

STRAHLUNG IM ÄTHER

Blick in die Laborbücher des Physikers Philipp Lenard

VON ANTJE KNIEST UND JOACHIM SEIBERT

Der Nobelpreisträger für Physik des Jahres 1905, Philipp Lenard, hat alle Experimente, die er selbst durchführte, lückenlos in 36 handgeschriebenen Laborbüchern dokumentiert. Sie werden heute in der Sondersammlung des Deutschen Museums verwahrt und durften von den Autoren transkribiert werden. Dadurch ist es möglich geworden, die täglichen, manchmal sogar stündlichen Fortschritte, aber auch die Irrwege und Sackgassen eines Forschers nachzuvollziehen, einem Physiker bei der Arbeit vor 100 Jahren „über die Schulter zu blicken“.

Um das Jahr 1890 schienen manchem Physiker die Grundprobleme der Physik geklärt; der erfolgreiche Münchener Physiker Jolly riet Max Planck einmal ab, sich der theoretischen Physik zu widmen: die Thermodynamik und die kinetische Theorie der Wärme galten als abgeschlossen, die Maxwellsche Theorie des Elektromagnetismus hatte durch die Hertz'sche Entdeckung der elektrischen Wellen 1887 den noch ausstehenden experimentellen Schlußstein erhalten.

Treffender als mit dieser Formulierung Walther Gerlachs läßt sich die Situation der damaligen Physik nicht beschreiben: Die klassische Physik war vollendet und schien die Naturvorgänge vollständig zu erklären. Doch retrospektiv kündigten sich bereits ungeahnte Schwierigkeiten an, denn experi-



Lenard-Röhre mit dünnem Metallfensterchen, um 1892.

mentell arbeiteten die Physiker schon an Phänomenen, die letztlich nicht mit den oben erwähnten Theorien gedeutet werden konnten, wie z. B. die Wärmestrahlung von Körpern und Kathodenstrahlphänomene. Kathodenstrahlen sind beschleunigte Elektronen, die in einer evakuierten Glasröhre aus der Kathode emittiert werden.

Zu den Physikern, die sich dem letzten Problem verschrieben hatten, gehörte auch Philipp Lenard. Die Experimente an Kathodenstrahlröhren stellten einen Höhepunkt seiner Forschungskarriere dar und wurden rund ein Jahrzehnt später mit der Verleihung des Nobelpreises für Physik ausgezeichnet.

Philipp Eduard Anton Lenard wurde am 7. Juni 1862 als Sohn eines Weinhändlers in Preßburg geboren und besuchte dort die Schule bis zum Abitur im Jahr 1880. Er studierte in Wien, Budapest, Heidelberg und Berlin und promovierte 1886 in Heidelberg bei Georg Quincke über die Schwingungen fallender Tropfen. Ein entscheidender Schritt für Lenards Karriere war sein Entschluß, im Frühjahr 1891 eine Assistentenstelle bei Heinrich Hertz in Bonn anzutreten. Hertz hatte seine bedeutenden Forschungen zur

Entstehung der elektromagnetischen Wellen schon hinter sich und experimentierte damals mit Kathodenstrahlen. Er entdeckte im Herbst desselben Jahres, daß sie dünne Metallblättchen zu durchdringen vermögen. In seiner Veröffentlichung gab Hertz lediglich eine kurze Beschreibung seiner Kathodenstrahlröhre. Dennoch ist eine Skizze davon erhalten geblieben, da Lenard später damit arbeitete und er es sich zur Gewohnheit gemacht hatte, jedesmal bei Benutzung eines neuen Röhrentyps eine Zeichnung davon in sein Laborbuch einzutragen (Abbildung 1).

An diesem Beispiel läßt sich erkennen, daß die Laborbücher oft weitergehende Informationen liefern als die gedruckten Veröffentlichungen. Auch sind sie unmittelbar während der Messungen geschrieben worden und darum Zeugnisse aus erster Hand, die direkt der Praxis der Physik entstammen. Sie sind noch keiner Selbstzensur unterworfen, im Gegensatz zu einer Veröffentlichung, in der der Forscher sich und seine Ergebnisse präsentiert, der Kritik der Forschungsgemeinschaft ausgesetzt, so daß er nur aus seiner Sicht absolut Richtiges publiziert.

