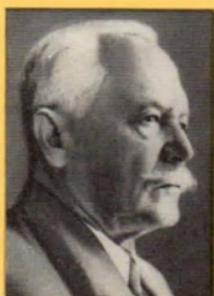
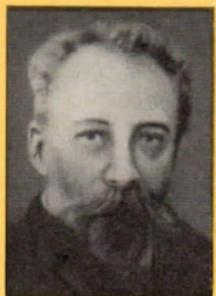


A. F. Joffe

**BEGEGNUNGEN
MIT
PHYSIKERN**



BEGEGNUNGEN MIT PHYSIKERN



A. F. Joffe

BEGEGNUNGEN MIT PHYSIKERN

VON

A. F. JOFFE

MIT 60 ABBILDUNGEN



B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT LEIPZIG

1967

А. Ф. Поффе, Встречи с физиками

Erschienen im: Государственное издательство физико-математической литературы,
Moskau 1962

Deutsche Übersetzung: Dr. Konrad Werner unter Mitwirkung von Dipl.-Min. Brigitte Fabian

VLN 294-375/60/67

Copyright 1967 by B. G. Teubner Verlagsgesellschaft in Leipzig

Printed in the German Democratic Republic

Satz und Druck: BBS Otto Grotewohl, Leipzig (111-18-3)

VORWORT

Mein Leben führte mich mit vielen bedeutenden Physikern der älteren Generation zusammen. Einige habe ich dabei von Seiten kennengelernt, die vielen Zeitgenossen unbekannt geblieben sind. In diesem Buch will ich deshalb nicht die Geschichte der Physik meiner Zeit darstellen, sondern nur an die Physiker erinnern, die mir persönlich bekannt waren, was nicht nur für Physiker interessant sein dürfte. Natürlich sind diese Aufzeichnungen uneinheitlich. Einige Physiker, mit denen ich über Jahre in Beziehung stand, kenne ich besser als die anderen. Die eine Begegnung offenbarte interessante Züge des Gesprächspartners, die andere verging mit unverbindlicher Konversation.

Jeden der Wissenschaftler, von denen hier die Rede ist, habe ich nur während einer bestimmten Periode seines Lebens gekannt, und nur an diese Periode kann ich mich erinnern. Wenn dies die Jahre seiner schwindenden Schaffenskraft waren, kann beim Leser der Eindruck einer Unterschätzung seiner historischen Bedeutung entstehen. Das trifft offensichtlich auf *Nernst* zu, zum Teil auch auf *Lorentz* und vielleicht auch auf *Einstein*. Jedoch hielt ich es für meine Aufgabe, nur über das zu berichten, was ich persönlich erlebt habe, und das so genau, wie es mir in Erinnerung geblieben ist.

Mir schien es erforderlich, zunächst einmal darzulegen, warum ich Physik studieren wollte und warum ich zu diesem Zweck ins Ausland fuhr, welche Rolle meine Erfahrungen aus der Zeit der Studentenunruhen und Demonstrationen spielten, und schließlich, mit welchen Vorstellungen ich die Oberstufe verlassen hatte.

Mein vierjähriger Aufenthalt bei *Röntgen* in München war für vieles in meinem weiteren Leben bestimmend und konzentrierte meine Neigung auf die Physik. Deshalb erinnere ich mich hier nicht nur an *Röntgen*, sondern auch an meinen Werdegang als Physiker. Ich glaube, daß es nicht ohne Interesse ist, wie in jenen Jahren die Physik einen ihrer Anhänger begeistern konnte.

Wenn ich von den Begegnungen und Eindrücken erzähle, so spreche ich ungewollt auch über mich. Es scheint mir, daß ich dabei das bei einer Autobiographie übliche Maß nicht überschritten habe. Wenn doch hier und da, ohne daß es notwendig wäre, eine persönliche Note anklingt, so bitte ich, mir dies nicht nachzutragen.

INHALT

Lehrjahre in Rußland	9
Die Arbeit in München. Wilhelm Conrad Röntgen	16
Pawel Sigismundowitsch Ehrenfest	42
Begegnungen auf Solvay-Kongressen	48
Zentren der Physik in Deutschland	75
Albert Einstein	88
Niels Bohr	96
Begegnungen in England	99
Reise über den Ozean	105
Raman und Saha	120
Einige Worte zu den Physikern Rußlands	122
Abschließende Bemerkungen	136

Lehrjahre in Rußland

Der erste Physiker, mit dem ich zusammentraf, war der Physiklehrer *Milejew* an der Romenski-Realschule. Sein Sohn war einer meiner Klassenkameraden. Er erzählte mir, daß sein Vater ein Schüler *Mendelejews* gewesen sei. Bereits in der vierten Klasse — ich war damals zwölf Jahre alt — überraschte mich in der Physikstunde die Erklärung, das Licht bestehe aus Wellen, die sich im Weltäther ausbreiten.

Abends versuchte ich mir eine Vorstellung vom Licht der Lampe, der Sonne und der Sterne zu machen. Dabei wurde mir klar, daß der Äther den ganzen Weltraum ausfüllen mußte, sogar die grenzenlosen Weiten, in denen es vielleicht kein Licht gibt und demzufolge bis jetzt kein Äther nötig ist, aber das Licht irgendwann einmal kommen kann. Eine solche Verschwendung der Natur erschien mir so unnatürlich und widersinnig, daß ich an der Ätherhypothese zu zweifeln begann und seitdem nicht mehr an den Äther glaubte. Ich hoffte, daß die Frage nach der Natur des Lichtes auf irgendeine andere Art gelöst werden würde.

Meine Einwände brachten übrigens *Milejew* nicht in Verlegenheit. Der Glaube an die reale Existenz des Äthers war damals unerschütterlich. In dem berühmten Lehrgang der Physik von *O. D. Chwolson* war noch nach 20 Jahren davon die Rede, daß der Äther in der Erdkugel 13 kg wiegen müßte. Viel später bestärkten die Photonen und die Relativitätstheorie meine Zweifel.

Schon in der sechsten Klasse erschien mir im Physiologieunterricht die Erklärung der Farbpempfindungen sehr einleuchtend: Die ganze Vielfalt der Farben komme dadurch zustande, daß drei Arten von Nervenenden im Auge angeregt werden. Dann müßte es aber auch für die Vielfalt der Gerüche eine einleuchtende Erklärung geben; denn es kann unmöglich so viele verschiedene Nerven geben, wie unterschiedliche Gerüche existieren. Die Nerven im Auge werden von Lichtwellen unterschiedlicher Frequenz angeregt; aber wie werden die Gerüche hervorgerufen? Etwa von ebensolchen Wellen, nur von anderer Frequenz, auf die das Auge nicht anspricht?

Mit diesen beiden ungelösten Problemen — Lichtwellen ohne Äther und unsichtbare Geruchswellen — verließ ich die Realschule. In bezug auf den Äther war ich einfach skeptisch. Was den Geruch betrifft, so schien es mir möglich

zu untersuchen, ob die Geruchsempfindungen tatsächlich durch infrarote Strahlen hervorgerufen werden. Dazu mußte man physikalische Erfahrungen sammeln und Untersuchungen durchführen.

Die Universität konnte man als Absolvent einer Realschule, an der keine alten Sprachen gelehrt werden, nicht beziehen. Von den beiden in Frage kommenden technischen Lehranstalten, dem Technologischen Institut und dem Bergbauinstitut, wählte ich die erstere. Dort durfte ich unter Berücksichtigung der für die Aufnahme damals geltenden Dreiprozentklausel¹⁾ eintreten. Im Technologischen Institut gab es mehr Physikunterricht, und gerade die Physik war im Stande, meine Zweifel zu klären.

Nun begann die zweite Etappe – die Studentenzeit.

Versuche, die ich in meinem Zimmer anstellte, um damit den Geruch als infrarote Welle zu erklären, gelangen nicht. Ich legte in eine Kakaoschachtel ein Stück Moschus. In den Deckel schnitt ich eine Öffnung, die ich mit einem Plättchen aus Steinsalz verschloß. Dieses müßte für die „Moschusstrahlen“ durchlässig sein, wenn – wie ich annahm – der scharfe Geruch des Moschus durch infrarote Strahlen hervorgerufen würde. Alle Schlitze hatte ich mit Wachs verkittet; aber es war nicht sicher, daß der Geruch gerade das Salzplättchen durchdrang. Ich sah, daß ich sowohl in der Physik als auch in der Physiologie zu hilflos war, um eine überzeugende Antwort zu finden.

Auf dem Gebiet der Physik, das meinem Thema am nächsten stand, gab es ein sehr schönes, populäres Buch von *Tyndall* über die Wärme. Darin wurden Versuche mit infraroten Strahlen beschrieben, die zeigten, daß sich die Absorption dieser Strahlen 90 bis 400mal vergrößert, wenn in das Gefäß, durch das die Strahlen hindurchgehen, stark riechende Gräser hineingebracht werden. In einem Buch des französischen Parfumeurs *Pièce* wurde behauptet, daß man aus den Düften verschiedener Blumen (Rosen, Jasmin, Veilchen) eine zwei Oktaven umfassende „Tonleiter“ zusammensetzen könne, und zwar so, daß Duftzusammensetzungen aromatische Gerüche ergeben, wenn die Töne einen harmonischen Akkord bilden und widerliche Gerüche, wenn die Töne eine Dissonanz hervorrufen. In diesen Angaben von *Tyndall* und *Pièce* sah ich meine Vorstellung über den Zusammenhang zwischen Gerüchen und infraroten Strahlen bestätigt. Später kamen dazu noch Angaben über die Frequenzen der Rotations-schwingungen organischer Moleküle. So wie das Auge nur Lichtwellen eines bestimmten Frequenzintervalls wahrnimmt,

¹⁾ Vermutlich richtete sich diese Einschränkung gegen die jüdische Bevölkerung (Anm. d. Red. d. dtsh. Ausgabe).

so besitzen in einer homologen Reihe von Verbindungen nur die Moleküle einen Geruch, deren Eigenschwingungen in einem bestimmten Frequenzbereich liegen.

Ich erinnere mich nicht, daß ich irgendwann einmal mit meinen Kollegen die mich interessierenden Fragen über den Äther und die Natur des Geruches diskutiert hätte; uns interessierten politische Probleme. Mir ist auch nicht ein einziges Mal in den Sinn gekommen, mich mit meinen Professoren zu beraten oder meine wissenschaftlichen Interessen mit ihnen zu erörtern. Die Professoren schienen Beamte und enge Spezialisten und Techniker zu sein, obwohl unter ihnen auch fortschrittliche Menschen waren, beispielsweise, wie ich später erkannte, Professor *N. L. Stschukin*.

Im Technologischen Institut hoffte ich, Physik zu lernen. Professor der Physik war dort *Nikolai Alexandrowitsch Gesechus*, der Autor einer Reihe interessanter und origineller Untersuchungen über die Reibungselektrizität. Labortätigkeit gab es aber im Technologischen Institut praktisch nicht. Im ganzen ersten Jahr beschäftigten sich die Lektionen mit Meßgeräten. Erst nach einem Jahr kamen die Vorlesungen über Wärme an die Reihe, wobei die Darstellung auf eine Summe angehäufter Versuchsdaten hinauslief. Außerhalb des Institutes konnte ich mich an *Nikolai Alexandrowitsch* als Physiker nicht wenden, da er ein Kollege des Institutsdirektors war und an den Gerichtsverhandlungen teilgenommen hatte, die sich mit den Angelegenheiten der Studenten während der Zeit der Aufstände und Demonstrationen befaßten. Unter diesen Verhältnissen waren private Verbindungen mit einem Vorgesetzten ausgeschlossen.

Aber nach der Absolvierung des Institutes traf ich *Gesechus* häufig, und ich erinnere mich dankbar an seinen Rat, zum Studium der Experimentalphysik nach München zu dem ausgezeichneten Experimentator *W. C. Röntgen* zu gehen. Viel später erhielten wir, die fortschrittliche Jugend, bei Konflikten in der Physikalisch-Chemischen Gesellschaft von *Gesechus* immer Unterstützung. Als 1911 auf einer Sitzung der Gesellschaft ein scharfer Protest gegen die vom Minister der Volksaufklärung *Kasso* verfügte Auflösung der Moskauer Universität angenommen wurde (die dabei die Hälfte der Professoren verlor, unter ihnen *K. A. Timirjasew* und *P. N. Lebedew*), war nach meiner Erinnerung *N. A. Gesechus* das einzige alte Mitglied der Gesellschaft, das sich der Jugend anschloß. Die übrigen zogen sich von der Leitung der Gesellschaft zurück. Zur gleichen Zeit wurde *N. A. Gesechus* auch mit dem verantwortungsvollen Posten des Redakteurs einer physikalischen Zeitschrift betraut.

Nikolai Alexandrowitsch stellte originelle und scharfsinnige Versuche zum Beweis seiner wissenschaftlichen Hypothesen an. Von seinen Schülern, die seine wissenschaftlichen Arbeiten fortsetzten, ist Professor *N. N. Georgiewski* bekannt geworden. Vor seiner Tätigkeit am Technologischen Institut war *N. A. Gesechus* Professor an der Universität in Tomsk. Ein erster Herzanfall hatte ihn gezwungen, eine ruhige Arbeitsweise anzunehmen. Er sprach mit gemessener Stimme und sogar sein Klavierspiel, bei dem er uns junge Physiker gern zuhören ließ, war verhalten.

Nikolai Alexandrowitsch erreichte ein hohes Alter und starb im Jahre 1920. Meine Geruchsuntersuchung erforderte außer physikalischen auch physiologische Kenntnisse. Diese Aufgabe schien wesentlich leichter erfüllbar zu sein. *Peter Franzejewitsch Leshaft*, der seiner fortschrittlichen politischen Ansichten wegen von der Kasaner Universität entlassen worden war, hatte in Petersburg eine Schule von Physiologen geschaffen. Seine Vorlesungen und Versuche begeisterten die studentische Jugend. Ich war von seinen Vorlesungen hingerissen; aber leider dauerte diese Zeit nicht lange: *Peter Franzejewitsch* bemerkte, daß ich als Student des Technologischen Instituts seine Vorlesungen zu einer Zeit regelmäßig besuchte, wo viele vergeblich dorthin zu gelangen suchten. Er legte mir nahe, mich mit meinem Institut zu begnügen und meinen Platz für diejenigen freizumachen, die anderswo nichts zu lernen hatten. Ich mußte mich damit abfinden. Vorausschauendere Kollegen gingen jedoch weiter in diese Vorlesungen, ohne studentische Formen zu beachten. Später lernte ich *Leshaft* näher kennen, als ich in seiner Schule Physikvorlesungen hielt. Dabei überzeugte ich mich noch einmal davon, wieviel ich verloren hatte, als ich auf ihn hörte und den Besuch seiner Vorlesungen abbrach. Er riß seine Zuhörer durch seinen Enthusiasmus mit, vor uns breiteten sich die Perspektiven der Wissenschaft aus, frei von polizeilicher Unterdrückung und religiöser Voreingenommenheit. *Leshaft* zeigte überzeugend die Wirkung der Gesetze der Mechanik bei der Muskelbewegung, die Wirkung physikalischer Gesetze in der Physiologie der Sinnesorgane und der chemischen Gesetze in biologischen Prozessen. Alle Wissenschaften wurden zu einer harmonischen Einheit vereinigt. Die zaristische Polizei verfolgte *Leshaft* und schloß in der Periode der besonders starken Reaktion mehrfach seine Kurse. Aber diese wurden von der fortschrittlichen Öffentlichkeit aufrechterhalten, sie überlebten die zaristische Reaktion und erlebten nach der Revolution eine neue Blüte. In den Jahren 1910 bis 1913 nahm auch ich an diesen Kursen teil, aber nicht mehr als Hörer, sondern als Lehrer der Physik.

Eine Zeitlang mußte ich mich auf das Studium eines sechsteiligen Lehr-

gangs der Physiologie des Menschen, besonders der Physiologie der Sinnesorgane, von *L. Hermann* beschränken. Doch bald eröffnete sich noch eine andere Möglichkeit, in das Gebiet der Physiologie einzudringen: In der chemischen Abteilung des Technologischen Instituts gab es ein kleines Laboratorium zum Studium der Hefeprozesse bei der Bierherstellung, und darüber wurde ein Spezialkurs gelesen. Diese Arbeiten leiteten ein Universitätsprofessor für Mikrobiologie und dessen Assistent *Schirokich*. Unter *Schirokichs* Leitung begann ich, mich mit der Mikrobiologie zu befassen. Themen meiner Arbeiten waren: Die Wirkung des Strychnins auf Diphtheriebazillen – der Übergang von dessen stimulierender zur hemmenden Wirkung bis zum Abtöten in Abhängigkeit von der Dosierung; der Einfluß ultravioletter Bestrahlung auf die Diphtheriebakterien. Aber zur Vollendung dieser Untersuchungen blieb keine Zeit: Jedes Jahr am 12. Januar (Tatjanintag an der Moskauer Universität) und am 8. Februar begannen an der Petersburger Universität Zusammenkünfte, Demonstrationen und Streiks, die mit Ausschlüssen, Arrest und Polizeiaufsicht endeten. Im September konnten die Ausgeschlossenen gewöhnlich zurückkehren, doch dann waren die Mikrobekulturen mit Schimmel bedeckt. Wieder wurden Reinkulturen gezüchtet, von neuem begannen die Versuche, aber im Januar—Februar mußte ich diese wieder liegenlassen, und die Arbeit wurde nicht zu Ende geführt. Meine Versuche betrafen biologische und physikalische Fragen, sie haben aber zu keinem Ergebnis geführt. Im Sommer leistete ich, zunächst im Putilowwerk, ein studentisches Praktikum ab; später befaßte ich mich mit der Montage einer Eisenbahnbrücke im damaligen Gouvernement Charkow.

Ich konnte nicht auf den Leiter der Arbeiten, einen Chefingenieur, warten und mußte als noch nicht ganz zwanzigjähriger Student selbst Entscheidungen treffen und die Verantwortung übernehmen. Ich montierte den einen Teil einer Zweibogenbrücke auf einem nahegelegenen Damm und rollte ihn im fertigen Zustand auf die Pfeiler, ohne mir über die technische Zweckmäßigkeit Rechenschaft abzulegen. Es stellte sich heraus, daß der Abstand zwischen den Pfeilern einen halben Meter kürzer war als die Metallkonstruktion der Brücke. Wir mußten die Konsolen abschlagen, die die Spannweite der Brücke begrenzten. Dabei kamen die gußeisernen Lager auf dem mittleren Pfeiler, wo beide Brückenteile miteinander verbunden wurden, zu nahe aneinander und zu sehr an die Kanten der Steine heran, in denen sie verankert waren. Es entstand die Gefahr, daß die Steinblöcke rissen, doch wäre es möglich gewesen, die Sache durch Einsetzen eines gußeisernen Blockes zwischen die zwei Brückenbogen in Ordnung zu bringen. Aber hierbei stieß ich auf den

unüberwindlichen Widerstand des Bahnaufsehers. Ich bemühte mich beharrlich, ihm die Notwendigkeit des eisernen Zwischenstückes zu beweisen; aber er antwortete gereizt, daß dann dem Abschnittsaufseher nichts mehr zu reparieren bliebe und er mit seinem Gehalt leben müßte. Das war eine gute Lebensweisheit! Die Brücke leistet auch heute noch ihren Dienst ohne diesen Eisenblock.

Eine andere Lehre erhielt ich ein Jahr später, als ich während meines Praktikums im Kolpinskiwerk (heute Ishorskiwerk) eine Abteilung für hydraulische Pressen einrichtete. Das Werk gehörte dem Marineministerium und unterstand der Verwaltung für Schiffbau und Wasserversorgung, die von Admiral Werchowski geleitet wurde. Seine Besuche im Werk gingen mit anekdotenhaftem Pomp vor sich: Um eine „rastlose Geschäftigkeit“ zu demonstrieren, wurden die Arbeiter aus allen Abteilungen in diejenige geschickt, die er gerade besichtigte; aber das Interesse des Admirals war nur darauf gerichtet, den Lohn herabzusetzen. Übrigens wurden die Arbeiter nach Akkordlohn bezahlt, aber Werchowski verbot, mehr als 20% über den Grundlohn hinaus auszuzahlen. Den dabei höchsten Wochensatz (Grundlohn plus 20%), erreichte man, wenn man von Montag bis Mittwoch arbeitete. Die übrigen Tage hätte man ohne Lohn arbeiten müssen. Stattdessen gingen am Mittwoch im Werk die Maschinen „entzwei“, und von Donnerstag bis Sonnabend arbeitete man an der Reparatur von Zahnrädern. Dafür existierte eine besondere große Abteilung. So ging es von Woche zu Woche.

In meinem Arbeitsbereich kamen während eines Admiralsbesuches die aus Petersburg geschickten Konstruktionen auf zwei provisorischen Schienenwegen nur langsam vom Fluß herauf. Eine „rastlose Tätigkeit“ gab es nicht. So wurde ich zum Admiral gerufen, um einen gehörigen Verweis entgegenzunehmen. Danach mußte ich dem Direktor des Werkes mitteilen, daß der Admiral beschlossen habe, das Werk für die schleppende Arbeit zu bestrafen. Er würde die Bezahlung einer Konventionalstrafe für die Verzögerung fordern. Es stellte sich heraus, daß anstelle einer Verspätung ein Vorlauf bestand, aber das Werk mußte 5 000 Rubel für die Bestechung des Admirals bezahlen.

Das System der Lohnauszahlung in einer anderen Fabrik, dem Putilowwerk, war recht hart für die Arbeiter, wenn auch nicht so sinnlos. Die Weigerung des Werkes, in dieser Frage nachzugeben, und die mir im Praktikum klar gewordene Lage im Ingenieurberuf festigten meinen Entschluß, den verlockenden Vorschlag abzulehnen, die Montage neuer Brücken anstelle bestehender Holzbrücken auf der Haupteisenbahnlinie Sibiriens zu leiten. Gleichzeitig wollte ich die Ingenieurarbeit überhaupt aufgeben.

Da ich Physik studiert hatte, wollte ich zunächst versuchen, das Rätsel der physikalischen Natur des Geruches zu lösen, das mich schon seit langem beschäftigte. Ich mußte von der Technik zur Physik und Physiologie übergehen. Aber ich sah keine Möglichkeit, mit dem Diplom der Realschule an die Universität zu kommen.

Professor *N. A. Gesechus* schlug mir vor, zum Studium des physikalischen Experimentierens zu *W. C. Röntgen* zu fahren und empfahl mir, mich mit *Nikolai Grigorjewitsch* (dem ehemaligen Präsidenten des Amtes für Maße und Gewichte) zu beraten. Dieser unterstützte wärmstens den Reiseplan. Beide gaben mir als Empfehlungen Sonderdrucke ihrer wissenschaftlichen Veröffentlichungen mit Widmungen an *Röntgen* mit. Doch von der Möglichkeit, bei ihnen in Petersburg Physik zu studieren, war nie die Rede. Ich besaß Mittel für ein halbes Jahr und beschloß, *Gesechus'* Empfehlung zu verwirklichen. Im Dezember 1902 reiste ich nach München. Mit welcher Geistesverfassung?

Ein Buch *Beltows* (G. W. Plechanow) über den dialektischen Materialismus, einige Kapitel aus dem „Kapital“ und die Diskussionen in der Freien ökonomischen Gesellschaft hatten in meinem Bewußtsein das Fundament gelegt, nicht nur das tägliche Leben, sondern auch die Wissenschaft marxistisch zu verstehen. Ich entsinne mich, daß ich in München die Thermodynamik und besonders die statistische Physik als Bestätigung der Ideen des dialektischen Materialismus ansah und daß mir die philosophischen Bücher *Duhems* und *Machs* mystisch und für den Menschenverstand beleidigend erschienen. Ich entzündete mich an der Idee einer weitgehenden Analogie der physikalischen Natur des Gesichtssinnes, des Hörens, des Geruches und Geschmacks, wobei durch Kombination von Schwingungen die grenzenlose Vielfalt der Sinneswahrnehmungen geschaffen wird.

Ein verlockendes Problem waren die Lichtschwingungen ohne Äther.

Die Arbeit in München. Wilhelm Conrad Röntgen

Zu *Röntgen* kam ich unerwartet, ohne Vorbereitung und mit geringen Kenntnissen der deutschen Sprache. Immerhin konnte ich ihm etwas über meine Ziele, die Natur des Geruches zu erforschen, erzählen. Dies interessierte auch ihn im Zusammenhang mit der Oxydation. Er erkundigte sich nach *Jegorow* und *Gesechus* und schickte mich zu seinen Assistenten *Schmaus*, *Wagner* und *Koch*, bei denen ich das aus 100 Aufgaben bestehende Praktikum durchführen sollte. Dafür brauchte ich zwei Monate. An eine Begebenheit erinnere ich mich deutlich: In einer Spektralkurve ergab sich, daß ein Punkt besonders herausfiel. *Röntgen*, der immer persönlich an der Leitung des praktischen Unterrichts teilnahm, wollte meinen Fehler verbessern und gleichzeitig höchste Genauigkeit demonstrieren, kam aber zu denselben Ergebnissen wie ich. Es stellte sich heraus, daß sich in die russische Übersetzung des „Kohlrausch“, die ich benutzte, ein Fehler eingeschlichen hatte. *Röntgen* lobte meine Messungen und besonders den Umstand, daß ich einen offensichtlichen Fehler nicht vertuscht hatte. Danach interessierte er sich oft für meine Arbeit. Nach der Beendigung des Praktikums beauftragte mich *Röntgen*, eine neue Meßmethode für die Dielektrizitätskonstante von *Drude* mit einem alten Verfahren zu vergleichen und die Grenzen der Meßgenauigkeit beider Methoden zu ermitteln. Diese Aufgabe nahm meine Zeit bis zu den Märzferien in Anspruch.

Im Mai 1903 erschien die Mitteilung von *Pierre Curie* über die Wärme, die vom Radium abgegeben wird. Ich wurde beauftragt, das Ergebnis nachzuprüfen. Ich benutzte dafür Thermoelemente; die Seite des Glasröhrchens, wo sich das Radiumkörnchen (63 mg) befand, erwies sich immer als wärmer. Die vom Radium abgegebene Energie versuchte ich quantitativ zu messen: Ich bestellte zwei kleine Dewargefäße, füllte sie mit Öl und stellte in das eine das Röhrchen mit dem Radium. In das andere steckte ich eine völlig gleiche Röhre, deren Ende ich durch einen stromdurchflossenen Platindraht erwärmte. Durch vielfache Veränderung des Versuches konnte ich die vom Radium ausgestrahlte Energie messen und die möglichen Meßfehler feststellen.

Curies Entdeckung war tiefgreifend. Ihre Erklärung wurde durch die Ruther-

fordsche Hypothese von der Umwandlung der Atome gegeben. Wir wollten uns davon überzeugen, ob nicht andere, viel plausiblere Erklärungen möglich wären. Nach den Sätzen der Thermodynamik gibt es bei manchen temperaturabhängigen Erscheinungen Effekte, die zu einer Erwärmung führen, unabhängig davon, in welcher Richtung sich die äußeren Einwirkungen ändern.



Wilhelm Conrad Röntgen

Insbesondere müssen sich magnetische Materialien bei Änderungen des Magnetfeldes erwärmen. An einer thermoelektrischen Batterie aus 600 Elementen Eisen-Konstantan-Kupfer, die ich in ein magnetisches Wechselfeld brachte, konnte ich bestätigen, daß die Temperatur der Lötstellen Eisen-Konstantan höher war als die der Lötstellen Kupfer-Konstantan.

Das erdmagnetische Feld ist ständigen Fluktuationen unterworfen, die im Prinzip zu einer Erwärmung stark magnetischer Körper führen können. Um den bei Radium gemessenen Effekt dadurch zu erklären, müßten allerdings völlig außergewöhnliche magnetische Eigenschaften gefordert werden. Die magnetische Suszeptibilität von Eisen, Nickel und Kobalt ist fast um 9 Größenordnungen größer als die Suszeptibilität anderer Materialien; warum

sollte es nicht möglich sein, daß Radium in dieser Hinsicht noch um einige Größenordnungen herausragt? Welche magnetischen Eigenschaften hatte Radium?

Mit diesen Fragen wandte ich mich im Juni 1903 an *Röntgen*. Er pflichtete meinen Überlegungen bei und schlug mir vor, mit ihm gemeinsam die Frage nach der Herkunft der Energie des Radiums zu untersuchen. Wir wollten mit der Bestimmung der magnetischen Eigenschaften des Radiums beginnen. Das Röhrchen mit dem Radium wurde zwischen den Polen eines starken Elektromagneten aufgehängt, aber anstelle der erwarteten starken Anziehung wurde es aus dem Magnetfeld herausgestoßen. Wie sich herausstellte, lag das an dem Diamagnetismus des Siegellackes der Aufhängevorrichtung. Auf jeden Fall ließ der Versuch keinen Zweifel daran, daß ein so ungewöhnlicher Ferromagnetismus, wie er die Erwärmung des Radiums hätte erklären können, nicht zu erwarten war.

Die Analyse anderer thermodynamisch zulässiger Erklärungen schloß eine nach der anderen aus, so daß die Hypothese *Rutherfords* schließlich als einzige mögliche übrigblieb. Für *Röntgen* und mich gab es keine Zweifel mehr, daß inneratomare Umwandlungen wirklich existierten. Als ich im Seminar über den *Rutherford*-Artikel vortrug, erzählte *Röntgen* von einem ihm zugeschickten strahlenden Stoff, dessen Strahlen sogar einen dicken Metallzylinder und eine Quecksilberschicht durchdringen. Er sprach auch von einem Vorschlag *Poincarés* zu prüfen, ob die Röntgenstrahlen nicht etwa radioaktive Ausstrahlung des Glases der Vakuumröhre seien und wie er die Unrichtigkeit dieser Annahme bewiesen hatte. Wir hörten eine Reihe interessanter Tatsachen von Substanzen, die unsichtbare Strahlen aussenden. Derartige Beobachtungen liefen von allen Seiten bei *Röntgen* ein, führten aber nicht zur Lösung des Rätsels Radioaktivität. Lediglich die Versuche *Curies* öffneten den Weg dazu.

Der Entdeckung der Röntgenstrahlen, die *Röntgen* selbst stets „X-Strahlen“ nannte, folgte eine ganze Serie von „Entdeckungen“ geheimnisvoller Strahlen, die bald – da sie sich nicht bestätigten – wieder verschwanden. Der Physikprofessor *Gratz* an der Münchener Universität entdeckte ebenfalls nichtexistierende G-Strahlen. Er büßte für immer die Wertschätzung *Röntgens* ein, blieb im übrigen aber Professor an der Universität.

Die letzten Strahlen dieser Art waren anscheinend die „N-Strahlen“ von *Blondlot* aus Nancy, die von *Wood* schonungslos als Irrtum enthüllt wurden, aber dennoch der Anlaß waren, daß der Unterschied der Funktionen der Stäbchen und Zäpfchen im Auge des Beobachters entdeckt wurden.

Als *Blondlot* in der Dunkelheit *Wood* das Spektrum der „N-Strahlen“ mit Hilfe eines Aluminiumprismas demonstrierte, nahm *Wood* das Prisma weg, aber der nichts argwöhnende *Blondlot* fand an denselben Stellen wie vorher weiterhin die Linien des Spektrums. Die Analyse dieser Tatsache führte zu einem interessanten Schluß: In der Dunkelheit sind die Nervenenden im Auge zwar lichtempfindlich – sie heißen Stäbchen –, sie können aber keine Farbeindrücke geben. Wenn wir einen Gegenstand bei Licht beobachten, fixieren wir das Bild, das dieser auf dem „gelben Fleck“ der Netzhaut erzeugt. Aber im gelben Fleck gibt es keine Stäbchen. Deshalb verschwindet in der Dunkelheit ein kleiner Gegenstand, so sehr wir auch unseren Blick auf ihn richten. Daraus resultieren die systematischen Fehler bei den Untersuchungen *Blondlots* als er versuchte, in der Dunkelheit das Bild eines fluoreszierenden Punktes zu fixieren.

Von seinen Nachahmern unterschied sich *Röntgen*, der wie auch *P. N. Lebedew* ein Schüler *Kundts* war, durch eine außerordentliche Strenge bei der Durchführung von Versuchen. Man hielt *Röntgen* für den besten Experimentator seiner Zeit. Der erste Nobelpreis für Physik wurde ihm zuerkannt.

Nach den Versuchen mit dem Radium schlug mir *Röntgen* vor, mich mit meiner Dissertation zu befassen. Aber mein Geld reichte nur für ein halbes Jahr, und das war zu Ende. Um mir die Fortsetzung meiner wissenschaftlichen Arbeit zu ermöglichen, stellte mich *Röntgen* als Assistent ein. Die Untersuchung des Geruchs mußte ich aufgeben. Mir wurde die folgende Aufgabe gestellt: Bei seinen Untersuchungen über piezoelektrische und piezooptische Erscheinungen stand *Röntgen* vor der Frage, ob diese Effekte durch die elastischen Spannungen eines Kristalls oder durch die Deformation seiner Teile verursacht werden. Ich sollte diese Frage lösen und dazu eine elastische Nachwirkung benutzen, während der die Deformation bei unverändert einwirkender Kraft weiter anwächst (z. B. dehnt sich ein Kristall bei einer festen Belastung immer weiter aus). *Pierre Curie* hatte mit einer dünnen Platte piezoelektrischen Quarzes ein Gerät zur Messung elektrischer Ladungen entwickelt. Belastet man den Quarz, so erhält man auf seinen Flächen entgegengesetzte Ladungen, die der Belastung proportional sind. Die Frage war nun, ob die Ladung während der elastischen Nachwirkung weiter anwächst, wenn sich die Platte bei konstanter Belastung weiter dehnt, d. h., wenn die elastische Spannung im Quarz konstant bleibt, aber die Deformation weiter wächst.

Bei der Durchsicht der Literatur zu dieser Frage stimmte ich mit den von *Maxwell* ausgesprochenen Ansichten überein. Er sah in der Nachwirkung

ein Ergebnis von Umordnungen in dem zu deformierenden inhomogenen Material.

Das heißt, ein homogenes Material, z. B. ein Einkristall, dürfte überhaupt keine Nachwirkungen besitzen. Ich machte mir zur Aufgabe, das zu beweisen.

Bei dem Curieschen Gerät war der geladene Teil der Quarzoberfläche von dem restlichen schmalen Zwischenraum, der jedoch auch geladen war, isoliert. Diese Ladung floß allmählich ab und erzeugte den Eindruck, als wüchse die Elektrisierung der ganzen Platte. Wenn der Effekt der Nachwirkung überhaupt existierte, so war er geringer als die möglichen Beobachtungsfehler, die durch den isolierenden Streifen verursacht wurden. Diese Fehler mußten vermieden werden. Deshalb ging ich dazu über, die Biegung der Quarzplatte durch Beobachtung der Interferenzstreifen zu messen. Die Biegung nahm nach dem Anhängen der Last immer weiter zu, doch zeigte es sich, daß die Nachwirkung in der Hauptsache durch die Aufhängung der Last an dem Siegellack hervorgerufen wurde. Nach der Entfernung des Siegellackes ging die Nachwirkung zurück, verschwand aber nicht völlig.

Thermodynamische Berechnungen führten auf zwei Faktoren, die die Nachwirkung anregen konnten. Der eine war der Übergang der anfänglich schwächeren adiabatischen Deformation in eine isotherme, wobei der Temperaturausgleich zu einem Anwachsen der Deformation führte; indessen zeigte eine Rechnung, daß die Wärmeeffekte beträchtlich schneller verschwinden müssen als die zu beobachtende Nachwirkung. Dafür konnte der zweite Faktor – nämlich die durch die elektrischen Ladungen hervorgerufenen Deformationen – lange erhalten bleiben, und es würde schwierig sein, sie zu beseitigen, weil bei der Biegung im Inneren der piezoelektrischen Quarzplatte eine Volumenladung entsteht und Quarz ein guter Isolator ist. Die Biegung wächst in dem Maß, wie die innere Ladung verschwindet, und erreicht einen Grenzwert.

Ich beschloß, diesen Vorgang durch Erhöhung der inneren Leitfähigkeit des Quarzes zu beschleunigen und wollte den Quarz mit Röntgenstrahlen oder Radium bestrahlen, stieß aber auf den entschiedenen Widerspruch *Röntgens*. Er hatte kurz zuvor Versuche *J. J. Thomsons* widerlegt, der eine Erhöhung der Leitfähigkeit von dielektrischen Stoffen durch Röntgenstrahlen beobachtet hatte. *Röntgen* hatte gezeigt, daß der Zusatzstrom nicht durch das Dielektrikum geht, sondern durch die umgebende Luft. Mein Vorschlag kränkte *Röntgen* sogar, da er ihn als Mißtrauen gegen seine Folgerungen auffaßte. Ich behauptete, daß *Thomsons* Fehler nicht die Möglichkeit ausschloß, daß

im Quarz derartige Effekte doch existieren könnten. Sie mußten auch in Festkörpern auftreten, wenn die Strahlen durch Auslösung von Elektronen eine (Gas-)Ionisierung hervorrufen. Derartige Versuche würden das ganze Problem der elektrischen Eigenschaften der Kristalle aufwerfen. Ich sah aber keine andere Möglichkeit, mich vom Fehlen elastischer Nachwirkungen im Quarz zu überzeugen, um die von *Maxwell* ausgesprochenen Ansichten zu bestätigen.

Am Ende entschied *Röntgen*, daß es sich nicht lohnte, wegen meiner Hartnäckigkeit zu streiten, und er gestattete mir, mich selbst von meinem Fehler zu überzeugen. Es gab weder einen Fehler noch erhielt ich ein positives Resultat.

Annäherung und Entfernung des Radiums hatten überhaupt keinen Einfluß auf den Verlauf der Nachwirkung. Aber von Tag zu Tag beschleunigte sich der Ablauf der Nachwirkung, die ich dem Austritt von Ladungen aus dem Quarz zuschrieb. Die Leitfähigkeit erhöhte sich allmählich unter dem Einfluß der langdauernden Bestrahlung. Der Strom der elektrischen Ladungen aus dem Innern der Quarzplatte verläuft durch seine Oberfläche und hängt daher von den Oberflächenbedingungen ab. Durch Veränderung dieser Bedingungen konnte der Verlauf der Nachwirkungen beeinflußt werden. *Röntgen* entwickelte seine ganze Experimentierkunst, um meine Ergebnisse nachzuprüfen. Er nahm eine meiner Proben, unterwarf sie mir unbekanntem Operationen und gab sie mir zur Messung der Nachwirkung zurück. Schließlich überzeugte er sich von der Richtigkeit meiner Folgerungen und untersuchte gleichzeitig gründlich den Einfluß der äußeren Bearbeitung auf die Oberflächen-Leitfähigkeit von Isolatoren. – Ich selbst begann mit der unmittelbaren Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Quarzes und ihrer Beeinflussung durch verschiedenartige Bestrahlung.

Darüber kamen die Frühjahrsferien 1904 heran. *Röntgen* reiste nach Santa Margherita in Italien, ich aber blieb zurück, in Anspruch genommen von der Frage nach dem Einfluß der Bestrahlungen auf die Leitfähigkeit dielektrischer Kristalle. Eine große Sammlung solcher Kristalle befand sich noch aus der Zeit von *Röntgens* Vorgänger, Prof. *Lommel*, im Museum des Physikalischen Institutes. Ultraviolette Licht, Röntgenstrahlen, die β -Strahlen des Radiums, Erwärmung und Abkühlung – alles veränderte den Strom in den Isolatoren. Ich teilte *Röntgen* meine Beobachtungen mit und erhielt als Antwort eine Postkarte: „Ich erwarte von Ihnen ernsthafte wissenschaftliche Arbeit, aber keine sensationellen Entdeckungen. *Röntgen*“.

