

1 Einleitung

1.1 Die Wiederkehr des Kometen

In der Nacht vom 18. auf den 19. Mai des Jahres 1910 drohte wieder einmal der Untergang des Abendlandes: der Halleysche Komet kehrte nach 75 Jahren zum dritten Mal wieder. Doch diesmal hatten die Astronomen mit ihren Spektroskopen herausgefunden, daß sich im Schweif des Kometen hochgiftige Cyanid-Verbindungen befanden. Unglücklicherweise wurde vorausberechnet, daß die Bahn der Erde durch den Schweif hindurchführte und daher die Menschen unweigerlich einen grausamen Vergasungstod erleiden würden. Nicht wenige nahmen sich aus Furcht vor ihrem schrecklichen Schicksal vorsichtshalber das Leben. Viele andere Menschen, vor allem die urbaneren, nahmen die Gelegenheit wahr, dem Weltuntergang angemessen dekadent zu begegnen. In Paris feierte die Bohème die „réveillons de la comète“, in Marseille wurden Bälle abgehalten, in Köln war man ausgelassen wie zur Karnevalszeit, die Wiener sangen auf den Straßen „die Welt steht auf kan' Fall mehr lang“ (wenn sie von der Polizei vom Liebesspiel im Park abgehalten wurden), und in London verhinderte ein Gewitter eine zu große Erhitzung der Gemüter. Wer konnte, stieg auf einen Turm oder ein Dach, um den Kometen besser sehen zu können; manche fielen aber dabei herunter.¹ Nach der Kometenparty kam dann die schrecklichste aller Wahrheiten ans Licht. Übereinstimmend stellten die Wissenschaftler, die die ganze Zeit ihre empfindlichen Meßgeräte im Auge gehabt hatten, fest: „Man hat nichts gesehen! Nichts, was auf den Kometen Bezug haben könnte. Nicht die geringste elektrische Störung wurde beobachtet.“²

Einer der Wissenschaftler, der sich besonders für die elektrischen Ereignisse jener Nacht interessierte, war der Physiker Eugen Goldstein, Assistent an der Berliner Sternwarte. Er war zwanzig Jahre zuvor vom Direktor der Sternwarte, Wilhelm Foerster, als „Physikalischer Mitarbeiter“ angestellt worden. Der Direktor hatte trotz erheblicher Widerstände ein für die damalige Zeit geradezu avantgardistisches Forschungsprojekt gestartet, das auch die Frage nach dem möglichen elektrischen Ursprung der Kometenschweife betraf. Die „Untersuchungen über das Wesen der Elektrizität im Weltraum“ sollten in systematischer Weise Beziehungen zwischen „kosmischen Phänomenen“ wie Kometen, Sonnenflecken und -korona, Nebelflecken

¹ Zur Kometennacht von 1910 siehe Griesser 1985, 192–193, 196–200.

² Ebenda, S. 200.

(Galaxien), Polarlichtern und Blitzen einerseits, und dem elektrischen Leuchten von Gasen und anderen physikalischen Phänomenen in elektrischen Gasentladungsröhren andererseits, ergründen. So konnten im August des Jahres 1897 deutsche Zeitungen einen neuen Triumph der Wissenschaft präsentieren: Goldstein hatte in einem kleinen Glasgefäß mit Hilfe der sonderbaren elektrischen Kathodenstrahlen einen Kometen erstrahlen lassen. Dieses Resultat hatte mehr als nur wissenschaftliche Bedeutung. Kaiser Wilhelm II. besuchte die Sternwarte und ließ sich vorführen, wie preußische Forscher die himmlischen Schicksalsboten beherrschten.

Kometen und Kathodenstrahlen – wie paßte das zusammen? Die hier vorliegende Studie untersucht die Goldstein-Foerstersche Unternehmung, ihren Inhalt, ihre wissenschaftlichen, epistemologischen, biographischen, sozialen, kulturellen sowie politischen Bedingungen, ihren Verlauf, sowie die Gründe für ihr letztendliches Scheitern.