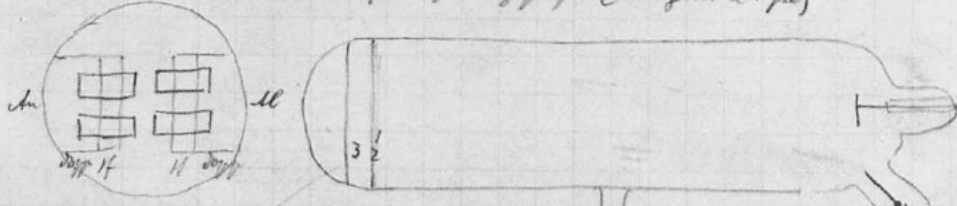
Bevor Lenard mit der Hertz'schen Röhre experimentierte, hatte er bereits wichtige Fortschritte auf dem Gebiet der Durchlässigkeit von Metallen für Kathodenstrahlen erzielt. Sie sollen in den entscheidenden Schritten anhand der Laborbüchernachvollzogen werden.

Lenard berichtet, daß diese Experimente auf eine Aufforderung von Hertz zurückgehen: „Er sagte mir:

den Kugeln PD). Dabei befindet die Pumpe zwar einleits mehr heraus, aber der Klang ist nicht so hell wie wenn keine Entladungen & zum Versuch von Entladungsrohr schon vorher mit passender Verbindung abgeblonden, zuletzt auch ein Pumpenzug ohne Entladung Beob., darin Kette vermischt: gehen so gut & wie nur je (Glas Φ). Nachher Entladung in Beob.: 9/1 wie vorher.

Jan 13

kur 42) Die Röhre von Trichter angelegt (Klangende Ppe)



- 1) Glas mit 4 Fenstern
- 2) Metalle
- 3) Urglas

Das Al blt ist nicht genau wie gew. blt aus "du" - nicht nach dem Vor. dünner aus, auch wo vom Glas bedeckt (bei auf angenehme Stellung), als gew. blt. (Vorher, ?)

Abb. 1: Kathodenstrahlröhre von Heinrich Hertz.

Man müßte – und ich möge es eventuell ruhig tun, da er doch verhindert sei – zwei Räume durch ein solches Aluminiumblatt trennen; in dem einen Raum wären die Strahlen zu erzeugen wie gewöhnlich, in dem anderen Raum würden sie dann reiner als je vorher beobachtet werden können, und wenn auch wegen der Zartheit der Blätter wohl immer nur ein geringer Luftdruckunterschied zwischen den Räumen sein dürfte.“

Es gelang Lenard, eine dafür geeignete Röhre aus Glas zu blasen (Abbildung 2), und er führte am 27. Juli 1892 die ersten Experimente mit ihr durch. Im Laborbuch findet sich dazu die Überschrift „Kathodenstrahlen durch Metalle“, die sein neues Arbeitsprogramm direkt widerspiegelt.

Seine Entladungsröhre bestand aus 2 Kammern, die durch ein doppeltes Aluminium-(Al)-Blättchen voneinander getrennt wurden. Im unteren Teil verließen die Elektronen die Kathode K, wurden auf das durchlässige Al-Blatt beschleunigt und konnten mittels eines an einem Platin-(Pt)-Draht aufgehängten Stückes Phosphor (Stück Φ) nachgewiesen werden. Der Phosphor leuchtete auf, wenn die Elektronen ungehindert auf das Blättchen fielen und verlöschte, wenn sie durch einen Magneten abgelenkt wurden (gestrichelte Linien). Als Ergebnis formulierte Lenard den Satz: „... Kathodenstrahlen gehen in abgeschlossene Räume hinein, die mit dem (Erzeugungsraum) über Entladung keine Verbindung haben.“

Mit drei Punkten \therefore kennzeichnete Lenard durchgehend besonders Bemerkenswertes, so daß man es immer auf den ersten Blick erkennt.