Nach seiner Rückkehr erklärte er mir den Sinn seiner Postkarte. Nach der

Entdeckung seiner Strahlen waren so viele Sensationen aufgetaucht, daß die Strahlen bei den Physikern in einen schlechten Ruf kamen. Die Beschreibung jeglicher Strahlungen und ihrer Wirkungen hinterließen den Eindruck von etwas Unsolidem. Die elastische Nachwirkung jedoch war ein klassisches Thema, und seine neue Lösung, die sich auf die Maxwell'sche Theorie stützt, würde wohlwollende Aufnahme finden. (Er nahm deshalb an, daß dies Thema in meinem Interesse läge.) Ich war gern damit einverstanden, nichts über meine Beobachtungen bei der Bestrahlung von Kristallen zu veröffentlichen, und versprach, die Arbeit über die Nachwirkung zu Ende zu führen.

Ich wollte jedoch meine Untersuchungen über den Einfluß der Bestrahlung auf die Kristalle und das Studium des Strommechanismus nicht abbrechen und erklärte, daß ich versuchen würde, die Experimente fortzusetzen, nötigenfalls an einem anderen Ort, wenn das in München nicht möglich sei.

Röntgen ließ mich in seinem Laboratorium arbeiten, kam aber nicht mehr zu mir, obwohl mein Arbeitszimmer während meiner Versuche mit Radium zu seinem Kabinett gehörte, das aus drei Räumen bestand. Ich stieß auf eine unvorhergesehene Schwierigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit von Plättchen aus Steinsalz, die ich jetzt untersuchte, wurde bei Röntgenbestrahlung eher erniedrigt als erhöht. Manchmal wuchsen die Ströme auf das Zehn- und Hundertfache, dann wieder fielen sie gänzlich ab. Alle Kontakte wurden sorgfältig überprüft, die Anlage ausprobiert, aber die Unbestimmtheit vergrößerte sich nur. Sichtbares und ultraviolettes Licht hatte keine Wirkung. Einmal bemerkte ich aber, daß der Strom im Steinsalz gerade in dem Augenblick zunahm, als die Sonne aus den Wolken trat. Als ich den Versuch an anderen Platten wiederholte, ergab sich, daß nur jene Platten gegenüber Sonnenlicht empfindlich waren, die ich vorher einer Röntgenbestrahlung ausgesetzt hatte.

Das Rätsel löste sich bald, aber in ziemlich unerwarteter Weise. Als ich zu *Röntgen* ins Praktikum ging, wurde ich mit der ironischen Frage empfangen: „Noch eine sensationelle Entdeckung?“ „Ja.“ Ohne jede weitere Erklärung führte ich *Röntgen* zum Gerät und zeigte ihm, wie das Herablassen der Fenstervorhänge den Strom herabsetzte und das Sonnenlicht ihn tausendfach vergrößerte. „Wieviel vermag die Sonne zu bewirken im Vergleich zu einer Streichholzflamme.“ Es zeigte sich, daß deren Licht den Strom ebenfalls um ein Mehrfaches vergrößerte. „Setzen wir uns zusammen an diese Untersuchung!“ sagte *Röntgen* schließlich, und fast 20 Jahre lang, bis zu seinem Tode, blieb dieses Gebiet das einzige Thema seiner wissenschaftlichen Arbeit.

Ich will versuchen, diesen Entschluß *Röntgens* zu erklären. Er war weder zufällig noch wurde er durch das eindrucksvolle Ergebnis des Versuches hervorgerufen. Soweit ich es übersehe, war sein Grundproblem die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Erscheinungsformen der Naturkräfte: mechanische Kräfte (oder Deformationen) und die durch sie hervorgerufene Elektrisierung oder Veränderung der optischen Eigenschaften, Ströme geladener Teilchen als Quelle von Röntgenstrahlen und vor allem der Zusammenhang zwischen Licht und Elektrizität. – Und hier rief Licht in einem Isolator elektrische Ströme hervor, und zwar als Folge einer vorherigen Einwirkung von Röntgenstrahlen. Andererseits nahm *Röntgen* an, daß gerade die Kristalle wegen ihrer regelmäßigen Struktur am schnellsten die atomaren Wechselwirkungen enthüllen und das Hauptproblem, die Bindung zwischen Stoff und Elektrizität, zu lösen gestatten würde. Hier zerreißt offenbar das Licht diese Bindung.

Es gab noch eine andere Seite des Problems. Seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen waren acht Jahre vergangen. Ein angemessenes Forschungsthema hatte *Röntgen* nicht, obwohl er danach suchte und sich der neusten Forschungsmethoden bediente, wie z. B. des Ultramikroskops. Ein solches war in seinem Kabinett aufgestellt, aber zu einem perspektivlosen Ansammeln von experimentellen Daten wollte er sich nicht herablassen. Mit wachsender Ungeduld suchte *Röntgen* nach neuen Erscheinungen der Naturkräfte. Daraus stammte sein Interesse an den magnetischen Eigenschaften des Radiums; und sogleich zeigten sich neue Tatsachen, die unmittelbar mit der Lichteinwirkung auf die elektrischen Eigenschaften der Kristalle zusammenhingen. Ich halte es für möglich, daß *Röntgen* in den elektrischen Strömen, die durch die Belichtung hervorgerufen wurden, eine „Röntgenisierung“ des Salzes sah. In neuer Form entstand vor ihm ein altes Rätsel, dessen Lösung eine interessante Arbeit versprach. *Röntgen* studierte täglich meine Beobachtungen, kritisierte sie und diskutierte die Resultate. Er erkannte die Lenardschen Elektronen nicht an – nicht nur aus Feindschaft zu *Lenard*, sondern auch, weil das, wie er sagte, ein inhaltsloses Wort sei. Im Institut war es verboten, das Wort „Elektron“ auszusprechen. Ich benutzte meine Gespräche mit *Röntgen*, um die Nützlichkeit des Begriffes Elektron zu beweisen. Dafür schlug mir *Röntgen* vor, als ich im Mai 1905 meine Dissertation verteidigte, darzulegen, was man jetzt als Vorgeschichte der Relativitätstheorie ansehen könnte: die *Lorentzgleichungen* und die Hypothese von *Fitz-Gerald*. Dabei stellte er mir die Frage: „Und Sie glauben, daß es Kugeln gibt, die platgedrückt werden, wenn sie sich bewegen? Können Sie dafür bürgen, daß derartige Elektronen für

immer in der Physik bleiben werden?“ – Ich antwortete: „Ja, ich bin überzeugt, daß sie existieren; nur wissen wir jetzt noch nicht alles über sie. Infolgedessen muß man sie erforschen“.

Als ich meine Dissertation verteidigte, geschah etwas Merkwürdiges. Der Dekan trug die Begrüßungsansprache lateinisch vor, was ich nicht verstand. Das einzige, was ich erfaßte, war das positive Resultat der Verteidigung, da die Rede mit einem Händedruck endete. Als ich aber *Röntgen* im Laboratorium traf, empörte er sich über die Gelassenheit, mit der ich auf die Rede des Dekans reagiert hatte. Es stellte sich heraus, daß die Fakultät zum ersten Mal nach 20 Jahren den Grad „summa cum laude“ zuerkannt hatte. Dieser Grad gab gleichzeitig das Recht, Vorlesungen zu halten. Man hatte von mir den Ausdruck großer Freude erwartet – und ich wußte nicht einmal, daß es vier Bewertungsstufen gibt und ich die höchste davon erhalten hatte. *Röntgen* wollte lange nicht glauben, daß ich, als ich zur Verteidigung ging, die Reihe der Bewertungsstufen nicht gekannt hatte. Später einmal erinnerte er an diesen Vorfall: „Sie sind wirklich ein merkwürdiger Mensch“.

Im August 1906 reiste ich nach Rußland und sah mit eigenen Augen die Abkehr der Intelligenz von der Revolution. Mit meiner marxistischen Überzeugung glaubte ich nicht das Recht zu haben, fern der Heimat in München mich nur mit Physik zu beschäftigen. Ich schrieb *Röntgen*, daß ich nicht zurückkommen würde und daß mein Gewissen es mir nicht erlaube, die Heimat zu verlassen, während die Reaktion triumphiert.

Eine solche Verletzung aller Regeln und dienstlichen Verpflichtungen empörte *Röntgen* (ich war planmäßiger Assistent und rückte durch *Röntgen* auf eine Professur auf), aber zu seiner Ehre muß gesagt werden, daß er bald die Rechtmäßigkeit meiner Gefühle anerkannte. Unsere wissenschaftliche Verbindung und gemeinsame Arbeit dauerten bis zum Jahre 1914 an. Zweimal im Jahr fuhr ich nach München, wo ich unsere Versuche fortsetzte. Einen Teil der Untersuchungen führte ich mit Mitarbeitern in Petersburg durch. Unter anderem studierten wir ausführlich viele Erscheinungen im Steinsalz, die unabhängig davon 10 Jahre später noch einmal von *Pohl* und *Gudden* entdeckt wurden. Es sammelten sich 17 Hefte mit Beobachtungsdaten an und bis zu 300 Seiten Text, aber *Röntgen* entschloß sich immer noch nicht, unsere Arbeit zu veröffentlichen.

Im Winter 1911 fuhren wir mit ihm nach Davos in die Schweiz, um ungestört alle Einzelheiten der Veröffentlichung unserer gemeinsamen Arbeit zu erörtern. *Röntgen* wollte, daß die von uns gefundenen Tatsachen systematisch, ohne „hypothetische“ Erklärungen dargestellt werden sollten. Mir

schien es aber, daß das umfangreiche Material nur dann vom Leser verstanden werden konnte, wenn die Tatsachen als Begründung für die von uns gezogenen Folgerungen dargestellt wurden.

Um *Röntgen* zu überzeugen, teilte ich das gesamte Tatsachenmaterial in 7 Kapitel ein und setzte ein kurzes Kapitel davor: „Die Lösung der 7 Welt-rätsel.“ *Röntgen* kontrollierte nörglerisch, ob jedes Detail vollständig aus dem Kapitel mit den Folgerungen hervorgehe. Als er keinerlei Widersprüche fand, stimmte er zu, eine Reihe physikalischer Folgerungen in den Text aufzunehmen. Aber dann begann er von neuem zu schwanken. Die Zeit verging, und die 1904 bis 1907 angestellten Versuche waren noch immer unveröffentlicht, als wir 1914 zum letzten Male vor dem Krieg zusammentrafen.

Röntgen schlug vor, unsere Arbeit aufzuteilen und ihm das Steinsalz zu überlassen. Seinen 200 Seiten umfassenden Artikel über das Steinsalz veröffentlichte er 1920 mit der Bemerkung, daß er teilweise gemeinsam mit mir entstanden sei. Kaum jemand hatte genügend Geduld, um ihn zu Ende zu lesen, aber dafür illustriert der Artikel gut, was *Röntgen* unter „Darstellung von Tatsachen“ verstand. Ich gab eine kurze Zusammenstellung der an anderen Kristallen gefundenen Resultate erst 1923 zum Druck, nachdem *Röntgen* darin jedes Wort geprüft hatte. Die Arbeit wurde erst nach seinem Tode veröffentlicht.

Die erste Mitteilung über unsere Versuche an Calcit war 1907 in den „Nachrichten der Münchener Akademie der Wissenschaften“ erschienen. So zog sich die Darstellung der Ergebnisse unserer Arbeit über 16 Jahre hin und erschien gedruckt in Form der Monographie *Röntgens* über das Steinsalz und meiner kurzen Mitteilung über alle übrigen Folgerungen aus zehnjähriger Arbeit.

In den Jahren 1921 und 1922 besuchte ich *Röntgen* zweimal. Er war schon im Ruhestand, aber noch Direktor des Metrologischen Laboratoriums. Er nahm mich äußerst freundschaftlich auf und ging soweit, daß er mir sein Jagdhäuschen in Weilheim, seinen einzigen Besitz, vermachen wollte. – In seinem Gärtchen züchtete *Röntgen* wunderschöne Bäume und Sträucher. Er war betrübt, daß der Garten nach seinem Tode in die Hände unbekannter juristischer Erben übergehen sollte, die alles vernachlässigen würden, was ihm teuer war. Mich, den er als Fortsetzer seiner wissenschaftlichen Arbeiten betrachtete, hielt er auch für einen Kenner seines Geschmackes.

Röntgen wurde an der holländischen Grenze geboren. Seine Geldmittel, darunter der Nobelpreis, lagen in ausländischer Währung vor. Als während des Krieges die Regierung die Abgabe der Valutawerte verlangte, gab *Röntgen*

alles, was er besaß. Die Inflation entwertete das übrige. In seinen letzten Jahren mußte *Röntgen* ein hartes Leben führen. Nur einmal in der Woche konnte er sich ein Fleischgericht leisten. Es war für ihn ein schwieriges Problem, mich mit echtem Kaffee zu bewirten; das besonders, nachdem er alle seine Barmittel für eine zweiwöchige Reise in die Schweiz aufgewendet hatte, um die Orte zu besuchen, wo er mit seiner verstorbenen Frau geweilt hatte. Während des Krieges waren unsere bei ihm befindlichen Notizen, Beobachtungshefte und die zum Druck vorbereitete gemeinsame Arbeit in einem großen Kuvert aufbewahrt. Es trug die Aufschrift: „Im Fall meines Todes verbrennen.“ Er sagte: „Natürlich konnte ich während des Krieges gegen Rußland nicht zusammen mit einem Russen eine Arbeit drucken lassen.“ Dieses Kuvert erhielt ich zweimal, um einen Artikel zu formulieren, der auf seinen Wunsch den Untertitel trug: „Teilweise gemeinsam mit W. C. Röntgen.“ In diesem Kuvert mit der erwähnten Aufschrift verblieben alle unsere Materialien bis zu seinem Todestage im Februar 1923. Danach wurden sie von den Nachlaßverwaltern verbrannt. So kam es, daß ein großer Teil unserer langjährigen Arbeiten nie an die Öffentlichkeit gelangte. Darunter war auch ein Teil der in Petersburg gemachten Beobachtungen. (Kopien meiner Arbeiten hatte ich nicht aufbewahrt, sie nach so vielen Jahren aus dem Gedächtnis aufzuschreiben, war unmöglich.)

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen war eine blendende Offenbarung von *Röntgens* Experimentiertalent, nicht nur wegen der Neuheit der Erscheinung, sondern auch deshalb, wie diese untersucht wurde. In drei kleinen Artikeln, die im Laufe eines halben Jahres erschienen, wurde die neue Erscheinung so allseitig untersucht, daß im Verlauf von fast 15 Jahren Hunderte von weiteren Arbeiten nichts Wesentliches ergänzen konnten — bis auf die Entdeckung der charakteristischen Strahlen von *Barkla* und die Entdeckung der Beugung der Röntgenstrahlen durch *Laue*. Liest man die Artikel *Röntgens*, so ist man von der klaren Logik des Experimentes und der ungewöhnlichen Einfachheit seiner Durchführung überrascht. Für die gesamte Untersuchung war kein kompliziertes Gerät erforderlich: ein Elektroskop, Metallstücke, Glasröhren — das war die ganze Apparatur für die Experimente *Röntgens*. Und was für scharfsinnige Fragen wurden damals mit diesen Mitteln gelöst!

Werden Röntgenstrahlen an Oberflächen reflektiert? Es schien ein ausgesprochen empfindliches Gerät zur Beantwortung dieser Frage nötig zu sein. *Röntgen* löste sie aber einfach und elegant durch Beobachtung der Streuung

der Strahlen an einer Menge zerstückelten Glases. Hierbei gibt es so viele aufeinanderfolgende Reflexionen, daß sich deren Wirkung tausendfach an der Streuung nach den Seiten äußern mußte. Aber auch unter diesen Bedingungen zeigte sich keine Streuung.

Die Neider *Röntgens* versuchten, seine Entdeckung als reinen Zufallserfolg eines Physikers darzustellen, in dessen Hände eine Lenardröhre gefallen war. An erster Stelle stand der spätere Faschist *Philipp Lenard*, der die Röntgenstrahlen übersehen hatte und *Röntgen* dessen Beobachtungsgabe nicht verzieh. Aber niemand hätte, wenn er die Strahlen entdeckt hätte, es so wie *Röntgen* verstanden, sie zu untersuchen. *Röntgens* Begabung trat nicht zufällig und nicht plötzlich hervor. Nur wenige jedoch wissen um die übrigen wissenschaftlichen Verdienste *Röntgens*.

Das Talent eines Experimentators äußert sich in der Fähigkeit, die zu studierende Erscheinung in reiner Form herauszustellen und sie von Nebeneinflüssen zu befreien. *Röntgen* gelang es immer, ein Experiment unter solchen Bedingungen durchzuführen, daß alle komplizierenden Effekte nur die Rolle vernachlässigbarer Korrekturen spielten. Als Beispiel führe ich *Röntgens* Messung der Absorption infraroter Strahlen durch die Luft an:

Jahrelang dauerte ein Streit zwischen *Magnus*, der das Vorhandensein einer Absorption leugnete, und *Tyndall*, der ihr einen wesentlichen Einfluß auf das Klima zuschrieb. Um seine Behauptungen zu beweisen und die Größe der an sich schwachen Absorption zu messen, unternahm *Tyndall* sogar Aufstiege in die Alpen und beurteilte die Größe der Absorption nach dem Intensitätsunterschied der infraroten Strahlen der Sonne zwischen Spitze und Fuß eines Berges. Natürlich hing das Resultat auch von der Änderung verschiedener anderer Bedingungen ab und erforderte eine hohe Genauigkeit, weil es eine kleine Differenz zweier großer Zahlen darstellte. Der Streit dauerte weiter an, bis *Röntgen* ihn durch einen einfachen Versuch entschied. Er maß in einem Gefäß die Erwärmung der Luft, die durch darin absorbierte infrarote Strahlen hervorgerufen wurde.

Dieses Beispiel ist auch für andere von *Röntgen* ausgeführte Experimente bezeichnend.

Noch ein anderes Beispiel: „Der Röntgenstrom“. Es sollte bewiesen werden, daß die Bewegung elektrischer Ladungen einem Strom äquivalent ist und ein Magnetfeld erzeugt. Dazu mußten große Ladungen mit möglichst hoher Geschwindigkeit an der Stelle vorbeifliegen, wo das Magnetfeld gemessen wird. Eine solche Forderung ließ sich am leichtesten durch eine schnell rotierende geladene Platte verwirklichen. Aber es entstand eine problematische

Frage: Nimmt die Platte bei ihrer Bewegung die auf ihr sitzenden Ladungen mit, oder fließen diese ins Innere der metallischen Scheibe?

Röntgen teilte die Scheibe in einige Sektoren, die durch einen Isolator voneinander getrennt waren, und erhielt so einen überzeugenden Beweis dafür, daß tatsächlich die Bewegung der Ladungen das Magnetfeld erzeugt.

Viel Literatur war den Eigenschaften reiner Flüssigkeitsoberflächen gewidmet. *Röntgen* schuf eine sich ständig erneuernde Flüssigkeitsoberfläche, indem er die Flüssigkeit von unten durch eine enge Röhre in einen Trichter leitete und über den Rand abfließen ließ.

Viele machte das rätselhafte Maximum der Dichte des Wassers bei 4 °C und deren Verminderung beim Gefrieren neugierig. *Röntgen* stellte die Hypothese auf, daß verschiedene Wassermoleküle existieren (mit z. B. unterschiedlicher Zahl von H₂O-Gruppen) und daß das Verhältnis derartiger Moleküle sich mit der Temperatur ändert. Das war eine mutige und erfolgreiche Hypothese.

Röntgen verstand es, von den piezoelektrischen Erscheinungen zu den piezooptischen überzugehen, und dadurch wurde von ihm die *Piezooptik* begründet.

Nernst hatte festgestellt, daß die Wärmemenge fester Körper bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt beträchtlich schneller verschwindet, als die klassische Theorie angab. *Einstein* erklärte den Verlauf der spezifischen Wärme, indem er nicht nur eine Quantisierung der elektromagnetischen Wellen, sondern auch der Wärmeschwingungen annahm. Die Wärmebewegung wird bei tiefen Temperaturen stark gedämpft; besonders schnell geht das bei Diamant.

Nach den Vorstellungen, in denen *Röntgen* lebte, ist eine Äußerung der Wärmebewegung die Wärmeausdehnung fester Körper. (Von diesem Gesichtspunkt aus studierte er die Wärmeausdehnung der Kristalle und des Wassers. Er veröffentlichte eine ganze Serie äußerst präziser Messungen.) Die Wärmeausdehnung mußte bei niedrigen Temperaturen als Äußerung der Wärmebewegung der Moleküle stark zurückgehen. Daher stellte *Röntgen* Messungen des Wärmeausdehnungskoeffizienten des Diamants bei tiefen Temperaturen an. Erwartungsgemäß ergab sich die völlige Analogie des Ganges der Wärmeausdehnung mit dem Gang der spezifischen Wärme. In jeder Arbeit *Röntgens* findet sich immer eine neue originelle Idee oder werden Resultate angeführt, die mit einer neuen experimentellen Methodik gewonnen wurden.

In keiner Arbeit war irgendein Fehler. Die Genauigkeit seiner Messungen blieb viele Jahre lang unübertroffen.

Viele wissenschaftliche Artikel *Röntgens* beziehen sich auf verschiedenartige Fragen, die im Laufe der Entwicklung der Physik entstanden waren. Man kann aber auch besondere persönliche Interessen an den fundamentalen Problemen seiner Epoche feststellen. Das waren die Fragen nach der Struktur der Stoffe, insbesondere der Kristalle, nach den Wechselwirkungen elektrischer und optischer Prozesse mit mechanischen Einwirkungen auf den Stoff, die Wirkung elektrischer Ströme auf die magnetischen und optischen Eigenschaften des Raumes. *Röntgen* sah die Analogie seiner Strahlen mit dem Licht, doch mußte er auch eine Reihe von Widersprüchen feststellen, z. B. das Fehlen der Reflexion und der universelle Zusammenhang des Absorptionskoeffizienten mit dem Atomgewicht und der Dichte. Von *Röntgen* stammt der Gedanke, daß die geheimnisvollen „X-Strahlen“ auch elektromagnetische Wellen sind, nur im Unterschied zum Licht Längs- und keine Querwellen. Das war ein Fehler – und soviel ich weiß, der einzige wissenschaftliche Fehler *Röntgens*. Er hat nicht die Möglichkeit eines Überganges von quantitativen zu qualitativen Veränderungen in einer bestimmten Etappe vorhergesehen. Wie wir heute wissen, ergeben sich die Besonderheiten der Röntgenstrahlen aus ihrer höheren Schwingungsfrequenz und demnach dem besonderen Verhältnis ihrer Wellenlänge zu den Abmessungen der Atome und den interatomaren Abständen.

17 Jahre nach *Röntgens* Entdeckung eröffnete das Experiment *Laues* eine neue Etappe in der Geschichte der Röntgenstrahlen und der Kristallphysik. Es ist interessant, mit welcher Beharrlichkeit *Röntgen* nach neuen Erscheinungen beim Durchgang der X-Strahlen durch Kristalle gesucht hatte.

In jedem seiner drei Aufsätze werden Beobachtungen beim Durchgang der X-Strahlen durch Kristalle beschrieben. Die ganze Arbeit schloß mit den Experimenten an Kristallen und der Hoffnung ab, zu wichtigen Ergebnissen zu gelangen. Man kann darin eine verblüffende Intuition sehen, man kann auch ihre Herkunft verstehen: *Röntgen* hatte die Erscheinungen des Lichtdurchganges durch Kristalle tief durchdacht, auch die Doppelbrechung, die Rolle mechanischer und elektrischer Wirkungen und die Drehung der Polarisations Ebene. Die Analogie zwischen den X-Strahlen und dem Licht hatte *Röntgens* Gedanken und seine Experimentierkunst auf Erscheinungen gelenkt, die die noch rätselhaften Eigenschaften der X-Strahlen mit der Kristallsymmetrie in Zusammenhang brachten. Daß *Röntgen* bei diesen Experimenten im Gegensatz zu *von Laue*, *Friedrich* und *Knipping* keinen Erfolg hatte, erklärt sich dadurch, daß der Kristall sich bei seinen Versuchen zu nahe an der Strahlenquelle befunden hatte. Das ist auch verständlich: Zu der Zeit, als

Röntgen seine Versuche anstellte, gab es keine logischen Begründungen dafür, den Kristall weiter entfernt aufzustellen und den Strahl zu verengern, und *Röntgen* unternahm keine Versuche auf gut Glück, ohne klare Gedankenführung.

Die Analyse von *Röntgens* wissenschaftlichem Gesamtwerk und besonders seiner drei kurzen Mitteilungen über die X-Strahlen zeigt, daß seine Entdeckung und deren blendende Ausarbeitung nicht nur eine Sache des Zufalls war, sondern die gesetzmäßige Äußerung eines überragenden Experimentiertalents. Kaum ein anderer als *Röntgen* hätte, wenn er die Entstehung der X-Strahlen beim Auftreffen von Kathodenstrahlen auf Glas bemerkt hätte, eine Röntgenröhre mit einer Platinantikathode konstruieren und mit deren Hilfe Aufnahmen machen können, die durch die Schärfe der Details überraschen. Ich habe die ersten Aufnahmen um 1896 gesehen, und ich kenne nichts Vollendetes, obwohl seitdem die Produktion von Röntgenröhren eine lange, 60jährige Entwicklung durchlaufen hat und die Anforderungen an die Aufnahmen sich sehr erhöht haben.

Röntgen hatte von Anfang an die Bedeutung seiner Entdeckung besonders für medizinische Anwendungen erkannt. Er nahm keine Patente und lehnte die zahlreichen und beharrlichen Angebote von seiten verschiedener Firmen kategorisch ab. Er übergab seine Erfindung bewußt an die Menschheit. Nur der Nobelpreis brachte ihm einen finanziellen Ertrag. Die Sensation, die seine Entdeckung in der ganzen Welt hervorrief, die taktlosen Versuche, sich an die große Entdeckung heranzudrängen oder eine Verbindung zu deren Autor herauszustellen, widersprachen allem, was das Denken eines Gelehrten ausfüllt. Alles das zwang *Röntgen*, sich zurückzuziehen und sein Leben auf einen engen Kreis von Freunden und Mitarbeitern zu begrenzen. Er nahm keine Orden an, trat nicht auf Versammlungen auf, verzichtete auf Ehrungen und hielt es für seine Pflicht, die Arbeit auf allen Gebieten der Physik weiter zu entwickeln – vor allem auf solchen, die von Sensationen entfernt waren. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen lenkte das Interesse *Röntgens* auf ungelöste Probleme der klassischen Physik. Er erforschte die von ihm entdeckten Strahlen, soviel er konnte, aber er fürchtete, durch seine sensationelle Entdeckung zu einem engen Spezialisten gemacht zu werden. Er wollte der Physiker bleiben, der er immer gewesen war – ein Erforscher der Naturerscheinungen, dem es nur einmal geglückt war, eine neue, noch niemandem bekannte Seite der Natur zu entdecken. So war, aus meiner Sicht, der *Röntgen*, den ich sieben Jahre nach seiner Entdeckung kennenlernte. Wie streng er auch die ihm auferlegten Pflichten befolgte, in ihm lebte auch der *Röntgen*.

seiner Jugend, der begierig auf die ihn umgebende Welt blickte und nach Antwort auf die ungelösten Rätsel suchte. Unsere langjährige gemeinsame Arbeit konnte auch diese – durch Prinzipien, nach denen sich *Röntgen* in seinem Leben richtete – absichtlich eingeengte Seite aufdecken. Bereits in meinem ersten Gespräch mit *Röntgen*, in dem ich ihm meine Vorstellungen über die Natur des Geruches mitteilte, legte er seine Hypothese über den Geruch dar, an die er später niemals mehr erinnert hat.

Er machte sich viele Gedanken über die Rolle der Elektrizität in den Naturerscheinungen, über die Formen des Zusammenhanges zwischen Elektrizität und Stoff, und es schien ihm, daß man das ganze komplizierte Problem nicht lösen kann, wenn man die Ladungen auf einzelne Elektronen aufteilt. Er war der Meinung, daß die beständige Erwähnung der Elektronen ihre komplizierte Natur durch ein passend gewähltes Wort verschleiert.

Die Arbeit *Sommerfelds* über die Bewegung eines Elektrons mit Überlichtgeschwindigkeit zog seine Aufmerksamkeit auf sich. Er verteidigte die Arbeit gegen seine Mathematikkollegen und bot dem Autor den Lehrstuhl für theoretische Physik an. Aber unterdessen vermied es *Röntgen*, die Elektronen in seinem Institut irgendwie zu erwähnen.

Selten konnte man auf *Röntgens* Gesicht ein Lächeln sehen. Ich habe aber gesehen, mit welcher rührender Aufmerksamkeit er sich seiner kranken Frau widmete und wie sich seine Falten glätteten, wenn er sich an einer wissenschaftlichen Frage begeisterte, wenn wir auf Schneeschuhen liefen oder auf Schlitten von den Bergen herabsausten.

Röntgen war ein Mensch von asketischer Bescheidenheit, er mied ehrende Titel. Nach seiner Entdeckung ging er von Würzburg an die Münchener Universität und blieb dort bis an sein Lebensende. Er lehnte einen ehrenenden und hochbezahlten Posten an der Berliner Akademie der Wissenschaften ab, ebenso den Lehrstuhl für Physik an der Berliner Universität (den „Lehrstuhl von Helmholtz“, wie man ihn nannte). In München führte er mit seiner Frau und deren verwaister Nichte ein bescheidenes und zurückgezogenes Leben. Pünktlich um 8 Uhr begann er im Institut zu arbeiten und ging um 6 Uhr abends nach Hause. Wie alle machte er eine zweistündige Pause von 12 bis 2 Uhr. Von Zeit zu Zeit versammelte er seine Assistenten um sich, zu denen er mich auch bald zählte. Gesprächsthemen waren Universitätsereignisse und russische Angelegenheiten. *Gorki* und *Tschechow* in der Literatur, die demokratischen Traditionen der Intelligenz und das Polizeiregime der zaristischen Regierung wurden in liberalem Geist diskutiert. Aber der deutsche Patriotismus herrschte in dieser Gesellschaft ständig vor.

In den Frühjahrsferien (Mitte März–April) fuhr *Röntgen* nach Italien, die Herbstferien verbrachte er in den Alpen (August–Oktober). Manchmal lud er auch mich zur Mitreise ein. Er lehrte mich sportliches Rodeln von den Bergen. Zehn Minuten glitten wir von der Höhe des Berges hinab und legten dabei mehr als fünf Kilometer zurück. – *Röntgen* erinnerte sich, daß *Helmholtz*, der einmal mit ihm ging, haltmachte und Wasser kochte, um aus der Siedetemperatur die Höhe zu bestimmen. *Röntgen* liebte die Jagd; an seiner Flinte hatte er ein Fernglas befestigt. In *Weilheim* am Starnberger See besaß er ein Jagdhäuschen. Der Magistrat von Weilheim wählte ihn zum Ehrenbürger der Stadt. Die Einwohner räumten ihm zum Zeichen der besonderen Wertschätzung das Recht ein, über die Wiesen zu laufen, was allen anderen strengstens verboten war. Nur wenige hatten Zutritt zu diesem Häuschen, und nur wenigen war ein Einblick in die innere Welt *Röntgens* gestattet.

In den Jahren, als ich ihn in München kannte, war er ein strenger „Geheimrat“ und dann „Exzellenz“ mit langen Haaren, mit einem großen, halbgrauen Bart, der alleinherrschende Chef seines Institutes, das er vortrefflich organisierte. Zum Institut gehörte ein großes Auditorium und zwei kleine, das Praktikum für 100 Studenten und ungefähr 20 wissenschaftliche Mitarbeiter. Die Verwaltung bestand insgesamt aus einem einzigen Assistenten. Als dieser Posten von mir versehen wurde, nahm er mich alles in allem wöchentlich zwei Stunden – am Sonnabend – in Anspruch. Außerdem gab es nur noch einen Hausmeister namens *Weber*, der gleichzeitig Geräte- und Sammlungsverwalter war und auch bei den Vorlesungen die Versuche vorführte, obwohl er keine physikalische Ausbildung besaß.

Ein Diener sorgte für die Sauberkeit aller Räume und die Ladung der Akkumulatoren, zu denen eine Hochspannungsbatterie gehörte. Sonnabends kamen Aufwartefrauen, die die Fenster und Türen putzten. Zwei Mechaniker fertigten die unbedingt benötigten Geräte an, das übrige taten die wissenschaftlichen Mitarbeiter selbst. Es gab weder Laboranten noch Präparatoren. Aber alles zusammen funktionierte wie ein gut eingespielter Mechanismus. Die Vorlesungen hielt *Röntgen* ohne das geringste Lächeln, aber mit einer großen Zahl sorgfältig zusammengestellter und einwandfrei funktionierender Experimente. Die Physik wurde bis zu den letzten Ergebnissen dargestellt, wobei auf die Beschreibung der Experimente, der beobachteten physikalischen Vorgänge und die Erklärung aus den physikalischen Grundgesetzen großes Gewicht gelegt wurde. Die letzteren bildeten den Mittelpunkt der ganzjährigen Kursvorlesung.

1 Mit der Zurückgezogenheit *Röntgens* stand sein vorurteilslos gleichartiges

Verhalten zu Hoch und Niedrig in Übereinstimmung. Als Kaiser Wilhelm II. das Deutsche Museum in München besuchte, zeigte ihm *Röntgen* die Physikalische Abteilung. Als Entgegnung darauf schlug Wilhelm vor, ihm die Abteilung seines Spezialgebietes, der Artillerie, zu zeigen. Aber die Erklärungen waren so oberflächlich, daß *Röntgen* zu Wilhelm sagte: „Das weiß jeder Junge, können Sie nicht etwas Gehaltvolleres erzählen?“

Das erste Jahr meines Aufenthaltes bei *Röntgen* kann ich nicht vergessen. Nach meinen vergeblichen Versuchen, am Radium besondere magnetische Eigenschaften zu entdecken, wurde *Röntgens* Kabinett mein Arbeitszimmer. Als er mir vorgeschlagen hatte, die elastischen Nachwirkungen im Quarz zu studieren, machte er mir Vorwürfe, weil ich mein wissenschaftliches Talent unterschätzte. Um mir zu helfen, davon loszukommen, fand er fast jeden Tag einen Anlaß, mich dafür, was ich getan hatte, zu loben. Ich verstand, daß Gründe dafür im wesentlichen nicht bestanden, aber die systematische Ermutigung eines bescheidenen jungen Mannes stammte offensichtlich aus dem Wohlwollen, das unter der Maske der Strenge verborgen war. Auch erinnere ich mich gut an die Feinfühligkeit, mit der *Röntgen* meinen Urlaub in der Schweiz eingerichtet hatte. Er lud mich als Assistent auf seine Rechnung in das Schweizer Hotel ein, in dem er selbst wohnte, angeblich um unsere gemeinsame Arbeit zu diskutieren. Nur einmal, in Davos, taten wir das wirklich. In anderen Fällen fand er keine Zeit, und ich lebte wie ein Tourist.

Während der Revolution in München widmete die Revolutionsregierung *Röntgen* große Aufmerksamkeit. Auf seine Bitte hin übergab man ihm alle Geräte, die ihn interessierten. Die Regierung fragte ihn nach seinen Wünschen und bewahrte ihn und seine Wohnung vor allen Zufällen. Für *Röntgen* war das einfach eine schnell zu Ende gegangene Episode. Unsere Revolution hielt er für das natürliche Resultat der Verbrechen der zaristischen Selbstherrschaft. Interessant waren die Erzählungen *Röntgens* über die Physik seiner Zeit, darüber, wie *Kundt* eine Methode zur Kreuzung von Spektren erfand, um seinem Assistenten *Röntgen* das Vorhandensein einer anomalen Dispersion zu beweisen. *Röntgen* war farbenblind und konnte die rote Farbe nicht von der blauen unterscheiden. Er erzählte, wie skeptisch die Mehrzahl der Physiker den Atomen und Molekülen und den von *Boltzmann* entwickelten Ansichten gegenüberstand. Unsere Philosophen behaupten im Gegensatz dazu, daß die Ansichten *Boltzmanns* breite Anerkennung fanden; obwohl es scheinen möchte, daß der Selbstmord *Boltzmanns* genügend davon zeugt, daß er allein stand. Erst fünf Jahre nach *Boltzmanns* Tod fand die Hypothese

des atomaren Aufbaus der Materie volle Anerkennung. *Boltzmann* selbst erwartete den Sieg des Atomismus erst nach 300 Jahren.

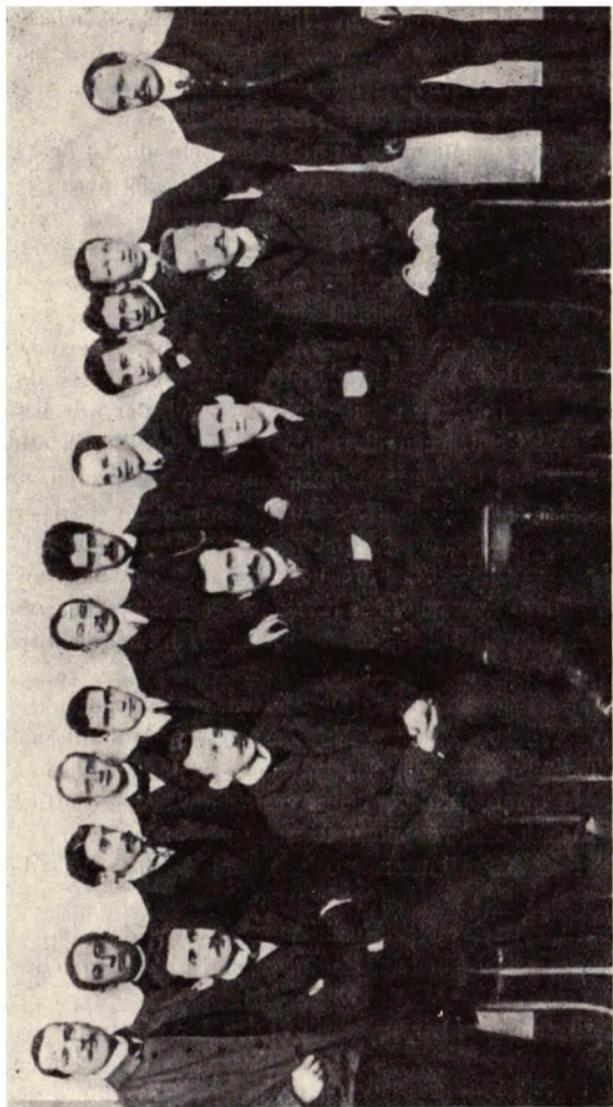
In seinen politischen Ansichten war *Röntgen* liberal. Er verhielt sich stark ablehnend gegenüber den klerikalischen und reaktionären Parteien, die in der Epoche Wilhelms II. herrschten. Sowohl während der Herrschaft der Hohenzollern als auch nach ihrem Sturz war *Röntgen* ein Gegner der Monarchie. Der zaristischen Herrschaft stand er so feindselig gegenüber, daß er es ablehnte, zaristische Orden anzunehmen. *Röntgen* verachtete Antisemiten und Rassisten. Aber er verstand auch die Kommunisten nicht, und während der Revolution in Bayern 1918 hielt er sich abseits.

Im Deutschland Hitlers wurde selbst das Andenken an *Röntgen* fast ebenso unterdrückt wie das an den lebenden *Einstein*. Zum Teil war das ein Ergebnis des Neides, den der führende faschistische Physiker *Lenard* gegen *Röntgen* hegte, da er ihm die Entdeckung der Strahlen nicht verzeihen konnte. Andererseits konnten die Faschisten nicht vergessen, daß *Röntgen* ihr ideeller Gegner war. Deshalb entfachten sie eine Hetze gegen ihn und alles, was mit seinem Andenken zusammenhing.

