

教师阅览室

8380103

1955.10.10

1955.10.10

R81-5
E701
8380102
外文书库

IXth INTERNATIONAL CONGRESS OF RADIOLOGY

23. VII. — 30. VII. 1959 IN MÜNCHEN

ABHANDLUNGEN - TRANSACTIONS
TRAITÉS - ACTAS

HERAUSGEBER

PROF. B. RAJEWSKY

Dr. phil. nat., Dr. med. h. c., Dr. med. h. c.

FRANKFURT a. M.

PRÄSIDENT DES KONGRESSES

REDAKTIONSKOMITEE

Prof. Dr. J. Becker, Heidelberg · Prof. Dr. R. Glauner, Stuttgart
Prof. Dr. H. Langendorff, Freiburg/Br. · Prof. Dr. H. Meyer, Marburg/L.
Prof. Dr. H. Muth, Homburg/Saar · Sekretär des Redaktionskomitees:
Prof. Dr. F. J. Strnad, Frankfurt

1008 ABBILDUNGEN

Vol. 1

1961

GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART
URBAN & SCHWARZENBERG · MÜNCHEN · BERLIN

45
I-61

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der Verlage reproduziert werden.

© Georg Thieme Verlag, Stuttgart, Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1961. — Printed in Germany.

Satz und Druck: Darmstädter Echo GmbH., Darmstadt.

Vorwort

Die Abhandlungen des IX. Internationalen Kongresses für Radiologie liegen nunmehr gedruckt vor. Sie umfassen insgesamt 922 auf dem Kongreß gehaltene Vorträge. Von diesen sind 163 in vollem Wortlaut gedruckt worden. Dies sind Vorträge, die in Vollversammlungen des Kongresses oder in den Sitzungen der Sektionen auf Aufforderung der Kongreßleitung gehalten worden sind. Diese Vorträge haben die Richtlinien für die weiteren Verhandlungen des Kongresses gegeben. Von den übrigen, in den einzelnen Sektionen vorgetragenen Arbeiten sind etwa 85 in zwar gekürzter, aber über die Zusammenfassungen hinausgehender Form gebracht. Die freien Vorträge sind alle, nach Sektionen und nach den Hauptthemen eingeteilt, in den vorliegenden Abhandlungen enthalten. Dabei wurde jedem Vortragenden die Möglichkeit gegeben, seine Zusammenfassung (Abstract) zu ändern und zu erweitern. Der erste Teil der Abhandlungen ist dem offiziellen Teil der Kongreßverhandlungen gewidmet. So sind die beiden Bände der Abhandlungen entstanden. Die Hauptschwierigkeit lag dabei in der Sammlung der Manuskripte. Es wurde viel Zeit aufgewendet, bis alle Manuskripte vorlagen. Zeitliche Schwierigkeiten bedeutete ebenfalls das Lesen der Korrekturen, die erst von den Autoren und dann von der Redaktion gelesen werden mußten.

Nun sind aber alle diese Schwierigkeiten überwunden, und die beiden gedruckten Bände liegen vor. Sie spiegeln das gesamte Programm des Kongresses wider. Man kann aus ihnen entnehmen, daß das Ziel, das bei der Ausarbeitung des Programms gestellt wurde — einen Querschnitt über die Entwicklung und den jetzigen Stand der gesamten medizinischen Radiologie in ihrer großen Vielfältigkeit aufzuzeigen — voll erreicht wurde.

Es ergibt sich ein imponantes Bild der radiologischen Wissenschaft und der radiologischen Praxis. Aber nicht nur eine „Momentaufnahme“ des heutigen Standes der Radiologie enthalten die beiden Bände. Durch eine große Anzahl von Beiträgen weisen sie in die Zukunft der Radiologie. Hierin möge ihre besondere Bedeutung liegen.

Der Herausgeber

Eröffnungsansprachen

Begrüßung durch den gewählten Präsidenten des IX. Internationalen Kongresses
für Radiologie, Herrn Prof. Dr. B. Rajewsky

*

*Sehr verehrter Herr Bundesminister, sehr verehrter Herr Staatsminister,
sehr verehrter Herr Bürgermeister, Magnifizenzen, Spektabilitäten, Excel-
lenzen, meine Herren Kollegen, meine sehr verehrten Damen und Herren!*

Ich habe die Ehre, Sie zum Beginn des IX. Internationalen Kongresses für Radiologie hier in München recht herzlich willkommen zu heißen und Ihnen für Ihr Kommen zu danken. Ich hoffe, daß die Vorbereitungen zu diesem Kongreß nicht umsonst gewesen sind und daß Sie sich während Ihres Aufenthaltes in München wohlfühlen werden und der Kongreß für Sie, alle von Interesse und Nutzen sein wird.

Mit dem Kongreß sind drei Ausstellungen verbunden, und zwar eine Technische Ausstellung, eine Wissenschaftliche Ausstellung und eine Literatur-Ausstellung. Ich hoffe, daß diese Ausstellungen auch Ihr Interesse finden werden.

Ich danke Ihnen noch einmal für Ihr Erscheinen und gebe meiner Hoffnung Ausdruck, daß Sie sich auch zu Hause gern an diesen Kongreß erinnern werden. Dazu möge der Tagungsort, der im schönen Land Bayern liegt, beitragen.

Einführung des Präsidenten des IX. Internationalen Kongresses für Radiologie
durch den Präsidenten des VII. Internationalen Kongresses,
Herrn Prof. Dr. Flemming Møller

*

Herr Minister, meine verehrten Damen und Herren!