Lenard konnte den von Hertz beobachteten Durchgang von Kathodenstrahlen bestätigen und darüber hinaus erstmals Kathodenstrahlen außerhalb des Entladungsraumes nachweisen. Nach diesem grundlegenden Resultat setzte er seine Forschungen mit der ihm eigenen systematischen Arbeitsweise fort: Er variierte sämtliche ihm experimentell zugänglichen Parameter. Das waren der Druck in der Röhre, die Entfernung des Phosphors vom Fenster und die Nachweismethoden.

Besonders wichtig für seine späteren Experimente war die Veränderung der Dicke der Al-Schicht. Deren Variation war besonders leicht durchzuführen, da Lenard sehr dünnes, zweifach geschlagenes Aluminium verwendete. Er fand am 7. August 1892, daß sogar hinter einer 15fachen Al-Schicht noch eine Wirkung von Kathodenstrahlen nachweisbar war. Diese Stärke entsprach der des einfach geschlagenen Aluminiums für Buchbinderzwecke; darum reiste Lenard in der Zeit zwischen dem 17. August und 19. Oktober 1892 nach Nürnberg, wo er bei der Goldschlägerei J. Trump in der Steinbühlerstraße diese Fertigungszwischenstufe des Buchbinder-Aluminiums erhielt. Er vermutete nämlich, daß solche Schichten dem Druckunterschied zwischen normaler Außenluft und der evakuierten Röhre mechanisch standhalten würden.

Seine Vermutung prüfte Lenard mit der in Abbildung 3 gezeichneten Entladungsröhre experimentell nach. Sie ist glücklicherweise erhalten geblieben und wird heute in der Physikalischen Abteilung des Deutschen Museums ausgestellt. Mit einem Al-Blättchen von 0,00256 Millimeter Dicke gelang ihm nun der entscheidende Schritt: Er legte ein Körnchen Leuchtstoff auf das Aluminium und stellte die Hochspannung an. Das Ergebnis war eindeutig – der Leuchtstoff „leuchtet sehr hell“. Zum ersten Mal werden Kathodenstrahlen in freier Luft nachgewiesen. Diese nun rund 100 Jahre zurückliegende Entdeckung Lenards vom 19.

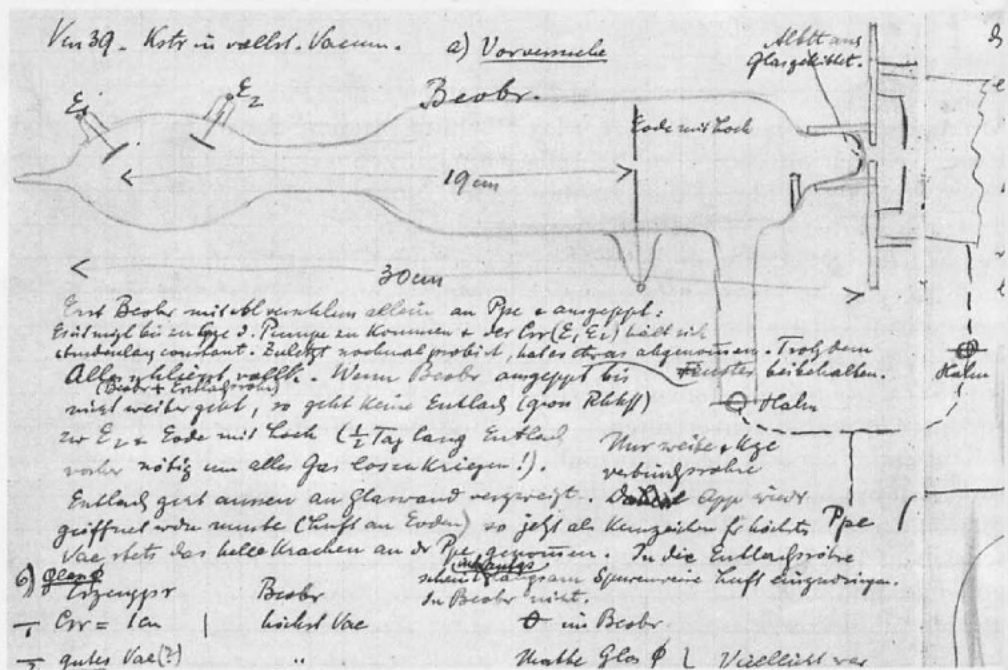


Abb. 4: Apparat zur Beobachtung von Kathodenstrahlen im vollständigen Vakuum.

