

# Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

Verlag C. H. Beck, München

1/1997

600. 400  
ZB 7361  
9/3

## LEBENSFRAGE ENERGIE

Die Zweite Solare Zivilisation der Zukunft



## FORSCHUNG

Erika Cremer  
und ihre  
Gaschromatographie

## PIONIERE

Kapitza und Landau:  
Wegbereiter der  
Theoretischen  
Physik  
in der UdSSR

**ATOMPHYSIK**  
Haber, Kallmann  
und das  
"Tandem-Prinzip"

**CYBERSPACE**  
Der Traum  
von der zweiten  
Schöpfung

**METALLE**  
Vom Erz zum  
Metall und die  
Erfindung der  
Archäo-  
Metallurgie

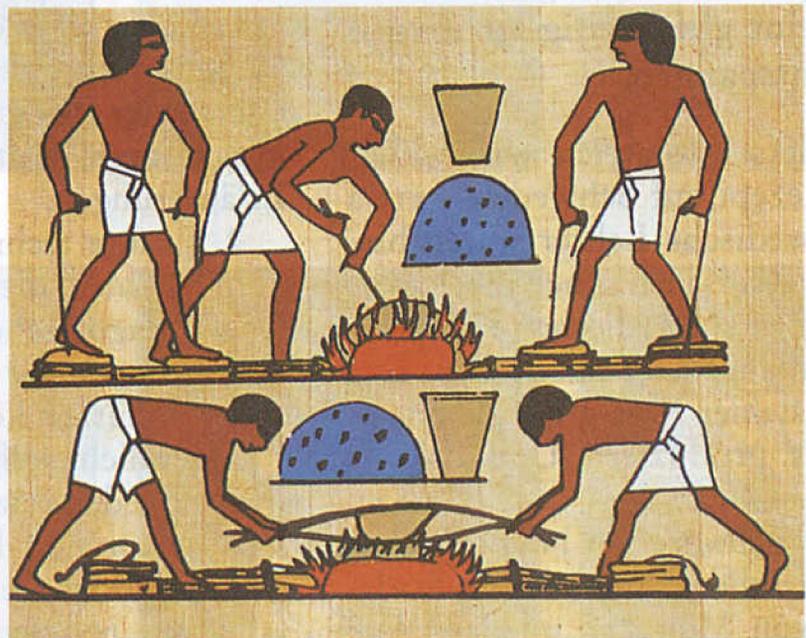
**C.F. GAUSS**  
Codemaker  
aus Spieltrieb

ZUM TITELBILD: DAS KALIFORNISCHE SOLARKRAFTWERK SEGS. FOTO: PILKINGTON SOLAR INT., KÖLN.

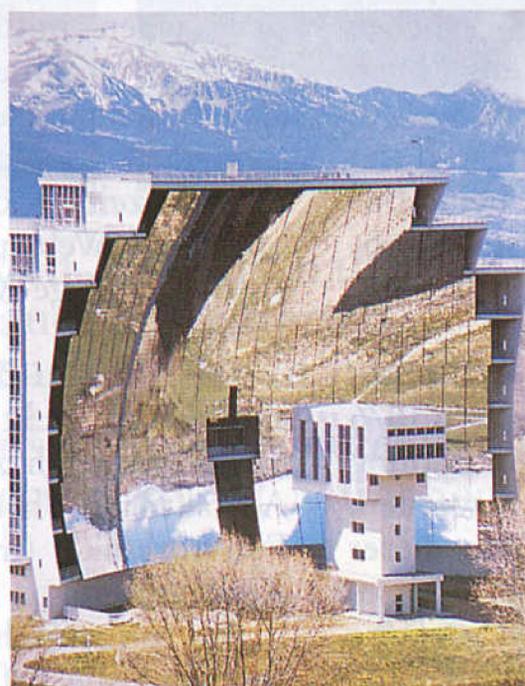
<b>BLICKPUNKT</b>	<b>4</b>	<b>KRYPTOGRAPHIE</b>	<b>39</b>
Zu Gast im Deutschen Museum 20 Jahre Kerschensteiner Kolleg	<i>Jürgen Teichmann</i>	Spiel mit Zahlen Carl Friedrich Gauß als Codemaker	<i>Kurt-R. Biermann</i>
<b>KULTUR &amp; TECHNIK RUNDSCHAU</b>	<b>6</b>	<b>ELEMENTARTEILCHENPHYSIK</b>	<b>42</b>
Nachrichten zu technischer Kultur und Technikgeschichte	<i>Christiane und Hans-Liudger Dienel</i>	Höchste Spannung Haber, Kallmann und das „Tandem-Prinzip“	<i>Burghard Weiss</i>
<b>BILDER AUS DER TECHNIKGESCHICHTE</b>	<b>12</b>	<b>DIE „RUSSISCHE PHYSIK“</b>	<b>50</b>
Dampfkraft im Bergbau Erste deutsche Dampfmaschine Wattscher Bauart	<i>Elmar Hebestedt</i>	Zwischen Ruhm und Verfolgung Pjotr L. Kapitza und Lev D. Landau	<i>Alexej Kojevnikov</i>
<b>ENERGIE</b>	<b>14</b>	<b>GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR</b>	<b>58</b>
Die Zweite Solare Zivilisation Energieversorgung in nachfossiler Zeit	<i>Carl-Jochen Winter</i>	Daten zur Technikgeschichte	<i>Sigfrid von Weiher</i>
<b>METALLURGIE</b>	<b>22</b>	<b>DEUTSCHES MUSEUM</b>	<b>62</b>
Feuer und Fortschritt Vom Erz zum Metall – Archäometallurgie	<i>Hans-Gerd Bachmann</i>	Nachrichten und Veranstaltungen	<i>Rolf Gutmann</i>
<b>GRUNDLAGENFORSCHUNG</b>	<b>28</b>	<b>SCHLUSSPUNKT</b>	<b>65</b>
„Wir müssen leider eine Frau nehmen...“ Erika Cremer und ihre Gaschromatographie	<i>Peter Wöllauer</i>	Von Glücks- und Pechsträhnen Als das „Gesetz der Serie“ erlassen wurde	<i>Kurt-R. Biermann</i>
<b>CYBERSPACE</b>	<b>34</b>	<b>VORSCHAU / IMPRESSUM</b>	<b>66</b>
Der Traum von der zweiten Schöpfung Vom Homunculus zur Posthumanität	<i>Bernd Flessner</i>		