Ich habe die Ehre, in Vertretung des leider erkrankten Präsidenten des VIII. Internationalen Kongresses für Radiologie, Herrn Professor Madrazo, den Präsidenten des IX. Internationalen Kongresses für Radiologie einzuführen und ihm die Kette des Präsidenten zu überreichen. Es ist eine große Ehre, diese Kette zu tragen. Sie ist ein Sinnbild der guten und notwendigen Zusammenarbeit der Radiologen aller Länder.

Sie, Herr Professor Rajewsky, repräsentieren mit Ihren reichen Erfahrungen und hervorragenden wissenschaftlichen Arbeiten einen Zweig der Radiologie, der Jahr um Jahr nicht nur zum Nutzen der Radiologie, sondern auch zum Wohle der gesamten Menschheit wächst und an Bedeutung zunimmt.

Mit den besten Wünschen für Sie und für eine erfolgreiche und fruchtbringende Zusammenarbeit mit den Radiologen aller Länder übergebe ich Ihnen hiermit die Kette.

Dank von Prof. Rajewsky

*

Sehr verehrter Herr Flemming Møller!

Das Schicksal hat gewollt, daß Sie zum zweitenmal die Präsidentenkette einem neuen Präsidenten übergeben; doch um so mehr freue ich mich, diese Kette aus Ihren Händen zu bekommen und danke Ihnen herzlich. Ich bedauere außerordentlich, daß Herr Professor Madrazo nicht in der Lage ist, mir diese Kette zu überreichen. Ich habe ihm schon telegraphiert, und da ich weiß,

daß Herr Madrazo in Gedanken heute bei uns weilt, habe ich ihm auch für die Überreichung der Kette genauso wie Ihnen, lieber Herr Möller, gedankt. Ich werde versuchen, die Kette so zu tragen, daß in den nächsten drei Jahren meiner Amtstätigkeit das Niveau auf dem Gebiete der Radiologie nicht nur erhalten bleibt, sondern daß unsere Forschungsergebnisse der Menschheit zum Segen gereichen. Ich danke Ihnen noch einmal recht herzlich!

Übergabe der Ehrengabe der Stadt Remscheid durch Herrn Oberbürgermeister W. Frey

*Herr Bundesminister, Herr Ministerpräsident, sehr verehrter Herr Präsident,
hochverehrte Festversammlung!*

Es ist mir eine Ehre, zugleich aber auch ein großes Bedürfnis, in dieser Stunde Ihnen, sehr verehrter Herr Präsident, einen Gruß und eine Ehrengabe der Stadt Remscheid überbringen zu dürfen. Zu Ehren Wilhelm Conrad Röntgens, dem großen Sohn unserer Stadt, haben wir im Jahre 1932 in Verbindung mit der Deutschen Röntgengesellschaft das Deutsche Röntgenmuseum gegründet und seitdem erheblich erweitert.

Aus dem Holz des Geburtshauses, in dem die erste Sitzung des Exekutiv-Komitees stattgefunden hat, haben wir einen Hammer anfertigen lassen, den ich nunmehr dem Präsidenten des Kongresses als ein Geschenk der Stadt Remscheid und als eine Gabe des Deutschen Röntgenmuseums mit dem Wunsche für eine fruchtbare Arbeit aller Radiologen überreiche. Ich möchte damit gleichzeitig auch die Hoffnung verbinden, daß die Zusammenarbeit zwischen dem Deutschen Röntgenmuseum und allen im Geiste Röntgens Tätigen erhalten bleibe, um das Vermächtnis Röntgens zu pflegen.

Übergabe einer Ehrengabe im Auftrag von Dr. Coolidge, USA,
durch Herrn E. D. Trout

Herr Dr. Trout würdigte die für die Entwicklung der Radiologie so bedeutungsvolle Arbeit der „Internationalen Kommission für Radiologische Einheiten“. In Erinnerung an die lange und traditionsreiche Arbeit der Kommission überreichte Herr Dr. Trout im Auftrage von Herrn Dr. Coolidge einen ‚ceremonial gavel‘, in dem die Wolfram-Anode einer der ersten Coolidge-Röhren eingelassen ist und verlas folgenden Brief:

Honored Members of the International Congress of Radiology meeting in Munich!

It is indeed a pleasure for me to send you this symbolic gavel as a token of my appreciation and esteem. It contains a copper and tungsten target as used in the earliest commercial forms of hot cathode X-ray tubes. Our part in the development of the art which you practice has been the humble one of the toolmaker. The success of our efforts has been in large measure due to the generous cooperation which you as individuals have given us. We have also been greatly helped in adapting equipment to the needs of radiology by your publications in the journals of your societies and by your meetings with your congresses such as this.

May we express the hope that your gathering in Munich may be a pleasant one, that it will result in further advancement of the vital art which got its start in Germany at the hands of Roentgen, an art which has since received countless contributions from medical men, from scientists and from engineers all over the world.

William David Coolidge.

Prof. H. Holthusen
Ansprache bei der Kongreßeröffnung

*

Herr Bundesminister, Herr Präsident, meine Damen und Herren!

Zum neunten Male vereinigen sich die Radiologen aus aller Welt, um gemeinsam die Probleme zu erörtern, die sie beschäftigen und die Erfahrungen auszutauschen, die sie in den zwischen den Kongressen liegenden Jahren gemacht haben. Unser Kongreß ist in seinem Kern ein medizinischer Kongreß. Es waren klinische Radiologen, Thurstan Holland in London, Beclère in Paris und Forssell in Stockholm — um nur die drei bedeutendsten Initiatoren des Ersten Internationalen Kongresses für Radiologie zu nennen — die diesen Kongreß im Jahre 1925 in London ins Leben gerufen haben. Aber die Veranstalter des ersten Kongresses waren sich darüber klar, daß die medizinische Radiologie als Wissenschaft auf einer breiten Basis ruht und mit ihren Wurzeln nicht nur in alle Fächer der klinischen Medizin hineinreicht, sondern in ihren theoretischen wie in ihren technischen Grundlagen zu weiten Gebieten der Naturwissenschaften die engsten Beziehungen hat. In den wissenschaftlichen Programmen der Kongresse ist diese Vielfalt der Perspektiven für die medizinische Radiologie von Anfang an zum Ausdruck gekommen.