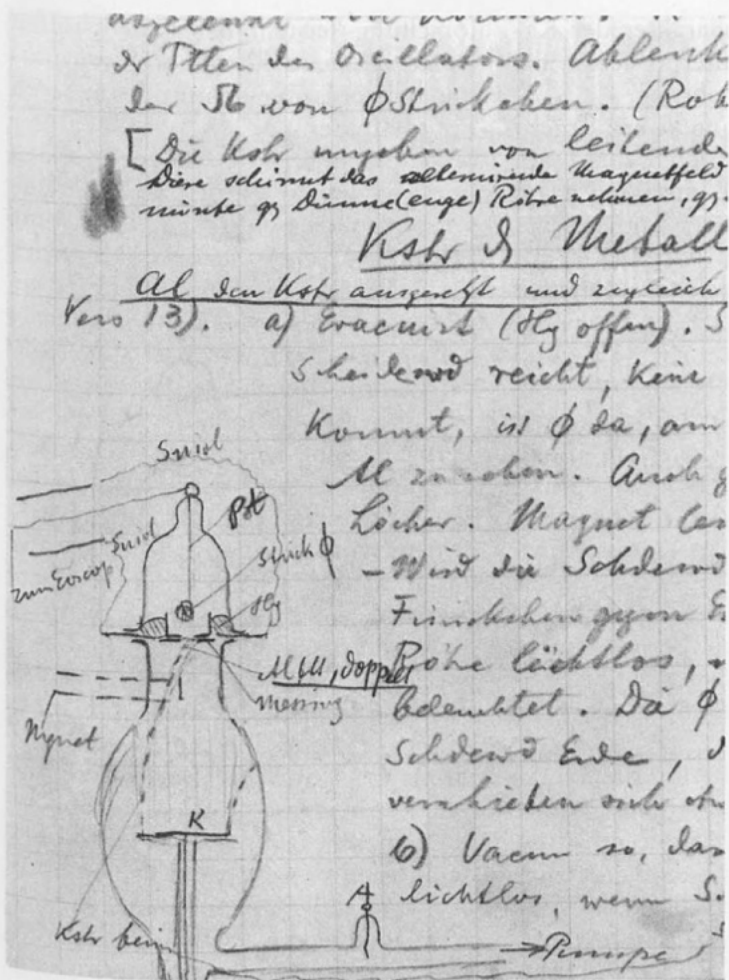


Abb. 2: Zweikammerkathodenstrahlröhre.

Oktober 1892 ist bis heute mit seinem Namen verbunden; die dünnen Metallblättchen werden „Lenard-Fenster“, die Röhren, die damit ausgestattet sind, „Lenard-Röhren“ genannt.

Nachdem Lenard dieser Erfolg gelungen war, experimentierte er noch knapp zwei Wochen mit seiner Anordnung und probierte verschiedene andere Nachweismethoden für Elektronen aus. Am originellsten war der Versuch, Kathodenstrahlen mit dem eigenen Geschmackssinn aufzuspüren. Lenard hielt dazu seine Zunge vor das „Fenster“. Das kann nur als tollkühn bezeichnet werden, da das „Fenster“ zwar geerdet, aber die Hochspannung wegen der Kleinheit der Röhre nur einige Zentimeter entfernt war. Er notierte dazu lapidar: „Zunge, ca. 3 mm vom Al-Fenster, kein Geschmack.“

Nachdem Lenard prinzipiell zeigen konnte, daß Kathodenstrahlen den Entladungsraum verlassen können, versuchte er, eine neue Röhre zu konstruieren, bei der die Intensität der Kathodenstrahlen außerhalb möglichst groß war. So findet sich im Laborbuch: „Versuch 35) Beste Einrichtung des

Entladungsrohres ausprobiert.“ Dieses Arbeitsprogramm ist geradezu charakteristisch für die Vorgehensweise eines jeden Experimentalphysikers, wird aber in den allermeisten Fällen in den späteren Veröffentlichungen nicht erwähnt, da dort natürlich nur die Optimallösung vorgestellt wird.