„RUSSISCHE PHYSIK“. Der Quantenphysiker Pjotr L. Kapitza (links) und der theoretische Physiker Lev D. Landau begründeten die moderne Physik in der UdSSR. **SEITE 50**



**METALLURGIE.** Erzabbau und Metallbearbeitung begannen sehr früh. Dies ist das Feld der Archäometallurgie. **SEITE 22**



**ENERGIE.** Mit Mitteln der Technik kann Sonnenenergie künftig wieder zur Hauptenergiequelle werden. Hier das Sonnenkraftwerk Odeillo in den Pyrenäen. **SEITE 14**



Im Ukrainischen Physikalisch-technischen Institut in Charkow, 1934. In der ersten Reihe (von links): Schubnikow, Leipunski, **Landau**, **Kapitza**. In der zweiten Reihe (von links): Finkelstein, Trapesnikova, Sinelnikov und Rjabinin.

# ZWISCHEN RUHM UND VERFOLGUNG

Pjotr Leonidowitsch Kapitza (1894 -1984)

Lev Davidowitsch Landau (1908-1968)

VON ALEXEJ KOJEVNIKOV

AUS DEM ENGLISCHEN VON ANDREAS GOTTWALD

Kapitza und Landau sind die beiden berühmtesten Wissenschaftler, die am Aufstieg der Physik in der Sowjetunion mitgewirkt haben. Beide standen mit den großen europäischen Schulen in Verbindung, beide waren institutionelle Führer der Physikergemeinde in ihrem Land; und nicht zuletzt stießen beide auf öffentliches Interesse. Kapitza und Landau sind das Symbol der sowjetischen Physik: der eine als beispielhafter Experimentator, der andere als Theoretiker. Beide erhielten den Nobelpreis.

Pjotr Kapitza wurde am 9. Juli 1894 in Kronstadt, einer Festungsinsel in der Nähe von St. Petersburg, als Kind einer adeligen Familie geboren. Sein Vater war Militäringenieur und Oberst der russischen Armee.

Die Physik war in Rußland ein unterentwickeltes Fach, auch im Vergleich zu Chemie und Mathematik. Die Akademie der Wissenschaften, die Universitäten und die anderen höheren Bildungseinrichtungen besaßen nur etwa 30 Lehrstühle. Die Sektion Physik der *Russischen Physikalisch-chemischen Gesellschaft* zählte ungefähr 200 Mitglieder. Sie gab die einzige physikalische Zeitschrift des Landes heraus, etwa 50 Aufsätze aus der Forschung pro Jahr. Die erste forschungsorientierte Schule entstand nach 1900 an der Moskauer Universität um Pjotr Lebedev.

Ein moderner Forschungsstil wurde von Abraham Joffe, Dmitri Roßdestwenski und dem Österreicher

Paul Ehrenfest in Petersburg eingeführt; sie hatten aber nur untergeordnete akademische Posten inne. Ehrenfest ging 1912 nach Leiden, und Roßdestwenski übernahm 1915 einen Lehrstuhl an der Universität und die Leitung des physikalischen Instituts. Joffe, der nicht auf den zweiten Lehrstuhl gewählt wurde, brach seine Verbindungen mit der Universität und nahm eine Professur am Polytechnischen Institut an.

Als sich die neue kommunistische Regierung 1917 um die politische Kontrolle des höheren Unterrichts bemühte, unterstützte sie bereitwillig die wissenschaftlichen Forschungsinstitute. Joffe konnte jetzt das Physikalisch-technische Institut gründen, in dem Kapitza nach seinem Abschluß Anfang 1919 Mitglied wurde. Über seinen politischen Standpunkt ist nur wenig bekannt. Wahrscheinlich hatte er sozialistische Sympathien und blieb loyal.

Joffe nahm Kapitza als Assistent auf seine Reise nach Großbritannien mit. Kapitza befand sich in einer verzweifelten Stimmungslage: Die Spanische Grippe hatte seine Frau und sein Kind hingerafft. In Cambridge willigte Ernest Rutherford ein, ihn im Cavendish-Labor aufzunehmen. Sein Aufenthalt in England sollte ursprünglich nur einige Monate dauern, es wurden aber 13 Jahre daraus.

Im Cavendish-Labor bestimmte Kapitza den Energieverlust von Alpha-Teilchen. Dazu waren stärkere Magnetfelder erforderlich, um die Teilchenbahnen hinreichend krümmen zu können. Kapitza schlug 1923 vor, anstelle konstanter sehr kurz gepulste Magnetfelder zu benutzen, die

wesentlich stärker gemacht werden konnten. Rutherford förderte dieses Projekt, und Kapitza begann jetzt, seine eigenen Ideen zu entwickeln, wobei er schließlich Rutherfords favorisierte Strahlen-Studien aufgab.

Kapitzas Karriere verlief schnell: 1923 erhielt er seinen Dokortitel, 1925 wurde er graduerter Stipendiat am Trinity College, und 1929 wurde er in die *Royal Society* aufgenommen. Obwohl Kapitza die englische Sprache nie korrekt beherrschte, brachte er Leben in die Cambrider Gemeinde. Seit 1922 veranstaltete er ein informelles Seminar junger Physiker, das als Kapitza-Club bekannt wurde. Rutherford verlieh er den Spitznamen „Krokodil“. Kapitza näherte sich seinem Chef zwar mit einer Mischung aus Furcht und Bewunderung, aber er verkehrte mit ihm nicht so formell wie die anderen Schüler.