Abgesehen von den klinischen und theoretischen Fächern der Medizin selber sind es vor allem die Fächer der Physik und Biologie, die die tragenden Grundpfeiler der Radiologie als Wissenschaft bilden. Auf diesem Kongreß hat zum ersten Male diese Situation, daß die medizinische Radiologie entscheidend auf den Fundamenten der Physik und Biologie ruht, ihren sichtbaren Ausdruck in der Wahl unseres Präsidenten gefunden, der von der Physik herkommend in die Biologie hineingewachsen ist und der, wenn er an einem theoretischen Institut der Max-Planck-Gesellschaft das Fach der Biophysik vertritt, in seiner Person von jeher die engsten Beziehungen zur klinischen Radiologie unterhalten hat und in der Universität, in der er seinen Lehrstuhl hat, nicht nur der naturwissenschaftlichen, sondern auch der medizinischen Fakultät angehört.

Die weltweite Anwendung der ionisierenden Strahlen, die mit der technischen Verwendung der Kernenergie eingesetzt hat und sich noch in voller Entwicklung befindet, hat auch auf die Ärzte neue Verantwortung geladen. Sie und insonderheit die medizinischen Radiologen sind es, an die die besorgte Frage gerichtet wird, welcher Gefährdung die heutige Menschheit dadurch ausgesetzt ist, daß in ihren zivilisatorischen Einrichtungen die Anwendung ionisierender Strahlen eine ständig wachsende Rolle spielt. Die Ärzte, die seit 60 Jahren Erfahrungen über die Wirkungen dieser Strahlen auf den menschlichen Organismus gesammelt haben, sollten zu ihrer Beantwortung am ehesten kompetent sein. Sie sehen sich auch der Frage gegenübergestellt, in welchem Umfange sie etwa selber zu dieser Gefährdung der Menschheit durch ionisierende Strahlen beitragen. Mit dem Problem der Gefährdung durch die Strahlen stellt sich auch das Problem des Strahlenschutzes, dessen Grundlagen, auch wenn seine Durchführung in weitem Umfange eine physikalisch-technische Aufgabe ist, im ärztlich-biologischen Bereich liegen. So ist zu den traditionellen Fächern dieses Kongresses, der klinischen Radiologie, der Biophysik, Radiobiologie und technischen Physik das Thema des Strahlenschutzes neu hinzugekommen und wird durch eine besondere, von der Radiobiologie abgezweigte Sektion vertreten.

Die ständig wachsende Zahl der Besucher unserer Kongresse ist der sichtbare Ausdruck dieser sich immer weiter spannenden und ständig weiter differenzierenden Fragestellung, wie sie in unseren wissenschaftlichen Versammlungen erörtert werden. Es ist nicht zu verkennen, daß diese Entwicklung ihrerseits eine wachsende Problematik in sich birgt. Es soll nicht von den Problemen die Rede sein, die sich bei der organisatorischen Vorbereitung solcher Riesenkongresse ergeben und die die Zahl der Länder, in denen solche Kongresse überhaupt abgehalten werden können, einschränken. Die grundsätzlichen Einwände, die gerade von ernsthaften Wissenschaftlern gegen Kongresse gemacht werden, von der Art, zu der sich auch unser Kongreß immer mehr ausgebildet hat, beruhen vielmehr auf der Gefahr, daß sie durch die Fülle des Gebotenen ihr Gesicht verlieren und für den Einzelnen auf der Gefahr, sich auf diesen Kongressen zu verlieren. Aber sollten Einwände, wie diese, nicht bis zu einem gewissen Grade auf einer falschen Einschätzung dessen beruhen, was man von einem solchen Kongreß berechtigterweise erwarten kann? Gewiß, ein Symposium, auf dem sich Wissenschaftler eines bestimmten umgrenzten Arbeitsgebietes verabreden, kann sehr viel konzentrierter arbeiten. Aber die Möglichkeit, in einem Grenzgebiet, wie dem unseren, die Sachverständigen der verschiedenen Arbeitsrichtungen zu treffen und sich von ihren Erfahrungen anregen zu lassen und zu lernen,

ist nur auf einer Tagung wie der unseren gegeben. Dazu kommt, daß ein Fach wie das unsere mit seinen großen technischen Bedürfnissen stark an die Industrie gebunden ist und daß sich für die Industrie nur bei großen Tagungen der Aufwand lohnt, eine Schau ihrer Leistungen zu veranstalten, in einem Umfang, wie sie hier erfreulicherweise sich präsentiert.