ENTSCHEIDENDE VERSUCHE MIT DER LENARD-RÖHRE

Aufgrund seiner Erfahrungen stellte Lenard eine neue Röhre her, die ebenfalls erhalten blieb und mit der er mit freien Kathodenstrahlen experimentierte. Alle in einem Entladungsraum sonst auftretenden Störeffekte waren damit ausgeschlossen. So untersuchte er die Ausbreitung von Kathodenstrahlen in Luft mittels einer Messingblende und eines Leuchtschirms. Diese Versuche erfuhren Anfang Dezember 1892 eine folgerichtige Erweiterung, indem Lenard auch die Ausbreitung von Kathodenstrahlen in anderen Gasen beobachtete. Das Experiment realisierte er durch Anschluß eines separa-

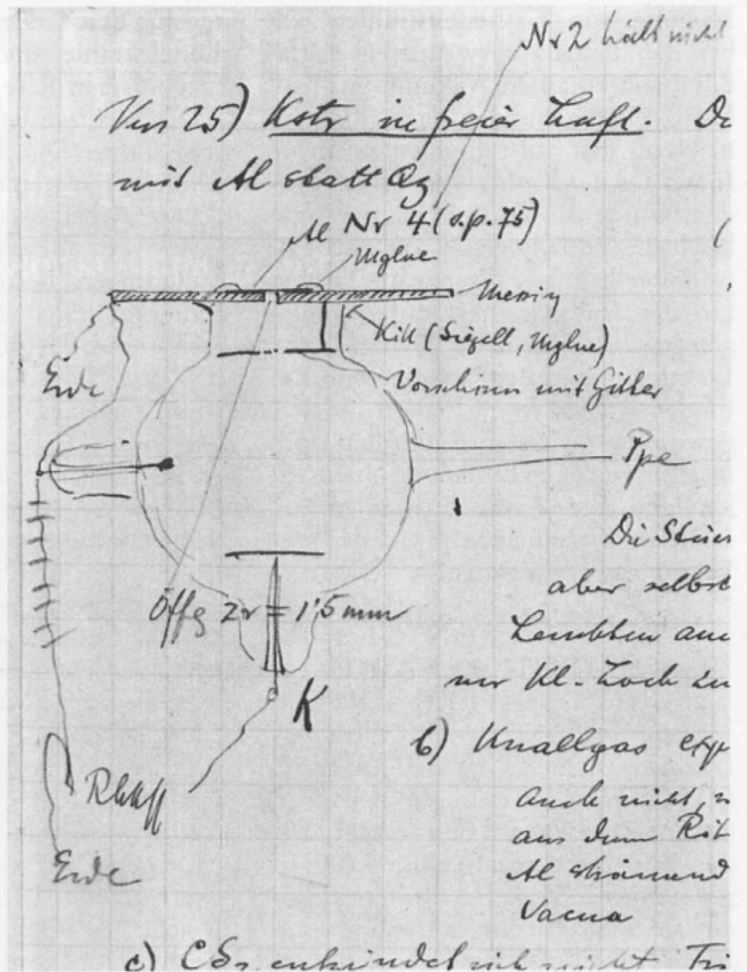


Abb. 3: Ultraviolettlampe mit Aluminiumfenster.

ten Beobachtungsrohres, das hinter dem Lenard-Fenster angesetzt wurde. Daraus konnten die Luft entfernt und andere Gase eingefüllt werden.

Mit dieser Anordnung gelang Lenard ein großer Fortschritt auf dem Gebiet der Kathodenstrahlungsforschung: Das Verhalten der Kathodenstrahlen konnte unabhängig von ihrer Erzeugung in frei manipulierbaren Verhältnissen studiert werden.

