

2 Eugen Goldstein und die Elektrizität

2.1 Der dunkelste Teil der Elektrizitätslehre

Gotthilf-Eugen Goldstein kam am 5. September 1850 um 4.30 Uhr nachmittags im schlesischen Gleiwitz (Gliwice) als Sohn des jüdischen Weinhändlers Julius Goldstein und dessen Frau Bertha, geborene Neumann, zur Welt.¹² Seine Eltern starben, als er zwei Jahre alt war.¹³ Die weitere Erziehung übernahmen Verwandte im schlesischen Ratibor (Raciborz). Insgesamt ist nur sehr wenig über Goldsteins Familie bekannt, außer daß er Geschwister hatte, da er in Briefen zwei Neffen erwähnte.¹⁴ Der Physiker Wilhelm Westphal behauptete in seinen Erinnerungen an Goldstein, daß dessen Vater vermögend war.¹⁵ Außer dieser Bemerkung, die seitdem ständig wiederholt wurde, spricht jedoch nichts dafür. Falls Goldstein aus wohlhabenden Verhältnissen stammte, war sein Erbe bald aufgebraucht. Wahrscheinlich war er nie reich, im Gegenteil beklagte er sich über seine andauernde Armut. Zudem mußte er für seine mittellosen Pflegeeltern aufkommen, was ihn erheblich belastete.¹⁶

Ostern 1869 schloß Goldstein das Gymnasium mit dem Abitur ab. Danach verließ er Ratibor und ging nach Breslau. Ursprünglich wollte er Arzt werden und nahm daher in Breslau ein Medizinstudium auf. Aber bereits nach einem Jahr verließ er die Stadt wieder und zog nach Berlin. Dort hörte er Vorlesungen bei berühmten Wissenschaftlern wie dem Chemiker August Wilhelm Hofmann und dem Physiker und Meteorologen Heinrich Wilhelm Dove. Es war eine gute Wahl nach Berlin zu gehen, denn 1871 wurde der Physiologe und später sogenannte „Reichskanzler der Physik“ Hermann Helmholtz für die Berliner Universität gewonnen. Mit ihm wurde Berlin zum Zentrum der Physik in Europa.

Goldstein soll schon als Zehnjähriger seine Leidenschaft für die Physik entdeckt haben, als er zufällig eine Vortrag mit physikalischen Vorführungen miterlebte, die eigentlich

¹² Schreiben der Stadtverwaltung Gleiwitz an den Autor vom 5. April 2000. Darin ist folgende Abschrift eines Archiveintrages (ohne Signatur) enthalten: „Laut Verhandlung vom 12 September 1850 Vol. III B1.93 der Akten betreffend die Beglaubigung der Juden-Geburten ist die Ehefrau des Weinkauffmanns Julius Goldstein von hier Bertha geb. Neumann am 5. September achtzehnhundertfünfzig Nachmittags 4.30 Uhr von einem Kinde männlichen Geschlecht entbunden worden welches den Vornamen Gotthilf-Eugen erhalten hat“.

¹³ ABBAW Bab. 68, Lebenslauf ohne Datum.

¹⁴ DLA Levin, 13.04.1912; ABBAW Allgemeine Sammlung, Splitternachlaß Paul Guthnick, Nr. 24, 23.12.1925.

¹⁵ Westphal 1950, S. 410.

¹⁶ ABBAW Bab. 68, Goldstein an Foerster, 28.04.1886; GStA Bab. XIV, Bl. 92.

2 Eugen Goldstein und die Elektrizität



Abbildung 2.1: Gotthilf-Eugen Goldstein im Alter von 70 Jahren. Er wurde 5. September 1850 als Sohn eines Weinkaufmanns in Gleiwitz geboren und starb am 25. Dezember 1930 in Berlin. Photo: ABBAW Photosammlung E. Goldstein, Nr. 1.

2.1 Der dunkelste Teil der Elektrizitätslehre

für ältere Hörer bestimmt war.¹⁷ Jedoch erst unter der „Einwirkung der Persönlichkeit“¹⁸ von Helmholtz wandte sich Goldstein endgültig der Physik zu und fand dort seine Bestimmung.