Was kann an einem gescheiterten wissenschaftlichen Unternehmen interessant sein? Zunächst: Die Geschichte der Wissenschaften ist nicht die Geschichte stetigen An sammelns von Wissen oder das Heldenlied der Geistesgrößen, die die Fackel der Erkenntnis ins Dunkel der Ignoranz tragen, um die lichte Gegenwart zu erschaffen. Schwierig ist es auch, von Wegen und Irrwegen zu sprechen. Es ist zumindest gerechter anzuerkennen, daß der Weg der Erkenntnis erst gesucht werden mußte, und Mißerfolge selten tradiert werden. Doch welche Richtungen zum Fortschritt und welche Richtungen in Sackgassen führten, kann freilich erst vom Wissenschaftshistoriker ausgemacht werden, da auch vermeintliche Irrwege zu Ergebnissen führten. Genannt sei zum Beispiel die romantische Naturphilosophie, die eine Verbindung zwischen Elektrizität und Magnetismus postulierte hatte. Im späten 19. Jahrhundert als schlicht unwissenschaftlich verdammt, war sie es aber, die etwa Hans Christian Oersted zu seiner Entdeckung der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes geführt hatte. Anstatt von Königs- und von Irrwegen zu sprechen, ist es also produktiver, den Gang der Geschichte als eine Karte mit Verzweigungen zu betrachten, wie es der Wissenschaftshistoriker Michel Serres in *Elemente einer Geschichte der Wissenschaften* vorschlägt.³

Die Elektrizität im Weltraum entstand aus der Verbindung eines besonderen philosophischen Interesses und einer besonderen Art der physikalischen Forschung. Auch wenn sie gerade 100 Jahre von uns entfernt ist, so ist sie doch recht fremdartig, vor allem wenn man die oberflächlichen Ähnlichkeiten mit der heutigen Wissenschaft durchschaut. Die Verzweigungen, die zum Kathodenstrahl-Kometen führten, spalteten die Physik in eine „disziplinierte“ und eine „kosmische“, in eine materielle und eine ätherische, in eine theoretische und eine phänomenologische, schließlich in eine moderne und eine klassische. Diesen Knotenpunkten und ihren Verbindungen gebührt das eigentliche Interesse des Historikers.

³ Serres 1995, S. 11–37.

Der hauptsächlich betrachtete Zeitraum umfaßt die Jahre von 1850 bis 1920. Die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert war für die Naturwissenschaften, besonders der Physik, eine ereignisreiche Zeit. Rückblickend trennt eine methodische und epistemologische Kluft die moderne von der klassischen Physik. Dieser Graben wurde aber nicht allein durch das vom Planckschen Wirkungsquantum ausgelöste Beben aufgerissen, sondern er vertiefte sich zwischen einer beobachtenden, phänomenologischen Experimentalphysik und einer theoretisch-mathematischen Physik, die sich im Verein mit immer feineren Präzisionsmessungen, welche sich mehr für die Zahl als für die Erscheinung selbst interessierten, der Welt der Atome bemächtigte.

Das Gebiet, in dem sich dieses Spannungsfeld besonders deutlich abzeichnete, war das der elektrischen Gasentladungen. Die Erforschung der Elektrizität in Gasen war zunächst ein Randgebiet, das experimentell kaum zugänglich schien, doch von dem sich die Forscher große Hoffnungen machten, daß es einmal etwas über die Struktur der Elektrizität und Materie sowie ihren Zusammenhang offenbaren würde. Diese Hoffnung konnte sich erst erfüllen, nachdem die komplexe Erscheinungswelt der Gasentladungen begrifflich und experimentell beherrschbar wurde. Wichtige Beiträge dazu lieferte der Physiker Goldstein, der wie kein anderer die Gasentladungsphysik prägte. Es gelang ihm, wesentliche Erscheinungen zu isolieren, so daß sie als eigenständige Phänomene untersucht werden konnten.