Bei der Erfindung eines Generators für superstarke Magnetfelder zeigte Kapitza, daß er die Fähigkeiten eines Physikers und die Talente eines Ingenieurs besaß. Diese Kombination war für seinen Forschungsstil charakteristisch. Er erzeugte Magnetfelder von 300 000 Gauß und nutzte sie zum Studium der magnetischen Eigenschaften von Festkörpern.

Kapitzas große, industriell hergestellte Maschinen markierten den Übergang des Cavendish-Labors zur „Großen Physik“. Sie erforderten viel Platz, und 1930 gelang es Rutherford, von der *Royal Society* das Geld für ein neues Labor zu bekommen. Es wurde 1931 gebaut, und Kapitza wurde zu seinem Direktor ernannt. Dort stellte er im April 1934 sein erstes flüssiges Helium her. Weitere Ex-

perimente kamen nicht mehr zur Ausführung. Als er 1934 in die Sowjetunion reiste, wurde ihm die Rückkehr nach England verweigert.

## LANDAU: LEBEN IN Leningrad UND Charkow

Lev Landau wurde am 22. Januar 1908 in Baku als Kind einer gutgestellten jüdischen Familie des Chefingenieurs einer Ölgesellschaft geboren. Sehr früh zeigte das Kind außergewöhnliches Interesse und großes Talent für die Mathematik und lernte hauptsächlich alleine. Als Landau 13 war, kannte er bereits die Infinitesi-



Abram F. Joffe (links), Ende der 20er Jahre.

malrechnung und hegte Selbstmordgedanken. Wegen seines Eigensinns und mangelnden Gehorsams hatte er zeitweilig am Gymnasium Schwierigkeiten.

Nachdem die Kommunisten 1920 die Macht in Baku übernommen hatten, wurden die Gymnasien durch neue Schulen ersetzt, und das ganze Erziehungssystem durchlief revolutionäre und chaotische Umwälzungen. Landau studierte zu Hause, dann an einer Berufsschule, zusammen mit seiner älteren Schwester, die mit ihm die gleiche Klasse besuchte.

1922 bestand er ohne formellen Schulabschluß die Aufnahmeprüfungen für die physikalisch-mathematische Abteilung der neuorganisierten Universität von Baku.

Die sowjetische theoretische Physik erhielt Zuwendungen aus der *Rockefeller-Stiftung*. Im Jahr 1925 gingen Frenkel und Krutkov, 1927 Fock und 1929 Gamov mit einem einjährigen Graduiertenstipendium nach Mitteleuropa. Landau reiste zwischen Oktober 1929 und April 1930 zunächst mit einem sowjetischen Stipendium nach Berlin, Göttingen, Leipzig, Zürich und Kopenhagen. Als er von der *Rockefeller-Stiftung* sein Graduiertenstipendium erhielt, teilte er das Jahr zwischen Cambridge, Kopenhagen und Zürich auf. Er bedauerte, daß die interessantesten Probleme der Quantenmechanik bereits gelöst waren: Die Physiker arbeiteten jetzt an ihrer Anwendung auf den Festkörper und an Problemen der relativistischen Quantenmechanik.

In Cambridge traf Landau mit Kapitza zusammen, dem er bei seiner Untersuchung des Elektronen-Diamagnetismus von Metallen Anregungen verdankte. Wolfgang Pauli hatte 1927 erklärt, daß der Paramagnetismus vom Elektronenspin herrühre; Landau zeigte, daß diese Erklärung nicht ausreichte, weil die Bewegung der Elektronen in einem Magnetfeld einen zusätzlichen magnetischen Quanteneffekt mit entgegengesetztem Vorzeichen hervorruft.

Paulis Kritik an der relativistischen Quantenphysik hatte zwei von Landau und Rudolf Peierls in Zürich verfaßte Artikel zur Folge. Sie formulierten ein korpuskulares Äquivalent zur Heisenberg-Paulischen Quantenfeldtheorie, weil diese nicht die fundamentalen Schwierigkeiten zu lösen vermochte. Der zweite Artikel enthielt eine radikale Kritik der relativistischen Quantentheorie und behauptete, daß die fundamentalen Grenzen der Meßbarkeit hier viel stärker als in der nichtrelativistischen Quantenmechanik seien und die weitere Revolution der physikalischen Begriffe unausweichlich mache. Bohr und Rosenfeld haben drei Jahre danach eine Erwiderung auf Landau und Peierls geschrieben.

Landau kehrte im März 1931 nach Leningrad zurück, ein reifer Physiker, aber noch nicht ein reifer Mann. Seine Aufgabe – wie er sie verstand – war die Begründung einer sowjetischen theoretischen Physik. Er be-

kam eine Stelle an Joffes Institut, aber er blieb dort nicht lange. Im Sommer 1932 wurde er nach Charkow versetzt, der damaligen Hauptstadt der Ukraine, um dort an dem 1930 eröffneten Ukrainischen Physikalisch-technischen Institut (UFTI) zu arbeiten.

Das UFTI sollte das erfolgreichste unter den neuen Instituten werden, die mit Joffes Unterstützung im ganzen Land entstanden. Mehrere junge ukrainische und Leningrader Physiker bildeten seinen Kern. Sie waren die ersten im Land, die Nuklearphysik und Tieftemperaturforschung betrieben und die theoretische Physik auch als selbständige Disziplin behandelten.

Lev Kamenev, einst ein wichtiger Bolschewik und damals Leiter der wissenschaftlichen Abteilung des Industrie-Ministeriums, hatte Kapitza 1929 eingeladen, das UFTI zu leiten. Obwohl Kapitza noch in Cambridge bleiben wollte, nahm er die Stellung eines offiziellen Beraters des UFTI an. Er besuchte die Sowjetunion häufig während der Sommerferien und kam manchmal auch nach Charkow. Der 30jährige Lew Schubnikov leitete dort das Tieftemperaturlabor. Er erwarb einen Meissner-Verflüssiger, experimentierte ab 1932 mit flüssigem Helium und leistete bedeutende Beiträge zur Kenntnis der Supraleitung.