Das erste Berliner Physikalische „Institut“ bestand lediglich aus ein paar Räumen im Ostflügel der Universität, in dem die Studenten Tisch an Tisch nebeneinander arbeiteten.¹⁹ Goldstein wurde der erste Praktikant²⁰ in diesem Institut, in dem sich mit der Zeit Studenten aus dem ganzen Reich drängten. Die Enge brachte zwar Unbequemlichkeiten beim Experimentieren mit sich, förderte aber intensiven Austausch zwischen Helmholtz und den Studenten. Der Direktor machte zweimal täglich seine Runde durch das Labor und sprach mit seinen Schülern über ihre Arbeit.²¹ Besonders beeindruckt war Goldstein von Helmholtz’ „überwältigenden Scharfsinn“, für den jede Beweisführung des Lehrlings nur „Spinnengewebe“ war. Für wilde Spekulationen war im Helmholtzschen Laboratorium kein Platz und die „Romantiker der Forschung“²² mußten umlernen. Die Kritik des Meisters war aber nicht zerstörerisch, sondern Goldstein lernte, was es wirklich heißt, wissenschaftlich zu arbeiten:

Wer durch diese Schule gegangen, der stand jedem seiner eigenen Resultate zunächst als Skeptiker gegenüber, und es war ihm ein zwingendes Bedürfnis, durch möglichst zahlreiche Versuche bei wechselnden Methoden allen für ihn denkbaren Einwänden zu begegnen, ehe eine Veröffentlichung gewagt wurde.²³

Wie sich noch herausstellen wird, hatte sich Goldstein besonders diese vorsichtige Zurückhaltung zu eigen gemacht.

Helmholtz wurde von seinen Schülern nicht nur verehrt, weil er als Wissenschaftler der „GröÙte unter den GroÙen“²⁴ war, sondern auch, weil er sich nachhaltig und großherzig für seine Schützlinge einsetzte.²⁵ Zwischen den Jahren 1871 und 1894 vermittelte er 91 Beiträge für die Berichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften und stellte damit die vielversprechendsten Werke der Nachwuchsphysiker den wissenschaftlichen Autoritäten vor.²⁶ Helmholtz machte seinen Einfluß in der Akademie auch für finanzielle Unterstützung geltend. Goldstein erhielt in den Jahren 1878, 1879, 1881, 1882 und 1887 Geld von der Akademie, an dessen Bewilligung Helmholtz federführend beteiligt war.²⁷ Die Förderung durch Helmholtz war ein Gütesiegel, das Goldstein auszeichnete und später benutzt werden konnte, um für ihn zu werben. Noch in späten Jahren dachte Goldstein mit Hochschätzung und Ehrfurcht an seinen Lehrer, Vorbild und Mentor, dem er viel zu verdanken hatte. Der Schriftsteller Julius Levin erinnerte sich, daß es Goldsteins liebstes Gesprächsthema war „Helmholtz’ menschliche Größe zu preisen“.²⁸ Unter

¹⁷ Reichenheim 1920, S. 717.

¹⁸ Levin 28. 12. 1930.

¹⁹ Lenz 1910, S. 278–296.

²⁰ Reichenheim 1920, S. 717.

²¹ Schuster 1911, S. 16f.

²² Goldstein 1921, S. 709.

²³ Ebenda.

²⁴ Goldstein 1925, S. 44.

²⁵ Mulligan 1989.

²⁶ Cahan 1999, S. 294f.

²⁷ Ebenda, S. 300; GStA Bab. XII, Bl. 42–45; GStA Bab. XIV, Bl. 84.

²⁸ Levin 28. 12. 1930.

den Arbeiten, die Helmholtz der Akademie empfahl, war auch Goldsteins erste wissenschaftliche Veröffentlichung. Die Arbeit *Über Beobachtungen am Gasspektris* wurde am 13. August 1874 den Berliner Akademikern vorgelegt, und sie war der Auftakt zu der über fünfzigjährigen Beschäftigung Goldsteins mit einem Gebiet, das er wie kein anderer geprägt hat: die elektrische Entladung in verdünnten Gasen.