Der I. Internationale Kongreß für Radiologie fand im Jahre 1925, nicht allzulange nach dem Ende des ersten Weltkrieges statt. Diejenigen, die ihn mitgemacht haben, werden sich noch an die auf diesem Kongreß zum Ausdruck gekommene Bereitschaft erinnern, in der gemeinsamen Arbeit die schweren Belastungen der damals noch nahe zurückliegenden Vergangenheit wenn nicht zu vergessen, so doch zurückzudrängen zugunsten einer Hinwendung zu den großen Aufgaben, die der Radiologie in ihrem noch jungen Fache gestellt waren und für ihr Wachstum der gemeinsamen Anstrengung aller Nationen bedurften. Zwölf Jahre später war in fünf aufeinanderfolgenden Kongressen der Geist, der die Gründer unseres Kongresses beseelte, schon zu einer so festen Tradition geworden, daß im Jahre 1937 der Internationale Kongreß in Chicago sich dazu entschließen konnte, den nächsten Kongreß, trotz der schon damals sichtbar peinvollen Verhältnisse in unserem Lande, nach Deutschland zu verlegen. Es kam nicht zu diesem Kongreß. Es kam die zweite schwere Belastungsprobe. Und wieder war es England, das das zerrissene Band von neuem knüpfte.

Wenn sich heute die Radiologen aus West und Ost hier in München zusammenfinden als Ergebnis des vor drei Jahren in Mexiko gefaßten Beschlusses, so war dieser Beschluß von demselben Geist getragen, der vor 35 Jahren unser erstes Zusammentreffen in London ermöglichte. Seien Sie versichert, daß wir das Vertrauen, daß Sie uns mit der Wahl Deutschlands zu diesem Kongreß entgegengebracht haben, als eine große Verpflichtung empfinden und das wir alles daran setzen werden, um es zu rechtfertigen.

Gestatten Sie auch mir, Sie zu diesem Kongreß sehr herzlich willkommen zu heißen!

Ansprache des Bundesministers für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft,
Herrn Bundesminister Prof. Dr.-Ing. Siegfried Balke

Herr Präsident, hochansehnliche Versammlung!

Die Bundesrepublik Deutschland fühlt sich durch den Beschluß des Präsidiums des Internationalen Kongresses für Radiologie hochgeehrt, den IX. Kongreß in München beherbergen zu dürfen. Mir ist der ehrenvolle Auftrag zuteil geworden, Ihnen, meine Damen und Herren, als Mitgliedern und Teilnehmern des bedeutsamen wissenschaftlichen Ereignisses die persönlichen Grüße unseres Staatsoberhauptes, des Herrn Bundespräsidenten, Herrn Theodor Heuss, und seinen aufrichtigen Dank für Ihr Hiersein zu überbringen. Der Herr Bundespräsident ist dankbar und glücklich, daß dieser für die Lebensbedingungen der Menschheit so wichtige Kongreß unsere Forscher und Ärzte in innige Berührung mit der internationalen Wissenschaft bringt, und er begleitet Sie in Gedanken bei Ihrer Tätigkeit während dieser Veranstaltung und an Ihren Forschungsstätten.

Auch die Grüße der Bundesregierung habe ich zu überbringen mit den besten Wünschen für eine internationale Zusammenarbeit auf diesem Kongreß, insbesondere die Wünsche des Herrn Bundesministers des Innern, der in unserer Regierung für das Gesundheitswesen verantwortlich ist. Ich selbst als sachlich beteiligtes Mitglied der Bundesregierung freue mich, heute hier anwesend sein zu können.

Meine Damen und Herren, vor etwa 350 Jahren erdachte der deutsche Mystiker Jakob Böhme, als er in Görlitz Schuhe nagelte, ein Bild des Universums, dessen beide Erscheinungsformen — die helle und die dunkle — durch Begierde und Wirren entstanden seien. In einem unwissenschaftlichen Zeitalter ohne exakte Terminologie glaubte und lehrte er, das Böse in der Welt sei nur ein möglich Gutes, das verdorben ist.

Dieser IX. Internationale Kongreß für Radiologie findet statt in unserem wissenschaftlichen Zeitalter und bedient sich einer exakten Terminologie, um das mögliche Gute an einer wissenschaftlichen Disziplin zu zeigen, die wegen ihres innigen Zusammenhanges mit den geheimnisvollen Lebensvorgängen nicht selten die Grenzen zwischen Wissen und Glauben berühren muß. Die Wissenschaft von der Wirkung energiereicher Strahlung auf die lebende Zelle steht unter dem wachsenden Druck der Furcht vor dem Bösen in der Welt.

Sie, meine Damen und Herren, werden als Kongreßmitglieder durch Ihre wissenschaftlichen Arbeiten zeigen können, daß unbeschadet der Notwendigkeit eines subtilen Forschungsinstrumentariums die stärkste Kraft Ihrer Wissenschaft deshalb die ist, dem Leben zu dienen und der Angst entgegenzuwirken. Die Ergebnisse Ihrer Forschertätigkeit und therapeutischen Arbeit und die rückhaltlose Mitteilung wissenschaftlicher Erkenntnisse wird es der Menschheit ermöglichen und erleichtern, ihre Schicksalsfragen zu entscheiden, die Begierde zur Zerstörung zu zähmen und den Willen zum Heilen zu stärken. So wird auch dieser Kongreß dazu beitragen — und das hoffen wir mit unserem Staatsoberhaupt wohl alle —, daß die humanita: nicht unter den Händen der Wissenschaft verstümmelt wird, sondern das menschliche Denken und Fühlen der Welt gestärkt werde.

Ansprache und Eröffnung des IX. Internationalen Kongresses für Radiologie
durch den Bayerischen Staatsminister, Herrn Gockel

*

Im Namen der Bayerischen Staatsregierung darf ich Sie zum IX. Internationalen Kongreß für Radiologie hier in München herzlich willkommen heißen.

Ich freue mich, daß Sie gerade München zum Tagungsort gewählt haben, eine Stadt, die in ihrem wissenschaftlichen Leben viele Berührungspunkte mit der Radiologie aufweist, in der auch Wilhelm Conrad Röntgen viele Jahre gewirkt hat.