Von den Physikern, die zu meiner Zeit in *Röntgens* Laboratorium arbeiteten, möchte ich seinen Freund *Ludwig Zender* nennen sowie die Assistenten *Ernst Wagner* und *Peter Paul Koch* und die Schüler *Rudolph Ladenburg*, *Peter Pringsheim* und *Ernst Angerer*. Die drei letzteren waren Professorenöhne. Mit *Koch* traf ich dann in Hamburg zusammen, als er den Lehrstuhl für Physik an der Universität innehatte und auch im Hause seiner Eltern, die ein Weingut am Rhein besaßen. Er, als dritter Sohn seiner Eltern, wurde auf das schlecht bezahlte Gebiet der Wissenschaft gelenkt. Von seinen älteren Brüdern gingen der eine in den Weinbau, der andere als Offizier in die Armee.

Ich war damals für *Koch* von Interesse, weil ich den Rang eines придворный советник besaß, der in Rußland nicht hoch war, aber ins Deutsche übersetzt etwa „Hofrat“ bedeutet. Das diente für seine Eltern als Beweis, daß man auch in der Wissenschaft zu hohen Ehren gelangen konnte.

Nach der Niederwerfung Hitlers nahm sich *Koch* das Leben. Obwohl er von nazistischen Ansichten weit entfernt war, hatte er das Amt eines Blockwartes nicht ablehnen und sich nicht völlig von der faschistischen Organisation Hamburg fernhalten können. Von seinen wissenschaftlichen Ergebnissen ist ein von ihm konstruiertes Mikrophotometer bekannt, das weite Anwendung gefunden hat.



Röntgens Schüler (aus dem Jahre 1906).

Sitzend (von links nach rechts): Du Prel, A. F. Joffe, Schmaus, Wilson; stehend: Koch, Schönhuber, von Hirsch, Wagner, Ladenburg, Angerer, Goedecke, Pringheim, Lissauer, Goldschmidt, Basler, Magnus

Pringsheim entdeckte zusammen mit *Pohl* den selektiven Photoeffekt. Später arbeitete unser Akademiemitglied *S. J. Wawilow* in Berlin bei *Pringsheim* an Fragen der Lumineszenz. In den Hitlerjahren übersiedelte *Pringsheim* nach den USA. Im Jahre 1958 trafen wir uns wieder in Berlin bei der Feier zum 100. Geburtstag von *Max Planck*. *Pringsheims* Schwester war die Frau *Thomas Manns*, dessen gesamte Familie fortschrittlich war.

Ladenburg, dessen Dissertation ich in München betreute, ist als Optiker bekannt. Er befaßte sich später mit Kernphysik und ging nach den USA an das Institut für fortgeschrittene Studien in Princeton, wo auch *Einstein* arbeitete.

Angerer war ein guter Experimentator. Sein ins Russische übersetztes Buch über experimentelle Technik ist wohlbekannt.

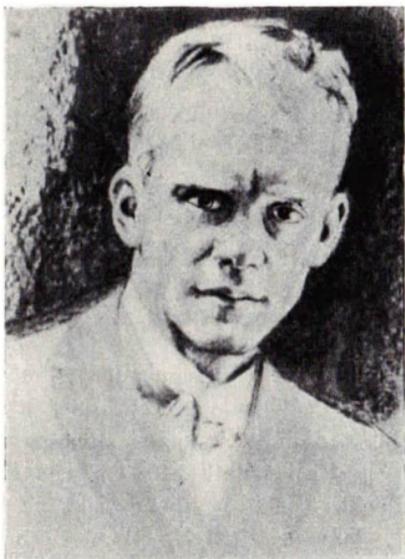
Am nächsten von allen stand mir *Ernst Wagner*. Seine Dissertation war der Plastizität und den elastischen Nachwirkungen der Metalle gewidmet. Schon hierbei zeigte er einen scharfen kritischen Verstand, der mir besonders in unseren zahlreichen Gesprächen über alle Fragen der Physik offensichtlich wurde. Wir gingen fast täglich im Englischen Garten spazieren, und in den Ferien waren wir zusammen in der Schweiz. Von seinen wissenschaftlichen Arbeiten erlangte die Erforschung der Gesetze der Absorption von Röntgenstrahlen in Abhängigkeit von der Frequenz große Bedeutung. Ihm gelang es nicht nur, quantitative Gesetze dieser Erscheinung festzustellen, sondern auch Sprünge im Absorptionskoeffizienten zu entdecken, die mit der Frequenz der charakteristischen Röntgenlinie gekoppelt sind.

Als *Röntgen* in den Ruhestand getreten war, wurde der reaktionäre Professor *Willi Wien* aus Würzburg sein Nachfolger; dessen Amt übernahm *Ernst Wagner*. In Würzburg organisierte *Wagner* aufs beste die Lehre an der Universität, schuf ein Röntgenmuseum und verteidigte leidenschaftlich die progressive Wissenschaft und vor allem *Einstein* gegenüber einer reaktionären Professorin, die er als Hinterlassenschaft von *Wien* hatte übernehmen müssen.

Wagner war ein ausgezeichnete Musikkenner. Unsere Besuche in der Philharmonie halfen mir, vieles aus der sinfonischen Musik zu verstehen. *Wagner* starb ganz jung.

Zender war Besitzer einer kleinen Fabrik in der Schweiz. Unter dem Einfluß seiner Frau hatte er beschlossen, sich der Wissenschaft zu widmen. Er fuhr zu *Helmholtz*. Wie er einmal schrieb, hatte seine Frau zu ihm gesagt: „Ludwig, du bist zu irgend etwas Höherem geboren, als nur Induktoren zu produzieren und zu verkaufen, du mußt Gelehrter werden.“ Er war ein ehrlicher,

rastloser Arbeiter und hatte phantastische Ideen über den Aufbau der Welt, zeigte aber keine wissenschaftlichen Talente. Er erzählte, daß *Helmholtz*, während er seinem Bericht über seine wissenschaftliche Arbeit zuhörte, mit den Schlüsseln in der Tasche gerasselt habe und schweigend weggegangen sei, weil ihn offenbar die Mitteilung wenig interessiert habe.



Ernst Wagner (1910)

Der Vollständigkeit halber muß ich noch den Mönch *Schönhuber* erwähnen. Er kam in *Röntgens* Laboratorium, um den Doktorgrad zu erwerben. In verhältnismäßig kurzer Zeit legte er seine Dissertation über die magnetischen Eigenschaften flüssigen Sauerstoffs vor. Die Meßergebnisse stimmten bestens überein mit den von der Theorie her erwarteten Werten. Ich hatte die Aufgabe, alle Arbeiten zu kontrollieren, die im Laboratorium ausgeführt wurden. Wir kamen mit *Schönhuber* überein, gemeinsam seine Experimente und Messungen zu wiederholen; aber an dem dafür vorgesehenen Tag verschwand *Schönhuber* und erschien nicht wieder. Es stellte sich heraus, daß er ohne *Röntgens* Wissen seine Dissertation an der Erlanger Universität vorgelegt und dort den Grad Dr. phil. erhalten hatte. *Röntgen* erfuhr erst spät und zufällig davon. Um die Universität nicht zu beleidigen, beschränkte er sich auf

seine Empörung und unternahm nichts wegen der zweifelhaften Meßwerte, auf denen die Dissertation aufgebaut war.

Röntgen überlieferte seinen Schülern seine Erfahrung beim genauen Experimentieren, er erzog sie zum strengen Analysieren. Aber in seiner letzten Schaffensperiode vermied er es, Aufgaben zu stellen, deren Ergebnisse man nicht voraussehen konnte. Er stellte seinen Schülern hauptsächlich Meßaufgaben oder forderte das Aufsuchen zuverlässiger Daten, wenn Literaturangaben zweifelhaft waren. Er erkannte nur das an, was keinen Zweifel mehr aufkommen lassen konnte.

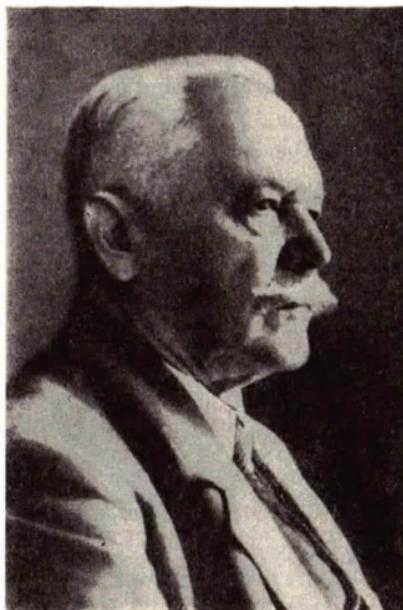
Wie typisch war doch seine Entscheidung, alle seine unvollendeten und unveröffentlichten Untersuchungen zu vernichten!

Die Experimentalphysik war in München streng klassisch. Sogar auf die Röntgenstrahlen kam selten die Rede. Ganz anders wurde es mit der theoretischen Physik in München, seit *Arnold Sommerfeld* und sein Assistent *Peter Debye* gekommen waren und auch *Max von Laue* nach München übersiedelt war.

Noch bis zu *Röntgens* Zeit hatte *Boltzmann* den Lehrstuhl für theoretische Physik an der Münchener Universität innegehabt. Seit seiner Abreise nach Wien hielten *Gratz* und *Korn* die Vorlesungen. *Röntgen* hielt aber ihr wissenschaftliches Niveau für eine Universität für ungenügend. Er versuchte *Lorentz*, den berühmten Schöpfer der Elektronentheorie, auf den Lehrstuhl zu holen, doch das gelang nicht. Dann fiel *Röntgens* Wahl, nach einer Beratung mit seinen Assistenten (darunter auch mit mir) auf *Sommerfeld*, ungeachtet scharfer Einwände des Mathematikers *Lindemann* (der wegen des Beweises der Transzendenz der Zahl e bekannt geworden war) gegen *Sommerfelds* Artikel über die Bewegung der Elektronen mit Überlichtgeschwindigkeit.

Anfangs ereignete sich eine kuriose Geschichte. In Göttingen hatte man einen ausgezeichneten Gelehrten, den Geophysikprofessor *Wichert*, schlecht behandelt. Auch er hatte einen Ruf auf den Lehrstuhl nach München erhalten, um seine Chancen in Göttingen zu heben und um ihm ein Institut zu „verschaffen“. Danach kam die Reihe an *Sommerfeld*, den man gegen die Angriffe *Lindemanns* verteidigen mußte. Es gelang uns, die Haltlosigkeit seiner Einwände zu zeigen. Ich erinnere mich zum Beispiel, daß wir ermittelt hatten, nach *Lindemanns* Rechnungen sei die Zugkraft einer ganzen Serie von Lokomotiven nötig, um ein Elektron auf die Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, während die Sommerfeldsche Theorie zu vernünftigen physikalischen Schlüssen führte. Diese Theorie beschrieb die Bewegung für Geschwindig-

keiten oberhalb der Lichtgeschwindigkeit. Im Jahre 1904, vor Erscheinen der Relativitätstheorie, erschien eine derartige Fragestellung möglich. Es ist interessant, daß *Sommerfelds* Theorie zu Ergebnissen führt, die sich analog aus der von *J. E. Tamm* und *J. M. Frank* zur Erklärung des *Tscherenkow-Effektes* ausgearbeiteten Theorie ergeben. Für die Entdeckung des Effektes wurde allen dreien 1958 der Nobelpreis zuerkannt.



A. Sommerfeld

Sommerfeld war auf den Lehrstuhl gewählt worden und erschien in *Röntgens* Laboratorium. Seine vorhergehende Tätigkeit war der Mechanik und der Theorie des Kreisels gewidmet gewesen. Mit physikalischen Experimenten hatte er wenig zu tun. Um Erfahrungen zu sammeln, wollte er sich für zwei Stunden am Tag in meinem Labor umsehen. Stattdessen schlug ich ihm vor, nach dem Frühstück in das Café zu kommen, wo wir täglich physikalische Fragen diskutierten. Mit der ihm eigenen Gewissenhaftigkeit erschien *Sommerfeld* täglich ungefähr eine Stunde im Café Hofgarten, wo sich eine Art Physikerklub gebildet hatte, an dem auch Chemiker und Kristallographen

teilnahmen und wo täglich über Fragen, die bei der Arbeit entstanden, diskutiert wurde. *Sommerfeld* fiel es manchmal nicht leicht, unseren Wortwechseln zu folgen, dafür übertraf sein Assistent *Debye* bald uns alle. Später wuchs dieser zu einem Gelehrten, der sich durch Talent und große Breite der Interessen und Intuition auszeichnete. *Debye* verteidigte seine Dissertation mit demselben Grad „summa cum laude“ wie auch ich. 50 Jahre später, 1955, wurden wir beide von der Philosophischen Fakultät der Münchener Universität mit der Ehrendoktorwürde ausgezeichnet.

Wenn die Organisation der Gespräche im Café *Wagner* und mir übertragen war, dann wurde *Debye* ihr Inspirator, und *Sommerfeld* nahm zunächst die Rolle des Schülers auf sich. Bald wurde der Schüler zu einem Schöpfer der theoretischen Physik. Die bisher beste Darstellung aller Zweige der theoretischen Physik stammt von ihm. Sein Verdienst sind die Theorie der Atomelektronen, die Theorie der Metalle und die Theorie der Wellenausbreitung. *Sommerfeld* schuf eine bedeutende Schule der theoretischen Physik, in die die talentierte Jugend strömte.

Einmal hielt *Ewald* bei *Sommerfeld* einen Vortrag über die Schwingungen der Elektronen im Kristallgitter. Im Café wurden schon zwei Tage lang die Versuche erörtert, die *Pauli* der Ältere (Vater des Theoretikers *Wolfgang Pauli*) zur Beugung von Röntgenstrahlen an einem dünnen Spalt angestellt hatte. Aus diesen Versuchen ging hervor, daß die Wellenlänge der Röntgenstrahlen in der Größenordnung von 10^{-9} cm liegen mußte. Das Kristallgitter *Ewalds* besaß eine Gitterkonstante von ungefähr 10^{-8} cm. Der an der Diskussion beteiligte *von Laue* stellte beide Zahlen einander gegenüber und sprach den Gedanken aus, daß die periodische Verteilung der Elektronen im Gitter in der Ausbreitung der Röntgenstrahlen zum Ausdruck kommen müßte, ähnlich wie ein Beugungsgitter ein optisches Spektrum erzeugt. Dagegen erhob der Skeptiker *Wagner* Einspruch: Was für ein Spektrum kann das sein, wenn das Gitter in allen drei Dimensionen periodisch ist und sich die Spektren der verschiedenen Richtungen überkreuzen? *Von Laue* gab nicht klein bei. Die Caférunde schlug den Streithähnen vor, eine Wette um eine Schachtel Schokolade abzuschließen. Um festzustellen, wer recht hatte, nahm es *Walther Friedrich*, der damals bei *Röntgen* mit Röntgenstrahlen arbeitete, auf sich, in Übereinstimmung mit den Vorschlägen der Versammlung in den Weg der Strahlen einen Kristall zu bringen und senkrecht dazu eine Photoplatte aufzustellen. Diese konnte rechtwinklig gestreute Strahlen feststellen. Und Tag für Tag knisterte die Röntgenröhre ordentlich, aber die Platte blieb ungeschwärzt. Der im selben Zimmer arbeitende junge Physiker *Knipping* mußte

das Labor in 2 bis 3 Wochen verlassen, aber die pausenlos arbeitende Röhre störte seine Versuche. Um wenigstens irgend etwas auf der photographischen Platte zu sehen, stellte er sie so auf, daß die Röntgenstrahlen darauffielen – und die große Entdeckung war da: Auf der Photoplatte zeigten sich symmetrisch angeordnete Flecke, die keinen Zweifel daran ließen, daß sich *von Laues* Vorhersage bewahrheitet hatte. So erschien die berühmte Arbeit von *von Laue, Friedrich und Knipping. Wagner* war blamiert, obwohl seine Skepsis die schnelle Durchführung des Experimentes nicht wenig gefördert hatte.



Max von Laue

Sommerfeld und *Debye* reisten zu Physikertagungen in die UdSSR. Mit *von Laue* sind wir mehrfach zusammengetroffen, nicht nur in München, sondern auch in Berlin, wo er ein Seminar leitete. Wir reisten zusammen nach Leipzig zu einem von *Debye* organisierten Kolloquium. Zum letzten Mal traf ich *von Laue* 1958 in Berlin zu den Feiern anlässlich des 100. Geburtstages von *Planck*. In den Jahren des Faschismus nahm *Laue* eine fortschrittliche Stellung ein. Er half aktiv den Opfern des Faschismus und kämpfte gegen dessen Anhänger.

Pawel Sigismundowitsch Ehrenfest

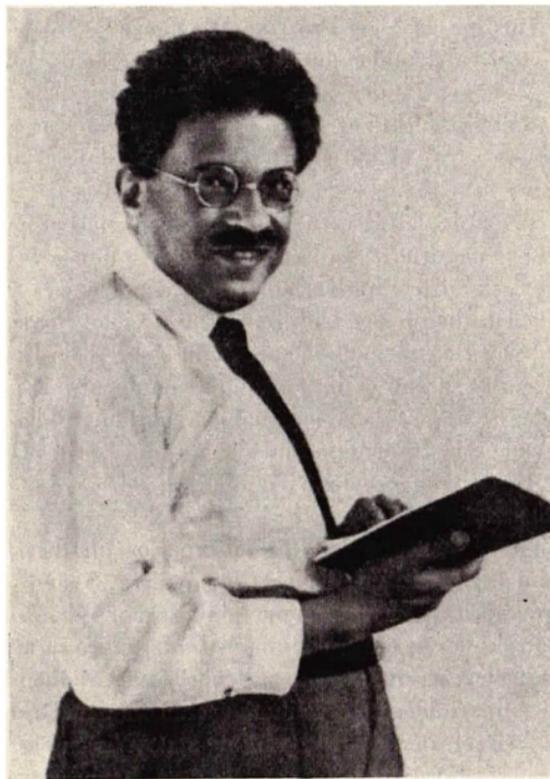
Schon in dem Münchener Café traf ich mit *Ehrenfest*, einem Vertreter der Göttinger Schule, zusammen. Wir freundeten uns in Petersburg an, wohin er bald mit seiner Frau, der russischen Mathematikerin *Tatjana Alexejewna Afanasjewna* und seiner Tochter *Tanja* (er nannte sie „Tanja Strich“) übersiedelte. *Pawel Sigismundowitsch Ehrenfest* war eine außerordentliche Persönlichkeit. Von kleinem Wuchs, mit kurz geschnittenen Haaren, einem kurzen schwarzen Bärtchen und klaren Augen, lebhaft und fröhlich, harmonierte er leicht mit den Menschen. Als guter Musiker konnte er in der Musik Bachs lustige tänzerische Motive auffinden und ihr unerwartete Klänge verleihen. In dieser Hinsicht ähnelte er *Einstein*. Von Natur aus leidenschaftlich und enthusiastisch, bemühte er sich um einen Lebensstil, der nicht die kleinste Nachlässigkeit zuließ. Er konnte sich zu keiner Sache, die ihm im Leben begegnete, gleichgültig verhalten. Mit krankhafter Empfindlichkeit reagierte er auf alle Fehler oder prinzipienloses Auftreten. *Ehrenfest* zeichnete sich durch einen außerordentlichen Scharfsinn aus, der in allen seinen Vorträgen und Vorlesungen zutage trat; und wie anschaulich wurden dann die kompliziertesten Probleme.

Viele seiner geistreich spitzen Bemerkungen haben sich bis heute erhalten. Einige sind so treffend, daß ich daran erinnern will.

Pauli stießen oft irgendwelche Mißgeschicke zu, und nicht selten sagte man zu ihm: „Von Ihnen ist man lieber weit weg, damit man nicht auch in die Klemme gerät“. *Ehrenfest* schlug vor, diese Erscheinung als Spezialfall der allgemeinen Situation zu betrachten: „Ein Unglück kommt niemals allein“. Einmal führten *Ehrenfest*, *Bohr* und *Pauli* ein langes Gespräch. *Niels Bohr* saß mit *Ehrenfest* auf dem Diwan, und *Pauli* ging im Zimmer auf und ab. Das ärgerte *Bohr*. Da fragte *Ehrenfest Bohr*: „Bist du dir klar darüber, was dich ärgert? Sind es die Enttäuschungen in den Augenblicken, da er umkehrt?“

In allen Sprachen, außer der deutschen, sprach *Ehrenfest* fehlerhaft und mit Akzent. Unbekannte Worte ersetzte er durch gelungene, einfache und gewohnte Ausdrücke, daß sie klarer wurden als die richtigen und auf lange Zeit in Erinnerung blieben.

Wir lebten beide in Petersburg, aber weit voneinander entfernt. Ich wohnte im Lesnoi-Bezirk, er auf der Apotheker-Insel. Zweimal in der Woche diskutierten wir uns interessierende physikalische Fragen – gewöhnlich in seiner Wohnung, manchmal auch bei anderen beteiligten Physikern. In der Zeit zwischen unseren Treffen schickte er mir täglich 6- bis 12seitige Briefe mit einer Darstellung seiner Gedanken und Berechnungen. Diese Briefe habe ich bis heute aufbewahrt.



P. S. Ehrenfest

Pawel Sigismundowitschs Fähigkeit zu kritischer Analyse und strenger, physikalisch klarer Formulierung übte einen großen Einfluß auf meine wissenschaftliche Entwicklung aus. Die Entstehung der zeitgenössischen theoretischen Physik in Petersburg war sein Verdienst.

Mit aller Entschiedenheit trat er gegen den Formalismus der Universitätsphysik auf und gegen ihren Führer. Dafür konnte er auch nicht das Recht erlangen, an der Universität zu lehren, obwohl er dort sogar das Magisterexamen abgelegt hatte. Nur das Polytechnische Institut wählte ihn zum Dozenten und erlaubte ihm eine Vorlesung über Differentialgleichungen der Mathematischen Physik zu halten. Und was für ein Kurs war das! Die Mathematik als untrennbarer Bestandteil der Physik, die Mathematik als Methode zum Eindringen in den Mechanismus der Erscheinungen, als Mittel zur Verallgemeinerung analoger Prozesse. Die ganze Physik schien im Lichte neuer „Ehrenfestscher“ Strahlen durchdrungen zu werden.

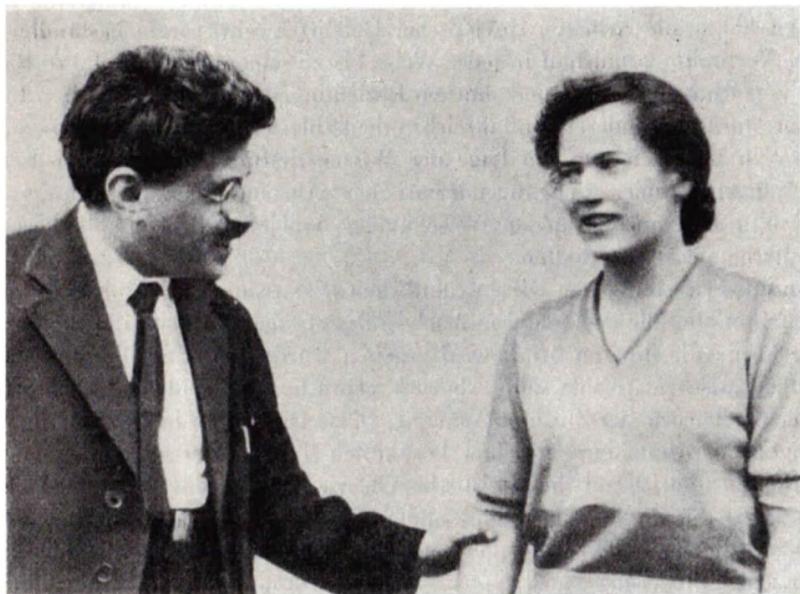
Aber diese Vorlesungen fanden keine Fortsetzung. Die beleidigte Universitätsverwaltung ließ ihn nicht zur Lehre zu. Die Bräuche waren zu dieser Zeit an der Petersburger Universität sehr sonderbar: 25 Jahre lang konnte kein einziger Physiker sein Magister-Examen ablegen. Derjenige, der versuchte, es zu bewältigen, wurde von Bergen mathematischer Bücher und fortwährend neuen Forderungen erdrückt. Im Verlauf vieler Jahre arbeiteten auf den Petersburger Lehrstühlen Physiker, die nicht ein einziges neues Problem aufgeworfen haben, die an der Universität nicht einen Physikmagister ausgebildet haben, von Doktoren schon gar nicht zu sprechen. Eine selbständige wissenschaftliche Arbeit gab es im Grunde genommen überhaupt nicht. Als höchste Errungenschaft galt die Wiederholung eines im „Philosophical Magazin“ beschriebenen Experimentes. Und das zu einer Zeit, als in Petersburg außerhalb der Universität *Popow*, *Krylow*, *Golizyn*, *Gerschun*, *Mitkewitsch* und andere arbeiteten.

Eine Gruppe junger Leute, zu der *Roschanski*, *Roschdestwenski* und ich gehörten, hatte im gegenseitigen Einvernehmen diese „Wand“ durchbrochen. *Ehrenfest* wurde auch in unsere Gruppe einbezogen. Wir forderten von der Fakultät und erreichten es auch, daß die Anforderungen in Mathematik von der Fakultät festgelegt wurden, während früher jeder Mathematiker von den Physikern alles fordern konnte, was ihm genehm war. Im Grunde genommen wurde für das Ablegen der Magisterprüfung statt Wissen das Studium einer Reihe von Büchern gefordert.

Im Jahre 1907 fand in Moskau ein Kongreß der russischen Naturwissenschaftler und Ärzte statt, auf dem *P. N. Lebedew* über den Lichtdruck auf Gase und seine anderen Arbeiten vortrug. Für einen engen Kreis hielt er mit dem ihm eigenen künstlerischen Talent einen humoristischen wissenschaftlichen Vortrag im Stile des Petersburger Physikers *J. J. Borgmann*.

Auf einer Sitzung des Kongresses wurden Fragen der Optik erörtert – aber

ihr bester Vertreter, *Dmitri Sergejewitsch Roschdestwenski*, bereitete sich zu dieser Zeit in Petersburg auf das Magisterexamen vor. *Pawel Sigismundowitsch* beschrieb in grellen Farben die Prüfungsordnungen und den Schaden, den diese der russischen Wissenschaft zufügten. Erschüttert von der Unsinnigkeit der geschaffenen Lage brach er in Tränen aus, was das Mitgefühl der Mehrheit des Auditoriums hervorrief.



P. S. Ehrenfest mit Tochter Tanja

In den Jahren, da *Ehrenfest* in Petersburg war, scharte sich die gesamte talentierte Jugend um ihn. Das war von ausschlaggebender Bedeutung für die Entwicklung der zeitgenössischen theoretischen Physik in Petersburg. Aber in Rußland, das er liebte, fand sich unter den russischen Physikern für *Pawel Sigismundowitsch* keine Stellung. Man lud ihn als Professor nach Holland ein, an die Leidener Universität. Er blieb für immer unser wahrer Freund, ein Freund der sowjetischen Physik, mit der er nicht einen Tag brach und der er mit allen ihm verfügbaren Mitteln half. Als ich im Jahre 1921 mit *D. S. Roschdestwenski* und *A. N. Krylow* im Auftrag Lenins zur Aufnahme wissenschaftlicher Verbindungen ins Ausland fuhr, erwies uns *Ehrenfest* entscheidende Hilfe durch seine weiten Verbindungen unter den ausländischen

dischen Gelehrten. Er mobilisierte sie sogar zu einer Sammlung physikalischer Bücher und Zeitschriften, die während der Blockade erschienen waren, für Bibliotheken der sowjetischen Physiker. Ihm haben viele sowjetische Physiker die Möglichkeit zu verdanken, in Leiden bei ihm, bei *Kamerlingh Onnes* und *de Haas* im seinerzeit einzigen Tieftemperaturlaboratorium wissenschaftliche Arbeiten durchzuführen. In Leiden haben gearbeitet: *Obreimow*, *Schubnikow*, *Archangelski*, *Tschulanowski*, *Kruthow*, *Arsenjew* und andere. *Ehrenfest* schätzte die Arbeiten sowjetischer Gelehrter sehr, sorgte beständig für ihre Verbreitung und half in jeder Weise bis zu seinem Tode im Jahre 1933. Er versuchte auch, seine persönlichen Beziehungen zu dem nazistischen Physiker *Stark* und anderen einflußreichen deutschen Physikern und Mathematikern zu benutzen, um die Lage der Wissenschaftler mit antifaschistischer Vergangenheit oder „ungenügender arischer“ Abstammung zu erleichtern. Er bemühte sich auch in jeder Weise, ihnen Arbeitsmöglichkeiten außerhalb Deutschlands zu verschaffen.

Von unseren zahlreichen wissenschaftlichen Diskussionen sind mir besonders in Erinnerung die geometrische Analyse der speziellen Relativitätstheorie in der Form, die ihr von *Minkowski* gegeben wurde, worüber allerdings kein zeitgenössischer Aufsatz zum Abdruck gebracht war, und eine Diskussion über die Theorie der Strahlungsenergie. Diese Diskussion hatte zweierlei zur Folge: *Ehrenfest* kam zu seiner berühmten Theorie der adiabatischen Invarianten und ich auf die statistische Theorie der Photonen und der Folgerung, daß für die Strahlung eine andere Statistik unvermeidlich war, die – wie sich herausstellte – mit den Sätzen der Bose-Einstein-Statistik identisch war. Diese Folgerung wurde später von *J. A. Krutkow* während seines Aufenthaltes bei *Ehrenfest* in Leiden begründet.

Der hervorragende Physiker *Lorentz* schätzte *Ehrenfest* hoch ein. In dem von *Ehrenfest* zusammen mit *Tatjana Alexejewna* in der „Mathematischen Enzyklopädie“ veröffentlichten Aufsatz über die Grundlagen der statistischen Thermodynamik offenbarte sich die ungewöhnliche Tiefe und Klarheit seiner Gedanken. Als *Lorentz* aus Altersgründen in den Ruhestand ging, schlug er *Ehrenfest* als seinen Nachfolger an der Leidener Universität vor. *Pawel Sigismundowitsch* hielt sich selbst einer so hohen Stellung nicht für würdig. *Lorentz* war das allgemein anerkannte Haupt der theoretischen Physik in der ganzen Welt und der Lehrstuhl der Physik in Leiden war das Zentrum wissenschaftlichen Denkens. Nachdem *Lorentz* ihm seine tägliche Hilfe versprochen hatte, konnte er *Pawel Sigismundowitsch* doch überzeugen, seiner Berufung zuzustimmen. *Ehrenfest* wurde gewählt. Die Bedeutung der Leide-

ner Schule, aus der viele holländische Gelehrte hervorgingen und eine große Zahl von Physikern aller Länder neue Ideen und neue Forschungsmethoden hinaustrug, nahm unter *Ehrenfests* Leitung weiterhin zu.

Ehrenfests Seminar zog Gelehrte von überall her an. Bei ihm einen Vortrag zu halten oder eine Diskussion zu führen, war eine große Ehre; dabei wurde der Inhalt des Vortrags mit Dutzenden ungeahnter Möglichkeiten bereichert. Ich erinnere mich zum Beispiel an den Vortrag von *Goudsmith* und *Uhlenbeck* über den Spin des Elektrons. Erst nach der Diskussion bei *Ehrenfest* wurde der Zusammenhang ihrer Arbeit mit dem Pauliprinzip klar und der Grundstein für die weitere Entwicklung der Theorie der Atomspektren gelegt. *Uhlenbeck* hat seinem Lehrer für immer ein wärmstes Andenken bewahrt.

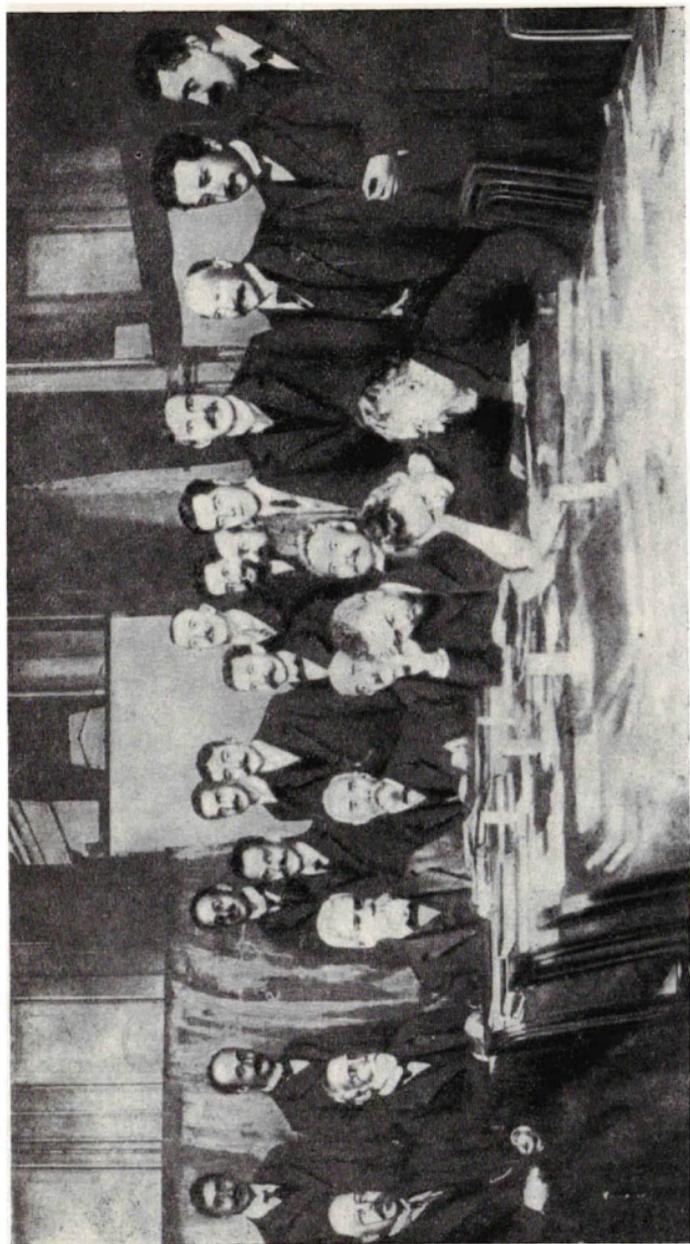
Nicht nur sein Seminar, sondern auch *Ehrenfest* selbst wurde zum Anziehungspunkt für die bedeutendsten Physiker der Welt. Sie kamen in das kleine Zimmer in der obersten Etage des *Ehrenfestschen* Hauses, wohnten dort und signierten dann die weiße Wand. Dort konnte man die Namen von Physikern sehen, angefangen von *Bohr* und *Einstein*; dort waren alle Länder, von der UdSSR bis zu den USA, vertreten. Nicht wenige der hier entstandenen Ideen erfuhren dann eine weitere Entwicklung und hinterließen ihre Spur in der Geschichte der Physik. Überall kann man *Ehrenfests* Anteil verfolgen: bei der Vertiefung von Problemen, bei ihrer klareren Formulierung usw. Und das wußten alle seine berühmten Gesprächsteilnehmer gut. Aber *Ehrenfest* verlor selbst nach seiner Übersiedlung nach Leiden nicht das Gefühl seiner Unvollkommenheit, und der Gedanke, daß der Lehrstuhl von *Lorentz* von einem bedeutenderen Mann hätte eingenommen werden müssen, ließ ihn nicht los.

Noch kurz vor seinem Tode 1933 kam er zu mir nach Leningrad und erörterte die Möglichkeit einer Übersiedlung in die UdSSR. Leningrad, Moskau, Kiew und Charkow lehnte er aber kategorisch ab, weil er dort Theoretiker wußte, die er für über ihm stehend hielt. Besonders mit *L. D. Landau* und *J. E. Tamm* in Moskau, *E. M. Lifschitz* in Charkow und *Fock* in Leningrad glaubte er keinen Vergleich aushalten zu können. Er dachte an Swerdlowsk, Tomsk oder Saratow, wo er sich nützlich zu machen hoffte. Es gelang mir nicht, ihn umzustimmen. Ich hoffte, das in einigen Monaten mit Hilfe seiner Kollegen und der Physiker Europas, die seine Rolle bei der Entwicklung der Physik kannten, in Leiden zu erreichen, wohin ich fahren wollte. Ich kam aber zu spät; einen Monat vor meiner Reise nahm sich *Ehrenfest* das Leben.

Begegnungen auf Solvay-Kongressen

Der belgische Chemiker *Solvay*, der ein Verfahren zur Produktion von Soda erfunden hatte, ließ einige Fabriken aufbauen, die ihm große Einnahmen brachten. Er beschloß, einen Teil davon für die Lösung einiger ihn interessierender prinzipieller Fragen aus Physik und Chemie zu verwenden. Zu diesem Zweck wurde ein internationales Komitee geschaffen, dessen Vorsitzender der hervorragende Vertreter der theoretischen Physik, *Hendryk Lorentz*, wurde. Zum ersten Mal versammelte sich der Solvay-Kongreß im Jahre 1911. Alle führenden Gelehrten dieser Zeit nahmen daran teil. Nach dem Weltkrieg 1914 bis 1918 traten die Kongresse alle drei Jahre zusammen. Anderthalb Jahre vor der Einberufung des Kongresses wählte das internationale Solvay-Komitee ein engbegrenztes Problem der Physik aus, und dazu 8 Gelehrte, die es möglicherweise am besten lösen konnten. Darüber hinaus wurden 10 bis 15 Physiker eingeladen, deren Teilnahme förderlich sein konnte. Acht Tage lang wurden auf den Sitzungen des Kongresses, die mit einer kleinen Pause für ein leichtes Frühstück von 10 Uhr morgens bis 6 Uhr abends dauerten, verschiedene Seiten ein und desselben Problems erörtert. – Anfangs leitete *Lorentz* die Kongresse, danach *Langevin* und nach dem zweiten Weltkrieg *Bragg*. Jeder Kongreß brachte einen entscheidenden Fortschritt für das ihm gestellte Problem. Jetzt haben die Solvay-Kongresse ihre außerordentliche Bedeutung verloren. Neben ihnen werden mancherlei Konferenzen zu sehr verschiedenartigen Fragen einberufen.

Mäzen der Solvay-Kongresse war seinerzeit der belgische König Albert, der sich durch den Widerstand gegen die eingedrungenen deutschen Truppen im ersten Weltkrieg einen Namen gemacht hatte. Der König empfing die Mitglieder des Kongresses an seinem Hofe. Bei dem Empfang stand ich in einer Reihe mit *Debye* und *Schrödinger*. Als der König zu uns herantrat, unterhielt er sich zunächst mit *Schrödinger*, der damals Professor in der Schweiz war. Das Gespräch erstreckte sich auf die Erziehungssysteme, die in diesem Land zugelassen waren. Darauf fragte der König mich nach der Leningrader Universität und danach, wie die Atomtheorien das Mendelejewische System erklären. Schließlich wandte er sich an *Debye*. Nach dem Zusammenbruch Deutschlands und Österreichs im ersten Weltkrieg waren sowohl *Debye* als



Teilnehmer am Solvay-Kongreß 1911

Sitzend von links nach rechts: Nernst, Brillouin, Solvay, Lorentz, Warburg, Perrin, Wien, Minc, Curie, Poincaré; stehend von links nach rechts: Goldschmidt, Planck, Rubens, Sommerfeld, Lindemann, de Broglie, Kaudsen, Hasenöhrl, Hostelet, Herzen, Jans, Rutherford, Kamerlingh-Onnes, Einstein, Langevin

auch *Schrödinger* in die Schweiz — nach Zürich — übergesiedelt, wo die Lebensbedingungen besser waren. Der ganze Vorrat an Kenntnissen über die Schweiz, über die der König verfügte, war offensichtlich schon in dem Gespräch mit *Schrödinger* erschöpft worden. Der König versuchte, das Gespräch auf ein anderes Land überzuleiten, indem er fragte, wo *Debye* studiert habe. *Debye* war mit *Sommerfeld* aus Aachen gekommen. Aber damals, unmittelbar nach dem Kriege, schien es nicht angebracht, Deutschland zu erwähnen. So antwortete *Debye*, daß er zunächst Technik studiert habe und dann Physik. Der König fand lange keinen Ausweg, doch da kam *Lorentz* zu Hilfe. Mit dem ihm eigenen Scharfblick schätzte er die Lage ein, trat hinzu und sagte: „Da ist ja Professor *Debye*, unser holländischer Kollege“, und alles verlief normal. Dieser Vorfall zeigt die Schlagfertigkeit *Debyses*, seine Fähigkeit, aus schwierigen Lagen Auswege zu finden. Ich wandte mich mehrmals an ihn, wenn ich auf offensichtliche Widersprüche gestoßen war oder wenn ich meine physikalische Vorstellung überprüfen wollte.