Eine ähnliche Entwicklung vollzog sich in der theoretischen Physik. Während Joffe versuchte, Ehrenfest für Charkow zu gewinnen, wurde die Theorie zunächst von Ivanenko und seit 1932 von Landau vertreten. Als Ivanenko nach Leningrad zurückkehrte, nahm Landau seine Position ein. Nach und nach baute Landau nun seine eigene Schule auf. Dabei verlangte er nicht nur die wissenschaftliche, sondern auch die persönliche Unterordnung seiner Schüler. Die ersten waren Alexander Kompaneetz, Evgeni Lifšitz, Jusik Pomerančuk und Alexander Achieser.

Ehe Landau neue Aspiranten annahm, prüfte er sie gründlich in verschiedenen Zweigen der theoretischen Physik. Dieses System wurde später als Landau-Minimum kodifiziert.

Landau verließ nun das Gebiet der Grundlagenforschung und verlangte

von sich selbst und seinen Schülern konkrete Ergebnisse. Es wurden Berechnungen in der Quantenelektrodynamik, über Paarbildung und über die Streuung von Photonen an Photonen durchgeführt. Die Hauptleistungen der Charkower Zeit aber fallen in das Gebiet der Theorie der Festkörper. 1933 sagte Landau das Phänomen des Antiferromagnetismus voraus und stellte eine entsprechende Theorie auf. Damit wurde die Frage nach der internen Struktur von Magneten eröffnet und die Domänentheorie des Ferromagnetismus (1935) begründet.

Es folgte 1937 die allgemeine Theorie der Phasenübergänge der ersten und der zweiten Art. Durch Diskussionen mit Schubnikov angeregt, versuchte Landau, das Problem der Supraleitung zu lösen. Er stellte 1937 eine Theorie des Zwischenzustandes auf, bei dem sich Schichten von supraleitenden und normalen Phasen abwechseln.

## WISSENSCHAFTLICHE ERFOLGE UND POLITISCHE SCHWIERIGKEITEN

Kapitza geriet 1934 in eine unangenehme Lage. Ihn in der Sowjetunion festzuhalten, entsprach der neuen politischen Richtung des Abbaus aller



Karikatur Lev D. Landaus von A. Jusefovich mit der Unterschrift: „Dau sagte...“

internationalen Kontakte. Als halben Ausländer erwarteten ihn anstelle von Komfort und Respekt Verdächtigungen und Beschattung. Sogar seine früheren Kollegen, Joffe und Nikolai Semjonov, rechtfertigten, daß er festgehalten wurde. Seine wissenschaftlichen Apparate blieben in Cambridge, und er konnte seine Forschungen nicht fortsetzen. Fast ein halbes Jahr lang kämpfte er vergeblich um seine Freilassung, während seine zweite Frau, Anna Krilowa, die er als russische Emigrantin in Paris kennengelernt hatte, mit Hilfe von Rutherford und Dirac in Cambridge seine

Rückreise nach England zu erwirken suchte. Als alle Versuche fehlgeschlagen waren, kam sie mit ihren zwei Kindern nach Moskau.

Die Regierung beschloß, für Kapitza in Moskau ein spezielles, der Akademie der Wissenschaften unterstehendes Institut für Physikalische Probleme aufzubauen, und stellte auch genug Mittel zur Ausstattung mit Geräten aus Cambridge bereit.

Kapitza mußte seine Karriere neu beginnen, und er änderte dabei seine Strategie, indem er sich um die Gönnerschaft hoher Politiker bemühte. Er verfaßte lange Briefe an politische



Jakov Frenkels Seminar am Leningrader Polytechnischen Institut 1929, von links nach rechts: Lev Gurevič, Landau, Lev Porenkevič, Agnes Arsenieva, Frenkel, George Gamov, Maniusnij (Vorname nicht bekannt), Dmitri Ivanenko und Grigori Mandel.

## KAPITZA UND LANDAU

Führer – von unbedeutenderen bis zum Premierminister Molotow und Genossen Stalin –, in denen er seine Kritik trotz der damit verbundenen Gefahr zum Ausdruck brachte. Kapitza zeigte sich, wahrscheinlich ganz aufrichtig, als überzeugter Sozialist. Er protestierte gegen die Bürokratie und erörterte seine persönlichen und beruflichen Probleme im Zusammenhang mit der Wissenschaft und Wissenschaftspolitik des Landes. Er hatte zwar bei den Politikern wenig erzieherischen Erfolg, erreichte aber, daß er bekannt und ernstgenommen wurde.

Mit dem Aufbau und der Organisation seines Instituts, der Anschaffung der Ausrüstung und anderem war Kapitza fast zwei Jahre beschäftigt. Das Institut war im britischen Stil konzipiert, also viel kleiner als der sowjetische Standard. Als er endlich im Herbst 1936 seine Forschungen wieder aufnehmen konnte, suchte er nach einem Theoretiker. Nachdem Max Born und Viktor Weisskopf abgelehnt hatten, zog er Landau in Betracht, der gerade in Charkow in Schwierigkeiten geraten war.

Landau hatte seit 1935 den Lehrstuhl für allgemeine Physik an der Universität Charkow inne. Nach einem Streit kündigte ihm der Rektor im Dezember 1936 die Entlassung an. Aus Protest reichten sieben Schüler und Kollegen des UFTI ihre Rücktrittsgesuche ein. Ein solcher Vorfall war Anfang 1937 infolge der Verfolgung der „Trotzkisten“ äußerst gefährlich. Ein rascher Ortswechsel erhöhte oft die Überlebenschancen. Landaus Verschwinden aus Charkow kam selbst für seine engsten Freunde überraschend. Nach zwei Wochen teilte er in einem Brief mit, er habe eine Stelle am Institut für Physikalische Probleme in Moskau angenommen.