Die Tatsache, daß verdünnte Luft Elektrizität besser leitet als normale Atemluft und dabei sonderbar leuchtet, war spätestens seit Beginn des 18. Jahrhunderts bekannt.²⁹ Der grundsätzliche Versuchsaufbau blieb bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts nahezu unverändert: In ein Glasgefäß wurden zwei Elektroden durch die Gefäßwand geführt und von außen mit einer Elektrizitätsquelle leitend verbunden. Das Gefäß wurde mit einer Pumpe so weit wie möglich evakuiert. War die Spannung der Quelle hoch genug, *entlud* sich die Elektrizität der Quelle durch die Gasmasse und brachte das Gas in charakteristischer Weise zum Leuchten. Jedoch glich kein Versuch einem anderen, da es viele veränderliche Größen in diesem Aufbau gab: die Geometrie der Röhre, die Art des Gases, dessen Druck und unterschiedliche Elektrizitätsquellen. Farbe, Form und Helligkeit des Entladungslichts hingen in äußerst empfindlicher Weise von diesen und weiteren Größen ab. Sie waren sogar zeitlich veränderlich, so daß selbst bei wohldefinierten Bedingungen eine eindeutige Wiederholung eines Entladungsversuch ein experimentelles Kunststück war und ist. Trotzdem – oder vielleicht gerade deshalb – wurden Gasentladungen von verschiedenen Forschern untersucht, wobei das wohl das einzig Gemeinsame dieser Experimente die Frage „Was ist Elektrizität?“ und die Faszination des geheimnisvoll-schönen elektrischen Lichts war.

Gasentladungen waren jedoch auch ein außerordentlich problematisches Beschäftigungsfeld. Der englische Physiker Arthur Schuster erinnerte sich, daß er Anfang der 1870er Jahre, als er das Berliner Institut besuchte, eine in Interesse und Ablehnung gesplattene Haltung der Physiker gegenüber der Elektrizität in Gasen bemerkte:

The frame of mind with which the academic physicist looked upon investigations of the passage of electricity through gases, might be made the subject of instructive comment. The facts so far as they had been ascertained did not fit in with recognised views : hence they were ignored and students were warned off the subject. There was a feeling that perhaps in a century or so, the question might be attacked, but that in the meantime, it had better be left to be played with by cranks and visionaries. No criticism was more frequent at that time, than that of characterising as premature any new idea or fresh line of investigation in this direction;[. . .]³⁰

Helmholtz traute seinem Schüler Goldstein zu, seine ersten wissenschaftlichen Schritte auf einem Gebiet zu machen, das nur für Wunderlinge und Visionäre geeignet schien. Tatsächlich eröffnete Goldstein schon im 19. Jahrhundert, und nicht erst hundert Jahre später, eine „fresh line of investigation“. Diese wird in diesem Kapitel nachgezeichnet.

In den späten 1830er Jahren hatte sich der vielseitige Experimentator Michael Faraday der Gasentladung zugewandt. Er hatte erfolgreich allgemeine Gesetzmäßigkeiten über Elektrizität und Magnetismus aufgestellt und wollte diese für Gase testen. Es erwies sich aber als überaus schwierig, aussagekräftige Experimente anzustellen. Die Phänomene

²⁹ Whittaker 1951, S. 349ff und Hiebert 1995.

³⁰ Schuster 1911, S. 53f.

2.1 Der dunkelste Teil der Elektrizitätslehre

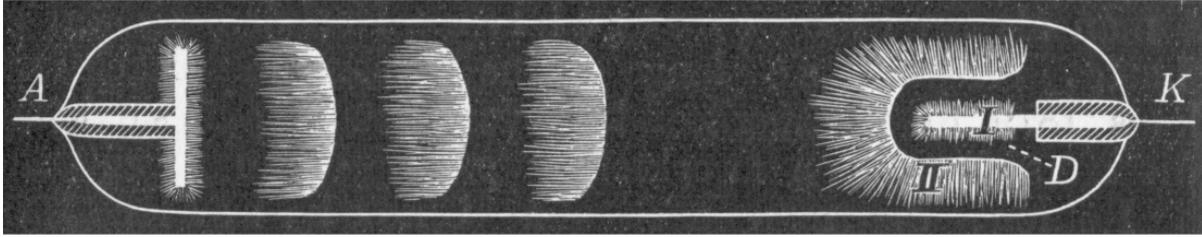


Abbildung 2.2: Schichten einer Gasentladung. Von rechts nach links gesehen: *K* Kathode, *I* erste Schicht des Kathodenlichts, *D* zweite Schicht oder Hittorfscher oder auch Crookescher Dunkelraum, *II* dritte Schicht, Faradayscher Dunkelraum, positive Säule mit Schichten, *A* Anode. Nach Goldstein ist in Luft die erste Schicht des Kathodenlichts chamois-gelb, die zweite Schicht nicht völlig dunkel, sondern „wasserblau“, die dritte Schicht „blau mit einem Stich nach violett“, und das positive Licht hat eine „karmoisinröthliche bis roth-gelbe“ Farbe. Bild: Graetz 1914, S. 309.