Im übrigen muß ich sagen, daß sich König Albert bei unseren anderen Begegnungen als kulturvoller und gebildeter Mensch erwies. Als ich dann zum Mitglied des Solvay-Komitees gewählt worden war, ergab sich, daß ich mehrfach mit ihm zusammenkam. Ich erinnere mich an das lebhafte Interesse des Königs daran, welchen Einfluß auf die Technik in der Landwirtschaft die Vereinigung zu großen Kolchosen und Staatsgütern in der Sowjetunion hat, ferner an seine starke Ablehnung jedes Krieges sowie an seine humoristischen Bemerkungen über die Lage des Königs in einem konstitutionellen Lande, als er darüber sprechen mußte, was der heutige Premierminister denkt.

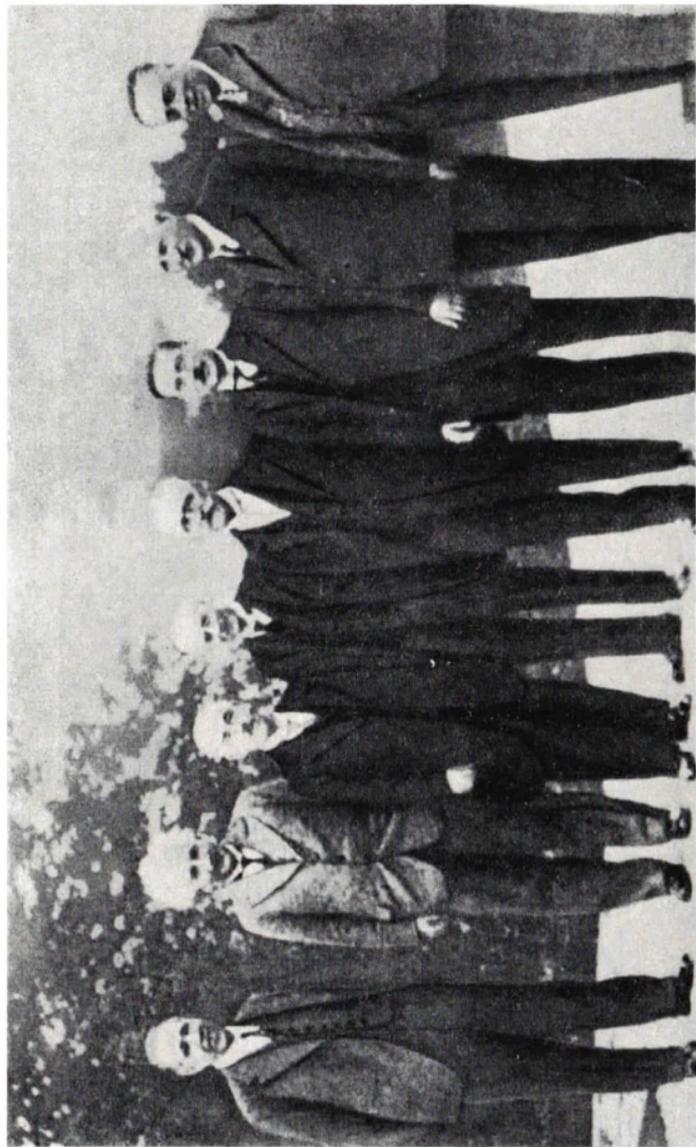
Ich nahm an zwei Solvay-Kongressen teil: 1924 und 1933 und außerdem, als Mitglied des Komitees, an dessen Sitzungen. Das Komitee hatte sich die Aufgabe gestellt, für den nächsten Kongreß das Problem auszuwählen, das sich zum gegebenen Zeitpunkt klar begrenzen ließ und die meisten Schwierigkeiten aufwies. Nach der Wahl des Themas erörterte das Komitee die Kandidaten aus der Reihe der Physiker, die es am besten behandeln könnten.

Wenn man bedenkt, daß an diesen Beratungen Gelehrte wie *Langevin*, *Einstein* und *Bohr* teilnahmen, dann wird klar, welch faszinierendes Bild von der Lage der Physik und ihrer weiteren Entwicklung auf den zweitägigen Sitzungen des Komitees zu beobachten möglich war. Weil während der Kongresse und der Arbeit des Komitees alle Teilnehmer zusammen wohnten und nicht nur auf den Sitzungen miteinander sprachen, sondern auch abends, wurden sie eng miteinander bekannt. Über einige Begegnungen möchte ich erzählen.

Über *Langevin* und *Madame Curie* werde ich besonders sprechen. Mit *Schrö-*



Solvay-Kongress 1924



Solvay-Kongress 1931:

von links nach rechts: Bohr, Einstein, de Donder, Richardson, Langevin, Delye, Joffe, Cabrera

dinger und seiner Frau hatten wir viele Gespräche über politische Themen schon 1924, besonders aber 1933 im Zusammenhang mit der Machtergreifung Hitlers. Das Ehepaar *Schrödinger*, das damals in England lebte, brachte eine äußerst antifaschistische Überzeugung zum Ausdruck und zeigte sich dem Sozialismus zugetan. *Schrödinger* reiste bald in seine Heimat nach *Graz*. Völlig überrascht war ich nach der Einnahme Österreichs durch Hitler über einen Artikel, in dem er den Aufschwung des deutschen Selbstbewußtseins unter Hitler als Verdienst ansah und in dessen Tätigkeit positive Züge bemerkte. Dennoch wurde *Schrödinger* von der Universität *Graz* entlassen. Nach England konnte er offenbar nach seinem Eintreten für Hitler nicht zurückkehren. So ging er nach *Dublin* in Irland (es blieb während des Krieges gegen Hitler neutral). Dort leistete er eine aktive wissenschaftliche Arbeit in theoretischer Physik; in öffentlichen Vorlesungen behandelte er häufig philosophische Probleme, wobei er die Realität der Materie und die Möglichkeit ihrer Erkenntnis leugnete.



Solvay-Kongreß 1931:

von links nach rechts: Cabrera, (?), (?), Bohr, Einstein, (?), (?), Picard, (?), de Donder



In der Gruppe sind: Joffe, Bohr, Cabrera, de Donder, Debye, Langevin, Einstein, Picard, Richardson und König Albert
Solvay-Kongress 1933:

Das Gebiet des Magnetismus vertrat im Komitee der Solvay-Kongresse der spanische Physiker *Blas Juan José Sekundio Cabrera*. Durch aktive Mitwirkung *Langevins* wurden *Joliot-Curie* und *Fermi* in das Solvay-Komitee gewählt. *Fermi* war mir für die Unterstützung der Kandidatur *Joliot-Curies* sehr dankbar, weil er ihn hoch schätzte und liebte. Im Zentrum der Sitzungen, die der Kernphysik gewidmet waren, standen *Rutherford* und seine Mitarbeiter zusammen mit *Fermi*, *Madame Curie*, *Irène Curie* und *Lise Meitner*. Große Aufmerksamkeit zog das Auftreten *W. Heisenbergs* auf sich sowie ein brieflich übersandter Vortrag von *L. D. Landau*. Mit großem Genuß hörten wir dem Spiel *Heisenbergs* auf dem Flügel zu. Die 1933 zum Kongreß anwesenden *Peter Debye* und *Werner Heisenberg* arbeiteten damals noch in Leipzig. Sie versicherten, daß sie eine von nazistischen Einflüssen freie Universität erhalten wollten und daß sie weggehen würden, falls ihnen das nicht gelänge.

Ihr erster Versuch, den fortschrittlichen Physikochemiker *Bonhoeffer* in den Lehrkörper der Leipziger Universität zu berufen, ging erfolglos aus. Über ihre weitere Tätigkeit im Deutschland Hitlers weiß ich wenig. *Debye* ging nach den USA, *Heisenberg* blieb bis zum Ende und lebt jetzt in der Bundesrepublik Deutschland.

Als *Heisenberg* vor dem Kriege eine Einladung zu einer Tagung über Kernphysik in die UdSSR erhielt, antwortete er, daß er keinen Konflikt mit der Regierung Hitlers heraufbeschwören wolle, solange sie ihm die Möglichkeit zu unabhängiger wissenschaftlicher Arbeit gäbe.

Später traf ich *Heisenberg* wieder 1958 bei den Feiern zum 100. Geburtstag von *Planck*. Er brachte, wie auch die übrigen Physiker der Bundesrepublik, der sowjetischen Delegation sehr freundschaftliche Gefühle entgegen. Im Jahre 1959 nahm er in Kiew an einem Kongreß über Kernteilchen hoher Energie teil.

Zu Anfang war es *Lorentz* und später *Langevin* und *Bohr*, die die Tätigkeit des Führungskomitees anregten und die Themen der Kongreßsitzungen bestimmten. Sie wählten auch die Mitglieder des Komitees aus, die nach dem Statut alle 12 Jahre abgelöst wurden. Die Photographien von den Sitzungen des Kongresses sind interessant, weil man auf ihnen fast alle hervorragenden Physiker Europas und Amerikas vor 1933 sehen kann. Hier sind die Aufnahmen aus den Jahren 1914, 1924, 1931 und 1933. Auf der ersten (1914) sehen wir *Poincaré*, *Planck*, *M. Brillouin*, *Wien*, *Einstein*, *Langevin* und *Rutherford* noch als junge Leute. Auf der letzten Aufnahme (1933) sind die führenden Köpfe in der Kernphysik dargestellt.



Präsidium der VI. Physikertagung 1928.

Es sitzen von rechts nach links: Bjalobscheski, Brillouin, Joffe, Born, Pringsheim, Pohl. Stehend: hinter Bjalobscheski — Penkowski, hinter ihm — Darwin, in einer Reihe mit Penkowski — Ladenburg, Debye, von Mises, Linde, Drac, hinter Penkowski rechts — Philip Franck

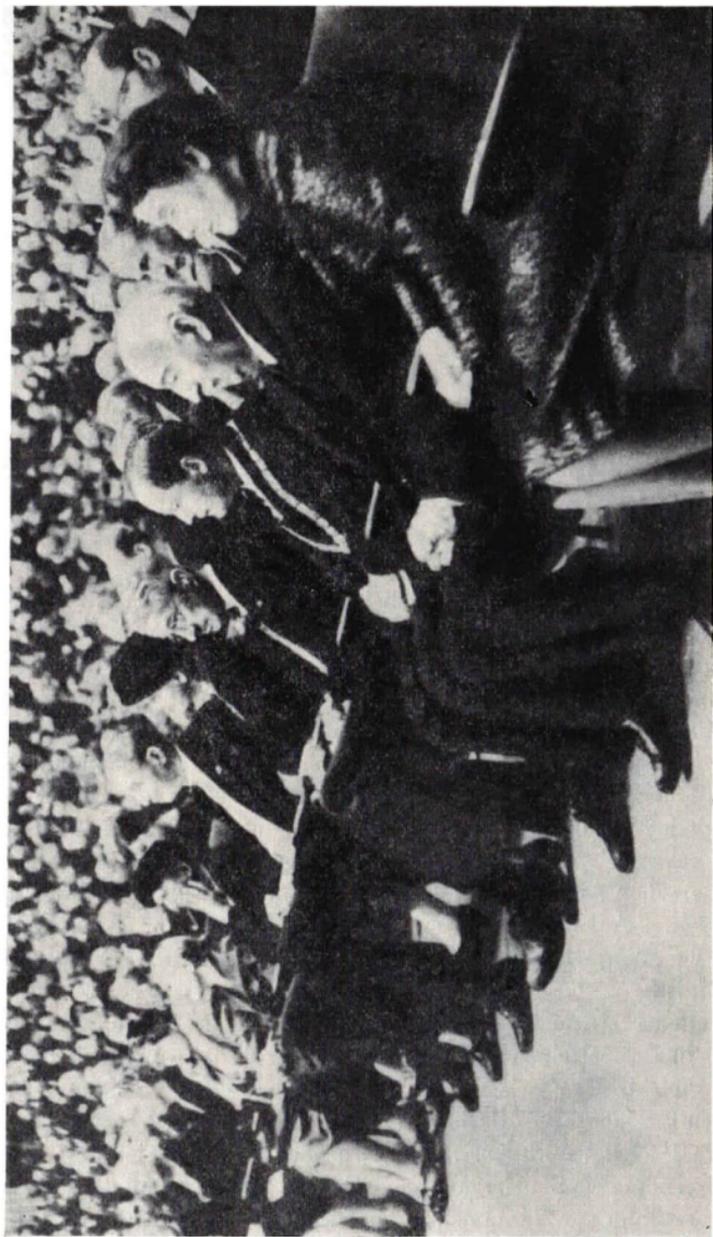
Bei uns hatten in diesen Jahren die Kongresse einen etwas anderen Charakter. Schon bald nach der Oktoberrevolution bildete sich 1919 eine Physiker-Gesellschaft und begann physikalische Allunions-Kongresse einzuberufen. Der vierte Kongreß fand 1924 in Leningrad statt. An ihm beteiligte sich *Ehrenfest* aktiv. Der sechste Kongreß wurde 1928 in Moskau einberufen, setzte dann seine Arbeit auf einem Wolgadampfer fort, mit Sitzungen in Gorki, Kasan, Saratow und weiter in Tiflis. Etwa 30 ausländische Wissenschaftler nahmen an diesem Kongreß teil. Die siebente und letzte Tagung 1930 in Odessa war mit einer Dampferreise über das Schwarze Meer nach Batumi und zurück verbunden. Auch hieran nahmen ausländische Physiker teil.

Nach 1930 fanden bei uns Tagungen nur über bestimmte Gebiete der Physik, besonders über Fragen des Atomkernes und der Physikalischen Chemie statt. An diesen Tagungen nahmen viele Physiker aus Frankreich und England wirksamen Anteil. Die Begegnungen mit ausländischen Physikern auf diesen Tagungen sind vielen meiner Kollegen noch in guter Erinnerung, und ich werde nicht darüber sprechen.

Bei meinen häufigen Aufenthalten bei *Ehrenfest* in Leiden wurde ich mit vielen Physikern bekannt. Der hervorragendste unter ihnen war natürlich *Hendryk Anton Lorentz*, den man zu dieser Zeit „Vater der theoretischen Physik“ nannte. Zum ersten Mal traf ich ihn 1913 in Göttingen, wo eine Konferenz über die kinetische Theorie der Gase stattfand. *Lorentz* schilderte dort die Entwicklung dieser Theorie. Der berühmte Göttinger Mathematiker *Hilbert* hatte damals eine neue mathematische Methode zur Lösung der Fragen der kinetischen Gastheorie ausgearbeitet. Bemerkenswert war, daß *Hilbert*, als ihm *Sommerfeld* vorgeschlagen hatte, über seine Arbeit zu berichten, dies vergaß, aus dem Auditorium lief und es *Sommerfeld* überließ, ihren Inhalt zu erzählen. – Auf derselben Konferenz legte *Debye* zum ersten Mal seine Theorie der Wärmeleitung dar, die in den Berichten der Konferenz veröffentlicht ist.

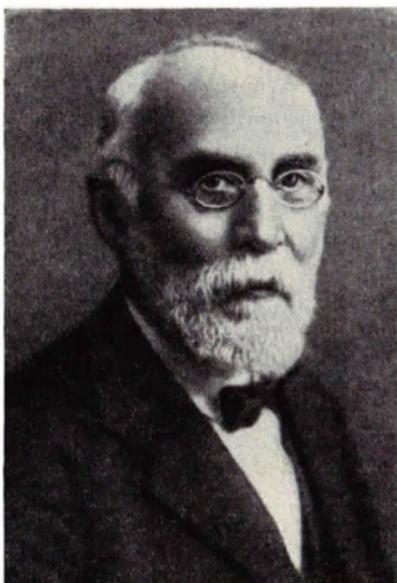
Zum zweiten Mal traf ich *Lorentz* im Jahre 1924, als ich auf dem Solvay-Kongreß in Brüssel einen Vortrag über elektrische und mechanische Eigenschaften dielektrischer Kristalle hielt. *Lorentz* hatte den Vorsitz und brachte mit seinen Erwiderungen Klarheit in die kompliziertesten Fragen.

Im Jahre 1924 lud mich *Lorentz* zu sich nach Haarlem ein, wo er mir auf einem zweistündigen Spaziergang seine Gedanken zum Stand der Physik darlegte. Er erzählte von der ersten Periode seiner wissenschaftlichen Tätigkeit,



Sitzend von rechts nach links: u.a. A. W. Joffe, A. F. Joffe, Vollmer, Lisa Meftner, Hertz (1958)

als die Maxwellsche Theorie im Zentrum der Aufmerksamkeit stand, *Lorentz* konnte damals ihren physikalischen Inhalt nicht verstehen und hatte sich an den Übersetzer Maxwells in Paris gewandt; dieser erklärte, daß es hier auch nichts zu verstehen gäbe. Die Maxwellsche Theorie, so sagte er, ist reine Mathematik ohne physikalischen Inhalt. Aber allmählich begann das elektromagnetische Feld für *Lorentz* lebendige Formen anzunehmen. Es wurde



H. A. Lorentz

für ihn zur physikalischen Realität, die der elastischen Röhren *Faradays* und Maxwellschen Federn nicht bedürfte. Dann richtete sich seine Aufmerksamkeit auf die Quellen des elektrischen Feldes – die Ladungen. Diese Vorstellungen nahmen schließlich als Elektronentheorie feste Form an. (Nebenbei bemerkt, beseitigten die Elektronentheorie von *Lorentz* wie auch die Photonen *Einsteins* den mechanischen Äther, an dessen Existenz mir schon in der Mittelschule Zweifel kamen.) Weiter begann *Lorentz* mit Leidenschaft daran zu erinnern, wie die Idee von der Existenz der Elektronen sich beständig verfestigte und wie die Versuche *Thomsons* die Realität des Elektrons bewiesen.

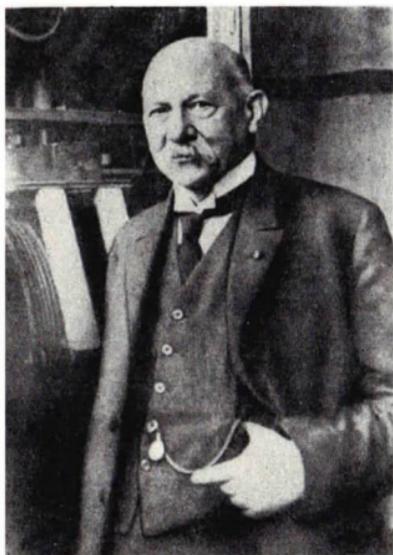
Die Statistik der Elektronen im Metall, die so stark an das Verhalten der Moleküle in einem Gas erinnert und schließlich die Elektronen im Atom, die sich im Zeemann-Effekt anschaulich offenbaren – das alles führt zu dem weiten, innerlich geschlossenen Bild von der uns umgebenden Welt. „Ich war glücklich und glaube, daß ich meinen Beitrag zur stetigen Eroberung der Wissenschaft geleistet habe.“

Aber da erschien die Quantenphysik. *Lorentz* sagte: „Heute behaupte ich bei der Besprechung der elektromagnetischen Theorie, daß das auf einer krummlinigen Bahn sich bewegende Elektron Energie aussendet, und morgen sage ich demselben Auditorium, daß das um den Kern kreisende Elektron keine Energie verliert. Wo liegt die Wahrheit, wenn man darüber sich gegenseitig ausschließende Behauptungen machen kann? Sind wir überhaupt fähig, die Wahrheit zu erkennen, und hat es Sinn, sich mit der Wissenschaft zu befassen?“ Derartige Fragen beunruhigten damals *Lorentz*, und wie aussichtslos stellten sie sich dem hervorragenden Gelehrten dar, der nicht mit dem dialektischen Materialismus vertraut war. Ich versuchte zu erklären, daß sich in den Widersprüchen zwei Seiten einer Erscheinung oder eines physikalischen Objektes zeigen konnten und daß ein offensichtlicher Widerspruch nur ein Hinweis auf unser unvollständiges und einseitiges Wissen ist. Zum Schluß unseres Gespräches sagte *Lorentz*: „Ich habe die Überzeugung verloren, daß meine Arbeit zu einer objektiven Wahrheit geführt hat, und ich weiß nicht, wofür ich gelebt habe; ich bedaure nur, daß ich nicht vor fünf Jahren gestorben bin, als mir noch alles klar erschien.“

Meine Gespräche mit *Kamerlingh-Onnes* waren ausgefüllt mit dem Rätsel der von ihm entdeckten Supraleitfähigkeit. Wir überdachten und erörterten alle neuen Versuche, die eine Verbindung der Supraleitfähigkeit in einem gegebenen Metall mit seinen anderen Eigenschaften herstellen könnten. Aber alle Versuche erwiesen sich als ergebnislos, sie konnten auch nichts ergeben, weil sie sich in der Ideenwelt der klassischen Physik bewegten.

Die Frage nach der spezifischen Wärme feinkörnigen Graphitpulvers bei niedrigen Temperaturen, die nach meiner Meinung die Wellenlänge der Wärmeschwingungen aufzeigen könnte, interessierte *Kamerlingh-Onnes* wenig. Wir trafen mit ihm auch auf dem Solvay-Kongreß zusammen und in Leiden, wohin er, ebenso wie *Ehrenfest*, beständig russische Physiker einlud. *Kamerlingh-Onnes* bemühte sich, Leiden zu einem Weltzentrum der Tieftemperaturphysik zu machen. Er stellte alle Möglichkeiten seines vorzüglich ausgestatteten Laboratoriums ausländischen Gästen zur Verfügung. Unsere Schule der Tieftemperaturphysik in Charkow nutzte die Gastfreundschaft des Leidener

Laboratoriums noch unter dem Nachfolger von *Kamerlingh-Onnes: de Haas*. *Johannes Wander de Haas* war noch wohlwollender und ließ allen, die zu ihm kamen, jede erdenkliche Hilfe zuteil werden. Zusammen mit seiner Frau, der Tochter von *Lorentz*, erwies er stets die größte Gastfreundschaft und nahm persönlichen Anteil an den wissenschaftlichen Arbeiten seiner Gäste. So gingen in die Wissenschaft die Effekte von *de Haas* und *Schubnikow*, *de Haas* und *van Alfen* und noch früher die Experimente von *Einstein* und *de Haas* ein.



Kamerlingh-Onnes

Die Traditionen von *Kamerlingh-Onnes* wurden auch von seinem Schüler *Keeson* aufrechterhalten, der unter den Professoren durch seine bäuerliche Herkunft und volkstümlichen Manieren auffiel. Er war verschlossen, doch ebenso wohlwollend, nahm aber weniger Anteil an den Arbeiten der sowjetischen Physiker, die nach Leiden gekommen waren und deren Interessen auf einem etwas anderen Gebiet der Physik lagen.

Ich kann nicht umhin, mich noch an einen Leidener Professor zu erinnern – an *Zwaardemaker*. Er war eine weltweite Autorität in Fragen des Geruches. Ich war immer von der Hypothese von der physikalischen Natur des

Geruches eingenommen und legte sie ihm dar, zusammen mit den bei mir angehäuften Literaturangaben, die meine Vorstellungen bestätigten. Die Frage interessierte *Zwaardemaker* so, daß er erwirkte, daß ihm von der Amsterdamer Akademie der Wissenschaften ein aus vier Zimmern bestehendes Laboratorium zur Verfügung gestellt wurde, wo er gemeinsam mit mir den Zusammenhang des Geruches mit infraroten Strahlen und seiner Frequenz untersuchen wollte. Aber ich konnte verständlicherweise nicht für längere Zeit von Leiden abkommen und verzichtete auf die verlockende Möglichkeit, das Problem bis zu Ende zu lösen, das mich schon in der Kindheit interessiert hatte.

Im Jahre 1951 gaben amerikanische Versuche einen mächtigen Anstoß zur Lösung dieser Probleme. Hierbei flogen Bienen auf einen Geruch zu, den sie durch für infrarote Strahlen durchlässiges Kaliumbromid wahrnahmen.

Einen unvergeßlichen Eindruck hinterließ *Paul Langevin* nicht nur in meinem Gedächtnis, sondern auch bei allen, die ihn kannten. Ich sah in ihm die Verkörperung all jener guten Vorstellungen, die wir mit Frankreich verbinden.

Ich wurde mit *Langevin* im Jahre 1924 auf dem Solvay-Kongreß bekannt. An der Spitze Frankreichs stand die chauvinistische Regierung *Poincaré* mit dessen Anhänger *Clemenceau*. *Langevin*, der mit den hohen Zielen der Oktoberrevolution sympathisierte, sah die unwürdige historische Rolle Frankreichs und bewies mir, einem Vertreter des Sowjetlandes, nachdrücklich, daß das gegenwärtige Frankreich, das französische Volk – das die Ideen der Französischen Revolution und der Pariser Kommune fortsetzt – ein fortschrittliches Volk ist, das von seiner jetzigen Regierung weit entfernt ist. Wie strahlte *Langevin*, als er ein Jahr später auf den Sieg der Volksfront und den Sturz der Chauvinisten stolz sein konnte. Alle seine Freunde sagten, daß sie ihn nicht wiedererkannt hätten, so sei er aufgeblüht, als er von der sein Gefühl bedrückenden Kränkung befreit war, die durch den Frankreich entehrenden politischen Kurs auf ihm gelastet hatte.

Langevin war ein Anhänger des dialektischen Materialismus. Ich habe gehört, wie er 1933 in einem Vortrag anläßlich der feierlichen Eröffnung der Jubiläumstagung über Physikalische Chemie in Anwesenheit von Regierungsmitgliedern und der Leitung der Sorbonne sagte: „Auf keinem anderen Wege kann man die Kernphysik verstehen, außer durch den dialektischen Materialismus.“ Meine Aufenthalte in Paris benutzte er dazu, mit jungen Physikern über die Thesen des dialektischen Materialismus und Fragen des sozia-

listischen Aufbaus zu diskutieren. *Langevin* war Vorsitzender der Gesellschaft für französisch-sowjetische Freundschaft und organisierte jedesmal, wenn ich kam, eine Sitzung der Gesellschaft. Außerdem organisierte er einige der Vorträge, die ich an der Sorbonne gehalten habe. Zusammen mit ihm war stets *Marie Curie* anwesend, und manchmal befanden sich unter den Gästen sogar ein Kardinal und Mitglieder der Regierung.



Paul Langevin

Im Jahre 1926 reiste *Langevin* in die UdSSR und hielt in Leningrad und Moskau einige Vorträge. Er erteilte gern allen Rat, die sich an ihn wandten. Nach einer Reise nach China sprach er mit Begeisterung vom chinesischen Volk, von seiner Wissenschaft und von seinen Perspektiven. Bis zu seinem Lebensende war *Langevin* ein wahrer Freund des fortschrittlichen China, an dessen Sieg über Japan er nicht zweifelte. *Langevin* glaubte an eine große Zukunft des freien China.

Ich entsinne mich einer Episode. Einmal, während des Mittagessens bei *Langevin*, klingelte irgendjemand an der Tür, und seine jüngere Tochter, die die Tür öffnete, kam mit der freudigen Nachricht zurück, daß *Langevin* mit der höchsten Auszeichnung eines Kommandeurs des Ordens der Ehren-

legion geehrt worden sei. *Langevins* Reaktion war unerwartet: „Wenn sie glauben, daß sie mich damit kaufen können, dann irren sie sich“. Als der Ehemann seiner Tochter, der hochbegabte Physiker und Kommunist *Solomon* von den deutschen Ökkupanten erschossen worden war, trat *Langevin* in die französische kommunistische Partei ein – an Stelle von *Solomon*, wie er sagte.

Seine moralische und wissenschaftliche Autorität war außerordentlich groß. Alle französischen Physiker sahen in ihm ihren „Vater“, nicht nur, weil die meisten seine Schüler waren, sondern auch deshalb, weil er immer eine Quelle neuer wissenschaftlicher Ideen war und weil er einem jeden gern mit all seiner Erfahrung zu Hilfe kam.

In der letzten Periode seines Lebens hat *Langevin* nur wenige Arbeiten veröffentlicht, aber jeder wußte, daß fast alle Arbeiten der französischen Physiker von ihm angeregt waren. Fast jede Arbeit hätte von zwei Autoren unterschrieben werden müssen, und der eine der beiden wäre immer *Langevin* gewesen.

Im Frühjahr 1924 erzählte mir *Langevin* in Brüssel von den Ideen *Louis de Broglies* über Elektronenwellen. Er hatte die Arbeit für die Verleihung des Doktorgrades an *de Broglie* vorgelegt. *Langevin* war bezaubert von dem Scharfsinn und der Originalität der Ideen *de Broglies*, wenn er auch damals noch nicht daran glaubte, daß sie real sind.

Bescheiden und keinem Neid zugänglich, griff *Langevin* jeden neuen wissenschaftlichen Gedanken auf und trug in ihn eine solche Klarheit hinein, wie sie oftmals der Autor selbst nicht gesehen hatte. Es genügt, sich an die theoretischen Arbeiten *Langevins* über Magnetismus, Dielektrika und Gasentladungen und auch an die rein experimentelle Untersuchung des Ultraschalls zu erinnern, um die Durchsichtigkeit und Logik seiner Gedankengänge zu spüren. Noch stärker war dieser Eindruck, wenn *Langevin* seine Experimente zeigte und ihre Geschichte, die mit ihnen verknüpften Erfahrungen sowie die Wege zur Überwindung von Schwierigkeiten darlegte. Ich erinnere mich zum Beispiel daran, daß er eine der Hauptschwierigkeiten bei der Schaffung kräftiger Ultraschallabstrahlung in der Methode sah, die Elektroden an die Quarzplatten anzukleben. Der scharfsinnige Ausweg aus den Schwierigkeiten, größere Quarzplatten zu gewinnen, bestand darin, den Einkristall durch ein Mosaik zu ersetzen und die richtige Orientierung der einzelnen Elemente zu überprüfen.

Wenn man sich an *Langevin* erinnert, muß man unbedingt von seinem Patriotismus sprechen und seinem Stolz über die progressive Rolle des fran-

zösischen Volkes. Er liebte und schätzte sein Volk und verteidigte es leidenschaftlich gegenüber Bemerkungen oberflächlicher Beobachter, die von „Undiszipliniertheit“ der Pariser sprachen. Er wies im Gegenteil auf die Leistungsfähigkeit und Talentiertheit der Franzosen hin. Im Laufe der Zeit trat in der positiven Charakteristik des Volkes immer ausgeprägter die Idee der Klassenschichtung hervor. *Langevin*, der die Arbeitsliebe, Kultur und die fortschrittlichen Tendenzen der Volksmassen schätzte, verurteilte die für die französische wie für jede andere Bourgeoisie charakteristischen Verfallserscheinungen, die dem Kapitalismus eigen sind. *Langevin* liebte nicht nur sein Volk,



Marie Curie

sondern auch sein Land und dessen Geschichte. Man konnte aufmerksam lauschen, wenn er von der Loire erzählte und von der Auvergne und dabei die Routen unserer nicht zustandegekommenen Spazierfahrten umriß.

Gleichzeitig mit *Langevin* lernte ich auf dem Solvay-Kongreß 1924 *Marie Curie* kennen. Während meines Vortrages, den ich in französischer Sprache hielt und der ungefähr drei Stunden dauerte, kam ich ins Stocken und war nicht in der Lage, mich an einen französischen Ausdruck zu erinnern, den ich unbedingt brauchte. Da hörte ich plötzlich *Madame Curie*: „Sagen Sie es auf russisch, ich werde es übersetzen.“ Die damit zum Ausdruck gebrachte hohe

Bewertung meines Vortrages machte mir die Verantwortung meines Auftretens bewußt und setzte mich in Verlegenheit.

Madame Curie zeigte mir in ihrem Institut in Paris nicht nur alle dort laufenden Forschungsarbeiten, sondern erläuterte auch deren Details und legte mir die von ihr noch nicht gelösten Fragen vor. Sie fühlte sich für jeden Versuch verantwortlich, den einer ihrer Schüler oder Mitarbeiter durchführte. Täglich prüfte sie selbst deren Folgerungen, dachte über die Versuche nach und tat alles, was in ihren Kräften stand, damit sie nicht einen einzigen Tag verloren. Sie glaubte, daß man das im Interesse des Instituts nicht unberücksichtigt lassen durfte, wenn ein Besucher mit irgend etwas helfen konnte. Jeder Physiker hat ein bestimmtes Gebiet, auf dem er Erfahrungen gesammelt und über das er nachgedacht hat, und eine wirkliche experimentelle Untersuchung hat so viele verschiedene Seiten, daß ein einzelner Mensch unmöglich alles wissen kann. So erklärte sie uns ihr Interesse und ihre Fragen, die Einzelheiten der Versuche betrafen. Sie stellte mir Fragen zur Molekularphysik und zur elektrischen Isolation.

Als ich sie das erstmal besuchte, war ich davon ergriffen, wie sie ihres längst verstorbenen Mannes *Pierre Curie* gedachte, der der talentierteste Physiker seiner Zeit gewesen war. Sie verwendete Geräte von ihm, zeigte deren Vorzüge und vervollkommnete sie immer noch weiter. Die Tradition *Pierre Curies* hielt *Marie Curie* im Radiuminstitut auf jede Weise aufrecht.

Sie zeigte die Arbeiten ihrer Tochter *Irène Curie* und des Neffen ihres verstorbenen Mannes, und bemühte sich um ein objektives Urteil von Freunden; offensichtlich wollte sie die hohe Wertschätzung prüfen, die man deren Tätigkeit entgegenbrachte. Schon in diesem Jahre zeichnete sich im Institut durch sein Talent *Frédéric Joliot* aus, der spätere Mann von *Irène Curie*. Später rückte *Holweck* auf, der Schöpfer der Molekularvakuumpumpe; er wurde in einer faschistischen Folterkammer ungebracht.

Die französische physikalische Gesellschaft stiftete unlängst einige Medaillen zum Andenken an die hervorragendsten Physiker. Unter ihnen sind *Langevin*, *Joliot-Curie*, *Irène Curie* und *Holweck* (die letzte Medaille wurde zusammen mit der der englischen Physikalischen Gesellschaft verliehen).

Alle Physiker, die aus *Marie Curies* Institut hervorgegangen sind, zeichneten sich durch eine hohe Experimentierkunst aus, sowie durch Schärfe der Folgerungen und sorgfältige Überprüfung jedes Versuches. Das alles sind Spuren des Einflusses und der Erziehung von Madame Curie. Ihr war in hohem Maße die zeitgenössische Technik der kernphysikalischen Experimente zu verdanken. Wie auch bei *Pierre Curie*, *Langevin*, *Irène Curie* und *Joliot-Curie* ver-

banden sich bei ihr eine hohe moralische Autorität, fortschrittliche politische Ansichten und selbstlose Hingabe zur Wissenschaft mit einem streng systematisch wissenschaftlichen Schaffen.

Während ihrer Reise nach den USA erhielt Madame *Curie* ein Geschenk – ein Gramm Radium. Dieses übergab sie – wie alle Mittel, die ihr zufließen – einer unter ihrer unmittelbaren Beteiligung organisierten medizinischen Klinik. In dieser Klinik sah sie ein sichtbares Beispiel für den Nutzen, den ihre Entdeckung der Menschheit gebracht hat.



Marie Curie

Marie Curie war ebenso wie ihre Mitarbeiter ein aktives Mitglied der Gesellschaft für französisch-sowjetische Freundschaft und ein beständiger Freund der sowjetischen Wissenschaft. Sie schlug vor, in ihr Institut einen sowjetischen Physiker aufzunehmen, obwohl die Zahl der Plätze dort sehr beschränkt war, und sie stimmte gern zu, *Dmitri Wladimirowitsch Skobelzyn* einzustellen. Doch das erwies sich als nicht so einfach.

Damals, gegen Ende der zwanziger Jahre, wurde eine bedeutende Zahl von Auslandsaufenthalten in allen Ländern von dem Internationalen Rockefeller-

Komitee bezahlt. Gemeinsam mit Madame Curie schlugen wir *Dmitri Wladimirowitsch* vor, dessen wissenschaftliche Arbeiten einen solchen Vorschlag vollauf rechtfertigten. Aber in den USA gibt es die Gepflogenheit, den persönlichen Eindruck („personality“) zu berücksichtigen. Unsere Regierung war bereit, *Skobelzyn* für eine wissenschaftliche Arbeit zu delegieren, aber es war unmöglich, ihn, ohne daß der Erfolg sicher war, „zur Vorführung“ zu schicken. Wir hatten vorgeschlagen, sein Photo zu zeigen; ich konnte eine Einschätzung von ihm geben, aber das alles paßte den Amerikanern nicht. *Ehrenfest* schaltete sich in die Angelegenheit ein. Mit dem ihm eigentümlichen Scharfsinn verspottete er den von den Amerikanern eingeführten Brauch als „Brautschau“ vor der Verlobung. Madame Curie begab sich zusammen mit mir (zu Fuß!) an das andere Ende von Paris, wo sich das Rockefeller-Komitee befand, und nur ihre weltweite Autorität und die Unmöglichkeit, sie – ohne die elementarsten Regeln der Höflichkeit zu verletzen – vergeblich bitten zu lassen, brachten den Erfolg. Aber nicht ein einziges Mal hat *Marie Curie* daran erinnert, daß es ihr ganz und gar nicht leicht war, ihre Kräfte und ihre Zeit für die Einladung eines sowjetischen Wissenschaftlers zu verausgaben, der ihr damals noch unbekannt war.

Irène Curie ähnelte in vielem ihrer Mutter und ihrem Vater. Die von ihr zusammen mit ihrem Mann *Joliot-Curie* entdeckte künstliche Radioaktivität wie auch ihre anderen hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen sind wohlbekannt und werden zusammen mit den Entdeckungen ihrer Eltern für immer in die Geschichte der Wissenschaft eingehen. In die Geschichte wird auch der hohe moralische Charakter ihrer ganzen Familie eingehen. Was *Irène Curie* besonders auszeichnete, war ihre Wahrheitsliebe. Jedes Wort, das sie sprach, stimmte mit dem überein, was sie dachte. Manchmal rief das die Verwirrung ihrer Gesprächspartner hervor. Besonders häufig entstand eine solche Situation, als sie in der Periode der Volksfront als Leiterin für Wissenschaft und Volksbildung in die Regierung eintrat. Nicht alle Menschen, mit denen sie dienstlich zusammentraf, verdienten Achtung, und manche gaben Anlaß zu Äußerungen ihrerseits, die genau und ohne Beschönigung ihrer Meinung entsprachen.

Irène Curie war ein aufrichtiger und wahrer Freund der Sowjetunion; sie war eine fortschrittliche Gelehrte, die niemals von ihren Überzeugungen abwich. Eine fürsorgliche Tochter und eine fürsorgliche Mutter ihrer Kinder war *Irène Curie* in der Familie und in der Gesellschaft, auf Kongressen und in ihren Vorträgen eine ganze, tadellose Persönlichkeit. Ihr Tod war – nach den Worten ihres Mannes – nicht eine Folge der Arbeiten mit radioaktiven Präpara-

ten, sondern eine Folge davon, daß sie während des ganzen Krieges ununterbrochen persönlich Röntgenapparaturen bedient hatte. Selbst ihr Mann *Joliot*, der während der nazistischen Okkupation für die Partisanen Waffen aufbewahrt und hergestellt hatte und sich damit selbst in Lebensgefahr begeben hatte, war, als er an die Arbeit *Irène Curies* erinnerte, erschüttert von ihrer Selbstlosigkeit, für die sie mit ihrem Leben bezahlt hat.