Im Februar 1937 hatte Kapitza in Moskau das erste flüssige Helium hergestellt. Flüssiges Helium existiert in zwei Phasen: Helium 1 (zwischen 2,19 und 4,2 K), eine siedende Flüssigkeit, und Helium 2 (unter 2,19 K). 1936 berichtete Willem Hendrik Keesom aus Leiden von der außerordentlich hohen Wärmeleitfähigkeit des Heliums 2 und sprach von einer neuen Art von „Supraleitfähigkeit“ neben der bekannten elektrischen Leit-

fähigkeit. Kapitza aber mutmaßte, daß es keine wirkliche Wärmeleitung sei, sondern Wärmetransport durch Konvektion, begünstigt durch die niedrige Viskosität des Heliums. Er entschied, die Viskositätsmessungen genauer zu überprüfen, und ließ, um Turbulenzen zu vermindern, Helium durch eine winzige Spalte zwischen zwei Platten fließen. Seine Vermutung wurde mehr als bestätigt. Die Viskosität war etwa 1500mal niedriger als der alte Wert. Seine Entdeckung der „Supraflüssigkeit“ wurde Anfang Dezember 1937 in der Zeitschrift *Nature* bekanntgegeben.

Es folgten weitere Untersuchungen der Eigenschaften des Heliums 2, wobei das Moskauer Team mit anderen Gruppen wetteiferte. Kapitza gelang es schließlich, die Wärmeleitfähigkeit mit größerer Genauigkeit als Keesom zu bestimmen. Mit Konvektion ließ sich die hohe Wärmeleitfähigkeit nicht erklären, weil die erforderliche Geschwindigkeit zu hoch war. Im Jahre 1940 zeigte Kapitza mit einem eleganten Experiment, daß die hohe Wärmeleitung durch einen direkten Flüssigkeitsstrom statt unre-



Während einer Konferenz zur Niedrigtemperaturphysik in Kiew 1955, von links nach rechts: Evgenij M. Lifšitz, I. M. Chalatinow, Landau, H. Achieser und A. Achieser.

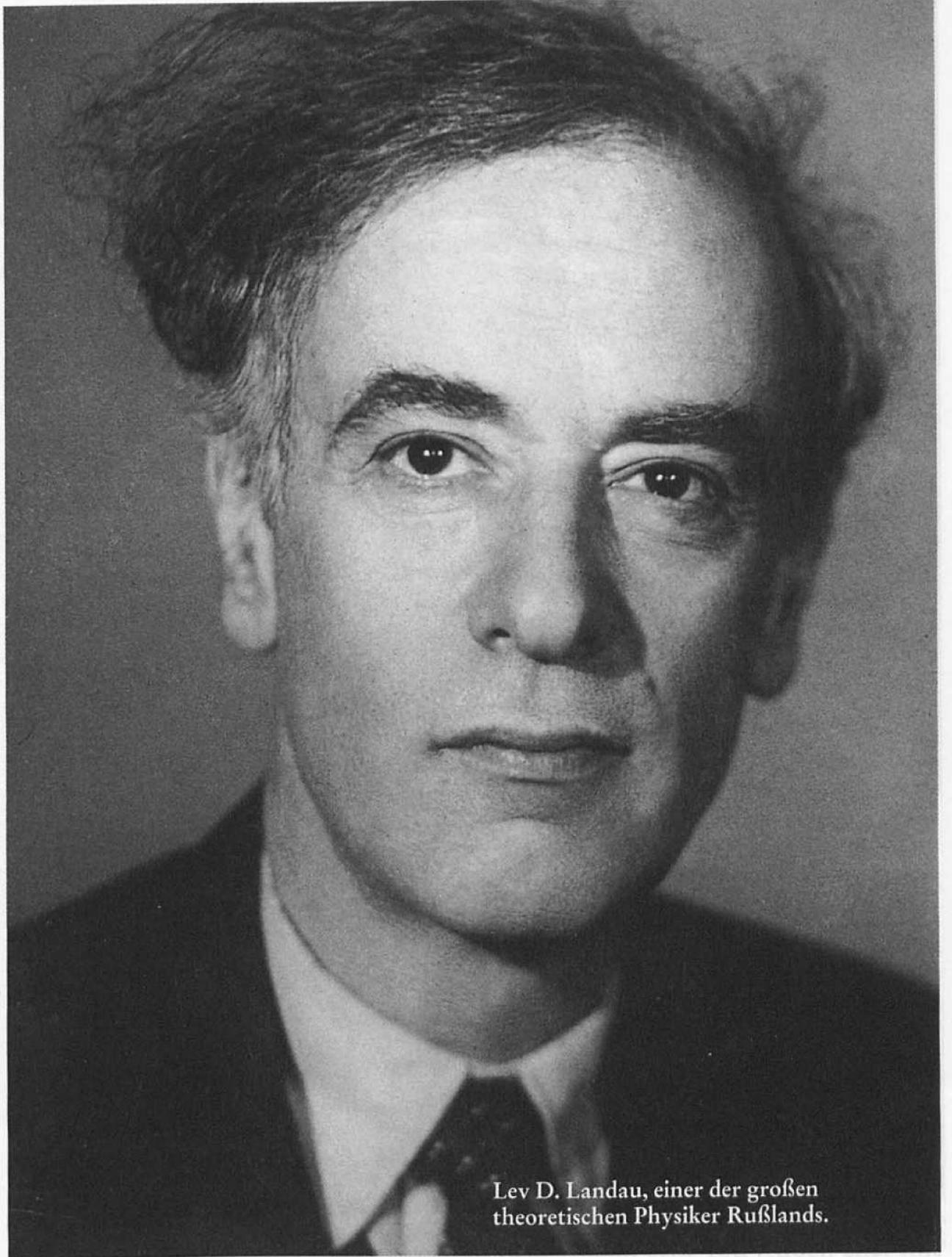
gelmäßiger Konvektionsbewegungen erklärt werden kann: Ein in ein Heliumbad eingetauchter, geschlossener Glaskolben wurde mit Licht erhitzt. Das beständig durch eine Kapillare ausströmende Helium traf auf ein leichtes Blatt, das den mechanischen Druck der Strömung maß.

