im porösen Russ ist nicht nur eine sehr spärliche, sondern auch eine ungemein feine. Der mittlere Durchmesser der Russtheilchen ist nämlich nach einer weiter unten mitgetheilten Bestimmung 0,000 262 mm. Da nun 1 ccm porösen Russes ohne adsorbierte Luft 0,048 g wiegt und das specifische Gewicht der Russsubstanz 2,1 ist, so lässt sich aus diesen drei Angaben die Zahl der in 1 ccm porösen Russes enthaltenen Russtheilchen leicht berechnen. Unter Annahme einer Würfelgestalt der Russtheilchen findet man, dass in 1 ccm porösen Russes ungefähr 1 Billion und 270 900 Millionen kleiner discreter Russkörperchen vertheilt sind. Bei Annahme von Kugelgestalt beträgt die Zahl 1 Billion 307 500 Millionen.

Dadurch, dass die Abstände der in der angegebenen Weise fein vertheilten Russkörperchen durch irgend welche äussere Einflüsse verkleinert werden, nimmt jene Zahl schnell zu, wächst also auch das specifische Gewicht und nähert sich der Grösse 2,1. Unter solchen äusseren Einflüssen ist vor allem der Niederschlag irgend einer Flüssigkeit in Russ zu nennen. Es spielt sich in diesem Fall folgender Vorgang ab. Es bilden sich, z. B. beim Behauchen, um die Russtheilchen mehr oder weniger dicke Wasserhäute, sodass man sehr kleine Wassertröpfchen mit Russkernen erhält; benachbarte Tröpfchen, die sich sonst berühren würden, fliessen dann zu Tropfen zusammen, deren Kern das Aggregat der sie tragenden Russtheilchen ist. Es ist leicht sich über die Structur des verdichteten Russes Rechenschaft zu geben. Ueber die Lagerung

der Russtheilchen im porösen Russ bildete ich mir folgende Vorstellung. Die ersten Russtheilchen, die sich auf der Substratplatte ansetzen, vertheilen sich nicht gleichmässig, sondern in Form eines Netzes, dessen Maschen aneinander gereihete Russtheilchen sind. Die nachfolgenden Russtheilchen werden nach den bereits aufgelagerten, weil diese ihnen entgegenragen, hingezogen und setzen sich auf sie ab. Das Gleiche ist mit den weiteren der Fall. Demgemäss bauen sich über den Russmaschen des oben genannten Netzes Russmauern auf, welche mit Luft erfüllte Hohlräume einschliessen. Diese Russzellen überwölben sich früher oder später mit Russ, und auf ihnen bilden sich wieder neue etc. Nach meiner Ansicht besteht also der poröse Russ aus unzählig vielen kleinen lufterfüllten Hohlräumen, deren Wände sehr locker aus Russtheilchen gefügt sind, und deren Volumen bedeutend grösser ist, als dasjenige der Wände.

5. *Regelmässige Reflexion an einer rauhen Russfläche.* -- Betrachtet man eine berusste Platte unter sehr grossem Einfallswinkel, so findet man, dass die Russfläche fast vollkommen spiegelt, z. B. von einer Kerzenflamme in scharfen Umrissen ein ungefärbtes Bild entwirft. Lässt man den Einfallswinkel kleiner werden, so färbt sich die Flamme erst gelblich, dann röthlich und verschwindet schliesslich ganz. Diese Erscheinung wurde schon von Rood¹⁾, v. Lommel²⁾ und Rosický beobachtet. Sie tritt in gleicher Weise auch an mattgeschliffenen Glasplatten auf, überhaupt an Flächen, die zwar im ganzen eben sind, aber infolge kleiner Rauheiten als matt sich darbieten. Fresnel³⁾ gab zuerst eine Erklärung jener merkwürdigen Erscheinung. Der Grund dafür, dass eine matte Fläche bei geringem Einfallswinkel nicht spiegelt, liegt nach ihm in der Interferenz der Strahlen, welche von den Erhöhungen und Vertiefungen einer solchen Fläche reflectirt werden. Ist h der verticale Abstand des Gipfels einer Erhöhung von der Sohle einer Vertiefung, i der Einfallswinkel, λ die Wellenlänge, so ist der Wegunterschied zweier paralleler, am Gipfel bez. an der Sohle reflectirter Strahlen gleich $\rho \lambda = 2h \cos i$. Wenn h verhältnissmässig klein ist, dann wird,

1) O. N. Rood, Pogg. Ann. **134** (14). p. 333. 1868.