Der Entdeckung der Röntgenstrahlen, die wohl als die Geburtsstunde Ihres Fachgebietes angesehen werden darf, sind inzwischen weitere, für die Menschheit wichtige Entdeckungen gefolgt. Insbesondere hat die Entdeckung der Kernspaltung eine stürmische Entwicklung und Ausweitung der Radiologie eingeleitet, die sich in der Differenzierung Ihres Vortragsprogramms in sechs große Hauptgebiete ausdrückt. Diese Entwicklung wirft, so viel Fortschritte sie auch in den verschiedensten Bereichen des Lebens in Aussicht stellen mag, auch manch ernste Frage auf und ruft in ihren Auswirkungen Legislative und Exekutive gleichermaßen auf den Plan. Der Schutz der Allgemeinheit wie des besonders exponierten Personals ist eine wichtige und dringliche gemeinsame Aufgabe für Wissenschaft und Verwaltung geworden. Diese Aufgabe wird erschwert durch die Erfahrungstatsache, daß die technischen Sicherheitsmaßnahmen bei der Neuerschließung eines Gebietes stets hinter der wissenschaftlichen Entwicklung zurückbleiben. Sie wird aber besonders dringlich gemacht durch die bisher gesammelten Erfahrungen über die Gefahren ionisierender Strahlen. Besonders heimtückisch erscheinen uns Laien die biologischen Spätwirkungen; unter diesen insbesondere die Gefahren für das menschliche Erbgut schlechthin. Alle diese Fragen und dazu das ehrliche Geständnis der Fachwissenschaftler über die Lückenhaftigkeit der bisherigen Erkenntnisse haben in der Bevölkerung zu einer gewissen Beunruhigung geführt, wenn auch die Gefahren, soweit es den friedlichen Sektor betrifft, weitgehend als beherrschbar angesehen werden dürfen. Es ist daher meiner und der Staatsregierung besonderer Wunsch, daß dieser Kongreß durch Vermittlung neuer Einsichten dazu beitragen möge, das dieser Situation innewohnende Risiko bannen zu helfen. Ihre Tagung, meine verehrten Damen und Herren, ist überwiegend auf medizinische Forschungen abgestellt. Keine Wissenschaft hat sich in ihrer geschichtlichen Entwicklung so ausschließlich friedlichen Zwecken gewidmet wie die Medizin. Die Sehnsucht des Menschen, sich von Elend und Krankheit zu befreien, rückt in unserer Zeit, dem Atomzeitalter, ihrer Erfüllung näher. Wenn Sie als Fachwissenschaftler Ihrer Länder, als Ärzte, Physiker, Techniker, Biologen, Genetiker und Juristen in den Arbeitskreisen des Kongresses zusammenarbeiten, so dient dies in erster Linie diesem schönen Ziel. Darüber hinaus bauen Sie in gemeinsamem Gedankenaustausch neue Brücken von Nation zu Nation, helfen beim Ausgleich von Gegensätzen und schaffen neue Bindungen zwischen den Völkern, wie es in dieser Form nur der Wissenschaft möglich ist.

Aus all diesen Gründen bin ich mir bewußt, daß Ihre Beratungen für uns alle von höchster Wichtigkeit sind und wünsche daher Ihrer Tagung einen schönen und fruchtbaren Verlauf und Ihnen selbst — das darf ich als bayerischer Minister hinzufügen — ein paar erholsame Tage in Bayerns schöner Landschaft.

Ansprache des Bürgermeisters der Landeshauptstadt München,
Herrn Bürgermeister A. Hieber

*

Es ist mir eine besondere Ehre, in Vertretung des leider erkrankten Oberbürgermeisters Ihnen den Willkommensgruß der Stadt München überbringen zu dürfen. Es ist für die Stadt Röntgens eine besondere Ehre, gerade diesen Kongreß als Gast begrüßen zu können. So lassen Sie mich namens der Stadt noch einmal für Ihr Kommen danken und zugleich den Wunsch aussprechen, daß Sie sich alle während der Zeit Ihres Hierseins wohlfühlen mögen. Ich darf Ihnen versichern, daß alle Münchener bemüht sein werden, Ihnen einen angenehmen Aufenthalt zu bereiten.

Und nun möchte ich mir erlauben, für die Stadt München dem Kongreß eine Dedikation in Form einer kleinen Glocke zu überreichen. Diese Glocke wurde gleichzeitig mit einer großen Glocke gegossen, die im vergangenen Jahr anlässlich der 800-Jahr-Feier unserer ältesten Kirche, dem Alten Peter, geschenkt wurde. Die große Glocke läutet täglich für alle, die München geliebt haben, und so scheint es mir ein gutes Omen, wenn ich Ihrem Kongreß diese Glöckchen aus dem gleichen Guß mit den besten Wünschen der Stadt überreiche.

Zugleich möchte ich Ihrem Präsidenten, Herrn Professor Rajewsky, für die angenehme Atmosphäre in den Vorbesprechungen danken und für das große Verständnis, das er hierbei für die Schwierigkeiten einer Landeshauptstadt zeigte.

Und nun darf ich Ihnen allen, meine Damen und Herren, einen recht guten, erfolgreichen und fröhlichen Aufenthalt in München wünschen.

Eröffnungsansprache des Präsidenten des IX. Internationalen Kongresses
für Radiologie, Herrn Prof. Dr. B. Rajewsky

*

*Herr Bundesminister, Herr Staatsminister, Herr Bürgermeister, Magnifizenzen,
meine Damen und Herren!*

Es ist üblich, daß der Präsident des neuen Kongresses eine programmatische Rede hält. Ich glaube, wir haben eigentlich in dem, was unser Ehrenpräsident, Herr Professor Holthusen, gesagt hat, bereits ein Programm für die Zukunft gehört. Trotzdem möchte ich doch noch auf einige Probleme eingehen.