Mit der völligen Unabhängigkeit von Entladungs- und Beobachtungsraum konnte Lenard erstmals eine Aufgabe lösen, die ihm Hertz gestellt hat. „So könnte man vielleicht doch den Beobachtungsraum einmal völlig auspumpen, und sehen, ob dies der Ausbreitung der Kathodenstrahlen ein Hindernis wäre oder nicht: ob sie also Vorgänge in der Materie seien, oder aber Vorgänge im Äther.“ Es sollte also entschieden werden, ob Kathodenstrahlen ein Wellenvorgang im Äther sind oder aber Teilchennatur haben.

Diese wichtige erkenntnistheoretische Frage konnte vor der Entdeckung des Lenard-Fensters experimentell nicht untersucht werden, denn die Er-

PHILIPP LENARD

zeugung von Kathodenstrahlen war bei den damals verwendeten Entladungsröhren an ein Vakuum von 10^{-2} bis 10^{-4} Torr gebunden, da die Elektronen von den auftreffenden positiven Ionen aus der Kathode ausgelöst wurden. Wurde das Vakuum besser, so erlosch die Entladung; es war also eine prinzipielle untere Grenze des Drucks für die Kathodenstrahluntersuchungen gegeben. Durch die Trennung von Erzeugung und Beobachtung von Kathodenstrahlen ist es Lenard möglich geworden, im ersten Raum den optimalen Druck zur Entladung einzustellen und die Kathodenstrahlen anschließend in einem sehr viel besseren Vakuum zu verfolgen.

WILHELM RÖNTGEN WÜRDIGTE LENARDS „SCHÖNE EXPERIMENTE“

Dazu konstruierte er eine Apparatur (Abbildung 4). Technisch besonders elegant hatte Lenard den Anschluß an den Entladungsraum gelöst: Das verjüngte rechte Ende des Rohres war in eine Metallhülse eingekittet. In seiner Mitte befand sich ein Loch, über das ein Al-Blättchen befestigt war. Dieses Lenard-Fenster war damit ein Teil des Beobachtungsrohres. So wurde erreicht, daß nur eine kleine Stelle mit Kitt gedichtet war, alle anderen Teile waren aus Glas geblasen, und daher konnte in diesem Rohr ein besonders gutes Vakuum erreicht werden.

Das Ergebnis war eindeutig: Auch im besten Vakuum existierten Kathodenstrahlen. Daraus folgerte Lenard: „Nicht den Resten von Materie, deren mehr oder minder vollkommene Entfernung überdies ohne Einfluss war, sondern nur dem Aether, welchen wir aus keinem Raum zu entfernen vermögen, wird man daher die Vermittlung der beobachteten Wirkungen zuschreiben können. Ist dies zugegeben, dann entscheidet unser Versuch über das Wesen der Kathodenstrahlen dahin, dass sie Vorgänge im Aether sind.“

Nach Lenards Ansicht verhalten sich also Kathodenstrahlen analog zur elektromagnetischen Wellenstrahlung. Diese Auffassung ist durch sein geistiges Umfeld erklärbar: Er ist Assistent bei Hertz, dem Entdecker dieser Art von Strahlung. Deutsche Physiker waren damals, im Gegensatz zu englischen (etwa um Crookes), im allgemei-

nen für den Wellencharakter der Kathodenstrahlen und interpretierten alle Ergebnisse in diese Richtung.

Die Veröffentlichung seiner Ergebnisse war ein Durchbruch. Lenard sagte in einer späteren Bemerkung dazu: „Diese Arbeit ist von Kundigen sogleich sehr beachtet worden. Viele Äußerungen, besonders aus England und Frankreich (auch akademische Preise und Denkmünzen 1896 und 1897 aus London, Paris, Rom und Wien) zeigen es mir an.“ Was er selbst zeit seines Lebens nicht erfahren hat, ist die Tatsache, daß er für diese Forschungen sogar von den Experten des Nobelkomitees zusammen mit Röntgen für den ersten Physiknobelpreis 1901 vorgeschlagen wurde. Nur die Ansicht, daß dieser erste Preis nicht geteilt verliehen werden sollte, verhinderte die hohe Anerkennung schon zu jenem Zeitpunkt.