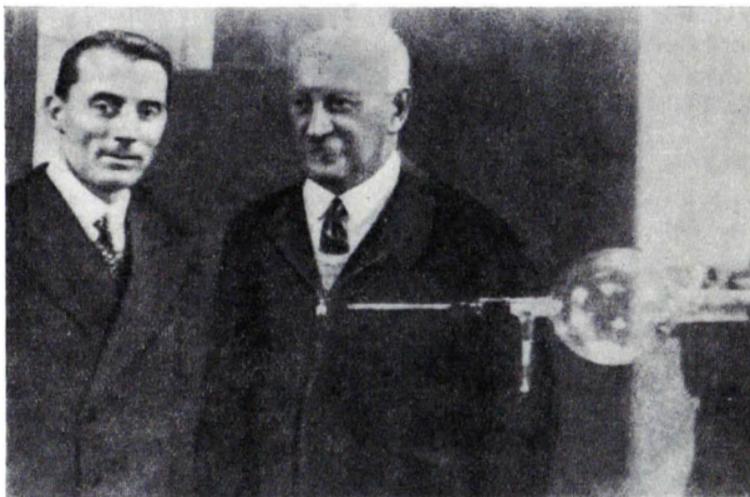


Irène Joliot-Curie

Mehr bei uns bekannt ist *Frédéric Joliot-Curie*, und zwar durch seine wissenschaftlichen Entdeckungen und durch die Rolle, die er bei der Entdeckung von Methoden zur Beherrschung der Kernenergie gespielt hat, als auch durch seine politische Tätigkeit als Kommunist und Führer des Weltfriedensrates. Er und seine Frau sind mehrfach zu uns in die UdSSR gereist. Er nahm an Konferenzen zur Kernphysik teil und trat mit wissenschaftlichen Vorträgen auf.

Alle, die ihn persönlich kannten, hatten den gleichen tiefen Eindruck, den sein Gesicht mit den klugen, durchdringenden Augen hervorrief. Ebenso he-

eindruckte seine Fähigkeit, die Gedanken seiner Gesprächspartner schnell zu erfassen, die Überzeugungskraft und Grundsätzlichkeit aller seiner Ausführungen. Man spürte sofort, daß ein großer Mensch vor einem stand, der beste Vertreter der französischen Wissenschaft, der die Idee der Kommune fortsetzte. *Frédéric Joliot-Curie*, der viel wendiger war als seine Frau, aber ebenso prinzipienfest wie sie, hielt sich in jeder Gesellschaft bescheiden zurück. Ich erinnere mich, mit welcher Ironie er mir von der Aufmerksamkeit erzählte, die



Frédéric Joliot-Curie und A. F. Joffe (1930)

man ihm in Kreisen der Geldaristokraten als dem Ehemann von Madame *Curie's* Tochter entgegenbrachte, und wie gering dagegen das Interesse war, das sie ihm als Gelehrten und Menschen zeigten.

Noch im Jahre 1956 erzählte *Joliot-Curie* davon, wie sich das Verhältnis der französischen „sozialistischen“ Regierung zu ihm geändert hatte, die ihm die Leitung des *Curie-Institutes* und des *Institutes für Kernphysik* sowie außerdem des *Französischen Institutes*, wo er Nachfolger von *Langevin* geworden war, übertragen hatte. Er schilderte die kuriosen Versuche der Regierung, ihm durch Gewährung französischer Visa an Kommunisten entgegenzukommen, um ihre wirkliche Politik zu verbergen. Wir alle erinnern uns, welche Erregung es in der ganzen Welt hervorgerufen hat, als *Joliot-Curie* gezwun-

gen wurde, seine Arbeit an dem von ihm geschaffenen Kernreaktor und die Leitung des französischen Kernzentrums aufzugeben.

In seinem letzten Brief, den er mir kurz vor seinem Tode schickte, schildert er seine Eindrücke anlässlich meines Vortrages in der Französischen Physikalischen Gesellschaft und schreibt: „Ich bin ebenso wie Sie davon überzeugt, daß durch die umfassende Anwendung von Halbleiterthermoelementen in der Energetik eine grundlegende Veränderung erzielt werden wird.“



Frédéric Joliot-Curie

Pierre Curie habe ich nicht persönlich gekannt. Ich stand mit ihm nur wegen seines Gerätes, eines piezoelektrischen Elementes, in Briefwechsel. Seine wissenschaftlichen Arbeiten habe ich jedoch ausführlich studiert und bin ihm gegenüber von tiefster Wertschätzung erfüllt.

Meine erste, wenn auch unveröffentlichte wissenschaftliche Arbeit hing mit der Entdeckung *Pierre Curies* zusammen, daß das Radium unaufhörlich Energie aussendet. In *Curies* Nekrolog, den ihm die englische Zeitschrift „Nature“ widmete, wurde vorgeschlagen – und wohl nicht ohne Grund –, seinen ersten Artikel über die Radioaktivität als Anfang einer neuen Ära anzusehen und von seinem Erscheinen an eine neue Zeitrechnung zu beginnen.

Die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität des Radiums und Poloniums durch *Pierre* und *Marie Curie*, die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität durch *Irène* und *Frédéric Joliot-Curie* und der Beweis für die Aussendung von mehr als zwei Neutronen beim Zerfall des Uranatoms durch *Frédéric Joliot-Curie* waren entscheidende Entdeckungen, auf denen die heutigen Erfolge der Kernphysik basieren. Nur die Entdeckungen von *Rutherford* und *Fermi* kann man damit in eine Reihe stellen. Keiner der Genannten weilt mehr unter den Lebenden, aber ihre Arbeiten und ihre ausgezeichneten persönlichen Qualitäten werden für immer in die Geschichte eingehen.



Jean Perrin

Von den französischen Gelehrten der älteren Generation kannte ich noch *Jean Perrin*, dem wir den ersten direkten Beweis für die Wärmebewegung und den atomaren Aufbau der Materie verdanken. Als charmanter, gastfreundlicher Hausherr versammelte er in Paris in seinen Seminaren die führenden Köpfe der Wissenschaft und warf dort die spannendsten wissenschaftlichen Probleme aus Physik und Chemie auf, die er durch weiten wissenschaftlichen Horizont miteinander verband.

Zu seinen Lebzeiten bildeten sein Sohn *Francis Perrin* und *Auger* das Zen-

trum der fortschrittlichen französischen Jugend, die sich um *Jean Perrin* sammelte. *Francis* hat gleichzeitig mit *D. D. Iwanenkow* ein Kernmodell aus Protonen und Neutronen vorgeschlagen, und *Auger* hat den Mechanismus für einen gleichzeitigen Übergang zweier Elektronen im Atom entdeckt. Beide unternahmen Reisen zu uns.

Francis Perrin war nach der Entfernung des Kommunisten *Joliot-Curie* Vorsitzender des Regierungsamtes für Kernforschung, und *Auger*, der nach dem Krieg in England geblieben war, nahm führenden Anteil an der Organisation wissenschaftlicher Vereinigungen, in die jetzt auch die sozialistischen Länder eintreten.

Auf den Solvay-Kongressen konnte ich Vater und Sohn *Brillouin* kennenlernen. Der letztere war 1928 bei uns zur Physikertagung. Seine wissenschaftlichen Arbeiten — die „Brillouin-Zonen“, die Ultraschallinterferenzen und die Informationstheorie — sind allen gut bekannt.

Mit dem Vater *Brillouin* verband mich das Interesse an der elastischen Nachwirkung. Als ich gezeigt hatte, daß es im Quarz keine wirkliche Nachwirkung gibt und daß man diese durch geeignete Wahl der kristallographischen Orientierung vermeiden kann, machte *Brillouin* die Quarzplatte zu einem Präzisionsmeßgerät für schnellwechselnde Spannungen.

Auch mit anderen französischen Wissenschaftlern, die der Chemie näherstanden, traf ich zusammen, und ich darf wohl sagen, ich freundete mich an. Darunter war der Autor neuer Halbleitergleichrichter aus Graphit sowie *Gaisinski*, ein Mitarbeiter des Radiuminstitutes. Beide waren sie oft bei uns in der UdSSR und immer zeigten sie große Sympathie für die sowjetischen Gelehrten. *Gaisinski*, Autor eines schönen Buches über Radiochemie, half mir sehr, als ich meinen Vortrag in der Französischen Physikalischen Gesellschaft vorbereitete.

Meinen langjährigen Verbindungen mit französischen Physikern schreibe ich die mir zuteil gewordene Ehre zu, zum Ehrenmitglied der Französischen Physikalischen Gesellschaft und zum Ehrendoktor der Sorbonne ernannt worden zu sein.

In den allerletzten Jahren traf ich mit den Professoren des Pariser Optischen Institutes *Fleury* und *Mareshall* zusammen, den Sekretären der Internationalen Union für reine und angewandte Physik (IUPAP). Ich wurde als Vertreter der UdSSR in das Präsidium dieser Union gewählt.

Auf meinem Spezialgebiet, der Halbleiterphysik, wurde ich mit *Grijo* und *Egren* bekannt. *Grijo*, ein Gelehrter mit fortschrittlichen Überzeugungen, arbeitet auf dem Gebiet der Lumineszenz an Fragen ähnlich wie *E. F. Gross*,

mit dem er in Leningrad gemeinsame Forschungen getrieben hatte. Er war ein wahrer Freund der sowjetischen Wissenschaftler und Initiator neuer Formen der Verbindung aller Physiker, die sich mit Halbleitern beschäftigen. *Egren*, ein noch junger, aber rasch aufsteigender Wissenschaftler, spezialisierte sich in den USA auf Halbleiter. Er unterstützte uns sofort, als eine Reise zweier sowjetischer Physiker in sein Laboratorium geplant wurde. Auf seine Initiative hin wurde dieser Vorschlag erneuert, als das ursprüngliche Vorhaben nicht verwirklicht worden war.

Zentren der Physik in Deutschland

Das lebendigste Zentrum der Physik und Mathematik in Deutschland war in jenen Jahren – und ist es gegenwärtig erneut geworden – Göttingen.

Von den Mathematikern haben hier *Hilbert* und *Klein* gearbeitet, von den Physikern *Born*, *Franck* und *Pohl*. Die physikalische Chemie vertrat *Tammann*, die Technische Physik *Runge*, *Karman* und andere. Alle diese Namen sind in der Wissenschaft ein Begriff.

Meinen wissenschaftlichen Interessen stand *Robert Pohl* am nächsten. Ich besuchte ihn oft und diskutierte mit ihm Fragen der elektrischen Eigenschaften von Kristallen. Einige meiner Schüler – *J. P. Maslakowjcz*, *A. W. Goldhammer* und *A. N. Arsenjeva* – haben in seinem Laboratorium gearbeitet. *Pohl* ist zweimal in die Sowjetunion gereist. Ein großer Teil der unveröffentlichten Untersuchungen, die ich zusammen mit *Röntgen* in den Jahren 1905 bis 1912 angestellt hatte, fiel mit der Thematik zusammen, mit der sich *Pohl* in den zwanziger Jahren beschäftigte; vielfach stimmten auch die Resultate überein.

Pohl hat eine beträchtliche Zahl glänzender Demonstrationsversuche zu seinen Vorlesungen ausgearbeitet und gab diese in seinen in der Darstellung gut gelungenen Lehrbüchern heraus. Er gehörte nicht zu den politisch fortschrittlichen Gelehrten, schloß sich aber in den dunklen Jahren der Hitlerzeit auch nicht den Faschisten an.

Max Born hatte unter anderem eine Theorie der Kristallgitter entwickelt und interessierte sich deshalb für die Ergebnisse meiner Untersuchungen. Insbesondere war es mir gelungen zu zeigen, daß die Widersprüche der Festigkeit, die aus der Theorie *Borns* folgt, und den beobachteten Werten nur scheinbar waren. Zu denselben Schlüssen, die die Folgerungen der Kristallgittertheorie bestätigten, kam ich anfangs in bezug auf die elastische Nachwirkung, später in bezug auf die plastische Deformation, bei der eine sichtbare Biegung auf eine Verschiebung der einzelnen nicht verzerrten Kristallbereiche hinausläuft, und schließlich in bezug auf die Sprödfestigkeit, wobei ein Bruch durch das Wachsen von Rissen hervorgerufen wird, jedoch nicht durch ein gleichzeitiges Reißen der Kristallbindungen im ganzen Querschnitt.

Nach dem Machtantritt Hitlers siedelte *Born* nach Edinburgh in Schottland über, wo er den Lehrstuhl für theoretische Physik einnahm. Vor einigen Jahren ging *Born* in den Ruhestand und beendete die wissenschaftliche Arbeit. Im Verlauf von fast 40 Jahren hatte er die Theorie der Kristallgitter weiter entwickelt. In letzter Zeit schrieb er zusammen mit dem chinesischen Physiker *Huan* ein Buch über die Eigenschaften der Festkörper und Kristalle. Die Ergebnisse meiner Arbeiten stehen in guter Übereinstimmung mit den Folgerungen *Borns* und haben ihn sehr interessiert.



Robert Pohl (1928)

Wenig Verständnis nicht nur von meiner Seite, sondern auch von seiten *Francks* und *Pohls*, fanden *Borns* Ideen über den Wahrscheinlichkeitscharakter der Zustände der Quantenmechanik und der Wellenfunktion. Übrigens änderten unsere Einwände seine Ansichten, die später allgemein anerkannt wurden, nicht im geringsten.

In persönlicher Hinsicht stand mir *James Franck*, ein talentierter Optiker und ein Mensch mit fortschrittlichen Anschauungen, am nächsten. Er war Direktor des Zweiten Physikalischen Institutes in Göttingen, wo unter seiner Anleitung auch sowjetische Physiker arbeiteten, unter anderem das heutige

Akademienmitglied *W. N. Kondratjew. Frank* war ein Physiker mit sehr weitgespannten Interessen. Die Gespräche mit ihm über den Aufbau der Materie, über die Natur der Molekularkräfte und über die Wechselwirkung zwischen den Elektronen und den chemischen Bindungskräften waren immer faszinierend und voller kühner Ideen, die über den Rahmen der gewohnten Vorstellungen hinausgingen. Zusammen mit *G. Hertz* erhielt er den Nobelpreis für seine Versuche zur Atomphysik. Der Antisemitismus, der in Deutschland lange vor Hitler aufkam, traf auch ihn. Bereits in den USA, wohin er wäh-



James Frank und A. F. Joffe (1958)

rend der Hitlerzeit gehen mußte, führte er die interessantesten Versuche zur Chemie der Photosynthese durch, für die er den Preis der Amerikanischen Akademie der Wissenschaften und Künste in Boston erhielt. Wir sind beide Ehrenmitglieder dieser Akademie. Im Jahre 1958 haben wir uns in Berlin zu den Feiern anläßlich des 100jährigen Geburtstages von *Max Planck* getroffen. Es war ganz derselbe bezaubernde Mann und fortschrittliche Gelehrte wie früher, der für die Interessen der Wissenschaft lebt.

Im Jahre 1925 nahm ich als korrespondierendes Mitglied der Göttinger Akademie an deren Sitzung teil. Auf der Tagesordnung standen Vorträge von

Born und *Pohl* über die Eigenschaften dielektrischer Kristalle. Die Vorträge gaben ihnen Gelegenheit, an meine Arbeiten zu erinnern und sie den anderen Mitgliedern zur Kenntnis zu bringen. Das war von seiten meiner Freunde eine außerordentliche Liebenswürdigkeit. – Auf derselben Sitzung zeigte ein Professor der Theologie auf Grund überzeugender Tatsachen, daß die im Evangelium beschriebenen Geschichten Nacherzählungen von Legenden sind, die auf Sizilien viele Jahrhunderte vor „Christi Geburt“ existierten.

Heute gehöre ich wieder der Göttinger Akademie an.

Der Berliner Akademie der Wissenschaften gehörte ich auf einen Vorschlag von *Nernst* seit 1928 an. *Nernst* besaß den Lehrstuhl für Physik an der Berliner Universität, nachdem er viele Jahre Professor der Chemie in Göttingen und Präsident der Technischen Reichsanstalt gewesen war.

Das wissenschaftliche Zentrum an der Universität war das Kolloquium, das damals unter der Leitung von *Laues* stand. An ihm nahmen neben *Einstein* und *Planck* alle Berliner Physiker teil. Oft trugen Physiker aus anderen deutschen Städten und aus dem Ausland vor. Wahrscheinlich waren dieses Kolloquium, das Seminar *Ehrenfests* in Leiden und noch das Seminar *Sommerfelds* in München die Hauptzentren, wo die neuesten physikalischen Ideen entstanden und diskutiert wurden. Ich hatte oft Gelegenheit, an dem Berliner Kolloquium teilzunehmen. Über seine Teilnehmer versuche ich hier zu erzählen.

Schon im Jahre 1914, als ich die kinetische Theorie der Strahlungsenergie ausarbeitete, die auf der Photonenvorstellung aufgebaut war, wurde ich mit *Planck* bekannt. Es ist leicht verständlich, wie nahe mir die Idee von den Photonen stand, die mein Wunschbild vom Licht ohne Äther verwirklichten. So hatte es wenigstens damals den Anschein. Unter Beachtung der Gleichgewichtsbedingungen der Photonen in einem isolierten Gefäß konnte ich das Boltzmann-Gesetz und das Wiensche Verschiebungsgesetz ableiten. Die Plancksche Strahlungsformel ließ sich nur unter der Voraussetzung gewinnen, daß die Anzahl identischer Photonen in einer statistischen Elementarzelle unbegrenzt ist.

Bevor ich diese für die damalige Zeit ketzerische Theorie zum Druck gab, wollte ich mit der größten Autorität, nämlich *Planck*, darüber sprechen. *Planck* wohnte am Chiemsee in der Nähe Münchens und empfing mich, auf Empfehlung *Röntgens*, gern. Er wies mich auf eine wesentliche Schwierigkeit im Verhältnis zur kinetischen Theorie der Gase hin: Die Anzahl der Photonen wird bei dem Prozeß der Gleichgewichtseinstellung nicht aufrechterhalten. Meinen Aufsatz fand er interessant, aber er versuchte auf jede Weise, mich

dazu zu bewegen, von den Photonen, die sich nicht mit der elektromagnetischen Theorie des Lichtes von *Maxwell* vereinbaren lassen, Abstand zu nehmen. „Wir verdanken *Maxwell* so viel, daß es undankbar wäre, von seiner Theorie abzurücken. Versuchen Sie, ob es nicht möglich ist, zu denselben Schlüssen zu gelangen, ohne mit *Maxwell* zu brechen. Alles, was man aus seiner Theorie aufrechterhalten kann, muß stehengelassen werden.“ Auf meine Frage, ob er als Redakteur der Zeitschrift den Artikel annehmen werde, antwortete er, daß er sich nicht dagegen wende, die Arbeit zu drucken, daß er jedoch nicht mit seinen Händen die Grundlagen des Maxwellschen Gedankengebäudes sprengen wolle. Persönlich freilich betrübe ihn der Artikel – der im übrigen gedruckt wurde.

Im Jahre 1932 erkannte die Deutsche Physikalische Gesellschaft *Planck* die Goldene Einsteinmedaille zu. Eine fünfzigjährige wissenschaftliche Tätigkeit lag hinter ihm. Aus diesem Anlaß wurde in Berlin ein Bankett veranstaltet, an dem auch ich teilnahm. Das interessanteste Ereignis dabei war ein Vortrag *Plancks*, in dem er seine wissenschaftliche Lebensgeschichte erzählte. Sie begann damit, daß er sich nach dem Besuch der Münchener Universität an den Physikprofessor *Jolly* wandte und diesem seinen Entschluß mitteilte, sich der theoretischen Physik zu widmen. *Jolly* hat gesagt: „Junger Mann, warum wollen Sie sich Ihre Zukunft zerstören? Die ganze theoretische Physik ist vollendet. Die Differentialgleichungen sind formuliert, ihre Lösungsmethoden ausgearbeitet. Man kann noch einzelne Spezialfälle ausrechnen. Aber lohnt es sich denn, einer solchen Sache sein Leben zu widmen?“ Wenn man diese Prognose mit dem Umschwung vergleicht, den *Plancks* Arbeiten im ganzen physikalischen Weltbild hervorriefen, erscheinen *Jollys* Worte als Anekdote. Aber man soll sich gut daran erinnern, wenn im Laufe der wissenschaftlichen Entwicklung von neuem ähnliche Situationen entstehen.

Planck gehört für immer in der Geschichte das Verdienst, die Quanten entdeckt zu haben. Obwohl er eine Revolution in der Physik hervorgerufen hat, war *Planck* selbst kein Revolutionär. Er bemühte sich in jeder Weise, möglichst wenig von den Auffassungen der klassischen Physik abzuweichen. Er verneinte die Quantennatur der Strahlungsenergie selbst und wollte alles auf einen im Atominneren verborgenen Mechanismus der Lichtaussendung zurückführen. Nur mit Mühe war er dazu zu bewegen, von Absorptionsakten zu sprechen. Auf die Tatsache, daß die Plancksche Theorie auf der neuen Quantenhypothese beruht, hat *Ehrenfest* hingewiesen; *Planck* selbst hielt sie für eine Folgerung aus der klassischen Theorie.

Der wirkliche Revolutionär in der Wissenschaft war *Einstein*. Die Idee von

den Photonen, der gequantelte Austausch der Schwingungsenergie bei der Wärmebewegung, die Quanten als universelles Naturgesetz – alle diese Ideen *Einsteins* lagen *Planck* fern.

Dafür hat *Planck* mit voller Folgerichtigkeit die thermodynamischen Folgerungen sowohl der Quantentheorie als auch der Relativitätstheorie entwickelt. In den zahlreichen Gesprächen, die ich mit *Planck* führte, zeigte er sich als



Max Planck

ein Gelehrter von strenger Logik der Gedankenführung, vorsichtig in seinen Schlüssen, der, obwohl er sich für alle Zweige der Physik interessierte, sich nur über das äußerte, was er sorgfältig hatte durchdenken können. Es entstand der Eindruck, daß die Grundlage seines wissenschaftlichen Denkens die Ideen der Thermodynamik und deren statistische Interpretation darstellte. Sein hervorragendster Schüler ist *Max von Laue*, dessen erste Arbeiten der Thermodynamik kohärenter Strahlungsenergie gewidmet war.

Nicht einer meiner Besuche bei *Planck* verging, ohne daß er sein wahrhaft wunderbares Spiel auf dem Klavier vortrug, klassische Musik, insbesondere *Bach*, aber auch *Beethoven* und *Brahms*. *Planck* hatte eine ausgezeichnete Technik und ein genaues Spiel, das nicht im geringsten von den Noten und der Partitur abwich.

Ein fester Glaube an die Realität und die Erforschbarkeit der ihn umgebenden Welt verband sich in ihm mit einem religiösen Gefühl. Er war ein ernster und aktiver Gegner des Machismus und ausgeklügelter Hirngespinnste, die die Errungenschaften der Wissenschaft in Zweifel ziehen. In den Jahren des Nazismus verteidigte *Planck* nach Kräften die Wissenschaft und die Gelehrten gegen Hitler und dessen Gefolgsleute vom Typ eines *Lenard*. Wie weit *Planck* auch von *Röntgen* entfernt sein mag – ich sehe in beiden die gleichen Charakterzüge der Epoche zu Ende des 19. Jahrhunderts: Das gleiche Verantwortungsgefühl, die gleiche Vorsicht bei Folgerungen, die gleiche tiefe Achtung vor den Errungenschaften der Wissenschaft der vorangegangenen Zeit, dasselbe Bemühen, diese Wissenschaft zu verteidigen gegen die oft ungeprüften Neuerungen, die die festen Pfeiler des Alten verschmähen.

Einer anderen Art des Klavierspielens, als bei *Planck*, begegnete ich bei *Nernst*. Zusammen mit der berühmten Firma Bechstein hatte er ein Klavier konstruiert, bei dem die Töne der Stahlsaiten nicht durch den hölzernen Schalldeckel, sondern mit elektronischen Verstärkern verstärkt wurden. Hier konnte man außer der Reinheit der Töne deren Intensität im ganzen Bereich von den niedrigsten bis zu den höchsten Noten steuern. Ich kann nicht sagen, daß *Nernsts* Spiel auf diesem Instrument mir ein ästhetisches Vergnügen bereitet hätte, wie es sich in meiner Erinnerung mit *Einstein*, *Ehrenfest* und *Planck* verbindet.

Wie ich bemerken konnte, fand die Berufung des Chemikers *Nernst* auf den physikalischen Lehrstuhl von *Helmholtz* nicht das Wohlwollen der anderen Universitätsphysiker, die sich von ihm fernhielten. Selten erschien er im Kolloquium, das der Sammelpunkt der Berliner Physiker war. Ich habe versucht, die Ursache für diese seltsame Erscheinung – die Abkehr von einem der hervorragendsten Gelehrten – zu ergründen. Wenn *Nernst* auch kein reiner Physiker war, so standen seine Arbeiten doch der Physik nahe. Er war der Schöpfer des dritten Hauptsatzes der Thermodynamik, der Theorie der elektromotorischen Kräfte, der chemischen Energetik und zahlreicher anderer bedeutender Arbeiten. Die Universitätsphysiker sagten, daß sie sich für Fragen der Quantenphysik interessieren, auf die man bei *Nernst* keine Antwort fände; Gespräche mit ihm, so sagte man, führten zurück zur Physik der Vorquantenperiode. Aber offenbar war das nicht der Kern der Sache, denn unter den Arbeiten seiner Schüler, die er mit mir erörterte, waren interessante Probleme aus dem Gebiet der Elektronik und elektronischer Prozesse in Festkörpern. Er verstand den elektronischen Charakter des elektrischen Durchschlages wesentlich besser als ich. Von meinen Arbeiten interessierte

ihn besonders die nichtveröffentlichte Untersuchung über die Elektronendichte im Vakuum als eine universelle Funktion der Temperatur des Mediums und über die Rolle der Raumladung bei der Verteilung der Elektronen. Im Zusammenhang damit machte er viele scharfsinnige Bemerkungen.

Ohne *Nernsts* große wissenschaftliche Verdienste in Abrede zu stellen, verzieht man ihm nicht sein offensichtliches Streben nach Karriere, seinen Titel „Exzellenz“, den weder *Planck* noch *Einstein* und *Haber* besaßen, und nicht



Walther Nernst

die Million, die er für die „Nernstlampe“ einnehmen konnte. Die Nernstlampe war eine Lampe mit einem aus einem Gemisch von Oxiden bestehenden Stift, die sich kommerziell gar nicht bewährte. Auch das Nernst-Bechstein-Klavier erregte Mißfallen. Kurzum, man glaubte, daß *Nernst* seine wissenschaftlichen Verdienste zu seiner Bereicherung ausnutzte.

Nernst erwies mir aus unbestimmten Gründen besondere Aufmerksamkeit. Auf unser Gespräch hatte er sich unverkennbar vorbereitet; er wußte, wo und auf welchen Seiten meiner Aufsätze die Bemerkungen zu finden waren, über

die er diskutieren wollte. Er erklärte das damit, daß er meine Arbeiten ernsthaft studiert habe, als er meine Kandidatur zum korrespondierenden Mitglied der Berliner Akademie vorgeschlagen hatte. Es scheint, daß er sich darum bemühte, um an mir das Verhältnis der Physiker zu den Themen seiner Arbeiten und zu seiner Tätigkeit als Physiker zu prüfen. In seinen Gesprächen äußerte *Nernst* viele interessante, aber nicht sehr tiefgehende physikalische Gedanken. Von den unter seiner Leitung durchgeführten Arbeiten fand ich auch keine so hervorragend, daß sie neue Wege gewiesen oder unerwartete Probleme aufgerollt hätten. *Nernsts* Ideen vom Durchschlag dielektrischer Stoffe durch eine Elektronenlawine hingen mit der Natur der elektrischen Ströme in Metalloxiden zusammen, aus denen die Stifte seiner Lampe bestanden.

Etwa 1930 teilte er mir mit, daß er mich für den Lehrstuhl der Physik in Berlin vorschlagen werde, und als ich selbstverständlich darauf hinwies, daß es für mich als sowjetischen Wissenschaftler völlig unmöglich sei, meine Heimat zu verlassen, antwortete *Nernst* erregt: „Aber verstehen Sie denn nicht, daß Berlin der erste Lehrstuhl in der Welt ist? Den lehnt man nicht ab.“ Ein derartiger Eigendünkel war unter den deutschen Gelehrten weit verbreitet und hatte wohl einen gewissen Grund. Während des ersten Weltkrieges hatte *Nernst* in der Paradeuniform eines Generals belgische Wissenschaftler besucht, die Taktlosigkeit seines Auftretens war ihm gar nicht bewußt geworden. Im übrigen vertrat *Nernst* in allen seinen Äußerungen fortschrittliche Ansichten. – Augenscheinlich waren die Jahre, in denen ich *Nernst* kannte (wie auch bei *Röntgen*), die Periode, in der seine schöpferische Tätigkeit nachließ und er in den reichen Verhältnissen eines Millionärs, dessen einstige Energie erlahmt war, seinem vergangenen Ruhm lebte.

Gleichzeitig mit *Nernst*, aber nicht an der Universität, sondern als Direktor des Institutes für Physikalische Chemie und Elektrochemie in Dahlem, arbeitete ein anderer, ebenso bekannter Physiko-Chemiker: *Fritz Haber*. Er verfügte über allseitige Kenntnisse der physikalischen Chemie. Mit ihm und seinem engsten Mitarbeiter *Polani* traf ich oft zusammen im Zusammenhang mit meiner nicht geglückten Erfindung einer Dünnschichtisolierung. *Haber* hatte auch an der Diskussion teilgenommen, die bei mir mit Professor *Smekal* über die Frage aufkam, ob, wie ich annahm, chemische Beimengungen im Kristall die Quelle der Ionenleitfähigkeit darstellten oder mechanische Störungen des Kristallgitters, wie *Smekal* behauptete. Die Diskussion dieser Frage, an der Physiko-Chemiker vieler deutscher Universitätszentren teilnahmen, fand unter dem Vorsitz *Habers* statt. Die exakte wissenschaftliche Lei-

tung der Versammlung und die große Autorität und Wertschätzung, die *Haber* genoß, gaben der ganzen Diskussion Züge von seltener Klarheit. Die Diskussion endete mit dem Vorschlag *Smekals*, unsere Standpunkte in Übereinstimmung zu bringen und die chemischen und mechanischen Defekte zu vereinigen, obwohl er auch zustimmte, daß man den chemischen Defekten den Vorzug geben müßte.



Fritz Haber

Während meiner Besuche bei *Haber* konnte ich bei dessen Gesprächen mit seinen Mitarbeitern zugegen sein und sehen, wie gut er sie verstand und wie entscheidend für sie die Meinungen waren, die ihr Lehrer äußerte, sowie seine Erfahrung, die er ihnen auf der Stelle mitteilte. Wie das überall in Deutschland üblich war, war der Direktor der gewichtige Vorgesetzte, sehr oft mit dem Titel „Geheimrat“; aber gleichzeitig spürte man in *Haber* auch den geliebten wissenschaftlichen Leiter. *Nernst* hingegen verhielt sich, als ich ihn in Berlin kamte, zu seinen Mitarbeitern kalt; er gab Hinweise, aber keine Ratschläge wie *Haber*.

Haber war durch seine Düngemittelsynthese und blendende physikalisch-

chemische Untersuchungen berühmt geworden. In meinem Beisein rollte er noch die Frage Goldgewinnung aus dem Meerwasser auf und zeigte eine Reihe scharfsinniger Methoden zu deren Verbilligung. Während des ersten Weltkrieges hatte er, wie auch *Nernst*, chemische Waffen entwickelt und an die Armee geliefert. Er quittierte den Dienst im Rang eines Hauptmanns; nach dem Machtantritt Hitlers jedoch mußte er sein Laboratorium verlassen. Er lebte noch kurze Zeit unter schwierigen materiellen Bedingungen und starb in England. Alle seine Mitarbeiter waren den Faschisten verhaßt und Verfolgungen ausgesetzt.

Der fanatischste Faschist unter den deutschen Physikern war *Philipp Lenard* aus Heidelberg. Er nannte *Franck* „Dschames“, indem er dessen englischen Namen in deutscher Aussprache las. Als *Lenard* aus Altersgründen in den Ruhestand getreten war und die Heidelberger Universität *Franck* zu seinem Nachfolger gewählt hatte, konnte sich *Lenard* damit nicht abfinden und bewirkte seine Wiedereinsetzung auf den Lehrstuhl. Er verhöhnte in jeder Weise die jüdischen Physiker *Franck* und *Born* und fragte zum Beispiel, ob *Franck* nicht die Denkmäler von *Gauß* und *Weber* in Göttingen abreißen wolle. *Lenard* haßte *Röntgen*, weil dieser die Röntgenstrahlen entdeckt hatte, während er, als er die Kathodenstrahlen aus der Vakuumröhre durch ein Aluminiumfenster hatte austreten lassen, die neuen Strahlen nicht bemerkt hatte. Als ich 1921 das Radiuminstitut in Heidelberg kennenlernen wollte, dessen Direktor *Lenard* war, ließ dieser mir durch einen Wächter sagen: „Der Herr Geheimrat läßt ausrichten, daß er wichtigere Dinge zu tun habe, als Feinde seines Vaterlandes zu empfangen.“ Von dieser Antwort erzählte ich manchem. Und viele amerikanische Physiker begaben sich absichtlich in *Lenards* Institut, um dieselbe Antwort zu erhalten.

Lenard schrieb eine „Deutsche Physik“ und verbannte aus der Wissenschaftsgeschichte alle Gelehrten „minderwertiger“, nichtarischer Rasse, darunter natürlich *Einstein* und die Relativitätstheorie. Die Einsteinsche Beziehung zwischen Masse und Energie, die er nicht totschweigen konnte, schrieb er *Hasenöhrl* zu. *Lenard* beseitigte aus seiner Physik alle fremden Termini, die sich eingebürgert hatten, und ersetzte sie durch neuerdachte Wörter, wenn sie nur deutsch waren. Aus der „Deutschen Physik“ waren auch die physikalischen Theorien gestrichen, die nicht auf Deutsche zurückgingen. *Lenard* stand zusammen mit *Stark* an der Spitze der faschistischen Physik während der Hitlerzeit und rechnete hart mit allen Andersdenkenden ab.

In diesen Jahren waren es hauptsächlich *Planck* und *von Laue*, die die fortschrittliche Wissenschaft in Deutschland verteidigten.

Es muß gesagt werden, daß Vorläufer des Nazismus unter den Physikern schon lange vor Hitler erschienen waren. *Röntgen* hatte mir von einigen Physikern erzählt, die schon bald nach dem ersten Weltkrieg von äußerst reaktionären Regungen, von Antisemitismus und Chauvinismus, erfüllt waren. *Röntgen* verachtete diese Physiker. Sie übertrugen ihre politischen Launen auch auf das Gebiet der Wissenschaft. Sie haßten *Einstein* und bemühten sich, dessen Relativitätstheorie in Verruf zu bringen.

Es ist schwer zu glauben, aber es war so: Physiker (wie zum Beispiel *Gaede*, der Konstrukteur von Vakuumpumpen), beriefen öffentliche Versammlungen ein gegen die Relativitätstheorie und natürlich gegen *Einstein*. Dabei verband sich die Beschuldigung der Untreue gegenüber der deutschen Nation mit Anschuldigungen spekulativer, die deutschen Wissenschaften entehrender Hirngespinnste. Derartige Versammlungen gab es nicht wenige, und *Einstein* war gezwungen, sich in England bei einem seiner Verehrer zu verstecken.

Gegen Ende der zwanziger Jahre entbrannte der Kampf zwischen der reaktionären und der fortschrittlichen Professorenschaft um eine, wie es schien, unbedeutende Begebenheit. In einer deutschen physikalischen Zeitschrift war die Veröffentlichung eines Inders in englischer Sprache erschienen. Der Vorsitzende der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, *Wien*, und eine Gruppe chauvinistischer Physiker bezeichneten diesen Vorfall als ein grobes Vergehen und forderten, daß der Redakteur der Zeitschrift, *Karl Scheel*, öffentlich erklären solle, daß er unzulässig, leichtfertig und unbedacht gehandelt habe, indem er den Beitrag habe drucken lassen. Weiter links stehende Physiker, die es für richtig hielten, daß in einer deutschen Zeitschrift keine englischen Artikel stehen sollten, hielten eine öffentliche Selbstanklage *Scheels* nicht für unbedingt erforderlich. Zwischen den beiden Gruppen entbrannte ein erbitterter Kampf. Die Frage kam in allen Sektionen der Physikalischen Gesellschaft zur Abstimmung, und die Mehrheit der Physiker beschloß, sich mit dem Verzicht auf den Abdruck englischer Aufsätze in deutschen Zeitschriften zu begnügen. Daraufhin traten der Vorsitzende *Wien* und einige Mitglieder aus der Physikalischen Gesellschaft aus, und an den Türen von *Lenards* Räumen erschienen Aufschriften: „Für Mitglieder der sogenannten Physikalischen Gesellschaft gesperrt!“ *Lenards* erster Assistent *Becker*, der Mitglied der Physikalischen Gesellschaft geblieben war, konnte mit ihm nur auf dem Korridor sprechen.

Seit Anfang der zwanziger Jahre hatte in bestimmten Kreisen eine Hetze gegen *Einstein* begonnen. Er wurde auf die Liste der Personen gesetzt, die man umbringen wollte. Als dann *Erzberger*, der auf dieser Liste stand, tat-

sächlich ermordet wurde und dasselbe Geschick auch Rathenau traf, boten englische Verehrer *Einsteins* ihm in England Asyl an, wo er unentwegt von zwei Wächtern beschützt wurde. Die Anti-Einstein-Kampagne ließ bis zum Machtantritt Hitlers nicht nach und führte schließlich zum Ausschluß *Einsteins* aus der Berliner Akademie der Wissenschaften und zu seiner Übersiedlung in die USA nach Princeton.

Nach den USA mußten mit der Machtergreifung Hitlers auch *Pringsheim* und *Ladenburg* gehen. *Lise Meitner* verließ Deutschland und übersiedelte nach Schweden; dort wies sie als eine der ersten auf die Bedeutung der Versuche *Hahns* zur Uranspaltung hin. Viele, viele andere verließen Deutschland ebenfalls. *James Franck* wurde, da er am ersten Weltkrieg teilgenommen hatte und mit militärischen Orden ausgezeichnet worden war, zwar nicht von der Göttinger Universität entlassen, betrachtete es aber als unmöglich, im Deutschland Hitlers zu bleiben und ging nach den USA. *Born* ging nach Schottland an die Edinburger Universität. So zerfiel die glänzende Göttinger Physikerschule. *Debye* blieb noch einige Zeit in Leipzig, wo er, nach seinen Worten, zusammen mit *Heisenberg* versuchen wollte, eine kleine Insel in der gegenwärtigen nazistischen Physik zu bewahren. Aber später ging auch *Debye* nach den USA, ebenso wie er während des ersten Weltkrieges aus Deutschland nach Holland und in die Schweiz übersiedelt war.

In der Hitlerzeit entfernte die chauvinistische Gruppe von Physikern nicht nur die Mitarbeiter jüdischer Abstammung, sondern auch alle, die sich als Anhänger linker Ansichten herausstellten. Ich weiß, daß zum Beispiel *Bonhoeffer* der Weg an die Leipziger Universität verschlossen war, wohin man ihn auf den Lehrstuhl für physikalische Chemie berufen hatte. Die von den Nazis gelenkte physikalische Literatur versuchte in jeder Weise, *Einstein* und *Röntgen* in Verruf zu bringen. *Röntgen* beschuldigte man, daß er sich einer Entdeckung bemächtigt habe, die *Lenard* hätte machen müssen. Erst nach der Zerschlagung der Hitler Tyrannie gelang es, die Verdienste *Röntgens* bei der Entdeckung seiner Strahlen und an der Physik insgesamt wiederherzustellen.

Sind die nazistischen Ideen vollständig verschwunden? Eine von ihnen, die Idee vom Lebensraum und von der Verarmung der Reserven an nutzbaren Bodenschätzen, auch die Lehre von „*Malthus*“ über die Krise der Lebensmittelbereitstellung und der Überbevölkerung sind, wie ich mich überzeugen konnte, noch bei vielen westeuropäischen und amerikanischen Physikern vorhanden. Einige deutsche Professoren sehen auch jetzt einen Ausweg in dem Drosseln der Vermehrung „überflüssiger“ Völkernschaften.

Albert Einstein

Albert Einstein lernte ich erst in Berlin kennen. Seine ersten Arbeiten aus dem Jahre 1905, die die Brownsche Bewegung, den Photonenmechanismus des Lichtes und die Relativitätstheorie betrafen, hatten entscheidenden Einfluß auf die weitere Entwicklung der Physik und auf die Ideen der Physiker – so auch auf mich.

Für mich persönlich gaben die Relativitätstheorie und die Photonen dem schon in der Mittelschule entstandenen Zweifel am Lichtäther einen realen Inhalt und eröffneten gleichzeitig eine neue Seite der Wechselwirkung von Licht und Materie.

Eine bald darauf veröffentlichte Experimentalarbeit von *Erich Ladenburg* (eines Bruders von *Rudolf Ladenburg*, der bei *Röntgen* arbeitete) über den äußeren Photoeffekt bestätigte bei einer näheren Analyse die Einsteinschen Photonen, obwohl sie nach Meinung des Autors zu Folgerungen zugunsten der Lenardschen Resonanztheorie führte. Kurz danach, Anfang 1907, veröffentlichte ich eine Bemerkung, in der ich zeigte, daß die von *Ladenburg* gemessene Energie der Photoelektronen von der Frequenz des Lichtes tatsächlich linear abhängt und nicht, wie der Autor behauptete, quadratisch. Das stand in voller Übereinstimmung mit der Theorie *Einsteins*. In der Arbeit wies ich auch auf den Weg zur endgültigen Lösung des Problems der Photonen hin, nämlich auf das Studium des Photoeffektes der Alkalimetalle Natrium und Kalium und deren Legierungen. Ich widmete dieser Arbeit ungefähr vier Jahre, veröffentlichte sie jedoch nicht, weil ein Artikel *Millikans* erschienen war, in dem dieses Problem mit größerer Genauigkeit, als ich sie erreicht hatte, gelöst war.

Ich wollte über alle diese Fragen gern mit *Einstein* sprechen und besuchte ihn zusammen mit meinem Freund *Wagner* in Zürich. Wir trafen ihn aber nicht zu Hause an, und es gelang uns nicht, ihn zu sprechen. Seine Frau teilte uns jedoch mit, er sei – wie er sich ausdrückte – nur ein Angestellter des Patentamtes und könne nicht ernsthaft über die Wissenschaft nachdenken, aber dafür um so besser über Experimente.

Jedoch war es möglich, daß *Einsteins* Arbeit im Patentamt nicht so geistlos war. Als ich ihn in den zwanziger Jahren näher kennenlernte, zeigte es sich,

daß er eine große Erfindungsgabe besaß. Zusammen mit dem Künstler *Orlik* und dem Zahnarzt *Grünberg* hatte *Einstein* einen neuen Typ einer polygraphischen Maschine für künstlerische Graphik entwickelt. Schon vorher hatte er verschiedenartige technische Erfindungen gemacht, und er gab seine Versuche in dieser Richtung niemals auf.

In seinen Aufsätzen charakterisierte *Einstein* seine Ideen häufig als heuristische Gesichtspunkte. Deshalb motivierten wir unseren Besuch mit dem Wunsch aufzuklären, ob *Einstein* als reale physikalische Erscheinung existiere oder nur als irgend ein heuristischer Gesichtspunkt. Er antwortete später, daß er als Physiker tatsächlich nicht existiert habe.

In seiner Züricher Zeit und insbesondere, als *Einstein* den Lehrstuhl für Physik an der Prager Universität innehatte, entfaltete sich seine schöpferische Kraft. Danach übernahm er eine speziell für ihn geschaffene und gut bezahlte Stelle als Akademiemitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin. Eine derartige Stelle hatte man früher *Röntgen* angeboten. Hier hielt *Einstein* Vorlesungen und nahm aktiv am Kolloquium an der Universität teil. Jedoch befriedigte ihn, wie er mir einmal sagte, das Berliner Milieu nicht. Die Leute, mit denen er Fragen der Physik erörtern mußte, lebten nicht für die Wissenschaft, die für sie nur ein Nebending ihres Daseins war.

Worin für *Einstein* wissenschaftliches Denken bestand, zeigt ein Vorfalle, an den ich mich erinnere und den ich in allen Einzelheiten erzählen will.

Während eines meiner Aufenthalte in Berlin interessierte sich *Einstein* für meine Untersuchungen der mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Kristalle. Er bat mich, ausführlicher darüber zu erzählen. Ich erinnere mich, daß ich um 3 Uhr zu ihm gekommen war und bald mit der Darlegung meiner Untersuchungen begonnen hatte. Ungefähr nach einer Stunde kam seine Frau und bat *Einstein*, um 5 Uhr irgend jemanden zu empfangen, der aus Hamburg gekommen war, um den berühmten Gelehrten kennenzulernen. *Einstein* ging derartigen Begegnungen und allem, was den Charakter von Reklame trug oder seine Berühmtheit unterstrich, aus dem Wege. Aber offenbar fand er in seiner Familie dabei keine Unterstützung. Deshalb führte er mich in einen benachbarten Park, um ungestört das Gespräch fortsetzen zu können. Erst als die Gefahr einer Begegnung vorüber war, kehrten wir in sein Kabinett zurück. Im Verlauf von zwei Stunden hatte ich ihm alles Wesentliche erzählt, und nun begann der durch Tiefe und Beharrlichkeit ausgezeichnete Prozeß der Aneignung des für *Einstein* neuen Materials. Diesen Prozeß kann man charakterisieren als organische Aufnahme neuer Tatsachen in ein früher gereiftes einheitliches Bild der Natur.

Es war 8 Uhr abends geworden, als wir zum Abendessen gebeten wurden. Aber auch hier hörten die Denkarbeit und die Diskussion über das Thema nicht auf; die Aneignung geistiger Nahrung ging weiter, und die Aufnahme der materiellen Kost verlief nach den Anweisungen seiner Frau: Was er auf die Gabel nehmen und wann er diese in den Mund nehmen sollte, *Einsteins* Aufmerksamkeit war weit entfernt von den Makkaronis, mit denen wir bewirtet wurden. Nach Beendigung des Abendessens ging die Gedankenarbeit weiter. Von immer neuen Seiten erörterten wir die Tatsachen und ihre Deutungen. Es kam Mitternacht heran, und der letzte Zug nach Werdor bei Berlin, wo ich wohnte, war bereits abgefahren. Ich schlug vor, das Gespräch morgen oder an einem beliebigen anderen Tag fortzusetzen, bemerkte aber, daß der Sinn meiner Worte nicht bis zu *Einstein* drang, ich bestand daher nicht auf meinem Vorschlag. Schließlich, um 2 Uhr nachts, war der Prozeß beendet – alles stand an seinem Platz, die Zweifel waren aufgeklärt. Es war wieder ein Stück zu dem von inneren Widersprüchen freien Bild, das *Einstein* sich von der umgebenden Welt machte, hinzugekommen.

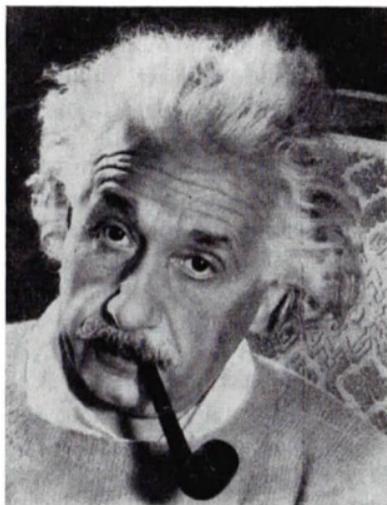
Weder ich noch wahrscheinlich die Mehrzahl der Wissenschaftler waren einer so langen und systematischen Gedankenanspannung fähig. Aber für *Einstein* war das offenbar eine gewohnte Sache. So wurden ungeklärte Probleme aufgeworfen, so wurden sie gelöst oder zum Ausgangspunkt für neue Ideen.

Für viele führte die wissenschaftliche Tätigkeit zum Studium und zur Lösung der Aufgaben oder der Seiten einer Aufgabe, die sich lösen ließen. Daneben bleiben vielleicht noch fundamentalere Seiten des Problems ungeklärt, aber damit beschäftigen sich andere. Für *Einstein* gab es keine Teillösungen. Das Problem ist das eine, und seine verschiedenen Seiten sind nur Wege zum Eindringen in die Naturvorgänge.

Darin lag *Einsteins* ungeheure Kraft, seine Genialität. Aber das war auch die Tragödie seines Lebens. Die Relativitätstheorie, die sich zur Gravitationstheorie entwickelt hatte, ließ das elektromagnetische Feld beiseite. *Einstein* indessen war davon überzeugt, daß ein einheitliches Feld existiert, dessen verschiedene Erscheinungsformen Gravitation und Elektromagnetismus sind. Er bemühte sich beharrlich um eine einheitliche Feldtheorie, konnte sie aber nicht schaffen. Aber seine wissenschaftliche Denkweise verbot es *Einstein*, das tiefreichende Problem, auf das er gestoßen war, ungelöst zu lassen. Mehr als dreißig Jahre seines Lebens, bis zu seinem Tod, widmete er sich dem gestellten Ziel; er konnte sich mit keiner anderen Aufgabe befassen. So vergingen diese Jahre fast ohne Ergebnis, wenn auch für *Einstein* reich an leuchtenden Eindrücken. Neue Hypothesen, ihre Analyse, die Enthüllung, daß sie nicht

überzeugend waren, und immer neue und neue Ansätze füllten sein wissenschaftliches Leben aus, brachten aber nicht die erwarteten Früchte.

Während unserer Spaziergänge, besonders nachts, wurde die Frage nach der einheitlichen Feldtheorie von *Einstein* oft wie eine Wahnvorstellung erörtert, aus der es keinen Ausweg gibt. Aber das Gespräch lief immer wieder auf die Darlegung seiner letzten Hypothese hinaus, von der er einen Erfolg erwartete. Danach könnte er sich wieder dem Bereich der Physik zuwenden. Die Hypothese scheiterte, und nach ein, zwei Jahren erschien eine neue.



Albert Einstein

Ich sah, wie verhängnisvoll diese Lage der Dinge für *Einstein* war, aber natürlich konnte ich ihm durch nichts bei der Ausarbeitung der einheitlichen Feldtheorie helfen. Einmal – es war im Jahre 1926 – versuchte ich, ihn von dem aussichtslosen Weg abzubringen. Wir reisten zusammen nach Brüssel zu einer Sitzung des Solvay-Komitees. Von 11 Uhr morgens bis 10 Uhr abends saßen wir zu zweit in einem Abteil des Zuges, der von Berlin nach Amsterdam fuhr. Das war noch vor der endgültigen Formulierung der Quantentheorie.

Ich legte meinen Vorstoß in folgender Weise an: Ich schilderte die tiefen Widersprüche, die durch die Beobachtung der Quantenerscheinungen in der

Mikrowelt hervorgerufen wurden, sowie die Verwirrung in den Gedanken der Physiker und stellte die Behauptung auf, daß *Einstein* mit seiner ausgezeichneten physikalischen Intuition schneller als irgendein anderer einen Ausweg finden könnte. Im Interesse der Wissenschaft und im Namen der Physiker forderte ich, daß *Einstein* einen Ausweg finden sollte. Wie sehr ihn auch die Probleme des einheitlichen Feldes beschäftigten, er müsse seine moralische Pflicht erfüllen und sein Denken auf das Problem der Quantentheorie konzentrieren.

Um meine Forderung zu begründen, bat ich ihn, sich anzuhören, wer dieser *Einstein* eigentlich ist; daß er nicht nur der Schöpfer der Relativitätstheorie ist, die ihm Ruhm eingetragen hat, sondern daß sein Einfluß auf die gesamte physikalische Weltanschauung nicht weniger wichtig sei. Ich erinnerte an die Brownsche Bewegung, an die Abschätzung der Größe der Moleküle aus der Viskosität einer Lösung, an die Quantentheorie der spezifischen Wärme der Festkörper, an die Entartung der Gase, an die Theorie der Strahlungsenergie, die Photonen, das Stokesche Gesetz, an die neue Statistik und schließlich an die von ihm gegebene Erklärung der Steilheit von rechten Flußufer. Ich zeigte, wie diese Entdeckungen in die Geschichte der Physik eingegangen sind und ihr zu neuen Errungenschaften verholfen haben, und zur gleichen Zeit halte sich *Einstein* von der schwierigsten Aufgabe, die der Physik gestellt war, fern. Unmöglich, nicht den mystischen Nebel zu sehen, der die klaren Konturen der Physik verdeckte. Unglaube an die Kräfte der Wissenschaft sickert ein, man sagt sich von der Realität der Natur los. Es gäbe einen Ausweg – *Einstein* müsse seine Pflicht erfüllen und habe nicht das Recht, sich in den Abgründen des einheitlichen Feldes zu verstecken. Ein Wissenschaftler habe vor der Geschichte nicht nur Rechte, sondern auch Verpflichtungen.

Wir hatten viel Zeit. *Einstein* erklärte, wie leicht ihm im Grunde genommen neue Gedanken kommen, fast wie unausweichliche Folgerungen, – und wie wenig überzeugend doch ihre Erfolge sind. Ich versuchte zu zeigen, welche Tiefen in den Naturerscheinungen das heuristische Denken und die konkreten Ideen *Einsteins* aufgedeckt hatten und wie sehr seine Intuition, die schon so viele verworrene Situationen in der Wissenschaft geklärt hat, gerade in der gegenwärtigen Etappe gebraucht werde. Er versprach, alle seine Kräfte einzusetzen, um sich umzustellen, zweifelte aber, daß ihm das gelingen werde.

Einstein war selbstverständlich Nobelpreisträger, aber der Vorschlag zur Auszeichnung von seiten der deutschen Physiker kam nicht ohne Widerstände. *Röntgen* hat mir davon erzählt, ebenso von seinem Entschluß, die Kandidatur *Einsteins* mit allen Mittel zu unterstützen, was er auch getan hat. Zu den

Feinden *Einsteins* gehörten alle antisemitischen und konservativen Kräfte, aber auch einige Gelehrte, die ihm den von ihm hervorgerufenen Umsturz in der Wissenschaft nicht verzeihen konnten. Das Verhältnis zu *Einstein* war in Deutschland so etwas wie ein Prüfstein der politischen Stimmungen.

Die politischen Ansichten *Einsteins* waren durch den Haß auf die preußischen Kriegstreiber und Militaristen und auf die Polizeimethoden zur Unterdrückung der Freiheit geprägt. Er stand immer auf der Seite der Demokratie und des sozialen Fortschritts. Jedoch waren seine Gedanken weit von politischen Problemen entfernt, und deshalb muß man viele seiner Äußerungen auf diesem Gebiet als unüberlegt ansehen.

Ich möchte die folgende Tatsache anführen: Einmal, zu Ende der zwanziger Jahre, benutzte eine Gruppe deutscher Wissenschaftler ein gerichtliches Fehlurteil, um einen antisowjetischen Aufruf zu verfassen, unter dem ich auch *Einsteins* Unterschrift fand. Als ich ihm erklärte, daß der Vorfall, von dem die Rede war, nur als Anlaß für ein Auftreten gegen die Sowjetunion diene, antwortete *Einstein*, daß er darüber nicht nachgedacht und auf einen telefonischen Anruf *Plancks* hin unterschrieben habe. Ich fragte *Einstein*, ob er es für richtig halte, daß er auf dem Höhepunkt des Kampfes des neuen sozialen Aufbaus gegen die Vorurteile des alten auf der anderen Seite der Barrikade stehe, im Lager des preußischen Kapitalismus. Er antwortete: „Natürlich nicht; ich hätte nicht unterschrieben, wenn ich an die Folgen gedacht hätte. In Zukunft werde ich mich an keinen politischen Handlungen beteiligen, ohne mich mit Ihnen beraten zu haben.“ Ebenso unbedacht war es meiner Meinung nach, daß er die zionistische Bewegung unterstützte. Seine Frau hatte ihn sogar bewogen, in einem Konzert aufzutreten, das die Zionisten in einer Synagoge organisiert hatten.

Als weiteres Beispiel mag seine Begeisterung für die amerikanische Idee eines „Einheitsstaates“ dienen, die im wesentlichen zur Diskreditierung des natürlichen Strebens eines jeden Volkes nach Selbständigkeit gedacht war und die den großen und reichen Ländern die Einverleibung und Ausnutzung der kleinen erleichterte. Aber *Einstein* hielt zunächst die äußere Fassade für das Wesen der Sache. In dieser Frage entstand zwischen *Einstein* auf der einen Seite und Akademiemitglied *Wawilow* und mir auf der anderen ein Briefwechsel, der in unserer Presse veröffentlicht worden ist.

Was die philosophischen Ansichten *Einsteins* betrifft, so waren sie, soweit ich es beurteilen kann, ebenso inkonsequent wie seine politische Haltung. Zweifellos erkannte er, der in der Epoche *Machs* erzogen worden war, dessen Konzeption der Physik an, aber andererseits ist es ebenso unzweifelhaft, daß

Einstein weit davon entfernt war, die theoretische Physik als Ökonomie des Denkens anzusehen. Die Realität der Außenwelt und ihre Erkennbarkeit waren für *Einstein* unbestreitbare Wahrheit, von der er seine Forderung nach einem einheitlichen Bild der äußeren Welt ableitete. Mir schien es, wenn wir derartige Fragen streiften (das geschah selten und interessierte ihn wenig), daß *Einstein* gleichzeitig Materialist und ein Anhänger *Machs* war, dessen System ihm harmonisch aufgebaut erschien.

Als die Kernphysik noch in einem sehr frühen Stadium ihrer Entwicklung war, begriff *Einstein* schon die in ihr ruhende Gefahr. Er fürchtete, daß die Atombombe Hitler in die Hände fallen könnte, weil dann allem, was ihm teuer war und was er in der Welt schätzte, Verderben drohte. An der Spitze einer Gruppe von Physikern unterbreitete er diese Frage dem Präsidenten der USA, *Franklin Roosevelt*. Das führte zur Entwicklung der Atombombe durch angloamerikanische Physiker, für deren Initiator viele Leute in den USA *Einstein* halten. Als jedoch der Ausgang des Krieges faktisch bereits entschieden war und der Abwurf der Bombe auf Hiroshima und Nagasaki drohte, besonders als die Bombe, die die Zivilisation gegen den Faschismus hatte verteidigen sollen, sich in ihr Gegenteil verwandelt hatte, traten *Einstein* und in noch stärkerem Maße *James Franck* gegen ihre Anwendung auf.

Bevor ich meine Erinnerungen an *Einstein* beende, muß ich mich noch daran erinnern, wie wunderbar er Geige spielte. In seiner Familie hatte er niemanden, der ihn begleiten konnte. Einmal gingen wir zu Bekannten. Er nahm ihnen das Versprechen ab, daß kein Unbekannter zugegen sein würde, aber sie benutzten seinen Besuch, um ihn ihren Gästen vorzuführen. Als *Einstein* sah, daß sich hinter der geöffneten Tür einige Leute versammelten, geriet er in schreckliche Empörung, und er begann sein Spiel erst, als die Türen vollständig geschlossen waren und niemand außer uns und dem Begleiter zu sehen war.

Als *Einstein* beschlossen hatte, nach den USA überzusiedeln und ein Angebot des Instituts für fortgeschrittene Studien in Princeton angenommen hatte, war zu seinem Empfang ein festliches Treffen organisiert worden. Aber *Einstein* gelang es, seinen Bewunderern zu entschlüpfen. Er fuhr auf anderem Wege allein nach Princeton und frühstückte im ersten besten Laden.

Einstein war zweimal verheiratet. Als er noch in der Schweiz lebte, wurde eine jugoslawische Mathematikstudentin seine erste Frau. Die Kinder behandelte er ziemlich stiefmütterlich, und sie brachten ihm wenig Freude. Später, als ich bei ihm in Berlin weilte, hatte er als zweite Frau seine Cousine geheiratet.

ratet. Sie wurde ihm aber keine enge Freundin und wirkte in jeder Weise seinen Bemühungen entgegen, sich abseits von allen Ehrenbezeugungen und Demonstrationen seines weltweiten Ruhmes zu halten. Ich entschlief mich deshalb, darüber zu schreiben, weil *Einstein* selbst mir das sehr deutlich gesagt hat.

Der Berliner Magistrat hatte beschlossen, *Einstein* ein Stück Land am Ufer eines Sees nahe bei Berlin zu übergeben, wo er sich in Ruhe erholen konnte. Eine solche Perspektive erfreute *Einstein*, aber da begannen die Mißverständnisse. Es stellte sich heraus, daß der Magistrat ihm eine Parzelle geschenkt hatte, die bereits jemandem gehörte. Man machte ein anderes Stück ausfindig. *Einstein* mußte viele Hindernisse überwinden, bis er sein Häuschen bauen konnte, aber als Hitler an die Macht kam, nahm man es ihm bald weg.

Mit seinem Leben in Princeton war er zufrieden. Hier lebte er ruhig, und er konnte arbeiten. Für die Kinder der Umgebung war er ein kurioser alter Mann mit zerzaustem Kopf, den alle gern hatten.

Bis zu seinen letzten Tagen unterbrach er seine Arbeit an der einheitlichen Feldtheorie nicht. Er hat den Tod nicht gefürchtet. Ihn betrüßte am meisten der Gedanke, daß er aus dem Leben gehen mußte, ohne seine Theorie zu Ende geführt zu haben.

Niels Bohr

Rutherford, Langevin, Pierre, Marie und Irène Curie, Röntgen und Sommerfeld, Ehrenfest und Lorentz, Planck und Einstein sowie Fermi und Joliot-Curie sind tot, aber in der zeitgenössischen Wissenschaft leben sie weiter. Der wahre Inspirator neuer Ideen war schon seit mehr als 40 Jahren Niels Bohr.

Mit ihm traf ich das erste Mal 1922 in Göttingen zusammen, wo er eine Vorlesung über die Elektronenhülle des Atoms hielt. Hier wurden die Vorstellungen vom Periodensystem und den magnetischen Eigenschaften der Elemente entwickelt. Wiederholt besuchte *Bohr* die Sowjetunion. Einmal haben wir auf dem Platz am Winterpalais gemeinsam die Maiparade angesehen. Die Demonstration machte auf *Bohr* großen Eindruck durch die Einheit der Bevölkerung der Riesenstadt mit der Parteiführung. Das stand in einem so krassen Widerspruch zu den Behauptungen der westeuropäischen Presse, daß es entsprechenden Eindruck hervorrufen mußte. Von *Bohr* nach seiner Rückkehr in die Heimat verfaßte Artikel riefen in der dänischen Presse großen Unwillen hervor.

Bohr nahm gern sowjetische Wissenschaftler bei sich auf und ließ sie an dem schöpferischen wissenschaftlichen Leben des um ihn gescharten Kollektivs teilnehmen. Viele unserer führenden Theoretiker erinnern sich mit Dankbarkeit der Monate, die sie in Kopenhagen verbracht haben. Noch mehr Physiker gibt es bei uns, die die Möglichkeit hatten, mit *Bohr* die sie am brennendsten interessierenden Fragen zu erörtern. *Bohr* war ein großer Denker, der seine Vorstellungen von der Natur nicht nur physikalischer, sondern auch biologischer Erscheinungen ständig entwickelte und vertiefte.

Am häufigsten erscheint *Bohrs* Name in unserer Presse im Zusammenhang mit seinen philosophischen Ansichten. Das von der klassischen Physik so abweichende System der Quantenvorstellung veranlaßte *Bohr*, sich darum zu bemühen, daß die beobachtbaren Tatsachen richtig beschrieben werden und frei von inneren Widersprüchen sind, wenn auch dabei jede herkömmliche Ansicht umgestoßen werden muß. *Bohr* versuchte sogar, sich vom Energieerhaltungssatz bei seiner Anwendung auf Elementarakte im Mikrokosmos loszusagen. Aber dieser Versuch wurde durch experimentelle Befunde, dar-

unter die Messungen des Akademiestandes *A. J. Alichauowa* umgestoßen. *Bohr* erkannte deren Überzeugungskraft an und wandte sich nicht weiter diesem Versuch zu.

Im Bestreben, das auf den ersten Blick widersprüchliche System unserer Kenntnisse möglichst umfassend zu verallgemeinern, entwickelte *Bohr* die Idee der Komplementarität, die schließlich mit dem Streben nach Anschaulichkeit brach. Mir scheint es, daß dies für ihn eine Weiterentwicklung des



Niels Bohr

Korrespondenzprinzips war, was ihm seinerzeit geholfen hatte, die Quantengesetze in ihrem Zusammenhang mit den Sätzen der klassischen Physik zu systematisieren. *Bohr* bejaht die Realität der Außenwelt und versucht, die Eigentümlichkeit ihrer Erkennbarkeit festzustellen, oder klarer gesagt, die Einseitigkeit der Kenntnisse, die wir aus einer bestimmten einzelnen Beobachtungsmethode erhalten können. *Heisenberg* geht in seiner idealistischen Konzeption viel weiter. Aber das ganze System wird als die einheitliche „Kopenhagener Schule“ aufgefaßt, offensichtlich deshalb, weil *Bohr* sich am tiefsten in die philosophischen Probleme der Gegenwart hineingedacht und sie sehr umfassend verallgemeinert hat, aber auch aus dem Grunde, weil diese Probleme in Kopenhagen bei *Bohr* diskutiert wurden.

In Kopenhagen nahm *Bohr* eine ausgesprochen hohe Stellung ein; er ist

Ehrenbürger der Stadt und hat hohe Auszeichnungen erhalten. Die Stadt überließ ihm eine sehr schöne Villa.

Alle Physiker kennen die Ergebnisse von *Bohrs* wissenschaftlichen Untersuchungen gut, die zusammen mit den Entdeckungen der Rutherford'schen Schule die Entwicklungswege der Kernphysik bestimmt haben. Keine geringere Bedeutung hatten die Ideen, die bei den Diskussionen mit *Bohr* oder auf Grund seiner Äußerungen in den Seminaren entstanden sind. Deshalb ist es gerechtfertigt, die Bohrsche Schule als das Zentrum der Kernphysik unserer Tage zu bezeichnen.

Im Hinblick auf den Einfluß, den *Bohr* auf die Entwicklung der Kernphysik ausgeübt hat, kann man nur den früh verstorbenen *Enrico Fermi* mit ihm vergleichen. *Fermi* habe ich nur auf einem Solvay-Kongreß getroffen, wo er in Begleitung seiner Frau war, die ihm offensichtlich geistig sehr nahestand. Auch *Bohr* war solch ein glückliches Familienleben beschieden. Ein schwerer Schlag war für *Bohr* der Tod seines ältesten Sohnes während einer Seereise. Das Unglück geschah bald nach unserem Treffen in Leningrad; *Bohr* machte mir in einem Brief betäubt die Mitteilung von dem Tod seines Sohnes. Dafür erfreute ihn sein anderer Sohn durch sein wissenschaftliches Talent. Er setzt erfolgreich die Arbeit seines Vaters an der Kernphysik fort. Vor einiger Zeit nahm er in Moskau an einer Konferenz teil. Wenige Tage vorher sah ich ihn zu Hause in Kopenhagen zusammen mit seinen Eltern beim Frühstück. Beide, Vater und Sohn, sprachen mit großer Sympathie von den sowjetischen Gelehrten und der sowjetischen Wissenschaft.

Begegnungen in England

Wenn ich mich nun den englischen Physikern zuwende, so erinnere ich mich vor allem an den genialen *Rutherford*, der 50 Jahre lang das gesamte Gebiet der Kernphysik entscheidend gefördert hat, seit er 1903 den Gedanken äußerte, daß die Quelle der von den Kernen abgegebenen Energie Kernumwandlungen seien. Im Jahre 1911 entdeckte und begründete er durch ein glanzvolles Experiment das einen Atomkern enthaltende Atommodell; 1919 verwirklichte er als Erster den „Umbau“ von Stickstoffkernen in Sauerstoffkerne.

Im Jahre 1921 besuchte ich *Rutherford* in Cambridge und bat ihn, *Peter Leonidowitsch Kapitza* in sein Laboratorium aufzunehmen. Obwohl das Laboratorium überfüllt war, war er einverstanden. Das Ergebnis ist gut bekannt. Es bildete sich eine enge wissenschaftliche Verbindung zwischen Lehrer und Schüler, die dreizehn Jahre andauerte. Zur gleichen Zeit schlug *Rutherford* die von mir vorgelegte Arbeit über die Verschiebungen bei plastischer Verformung von Kristallen für den Druck vor.

Rutherford nahm auch andere sowjetische Gelehrte auf. Noch vor *Kapitza* weilten *W. J. Pawlow* und *J. R. Schmidt*, und nach *Kapitza* die heutigen Akademieprofessoren *J. S. Chariton*, *K. D. Sinelkow* und *A. J. Leipunski* im Cambridger Laboratorium. Als sich der Emigrant *Gamow* an *Rutherford* mit der Bitte wandte, ihn in sein Laboratorium aufzunehmen, forderte *Rutherford* von ihm die Zustimmung der sowjetischen Regierung, so daß *Gamow* eine Anstellung in den USA suchen mußte.

Auf den Solvay-Kongressen war *Rutherford* mehr ein Beobachter, aber bei Streitfragen wandte man sich an ihn als höchste Autorität. Ebenso wie *Bohr* hatte *Rutherford* eine wissenschaftliche Schule aufgebaut, aus der auch *Bohr*, der das Rutherford'sche Atommodell in die Quantenform gebracht hat, hervorgegangen war. Aus derselben Schule kamen fast alle Physiker der zeitgenössischen Generation Englands, und zwar nicht nur Kernphysiker, wie *Cockroft*, *Ellis*, *Oliphant*, *Chadwick* und viele andere, sondern auch Physiker wie *Blackett*, der sich zu der Zeit, als ich das Rutherford'sche Institut kennenlernte, mit der Wärmeleitung beschäftigte.

Als bestes Beispiel dafür, wie wenig *Rutherford* seinen Mitarbeitern seine

eigenen Interessen aufdrängte, kann *Kapitza* dienen, der während seines mehrjährigen Aufenthaltes in Cambridge sein Tieftemperaturinstitut begründete und glänzende Arbeiten zu Themen lieferte, die nicht mit dem Atomkern zusammenhängen.



Ernest Rutherford

Noch einmal mußte ich *Rutherford* in Cambridge aufsuchen. Nachdem er meinen Vortrag im Laboratorium organisiert hatte, nahm er mich auch zu seiner Familie mit. Hier nahm ich ziemlich erfolglos an Spielen im Garten teil, bei denen sich *Rutherford* durch große Meisterschaft auszeichnete. Er lud mich auch zum Mittagessen in das Trinity-College ein und machte mich mit seinem berühmten Vorgänger *J. J. Thomson* bekannt, der das Elektron entdeckt und Isotope getrennt hatte; vorher war von ihm die moderne Lehre von den Gasentladungen geschaffen worden. *Thomson* war der Lehrer *Luigvins* und vieler hervorragender Gelehrter der vergangenen Zeit. Zu seinen jüngsten Schülern zählte *Aston*, mit dem ich zur gleichen Zeit bekannt wurde.

Thomson war damals schon sehr alt, aber er setzte seine wissenschaftliche Tätigkeit fort und leitete wissenschaftliche Arbeiten an. Jedoch ließ seine geistige Spannkraft bald nach. Sein Atommodell aus Elektronen, die in einen „aufgeweichten“ positiven Kern eingebettet waren, konnte einem Vergleich mit der konzentrierten, positiven Ladung des Kerns, um den die Elektronen kreisen – wie *Rutherford* es sich vorstellte – nicht standhalten. Die Elektronenphysik der Epoche *Thomsons* ging in Cambridge wie auf der ganzen Welt in die Kernphysik *Rutherfords* über, die mit den Namen *Pierre* und *Marie Curie*, *Fermi* und *Joliot-Curie* verbunden ist.

Auf einem Solvay-Kongreß traf ich mit Vertretern einer anderen Richtung der englischen Physik zusammen, nämlich mit Vater und Sohn *Bragg*. Der Vater *William Henry Bragg*, ein australischer Physiklehrer, hatte die Reichweite der α -Strahlen bestimmt und leitete in den letzten Jahren seines Lebens, als er bereits *Sir William Bragg* und Präsident der *Royal Society* war, das berühmte Faraday-Institut, wo die hervorragendsten Gelehrten, wie seinerzeit auch *Faraday* selbst, öffentliche Lektionen hielten. An einem dieser Vorträge nahm ich zusammen mit *Bragg* teil, als ich zu Anfang der dreißiger Jahre bei ihm zu einem Besuch weilte. Nirgends hat, glaube ich, die Tradition öffentlicher Lektionen eine solche Vollendung erreicht wie in diesem Institut.

In der Royal Society, inmitten der Porträts der berühmtesten Mitglieder aus der 300jährigen Geschichte dieser Gesellschaft, zu denen auch das Porträt *Newtons* gehört, hängt auch *Braggs* Bild.

Sein Sohn *Sir William Lawrence Bragg* hatte, als ich ihn besuchte, den Lehrstuhl für Physik an der Universität Manchester inne. Im Jahre 1928 kam er zu unserem Kongreß in die UdSSR. Die Physik verdankt ihm das Verständnis der Kristallstrukturen vieler Verbindungen, besonders der Silikate und die Idee von der Packung der Atome im Kristall.

Nach *Rutherford* leitete er das Institut in Cambridge und gab ihm eine völlig andere, eine „Struktur“-Richtung. Nach *Langevins* Tod wurde *Bragg* Vorsitzender des Solvay-Komitees. Aber die von dem Komitee einberufenen Kongresse hatten nun ihre ausgezeichnete Bedeutung unter den anderen Konferenzen und Kongressen verloren. Übrigens hatte ich selbst jetzt auch keine direkte Verbindung mehr zur Organisation der Kongresse, da ich nach Ablauf des zwölfjährigen Zeitraums aus dem Führungskomitee ausschied.

Die Kristallographie entwickelte sich in Cambridge auch unter der Führung *Woosters*, der Fragen der Kristallphysik in den Vordergrund rückte und eine Reihe von Präzisionsgeräten schuf. Er besuchte die UdSSR. Sein Buch wurde

bei uns übersetzt, seine Tochter studierte Choreographie an der Leningrader Waganowa-Schule.

Von den theoretischen Physikern muß man vor allem an einen der Schöpfer der Quantentheorie, an *Paul Adrien Maurice Dirac*, erinnern. Er hat die Existenz des Positrons und des Antiprotons lange vor ihrer experimentellen Beobachtung vorausgesagt und hat alle neuen revolutionären Ideen über die Natur des elektromagnetischen Feldes entwickelt. *Dirac* hat mehrfach die UdSSR besucht und unterhält freundschaftliche Beziehungen zu unseren Theoretikern, besonders zu *J. E. Tamm*.

Heute hat den Lehrstuhl für Theoretische Physik in Cambridge *H. F. Mott* inne, einer der Schöpfer der modernen Festkörpertheorie. Er war Vorsitzender der Internationalen Union für reine und angewandte Physik (IUPAP) und hat mit allen Mitteln die Aufnahme der Sowjetunion unterstützt. *Mott* hatte großen Einfluß auf die Entwicklung der Quantenideen in der Festkörpertheorie. Er veröffentlichte eine Reihe von Büchern zur Theorie der Metalle und Halbleiter, die die Verbreitung und Vertiefung der neuen Ideen förderten. *Mott* war ebenso wie *Dirac* zu Besuch in der UdSSR.

Eine *Mott* nahestehende Richtung entwickelt in Bristol der Theoretiker *Fröhlich*, seiner Herkunft nach ein Deutscher, der einige Zeit am Leningrader Physikalisch-Technischen Institut gearbeitet hat. Er hat die dort begonnenen Forschungen ausgebaut und eine erfolgreiche Theorie starker elektrischer Felder geschaffen. Seine Arbeiten umfassen die Physik der Dielektrika; er entwickelte auch neue Ideen zur Supraleitfähigkeit, die später in die glänzende Theorie von *Bardeen* aufgenommen worden sind.

Der vierte hervorragende Theoretiker, der Professor an der Universität Birmingham, *R. E. Peierls*, auch seiner Herkunft nach Deutscher, war mit den sowjetischen Gelehrten freundschaftlich verbunden. Er ist durch seine Arbeiten zur Theorie der thermischen Eigenschaften der Festkörper wie auch zu anderen aktuellen Fragen der theoretischen Physik berühmt geworden. Sein Buch zur Quantentheorie der Festkörper ist die Grundlage der modernen Lehre von den Kristallgittern und den thermischen, elektrischen und optischen Eigenschaften der Metalle.

Aus Cambridge siedelte der Kristallograph *Bernal* nach London über. Er richtete sein Hauptaugenmerk auf die Struktur des flüssigen Glases, des Eiweißes und der Struktur biologischer Objekte. Ihm verdanken wir die wichtigsten Eigenschaften auf diesem Gebiet. Für diejenigen, die gleich mir von der Biophysik und Biochemie hervorragende Resultate erwarten, die das Studium lebender Substanzen in das Zentrum der wissenschaftlichen Entwick-

lung stellen möchten, ist eine solche Richtung der wissenschaftlichen Tätigkeit *Bernal*s besonders zeitgemäß. *Bernal* ist in weiten Kreisen der Weltöffentlichkeit bekannt, die seine aktive Teilnahme am Kampf für den Frieden hochschätzen und ihn nach dem Tode *Joliot-Curies* für das Amt des Vorsitzenden des Weltfriedensrates vorschlugen.



Von links nach rechts: Fürth, A. F. Joffe, A. W. Joffe, Bernal

Große Aufmerksamkeit erregte sein Buch, das eine marxistische Analyse der zeitgenössischen Kultur gab.

Von den mir gut bekannten englischen Physikern möchte ich noch an *Patrick Blackett* erinnern, mit dem ich in Cambridge zum ersten Mal zusammentraf und später in Leningrad, Moskau und London leidenschaftliche Gespräche führte. *Blackett* wurde durch seine Untersuchungen der kosmischen Strahlen berühmt, für die er den Nobelpreis erhielt. Jetzt gilt sein Interesse dem magnetischen Feld der Erde und der Himmelskörper. Außer den von ihm entwickelten Hypothesen über die Herkunft ihres Magnetismus studiert er systematisch die Vergangenheit des Erdmagnetismus. Mit einer Gruppe von Mitarbeitern verfolgt er ferromagnetische Materialien und versucht, aus der

Richtung des magnetischen Feldes in Felsen und Gesteinen die Verteilung des Magnetfeldes in vergangenen Erdzeitaltern zu erforschen. Er kam beispielsweise zu dem Schluß, daß vor hunderten Millionen von Jahren die englischen Inseln sich auf der Südhalbkugel befanden und gegenüber der jetzigen Lage um 30° gedreht waren. Unter seiner Leitung wurden magnetische Untersuchungen auf anderen Kontinenten durchgeführt und rätselhafte Funde von Resten tropischer Pflanzen und Lebewesen im Norden geklärt sowie strittige Fragen über die Polbewegung und Vulkanausbrüche usw. gelöst. Interessant sind die Folgerungen *Blacketts*, daß Indien und Afrika irgendwann einmal mit der Antarktis verbunden waren. Die Paläontologie erhielt ein neues, ihren Inhalt bereicherndes Forschungsgebiet.

Blackett zeichnete sich durch Tiefgründigkeit und Strenge der Analyse aus. Er ist ein überzeugter Anhänger des dialektischen Materialismus und der sozialistischen Ökonomie. Interessant ist seine Analyse der von den USA betriebenen Atombombenpolitik. *Blackett* interessierte sich ernsthaft für die Organisation der wissenschaftlichen Tätigkeit in der UdSSR, für die sich bei uns entwickelnden Formen des Zusammenhanges zwischen Theorie und Praxis und für die technischen Errungenschaften der Sowjetunion. Gegenwärtig hat er den Lehrstuhl für Physik am *Imperial College* in London inne, wo er ein neues riesiges physikalisches Institut aufbaut und organisiert. Er ist auch Leiter des Amtes für Prämiiierung wissenschaftlich-technischer Leistungen und nimmt lebhaften Anteil an der Organisation der Wissenschaft.

Reise über den Ozean

In den Jahren 1926 und 1927 besuchte ich auf Einladung *Nortons*, der den Lehrstuhl für Physik am Massachusetts Institut of Technology in Boston innehatte, die USA. Ich hielt mich in mehreren Universitäten und Zweiginstituten auf und wurde mit vielen Physikern bekannt.

In Boston traf ich mit *Percy William Bridgman* zusammen, den ich noch von einem Solvay-Kongreß kannte. Er besuchte regelmäßig meine Vorlesungen und unterstützte, wie man mir erzählte, meine Aufnahme als Ehrenmitglied in die amerikanische Akademie der Wissenschaften und Künste in Boston. Einigermaßen interessante Treffen hatte ich mit ihm nicht.

Näher kam ich in Boston mit dem Professor für Elektrotechnik, *Vannevar Bush*, zusammen. Er war einer der Erfinder der elektronischen Rechenmaschinen. In der Folgezeit wurde er zum Präsidenten des Carnegie-Institutes in Washington gewählt, und während des zweiten Weltkrieges war er Berater des Präsidenten Roosevelt in Fragen der Kriegstechnik. Ihm schreibt man die Organisation der Arbeiten an der Atombombe zu. Er war ein vielseitig gebildeter Gelehrter, der eine sehr enge Verbindung zwischen Physik und Technik erstrebte, die herzustellen auch unsere Aufgabe ist. Wir erörterten miteinander ausführlich Fragen der Hochspannungsisolations- und sprachen über seine Erfahrungen auf diesem Gebiet.

Bush kam zu uns nach Leningrad, wo er das Physikalisch-Technische Institut kennenlernte. Er traf sich mit den Mitarbeitern und diskutierte über unsere Arbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Isolation. Er kam auch nach Berlin, als ich dort war, und organisierte meine Konsultationen im elektrotechnischen Laboratorium in Boston, an dessen Arbeiten ich selbst teilnahm. Diese Konsultationen sind mir gut im Gedächtnis haften geblieben. Es waren nicht viele, insgesamt drei bis vier, aber entsprechend dem Vertrag, der in New York unter Teilnahme unseres Handelsvertreters abgeschlossen worden war, brachten sie 12 000 Dollar ein. Für diese Summe konnten zwanzig Mitarbeiter des Physikalisch-Technischen Institutes sich zwischen vier bis sechs Wochen und zwei Jahren in den besten ausländischen Laboratorien aufhalten. Aus demselben Fonds wurden alle möglichen Geräte und Werkzeuge für das Physikalisch-Technische Institut angeschafft.

Seit 1930 hatte ich jede Verbindung zu *Bush* verloren, aber erst unlängst erhielt ich von ihm einen freundschaftlichen Brief. Er hatte in einer amerikanischen Zeitschrift meinen Artikel „Wiederbelebung der Thermoelektrizität“ gelesen und sich an unsere Begegnungen erinnert. Er glaubt, daß solche wissenschaftliche Gespräche, wie wir sie bei ihm in Boston und bei uns in Leningrad führten, am besten die Verbindung zwischen den Gelehrten verschiedener Länder gewährleisten. Im Jahre 1959 tauschten wir Neujahrsgrüße aus. In Boston lernte ich auch den Mexikaner Professor *Manuel Sandoval-Wallarata* kennen, der mit Leidenschaft von seiner Heimat sprach. Später, als er bereits Präsident der Mexikanischen Akademie der Wissenschaften geworden war, kam er nach Moskau zum Jubiläum unserer Akademie. Als er von den revolutionären Ereignissen in Mexiko sprach, erwies er sich als Anhänger demokratischer Ansichten, und mit großer Sympathie sprach er vom Aufbau des Sozialismus in unserem Lande.

Im Jahre 1958, als ich an der Halbleiterkonferenz in Rochester teilnahm, traf ich mit einigen meiner Hörer aus dem Jahre 1927 in Boston zusammen. Unter ihnen befand sich auch ein großer Gelehrter, der Autor der Theorie des elektrischen Durchschlages, *Siner*; er ist jetzt Direktor eines Laboratoriums der Firma Westinghouse. In diesen Laboratorien habe ich damals auch eine kleinere Vorlesungsreihe gehalten. Dort arbeitete damals auch mein Freund von der Romenski-Realschule, *Stefan Prokofjewitsch Timoschenko*. Wir waren noch in den Studentenjahren, als ich Vorsitzender der Romenski-Landsmannschaft war, eng befreundet. Dann unterrichteten wir zusammen am Polytechnischen Institut in Petersburg, wo wir aktiv an einem wissenschaftlichen Zirkel teilnahmen; wir verbrachten auch gemeinsam unsere Freizeit und reisten zusammen auf die Krim und in die Schweiz.

Timoschenko wurde in den USA als Initiator der Anwendung neuester Zweige der Mathematik auf die Schwingungsberechnung von Metallkonstruktionen bekannt. Zu seinem 60. Geburtstag widmete man ihm in Ingenieurkreisen der USA einen Sammelband von Aufsätzen seiner Verehrer. Er ist auswärtiges Mitglied unserer Akademie der Wissenschaften. Vor kurzem, als *Stefan Prokofjewitsch* als Tourist die UdSSR besuchte, habe ich ihn bei mir zu Hause aufgenommen.

In den vorrevolutionären Jahren hatte er sich der Gruppe um *Maxim Gorki* angeschlossen und war wahrscheinlich der am weitesten links stehende russische Professor. Vierzig Jahre Aufenthalt in den Vereinigten Staaten von Amerika haben von diesen Auffassungen anscheinend nicht viel übriggelassen.

Das bedeutendste wissenschaftlich-technische Zentrum der zwanziger Jahre in den USA war das Institut der Firma *General Electric*. An der Spitze des Laboratoriums stand der fortschrittliche und gebildete Physiko-Chemiker *Willys Rodney Witney*. Dort arbeiteten *Langmuir*, *Coolidge*, *Dushman*, *Hall* und andere.



P. S. Ehrenfest und C. P. Timoschenko

Witney verstand den Nachteil übertriebener Abgeschlossenheit, er errichtete daher ein Institutsgebäude, in dem gar keine Tür verschlossen wurde und sein Arbeitsraum vollständig aus Glas war. Er sagte, daß derartige extravagante Maßnahmen unbedingt nötig seien, um die Wesensart, die sich in Amerika eingebürgert hatte, zu überwinden. Wie wir wissen, konnten diese Maßnahmen jedoch die Geheimnisepidemie nicht beseitigen.

Das Seminar des Instituts, in dem auch ich auftrat, trug einen echt wissenschaftlichen Charakter. Die Mitarbeiter waren an der wissenschaftlichen Diskussion interessiert und nahmen an ihr lebhaften Anteil.

Das Hauptziel meiner Dienstreise nach den USA bestand darin, die wissenschaftlich-technischen Laboratorien und die Wege, auf denen die wissenschaftlichen Resultate in die Technik eingeführt waren, kennenzulernen. Deshalb war das Institut *Witneys* für mich von besonderem Interesse. Nachdem eine vorläufige Vereinbarung mit unserer Regierung zustande gekommen war, lud mich *Witney* ein, für ein Jahr das Hochspannungslaboratorium der Firma zu leiten und organisierte mein Zusammentreffen mit dem leitenden Direktor

der *General Electric Company*. Ich hatte eigentlich nicht die Absicht, ein ganzes Jahr lang in den USA zu bleiben; aber ich beschloß, das Zusammenreffen auszunutzen, um zu erfragen, wie der Direktor die Bedeutung und den Nutzen bewertet, den die Firma durch die Arbeiten solcher hervorragender Gelehrter wie *Coolidge* und *Langmuir* erhält. Zu meiner Verwunderung erhielt ich die Antwort: „Ja, sie sind uns sehr von Nutzen; sie wissen alles, was anderenorts gemacht wird und geben uns die Möglichkeit, ohne Zeitverluste alles Neue auszunutzen.“ Kein Wort über das Wasserstoffschweißen und die Elektronik *Langmuirs* und über *Coolidges* Röntgenröhren.

Sowohl *Coolidge* als auch *Langmuir* waren bei uns in der UdSSR, *William David Coolidge* als Tourist und *Irving Langmuir* auf Einladung zum Jubiläum der Akademie der Wissenschaften. Er war bei der Siegerparade auf dem Roten Platz zugegen und nahm an der Sitzung des Obersten Sowjets teil, um sich persönlich von der Annahme des Gesetzes über die Demobilisierung der Armees zu überzeugen. *Langmuir* machte sich sorgfältig mit den physikalischen Arbeiten in Moskau und im Physikalisch-Technischen Institut in Leningrad bekannt. Er nahm von seinem Besuch sehr positive Eindrücke mit, die aber unter dem Einfluß der ständigen Propaganda des kalten Krieges, der er in den USA begegnete, verblichen.

Wenn *Langmuir* und *Coolidge* am Seminar *Witneys* teilnahmen, teilten sie gern ihre Gedanken mit und erörterten sogar technische Details ihrer eigenen und fremder Experimente.

Mit *Coolidge* traf ich mich noch einmal 1958, als ich erneut die Laboratorien der *General Electric* besuchte. Er kam sogar aus Kanada, um an einem von den Leitern der Firma veranstalteten Empfang für die sowjetischen Wissenschaftler teilzunehmen. Unlängst berichtete er mir in einem Brief von seinen weiteren Plänen. Wie viele wohlhabende Amerikaner reist er, nachdem er in den Ruhestand gegangen ist, durch die ganze Welt und hat jetzt erneut vor, die Sowjetunion zu besuchen.

Langmuir ist vor kurzem gestorben. Jetzt wird in den USA eine Sammlung seiner wissenschaftlichen Arbeiten in fünf Bänden herausgegeben. Eingedenk unserer wissenschaftlichen Beziehungen wurde ich in den Redaktionsstab geladen.

Heute sind die *General-Electric-Laboratorien* in Schenectady stark angewachsen. *Dr. Sewtis* leitet sie. Viele talentierte Physiker, zum Beispiel *Apker*, *Habb* und andere beteiligen sich an der wissenschaftlichen Arbeit. *Hall* arbeitet dort immer noch. Eine so hervorragende Stellung wie 1927 nehmen jedoch diese Laboratorien nicht mehr ein. Ein Berater der Firma war damals auch



Vorn: Joffe, Debye, Mendelsohn, Rabi (1927)

Millikan. Ein anderer Berater war etwas vorher der glänzende Elektrotechniker *Steinmetz*, mit dem auch *W. I. Lenin* in Briefwechsel gestanden hatte. Zum ersten Mal lernte ich *Millikan* 1913 kennen, als er seine Untersuchungen über den elementaren photoelektrischen Effekt und zu den durch das Licht statistisch herausgeschlagenen Elektronen veröffentlicht hatte. *Sommerfeld* schickte mir einen Brief mit ausführlichen Berechnungen dieser Statistik, die die von mir erhaltenen Resultate gut wiedergab. Von *Millikan* erhielt ich ein sehr langes Schreiben, in dem er außer Begrüßungen und Glückwünschen seine Betrübniß ausdrückte, daß nicht er als erster die Methode des Wägens der Teilchen im elektrischen Feld benutzt hat.

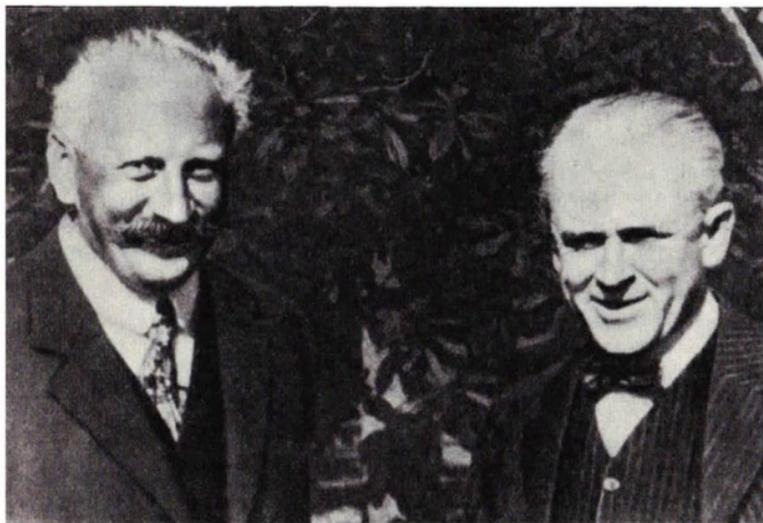
In meinen Versuchen wurde die Ladung der Teilchen dadurch bestimmt, daß ein Gleichgewicht hergestellt wurde zwischen der Potentialdifferenz der Kondensatorplatten, zwischen denen sich das Teilchen befand, und der Schwerkraft. *Millikan* dagegen zwang die Teilchen, zu dem gleichen Zweck mehrfach zu fallen und zu steigen und bestimmte die Geschwindigkeit ihrer Bewegung. Aber dieser rein methodische Vorteil meiner Versuche erschien *Millikan* so erfolgreich, daß er es bedauerte, nicht selbst darauf gekommen zu sein. Ich antwortete ihm, daß ich diesem methodischen Detail keine Bedeutung beimesse und daß es mich mehr interessiere, die Ladung an demselben Teilchen beliebig oft ändern und messen zu können und das Teilchen dabei für viele Stunden nicht aus dem Auge zu verlieren.

Als ich *Millikan* 1926 in den USA auf einer Sitzung der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft traf, lud er mich ein, ihn in Pasadena in Kalifornien zu besuchen. Ich weilte dort einen Monat und hielt im Laboratorium *Millikans* im Kalifornischen Technologischen Institut Vorträge. Ich wurde nicht nur mit Physikern, sondern auch mit den Astronomen des benachbarten Observatoriums Mount Wilson bekannt.

Pasadena ist ein dichter subtropischer Park, in dem sich kapitalkräftige Rentiers in luxuriösen Villen angesiedelt haben. Die Stadt liegt zwischen 2000 m hohen Bergen und dem Ozean, und ihre Umgebung ist voll unvergeßlicher Schönheiten.

Das zum Technologischen Institut gehörende Physikalische Institut war damals die beste Schule physikalischer Forschungen in den USA. *Millikan*, der beide Einrichtungen leitete, war zugleich Professor für Physik, hielt aber keine Kursvorlesungen. Dafür las er einmal in der Woche, am Donnerstag, eine populäre Lektion mit glänzenden Demonstrationsversuchen. Unter den Mitarbeitern des Instituts waren große Gelehrte, die außerhalb der USA wohlbekannt sind.

Millikan machte damals Versuche zur Glüh-Elektronenemission und berichtete mir darüber. Als ich schon im Zuge auf der Rückfahrt war, überzeugte ich mich davon – wobei ich Logarithmen aus dem Gedächtnis benutzte –, daß *Millikans* Daten die Richardsonsche Formel bestätigten. Aus dem Zuge schickte ich *Millikan* einen Brief, in dem ich riet, Messungen der kalten Elektronenemission anzustellen, und zwar nicht aus einer Spitze, deren Ober-



A. F. Joffe, Millikan (1927)

flächenform unbekannt ist, sondern von einem Tropfen flüssigen Galliums, das einen geringen Dampfdruck besitzt und dessen Oberfläche nicht verzerrt ist. Obwohl *Millikan* diesen Vorschlag nicht befolgt hat, hat er mich später daran erinnert.

Die wunderbare Experimentierkunst *Millikans* ist wohlbekannt. Sie kam in der Methodik aller Arbeiten seines Laboratoriums zum Ausdruck, und ich bemühte mich, mir alles das anzueignen, wozu ich in der Lage war. Die theoretische Physik vertrat hier *Pavel Sigismundowitsch Epstein*, den ich noch als Dozenten an der Moskauer Universität gekannt hatte.

Noch einmal traf ich *Millikan*, als er zur Entgegennahme des Nobelpreises nach Schweden reiste. Ich war zu dieser Zeit in Paris, was *Millikan* von *Ehren-*

fest erfahren hatte. Unerwartet erhielt ich von dem Ozeandampfer ein Funktelegramm mit dem Vorschlag, mit ihm von Cherbourg nach Bremen zu reisen und während dieser Zeit Gespräche zu führen. Ich tat das dann auch. Das von *Millikan* vorbereitete Treffen verlief folgendermaßen: Zu Anfang legte er mir seine Prinzipien und seine Lebensauffassung dar, damit ich – wie er mir erklärte – wisse, mit wem ich es zu tun habe. Diese Prinzipien bestanden in der Befolgung aller zehn Gebote des Evangeliums. Seine Lebensauffassung war durch eine exakte Trennung von religiösem Glauben und wissenschaftlicher Forschung gekennzeichnet. Ungeachtet der sichtlichen Einfachheit dieser Thesen nahm ihre Darstellung unsere ganze Zeit bis zum Mittagessen in Anspruch. Später sprach er von seinen Versuchen zur Abtrennung von Elektronen aus dem Atom bis zur vollständigen Freilegung des Kernes; wir diskutierten über den Aufbau des Kerns und darüber, wie man ihn kennenlernen könne. Das war verständlicherweise das interessanteste Thema unseres Gespräches. Ich hatte jedoch den Eindruck, daß für *Millikan* der Hauptzweck unseres Treffens darin bestand, mir seine hohen moralischen Ziele darzulegen.

Auf einem Solvay-Kongreß erzählte man mir davon, wie *Millikan*, als er nach Brüssel gekommen war, vorgeschlagen hatte, an der Universität eine Vorlesung zu dem Thema „Psychologie in Amerika“ zu halten. Fast alle Professoren erschienen zu dem Vortrag, um dem berühmten Gast ihre Aufmerksamkeit zu erweisen. *Millikan* sagte: „Ich bin ein typischer Amerikaner, und die amerikanische Psychologie wird Ihnen am besten klar, wenn ich von mir selbst erzähle.“ Es folgte eine systematische Beschreibung seines Lebenslaufes; am Ende berichtete er, welche hohe Stellung und welches Einkommen er erreicht hatte. Es war etwas überraschend, wie sich blendende wissenschaftliche Forschungen mit einer derartigen Psychologie und Religiosität vereinten, aber das entsprach den amerikanischen Gewohnheiten der zwanziger Jahre.

Von diesem für uns ungewöhnlichen Gemüt zeugt der folgende Vorfall, der sich während meines Aufenthaltes in einer amerikanischen Universität ereignete. Ein Professor hatte sich von seiner Frau getrennt, aber die Scheidung trat erst ein Jahr nach dem Gerichtsbeschuß in Kraft. Zwei Monate vor Ablauf dieser Frist traf man den Professor im Park der Universität beim Spaziergang mit einem jungen Mädchen, das er heiraten wollte. Das wurde von der Universitätsöffentlichkeit als Verletzung der moralischen Prinzipien angesehen, und der Senat der Universität entließ den Professor. Nur mit großen Anstrengungen, an denen auch ich mich beteiligte, gelang es, den hervor-

ragenden Gelehrten wieder auf den Lehrstuhl zu bringen. Er mußte sein Wort geben, daß er sich nicht mehr mit dem Mädchen treffen würde, das er heiraten wollte.

Auf Einladung der kalifornischen Universität in Berkeley und mit Erlaubnis unserer Regierung wurde ich als Gastprofessor aufgenommen und hielt eine Vorlesungsreihe über Kristallphysik, die in russischer und englischer Sprache veröffentlicht wurde. Von meinen Hörern und den Professoren, mit denen ich in demselben Klub wohnte, kam ich am engsten mit dem Physiker *Leonhard Loeb* und mit dem berühmten Chemiker *Hilbert Lewis* zusammen. *Lewis* hatte die Hypothese von den Valenzbindungen mit Hilfe von Elektronenpaaren aufgestellt und war der Autor der tief sinnigen Analyse „Anatomie der Wissenschaft“ und der führende Chemiker seiner Zeit. Ich weilte auch bei seiner Familie, die etwa 100 km von San Franzisko entfernt in den Bergen lebte. *Lewis* kam 1928 mit seiner Frau zu unserer Tagung, die an der Wolga stattfand.

Lewis war ein Mensch von vielseitigen Interessen. In seinem Seminar sprach ich über alle Arbeiten und Gedanken aus den vorrevolutionären Jahren, über die ich nichts veröffentlicht hatte, weil sie damals nur einem Ziel dienten: der Befriedigung meines Wissensdranges.

Ich zog aus den immer lebhaften Diskussionen, die Physik, Chemie und Biologie verbanden, für mich viel Nutzen.

Lewis ließ sich die in den USA weitverbreitete Scheinheiligkeit nicht gefallen und trat mutig gegen ihre Erscheinungsformen auf. Hier ist ein Beispiel: Die Studenten behielten sich das Recht vor, das Examen in Briefform abzulegen und die Antworten in Abwesenheit der Lehrer aufzuschreiben. *Lewis* bewies dokumentarisch, daß 90% der Antworten abgeschrieben waren. Darauf beschloß der Senat der Universität, daß jeder Student am Ende einen Satz schreiben mußte, daß er bei der Ehre eines amerikanischen Bürgers die Antwort selbständig angefertigt habe. Als *Lewis* zeigte, daß die Unterschrift wenig an der Lage der Dinge änderte, entrüstete sich der Senat, *Lewis* beleidigte die Ehre der Vereinigten Staaten, wenn er behauptete, daß ein Amerikaner sich leichtsinnig zu seiner Bürgerehre verhalten kann. Man forderte, daß *Lewis* sich von seinen Worten distanzieren und sich entschuldigen. Ich weiß nicht, womit die Sache endete.

Ich führte das Examen in meinem Kurs mündlich durch und hatte nur sehr positive Eindrücke. Anfangs verwunderte mich das Bewertungssystem mit 100 Graden, dann verstand ich aber, daß es die Zensur in Prozenten angab. Als einer der Examinatoren erhielt ich eine sehr ausführliche Instruktion, aus

der hervorging, daß die Zahl der richtigen Antworten entscheidend war, auch bei ungenügendem Verständnis. Es war wichtiger, das richtige Resultat zu erhalten, als seine Ursachen zu begreifen.

Ein Professor der benachbarten Universität in Palo Alto stellte seinen Sohn sehr heraus, der zwar als Student sehr schlecht gelernt hatte, aber von seinen Kameraden als verantwortlicher Kapitän der Sportgruppe gewählt worden

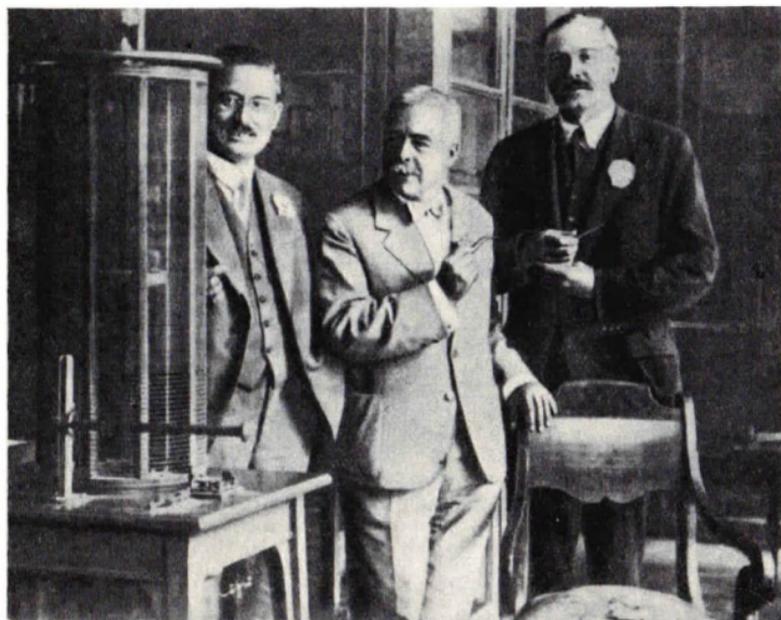


P. Dirac und G. Lewis (1928)

war. Nach Meinung seines Vaters bewies das, daß er organisatorische Fähigkeiten besaß und in der Lage war, ein Kollektiv zu mobilisieren, was im Leben wichtiger sei als Kenntnisse.

Ich erinnerte schon daran, daß einer der Professoren in Berkeley *Leonhard Loeb* war, Sohn eines berühmten Biologen. Ich bin *Loeb* für seine Gastfreundschaft und seine beständige Fürsorge um mich außerordentlich dankbar. Meine Vorlesungen waren auf zwei Tage – Montag und Dienstag – konzentriert, so daß ich die Möglichkeit hatte, die schönsten Plätze Kaliforniens zu

besuchen, das auf der einen Seite an den Ozean und auf der anderen an Berge und Wüsten grenzt. Die Filmstadt Hollywood, das Chinesenviertel in San Franzisko, die Bucht von San Franzisko und die nahegelegenen Inseln – alles das hinterließ einen tiefen Eindruck. Nach Beendigung meiner Vorlesungen und in Erwartung des feierlichen Universitätsaktes, auf dem mir der ehrende Grad „L. L. D.“, der Ehrendoktor der Rechte, zuerkannt werden sollte, konnte

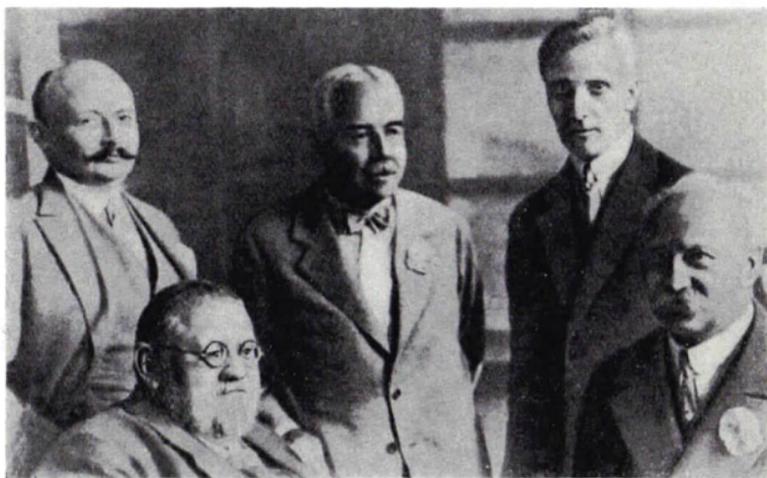


Von links nach rechts: Debye, Lewis, Ch. Darwin

ich einige Tage im Nationalpark im Yosemite-Tal verbringen, wo es Wälder mit gigantischen Mammutbäumen, Berglandschaften und mächtige Wasserfälle gibt.

Ich bin *Loeb* auch für seine Hilfe bei der Abfassung des englischen Textes meines Buches verpflichtet, ebenso für die sehr interessanten Gespräche über das Professorenmilieu der amerikanischen Universitäten, über deren Bräuche und über die schwachen und starken Seiten des Universitätslebens. Wir hatten auch eng verwandte wissenschaftliche Interessen, obwohl eine gemeinsame Arbeit, die wir uns vornahmen, keinen Erfolg brachte.

An der Kalifornischen Universität kam ich mit einigen eigenartigen Zügen des amerikanischen Lebens in Berührung. Die Zensuren in der Schule wurden in Prozenten gegeben, und der Mensch wurde nach Dollar bewertet. Ich habe das aus eigener Erfahrung kennengelernt. Der Präsident der Universität hatte mir vorgeschlagen, den Lehrstuhl für Physik und die Leitung des Physikalischen Institutes zu übernehmen. Er teilte mir mit, daß das Gehalt 8000 Dollar im Jahr beträgt, aber weil er weiß, daß das nicht mein Wert



Von links nach rechts: Penkowski, Scheel, Lewis, Brillouin, A. F. Joffe

sei, hatte er für mich von verschiedenen Firmen 12000 Dollar zusätzlich erhalten, so daß er mir ein nach seiner Meinung angemessenes Gehalt von 20000 Dollar vorschlagen konnte. Ich versuchte zu erklären, daß sein schmeichehaftes Angebot für mich unannehmbar ist, weil ich ein anderes Ziel im Leben habe, nämlich das, in meiner Heimat an der gewaltigen Umgestaltung des Lebens teilzunehmen. Es schien aber, daß mein Gesprächspartner das nur für eine höfliche Form der Ablehnung hielt, deren Ursache er der ungenügenden Summe von 20000 Dollar zuschrieb. Höchst auffallend war es für mich, daß diese Zahl genau dem entsprach, was man mir im Verlauf desselben USA-Besuches bei General Electric und einer anderen Bostoner Firma geboten hatte. Offenbar vollzog sich auf mir unbekanntem Wegen in den USA meine Veranschlagung.

In den Theatern sah ich Stücke, wo die Leute eingeteilt wurden nach den Nullen in der Zahl der von ihnen eingenommenen Dollars, obwohl sie sich nicht durch das geringste kulturelle Niveau auszeichneten. Die Kirche spielte die Rolle eines Klubs, der Leute mit gleicher Einkommensstufe vereinigte.

Ich erinnere mich auch an die vornehme Gestalt *Mendenhals* in Madison und die Originalität *Woods* in Baltimore. Mit *Mendenhal* führte ich zahlreiche Gespräche zu verschiedenen Themen, besonders über die Züchtung von Tellur-Einkristallen und über einen Automaten zur Temperaturregelung in dem Kristallzüchtungsgerät.

Aus Washington brachte mich der talentierte Theoretiker *Gregori Breit* mit dem Auto zu *Wood*. *Breit* stammte aus Rußland und beherrschte die russische Sprache. *Wood* empfing mich mit einem Hagel von Rätseln. Was bedeutet das Schwarzwerden des Quarzes bei Beleuchtung mit ultraviolettem Licht? Darauf konnte ich antworten, indem ich beschrieb, was ich im Ultramikroskop bei *Röntgen* gesehen hatte. In einer erstarrten Pfütze war eine gewundene Reihe von Bläschen sichtbar, wie ist sie entstanden? Wie er sagte, konnte *Langmuir* darauf keine Antwort geben. Es stellte sich heraus, daß eine Fliege durch die Pfütze gekrochen war. Nach welcher Seite werden die Kristallteilchen bei einem plastischen Stoß verschoben? usw. Dann schlug *Wood* einen Geschwindigkeitswettkampf mit dem Automobil vor. Er sagte, daß er mit mir nach New York fahren wolle, doch weder dieser noch ein anderer fand statt.

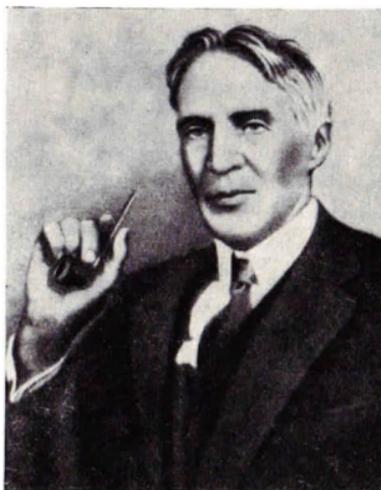
Wood ist außer durch seine optischen Versuche, die durch ihren Scharfsinn überraschten, durch seine Sonderlichkeiten berühmt geworden. Er überschritt immer wieder die für Kraftfahrzeuge festgesetzte Höchstgeschwindigkeit. Als man ihn beschuldigte, bei rotem Licht eine Kreuzung überfahren zu haben, erklärte er vor Gericht, daß ihm bei seiner Geschwindigkeit nach dem Doppler-Effekt das rote Licht grün erschienen sei.

Weit bekannt ist seine Methode, eine optische Röhre mit Hilfe einer hindurchgejagten Katze zu reinigen. An früherer Stelle habe ich schon daran erinnert, daß er zur Überprüfung der N-Strahlen bei *Blondlot* in Nancy in der Dunkelheit ein Aluminiumprisma wegnahm und das Spektrum, das ihm *Blondlot* demonstrierte, weiterhin zu sehen war.

Böse Zungen behaupteten, daß *Wood*, wenn er einen interessanten Versuch gesehen hatte, diesen in besserer Form wiederholte und zur Empörung des Autors veröffentlichte. Es ist offensichtlich, daß das nicht nach dem Geschmack seiner Kollegen war. Obwohl *Wood* ein hervorragendes wissenschaftliches

Talent besaß, liebten ihn viele nicht, und man gab ihm an der Universität Baltimore nicht die für seine Tätigkeit nötigen Bedingungen. Er hat sich mir gegenüber zum Beispiel bitter darüber beklagt, daß man sein Laboratorium auf den Boden verlegte und nach einem Brand nicht einmal die notwendigen Reparaturen ausführen ließ.

Über *Wood* ist ein spannendes Buch geschrieben worden, das *W. S. Wasilow* in die russische Sprache übersetzt hat.



Robert Wood

Von den anderen amerikanischen Physikern ist der Nobelpreisträger *Artur Holly Compton* besonders von Interesse. Aber unsere Gespräche trugen aus irgendeinem Grunde den Charakter von Rätseln über wissenschaftliche Themen. Soweit ich mich entsinnen kann, kamen bei ihm stark religiöse Motive zum Ausdruck.

Damals gab es noch keinen kalten Krieg. Die Sowjetunion war für Amerika ein Rätsel. Die über die Sowjetunion verbreiteten Verleumdungen und Zeitungsenten machten unverständlich, warum die Wissenschaft sich bei uns so rasch entwickelte. Man verstand den Prozeß des Aufbaus der sozialistischen Gesellschaft, der sich in den Jahren der Neuen Ökonomischen Politik vollzog, nicht richtig. Natürlich war der Stand der allgemeinen Kultur nicht hoch. Aber die Technik wuchs zusehends, und es gab etwas zu lernen. Ich brachte

damals viel Literatur und andere Materialien, die die Organisation der Wissenschaft und ihren Beitrag zum Fortschritt der Technik betrafen, in die USA mit. Es gab noch keine hervorragenden Physiker aus Europa und besonders aus Deutschland, die ihre Arbeitskraft den USA zur Verfügung stellten, wie dies in der Hitlerzeit und nach dem zweiten Weltkrieg in immer stärkerem Maße der Fall wurde. Aber schon damals zeigte sich in den USA ein schnelles Wachstum der Physik und besonders der technischen Physik; es entwickelten sich neue Formen des Eindringens der theoretischen Wissenschaft in die Produktion.

Nach 30 Jahren geriet ich erneut unter amerikanische Physiker, 1956 in Ottawa (Kanada) und 1958 in Rochester (USA). Ich traf viele hervorragende Gelehrte: u. a. *Bardeen und Brattain; Pines und Slater, Herring und Wannier* sowie den Japaner *Kubo* und den Engländer *Mott*. Abgesehen von dem äußerst freundschaftlichen Ton unserer Gespräche und der hohen Wertschätzung, die ich von vielen erfuhr, hat es kaum Wert, meine Eindrücke mitzuteilen: Die vom kalten Krieg geschaffenen Bedingungen gaben dem Treffen ihr Gepräge. Oft merkte man, wie der Gesprächspartner sich vor offenen Meinungsäußerungen fürchtete. Aber eines ist unzweifelhaft – keiner der genannten Gelehrten teilte die Stimmungen des kalten Krieges und keiner billigte ihn. Alle interessierten sich aufrichtig für die Erfolge der sowjetischen Physik, die durch die von der Sowjetregierung geschaffenen außerordentlich günstigen Bedingungen ermöglicht wurden. Aber ebenso unzweifelhaft ist es, daß sie vor dem Kommunismus Angst haben und ihn nicht verstehen.

Jetzt können meine Beobachtungen sich als zu einseitig und oberflächlich herausstellen als unter den Bedingungen vor 30 Jahren. Deshalb werde ich über Begegnungen mit Physikern der jetzigen Zeit nicht berichten dies um so mehr, da andere Physiker sie manchmal besser kennen als ich.

Raman und Saha

Ich will über meine Begegnungen mit indischen Physikern erzählen: mit *Mac-Nad-Saha* im Jahre 1922 und mit *Raman* 1925 und 1958.

Saha traf ich in Berlin als einen ganz jungen, aber außerordentlich talentierten Physiker. Das war in der Epoche der englischen Herrschaft in Indien. Als glühender Patriot seiner Heimat und seines Volkes erzählte *Saha*, daß sich schon in der Mittelschule eine Gruppe von 10 bis 12 Schülern geschworen hatte, zur Befreiung der Heimat beizutragen. Sie beschlossen, so zu lernen und sich Kenntnisse anzueignen, daß sie später Engländer in der Hochschule und in der wissenschaftlichen Tätigkeit ersetzen könnten. Vom zehnten Jahr an kannten sie außer dem Ziel, das sie sich selbst gestellt hatten, keine anderen Lebensinteressen. Ich kenne das Schicksal der übrigen nicht, aber *Mac-Nad-Saha* erreichte das Ziel in höchstem Grad. Er wurde weltberühmt durch seine Untersuchungen zur Sternstrahlung und die von ihm entwickelte Thermodynamik der Sternenwelt. An den Ehrungen anläßlich seines 60. Geburtstages nahmen ganz Indien, seine zahlreichen Schüler sowie Gelehrte aus Europa und den USA teil. Ihm wurde ein Jubiläumband mit Beiträgen bedeutender Gelehrter gewidmet. Kurz vor seinem Tode war er in Moskau zu einer Konferenz.

Der Nobelpreisträger *Chandrasekhara Vankata Raman* ist in verschiedener Weise mit der Sowjetunion verbunden. Die Beobachtung neuer Linien im Streuspektrum wurde gleichzeitig mit ihm in der Sowjetunion von den Akademiemitgliedern *Mandelstam* und *Landsberg* gemacht und richtig gedeutet, und nur infolge zufälliger Mißverständnisse von ihnen später veröffentlicht. *Raman* erkannte sogleich die Bedeutung seiner Entdeckung. Wie er mir selbst damals mitteilte, hat er seine am 30. März gemachte Beobachtung schon am 31. März veröffentlicht und am gleichen Tage an zahlreiche Adressen verschickt. Ein Artikel *Mandelstams* war sogar früher an eine deutsche Zeitschrift abgeschickt worden, aber die unerwartete Entdeckung rief dort gewisse Zweifel hervor. Der Redakteur forderte eine Bestätigung von meiner Seite, und der Artikel wurde erst zwei Monate später gedruckt. Es wäre recht und billig, den „*Raman-Effekt*“ nicht nur mit dem Namen *Ramans*, sondern auch mit denen *Mandelstams* und *Landsbergs* zu verknüpfen.

Im Jahre 1925 kam *Raman* zur 200-Jahr-Feier der Akademie der Wissenschaften in die Sowjetunion. Als er bei mir zu Mittag aß, informierte er mich vorher, daß das Essen für ihn von einem Mann zubereitet werden muß: Ihm als Vertreter der höchsten Kaste, der Brahmanen, geziemt es nicht, aus Frauenhänden Speisen anzunehmen. Auf meine Frage, wann sich denn Indien von der englischen Herrschaft befreien werde, antwortete er: „Wir könnten das schon jetzt erreichen, aber das würde uns viel Blut kosten. Es wird sich in den nächsten 50 Jahren unblutig von selbst vollenden. Warten wir ab!“



Chandrasekhara Vankata Raman

Im Jahre 1958 kam *Raman* noch einmal als Träger des Internationalen Leninfriedenspreises und als Präsident der Indischen Akademie der Wissenschaften zu uns. Wir hatten ein anregendes wissenschaftliches Gespräch über Festkörperphysik, Kristallstrukturen und über die Spektren der Wärmeschwingungen in solchen Kristallen, bei denen – wie im Diamant – vier von sechs Elektronen Valenzelektronen sind. *Raman* überraschte durch seine Aktivität, seinen Enthusiasmus für die zu lernende Sache und durch die Originalität wissenschaftlicher Ansichten; mit einigen davon kann man übrigens schwer übereinstimmen. – Vor kurzem erhielt ich einen Brief von *Raman* mit der Mitteilung, daß ich zum Ehrenmitglied der Indischen Akademie der Wissenschaften gewählt worden bin.

