**5. Ueber die Vertheilung von freier Elektricität
an der Oberfläche einer Crookes'schen Röhre;
von Eduard Riecke.**

Die Entladungserscheinungen der Elektricität in verdünnten Gasen bergen trotz der vielen auf ihre Untersuchung gerichteten Arbeit noch so viele Räthsel, dass man immer hoffen kann, durch die Anwendung eines neuen Untersuchungsmittels zu neuen Aufschlüssen zu gelangen. Dieser Gedanke veranlasste mich, bei einigen mit verdünnten Gasen gefüllten Röhren Bestäubungsversuche mit dem Lichtenberg'schen Gemisch von Mennige- und Schwefelpulver zu machen. Ich hatte ursprünglich die Versuche auf eine grössere Zahl von Röhren ausgedehnt, die sich im Besitze des hiesigen physikalischen Institutes befinden; zuletzt habe ich mich auf die etwas ausführlichere Untersuchung von vier Röhren beschränkt, welche besonders charakteristische Resultate zu geben schienen. Ich schicke im Folgenden zunächst einige Bemerkungen über den Zusammenhang der Bestäubung mit der elektrischen Ladung der Glasoberfläche voraus und gehe dann über zu einem Berichte über die Versuche selbst und über ihre Ergebnisse.

1. Die Vertheilung der freien Elektricität im Inneren einer Geissler'schen oder Crookes'schen Röhre lässt sich berechnen, sobald der Verlauf des Potentials in dem Inneren der Röhre bekannt ist. Die Vertheilung der freien Elektricität an der inneren und an der äusseren Oberfläche der Röhre würde zu bestimmen sein, wenn auch die Potentialvertheilung in dem Glase und in dem umgebenden äusseren Raume bekannt wäre. Bei einer verhältnissmässig geringen Dicke des Glases dürfte man annehmen, dass der Differentialquotient des Potentials nach einer zu der Oberfläche senkrechten Richtung an der inneren und an der äusseren Oberfläche des Glases in diesem denselben Werth besitze. Die Summe der an der inneren und an der äusseren Oberfläche des Glases befindlichen

freien Elektricität könnte dann berechnet werden, sobald der Potentialverlauf im Inneren der Röhre und in dem umgebenden äusseren Raume bekannt wäre.

Man kann nun an Stelle von Potentialmessungen die Methode der Bestäubung benutzen, um über die Vertheilung der Elektricität an der Oberfläche einer Geissler'schen Röhre wenigstens einen qualitativen Ueberblick zu gewinnen.

Für die Beurtheilung der Resultate ist die folgende Bemerkung von Wichtigkeit. Während man sich vorstellen darf, dass die Potentialflächen an der inneren Oberfläche des Glases zu dieser senkrecht stehen, ist das an der äusseren Oberfläche keineswegs der Fall; die elektrischen Kräfte werden hier im allgemeinen gegen die Oberfläche mehr oder weniger geneigt sein. Wenn nun zwischen der Oberfläche des Glases und den angezogenen Staubtheilchen keine Reibung vorhanden wäre, so könnten diese nur an solchen Stellen der Oberfläche im Gleichgewicht sein, an denen die elektrische Kraft zu der Oberfläche senkrecht steht. Wenn zwischen der Glasoberfläche und den angezogenen Theilchen Reibung vorhanden ist, so kann Gleichgewicht auch noch bei schiefer Richtung der Kraft bestehen. Es sei K die ganze Intensität der elektrischen Kraft, φ der Winkel, den sie mit der Normale bildet, η der Reibungscoefficient; Gleichgewicht wird dann vorhanden sein, solange $\operatorname{tg} \varphi < \eta$ ist. Wenn also auf der Glasoberfläche ein Punkt vorhanden ist, in welchem die Kraft K gegen die Oberfläche senkrecht steht, so wird dieser umgeben sein von einem Hofe, innerhalb dessen der Staub haftet. Dieser Hof wird sich um so weiter ausbreiten, je langsamer die Neigung der Kraft K gegen die Normale sich ändert. Wenn auf der Glasoberfläche eine Linie vorhanden ist, in der die Kraft K gegen die Oberfläche senkrecht steht, so bildet der angezogene Staub ein Band von einiger Breite, dessen Axe durch jene Linie gebildet wird.