Wenn man einen so großen Kongreß veranstaltet, so kann man sich fragen, ob solche Kongresse ihren Sinn in unserer Zeit der Zersplitterung der Wissenschaften oder, anders formuliert, der Spezialisierung der Forschung noch haben. In verschiedenen Ländern ist man in ersten wissenschaftlichen Kreisen dazu übergegangen, anstelle von großen Kongressen kleine Fachtagungen und Symposien zu veranstalten, an denen nur eine begrenzte Anzahl von Personen teilnimmt, die dann gemeinsam diskutieren. Das ist eine Tatsache, und das ist auch eine Teilantwort auf die vorhin gestellte Frage. Trotzdem finden die großen Kongresse statt, und trotzdem haben auch wir uns dieser Aufgabe gewidmet. Worin liegt nun der Grund hierfür? Er liegt in der enormen Ausweitung, die die heutige Radiologie in den Jahren nach Kriegsende gefunden hat. Aber bezeichnenderweise befindet sich die heutige Radiologie ungefähr in derselben Situation wie damals nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität, als die ersten radiologischen Kongresse durchgeführt wurden. In London und Berlin, beinahe gleichzeitig, konnte man kaum einen Unterschied zwischen der Tätigkeit eines Arztes und der eines mit Strahlungen beschäftigenden Biologen oder Strahlenphysikers finden. Der Umfang der neu entstandenen Wissenschaft über die Strahlung — damals Röntgen- und Radiumstrahlen — war so klein, daß diese Forschung eigentlich ganz unabhängig voneinander sowohl ein Arzt und Biologe als auch ein Physiker betreiben konnte, sicher mit einer gewissen akzentuellen Unterschiedlichkeit. Wesentlich war, daß neue Erkenntnisse und dementsprechende Erfahrungen vorlagen, und es galt, diese sich anzueignen. So ging tatsächlich die Arbeit auf dem Gebiete der Radiologie in gemeinsamen Bemühungen parallel. Wir kennen einerseits eine ganze Anzahl von medizinischen Radiologen, die bemerkenswerte technische und physikalische Entwicklungen hervorbrachten. Wir kennen andererseits eine Anzahl von Physikern, die biologische Problem-

stellungen bearbeiteten und wesentliche Erfolge zu verzeichnen hatten. Dann trennten sich aber die Wege und zu der Zeit, als der I. Internationale Radiologenkongreß in London im Jahre 1925 stattfand, zeichneten sich schon zwei Gleise ab. Einmal entstand damals die Verfeinerung der Diagnostik und das Suchen nach neuen, brauchbaren Methoden in der Therapie; zum anderen aber wurde klar, daß man ohne eine intensive, rein physikalische Arbeit in bezug auf die Messung der Strahlung und später in bezug auf den Schutz gegen Strahlung nicht auskomme. Nach dem Ende des zweiten Krieges entstand wiederum eine interessante Situation: neue Strahlungen kamen zu den herkömmlichen Röntgen- und Radiumstrahlen hinzu; die Röntgen- und Korpuskularstrahlungen mit sehr hohen Energien und die neuen künstlich radioaktiven Substanzen. Das war wiederum eine Situation, wie ich sie vorhin geschildert habe. Man mußte zunächst auf einem verhältnismäßig kleinen Gebiet neue Kenntnisse sammeln und neue Methoden finden. Dieses Stadium erleben wir auch heute noch, aber mit dem Unterschied gegenüber der früheren Zeit, daß man damals in bezug auf den Umfang dessen, was man wissen mußte, viel bescheidener war als man es heute ist, daß man für die heutigen Fragestellungen hochentwickelte und kostspielige Apparaturen braucht, die spezielle Kenntnisse verlangen; diese Dinge betreffen natürlich auch die biologischen Forschungen und auch die medizinischen Anwendungen.