Lenards experimentelle Arbeiten aus den Jahren 1892/93 gaben genug Material für zwei weitere Veröffentlichungen. Damit war sein Name unter Physikern etabliert. So erwähnte Röntgen in seiner berühmten Mitteilung über die Entdeckung der Röntgenstrahlen die „schönen Experimente“ Lenards, und Des Coudres rühmte das Lenardsche Experimentiergeschick.

Danach gab es für Lenard eine unfreiwillige Unterbrechung seiner Forschungen. Heinrich Hertz starb am Neujahrstag 1894, und Lenard mußte ihn in der Lehre vertreten und die Herausgabe des Hertzschen Buches *Die Prinzipien der Mechanik* übernehmen. Im Herbst 1894 erhielt er zudem einen Ruf nach Breslau, wo er theoretische Physik lehren sollte. Um wieder experimentieren zu können, gab er sehr bald die Professur auf und wechselte als Dozent nach Aachen. Die beiden verlorenen Jahre kosteten ihn seine Führungsposition in der Kathodenstrahlungsforschung. Viele andere Physiker waren durch seine Ergebnisse angeregt worden, weitere Versuche durchzuführen; die Entdeckung der Röntgenstrahlen und die des Elektrons waren unmittelbare Folgen der Lenardschen Experimente.

Zum Sommersemester 1898 folgte Lenard einem Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Kiel, wo er bis 1907 blieb, um schließlich in gleicher Position nach Heidelberg zu wechseln. Noch zweimal sollte Lenard Spitzen-

forschung leisten: bei Leuchtstoffen (später „Lenard-Phosphore“ genannt) und bei der Untersuchung des äußeren Photoeffektes.

Man kann über den hervorragenden Forscher Lenard jedoch nicht berichten, ohne seine politischen Fehlleistungen anzusprechen. Schon während des Ersten Weltkrieges entwickelte er einen extremen Nationalismus, schließlich verfiel er schon früh der Ideologie der Nationalsozialisten. Er war neben Johannes Stark einer der führenden Vertreter der sogenannten Deutschen Physik. *Deutsche Physik* war auch der Titel seines vierbändigen Lehrbuches, in dem vollends offensichtlich wurde, daß Lenard den Rassenwahn der Nationalsozialisten unterstützte, die Freiheit der Forschung negierte und sich von der modernen Entwicklung der Physik abkoppelte.

Lenard starb isoliert am 20. Mai 1947 im kleinen Ort Messelhausen in Franken. Die beiden konträren Persönlichkeitsaspekte Lenards, den analytisch denkenden Forscher und den emotional agierenden Propagandisten der Nazi-Ideologie, verschwiegen auch Max von Laue nicht, als er Lenards Tod auf der Physikertagung in Göttingen mit den Worten mitteilte: „Wir können und wollen die Verfehlungen des Pseudopolitikers Lenard nicht verschweigen und entschuldigen, aber als Physiker gehörte er zu den Großen.“ □

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

- P. Lenard: Laborbücher. Handschriftenabteilung des Deutschen Museums, München.
- P. Lenard: Über Kathodenstrahlen. Nobel-Vortrag, Berlin und Leipzig 1920.
- A. D. Beyerchen: Wissenschaftler unter Hitler. Köln 1980.
- F. Fraunberger, J. Teichmann: Das Experiment in der Physik. Braunschweig/Wiesbaden 1984.

DIE AUTOREN

Antje Kniest, geboren 1955, Dr. rer. nat., legte ihre Staatsexamen in den Fächern Mathematik und Physik ab.
Joachim Seibert, geboren 1941, promovierte in Physik.
Beide Autoren sind Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Physikgeschichte im Institut für Didaktik der Physik an der Universität Gießen. Ihr Hauptarbeitsgebiet ist die Geschichte der Atom- und Kernphysik.