Betrachten wir solche Stellen, in denen die Kraft K zu der Oberfläche senkrecht steht, so werden wir annehmen dürfen, dass die Menge des angezogenen oder haftenden Staubes der Kraft K proportional ist. Bezeichnen wir durch n_2 die in den äusseren Raum hineingehende Normale der Oberfläche, das Potential durch V , so ist die gegen die Oberfläche ge-

richtete, auf die Einheit der positiven Elektrizität ausgeübte Kraft $K = (dV/dn_2)$. Die Bestäubung liefert hiernach einen gewissen Maassstab für die verschiedenen Werthe, welche dieser Differentialquotient an der äusseren Oberfläche des Glases besitzt. Die Summe σ der elektrischen Dichtigkeiten an der äusseren und an der inneren Oberfläche des Glases wird, wenigstens bei sehr dünner Glaswand, gegeben sein durch:

$$\frac{dV}{dn_1} + \frac{dV}{dn_2} = -4\pi\sigma.$$

Hier bezeichnet n_1 die innere Normale der Oberfläche. Nur da, wo dV/dn_1 Null ist, giebt die Bestäubung ein Bild für die Summe der inneren und der äusseren Oberflächendichte.

Wir nehmen zwei Stellen der Glasoberfläche A und B von der Art, dass in beiden die Kraft K zu der Oberfläche senkrecht steht, dass sie aber in A nach der Glasfläche hin, in B von ihr weg gerichtet ist. Es wird dann an der Stelle A positives Mennigepulver, in B negatives Schwefelpulver angezogen werden. Ziehen wir auf der Glasoberfläche irgend eine Linie, welche die Punkte A und B verbindet. Die Stetigkeit des Ueberganges erfordert dann, dass auf dieser Linie zwischen A und B ein Punkt C sich finde, in welchem die Kraft K der Oberfläche parallel wird. Der Punkt C liegt auf alle Fälle in dem von Staub freien Gebiet. In C ist $dV/dn_2 = 0$; wenn also ausserdem $dV/dn_1 = 0$ ist, so wird auch σ gleich Null, d. h. es verschwindet in diesem Punkte die Summe der äusseren und der inneren Oberflächendichtigkeit.

Die Bestäubungsversuche, über welche im Folgenden berichtet werden soll, beziehen sich auf Röhren, welche so weit evacuirt waren, dass der Kathode gegenüber auf der Glaswand ein heller Fluoreszenzfleck entstand. Die Versuche wurden so ausgeführt, dass der Strom einer Toepler'schen Influenzmaschine mit 40 Plattenpaaren in einem bestimmten Moment durch die zu untersuchende Röhre geschlossen wurde. Nach einer bestimmten Zahl von Secunden wurde mit der Bestäubung begonnen; während der Strom weiter durch die Röhre ging, wurde so lange bestäubt, bis eine deutliche Figur auf der Glasoberfläche hergestellt war. Da es nicht gelang, den Staub hinreichend regelmässig aus dem Bestäuber fallen zu lassen,

so war die Bestäubungsdauer bei verschiedenen Versuchen nicht dieselbe. Die Versuche waren lästig, weil zu der Bestäubung der ausgedehnten Objecte eine ziemliche Menge von Staub nothwendig war. Bei den Versuchen war entweder die Kathode oder die Anode zu der Erde abgeleitet. Nach dem Versuche wurde der nur mechanisch haftende Staub durch Abklopfen entfernt. Die Bestäubungsfigur wurde mit Hülfe einer Projectionslampe nachgezeichnet und meist auch photographirt. Für die Anfertigung der Photographien bin ich Hrn. Dr. H. Th. Simon zu Dank verpflichtet.