Als ich vor die Aufgabe gestellt war, zu überlegen, wie der diesjährige Kongreß gestaltet werden muß, habe ich mir vorgenommen: wir wollen durch das ganze Programm die Einheitlichkeit der Radiologie aufzeigen, und zwar einer Radiologie, zu der nicht nur Ärzte, sondern sowohl medizinische als auch allgemeine Biologen, Genetiker, Biophysiker, Biochemiker und Ingenieure gehören und demzufolge ein Arbeitsgebiet umreißen, auf dem verschiedene Fachrichtungen zusammenkommen mit dem einen Ziel, die Förderung des gesamten Gebietes zu erreichen. Wenn diese Erschließung gelingen sollte, so wird das für mich und meine Mitarbeiter, die Herren Vizepräsidenten des Kongresses, die alle das Programm mitgestaltet haben, die größte Genugtuung sein. Daß ein solcher Versuch überhaupt unternommen werden konnte, darin sehe ich die Bestätigung dessen; daß auch heute solche großen Kongresse — allerdings in nicht zu kurzen Abständen — abgehalten werden können, weil bei diesen Kongressen alle Diskussionsmöglichkeiten und gemeinsamen Überlegungen, aber auch Kritik, möglich sind. Konkret ausgedrückt: ich bin zunächst ein Physiker, und die Physiker neigen sehr dazu, die Meinung der Biologen und Mediziner als nicht sehr maßgebend zu betrachten. Ich möchte mich aber als Nichtphysiker — der bin ich nämlich auch — gleich revanchieren und sagen, daß die Mediziner, die Biologen und zum Teil die Biophysiker und Biochemiker oft meinen, daß das, was die Physiker da „ganz genau ausgerechnet“ haben, nicht stimme, weil das den tatsächlichen Verhältnissen der Biologie, der Medizin und Chemie nicht entspreche. Diese Kritik „aller an allen“ mit dem Zweck, das Richtige zu finden, ist die große Möglichkeit der Kongresse. Und noch eine weitere darf ich nennen. Diese ist, daß man gerade in unserer Zeit vermeiden sollte, daß die einzelnen Disziplinen sich in sich selbst einschließen und nur geringfügig Meß- und Untersuchungsmethoden aus einem anderen Gebiet entleihen, wobei sie dann nicht so recht mit diesen Methoden oder Meßmöglichkeiten umgehen können. Aber noch ein anderes großes Moment in unserem Kongreß ist wesentlich. Es ist die möglichst gute Ausgestaltung unserer Ausstellungen. Unsere Technische Ausstellung oder auch unsere Industrie-Ausstellung sind als gelungen zu bezeichnen. Ich erlaube mir, das zu sagen, weil ich dazu nur gewisse Wünsche geäußert und Richtlinien angegeben habe. Diese Ausstellung wurde unter der Leitung von Herrn Dr. Mes-sinesis organisiert, und ich muß feststellen, was hier geleistet worden ist, verdient Anerkennung; ebenso die Wissenschaftliche Ausstellung, aufgebaut von Herrn Professor Lossen und die Buchausstellung von Herrn Professor Buchtala. Wir wollen mit diesen Ausstellungen eine „Momentaufnahme“ vermitteln, um allen Interessierten den gegenwärtigen Stand der Technik, der Wissenschaft in ihren Ergebnissen und der Fachliteratur zu zeigen.

Ich darf wohl meine „Eröffnungsansprache“ mit dem Wunsche schließen, daß der nun beginnende Kongreß — so wie einst der erste Kongreß in London — nicht einen Abschluß einer Entwicklung darstellen soll, sondern in die Zukunft der Radiologie weisen möge!

Prof. M. von Laue:

Festvortrag

Röntgen-, Elektronen- und Neutronenstrahlen in ihrem Verhalten gegen Kristalle

Uerehrte Anwesende!

Der 9. Internationale Kongreß für Radiologie tritt hier an einem für die Radiologie historischen Orte zusammen. Der hier hat Röntgen die letzten 25 Jahre seines Lebens verbracht, nachdem er 1900 von Würzburg einem Rufe an die Universität München gefolgt war. Es ist vielleicht ein Zufall, dennoch ein zum Nachdenken anregendes Zusammentreffen, daß die bayerische Staatsregierung in diesem Juli seine Büste in der Ruhmeshalle der Walhalla bei Regensburg hat aufstellen lassen. Röntgen gehört zweifellos zu den Vätern der Radiologie. Man mag darüber diskutieren, ob er nicht überhaupt der Vater der Radiologie ist, an der freilich nach ihm noch viele bedeutende Gelehrte gearbeitet haben. Vor seiner großen Entdeckung jedenfalls gab es nichts derartiges. So möchte ich, ein Physiker, der ihn noch persönlich gekannt hat, mit Erörterungen über die Röntgenstrahlen beginnen, sodann übergehen zu den Elektronen- und Neutronenstrahlen, die ja ebenfalls für die Radiologie interessant sind. Alle drei Arten von Strahlen haben gemein, daß man sie unter gewissen, häufig vorliegenden Bedingungen mit Kristallen erforscht. Und von dieser Gemeinsamkeit soll die Rede sein.

Die Kristalle wirken auf alle drei Strahlenarten durch ihre Atome. Sie sind im Gegensatz zu ihrem Verhalten gegen das Licht dabei nicht mehr als kontinuierliche Körper aufzufassen. So ist dann die Grundfrage: durch welche Art von Einwirkungen die Atome die Strahlen beeinflussen. Jegliches Atom besteht — das hat uns Ernest Rutherford gelehrt — aus einem Atomkern, der neben einer positiven elektrischen Ladung auch die Hauptmasse des Atoms trägt und der Elektronenhülle, die sich aus so vielen negativen Elektronen zusammensetzt, daß ihre Gesamtladung die Kernladung gerade kompensiert — sofern das Atom ungeladen und nicht, was in den Kristallen auch häufig vorkommt, ein Ion ist. Fällt eine elektromagnetische Welle darauf, so geraten die Elektronen in Schwingungen und werden jedes ein Zentrum einer neuen Welle, während der Kern mit seiner vieltausendmal größeren Masse kaum in Bewegung zu setzen ist. So wirkt die Elektronenhülle hier allein und zwar durch ihre Ladung.