Einige Worte zu den Physikern Rußlands

Obwohl ich vorhatte, meine Erinnerungen auf ausländische Physiker zu beschränken, deren persönliche Eigenschaften bei uns viel weniger bekannt sind als ihre wissenschaftlichen Arbeiten, will ich zum Schluß doch noch an die russischen Physiker erinnern, die nicht mehr unter uns weilen. Die jüngeren Kollegen haben sie nicht mehr kennengelernt. Ich werde das, was man über sie in der Literatur nachlesen kann, nicht wiederholen, sondern mich auf persönliche Erinnerungen beschränken.

Im Jahre 1906 kehrte ich von *Röntgen* nach Petersburg zurück – der Hauptstadt Rußlands und Sitz der Physikalischen Abteilung der Physikalisch-Chemischen Gesellschaft, die alle russischen Physiker – es waren ungefähr 100 – vereinigte. Ihre besten Vertreter lebten in Moskau. Dort arbeitete *A. G. Stolotow*, dort wuchs auch die erste bedeutende wissenschaftliche Schule – die Schule *P. N. Lebedews* – heran. In Kiew arbeitete nach *M. P. Avenarius* *J. J. Kosonogow*, in Charkow *Grusinzew* und in Kasan *D. A. Goldhammer*.

Die Entdeckung des Lichtdruckes durch *P. N. Lebedew* bildete eine Epoche in der Physik. Zusammen mit den elektromagnetischen Versuchen von *Hertz* war sie eine der glänzendsten Bestätigungen für die elektromagnetische Theorie des Lichtes. Es gelang *Lebedew*, noch größere experimentelle Schwierigkeiten zu überwinden, und den Druck des Lichtes auf Gas zu beweisen. Ich erinnere mich auch an seine interessanten Versuche zur Erklärung der Entstehung des erdmagnetischen Feldes. Diese Versuche und andere wissenschaftliche Pläne wurden wegen der Zerschlagung der Moskauer Universität durch die zaristische Regierung nicht zu Ende geführt.

Das Laboratorium, das die Moskauer Universität *Petr Nikolajewitsch* überlassen hatte, befand sich im Keller eines Gebäudes, dessen obere Etagen die Professoren *Sokolow* und *Umow* innehatten. Als der zaristische Minister *Kasso* die Universität schließen ließ, versuchte *Lebedew*, aus Privatmitteln ein Laboratorium einzurichten (in der Totengasse), starb aber bald, ohne die Vollendung des für seine Schule gebauten Institutes in *Miossi* zu erleben. Dieses Institut leitete ein Schüler *Lebedews*, *Petr Petrowitsch Lasarew*.

Es ist das unvergeßliche Verdienst *Lebedews*, eine wissenschaftliche Schule aufgebaut zu haben, die alle höchst aktuellen Gebiete der Physik umspannte.

P. P. Lasarew und in seiner Nachfolge *A. K. Timirjasew* studierten die Eigenschaften von Gasen und den Austausch ihrer Wärmeenergie mit den Wänden; *R. Kollé* und *W. J. Romanow* untersuchten Radiowellen, *T. P. Krawetz* befaßte sich mit der Optik von Flüssigkeiten und *W. K. Arkadjew* mit Magnetismus.



P. N. Lebedew

Außerhalb des Universitätskellers führte *Alexander Alexandrowitsch Eichenwald* seine Arbeiten durch; er war mit *Lebedew* durch eine enge persönliche Freundschaft verbunden. Er hat höhere Lehrgänge für Frauen ins Leben gerufen und ist einer der Gründer der Schanjawski-Universität.

Im Zusammenhang mit Erinnerungen an *Ehrenfest* habe ich *Lebedew* bereits erwähnt. Sein Weggang von der Moskauer Universität führte zu einem ersten Konflikt in der Physikalischen Gesellschaft. Die jüngeren Mitglieder der Gesellschaft forderten die Annahme einer scharfen Protestresolution, aber dem stimmte die Leitung nicht zu. Das Präsidium der Gesellschaft trat zurück, aber die Resolution wurde angenommen und eine neue Leitung der Gesellschaft eingesetzt.

Die russische Physikalisch-Chemische Gesellschaft hatte ständigen Kontakt zur Französischen Physikalischen Gesellschaft. Der Vorsitzende unserer Gesellschaft war durch sein Amt Mitglied der Französischen Gesellschaft. Die physikalische Forschung, die in Frankreich betrieben wurde, stand uns sehr nahe. Als die Pariser Akademie der Wissenschaften die Kandidatur *Marie Curies* zu Fall brachte und an ihrer Stelle den Erfinder des Kohärens *Brauley*



P. P. Lasarew

wählte, nahm die Physikalische Abteilung der Russischen Physikalisch-Chemischen Gesellschaft eine Protestresolution gegen diesen falschen Beschluß an und wandte sich mit einem entsprechenden Schreiben an die Französische Physikalische Gesellschaft. Bis zur Revolution blieb die Physikalische Gesellschaft fortschrittlich. Im Januar 1919 erweiterte sie sich zur Physiker-Assoziation, die sich die Aufgabe stellte, die russische Physik auf den Aufbau der sozialistischen Technik zu orientieren.

Nach dem Tode von *P. N. Lebedew* setzte *Petr Petrowitsch Lasarew* dessen Werk fort. Leider muß man sagen, daß sich ein Teil der Schüler *Lebedews* von ihm löste und ihm gegenüber eine feindselige Haltung einnahm.

Lasarew war seiner Ausbildung nach Arzt und auch Arzt seines Lehrers *Lebe-*

dew. Seine Interessen lagen in großem Maße auf dem Gebiet der Biologie: der physikalische Mechanismus der Ausbreitung der Nervenankeregungen, insbesondere die elektrolytischen Ströme in den Nerven, die optische Anregung und Adaption des Auges, die Geschmacksempfindungen und ähnliches. Deshalb war die Biophysik eine Arbeitsrichtung von *Lasarew* Schule und seiner persönlichen wissenschaftlichen Forschungen. Aber das war bei weitem nicht das einzige. Ein anderer wichtiger Zweig war Fragen der Geophysik gewidmet, die sich bald auf das Studium der Kursker Magnitanomalie konzentrierten (zusammen mit *A. N. Krylow* und *J. M. Gubikin*). Eine dritte Richtung war die Molekularphysik. In allen diesen Richtungen wuchsen wissenschaftliche Kader heran, so daß sich *Lasarew* als würdiger Nachfolger seines Lehrers erwies. Er ist bei den ausländischen, besonders französischen Physikern und Biologen gut bekannt.

Bei *Lasarew* begegnete ich *Gorki* und *N. A. Semaschko*. *Petr Petrowitsch* interessierte sich sehr für Kunst und Theater.

Schon wesentlich später, in den dreißiger Jahren, konzentrierten hervorragende sowjetische Physiker ihre wissenschaftliche Tätigkeit in Moskau, *L. J. Mandelstam*, *N. D. Papaleksi*, *G. S. Landsberg* und der Leiter des Physikalischen Institutes und Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, *G. J. Wawilow*. Ihr Leben und Wirken ist noch zu frisch im Gedächtnis aller Physiker, um in meiner Schrift wiederholt zu werden. Ihr Werk, die sowjetische Physik, wird von zahlreichen Schülern erfolgreich weitergeführt.

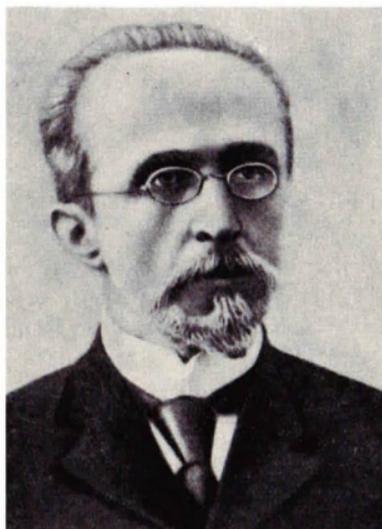
Ich möchte zu weiter entfernten Erinnerungen an die Petersburger Physiker übergehen. Professoren an der Universität waren *Iwan Iwanowitsch Borgman*, *Orest Danilowitsch Chwolson* und *Nikolai Alexandrowitsch Bulgakow*. Ihre wissenschaftlichen Verdienste stehen denen von *Lebedew*, *Eichenwald* und *Umow* in Moskau weit nach.

O. D. Chwolson ist Autor eines fünfbandigen Lehrganges der Physik, der in viele Sprachen übersetzt worden ist. Dieser Kurs war eine breit angelegte und systematische Zusammenfassung all dessen, was in der Physik veröffentlicht worden war, enthielt jedoch keine eigenen Gesichtspunkte des Autors.

Orest Danilowitsch hielt gute Vorlesungen und häufig öffentliche Vorträge in Soljani, einem öffentlichen Auditorium in Petersburg. Mit jugendlichem Schwung arbeitete er im Laboratorium der Akademie und träumte davon, ihr Mitglied zu werden, dafür war jedoch die Bedeutung seiner wissenschaftlichen Arbeiten zu gering. Als ihn die Akademie zum Lohn für seine nützliche wissenschaftliche Aufklärungstätigkeit zum Ehrenmitglied wählte (was

nicht das Recht gab, an den Akademiesitzungen teilzunehmen), bemerkte er geistreich: „Der Unterschied zwischen einem Akademiemitglied und einem Ehrenmitglied ist genauso wie der Unterschied zwischen einem Herrn und einem gnädigen Herrn.“

I. I. Borgman war damals ein Mann mit fortschrittlichen Ansichten, obwohl er auch Lehrer des Zaren Nikolai II. gewesen war. Er versuchte, in der Peters-



I. I. Borgman

burger Universität nach deutschem Muster ein physikalisches Praktikum einzuführen. Er lehrte und propagierte die elektromagnetische Theorie *Maxwells*, aber seine eigenen wissenschaftlichen Arbeiten – „Über das Leuchten einer Entladungsröhre, die an einem Ende mit einem Induktor verbunden ist“, und andere – hatten keinen ernsthaften Wert. Seine Anleitung wissenschaftlicher Arbeiten der Studenten und Assistenten lief auf eine Wiederholung der Arbeiten heraus, die in ausländischen Zeitschriften abgedruckt waren.

Nach *I. I. Borgmans* Tod lud man mich und *P. S. Roshdestwensky* ein, die Dozentenlehrgänge abzuhalten und im Physikalischen Institut der Universität, dessen Leitung *O. D. Chwolson* anvertraut war, mitzuarbeiten. *Chwolson* schlug uns vor, die „bemerkenswerte“ Tradition der Wiederholung der besten

wissenschaftlichen Arbeiten des Auslandes fortzusetzen. Auf meine Frage, ob es **nicht** besser wäre, neue, noch nicht gelöste Fragen aufzustellen, antwortete er: „Kann man denn in der Physik irgend etwas Neues ausdenken? Dafür ist ein *J. J. Thomson* nötig!“ So sah der Stand der Experimentalphysik an der Petersburger Universität aus. Im übrigen gab es einen guten Experimentator, *W. W. Lermantow*, der viele Meßgeräte für das Studentenpraktikum **gebaut hatte**.

Der Stand der theoretischen Physik lag noch niedriger. *N. A. Bulgakow* war,



O. D. Chwolson

so hieß es, ein guter Rechner und konnte komplizierte Rechenoperationen im Kopf durchführen, aber die Physik verstand er nicht. Noch als Student am Technologischen Institut hörte ich seine Vorlesung über die Theorie der Elektrizität, in die er eine derartige Verwirrung hineinrug, daß er dann selbst bat, aus unseren Heften alles zu streichen, was er vorgetragen hatte.

An der Universität und bei den höheren Lehrveranstaltungen für Frauen besuchten die Studenten seine Vorlesungen nicht. Er beschwerte sich bei mir, daß er die Studenten nicht zwingen konnte, seine Vorlesungen zu hören, obwohl er beispielsweise in den Kursen für Frauen Studenten damit beauftragt hatte, aus einem Heftchen das vorzulesen, was sie in den Prüfungen wiedergeben mußten. Er hatte ein Lehrbuch über Elektromagnetismus geschrieben.

Es bestand aus einer Sammlung von Formeln und Antworten, die man bei den Staatsexamen geben mußte – eine Art „Spickzettel“. Die von ihm durchgeführten Prüfungen liefen darauf hinaus, daß einzelne Paragraphen aus seinem Buche abgeschrieben wurden. Mit einem Wort: Die Lehrveranstaltungen in theoretischer Physik waren eine Sammlung von Anekdoten. Ich glaube, daß Vorlesungen dieser Art keine Nachahmung finden sollten.

Die theoretische Physik entwickelte sich unabhängig von der Professur an der Universität. Eine große Hilfe dabei erwies *Pawel Sigismundowitsch Ehrenfest*. Bedeutende Arbeiten zur Relativitätstheorie wurden von *Alexander Alexandrowitsch Friedman*, Professor am Polytechnischen Institut, veröffentlicht, der auch das Fundament zur sowjetischen mathematischen Schule der Wettervorhersage legte. Ernsthaftige Forschungen an flüssigen Kristallen und zur Relativitätstheorie stammten von *Wsewolod Konstantinowitsch Frederiks*, *Weichart*, *Bursian* und *Krutkow* und danach der talentierte junge Physiker *Bronstein*, die ungeachtet ihrer kurzen wissenschaftlichen Tätigkeit schon bedeutende Resultate erzielt hatten, schufen gesunde Grundlagen für die theoretische Physik. *Bursian* gab die vollständige Lösung der Aufgabe über die Raumladung bei der Glüh-Emission; von *Krutkow* stammt eine Reihe von Arbeiten zur Mechanik, die er gemeinsam mit *A. N. Krylow* durchgeführt hatte. Ihm verdanken wir den Hinweis, welche Rolle eine neue Statistik, die später von *Einstein* und *Bose* vorgeschlagen wurde, bei den Gesetzen der schwarzen Strahlung spielt. *Bronstein* gelang es während seines kurzen wissenschaftlichen Wirkens, sehr wichtige Gesetzmäßigkeiten in der Festkörper- und besonders Halbleiterphysik zu ermitteln. Eine volle Entfaltung seines Talentes erreichte nur *Wladimir Alexandrowitsch Fock*. Die Blütezeit der theoretischen Physik, die noch vor dem ersten Weltkrieg begann, haben wir dem Einfluß von *P. S. Ehrenfest* zu verdanken.

Als ich in Petersburg ankam, gab es dort würdige Physiker: *B. B. Golizyn*, *A. N. Krylow*, die bereits erwähnten *N. G. Jegorow*, *N. A. Gesechus*, *A. L. Gerschun*, *W. W. Lermantow* und andere. Aber fast alle arbeiteten außerhalb der Universität.

Boris Borisowitsch Golizyn war ein hervorragender Gelehrter, Mitbegründer der Seismologie und Autor interessanter Arbeiten zur Thermodynamik der Strahlungsenergie, zur Brechung und zur kritischen Temperatur. Seine Wahl in die Akademie und die Verleihung des Grades eines Doktors der Physik waren mit ersten Konflikten verbunden. Seine Dissertation, in der erstmalig der Begriff der Temperatur der Strahlungsenergie eingeführt wurde, rief durch die Neuheit ihrer Thesen einen scharfen Protest aller Vertreter der

theoretischen Physik, nicht nur der Moskauer, sondern auch der Kiewer und Charkower Universität hervor. Die Dissertation wurde in Moskau abgelehnt und in Warschau verteidigt.

Auf den Lehrstuhl für Physik an der Akademie der Wissenschaften erhob mit vollem Recht *A. G. Stoletow* Anspruch. Die stattdessen erfolgte Wahl des jungen Fürsten *Golizyn* wurde als ein prinzipienloses Vorgehen aufgefaßt,



A. F. Joffe, P. L. Kapitza, A. N. Krylow

das durch Druck von oben veranlaßt worden war. Es zeigte sich jedoch, daß *Golizyn* seine Wahl rechtfertigte. Jetzt erinnern wir uns mit Dankbarkeit an seinen Beitrag zur Geschichte der Physik. Zu mir verhielt sich *Boris Borisowitsch* freundschaftlich und brachte sogar zuwege, daß mir von der Akademie ein Preis verliehen wurde.

Ich hatte das Glück, *Alexej Nikolajewitsch Krylow* viele Jahre lang bis zu seinem Tode persönlich zu kennen. Er war ein bemerkenswerter Mathematiker, ein hervorragender Schiffsbauer und Seemann. Er hinterließ eine unauslöschliche Spur sowohl in Wissenschaft und Technik als auch im Gedächtnis aller, die ihn kannten.

Alexej Nikolajewitschs „Erinnerungen“, klar im Inhalt und in glänzender Sprache geschrieben, sind weitbekannt und geben ein ausgezeichnetes Bild von diesem Menschen, der so sehr von seiner Arbeit begeistert war und auf den unsere Heimat stolz ist.

Ich will an meine Zeitgenossen *Dmitri Sergejewitsch Roshdestwenski* und *Dmitri Appolinarijewitsch Roshanski* erinnern. *Roshdestwenski* lernte ich



Von links nach rechts: J. W. Obreimow, P. S. Ehrenfest, N. N. Semenow,
A. F. Joffe, A. A. Tschernyschew (1924)

schon 1902, vor meiner Reise zu *Röntgen*, kennen. *N. G. Jegorow* hatte mich zu ihm geschickt, da er damals gerade von einer Studienreise aus Leipzig und Paris zurückgekehrt war und mir so von den Lebensbedingungen im Ausland erzählen konnte. Später versuchten wir zusammen nach dem Tode *Borgmans* die Physik an der Universität zu reorganisieren. *Dmitri Sergejewitsch* hat die Physikausbildung tatsächlich radikal umgebaut.

Mit *Roshdestwenski* hatte ich vieles gemeinsam. Wir erörterten oft und lange Fragen der Physikausbildung und der Organisation wissenschaftlicher Arbeit, ihre Überleitung in die Produktion und die Verbindung zwischen Theorie und Experiment. Aber für längere Zeit hatten wir auch wissenschaftliche



Stehend von rechts nach links: N. N. Semenov, P. L. Kapitza, J. I. Frenkel,
A. F. Joffe, P. I. Lukirski, N. I. Dobronrawo

Differenzen: Ich war Anhänger der Photonen – er vertrat die klassische elektromagnetische Lichttheorie. In der von *Dmitri Sergejewitsch* ins Leben gerufenen Kommission für Fragen des Atomkerns arbeitete ich zusammen mit *N. J. Muschelischwili*, *A. N. Krylow*, *A. A. Friedman* und anderen. *Roshdestwenski* versuchte, mich an die Universität zu binden, hatte aber damit keinen Erfolg.



J. I. Frenkel

An der ersten Auslandsreise nach der Revolution, bei der wissenschaftliche Verbindungen angeknüpft werden sollten, nahmen außer mir und *Roshdestwenski* *P. L. Kapitza* und *A. N. Krylow* teil.

Roshdestwenski baute sowohl das Physikalisch-Technische Institut und in enger Verbindung mit ihm das Optische Institut auf. Beides diente ein und demselben Ziel: Der Ausarbeitung der Physik als Grundlage des technischen Fortschritts. Das Institut *Lasarews* in Moskau, das Physikalisch-Technische Institut und das Optische Institut in Leningrad sowie später das Physikalische Institut der Akademie der Wissenschaften sind die Hauptzentren der Physik geworden; das wird besonders deutlich, wenn man die Zahl der Akademienmitglieder und korrespondierenden Mitglieder heute mit der vor einigen Jahrzehnten vergleicht.



Von links nach rechts sitzend: Rseljewkin, Joffe, Belikowa, Lasarew, Mysowski;
stehend: Belikow, Schpolski, Ijju, Wawilow, (?), Wedenski (1925)?

Obwohl ich eine Vorlesung als Privatdozent hielt und die mir anvertraute Physikausbildung an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität durchführte, blieb das Polytechnische Institut das wahre Zentrum meiner Tätigkeit. Dort arbeitete ich nicht nur mit meinen Laboranten zusammen, sondern der Lehrstuhlleiter *W. W. Skobelzyn* hatte mir auch die Möglichkeit gegeben, Schüler von auswärts einzuladen. Die ersten unter ihnen



P. P. Kobeko

waren: *N. N. Semenow*, *P. I. Lukirski*, *P. L. Kapitza* und bald darauf *J. I. Frenkel* und *J. G. Dorfman*. *P. J. Lukirski* und *J. I. Frenkel* sind jung gestorben, haben aber mit ihren Arbeiten keinen geringen Einfluß auf die Entwicklung der Physik ausgeübt, *Peter Iwanowitsch Lukirski* in Experimentalphysik und *Jakow Iljitsch Frenkel* in theoretischer Physik. Beide, ganz besonders aber *Frenkel*, hatten auf mich auch einen großen persönlichen Einfluß. Ich will über beide wie auch über einen dritten meiner unvergessenen Schüler, *Pawel Paslowitsch Kobeko* und über *Igor Wassiljewitsch Kurtchadow* nicht berichten. Die Ergebnisse ihrer wissenschaftlichen Arbeit sind für immer in die Geschichte der Physik eingegangen.

Bemerkenswert durch seine Experimentierkunst und die Strenge seiner Analysen war *D. A. Roshanski*. Er arbeitete zunächst in Charkow und Nishni Nowgorod und siedelte später nach Leningrad über, wo er in der ersten Zeit sogar mit mir in einer Wohnung lebte. Ich erwähne nur, daß die erste Radaranlage der Welt auf meine Bitte hin schon 1934 von *D. A. Roshanski* aufge-



P. I. Lukirski

baut und nach seinem Tode von seinen Schülern vervollkommenet und modifiziert worden ist.

Ich will noch an *Peter Sawwitsch Tartakowski* erinnern. Seine Untersuchungen zum Mechanismus des Photoeffektes werden immer noch sowohl bei uns als auch im Ausland bearbeitet. Er war wie auch Akademienmitglied *I. W. Obreimow* einer der ersten, die sich erboten, den Aufbau wissenschaftlicher Zentren außerhalb von Moskau und Leningrad zu verwirklichen. Ungeachtet der damals schweren Lebensbedingungen ging *Tartakowski* nach *Tomsk*. Später kam er auf den Physik-Lehrstuhl des Leningrader Polytechnischen Institutes. Trotz seines frühen Todes hinterließ er würdige Schüler.

Abschließende Bemerkungen

Indem ich nun mit der Niederschrift meiner Erinnerungen zu Ende komme, bin ich mir über gewisse Inkonsequenzen bei der Darstellung im klaren. Wenn es mir bei einzelnen Physikern der jüngeren Vergangenheit gelungen ist, an manches zu erinnern, was ihr Bild bereichert hat, so habe ich über andere nur lückenhafte Tatsachen erzählt, die zufällig mit unseren Begegnungen zusammenhingen; aber was über die Physiker gesagt wurde, ist in der Mehrzahl der Fälle wohl gehaltvoller als die einfache Mitteilung, wann und wo wir uns getroffen haben. Ich habe über das berichtet, was in meinem Gedächtnis haften geblieben ist. Dabei habe ich versucht, meine Erinnerungen nicht zu einer auf Literaturangaben aufgebauten Monographie über die Geschichte der Physik werden zu lassen. Ich wollte dem Leser die Möglichkeit geben, die „Porträts“ der Gelehrten selbst durch Dinge, die ihm aus anderen Quellen bekannt sind, zu ergänzen und zu beleben.

Meine Erinnerungen umfassen den Zeitraum von 1900 bis 1960, in der zwei Weltkriege stattfanden und in der sich große soziale Revolutionen in meiner Heimat und danach auch in einer Reihe anderer Länder vollzogen. Es haben sich die Wissenschaftler verändert und die Bedingungen für ihre Tätigkeit.

Während bis zum ersten Weltkrieg 1914 bis 1918 die physikalische Forschung mit wenigen Ausnahmen an den Universitäten betrieben wurde, so konzentrierte sie sich nach 1918 immer mehr auf die wissenschaftlichen Institute.

Teilweise im Zusammenhang damit, aber in der Hauptsache wegen der immer engeren Verbindung zwischen Physik und technischem Fortschritt, hat sich die Thematik der physikalischen Forschung gewandelt: von der „reinen“ Physik zur technischen Anwendung oder Ausnutzung neuer technischer Möglichkeiten, vom Studium der äußeren Erscheinungen zur Beherrschung ihres inneren Mechanismus.

In der Sowjetunion und den Ländern des sozialistischen Lagers wird der Prozeß der Annäherung von Theorie und Praxis durch die Bemühungen, alle Kräfte des Landes für die Hebung des Wohlstandes der Werktätigen einzusetzen und durch die Ideologie des dialektischen Materialismus geprägt.

Man darf nicht vergessen, daß mit dem Übergang der Industrie in die Hände

des Volkes die Frage gegenstandslos wurde, daß die Arbeit eines an der Technik interessierten Physikers ausländischen Kapitalisten dienen könnte. Vor der Revolution befanden sich die Elektrotechnik und Optik in Petersburg in den Händen deutscher Kapitalisten, die Radiotechnik in schwedischen, die Metallindustrie in französischen und die Textilindustrie in englischen Händen usw. Die leitenden Ingenieure dieser Unternehmen, die den technischen Fortschritt bestimmten, lebten im Ausland. Die Mitarbeit russischer Wissenschaftler wurde nicht verlangt. Unter diesen Bedingungen war die Beschäftigung mit der „reinen“ Wissenschaft in einem bestimmten Grade ein Ausdruck des Patriotismus. Eine gewisse Rolle spielte auch die Verbindung der kapitalistischen Unternehmen mit der zaristischen Selbstherrschaft, während die Universitäten Zentren der politischen Opposition waren.

In Rußland vollzog sich die Wendung von der „reinen“ Physik zur Physik als Grundlage des technischen Fortschritts in direktem Zusammenhang mit der Oktoberrevolution schneller als im Westen.

Wenn ich an die Physiker zu Beginn dieses Jahrhunderts denke, sehe ich einzelne Gelehrte, umgeben von Schülern, die die Ideen und Methoden ihres Lehrers entwickelten und seine wissenschaftliche Schule bildeten, während man heute Kollektive von Wissenschaftlern verschiedener Arbeitsmethoden und unterschiedlicher Denkrichtungen trifft. Unter ihrem gemeinsamen Einfluß wächst die Jugend ohne ererbte Verbindung zu einem bestimmten Leiter heran. Heute wird das Kollektiv eines Laboratoriums charakterisiert durch seinen Direktor. Oft ist der Direktor eine Verwaltungsperson und gar kein wissenschaftlicher Leiter. Ja, in einem Kollektiv, das Tausende von Mitarbeitern umfaßt, ist es einfach unmöglich, eine gründliche wissenschaftliche Arbeit mit der Erfüllung organisatorischer Funktionen zu vereinbaren.

Heute wird im Westen und in den USA die Arbeitsthematik der wissenschaftlichen Institute nicht durch die individuellen Interessen der Lehrstuhlinhaber, sondern von den Zweigen der Technik und den Firmen bestimmt, die das betreffende Institut finanzieren. Bei uns bestimmen die Aufgaben des Volkswirtschaftsplanes die Thematik der wissenschaftlichen Arbeit im Maßstab des ganzen Landes.

In persönlichen Gesprächen mit Leitern von Instituten, die Industrieunternehmen gehören, habe ich mich davon überzeugt, daß bei der Auswahl der Fachkräfte und bei der Aufgabenstellung Konkurrenzüberlegungen und Prestigefragen keine geringe Rolle spielten. Wirkungsvolle Entdeckungen und Erfindungen eines Mitarbeiters des Instituts riefen den Eindruck hervor, daß die Firma fortschrittliche Methoden und eine höhere Produktionstechnik

anwendet, obwohl die Erfindungen nicht immer von dem Unternehmen selbst ausgenutzt werden.

Noch ein Unterschied kommt mir in den Sinn. Wenn man früher nach Deutschland reiste, lernte man deutsche Physiker kennen, in Frankreich französische und in den USA amerikanische – und jeder hatte seine spezifischen Besonderheiten. Man kann sich der Originalität eines jeden hier erwähnten Physikers erinnern. Heute haben die USA eine solche Menge ausländischer, besonders deutscher Physiker „abgesaugt“, und für die Lösung der technischen Aufgaben wird die Arbeit der Physiker verschiedener Länder konzentriert, so daß nationale und sogar einfach individuelle Züge vieler Wissenschaftler in den Hintergrund treten. Heute wird eine Frage, die einer stellt, von anderen in verschiedenen Laboratorien und verschiedenen Ländern aufgegriffen.

Wir untersuchten zum Beispiel viele Jahre die thermoelektrischen Eigenschaften von Halbleitern und die Möglichkeiten ihrer praktischen Anwendungen, und nur wenige außerhalb unseres Laboratoriums interessierten sich dafür. Aber sowie nur die technischen Perspektiven klar geworden waren, schalteten sich über 80 Laboratorien in den USA und zahlreiche Laboratorien in anderen Ländern in die Arbeit an Halbleiter-Thermoclementen ein.

Die besten Physiker der Vergangenheit waren stolz darauf, daß sie hervorragende Resultate erreicht und Entdeckungen mit Hilfe einfacher selbstgefertigter Geräte gemacht hatten. So war es bei Röntgen, Rutherford, Langevin und anderen. Ihnen kann man die modernen Elementarteilchenbeschleuniger, Elektronenmikroskope, elektronischen Rechenmaschinen und die ganze komplizierte Ausrüstung moderner physikalischer Laboratorien gegenüberstellen.

Eine beachtenswert hohe Anzahl von Physikern ist herangewachsen, der Ausstoß wissenschaftlicher Literatur außerordentlich groß. Ich erinnere mich noch an die Zeit, als jeder fachlich interessierte Physiker alles wußte, was die physikalischen Zeitschriften brachten, alle neuen Experimente und ihre Theorie. Jetzt ist das kaum mehr möglich. Die Experimentiertechnik ist so kompliziert geworden, daß sie spezielle Kenntnisse erfordert, und die Methoden der Theorie sind dem Experimentator praktisch unzugänglich geworden. Die Kernphysik mit ihren Dutzenden von Elementarteilchen ist schon fast zu einer selbständigen „Kernwissenschaft“ geworden. Auf der anderen Seite sind vorher entfernte Teile der Physik eng verflochten.

Vor der Oktoberrevolution brachte niemand die russische Physik mit der zaristischen Regierung in Verbindung. Später verband man im Gegenteil mit

den Gelehrten die Idee des Kampfes gegen die Selbstherrschaft, des Kampfes für die Freiheit. Ein russischer Gelehrter ist ein Vertreter der russischen Intelligenz, zu der *Lenin* und *Herzen*, *Gorki* und *Tschechow*, *Kropotkin* und *Belinski* gehörten. Immer konnte man von einem ausländischen Physiker einen dieser Namen hören, am häufigsten den Namen *Gorki*. Gespräche über politische Themen liefen entweder darauf hinaus, daß meine Gesprächspartner ihre Verfassung und Kultur priesen oder sich darum bemühten zu erfahren, welche Kräfte Rußland hervorbringt, um sich von der zaristischen Selbstherrschaft zu befreien. Es ist verständlich, daß die gemäßigten Liberalen, zu denen meine Gesprächspartner gehörten, mit der sozialistischen Revolution nicht sympathisieren konnten. aber in allen russischen Revolutionären sahen sie Kämpfer gegen den Zarismus. und die Notwendigkeit eines solchen Kampfes leuchtete ihnen ein. Daher erinnere ich nicht an die abfälligen Urteile über unsere äußersten revolutionären Strömungen, obwohl sie glaubten, daß schon „ihre“ Sozialdemokraten die Grenzen der Realität überschritten hatten. In der Regel fühlten die ausländischen Wissenschaftler, die die russische Selbstherrschaft tadelten, mit dem geknechteten Volk und halfen gern der Entwicklung seiner Kultur. Aus ihren Worten und Anweisungen war leicht ein Gefühl der Überlegenheit zu spüren. Auch unter den Russen gab es die Bewunderer fremder Kultur, obwohl sowohl die Literatur als auch die Musik bei uns auf einem hohen Niveau standen. Die nachfolgende Entwicklung des revolutionären Denkens und die zunehmenden Wellen des revolutionären Kampfes gestatteten schon damals vorherzusehen, daß die Prophezeiung *Belinskis* über Rußland in 100 Jahren verwirklicht werden wird. Es zeigte sich, daß auch der Zeitpunkt stimmte.

Eine ganz andere Lage entstand nach der Oktoberrevolution. Als ich 1920 mit einer Gruppe sowjetischer Wissenschaftler im Ausland war, waren wir Abgesandte und Anhänger eben der Sowjetmacht, gegen die die gesamte kapitalistische Welt, von den Sozialdemokraten bis zu den Reaktionären, zu Felde zog. Auf dem Wege nach Berlin mußten wir einige Monate in Reval bleiben, weil man in Berlin fürchtete, die „bolschewistische Seuche“ hereinzulassen. Unter derartigen Bedingungen begaben wir uns nach einer längeren Periode der Isolation ins Ausland mit der Aufgabe, wissenschaftliche Verbindungen anzuknüpfen. In der Tat hatte ich einen schweren Anfang. Ich wollte das eben erst errichtete neue Radiuminstitut in Heidelberg besuchen. Aber es wurde von dem extremen Nationalisten und späteren Faschisten *Philipp Lenard* geleitet, der in mir einen Vertreter des Landes sah, das mit Deutschland Krieg geführt hatte, und, wie ich schon erwähnt habe, lehnte er es ab, mit einem

„Feind seines Vaterlandes“ zu sprechen. In der Folgezeit zeigte sich, daß *Lenard* eine seltene, aber bei weitem nicht die einzige Ausnahme war. Im Gegensatz zu ihm wurden wir von anderen Physikern auf das wärmste empfangen, was durch die aktive Hilfe unseres Freundes *Ehrenfest* vorbereitet worden war. Die deutschen Physiker gaben uns eine ganze Bibliothek von Büchern und Zeitschriften, die in den Jahren unserer Isolation herausgekommen waren.

Es waren drei Jahre vergangen seit Begründung der Sowjetmacht, die die ausländischen Zeitungen als Zerstörer der Kultur und Feind fortschrittlicher Gelehrter darstellten. Aber in unseren Personen standen vor der westlichen Welt von früher bekannte Physiker, die erzählten, wie in diesen drei Jahren die wissenschaftliche Tätigkeit sich entwickelt und wie die Sowjetmacht neue physikalische Institute errichtet hatte. Die ausländischen Physiker erfuhren von Dutzenden physikalischer Untersuchungen und von dem stürmischen Wachsen der sowjetischen Kultur. Alles das schuf einen scharfen Kontrast zu den Zeitungsinformationen und rief ein um so lebhafteres Interesse der Wissenschaftler hervor, da diese daran gewöhnt waren, Fakten mehr zu glauben als Worten. Dutzende der besten Gelehrten Deutschlands, Englands und Hollands, wo wir zu Besuch weilten, wurden unsere Freunde und begannen die Verleumdungen der Zeitungsschreiber mit anderen Augen zu sehen. Diese Beziehungen verbesserten sich weiterhin in dem Maße, wie die sowjetische Physik wuchs und wie sich die Begegnungen sowjetischer und ausländischer Gelehrter vervielfachten.

Eine freundschaftliche Verbindung gleichen Niveaus auf bestimmten Gebieten der Physik kam in einer Reihe von Konferenzen über Kernphysik und zu Problemen der physikalischen Chemie zum Ausdruck, die unter aktiver Beteiligung der besten ausländischen Physiker von sowjetischen Wissenschaftlern einberufen worden waren. An der VI. und VII. Physikertagung nahmen auch einige der bedeutendsten Wissenschaftler aus den USA, aus England und Frankreich, Deutschland und Polen teil. Wir beteiligten uns an den Solvay-Kongressen und den Sitzungen der physikalischen Gesellschaften. Zu uns kamen für eine längere, auf viele Jahre berechnete Arbeit Physiker aus Deutschland, Frankreich und England.

Unsere zunächst in Charkow und später in Moskau herausgegebenen physikalischen Zeitschriften in ausländischen Sprachen werden in demselben Umfang abonniert wie die am weitesten verbreiteten ausländischen Zeitschriften. Immer mehr sowjetische Bücher und Hochschullehrbücher wurden in ausländische Sprachen übersetzt, und jetzt werden viele unserer physikalischen

Zeitschriften im Ausland in englischer Sprache herausgegeben. Nehmen wir beispielsweise eines meiner Bücher, das 1956 bei uns gedruckt wurde, und bereits in den folgenden zwei Jahren in englischer, französischer, deutscher, polnischer, chinesischer, koreanischer und indischer Sprache sowie in anderen Übersetzungen erschien.

Heute ist die sowjetische Physik ein großer und entscheidender Faktor der Wissenschaft im Weltmaßstab. Es ist auch nicht eine Spur des gönnerhaften Tones in den Beziehungen zu uns übriggeblieben. Im Gegenteil, man fühlt eher, daß man von uns nach unseren Sputniks und Luniks noch mehr Überraschungen zu erwarten hat.

In unserer Zeit entwickelt sich die Wissenschaft stürmisch in verschiedenen nationalen Zentren, die oft sehr selbständig sind in ihrer eigenen Methodik und in dem Beitrag, den jedes Volk zur Erkenntnis der Natur leistet. Eine ganze Reihe außerordentlich bedeutender Forschungsaufgaben sind so kompliziert geworden, die Ausrüstung für Forschungen erfordert einen so großen Kosten- und Materialaufwand und die allgemeinen Aufgaben der Wissenschaft fallen so zusammen, daß die Aufgabe, die Verbindung dieser wissenschaftlichen Zentren miteinander zu organisieren, mit jedem Jahr aktueller wird.

Eine wichtige Form der wechselseitigen Verbindung ist die gegenseitige Delegation junger Wissenschaftler für verhältnismäßig lange Zeit zur Forschungsarbeit an bedeutende ausländische Forschungszentren. Die sowjetischen Gelehrten lenken schon lange ihre Aufmerksamkeit auf derartige personelle Verbindungen. Bereits zu Ende der zwanziger und zu Anfang der dreißiger Jahre wurden über 20 sowjetische Physiker für ein halbes Jahr bis zu zwei Jahren in große ausländische Laboratorien geschickt. Obgleich das Wissenschaftler waren, deren wissenschaftliche Interessen bereits spezialisiert waren, bereicherte die Arbeit auf anderen Gebieten nichtsdestoweniger ihre wissenschaftliche Methodik, was sich positiv auf ihre spätere Tätigkeit auswirkte. Man kann nicht leugnen, daß auch die sowjetischen Physiker das wissenschaftliche Leben der westlichen Forschungszentren beeinflussten.

Die Idee der wissenschaftlichen Zusammenarbeit bricht sich in ganzer Breite Bahn. Die Organisation des Internationalen Geophysikalischen Jahres bewies die Produktivität und praktische Möglichkeit einer derartigen Zusammenarbeit. Der schnelle Erfolg so großartiger Aufgaben wie die Erforschung des Erdmagnetismus, der Antarktis und des kosmischen Raumes hängt in bedeutendem Maße von den gemeinsamen Anstrengungen der Wissenschaftler aller Länder ab. Heute, wo die Ideen der friedlichen Koexistenz und die

Ideen der allgemeinen und vollständigen Abrüstung immer mehr das Denken des besten Teiles der Menschheit erfaßt, muß die gegenseitige Verbindung der wissenschaftlichen Zentren der verschiedenen Länder einen breiten Raum einnehmen.

* * *

Verlag und Übersetzer möchten abschließend Frau A. W. Joffe für die wohlwollende Förderung der deutschen Ausgabe ihren herzlichen Dank aussprechen.

Einige gegenüber dem Original abweichende Abbildungen wurden freundlicherweise von Herrn Professor R. Kurfalvi, Budapest, zur Verfügung gestellt, dem für seine Unterstützung ebenfalls vielmals gedankt sei.