Da die Bestäubung immer einige Zeit in Anspruch nahm, und da die verschiedenen Theile einer Röhre nicht gleichzeitig und gleichmässig von dem Staube getroffen wurden, so ist es möglich, dass durch die Bestäubung selbst eine gewisse Veränderung in der elektrischen Ladung erzeugt wird; die durch die Bestäubung angezeigte Vertheilung der Elektricität darf also nicht ohne weiteres als identisch mit derjenigen betrachtet werden, welche auf der unbestäubten Röhre vorhanden war. Zum Theil mögen die Verschiedenheiten, welche bei wiederholten Bestäubungsversuchen mit derselben Röhre und unter sonst gleichen Umständen sich einstellten, hiermit zusammenhängen.

2. Am ausführlichsten habe ich eine *kugelförmige Röhre* untersucht, welche zur Demonstration der durch die Kathodenstrahlen erzeugten Fluorescenz diente. Das Entladungspotential betrug 4250 Volt. Der Durchmesser des kugelförmigen Theiles der Röhre betrug 10,5 cm; der Durchmesser der ebenen Kathode, welche in einem seitlichen Ansätze eingeschmolzen war, betrug 2,4 cm; die Länge der drahtförmigen Anode, welche gleichfalls in einem seitlichen Ansatzrohre sich befand, 2,5 cm. Die Anode bildete mit ihrer Verlängerung einen Durchmesser des kugelförmigen Röhrentheiles; in der zu diesem Durchmesser senkrechten Aequatorialebene lag der Mittelpunkt der Kathode; ihre Fläche stand zu dem nach dem Mittelpunkt gehenden Radiusvector senkrecht.

Von dem Erfolg der Bestäubung geben die Figg. 1—4 ein Bild; sie sind dadurch entstanden, dass zuerst die Conturen der Photographien so gut wie möglich durchgezeichnet wurden. In diesen Pausen wurden dann die fehlenden Einzel-

heiten nachgetragen mit Hülfe der Zeichnungen, welche durch Projection erhalten worden waren. Die Figuren sind nicht genau vergleichbar, weil die Stellung der Röhre gegen den photographischen Apparat bei den verschiedenen Aufnahmen nicht ganz dieselbe war.

Bei den Versuchen, denen die Figg. 1 und 2 entsprachen, war die Anode der Röhre zur Erde abgeleitet, bei den zu den Figg. 3 und 4 gehörenden Versuchen die Kathode. Bei Fig. 1

Fig. 1. (I.)

Fig. 2. (III.)

Fig. 3. (II.)

Fig. 4. (IV.)

begann die Bestäubung 30 sec nach Stromschluss und dauerte 120 sec. Bei Fig. 2 begann die Bestäubung 50 sec nach Stromschluss und dauerte 60 sec. Bei Fig. 3 sind die entsprechenden Zeiten 10 sec und 30 sec, bei Fig. 4 50 sec und 70 sec.

Die mit Mennige roth bestäubten Stellen sind horizontal schraffirt, die Stärke der Bestäubung ist durch den Abstand der Striche angedeutet, die mit Schwefel gelb bestäubten Stellen sind vertical gestrichelt.

Gemeinsam ist den vier Staubfiguren die folgende Eigenschaft. Der Kathode gegenüber entsteht auf der Glasoberfläche ein Ring, der den ausserhalb sich ausbreitenden gelben Staub sehr scharf begrenzt; auf die gegen den Ring hin zu-

nehmende gelbe Bestäubung folgt im Inneren des Ringes zunächst eine von Staub frei Zone. Zieht man von dem Mittelpunkt der Kugel Radien nach dem Ringe, so erhält man einen Kegel, dessen Oeffnungswinkel im Mittel etwa 90° beträgt. Im übrigen ist, wie von vornherein zu erwarten war, die Dauer des Stromdurchganges auf den Erfolg des Versuches von Einfluss und ausserdem der Umstand, ob die Anode oder die Kathode zur Erde abgeleitet ist. Im ersteren Falle, bei abgeleiteter Anode, ist das Innere des Ringes in unregelmässiger Weise mit rothem Pulver erfüllt, zwischen das nur wenige schmale Streifen von gelbem Pulver eingelagert sind. Besonders eigenthümlich sind die strahlen- oder keulenartigen rothen Massen an der rechten Seite der Figur. Sie gewinnen an Ausdehnung und Intensität, wenn der Strom länger durch die Röhre geht. Bei Ableitung der Kathode finden sich im Inneren des Ringes ausgedehnte Massen gelben Pulvers, welche zum Theil durch schmale Brücken mit dem ausserhalb des Ringes befindlichen gelben Staube zusammenhängen. Die Ausbreitung des rothen Pulvers ist namentlich bei Fig. 3 eine kleine; die eigenthümlichen rothen Strahlen, die bei den Figg. 1 und 2 vom rechten Rande auftreten, fehlen.

Der bei allen Figuren erscheinende Ring entspricht ziemlich genau der Grenze des Bereiches, über den sich die grüne Fluorescenz des Glases ausbreitet.

Die auffallende Unregelmässigkeit, mit der sich der Staub im Inneren des Ringes vertheilt, hat vielleicht in einer ungleichförmigen Beschaffenheit der Kathodenfläche ihren Grund. Diese Vermuthung wird besonders durch die Thatsache nahegelegt, dass das Ansehen der Figuren während der Dauer der Beobachtungen eine Veränderung erlitt. Leider habe ich von den zuerst hergestellten Staubfiguren keine Photographien angefertigt und keine Projectionen gezeichnet, sondern mich darauf beschränkt, die erhaltenen Figuren aus freier Hand nachzuzeichnen. Immerhin genügen die Zeichnungen, um eine Veränderung der Figuren zu erkennen. Bei abgeleiteter Anode war zu Anfang die rothe Bestäubung im Inneren des Ringes durch eine mit vielen Lappen und Einbuchtungen versehene Curve nach aussen abgegrenzt. Die Bestäubung war im Inneren schwach und nahm nach aussen zu, sodass die äusseren Enden

der Lappen intensiv roth erschienen, ähnlich wie die keulenförmigen Strahlen auf den rechten Seiten der Figg. 1 und 2. Die besonders in den Figg. 3 und 4 bei abgeleiteter Kathode hervortretenden sichelförmigen Gebilde fehlten zu Anfang ganz; sie sind vielleicht als die vergrösserten Bilder einer ähnlichen geschwärzten Stelle aufzufassen, die sich auf der Kathode gebildet hatte.

Die zeitliche Aufeinanderfolge der Versuche, welche den Figg. 1 bis 4 entsprechen, ist durch die beigeetzten römischen Zahlen gegeben. Zwischen den Figuren, welche bei abgeleiteter Anode und bei abgeleiteter Kathode auftreten, scheint ein gewisser Gegensatz zu bestehen. Es war namentlich bei den Vorversuchen zu bemerken, dass Stellen, welche sich bei abgeleiteter Anode mit rothem Staub bedeckten, bei abgeleiteter Kathode frei blieben und umgekehrt. Bei späteren Beobachtungen trat dieser Gegensatz mehr zurück, bei den Figg. 1 bis 4 ist er kaum noch zu bemerken.

Die Kathode lag etwas im Inneren des kugelförmigen Röhrentheiles; etwas hinter ihrer Fläche erschien auf der Oberfläche des Glases ein feiner intensiv rother Ring; die den Zuleitungsdraht zur Kathode enthaltende Ansatzröhre bedeckte sich mit rothem Staube.

Bei einem Theile der Versuche erschien auf dem die Anode umschliessenden Röhrenansatz ein feiner, gelber Streifen parallel dem Anodendraht; der Streifen lief, sich allmählich verbreiternd, nach dem Ringe hin, welcher die der Kathode gegenüberliegende Staubfigur umgiebt. Ich vermute, dass dieser Streifen im Zusammenhang steht mit einem weissen Lichtbaude, das von der Anode nach dem von den Kathodenstrahlen getroffenen Flecke hingeht. Die von den Kathodenstrahlen negativ geladenen Theile der Glaswand wirken wie eine secundäre Kathode; zwischen ihnen und zwischen der Anode findet ein Ausgleich der Elektricitäten statt, dessen Bahn durch jenen Lichtstreif angezeigt wird.

3. *Birnförmige Röntgenröhre.* Die Röhre war als solche wenig wirksam; ihre Länge betrug 24 cm, der Durchmesser der Kathode 2,4 cm. Bei *abgeleiteter Kathode* treten keine besonderen Erscheinungen auf; die Röhre bedeckte sich ziemlich gleichmässig mit Schwefelpulver, nur gegenüber der Kathode

auf dem abgeplatteten Theile der Glaswand erschien ein rother, negativ elektrischer Fleck von nahezu kreisförmiger Gestalt. Zu beiden Seiten der Kathode blieb auf der Oberfläche des Glases ein ziemlich breiter Ring von Staub frei. Hinter der Fläche der Kathode bedeckte sich das spitze Ende der Röhre mit Mennigepulver. Diese rothe Zone erstreckte sich anscheinend eben so weit, als die Fluorescenz, welche durch die von dem Träger der Kathode seitlich ausgesandten Strahlen erregt wurde. (Vgl. in Fig. 5 die horizontal gestrichelte Partie hinter der Kathode.)

Wurde die *Anode* *abgeleitet*, so trat in der Vertheilung des gelben Staubes eine sehr eigenthümliche Veränderung ein, welche durch die Figg. 5 und 6 anschaulich gemacht wird. Die Figuren sind in derselben Weise entstanden, wie die zuvor erwähnten. Auf dem vor der Kathode liegenden

Fig. 5.

Fig. 6.

Theile der Röhre bildet der Schwefelstaub einen geschlossenen Ring. Seine Mittellinie erhält man, wenn man die Röhre durch eine gegen ihre Axe geneigte Ebene schneidet. Von dem Punkte des Ringes, welcher der als Halter dienenden Ansatzröhre am nächsten liegt, zieht sich ein gelbes Band nach dieser und nach der Anode. Ausserdem aber ziehen sich Bänder gelben Staubes nach dem auf der Endfläche der Röhre sich bildenden negativen Fleck. Bei Fig. 5 ist nur ein einziges solches Band vorhanden, sein Ursprung liegt in der Ansatzröhre; bei Fig. 6 sind mehrere Bänder zu sehen, welche von der Anode ausgehen. In Fig. 5 erscheint das Band in unsymmetrischer Weise auf die Seite geschoben, in Fig. 6 ist der Verlauf ein ziemlich symmetrischer. Auch hier liegt es nahe anzunehmen, dass die nach dem Fluorescenzfleck hingehenden Bänder Strömungen

entsprechen, in welchen sich die negative Ladung des Fluoreszenzfleckes mit der positiven Ladung der Anode ausgleicht.

4. *Schattenkreuzröhre.* Die Länge der Röhre betrug 22 cm, der Durchmesser der Kathode 1 cm. Beinahe alle Versuche wurden mit niedergelegtem Kreuze ausgeführt. Die Resultate werden durch die Figg. 7—9 erläutert. Bei den Versuchen, welche die Figg. 7 und 8 lieferten, war die Anode zur Erde

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

abgeleitet, bei dem der Fig. 9 entsprechenden Versuche die Kathode. Bei dem Versuche von Fig. 7 begann die Bestäubung 30 sec nach Stromschluss und dauerte 80 sec; bei den Versuchen der Figg. 8 und 9 sind die entsprechenden Zeiten 40 sec und 80 sec.

Am einfachsten sind die Verhältnisse von Fig. 7. Dem Rande der Kathode entspricht ein durch eine stärkere Anhäufung rothen Pulvers gebildeter Ring. Innerhalb dieses Ringes findet sich kein Schwefelpulver. Der Ring selbst ist in seiner unteren Hälfte unterbrochen durch den Schatten des

Kreuzes. In der Ebene des Kreuzes zieht sich durch den Ring ein intensiv rother Streifen; dieser scheint durch Strahlen erzeugt, die an dem Kreuze eine Art von streifender Reflexion erlitten haben. In den Ring ragt hinein der ungemein scharf begrenzte Schatten des Drahtes, von welchem das Kreuz getragen wird. Das Innere des Schattens ist von Staub ganz frei, der Saum des Schattens wird von einer scharf begrenzten rothen Linie gebildet. In der Mitte des Ringes befindet sich eine eigenthümliche rothe Figur, aus einer Sichel und einem kleinen Kreise zusammengesetzt.

Die Bestäubungsfigur 8 unterscheidet sich von Fig. 7 wesentlich dadurch, dass Theile der Figur, die in Fig. 7 von Staub ganz frei geblieben waren, in Fig. 8 mit Schwefelpulver bedeckt sind. So ist insbesondere der Schatten des Drahtes, von dem das Kreuz getragen wird, nicht von Staub frei, sondern durch seine Mitte zieht sich ein scharfer gelber Strich; das rothe Band, welches von den an dem Kreuze streifend reflectirten Strahlen gebildet wird, ist schwächer; in dem darunter liegenden Schatten des Kreuzes befindet sich ein Streifen von Schwefelpulver, welcher auf beiden Seiten mit der ausserhalb des Ringes liegenden, gelb bestäubten Glasfläche zusammenhängt; der unter der Fläche des Kreuzes liegende Theil des rothen Ringes ist nur angedeutet durch kleine rothe Stellen. Diese liegen in der Mitte staubfreier Flächen, die dadurch entstanden sind, dass der zuvor erwähnte gelbe Streifen mit der äusseren Bestäubung durch schmale Brücken zusammenhängt. Fig. 9 unterscheidet sich von Fig. 8 höchstens dadurch, dass die rothe Bestäubung noch mehr zurückgedrängt ist.

Bei aufgerichtetem Kreuze habe ich nur eine einzige Beobachtung gemacht mit abgeleiteter Kathode. Die ganze Bestäubungsfigur reducirte sich auf vier scharfbegrenzte, pfeilartige Mennigeflecken in den einspringenden Winkeln des Kreuzschattens.

5. *Kugelförmige Röntgenröhre mit Platinspiegel.* Der Durchmesser der Kugel betrug 9,5 cm, die Kathode hatte die Form eines Hohlspiegels, dessen Randkreis einen Durchmesser von 3,2 cm besass. Der Kathode gegenüber lag der Platinspiegel; der ihn tragende Draht war in einen kleinen Ansatz der Kugel eingeschmolzen und fiel zusammen mit der Axe der

Hohlspiegelkathode. Die Anode war durch eine ebene Aluminiumscheibe dargestellt, und lag seitlich in der durch die Axe des Hohlspiegels und die Normale des Platinspiegels gehenden Ebene.

Die Anode war abgeleitet, der Spiegel isolirt. Die Bestäubung begann 30 sec nach Stromschluss und dauerte 90 sec. In der Bestäubungsfigur fällt vor allem eine von Schwefelpulver erfüllte Fläche auf, deren Form dem Querschnitt eines auf einem Uhrglase ruhenden Quecksilbertropfens ähnelt. Diese Fläche grenzt nach aussen scharf an einen zunächst staubfreien Raum; in einigem Abstand folgt eine zweite Grenzlinie, jenseits welcher die Glasfläche wieder mit Schwefelpulver bedeckt ist. Der von gelbem Staube freie Ring hat auf der Seite des Spiegels eine grössere Breite als auf der Seite der Kathode. Durch die Mitte dieses breiteren Theiles zieht sich ein scharfer rother Strich. Die Lage des von gelbem Staube freien Ringes kann durch die Annahme erklärt werden, dass er von Randstrahlen der hohlspiegelförmigen Kathode erzeugt wird, welche an dem Platinspiegel in regelmässiger Weise reflectirt worden sind. Weiter unten auf der Oberfläche der Röhre findet sich ein intensiv rother Streifen; er liegt in der Ebene des Platinspiegels auf seiner von der Kathode abgewandten Seite. Der Streifen liegt so, wie wenn er von Kathodenstrahlen hervorgebracht wäre, die von dem Spiegel streifend reflectirt wären. Der von dem Mennigepulver gebildete Streifen ist umgeben von einer von Staub freien Zone; in dieser wird durch die Glaswand hindurch die von hinten in die Röhre eingeführte Anode sichtbar. Die staubfreie Zone hängt auf der linken Seite mit dem früher besprochenen staubfreien Ring zusammen. Im übrigen schiebt sich zwischen den Ring und die Zone eine mit Schwefelstaub bedeckte Fläche; hinter ihr liegt der Platinspiegel, dessen Fläche gegen den Zuleitungsdraht unter einem Winkel von etwa 45° geneigt ist.