Eng mit seinem Namen verbunden sind die Kanalstrahlen, für deren Entdeckung er heute im Lexikon steht. Nachdem sich herausgestellt hatte, daß diese Strahlen aus ionisierten Atomen bestehen, entwickelten sie sich zu einem unverzichtbaren Bestandteil der experimentellen Atomphysik. Im Jahr 1905 fand Johannes Stark den Dopplereffekt in den Spektren der Kanalstrahlen und erhielt dafür den Nobelpreis für Physik des Jahres 1919. Mindestens ebenso bedeutend war Francis Astons Entdeckung der Isotope, für die er den Chemie-Nobelpreis des Jahres 1922 erhielt. Der von Aston eingesetzte Massenspektrograph war ohne die Kanalstrahlen als Ionenquelle nicht denkbar. Den Wert, den die naturwissenschaftliche *community* der Gasentladungsphysik beimaß, läßt sich an weiteren Nobelpreisen ablesen, die für Entdeckungen auf diesem Gebiet verliehen wurden. Goldstein hatte für eine Erscheinung in der Gasentladungsröhre den Begriff „Kathodenstrahlen“ eingeführt und die Eigenschaften dieses neuen physikalischen Objekts ausführlich untersucht. Doch der Ruhm ging an andere: Den ersten Nobelpreis für Physik, im Jahr 1901, erhielt Wilhelm Conrad Röntgen für die Entdeckung der Röntgenstrahlen, die ein Produkt der Kathodenstrahlen sind. Im Jahr 1905 ging der Preis an Philipp Lenard für seine Untersuchungen über Kathodenstrahlen, die bedeutende Hinweise auf die Struktur der Materie gegeben hatten. Ein Jahr später erhielt ihn Joseph John Thomson für seine „Untersuchung der Elektrizitätsleitung in Gasen“, womit nichts Geringeres als die Entdeckung des Elektrons gemeint ist.

Goldstein selbst wurde auch mehrfach für die höchste Wissenschaftlerehrung vorge-

schlagen, hat sie aber nicht erhalten. Das hing sicher auch mit der Art zusammen, wie er seine physikalischen Forschungen betrieb. Er war ein phänomenologisch arbeitender Forscher, der jede Form von „Theorie“ ablehnte. Er stand damit in einer langen Forschungstradition, die er aber in ein Extrem trieb. Die phänomenologische Experimentierkunst erlebte mit Goldstein ihren Höhepunkt und gleichzeitig ihren Niedergang. Seine Zeitgenossen und Nachfolger sahen in ihm einen Pionier, der zwar durch seine Leistungen den Weg hin zu modernen Physik geebnet hatte, an dieser aber nicht mehr teilhatte. Goldstein eignet sich daher für eine „Fallstudie“, um den Zusammenhang von Theorie und Experiment zu untersuchen, da bei ihm die Charakteristika des phänomenologischen Stils deutlich hervortreten.⁴

Nicht nur die Physik befand sich in Wandel, sondern auch die Astronomie. Die klassische Astronomie sah sich mit neuen Methoden konfrontiert, der Photometrie und der Spektralanalyse, die neue physikalische Fragestellungen erlaubten. Die Etablierung der sich herausbildenden Disziplin „Astrophysik“ geschah aber weniger im Spannungsverhältnis von klassischen und neuen Methoden, als vielmehr von unterschiedlichen Motiven. Die Astrophysik sollte das positivistische Programm der Astronomie mit den neuen Mitteln fort-, und sich gegen eine anders geartete, „Kosmische“ Physik durchsetzen. Letztere war von Alexander von Humboldts *Kosmos* inspiriert und versuchte, weit auseinander liegende Einzelercheinungen miteinander in Beziehung zu setzen.

Eine treibende Kraft hinter der Kosmischen Physik war Wilhelm Foerster. Der Astronom, Wissenschaftsorganisator und -popularisierer war ohne Zweifel eine bedeutende Persönlichkeit der Wissenschaft der preußischen Kaiserzeit. Seine Beiträge zu zahlreichen Unternehmungen – die Gründung der Astronomischen Gesellschaft, Einführung von Meter und Kilogramm in Deutschland, Errichtung öffentlicher Normaluhren für die Vereinheitlichung der Zeit, Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam, Gründung des Astronomischen Recheninstituts, Gründung der internationalen Zentralstelle für astronomische Telegramme als Medium für den internationalen Austausch der Astronomen, Reorganisation des Geodätischen Instituts, Reorganisation des Internationalen Erdmessung, sowie Mitbegründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt – sind aber bisher nur ansatzweise dargestellt worden. Ein weiteres Projekt, die Erforschung der Elektrizität im Weltraum, ist bis jetzt völlig unbeachtet geblieben. Ein Grund ist sicherlich, daß es davon heute keine sichtbaren Spuren mehr gibt. Es war aber, gemessen an dem Einsatz, den Foerster dafür zeigte, keine Nebensache. Im Gegenteil, der betreffende Schriftverkehr des Direktors der Sternwarte mit seiner vorgesetzten Behörde, dem Kultusministerium, nahm in den Akten im Verhältnis zu den anderen Unterlagen