Überraschenderweise konnte keine Strömung nach innen nachgewiesen werden, obwohl das kältere Helium irgendwie nach innen gelangen mußte, um das ausströmende zu ersetzen. Kapitza vermutete, daß das kältere Helium in einer sehr dünnen Schicht entlang den Wänden der Kapillare zurückfloß. Das Helium verhielt sich, als ob es aus zwei Anteilen mit unterschiedlichen Eigenschaften bestünde.

Das Rätsel sollte Landau im Jahre 1941 lösen, nach seiner Freilassung aus dem Gefängnis. Die Säuberungsaktionen haben Charkower Physiker besonders stark betroffen. Unter anderen wurden im August 1937 Schubnikov und Rosenkevič verhaftet, zu dem Geständnis gezwungen, zusammen mit Landau eine antisowjetische Gruppe für Sabotage gebildet zu haben, und nach einem kurzen Prozeß erschossen.

Die Staatspolizei verfolgte Landau bis nach Moskau. Obwohl er kein Kommunist war, sympathisierte er mit der kommunistischen Linken, die in Opposition zu Stalin stand. Der Massenterror von 1937 hatte die Illusionen vieler revolutionärer Optimisten zerstört. Im April 1938 verfaßte Landau mit zwei jüngeren Kollegen im Namen eines imaginären „Moskauer Komitees der antifaschistischen Arbeiterpartei“ ein Flugblatt gegen das Stalinistische Regime, und einige Tage später wurden sie verhaftet. Zu Landaus Glück war der Höhepunkt der Säuberungen schon vorbei; der Prozeß dauerte längere Zeit, genug für Kapitza, um Landau zu retten.

Kapitza hatte inzwischen seine Verbindungen zu höheren politischen Kreisen genutzt und erreichte die Freilassung von Fock und einigen anderen Physikern. Im Falle Landaus wandte er sich sofort, aber vergeblich, mit einem Brief an Stalin. Nach einem Jahr schrieb er an Molotow, daß er Landaus Hilfe für die Erklärung seiner Entdeckungen bei Tieftemperaturen benötige, und schlug vor, Landau



Lev D. Landau, einer der großen theoretischen Physiker Rußlands.

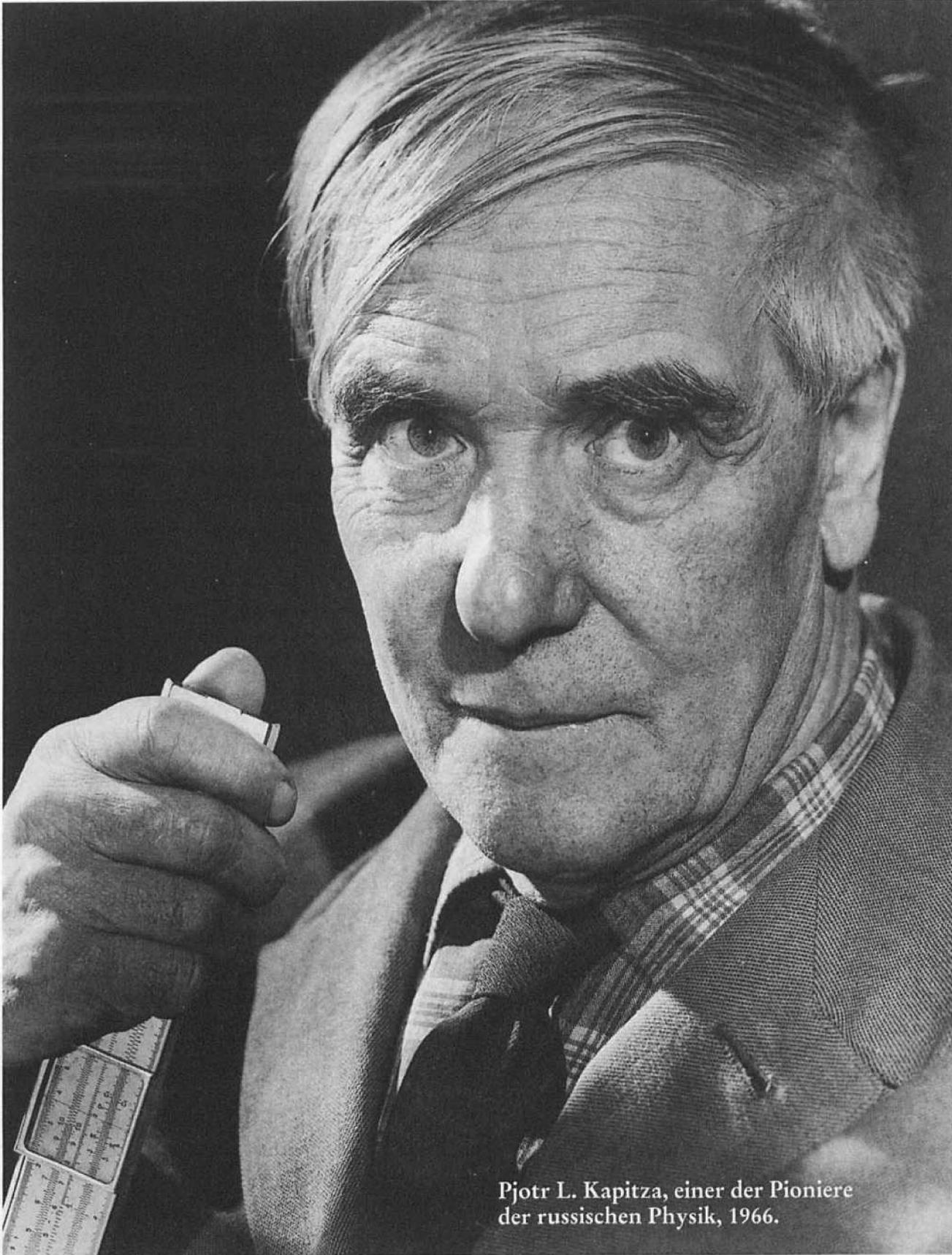
im Gefängnis forschen zu lassen. Im April 1939 wurde Landau gegen eine Bürgschaft freigelassen, und Kapitza hatte eine Erklärung zu unterzeichnen, daß er Landau von weiteren konterrevolutionären Tätigkeiten abhalten werde.