Elektronenstrahlen und ebenso Neutronenstrahlen hat die Physik anfangs als Korpuskeln kennengelernt, und so mag es Verwunderung erregen, daß sie hier mit den Röntgenstrahlen in einem Atem zu nennen sind. Aber die theoretischen Untersuchungen von Louis de Broglie, Erwin Schrödinger und anderen haben in dem Jahrzehnt von 1920 bis 1930 dargetan — und die Staunen erregenden Versuche von Davisson und Germer sowie G. P. Thomson haben es bestätigt — daß der Elektronenstrahl sich auch wie eine Welle benimmt. Und nach 1932, dem Jahr der Entdeckung des Neutrons durch Chadwick, hat man dies mit Erfolg auf diese elektrisch ungeladenen Teilchen übertragen, trotz ihrer, die Elektronenmasse fast zweitausendmal übertragenden Masse. Dies war die erste große Erkenntnis, welche die Kristalle uns verschafften. Auf die Elektronenstrahlen wirken die Atome zwar auch durch die elektrische Abstoßung der Atomhülle, mehr jedoch noch durch die Anziehung, welche die positive Kernladung ausübt. Und wieder anders liegen die Verhältnisse bei den Neutronen. Diese haben keine Ladung (wie schon der Name andeutet), wohl aber ein magnetisches Moment, vergleichbar einem minimalen Stabmagneten. Da auch die Elektronenhülle der Atome im allgemeinen solches Moment besitzt, wirkt sie auf ein Neutron ähnlich, wie ein Magnet auf einen anderen. Diese Wirkung ist bekanntlich je nach ihrer Lage zueinander anziehend oder abstoßend. Gewöhnlich hat auch der Atomkern ein solches, wenn auch viel kleineres Moment und übt entsprechende Wirkungen auf die Neutronen aus. Aber zu diesen, nach der klassischen Physik wohl zu verstehenden Wirkungen kommt noch eine, die man nur quantentheoretisch verstehen kann. Das Neutron hat einen Spin, eine Art Drehimpuls, der aber nur auf Grund der Wellenmechanik verständlich ist. Dem Betrage nach ist er gleich $\frac{1}{2}h$, wobei h das Plancksche Elementar-Wirkungsquantum, dividiert durch 2π , bezeichnet. Auch die Atomkerne haben meist einen Spin, der aber erheblich größer sein kann. Tritt nun ein Neutron in Wechselwirkung mit einem solchen Kern, so stellt sich sein Spin entweder parallel zu dem des Kerns oder antiparallel. Und in diesen beiden Fällen unterscheidet sich auch die Kraftwirkung zwischen beiden. Daher ist die Streuwirkung eines Atomkerns auf das Neutron zweier Werte fähig, die sehr wohl unterschieden werden müssen. Berechnen können wir diese Streuwirkung bis jetzt nicht; es fehlt uns die nötige Kenntnis der Struktur der Atomkerne.

So haben wir also bei den drei zu besprechenden Strahlenarten atomare Einwirkungen ganz verschiedener Art. In den hier zu Rede stehenden Versuchen kann man nun die Einwirkung des einzelnen Atoms experimentell nicht erfassen, wohl aber die eines Haufens ungeordneter, von einander unabhängiger Atome, wie sie in den Gasen vorliegen. Untersuchungen über die Streuung in Gasen gibt es viele, sie haben auch zu wichtigen Erfahrungen geführt. Aber hier soll die Rede sein von der Einwirkung der Kristalle auf jene Strahlen, d. h. von der Einwirkung fester Körper, die durch raumgitterartige Anordnung ihrer Atome gekennzeichnet sind. Sie bieten den Vorteil, daß sie die Streustrahlung in relativ wenige scharfbegrenzte Richtungen konzentrieren und sie so leichter nachweis- und untersuchbar machen.

Denselben Vorteil bringt in der Optik des sichtbaren Lichtes schon das einfache Gitter, bei dem sich auf Glas oder Metall eingeritzte Striche periodisch wiederholen. Die dadurch hervorgerufenen Gitterspektren kennt und benutzt man seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts. Die Raumgitter aber haben drei Perioden. Es wiederholen sich in ihnen die Gitterzellen, jede von der Form eines Parallelepipeds, deren einander völlig gleiche materielle Inhalte die Gitterelemente darstellen. Die Theorie der Beugung der Röntgenstrahlen an diesen Raumgittern hat man 1912 aufgestellt, wir wollen sie uns hier in etwas veränderter Form vor Augen führen.

Die Wellentheorie arbeitet für jede Art von Wellen meist mit der Vorstellung monochromatischer, ebener Wellen, d. h. solcher, bei denen die Wellenlänge, der Abstand zweier benachbarter Wellenebenen, einen wohl-definierten Wert besitzt. Sie hat selbst dadurch eine räumliche Periodizität. Dies gilt nur für den leeren Raum.

Im Raumgitter eines Kristalls ist die ebene Welle nicht existenzfähig, sondern nur das Wellenfeld, d. h. eine Kombination verschieden gerichteter, ebener Wellen, deren Wellennormalen in bestimmten, durch das Raumgitter vorgeschriebenen, Beziehungen stehen. Diese letzteren sorgen dafür, daß zwar die Amplituden der resultierenden Schwingung von Ort zu Ort wechseln, doch so, daß sie sich in den Gitterzellen wiederholen. In jeder Zelle liegt dasselbe Schwingungsbild vor. Eine solche Überlagerung ebener Wellen läßt sich auch im leeren Raum verwirklichen. Man bekommt dann die für das Licht seit 1 1/2 Jahrhunderten bekannte Interferenzerscheinung (Abbildung 1). Aber während sich diese Wellen im leeren Raum durchkreuzen, ohne sich zu stören, sind sie im Kristallgitter miteinander verkoppelt, und keine kann ohne die anderen auftreten. Mathematisch gesprochen liegen immer unendlich viele solcher Wellen vor. Jedoch kann in dem Wellenfeld eine oder ein paar solcher Wellen in der Stärke so vorwiegen, daß man nur mit einer endlichen Zahl davon zu rechnen hat. Es liegt zwischen diesen Wellen eine Art Resonanzkoppelung vor, die durch das Raumgitter vermittelt wird. Ob diese Resonanz einen starken Effekt oder einen schwachen hervorruft, hängt von Umständen ab, auf die ich hier nicht eingehen kann.



Wellenfeld im leeren Raum



Wellenfeld im Raumgitter

Abbildung 1. