



## Rohstofffragen auf dem Gebiet des Gasglühlichts

Von Dr. N. Riehl, Berlin

Die Glühstrumpf-Industrie hat schon frühzeitig mit der Umstellung auf heimische Werkstoffe begonnen. Einer der bedeutsamsten Schritte in dieser Richtung war die Umstellung von der ausländischen Ramiefaser, die bis dahin für das Strumpfgewebe verwendet wurde, auf die deutsche Kunstseide. Der wertmäßige Anteil ausländischer Produkte beim Ramieglühstrumpf betrug an sich schon nicht viel, nämlich 3%. Durch die Einführung von Kunstseide an Stelle von Ramie sank dieser Anteil auf nur noch 0,5%. Da ein sehr großer Teil der Glühstrumpfproduktion dem Export dient und nur ein ganz geringer Wertanteil der Ausgangsstoffe aus dem Ausland stammt, so ist es also verständlich, warum die Glühstrumpf-Industrie zu einer sehr wichtigen Devisenquelle unseres Volkes geworden ist.

Wenn man bedenkt, daß der integrierende Bestandteil des Auerstrumpfs, das Thorium, aus dem fremdländischen Mineral Monazit stammt, so könnte die Glühstrumpf-Industrie stolz darauf sein, daß es ihr gelungen ist, den ausländischen Wertanteil auf 0,5% herabzudrücken. Sie ist auch stolz darauf! Doch ist heute nicht die Zeit, sich auf eigenen Lorbeeren auszuruhen, und so wollen wir uns die Frage vorlegen, welche Schritte unternommen werden können, um hier weitere Fortschritte in bezug auf den Vierjahresplan und die Devisenwirtschaft zu erzielen.

Der Stoff, auf den es bei diesen Bemühungen im wesentlichen ankommt, ist das Thorium. Die winzige Beimischung von Cer, die bei der Fabrikation eines Auerstrumpfs notwendig ist, und der Asbestfaden, der zur Befestigung des Strumpfes am Sockel dient, haben eine untergeordnete Bedeutung. — Wir können uns folgende drei Fragen vorlegen:

1. Ist es möglich, abbauwürdige Lagerstätten von thoriumhaltigen Mineralien in Deutschland zu finden?
2. Kann das Thorium durch ein anderes Element ersetzt werden?
3. Sollten die unter 1. und 2. gekennzeichneten Wege nicht — oder noch nicht — gangbar sein, so muß die Frage lauten, ob nicht bei der Fabrikation des Thoriums andere Stoffe als Nebenprodukte gewinnbar sind, die der Devisenwirtschaft und dem Vierjahresplan als Aktiva zugeführt werden können?

Zunächst zur Frage 1. Die vor einigen Jahren gegründete Auer-Forschungstiftung hat bereits eine Preisaufgabe ausgeschrieben, deren Ziel die Auffindung abbauwürdiger Thorium-Lagerstätten in unserem Vaterlande ist. Ich möchte die Aussichten dieser Arbeitsrichtung hier nicht näher erörtern, denn wenn ein geologisch inkompetenter Vortragender zu einem geologisch inkompetenten Auditorium über Geologie spricht, so kann dabei nicht viel herauskommen.

Wir wenden uns daher der Frage 2 zu, denn bei dieser Frage bin ich in der Tiefe zu gehen, und Sie werden in der Tiefe sein, mir darin zu folgen. Die Frage lautete, ob man das Thorium durch ein anderes Element

ersetzen kann. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, müssen wir zunächst wissen, warum gerade das Thor-Cer-Oxyd und kein anderer Stoff beim Glühstrumpf als strahlendes Medium Verwendung gefunden hat. Hierzu muß ich auf die physikalischen Grundlagen der Strahlung von Metalloxyden, speziell des Thor-Cer-Oxydes eingehen. Worauf beruht die besondere Wirksamkeit des Thor-Cer-Oxydgemisches als Strahler? Diese Frage ist heute weitgehend gelöst, besonders durch die Arbeiten von *Nernst* und *Bose*<sup>1)</sup> und von *Rubens*<sup>2)</sup>. Alle Anschauungen aus der ersten Zeit des Auerstrumpfes, wonach seine Leuchtfähigkeit auf Lumineszenz oder auf einer katalytischen Wirkung auf das Gasgemisch beruhen sollte, sind heute nicht mehr diskutabel. Vielmehr beruht seine Wirksamkeit darauf, daß es sich hier um einen Selektivstrahler handelt, also einen Körper, der nur in einigen wenigen Bezirken des Spektrums strahlungsfähig ist, in anderen aber (auch bei hohen Temperaturen!) nur eine ganz geringe oder gar keine Strahlungsfähigkeit besitzt. — Bei einer bestimmten Temperatur besitzt bekanntlich ein schwarzer Körper in allen Spektralbezirken die höchste Emissionsfähigkeit, die überhaupt irgendein Körper bei dieser Temperatur haben kann. Ich könnte Ihnen in einem Diapositiv die spektrale Emissionsfähigkeit des schwarzen Körpers vorführen. Aber ich will Sie nicht gleich am frühen Morgen mit Kurven überfallen und hoffe, daß Sie mich auch ohne Kurven verstehen werden. Die Kurve, die die Verteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers über die verschiedenen Bezirke des Spektrums angibt, hat bekanntlich die Form eines etwas schief geratenen Sombreros. Die entsprechende Kurve für den Auerstrumpf hat die Form eines sehr stark eingeebulten Sombreros. Die Emission des Auerstrumpfes weist also gegenüber dem schwarzen Körper starke Lücken auf. Worauf es nun ankommt, ist das, daß diese Lücken nicht im sichtbaren, sondern im ultraroten Spektralbereich liegen. Bringt man also einen Auerstrumpf in die Flamme eines Bunsenbrenners hinein, so vermag er die ihm zugeführte Energie nicht in Form nutzloser ultraroter Strahlung und gelangt daher auf eine höhere Temperatur, als wie sie ein schwarzer oder annähernd schwarzer Körper in der gleichen Flamme erreichen könnte. Ist aber erst der Strumpf auf die hohe Temperatur gelangt, so strahlt er ebensoviel sichtbares Licht aus, wie ein schwarzer Körper bei der gleichen hohen Temperatur ausstrahlen würde, denn im sichtbaren Teil des Spektrums ist die Emissionsfähigkeit des Strumpfes fast dieselbe wie beim schwarzen Körper.

Nachdem wir den Zusammenhang zwischen den spektralen Eigenschaften und der technischen Wirksamkeit des Thor-Cer-Oxydstrumpfes in Erinnerung gebracht haben, entsteht die weitere Frage, welche Rolle hierbei dem Thoroxyd einerseits und dem Ceroyd andererseits zufällt. Betrachten wir die Emissionskurve eines reinen Thoroxydstrumpfes, d. h. eines Strumpfes, der nur Thoroxyd ohne Zusatz von Ceroyd enthält. Mir fehlt ein Ver-

<sup>1)</sup> Phys. Ztschr. 1 (1900), 289.

<sup>2)</sup> Ann. d. Phys. 18 (1905), 725.



gleich aus der Hutbranche, um diese Kurve zu charakterisieren. Aber wenn ich doch bei dieser Art von Vergleichen bleiben darf, so möchte ich sagen, daß die Emissionskurve des reinen Thoroxydstrumpfes so aussieht, wie ein Hut, auf dem man vier Stunden lang gesessen hat. Sie ist ganz flach. Der reine Thoroxydstrumpf besitzt in keinem Spektralbezirk (außer im ganz langwelligen Ultrarot) eine nennenswerte Emissionsfähigkeit. Das Thoroxyd gehört also zu der Gruppe von Stoffen, die man als „Nichtstrahler“ bezeichnen kann.

Diese besitzen — auch bei hohen Temperaturen — im optisch leeren Zustand eine hohe Durchlässigkeit, im feinverteilten Zustand ein hohes Reflexionsvermögen und dementsprechend — im Sinne des Kirchhoffschen Gesetzes — ein geringes Emissionsvermögen.

Ganz anders ist die Emissionskurve des Ceroxydes. Dieses besitzt zwar auch ein verhältnismäßig stark reduziertes Strahlungsvermögen im Ultrarot, aber seine Emission im Sichtbaren ist sehr hoch und kommt der des schwarzen Körpers nahe.

Ein Mischkörper („Mischkristall“) aus Thoroxyd und Ceroyd hat Strahlungseigenschaften, die zwischen denen der beiden reinen Oxyde liegen. Der Thor-Cer-Oxydstrumpf hat eine geringere Ultrarotemission als ein Ceroydstrumpf allein und besitzt auf der anderen Seite eine starke Emission im Sichtbaren, die beim Thoroxyd allein nicht vorhanden ist. Und gerade diesen beiden Eigenschaften (geringe Ultrarotemission trotz unverminderter sichtbarer Emission) verdankt der Glühstrumpf seine hervorragende lichttechnische Eignung.

Nun können wir zu unserer Fragestellung und somit zum Vierjahresplan zurückkehren. Kann man das Thoroxyd oder das Ceroyd durch andere Stoffe ersetzen? Was das Cer anbelangt, so ist schon vielfach versucht worden, dem Thoroxyd an Stelle des Ceroyds andere Stoffe beizumischen, so z. B. die Oxyde der anderen seltenen Erden, oder die Oxyde des Urans, des Mangans oder des Nickels. So hat Ives<sup>3)</sup> eine Reihe von Untersuchungen hierüber gemacht. Doch keine der von ihm erhaltenen Emissionskurven reicht an die Thor-Cer-Oxydkurve heran, da alle anderen Zusätze zum Thoroxyd nicht nur die Emission im Sichtbaren erhöhen, sondern auch die im Ultrarot. Hier zeigt sich also wieder, daß die relativ geringe Emission des Ceroyds im Ultrarot eine unerläßliche Bedingung ist. Im übrigen kommt es aber nicht darauf an, das Cer durch ein anderes Element zu ersetzen, denn das Cer macht ja nur 1% des Gesamt-oxydgemisches aus; dieses Problem ist also uninteressant. Worauf es ankommt, ist die Frage, ob das Thoroxyd ersetzt werden kann. Wir haben gesehen, daß dem Thoroxyd die Rolle eines „Nichtstrahlers“ zukommt, dem eine bestimmte, färbende, strahlungsfähige Beimischung, nämlich das Cer, zugesetzt wird. Solche „Nichtstrahler“ gibt es mehr denn nur Thoroxyd. Zahlreiche weiße Metalloxyde haben die Eigenschaft einer stark verminderten Emissionsfähigkeit bei hoher Temperatur. So ist z. B. das Aluminiumoxyd in diesem Zusammenhang zu erwähnen und auch das Lanthan und Zirkonoxyd. Doch die Eigenschaft des „Nichtstrahlens“ ist nicht die einzige Bedingung, auf die es ankommt. Es kommen noch weitere physikalische, mechanische und chemische Bedingungen hinzu. Zunächst kommt es darauf an, daß der Schmelzpunkt und der Erweichungspunkt des Materials sehr hoch liegt, denn es gelangt ja im Glühstrumpf auf hohe Temperaturen. Diese Forderung schließt schon von vornherein eine sehr große Anzahl von Materialien aus, um so mehr, also es nicht nur darauf ankommt, daß der Stoff nicht schmilzt, sublimiert oder erweicht, sondern er muß auch über längere Zeiträume trotz der hohen Temperatur keine Umkristallisation erfahren. Würden infolge der Umkristallisation des ursprünglich feinverteilten Oxydes größere Kriställchen entstehen, so

würde das Ascheskelett, das noch die ursprüngliche Struktur der Kunstseidefaser besitzt, zerstört werden, und der Strumpf würde seine mechanische Festigkeit verlieren. Aber diese feine Verteilung des Oxydes ist nicht nur wegen der mechanischen Festigkeit wichtig, sondern auch aus rein strahlungsphysikalischen Gründen. Die Selektivität der Absorptions- und Emissionsfähigkeit der seltenen Erdoxyde ist nämlich um so stärker ausgeprägt, je dünner die Oxydschicht. Dies ist leicht einzusehen, wenn man sich einen extrem großen, optisch leeren Kristall eines solchen Oxydes vorstellt. Ein solcher Kristall würde alle in ihn einfallenden Strahlen absorbieren, und zwar auch in denjenigen Spektralbezirken, in denen eine dünne Schicht nur wenig absorbieren würde. Er würde also wie ein schwarzer Körper absorbieren und dementsprechend auch wie ein solcher — d. h. völlig unselektiv — emittieren. Eine Anhäufung der Materie an einzelnen Stellen des Strumpfes vermindert also die Selektivität der Strahlung und die Lichtausbeute. Es ist nicht gleichgültig, ob das Oxyd in dünnerer oder dickerer Schicht angebracht ist. Ich habe daher bewußt immer von den Emissionskurven der Thor-Cer-Oxydstrümpfe und nicht des Thor-Cer-Oxydes schlechthin gesprochen. In kompakter, dickerer Schicht ist die Selektivität der Strahlungsfähigkeit sehr vermindert und verwaschen. Das ist auch übrigens der Grund, warum alle Versuche, elektrisch beheizte Stäbchen aus dergleichen Oxyden als Lichtquellen einzuführen, mißlingen.

Ich erwähnte schon einmal das Aluminiumoxyd und sagte, daß seine Strahlungseigenschaften, oder richtiger gesagt seine „Nichtstrahlungs“-Eigenschaften, denen des Thoroxydes sehr nahe kommen. Auch eine Umkristallisation ist bei diesem sehr hoch schmelzenden Material nicht zu befürchten. Aber auch mit Aluminiumoxyd kommt man nicht weiter. Denn in dieses Oxyd müßte nun noch ein anderes selektiv strahlendes Oxyd mit einer starken Emission im Sichtbaren eingebaut werden. Eine genügende Selektivität besitzen aber nur die Oxyde der seltenen Erden, und diese lassen sich nicht in das Aluminiumoxyd in Form von Mischkristallen einbauen. Sie würden aus dem Aluminiumoxyd in Form von größeren Kriställchen herauskristallisieren und die feine, atomare Verteilung in dem Grundkörper nicht beibehalten. Dasselbe gilt außer für das Aluminiumoxyd auch für eine Reihe anderer Oxyde.

Schließlich kommen für das Oxyd, das als Ersatz für Thoroxyd in Frage käme, noch weitere, rein chemische Bedingungen hinzu. Es darf zum Beispiel nicht das Wasser und die Kohlensäure aus der Atmosphäre anziehen und sich in Hydroxyd oder Carbonat verwandeln. Diese Gründe schalten beispielsweise die Möglichkeit einer Verwendung von Lanthanoxyd aus.

Aber damit sind die Bedingungen noch immer nicht erschöpft. Denn schließlich muß das betreffende Oxyd oder Oxydgemisch auch noch weißes oder wenigstens annähernd weißes Licht emittieren.

So sehen wir also, daß zum Zustandekommen eines technisch brauchbaren Glühstrumpfes eine ganze Anzahl sehr strenger Bedingungen zusammenwirken müssen. Ein Material, das für den Glühstrumpf in Frage käme, müßte ganz bestimmte spektrale Eigenschaften haben, mit seltenen Erdoxyden Mischkristalle bilden können, in der Hitze nicht umkristallisieren, widerstandsfähig gegenüber Atmosphärien sein, sich in sehr dünnen Schichten fixieren lassen und dergleichen mehr. Wenn das Thor-Cer-Oxydgemisch alle diese Bedingungen erfüllt, so kann man hier wirklich von einem Geschenk der Natur sprechen, und man kann sich nur freuen, daß dieses Geschenk einem Manne zugefallen ist, der es verdient hat, nämlich Auer von Welsbach.

Wir gelangen also zu der Schlußfolgerung, daß wir die unter 2. gestellte Frage verneinen müssen und die Ausschaltung des Thoriums keine Aussicht auf Erfolg bietet.

<sup>3)</sup> Journ. of the Franklin Inst. 1918.



So kommen wir zu der dritten Frage, ob bei der Fabrikation des Thoriums andere Stoffe als Nebenprodukte gewinnbar sind, die ihrerseits in den Dienst der Devisenwirtschaft und des Vierjahresplans gestellt werden können. In dieser Richtung ist bereits sehr viel Arbeit geleistet worden, und ich kann sagen, daß wir in dieser Hinsicht bereits beträchtliche Erfolge erzielen konnten.

Der Monazitsand wurde hierbei nicht nur als Ausgangsquelle für das Thorium angesehen, sondern es wurde durch intensive chemische und physikalische Versuchsarbeit angestrebt, alle in diesem Material enthaltenen Stoffe auszunutzen. Soweit solche Anwendungen noch nicht vorlagen, wurde nach diesen Anwendungen gesucht, und es wurden ihrer eine ganze Reihe gefunden. Diese Arbeiten sind noch im Fluß, und man kann stets neue Fortschritte auf diesem Gebiet erwarten, um so mehr, als die Auer-Forschungstiftung es sich zum Ziele gesetzt hat, derartige Arbeiten auch außerhalb der Laboratorien der Auergesellschaft zu fördern. Aber schon heute liegt eine Reihe von abgeschlossenen Resultaten vor, die ich im folgenden kurz aufzählen möchte:

Die wichtigsten Nebenprodukte, auf die es hierbei ankommt, sind das Cer, das Praseodym und das Neodym. Einige der Anwendungen des Cers sind ja schon zur Genüge bekannt, so z. B. das Pyrophor-Metall, das Cer-eisen. Die große Bedeutung des Ceritfluorids für die Fabrikation von Bogenlampenkohlen muß hier gleichfalls erwähnt werden. Cer als Mittel zur Entfärbung von Gläsern, Neodym, Praseodym und Cer als Glasfärbungsmittel haben ebenfalls eine recht große Bedeutung gewonnen. Erwähnenswert ist vielleicht die Tatsache, daß während des Weltkrieges Sulfate der Ceriterden in großen Mengen als Ersatz für Kupfervitriol bei der Bekämpfung der Peronospora der Weinstöcke Anwendung gefunden haben. Eine wichtige Anwendung neueren Datums hat das Neodym und Praseodym als färbender Bestandteil des Neophanglases gefunden. Die Wichtigkeit der Neophanglasbrille für nautische und ähnliche bedeutsame Zwecke ist in letzter Zeit recht allgemein bekannt geworden.

Es darf auch der Umstand nicht vergessen werden, daß die Nebenprodukte, die bei der Herstellung des Thoriums anfallen, die einzige wirtschaftlich verwertbare deutsche Quelle für radioaktive Stoffe ist. Nur dank der Thoriumindustrie ist es uns möglich, uns einigermaßen unabhängig von ausländischen Radiumbezugsquellen zu machen. Eines der Nebenprodukte der Thoriumfabrikation ist nämlich das radioaktive Element Mesothorium, welches einen vollwertigen Ersatz für das

Radium bildet. Neben der sehr großen Bedeutung des Mesothoriums und des Radiums für die Krebsbekämpfung sind diese Elemente auch unerläßlich für die Herstellung radioaktiver Leuchtfarben. Diese dienen ja bekanntlich zur Ausrüstung von Zifferblättern an den verschiedensten Meßinstrumenten und sind heute mehr denn je unentbehrlich. Darüber hinaus haben wir in den letzten Jahren das Mesothorium für Zwecke der Materialdurchstrahlung und Materialprüfung erfolgreich heranziehen können. Wenn auch die erste Fundstätte von radiumhaltigen Mineralien das sudetendeutsche Joachimsthal war, so liegen doch die wichtigsten Radiumvorkommen in Kanada und in Belgisch-Kongo, so daß für uns aller Anlaß besteht, bei der Versorgung mit radioaktiven Elementen keine der heimischen Quellen zu vernachlässigen.

Aber auch das Thorium selbst hat Anwendungen gefunden, die bei der Umstellung unserer Wirtschaft auf deutsche Rohstoffe eine fördernde Wirkung ausüben. So diente das Thorium als Katalysatorbestandteil für die Brennstoffsynthese nach Fischer-Tropsch, und auch bei der Veredelung von Aluminiumlegierungen hat es sich als nützlicher Faktor erwiesen.

Ich will nicht alle Wege erwähnen oder gar erörtern, die auf diesen Gebieten beschritten sind oder beschritten werden. Aber eines ist ganz sicher, daß die von mir unter 3. gestellte Frage in vollem Umfange bejaht werden kann. Die Arbeit der deutschen Wissenschaft hat es ermöglicht, aus den Nebenprodukten der Thoriumfabrikation eine große Anzahl nützlicher und wichtiger Dinge herauszuholen und in den Dienst unserer Wirtschaft zu stellen. — So ist also die Glühstrumpfindustrie nicht nur an und für sich eine Devisenquelle, sondern sie ist auch in steigendem Maße imstande, noch darüber hinaus andere devisenbringende oder devisensparende Werte zu schaffen.

Hiermit sind die Fragen, die die Gasglühlicht-Industrie auf ihrem eigentlichen Arbeitsgebiet bewegen, umrissen. Es ist selbstverständlich, daß man vom Standpunkt des Vierjahresplanes nicht nur den Glühstrumpf für sich allein betrachten darf, sondern daß man ihn ganzheitlich im Rahmen der Gasbeleuchtung bzw. der Gaswirtschaft behandeln muß. Die große Bedeutung der Gaswirtschaft im Vierjahresplan ist ja bekannt. In diesen Rahmen ist auch das Gasglühlicht einzugliedern. Ich begnüge mich jedoch mit dem kurzen Hinweis auf diese Tatsache, denn eine Erörterung der Fragen, die die Gaswirtschaft als solche betreffen, würde das Thema meines Vortrages überschreiten.





BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III

38251

Politechniki Gdańskiej