2) v. Lommel, Carl Rep. **16**. p. 455. 1880.

3) Fresnel, Oeuvr. compl. **1**. p. 220, 225.

solange i klein ist, der Wegunterschied bedeutend, ρ eine ganze Zahl sein. Wenn aber i wächst, dann wird ρ immer kleiner und schliesslich gleich einem kleinen echten Bruch zu nehmen sein. Dann vermag die Rauigkeit der Fläche die Reflexion nicht mehr wesentlich zu stören; es tritt regelmässige Reflexion ein. Der Winkel, für den das zuerst statt hat, soll Grenzwinkel der regelmässigen Reflexion heissen. Da λ für Roth und Gelb grösser ist als für die übrigen sichtbaren Farben, so tritt für sie die regelmässige Reflexion früher ein; deshalb nimmt beim Uebergang von der diffusen zur regelmässigen Reflexion das reflectirte Bild einer weissen Fläche röthliche Färbung an.

O. N. Rood (l. c.) bestimmte experimentell ρ zu $\frac{10}{26}$. In meiner Dissertation ist aber auseinandergesetzt, dass diese Bestimmung kein Vertrauen verdient, und in dem gegebenen Fall besser $\rho = \frac{1}{4}$ zu nehmen ist.

Zur Bestimmung des Grenzwinkels der regelmässigen Reflexion benutzte ich eine frisch hergestellte Russfläche auf Glas und ermittelte ihn für verschiedene Stellen derselben. Ich fand ihn im Mittel zu $71^\circ 45'$.

Wenn für λ die Wellenlänge der C-Linie, also 0,000 656 genommen wird, so ergibt der gefundene Werth des Grenzwinkels gemäss der Formel $\rho \lambda = 2h \cos i$ die mittlere Höhe h der Erhebungen über das Niveau der Russfläche, und zwar für $\rho = \frac{10}{26}$ die Grösse 0,000 394, für $\rho = \frac{1}{4}$ den Werth 0,000 262 mm.

Allerdings ist es eigentlich nicht zulässig, die so gefundene Höhe der Erhebungen mit dem mittleren Durchmesser der wie kleine Kryställchen individuell gedachten Russtheilchen zu identificiren. Wenn nämlich diese Erhebungen einzelne Russtheilchen sind, dann wird der wirkliche Durchmesser grösser sein; wenn sie aber, wie nach meiner Studie über die Structur des Russes wahrscheinlich ist, selbst ein Aggregat von in sich einheitlichen Russtheilchen sind, dann ist der wirkliche Durchmesser noch kleiner als 0,000 262 mm.

Der mitgetheilte Werth des Grenzwinkels der regelmässigen Reflexion an Russ gilt nur für eine frisch hergestellte Russfläche. Lässt man eine solche aber mehrere Tage in der feuchten Zimmerluft liegen oder behaucht sie schwach, so wird

der Grenzwinkel ein anderer und zwar wird er kleiner. Infolge der Condensation von Wasserdampf bilden sich nämlich um die einzelnen Russtheilchen Tröpfchen; durch deren Zusammenfließen wird die Oberfläche gleichsam nivellirt, ihre Rauhigkeit wird vermindert, sodass schon bei kleinerer Incidenz regelmässige Reflexion eintritt.

6. *Die elliptische Polarisation an Russ.* — Da die natürlichen Russflächen, welche man durch Berussung einer Platte erhält, wegen ihrer Rauhigkeit und Unebenheit sich zur Untersuchung der Reflexion des Lichtes nicht eignen, so bestrebte ich mich, künstliche Russflächen mit guter Politur herzustellen. Unter den Methoden, die ich zu diesem Zweck anwendete, ist folgende die beste. Man ritzt eine möglichst ebene Metallplatte nach allen möglichen Richtungen und entfernt dann sorgfältig die aufgeworfenen Ränder der eingeritzten Furchen, berusst darauf mässig, aber möglichst gleichförmig die Platte und lässt dann abkühlen. Hierauf legt man sanft auf die Russschicht eine möglichst gut polirte Metallplatte (Silberplatte), die keinen Ritz haben darf und frisch gereinigt sein muss; drückt sie mit der Hand fest auf die andere Platte und schiebt sie gleichzeitig auf dieser um 1—2 mm fort. Man nimmt dann die Polirplatte vorsichtig ab und wiederholt nach jedesmaliger Reinigung der Platte ein- bis zweimal das Aufdrücken und Verschieben.

Die auf diese Weise erhaltenen Russspiegel zeigen zwar innerhalb kleiner Felder gute Politur, aber ich konnte keine in dieser Beziehung entsprechende Fläche von einer Ausdehnung gewinnen, welche eine einwandfreie Untersuchung des Reflexionsvermögens gestattet hätte. Doch erlaubten sie mir eine andere, interessantere Untersuchung.

Rosický „konnte keine Spur einer elliptischen Polarisation an Russ auffinden“. Das darf man ihm glauben. Er suchte sie nämlich an den gewöhnlichen Russflächen, musste diese aber, um überhaupt regelmässig reflectirtes Licht zu erhalten unter Einfallswinkeln grösser als 72° betrachten. Für solche Einfallswinkel hat sich aber das Phänomen der elliptischen Polarisation eben fast schon vollständig abgespielt.

Da die Untersuchung der elliptischen Polarisation keine grossen reflectirenden Flächen voraussetzt und da die Politur

meiner Russspiegel auf Partien bis zur Grösse von 2 qcm relativ eine gute war, so war mir jene Untersuchung ermöglicht.

Ehe ich an diese ging, suchte ich festzustellen, ob für meine Russspiegel nicht ein Polarisationswinkel besteht. Ich fand, dass in der That ein Polarisationsmaximum auftritt und zwar ausgeprägter als bei einer Metallfläche, dass aber bei keinem Einfallswinkel die Polarisation eine vollständige ist. Die Intensität des in der Einfallsebene schwingenden Lichtes nimmt nämlich von senkrechter Incidenz an bis zu einem bestimmten Winkel, für den sie ein Minimum hat, ab, und von da an wieder zu bis zu streifender Incidenz. Das Intensitätsminimum ist ziemlich verflacht und daher ist der zugehörige Einfallswinkel schwer genau festzustellen. Aus einer langen Reihe von Messungen fand ich ihn im Durchschnitt zu 61° .

Die Ueberlegung, dass bei einem Stoff starke Absorption in hervorragender Weise von elliptischer Polarisation begleitet zu sein pflegt, lässt letztere bei Russ erwarten; die obige Untersuchung über den Polarisationswinkel kündigt sie an. In der That tritt sie, wie ich durch meine Messungen fand, bei der Reflexion an Russ ausgeprägt auf.

Zu meinen dahinzielenden Untersuchungen benutzte ich meine Russspiegel und in der üblichen Weise den Babinet'schen Compensator. Da ich beobachtete, dass der schmale dunkle Centralstreifen auch bei Anwendung von weissem Licht fast bei jedem Einfallswinkel in scharfer Ausbildung auftrat, so benutzte ich zu meinen Messungen zumeist solches Licht, indem ich immer auf den dunklen Centralstreifen einstellte.

Ich theile zunächst eine Tabelle über die elliptische Polarisation an Russ mit. Die erste Columne giebt die Einfallswinkel, die nebenstehenden enthalten die dazu gehörigen Phasendifferenzen gemessen in $\lambda/2$. Die Zahlen der Columne I. und II. sind das Mittel aus je 4—6 Messungen; interpolirt ist bei ihnen wenig. Die Columne IV. ist nach einer idealisirten Curve zusammengestellt, die ich auf Grund von vier Messungsreihen construirte. Die Columne III. ist das Mittel aus zwei der Variation der Einfallswinkel nach entgegengesetzten Messungsreihen. Jede Columne bezieht sich auf einen anderen Russspiegel.

Einfallswinkel	Phasendifferenz δ gemessen in $\lambda/2$			
	I.	II.	III.	IV.
31° 0'		0,04		
32	0,07			
34			0,07	
35		0,07		
36	0,12		0,09	
42				
43	0,18			
44				0,1
45		0,13		
46	0,2		0,13	
48 30				0,15
50	0,25	0,2	0,18	
52				
53				0,2
54	0,33	0,23		
55°			0,23	0,25
56	0,37	0,32		
56 30'				0,3
58	0,45	0,39	0,34	0,35
59 20	0,5			0,4
60	0,56	0,44	0,42	0,45
61	0,6			0,5
62	0,64	0,51		
62 30			0,5	0,55
63 35				0,6
64	0,67	0,58	0,57	
65				0,65
66	0,76	0,67	0,69	
66 30				0,7
68		0,71	0,76	0,75
70	0,82			
71				0,8
73		0,81	0,84	
75	0,87			0,85
77		0,09	0,89	
79	0,91			
80				0,95
82			0,96	
83	0,96			

Die vorstehenden Angaben lassen ersehen, dass die von mir hergestellten Russspiegel das Licht bei der Reflexion stark elliptisch polarisiren. Doch verhalten sich verschiedene Russspiegel in dieser Beziehung nicht vollständig gleich. Die zu gleichen Einfallswinkeln gehörigen Phasendifferenzen sind nämlich um kleine Beträge verschieden; so weichen auch die Haupteinfallswinkel bis zu 3° voneinander ab. Der Grund hiervon liegt wohl hauptsächlich in der vermuthlichen Variation des Mengenverhältnisses der chemisch verschiedenen Substanzen, die im Russ vertreten sind. Dem Haupteinfallswinkel 62° , der, wie es scheint, am häufigsten vorkommt, entspricht der Brechungsindex 1,88.

Wegen jener Unsicherheit in den Phasendifferenzen hat es keinen Werth, diese etwa bis auf die dritte Decimale genau zu bestimmen und wegen der zu diesem Zweck unvollkommenen Oberflächenbeschaffenheit der Russspiegel ist das auch gar nicht möglich. Aus diesem Grund können meine Beobachtungen nicht mit den Formeln von Cauchy über elliptische Polarisation bei der Reflexion verglichen werden. Eine Anwendung dieser Formeln in dem gegebenen Fall scheint mir wegen der Inhomogenität der Substanz der Russspiegel überhaupt nicht berechtigt.

Die Bedeutung meiner Beobachtungen liegt nicht darin, dass sie einen experimentellen Beitrag zur Prüfung einer Theorie der elliptischen Polarisation liefern. Aber deswegen mögen sie vielleicht Interesse bieten, weil sie mit einem merkwürdigen Fall elliptischer Polarisation bekannt machen und weil die Stellung desselben in der Reihe der übrigen untersuchten Fälle eine eigenthümliche ist. Die elliptische Polarisation an meinen Russspiegeln ist nämlich ebenso nahe zu derjenigen an durchsichtigen Substanzen verwandt wie zu derjenigen an Metallen. Die in dieser Hinsicht in Betracht kommenden Verhältnisse lassen sich am besten an den Curven der durch Polarisation entstehenden Phasendifferenzen für entsprechende Substanzen übersehen. Ich gebe daher mehrere solche Curven bei. Die Einfallswinkel sind als Abscissen aufgetragen, die entsprechenden Phasendifferenzen als Ordinaten. Die *Curven A* und *B* beziehen sich auf meine Russspiegel und stellen die Columnen III. bez. IV. dar. Die nach einer Messungsreihe von

Jamin¹⁾ construierte Curve *C* bildet den Verlauf der elliptischen Polarisation an gewöhnlichem Glas ($n=1,487$) ab, *D* gilt ebenfalls nach Jamin für den Diamanten ($n=2,424$), *E* bezieht sich nach Quincke's²⁾ Messungen auf Silber, *D* nach Jamin³⁾ auf Zink.

Die Curven *C* und *D* zeigen typisch den Verlauf der elliptischen Polarisation an durchsichtigen Substanzen. Ueber diese lehren sie folgendes. Die elliptische Polarisation beschränkt sich auf ein kleines Gebiet der Incidenz, in dessen Mitte der

Haupteinfallswinkel liegt. Die Zunahme der Phasendifferenz ist am grössten in unmittelbarer Nähe dieses Winkels, ist zuvor und darnach kleiner; die Curve der Phasendifferenzen hat also für jenen Winkel einen Wendepunkt und steigt an dieser Stelle sehr steil an.

Die Curve *E* und *F* lassen folgendes ersehen. Die ellip-

1) Jamin, Ann. de chim. et de phys. (3) **29**. p. 299—297. 1850.

2) Quincke, Pogg. Ann. (8) **128**. p. 549. 1866.

3) Jamin, Ann. de chim. et de phys. (3) **19**. p. 296.

tische Polarisation an den Metallen ist im ganzen Incidenzgebiet eine bedeutende; die Zunahme der Phasendifferenzen wächst beständig; deren Curve ist also nach oben concav und hat keinen Wendepunkt.

Die Curve der Phasendifferenzen für meine Russspiegel hat von jeder der zwei besprochenen Arten eine Eigenschaft. Wie E und F überspannt sie in bedeutender Erhebung das ganze Incidenzgebiet, wie C und D besitzt sie einen Wendepunkt. Dieser ist wegen der ersten Eigenschaft nicht so scharf ausgeprägt wie bei C und D .

Die von mir hergestellten Russspiegel nehmen also bezüglich der elliptischen Polarisation zwischen den Substanzen, welche diese Erscheinung stark ausgeprägt, und denen, die sie nur schwach zeigen, oder zwischen den durchsichtigen und stark absorbirenden eine überleitende Mittelstellung ein.

7. *Die Extinction des Lichtes in Russ.* — Mit der Absorption des Russes haben sich meines Wissens bisher nur Rosický und Knut Ångström¹⁾ beschäftigt. Der letztere untersuchte bolometrisch die Diffusion von Wärme verschiedener Wellenlängen in Russ. Rosický stellte einige photometrische Messungen über die Lichtabsorption in diesem Körper an. Er bestimmte mittels des Talbot'schen Principes der rotirenden Scheiben nach der Formel $i = J e^{-\kappa d}$ den Auslöschungscoefficienten κ des Russes für Roth, Grün und Blau.

Zu meinen Untersuchungen über die Auslöschungscoefficienten des Russes benutzte ich das Glan'sche Spectrophotometer.²⁾ Bei meinen Messungen theilte ich das Spectrum in sechs Bezirke, meinen Berechnungen legte ich die mittlere Wellenlänge der einzelnen Bezirke zu Grunde. Die Dicke der Russschichten bestimmte ich durch Wägung.

Ich berechnete zunächst wie Rosický die Auslöschungscoefficienten des Russes für verschiedene Farben nach dem Absorptionsgesetz $i = J e^{-\kappa d}$. Ich lasse eine leicht verständliche Tabelle so berechneter Constanten folgen. Die Wellenlängen sind in ihr wie auch später in 0,0001 mm angegeben.

1) Knut Ångström, Wied. Ann. **36**. p. 715. 1889.

2) P. Glan, Wied. Ann. **1**. p. 351. 1877.

Tabelle I.

Dicke d	dunkel- roth λ_1 7,03	hellroth λ_2 6,338	gelb λ_3 5,765	hellgrün λ_4 5,269	dunkel- grün λ_5 3,968	blau λ_6 4,588
0,01	323	328	335	366	382	425
0,0107	311	315	327	359	379	426
0,0114	315	317	328	360	390	430
0,0116	304	306	326	352	379	428
0,0127	309	319	328	348	371	390
0,0154	314	329	342	368	375	424
0,0158	311	320	327	356	366	408
0,016	302	310	319	343	365	410
Mittel	311	315	329	356	376	415

Rosický fand für Roth $x = 315$, für Grün 355, für Blau 400.

Die obige Tabelle lässt unmittelbar ersehen: der Auslöschungscoefficient des Russes ist für alle Farben sehr gross, er variirt mit der Wellenlänge und zwar wächst er, wenn diese abnimmt.

Verkehrt wäre es, die oben mitgetheilten Auslöschungscoefficienten der Russsubstanz als solcher zueignen zu wollen. Denn erstens ist die in Rechnung gezogene Dicke d der Russschicht diejenige einer porösen, bezüglich der Russsubstanz discontinuirlichen, nicht einer compacten Schicht aus Russ. Und auch wenn den betreffenden Berechnungen die Höhen der den porösen Schichten entsprechenden compacten zu Grunde gelegt werden, ist es nicht gestattet, in den so gefundenen Auslöschungscoefficienten charakteristische Constanten der Russsubstanz zu sehen und sie für deren Absorptionscoefficienten zu nehmen. Die untersuchte Schwächung des Lichtes in Russ rührt nämlich, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch zweifellos zu einem grossen Theil von der Art des Aggregatzustandes, von der Discontinuität des porösen Russes her. Sie ist, im ganzen genommen, eine andere als die Absorption in Kupferhydroxyd-Ammoniak, in Kaliumdichromat oder in Magdalaroth. Es liegt im porösen Russ nach meiner Ansicht ein trübes Medium vor, was auch schon Ångström (l. c.) annahm. Das Medium ist nämlich in diesem Falle, wie ich

in meiner Studie über die Structur des Russes darlegte Luft; in dieser sind Theilchen eines fremden Körpers, die Russtheilchen, spärlich vertheilt, und deren mittlerer Durchmesser ist kleiner als die Wellenlänge der violetten Strahlen. Die trüben Medien, die bisher bekannt oder einer Untersuchung unterstellt wurden, sind zumeist Emulsionen von Lösungen in Flüssigkeiten (z. B. alkoholische Mastixlösung in Wasser); die optischen Eigenschaften der Substanz der trübenden Theilchen können bei ihnen vor der Auflösung untersucht werden. Im vorliegenden Fall ist ein Gas durch einen festen Körper von hohem Brechungsexponenten getrübt; die optischen Eigenschaften, vor allem die Absorption der Substanz des trübenden Körpers können nicht mit Sicherheit oder gar nicht aufgedeckt werden, weil dieser nicht in entsprechender makroskopischer Grösse im Aggregatzustand des einzelnen einheitlichen Theilchens hergestellt werden kann. Welche Absorption der Russ in dieser Form auf das Licht ausübt, ist unbekannt.

Für die Schwächung des Lichtes beim Durchgang durch ein trübes Medium haben Clausius¹⁾ und Rayleigh²⁾ Formeln aufgestellt, und zwar gilt nach Clausius $i = J e^{-(\kappa/\lambda^2) d}$, nach Rayleigh $i = J e^{-(\kappa/\lambda^4) d}$. Es liegt nahe, diese Formeln auf die Schwächung des Lichtes in porösem Russ an anzuwenden.

Für homogenes Licht ist in den obigen Formeln κ/λ^2 bez. κ/λ^4 eine Constante k . Für verschiedene Wellenlängen ist k eine Function von λ , nach Clausius gilt $k = \kappa/\lambda^2$, nach Rayleigh $k = \kappa/\lambda^4$. Nimmt man an, dass bezüglich der Lichtextinction in trüben Medien ein Gesetz von der Form $i = J e^{-(\kappa/\lambda^2) d}$ gilt, dann ist κ empirisch zu bestimmen und müsste für alle Arten trüber Medien den gleichen Werth haben. Sowohl nach der Clausius'schen und Rayleigh'schen wie nach der vorstehenden Formel ist κ constant für alle Wellenlängen. In der Tab. I sind für sechs verschiedene Wellenlängen die zugehörigen Werthe von k angegeben. Die nachstehende Tabelle II enthält die Werthe von κ , die sich auf Grund der obigen Formeln und meinen Messungen ergeben. In der

1) Clausius, Pogg. Ann. **72**. p. 294. 1847; **76**. p. 161 u. 188. 1849; **88**. p. 543. 1853.

2) Rayleigh, Phil. Mag. **41**. p. 107, 274, 447. 1871.

letzten Horizontalreihe ist bei jeder Zahl der Factor 10^{-13} , in der vorletzten der Factor 10^{-6} weggelassen. Die Grösse x ist für je zwei aufeinanderfolgende Farben berechnet. Von den so berechneten Werthen wurde dann das Mittel genommen und im Durchschnitt $x = 1$ gefunden.

Tabelle II.

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
k	311	315	329	356	376	415
$x = k \lambda$	218	200	190	189	187	190
$x = k \lambda^2$	154	127	109	99	93	87
$x = k \lambda^4$	760	640	363	274	229	184

Nach dieser Tabelle kann gar nicht die Rede davon sein, dass für den vorliegenden Fall die Theorien von Clausius oder von Rayleigh auch nur einigermaassen Geltung beanspruchen dürfen. Und doch ist beim Russ die Voraussetzung dieser Theorien erfüllt, dass nämlich der Durchmesser der trübenden Theilchen kleiner als die Wellenlänge sei.

Ängström kam in seiner bereits erwähnten Untersuchung ebenfalls zu dem Resultat, dass die Rayleigh'sche Formel für Russ nicht gilt.

(Eingegangen 9. August 1897.)