Laszlo Tisza hatte inzwischen eine Zwei-Flüssigkeiten-Theorie des Heliums aufgestellt, in der er den supraflüssigen Zustand von Helium 2 als ein entartetes Bose-Gas beschrieb. Landau kritisierte diesen Ansatz mit dem Hinweis, daß die starken Wechselwirkungen zwischen den Bestandteilen kondensierter Materie die für ideales Gas gültigen Modelle sinnlos machten. Er benutzte statt dessen den Begriff der „elementaren Anregung“, die heute als „Quasipartikel“ (Exzi-

den Ende der sowjetischen Wissenschaften, Phononen und so weiter) bezeichnet werden.

Das Institut wuchs und bekam eine Theorieabteilung – den institutionellen Sitz für Landaus Schule. Schon vor 1941 leitete Landau ein Seminar, an dem Physiker wie Arkadi Migdal, Isaak Chalatnikov und Jakov Smorodinski teilnahmen. Später kamen Ilja Dsjalošinski, Wladimir Berestetzki, Lev Pitaewski, Aleksej Abrikoskov und Lev Gorkov hinzu.

Die Arbeit an dem berühmten Lehrbuch der theoretischen Physik begann schon in Charkow. Landau lieferte den Plan und diskutierte die Ideen mit den Koautoren. Leonid Pjatigorski schrieb die Mechanik (1940), Matweij Bronstein die erste Fassung der statistischen Physik



Pjotr L. Kapitza, einer der Pioniere der russischen Physik, 1966.

(1938), Lifšitz die Feldtheorie. Die Quantenmechanik (1948) und andere Bände kamen später hinzu.

Schulen mit stark patriarchalischen Strukturen sind für die sowjetische Wissenschaftsgemeinde charakteristisch. Landau liebte, belehrte, neckte und terrorisierte seine Schüler. In den Seminaren zeigte er seine intellektuelle Überlegenheit, und er schämte sich nie, seinen Studenten zu sagen, sie seien „dumm“. Dieses autoritäre Auftreten aber wiederum half Landau, das hohe wissenschaftliche Niveau zu halten und den Einfluß seiner Schule auszudehnen.

In den Nachkriegsjahren setzte Landau seine Forschungen über den kondensierten Zustand der Materie fort. 1946 entdeckte W. Peschkow

den von ihm vorausgesagten zweiten Schall in Helium. Landau mußte jedoch seine Theorie modifizieren, um die quantitative Übereinstimmung mit dem Experiment zu erreichen.

Zwischen 1956 und 1958 entwickelte Landau eine Theorie des flüssigen Heliums 3, des Heliumisotops mit der Masse 3. Es gehorcht der Fermi-Statistik und hat daher ganz andere Eigenschaften. Die Theorie der Fermi-Flüssigkeit wird nicht nur auf Helium, sondern auch auf Systeme von Elektronen in Metallen angewandt, die ebenfalls mit Hilfe von Quasipartikeln beschrieben werden können. Die 1950 von Vitali Ginzburg und Landau aufgestellte phänomenologische Theorie der Supraleitung lieferte eine gute Beschreibung

der Tatsachen. Eine endgültige Lösung des Problems wurde erst 1967 durch John Barden, Leon Cooper und John Schrieffer geliefert.

Landaus Arbeit zur Theorie der kondensierten Materie, insbesondere der Metalle und Quantenflüssigkeiten, ist nicht nur wegen ihrer besonderen Ergebnisse, sondern auch aufgrund der darin entwickelten Methoden wichtig. Sie schuf die Grundlagen für viele Zweige dieses Gebietes. Auch der Begriff der Quasipartikel erwies sich als sehr nützlich. Andere Physiker wie Frenkel und Tamm hatten ihn ebenfalls verwendet, aber erst durch Landau und seine Schule wurden Quasipartikel als universaler Ansatz erfolgreich bei verschiedensten Problemen eingeführt.

Im Gegensatz dazu stand Landau in der relativistischen Quantentheorie etwas außerhalb des Geschehens. Er betrachtete die Technik der Renormierung, ebenso wie Dirac oder Pauli, nur als formal zufriedenstellend und nahm, zusammen mit Schülern, das fundamentale Problem der Divergenzen zwischen 1953 und 1960 in einer Reihe von Aufsätzen in Angriff.

Aufgrund seiner Leistungen auf fast allen Gebieten der theoretischen Physik und seines klassischen Lehrbuchs der theoretischen Physik gehört Landau zu den einflußreichsten Physikern des 20. Jahrhunderts. Im November 1962 wurde er „für seine bahnbrechenden Theorien der kondensierten Materie, insbesondere des flüssigen Heliums“ mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Ein tragischer Autounfall im Jahr 1962 trug weiter zu Landaus Popularität bei. Der Kampf um sein Leben wurde zu einer internationalen Angelegenheit. Die Ärzte retteten ihm zwar das Leben, aber nicht die Fähigkeit, weiter zu arbeiten. Landau starb am 3. April 1968 in Moskau.

### KAPITZAS SPÄTWERK UND ARBEIT FÜR DEN INDUSTRIEKOMPLEX

Im Jahre 1939 wurde Kapitza volles Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Er arbeitete bis zum Kriegsbeginn 1941 mit flüssigem Helium. Dann brach er die Grundlagenforschung ab und wandte sich industriellen Anwendungen zu. Schon 1938

hatte er eine Maschine erfunden, die flüssige Luft durch adiabatische Expansion in einer Turbine erzeugte. Die Maschine versprach, effizienter zu arbeiten als die gängigen. Kapitza schrieb an Molotow und erreichte, daß sein 1938 entwickeltes Verflüssigungsverfahren für die Produktion von flüssigem Sauerstoff eingesetzt wurde.