6. Die *Resultate* der mit den vier besprochenen Röhren erhaltenen Versuche lassen sich in folgender Weise zusammenfassen.

a) Der Kathode gegenüber bildet sich auf der Wand des Glases ein Ring, welcher den nach aussen hin sich verbreitenden gelben Staub scharf begrenzt. Der Ring fällt etwa an die Grenze des hell fluorescirenden Theiles der Glaswand.

b) Nur innerhalb dieses Ringes finden sich — von der Eintrittsstelle der Kathode und dem Schnitte ihrer Fläche mit der Glaswand abgesehen — rothe Stellen, d. h. solche, welche das positiv elektrische Mennigepulver anziehen.

c) Die Vertheilung des rothen Pulvers im Inneren des Ringes ist ungleichmässig, wahrscheinlich infolge der ungleichmässigen Beschaffenheit der Kathodenfläche. Gegen den gelben Ring hin ist der rothe Staub stets scharf begrenzt; die zwischen dem rothen Staub und dem Ringe liegende Glasfläche ist von Staub ganz frei.

d) Zwischen die roth bestäubten Stellen im Inneren des Ringes schieben sich, nach aussen hin, häufig gelb bestäubte Stellen ein. Diese Stellen können sich der durch den Ring begrenzten äusseren Bestäubung bis auf einen sehr kleinen Abstand nähern, in der Regel tritt aber in dem schmalen Bande, welches die äussere Bestäubung von inneren gelben Staubmassen trennt, ein scharfer Streifen rothen Staubes auf.

e) Im Inneren des gelben Ringes überwiegt der rothe Staub bei abgeleiteter Anode; aber auch bei abgeleiteter Kathode nimmt die Menge des rothen Staubes mit der Stromdauer zu.

f) Verlängert man die Kathodenebene bis zum Schnitt mit der Glasfläche, so bildet die Schnittlinie die Axe eines etwa 1 cm breiten Ringes, der von Staub beinahe ganz frei ist. Von der Eintrittsstelle des die Kathode tragenden Drahtes bis zu diesem Ringe bedeckt sich das Glas mit rothem Staube. In dem Ringe selbst tritt meist noch eine feine, in sich geschlossene rothe Linie auf, welche von Randstrahlen der Kathode erzeugt wird.

g) Bei abgeleiteter Anode bildet der Schwefelstaub an der Oberfläche des Glases scharf begrenzte Bänder, welche von der Anode einerseits nach der Kathode, andererseits nach dem ihr gegenüber auf der Glaswand entstehenden negativen Fleck hingehen. Es liegt nahe, diese Bänder mit Strömungen in Verbindung zu bringen, durch welche die Elektricität der Anode mit den entgegengesetzten Elektricitäten der Kathode und des Fluoreszenzfleckes sich ausgleicht, der letztere würde dabei die Rolle einer zweiten Kathode spielen.

h) Metalldrähte und Bleche, welche in den Weg der Kathodenstrahlen gestellt werden, geben auf der von den Strahlen getroffenen Glaswand elektrische Schatten, welche von scharf begrenzten Streifen rothen Staubes umgeben sind; der Schatten bleibt entweder ganz frei von Staub, oder er bedeckt sich in der Mitte mit Schwefelstaub.

i) Wenn ein Metallblech von Kathodenstrahlen getroffen wird, so entsteht auf der Glaswand und zwar auf der von der Kathode abgewandten Seite eine intensiv rothe Linie von etwa 1 mm Breite; ihre Länge entspricht dem Durchmesser des Bleches. Die Sache verhält sich so, wie wenn von der Kathode ausgehende Strahlen von dem Bleche streifend reflectirt worden wären.

k) Ein von Kathodenstrahlen getroffenes isolirtes Metallblech erzeugt aber ausserdem auf der gegenüberliegenden Glaswand einen Ring von derselben Art, wie er bei einer gewöhnlichen Röhre der Kathode gegenüber auftritt. Die Lage des Ringes macht es wahrscheinlich, dass er durch eine regelmässige Reflexion der Kathodenstrahlen an der Oberfläche des Spiegels erzeugt wird.

(Eingegangen 13. October 1899.)