variieren mit der Größe des Gefäßes, dem Füllgas, dem Druck, der Temperatur und der Entladungsintensität, Regelmäßigkeiten waren jedoch nicht zu entdecken:

In fact the luminous phenomena of Electric discharge across very rare media are so numerous so varied *so indicative* and yet as it appears to me so little understood in respect of their *law* or fundamental principle that I *can not* retain them in my mind – for I have no memory & memory only can keep hold of them.³¹

Aber auf Faraday geht die wesentliche Beobachtung zurück, daß alle Gase eine dreiteilige Struktur während der Entladung zeigen. Bei moderaten Drücken von einigen Torr, wie sie mit Kolbenpumpen erreicht werden konnten, sind drei „Licht-Schichten“ zu erkennen. An der Anode erscheint die rötliche „positive Säule“, die auch „positives Licht“ genannt wird. An der Kathode dagegen erscheint ein blaues Licht, das sogenannte „negative Licht“, das auch „Kathodenlicht“ oder „Glimmlicht“ heißt. Das positive und das negative Licht werden durch einen dunklen Bereich getrennt, der nach seinem Entdecker „Faradayscher Dunkelraum“ heißt.

Faradays Ergebnisse fanden damals kaum Beachtung, und es sollte über zehn Jahre dauern, bis sich neue Perspektiven auftaten. Um 1850 dann leisteten zwei technische Entwicklungen der Erforschung der Elektrizität in Gasen Vorschub: der Funkeninduktor und die Quecksilber-Vakuumpumpe. Ein Induktor ist im Wesentlichen ein komplizierter Transformator zum Erzeugen von hohen Spannungen. Der deutsche Instrumentenmacher Heinrich Daniel Rühmkorff entwickelte den Induktor soweit, daß man damit Spannungen um 50 kV erzeugen konnte. Solche Induktorien wurden bald von vielen Firmen hergestellt und fanden überall dort Anwendung, wo elektrische Hochspannung benötigt wurde, insbesondere bei der Untersuchung der Gasentladung. Die zweite Entwicklung geht auf den vielseitigen Glasbläser und Instrumentenmacher Heinrich Geißler zurück, der seine Werkstatt in Bonn hatte. Geißler benutzte Quecksilber als eine Art flüssigen Kolben, um eine Torricellische Leere zu erzeugen. Auf diese Weise konnte er wesentliche niedrigere

³¹ Faraday an Plücker, 29.03.1860, Williams 1971, S. 950.

Drücke erreichen, als es mit den bisher verwendeten Pumpen möglich war. Auch diese Erfindung wurde mit der Zeit vielfach weiterentwickelt und verbessert, so daß eine Vielzahl von Pumpen kommerziell erhältlich war.

Der Bonner Glasbläser verwendete seine Pumpe für eine neue Generation von Entladungsröhren, die als „Geißlersche Röhren“ bekannt wurden. Bei ihnen wurde die Tatsache ausgenutzt, daß in gebogenen Röhren das positive Licht der Krümmung des Glases folgt. Die Elektrizität bahnt sich ihren Weg selbst durch verschlungenste Windungen. Geißler stellte Röhren von großer Formenvielfalt und handwerklicher Vollendung her. Zusätzlich konnte durch die Verwendung verschiedener Gase und Materialien beeindruckende Farbeffekte erzeugt werden. Geißlerröhren wurden daher außerhalb des Labors als Schau- und Unterhaltungsobjekte verwendet, zum Beispiel leuchteten sie als Diademe mit brillianter Helligkeit in Ballettvorstellungen.³²

Dieser populäre Aspekt der Geißlerschen Röhren wurde bisher kaum untersucht. Heutzutage finden sich noch unzählige Kataloge und auch Originalröhren in Museen und Antiquariaten, die ein reges Interesse eines großen Publikums an den zerbrechlichen Gebilden bezeugen. Dabei ist aber nicht klar, in welchen gesellschaftlichen Kontexten, zum Beispiel in universitären Vorlesungen, öffentlichen Vorträgen oder gar in privaten Kreisen, sie ihre hauptsächlichsten Verwendungen fanden. Der Formen- und Farbenreichtum, sogar der Einbau von Motoren in die Aufhängungen der Röhren, um damit durch schnelles Drehen bunte Muster zu erzeugen, spricht eher für reine Schau- und Schmuckstücke. Wer sich damit aus welchen Gründen schmückte, ist eine offene Frage. Wenn sich die Röhren als bunt leuchtende Zierde auf bürgerlichen Wohnzimmerkommoden wiederfanden, könnte das erklären, warum sich in akademischen Kreisen eine Reserviertheit gegenüber einer wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit elektrischen Entladungen eingestellt hat: populäre Schmuckstücke sind keine wissenschaftlichen Untersuchungsgegenstände. Es ist auffällig, daß sich in Großbritannien hauptsächlich unabhängige Privatgelehrte mit elektrischen Entladungen befaßt hatten, obwohl man der Meinung war, daß sie eine große theoretische Bedeutung hatten. Die Geißlerschen Röhren führten also ein Doppelleben: als Forschungs- und als Unterhaltungsgegenstand. Als zum Beispiel Heinrich Hertz sich mit der elektrischen Entladung befaßte, mußte er in einem Brief an seinen Vater im Juni 1882 den Unterschied in einem entschuldigenden Ton deutlich machen:

Ich beschäftige mich den Tag über bis zum Abend mit den Lichterscheinungen in verdünnten Gasen, den sogenannten Geißlerschen Röhren, nur muß Du dabei nicht gerade an die gewöhnlich als Schaustücke gezeigten denken [...]³³

Die Geißlerschen Röhren wurden für wissenschaftliche Untersuchungen zuerst von dem Bonner Mathematikprofessor Julius Plücker verwendet. Um 1850 hatte er sich der Physik zugewandt und begann eine Zusammenarbeit mit Geißler. In einer Reihe von Veröffentlichungen stellte Plücker eine große Menge Eigenschaften der Gasentladungen zusammen. Diese bestanden aus einer durchgehenden Auflistung von Versuchsbeschreibungen und verschiedenster Überlegungen, aber ohne einen roten Faden erkennen zu lassen. Seine Darstellungen haben eher den Charakter von Laborbucheinträgen, als den einer systema-

³² Graetz 1914, S. 308.

³³ Zitiert nach Eichhorn 1984, S. 10.

2.1 Der dunkelste Teil der Elektrizitätslehre

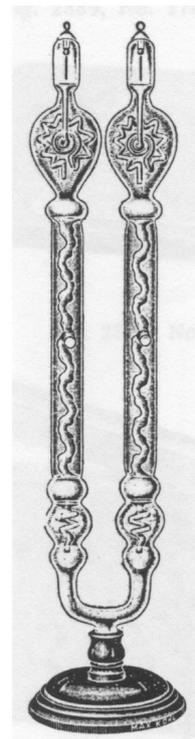
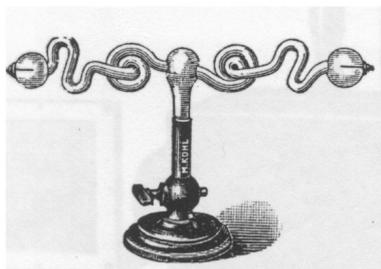
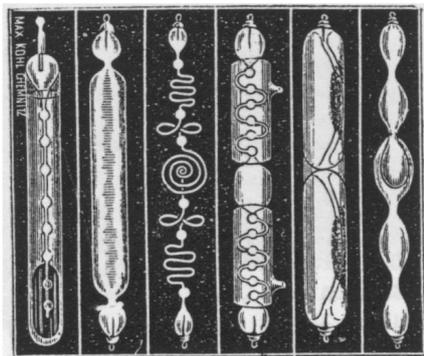
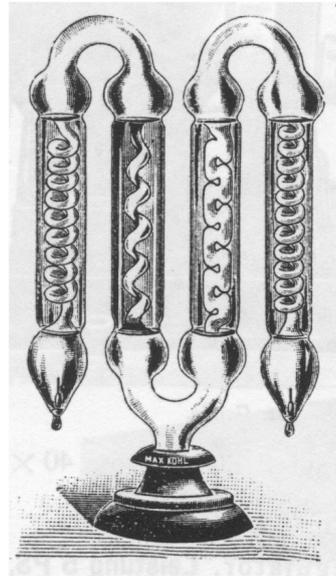
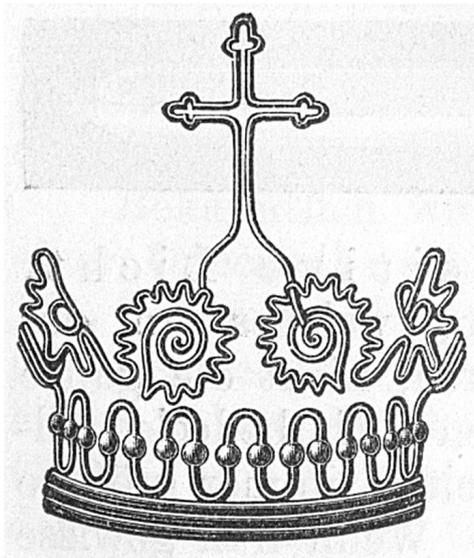


Abbildung 2.3: Verschiedene Geißlersche Röhren für Demonstrationszwecke. Bild oben links: Graetz 1914, S. 308, alle anderen: Kohl 1905, S. 762.

tischen Zusammenfassung. Obwohl Plücker Mathematiker war, gab es keinen erkennbaren Versuch, mathematisch formulierbare Gesetze aufzustellen. Dagegen nehmen in seinen Gesammelten Abhandlungen die Beschreibung der Experimente und Ergebnisse über den Einfluß von Größe und Form der Röhren, des Kathodenmaterials, und von magnetischen Feldern auf die Entladung über 200 Seiten ein.³⁴ Die verbesserten technischen Voraussetzungen förderten zwar die Erscheinungen besser zu Tage, aber Plücker konnte mit stärkeren Elektrizitätsquellen, besseren Pumpen und mit Hilfe von Geißlers handwerklichen Geschick der Gasentladung nicht Herr werden.

Eine Eigenschaft, die Plücker ausführlich untersuchte, war das Spektrum der Gase während der Entladung. Schon seit Anfang des 19. Jahrhunderts war bekannt, daß das Licht, das Materie unter extremen Bedingungen ausstrahlt, eine komplizierte Struktur hat. Wird eine Probe in eine Flamme oder in eine elektrische Bogenentladung gehalten, zeigen sich in der spektralen Zerlegung des Lichts einzelne helle Linien und auch zusammenhängende „Banden“. Die Idee, daß dieses Spektrum in irgendeiner Weise zu einer Identifizierung von Stoffen benutzt werden könnte, wurde von verschiedener Seite vorgeschlagen. Plücker war aber einer der ersten, der die Emissionsspektren der Gase untersuchte:

Ich habe, wie ich glaube zuerst, mit Bestimmtheit ausgesprochen, dass die Lichterscheinungen, welche die elektrische Entladung durch längere gasverdünnte Röhren begleitet, abgesehen von den besonderen Erscheinungen in der Nähe der beiden Elektroden, einzig und allein durch die in der Röhre zurückgebliebenen Gasspuren bedingt werden und dass, bei der Schönheit und bei der grossen Mannigfaltigkeit der Spectra für verschiedene Gase, diese Spectra ein neues charakteristisches Kennzeichen der Gase abgeben und, bei einer etwaigen chemischen Veränderung des Gases, die Natur dieser Veränderungen sogleich erkennen lassen. Es scheint mir eben hierin die Wichtigkeit des Gegenstandes zu liegen und der Weg für neue physikalisch-chemische Untersuchungen angedeutet.³⁵

Plücker kam aber nicht über solche Überlegungen hinaus. Nahezu gleichzeitig wurde in Heidelberg von Gustav Kirchhoff und Robert Bunsen die Spektralanalyse auf eine experimentell gesicherte und theoretisch überzeugende Grundlage gestellt. Plückers Arbeiten hatten dagegen kaum Aufsehen erregt und wurden durch den Erfolg von Kirchhoff und Bunsen völlig ins Abseits gedrängt. Grundlegend für die Spektralanalyse war jedoch, daß jeder Stoff ein charakteristisches Spektrum besitzt. Genau dieses Prinzip wurde durch eine Entdeckung in Frage gestellt, die Plücker gemeinsam mit seinem früheren Studenten Johann Wilhelm Hittorf Anfang der 1860er machte. Sie fanden, daß einige Stoffe durchaus verschiedene Spektren haben konnten:

There is a certain number of elementary substances, which, when differently heated, furnish two kinds of spectra of quite a different character, not having any line or any band in common.³⁶

³⁴ Pockels und Schoenflies 1896, S. 475–700.

³⁵ Ebenda, S. 516.

³⁶ Ebenda, S. 671.

2.1 Der dunkelste Teil der Elektrizitätslehre

Diese Entdeckung war von weitreichender Bedeutung, denn sie warf ein neues Licht auf die Grundlagen der Spektralanalyse. Doch sie erregte zunächst praktisch keine Aufmerksamkeit. Nach Plücker's Tod 1868 wurde Adolph Wüllner sein Nachfolger in Bonn. Wüllner führte die Erforschung der mehrfachen Entladungsspektren fort und seine Arbeiten waren es dann, die eine zwischen mehreren Forschern geführte Diskussion einleiteten.³⁷ Wüllner sprach dabei die Vermutung aus, daß die Entstehung der verschiedenen Spektren von der Art der Entladung abhängt. Man unterschied „kontinuierliche“ von „diskontinuierliche“ Entladungen, je nachdem, ob der Strom scheinbar ruhig durch die Gasmasse floß, oder von mehr oder weniger kurzen Pausen unterbrochen wurde. Es war nicht klar, ob diese „disruptiven“ oder „intermittierenden“ Entladungen eine eigene Klasse von Erscheinungen darstellten, oder das Auftreten von aufeinanderfolgenden „Partialentladungen“ nur ein Artefakt der benutzten Elektrizitätsquelle war. Wüllner zog jedoch aus seinen Versuchen den Schluß, daß immer dann ein Linienspektrum auftrat, wenn eine diskontinuierliche Entladung vorlag, und ein Bandenspektrum entsprechend immer dann, wenn eine kontinuierliche Entladung gezündet wurde.³⁸

Es war genau an dieser Stelle, an der Goldstein seine erste Veröffentlichung einbrachte. In seiner 1874 erschienenen Arbeit *Über Beobachtungen am Gasspektris* setzte er sich ausschließlich und eingehend mit Wüllners Ergebnis auseinander. Goldstein benutzte verschiedene Elektrizitätsquellen (Induktorien, Leydener Flaschen) und konnte Entladungen hervorrufen, die dem Wüllnerschen Satz widersprachen. Er konnte zum Beispiel eine kontinuierliche Entladung erzeugen, die Linien und Banden zeigte.³⁹ Goldstein ging soweit, zu schließen, „dass das Auftreten der Spektre [...] unabhängig ist von der Form, unter welcher die sie erzeugenden Entladungen erscheinen“.⁴⁰

Dieser anfängliche Erfolg, sich als Neuling in eine aktuelle Forschungsdebatte eingebracht zu haben, hat Goldstein möglicherweise motiviert, auf dem Gebiet weiter zu arbeiten. Jedoch waren Gasentladungen ein umstrittenes Beschäftigungsfeld und die Meinung darüber, ob Arbeiten über Gasentladungen überhaupt zu brauchbaren Ergebnissen führen würde, war geteilt. Goldstein erinnerte sich daran, daß man ihm von diesem Thema abgeraten hatte:

Sehr wenig beliebt und beachtet waren eine lange Reihe von Jahren hindurch Vorträge über elektrische Entladungen. Ein hervorragendes Mitglied der [Berliner Physikalischen] Gesellschaft bat mich in herzlichem Wohlwollen, doch von diesem Arbeitsgebiet Abstand zu nehmen, „es käme da doch nichts heraus“, und ein ebenso bedeutendes Mitglied, mit dem ich persönlich befreundet war, argumentierte: „Deine Arbeiten beziehen sich auf Erscheinungen im leeren Raume; einen leeren Raum gibt es auf der Erde in der freien Natur nicht; also können deine Arbeiten niemals eine Bedeutung für die Menschheit haben.“⁴¹

Allein Helmholtz war anderer Ansicht. Er war von der Wichtigkeit und den weitreichenden Konsequenzen der Ergebnisse, die Studien über Gasentladungen hervorbringen würden,

³⁷ McGucken 1969, S. 53–76.

³⁸ Wüllner 1872.

³⁹ Goldstein 1874, S. 600.

⁴⁰ Ebenda, S. 603.

⁴¹ Goldstein 1925, S. 43.

überzeugt. Als Goldstein schrieb, daß Helmholtz der „einzige entschiedene Anhänger“⁴² seiner Arbeit war, hat er zwar übertrieben, denn Goldstein war nicht der einzige, der sich an Gasentladungen wagte; es ist aber wahrscheinlich, daß wesentliche Impulse von Helmholtz ausgingen. Er war von 1855 bis 1858 Professor für Physiologie in Bonn und kannte daher Plücker und seine Arbeiten. Nach den Jahren in Bonn ging Helmholtz nach Heidelberg und erlebte dort die Entwicklung der Spektralanalyse mit. Helmholtz mußte um die Bedeutung der mehrfachen Entladungsspektren gewußt haben. Etwa gleichzeitig mit Goldstein versuchte ein enger Freund von Helmholtz, Gustav Wiedemann, allgemeine, auch quantitativ gestützte Aussagen über Gasentladungen zu machen. Es entstanden zwei umfangreiche Arbeiten, die man als „gemäßigt erfolgreich“⁴³ bezeichnen kann. In Helmholtz' Umkreis bestand demnach ein Interesse, daß der „dunkelste Theil der heutigen Elektrizitätslehre“⁴⁴ endlich beleuchtet würde.

Goldstein stieß 1874 in das sowohl experimentell als auch theoretisch sehr schwierige Terrain der Elektrizität in Gasen vor. Mit Förderung und Rückendeckung von Helmholtz konnte der junge Forscher seine ersten Schritte wagen und bewies dabei großes Geschick. Er fand ein Gebiet vor, auf dem schon viele Fakten gesammelt worden waren und Autoren aus verschiedenen Bereichen widersprüchliche Thesen aufgestellt hatten. Es war ein Grenzbereich der Wissenschaft, nur geeignet für „cranks and visionaries“. Zudem gab es noch keine überzeugende systematische Zusammenstellung oder allgemeingültige Aussagen. Der Wüllnersche Satz wäre ein solches allgemeines Gesetz gewesen, aber den hatte Goldstein gerade widerlegt. Insgesamt versprach die Beschäftigung mit Gasentladungen zwar eine Reihe „schöner“ Experimente, aber brauchbare Resultate waren nicht im Versprechen mit einbegriffen. Helmholtz glaubte an die Wichtigkeit des Gebiets, auf dem sich Fragen nach der Materie und der Elektrizität überschneiden, und sein Schüler sollte es erforschen.

2.2 Schatten im Phosphoreszenzlicht

Nach den gemeinsamen Veröffentlichungen mit seinem ehemaligen Lehrer Plücker startete Wilhelm Hittorf in Münster im Jahr 1869 eine eigene Reihe von Experimenten und wurde zu einem Adepten der Gasentladungsphysik. Er hatte sich in den 1850er Jahren ausführlich mit der Elektrolyse beschäftigt und zahlreiche Messungen gemacht. Dabei konnte er quantitative Zusammenhänge formulieren und das Faradaysche Gesetz der Elektrolyse mit dem Ohmschen Gesetz der elektrischen Leitfähigkeit für Festkörper in Zusammenhang bringen. Nachdem sich also eine theoretische Verbindung zwischen der elektrischen Leitung in Flüssigkeiten und Festkörpern herausgestellt hatte, bot sich an, die Leitung der Elektrizität in Gasen mit einzubeziehen.

Hittorf hatte während der Untersuchung der mehrfachen Spektren gemeinsam mit Plücker technische Erfahrung mit Experimenten zur Gasentladung gesammelt. Es waren gerade auch dessen experimentelle Fähigkeiten, die der Mathematiker Plücker benötigt hatte. Aber die technischen Schwierigkeiten erlaubten es Hittorf nicht, die Präzision sei-

⁴² Ebenda.

⁴³ Hiebert 1995, Fußnote 18, S. 129.

⁴⁴ Hittorf 1869, S. 1.