Der Staatliche Schweißindustriekomplex aber war mehr an Standardproduktionsplänen als an komplizierten Neuerungen interessiert. Dennoch gelang es Kapitza, den Industriekomplex 1940 dazu zu bringen, erste Prototypen seiner Maschine zu bauen. Während des Krieges produzierten seine Maschinen Sauerstoff für Piloten, für Sprengstoff und für Krankenhäuser. Als das Institut für Physikalische Probleme nach Kasan evakuiert wurde, entwarf Kapitza eine größere Sauerstofffabrik, die in der Nähe von Moskau gebaut werden sollte. Wieder war Kapitza mit der Geschwindigkeit des Baus unzufrieden und bat Molotow um zusätzliche Vollmachten.

Von 1943 an leitete Kapitza einen Sauerstoff-Industriekomplex und war nur dem Ministerrat direkt verantwortlich. Für seine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Regierung wurden ihm Stalin-Preise, Lenin-Orden und die höchste zivile Auszeichnung eines „Helden der sozialistischen Arbeit“ verliehen. Als er daraufhin den Schweißindustriekomplex unter seine Kontrolle zu bringen versuchte, kam er mit dem Vizepremierminister und früheren Chef der Staatspolizei, Lavrenti Berija, in Konflikt. Weitere Reibungen ergaben sich bei der Mitwirkung an der Entwicklung der sowjetischen Atombombe. Dieses 1943 unter Igor Kurčatov begonnene Unternehmen wurde nach Hiroshima zu einer Angelegenheit höchster Staatspriorität. Unter Berijas Leitung wurden ein Spezielles Staatskomitee für die Atombombe gebildet und Kapitza, Joffe und Kurčatov zu Mitgliedern ernannt.

Im Herbst 1945 richtete Kapitza zwei lange Briefe an Stalin, in denen er sich über Berijas Benehmen beschwerte. Er schlug vor, man solle den Wissenschaftlern mehr Mitsprache bei diesem Projekt einräumen. Weil er sich für das Unternehmen

verantwortlich fühle, aber nicht die Macht habe, um seine Vorstellungen zu verwirklichen, bat er (wahrscheinlich rhetorisch) um seine Entlassung. Diesmal verlor er seine politische Schlacht. Die Entlassung aus dem Komitee wurde Kapitza gewährt. Im August 1946 wurde er außerdem vom Ministerrat seiner Direktorenstellen im Sauerstoff-Industriekomplex und am Institut für Physikalische Probleme enthoben.

Mit seinem Gehalt als Mitglied der Akademie der Wissenschaften lebte Kapitza nun auf seiner Datscha außerhalb Moskaus und baute ein kleines privates Labor auf. Seine Rehabilitation erlangte er erst im September 1953, als Berija unter Nikita Chruschtschow seines Amtes enthoben wurde. Kapitzas Datscha wurde von der Akademie als „Labor für Physikalische



Kapitza und Fock, Karikatur von Anna Kapitza. Der Text von Leonid Kapitza, 1953: „Pierrot ist bestürzt und gekränkt – welch unglaublicher Skandal, so zu behandeln ein Integral! Grob zu verletzen Null und Unendlich! Wann hört diese Unachtsamkeit endlich auf? Oh, Colombine, Colombine mein, wie kannst du nur so mutwillig sein!“

sche Probleme“ anerkannt. 1955 wurde er wieder Direktor seines ehemaligen Instituts und übte bis zum Ende seines Lebens großen Einfluß im Führungsstab der Akademie aus.

Obwohl sein Institut weiterhin das Zentrum für Tieftemperaturforschung blieb, hat Kapitza sich anderen Themen zugewandt. Er widmete sich

nun der Hochleistungselektronik und konstruierte neue Generatoren für Hochfrequenzstrahlung vom Typ des Magnetron (Planatron und Nigotron). Er hoffte, Strahlung für den Energietransport erzeugen zu können und damit einen Beitrag zur Energietechnik zu liefern. Kapitza produzierte und untersuchte mit seinem Generator Plasma und versuchte 1970, ihn als Prototyp eines Kernfusionsreaktors vorzuschlagen.

Kapitza schuf nicht, wie Landau, eine Schule. Er bevorzugte es, formale Strukturen zu leiten, so das Institut und den Industriekomplex, und bewältigte seine eigenen Forschungen mit wenigen Assistenten. So konnte er in seinen Bemühungen um einen Fusionsreaktor schwerlich mit dem großphysikalischen Tokamak-Projekt konkurrieren.

Nach Stalins Tod baute die Sowjetunion vorsichtig Beziehungen zum Westen auf. Kapitza durfte 1965 nach Kopenhagen reisen, um die Niels-Bohr-Medaille in Empfang zu nehmen. In den folgenden Jahren häuften sich die Auslandsreisen, die freilich jedesmal eine spezielle Einladung erforderten. Im Jahre 1978 wurde er als 84jähriger mit dem Nobelpreis für „seine grundlegenden Erfindungen und Entdeckungen in der Tieftemperaturphysik“ ausgezeichnet.

Als Kapitza am 8. April 1984 starb, schien es, als habe die sowjetische Wissenschaft an Freiheit verloren. Aus der heutigen Perspektive gesehen, scheint sein Tod jedoch eher mit dem Ende der „sowjetischen Wissenschaft“ zusammenzufallen. □

*Der Beitrag ist die gekürzte Fassung aus dem zweibändigen Werk Die Großen Physiker, das im März 1997 im Verlag C.H.Beck, München, erscheint.*

## DER AUTOR

Alexej Kojevnikov, Dr. rer. nat., hat am Moskauer Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte der Russischen Akademie der Wissenschaften vor allem über die Geschichte der Quanten- und Quantenfeldtheorie gearbeitet. Gegenwärtig forscht er am California Institute for Technology in Pasadena.