⁴ Der Begriff der Fall-Studie impliziert üblicherweise, daß der untersuchte Fall in irgendeiner Weise typisch und daher verallgemeinerbar ist. Hier wird dagegen behauptet, daß Goldstein ein ausgeprägter Sonder-Fall ist und sich gerade deshalb gewisse Charakteristika besonders gut herausarbeiten lassen.

den größten Raum ein. Die Wiederentdeckung des Projekts und seine Rekonstruktion verspricht ein besseres Verständnis der bisher sträflich vernachlässigten Figur Foerster und gewährt gleichzeitig Einblicke in den Forschungsbetrieb der Kaiserzeit.

Die „Untersuchungen über die Elektrizität im Weltraum“ entstanden aus der Verbindung der phänomenologischen Gasentladungsphysik und der Kosmischen Physik. In ihnen offenbaren sich die Brüche und Stetigkeiten der Übergangszeit vom 19. in das 20. Jahrhundert, und gerade in ihrem Scheitern läßt sich der Wandel der Naturwissenschaft beobachten.

1.2 Textaufbau

Der Wissenschaftshistoriker Klaus Hentschel hat in einer Studie die Geschichte des Einstein-Turmes in Potsdam⁵ ausführlich untersucht. Dabei behandelt er das vom Architekten Erich Mendelsohn entworfene Observatorium zur Untersuchung der Allgemeinen Relativitätstheorie als einen Mikrokosmos, in dem die Handlungen der Subjekte durch eine Betrachtung aus biographischen, sozialen, kognitiven, wissenschaftspolitischen, bau- und architekturgeschichtlichen, ökonomischen sowie sozialpsychologischen Perspektiven verstanden werden sollte.⁶ Durch diese verschiedenen und auch ungewöhnlichen Blickwinkel gelingt Hentschel ein kaleidoskopartiges Bild des Einstein-Turmes und seiner „Bewohner“. Sein methodischer Ausgangspunkt ist der von dem amerikanischen Anthropologen Clifford Geertz entwickelte Ansatz der „dichten Beschreibung“ einer fremden Kultur, die als ein Gewebe von Vorstellungsstrukturen betrachtet wird.⁷ Damit eine facettenreiche Beschreibung auch „dicht“ ist, müssen die Vorstellungsstrukturen herausgearbeitet werden. Diese manifestieren sich unter anderem in den Verbindungen, die zwischen den biographischen, sozialen, kognitiven usw. Beschreibungsebenen bestehen. Zum Beispiel war einerseits das expressionistische Gebäude (Abbildung 1.1) architektonisches Symbol eines „neuen

⁵ Hentschel 1992.

⁶ Ebenda, S. 9–14.

⁷ Geertz beschreibt das Forschungsfeld, in das der Ethnologe eindringt, als „eine Vielfalt komplexer, oft übereinandergelagerter oder ineinander verwobener Vorstellungsstrukturen, die fremdartig und zugleich ungeordnet und verborgen sind und die er zunächst einmal irgendwie fassen muß“, Geertz 1987, S. 15. Das Entwirren dieser verwobenen Vorstellungsstrukturen ist die Hauptaufgabe des Ethnologen. Für Geertz ist dies identisch mit dem Erforschen der fremden Kultur: Kultur ist nicht die Summe der Verhaltensweisen, sondern das Bedeutungsgewebe, in dem ein Subjekt verstrickt ist. Erst wenn man dieses Gewebe durchdrungen hat, ist man in der Lage, „den Bogen des sozialen Diskurses nachzuzeichnen, ihn in einer nachvollziehbaren Form festzuhalten“, Ebenda, S. 28. „Verstehen“ bedeutet also, die Vorstellungsstrukturen der Menschen kennenzulernen. Diese Definition impliziert aber, daß die Beschreibung der fremden Kultur unter Zuhilfenahme jener Deutungen vorgenommen werden muß, die unserer Vorstellung nach die Akteure selbst heranziehen oder heranzogen, Ebenda, S. 22. Das ist kein methodischer Mangel, sondern es ist gerade das Anliegen von Geertz festzustellen, daß ethnologische Interpretationen von zweiter oder dritter Ordnung sind. Die angestrebte Art der Beschreibung bezeichnet er als „dicht“ (im Original „thick“) und Gegensatz zu einer „dünnen“, rein phänomenologischen Darstellung.



Abbildung 1.1: Der Einstein-Turm in Potsdam. Das in den Jahren 1920–21 erbaute Observatorium sollte den experimentellen Nachweis der Gravitationsrotverschiebung des Sonnenspektrums und damit den Beweis der Allgemeinen Relativitätstheorie ermöglichen. Photo: Doris Antony, Berlin (das Bild unterliegt der GNU-Lizenz für freie Dokumentation).

Zeitalters“ und beherbergte andererseits Instrumente für die avantgardistische Physik der gekrümmten Raum-Zeit. Im Einstein-Turm präsentierte sich also die moderne Wissenschaft in dem ihr angemessenen Gewand. Die moderne Wissenschaft und die moderne Architektur müssen folglich gleichberechtigt nebeneinander betrachtet werden, da sie gleichzeitig wirksam waren und Einfluß hatten auf die Vorstellungswelt der Akteure.

Die Geschichte der „Elektrizität im Weltraum“ wird auf zweierlei Weise untersucht. Es werden die verschiedenen Kontexte aufgespannt, aus denen sich die Bedingungen und Gründe für das Handeln der Akteure ableiten lassen. Es sollen aber auch die Motive der Protagonisten verstanden werden. Dazu ist es notwendig, tiefer in ihre Denkweisen einzudringen und die zu Grunde liegenden Vorstellungsstrukturen herauszuarbeiten. Das erweist sich insbesondere im Zusammenhang mit der Frage nach der physikalischen Schlüssigkeit der Goldsteinschen Kometenschweife als unumgänglich. Das Studium der Geschichte der Elektrizität im Weltraum erinnert uns – wie jede Begegnung mit dem Fremden – an die Historizität des Selbstverständlichen.

Der Text wurde in drei Hauptteile gegliedert, die jeder für sich ein Kapitel umfassen. Der erste ist hauptsächlich physikhistorisch und behandelt das wissenschaftliche Werk Goldsteins im Speziellen und die Geschichte der Gasentladungsphysik der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert im Allgemeinen. Dieser Teil ist der umfangreichste und kann als eigenständige Arbeit gelesen werden. Der zweite Teil befaßt sich mit dem Werdegang Foersters und seinen Bestrebungen, eine kosmische Phy-

sik zu etablieren. Die ersten beiden Teile bilden den größeren Rahmen, in dem sich die Geschichte des dritten Teils abspielt. Im entsprechenden Kapitel laufen die Lebenswege von Goldstein und Foerster zusammen und dort wird die Elektrizität im Weltraum aus der Taufe gehoben. Die Geschichte endet schließlich im Jahr 1930 mit dem Tode Goldsteins (Foerster starb bereits im Jahr 1921). Im letzten Kapitel dann werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefaßt.

1.3 Quellenlage

Der größte Teil der verwendeten Primärquellen stammt aus dem Geheimen Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz. Der Schriftverkehr zwischen der Sternwarte und dem Kultusministerium ist dort fast vollständig erhalten und erlaubt daher eine genaue Rekonstruktion des unter dem Titel „Untersuchungen über das Wesen der Elektrizität im Weltenraume“ geführten Forschungsprojektes. Der zweitgrößte Anteil stammt aus dem Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Dort findet sich der damals in der Sternwarte verbliebene Teil des offiziellen Schriftverkehrs sowie Goldsteins Personalakte. Dessen Nachlaß befindet sich ebenfalls Akademiearchiv. Der mehrere tausend Blatt umfassende Bestand besteht zum überwiegenden Teil aus Laborbüchern und Konzeptschriften. Die Archivalien sind durch eine Findkartei erschlossen. Die meisten Aufzeichnungen sind Versuchsprotokolle, die rohe Skizzen sowie knappe Beschreibungen der beobachteten Erscheinungen beinhalten. Daneben existieren ausführlichere Schriften, die die Beobachtungen zusammenfassen und deuten. Der Zustand der Überreste ist meistens gut, aber Goldsteins Handschrift ist über weite Strecken schwer lesbar. Abbildungen 1.2 und 1.3 zeigt einen verhältnismäßig „schönen“ Text, in dem Goldstein seine experimentellen Ergebnisse diskutiert. Außer den Labortexten finden sich noch Entwürfe für Abhandlungen, von denen viele nicht erschienen sind. Diese sind hier von besonderem Interesse, vor allem zwei Texte, die mit „Über Kathodenstrahlen und Kometenphänomene“ und „Über die Beziehung elektrischer Lichterscheinungen zu kosmischen Phänomenen“ überschrieben sind. Letzterer ist im Anhang wiedergegeben.

Persönliches ist in Goldsteins Nachlaß kaum vorhanden, es findet sich an anderer Stelle aber ein Hinweis, daß Goldstein einen ausgedehnten Briefwechsel „von Röntgen bis Einstein“⁸ hinterließ. Zwar sind in den Nachlässen anderer Forscher (z.B. von Arnold Sommerfeld) einige Briefe vorhanden, es scheint aber, daß ein großer Teil der Korrespondenz verloren ist. Der Hinweis, daß Goldstein unter einem Pseudonym satirische Schriften verfaßte, wurde nicht weiter verfolgt.

Goldstein wurde in der Ehrenreihe auf dem jüdischen Friedhof in Berlin-Weißensee bestattet. Das spricht dafür, daß Goldstein praktizierender Jude und vielleicht ein

⁸ DM VA 1864, Franz Fuchs an Thomas Michaelis, 09.09.1931.

aktives Mitglied der Jüdischen Gemeinde war. Auf eine Recherche in den in Frage kommenden Archiven (auch unter dem Eindruck des sehr großen Andranges im Centrum Judaicum in Berlin) wurde verzichtet.

Foersters Nachlaß ist zerteilt. Der größte Teil befindet sich jedoch im Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie.⁹ Leider ist kaum persönliche Korrespondenz zwischen Foerster und Goldstein nachzuweisen. In Sachen Elektrizität im Weltraum wurde neben den offiziellen Anträgen und Berichten scheinbar vieles zwischen Foerster und dem entscheidenden Kulturpolitiker Friedrich Althoff mündlich verhandelt. Von den erhaltenen Schreiben, die zwischen Althoff und Foerster ausgetauscht wurden, ist eines im Anhang wiedergegeben. Ergiebig ist auch die Autobiographie Foersters aus dem Jahr 1911. Die Autobiographie ist – bei aller quellenkritischen Zurückhaltung – besonders geeignet, um Foersters persönliche Sichtweisen zu ergründen.

Die Quellen wurden in den Zitaten soweit wie möglich diplomatisch getreu wiedergegeben. Hervorhebungen im Original (zum Beispiel gesperrte Schrift in gedruckten Texten oder lateinische Schrift innerhalb deutscher Schreibschrift) wurden durch eine *kursive* Type ersetzt, Unterstreichungen aber belassen. Ergänzungen wurden in eckigen Klammern eingefügt, „[?]“ steht für ein einzelnes unlesbares oder durch Textverlust unbekanntes Wort, „[...]“ für Auslassungen ein oder mehrerer Wörter.

⁹ Über das Schicksal des Nachlasses von Foerster siehe Dick 1995.

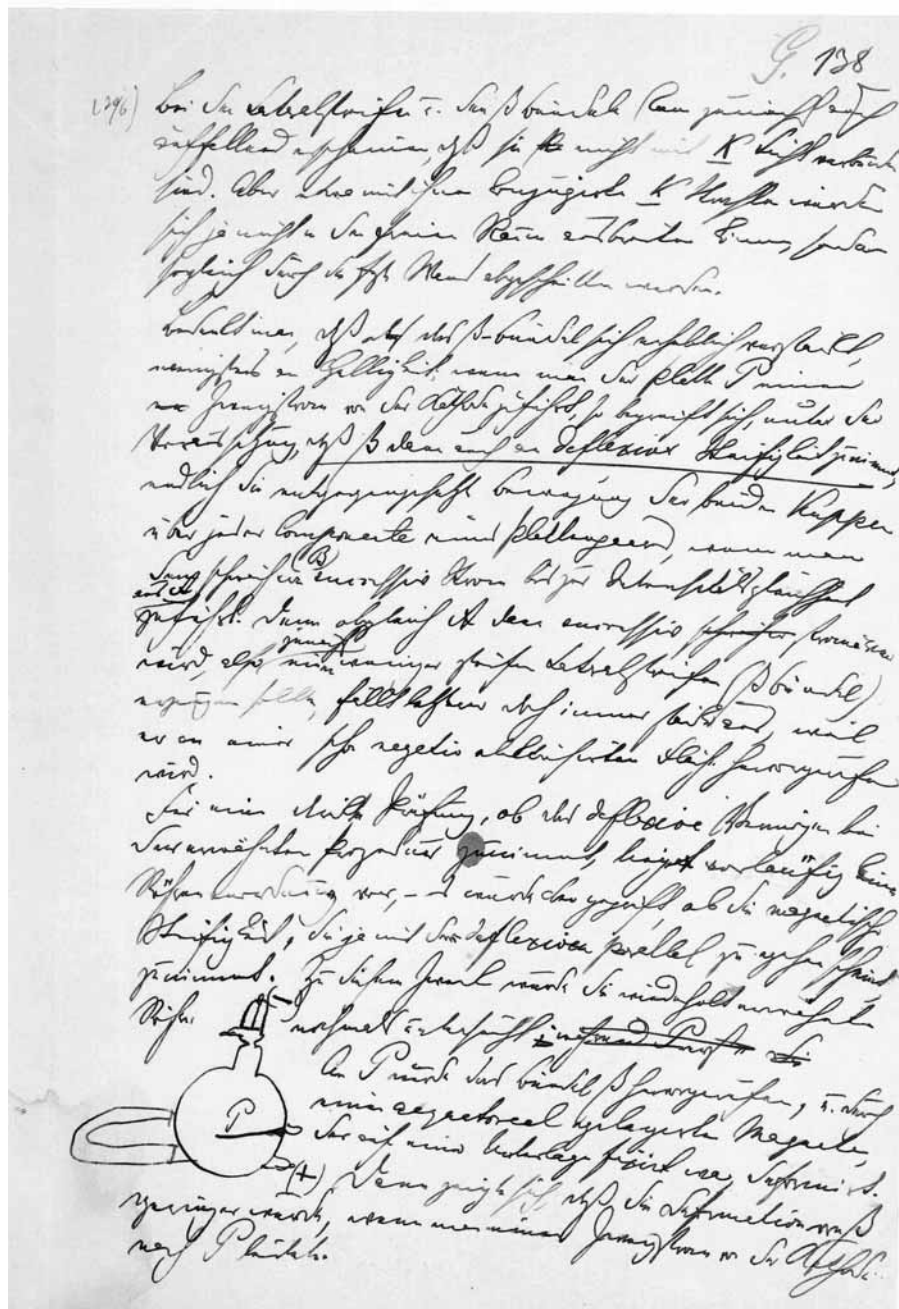


Abbildung 1.2: Faksimile einer Seite aus Goldsteins Nachlaß (ABBAW NL Goldstein Nr. 87, Bl. 138, um 1900). Es handelt sich um ausführlich formulierte und ordentlich niedergeschriebene Überlegungen zu experimentellen Ergebnissen. Strahlen fallen auf die Platte P und erzeugen dort ein weiteres Strahlenbündel. Von links wird ein Magnet an die Röhre geführt und die Krümmung der Strahlen durch das Magnetfeld betrachtet. Dann (siehe folgende Abbildung) wird P mit der Kathode verbunden, was eine Erhöhung der „magnetischen Steifigkeit“ des Bündels β und eine Verringerung derselben für α zur Folge hat. Bei den Ausführungen werden allein phänomenologisch-qualitative Zusammenhänge erörtert; die Zeichnungen zeigen nur die schematischen Aufbauten der Experimente, ohne daß man Aufschluß über Details (z.B. die Spannungsquelle) erhält.

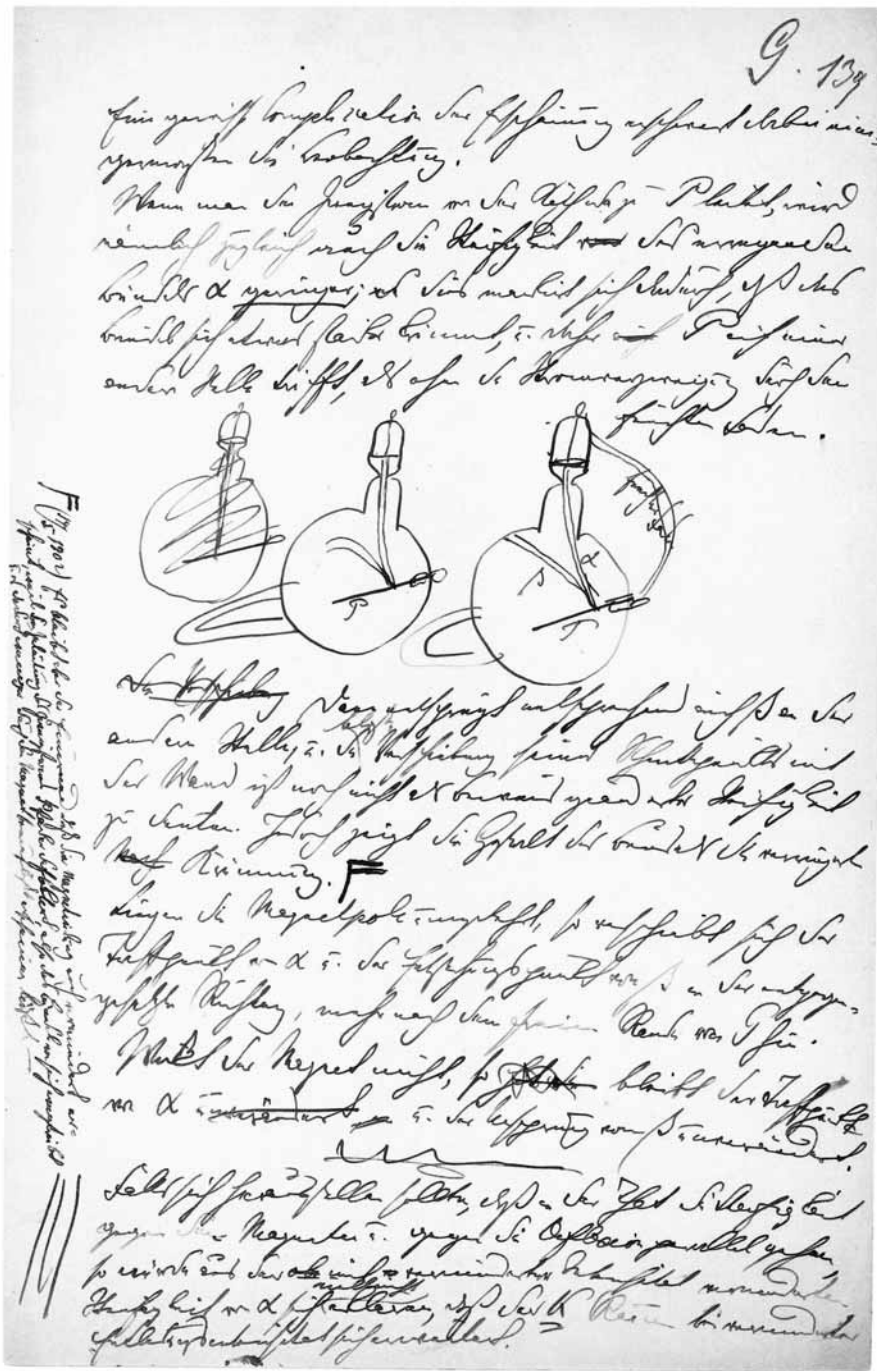


Abbildung 1.3: Faksimile einer Seite aus Goldsteins Nachlaß, Fortsetzung von Abbildung 1.2 (ABBAW NL Goldstein Nr. 87, Bl. 139, um 1900, mit einer Ergänzung am linken Rand aus dem Jahr 1902).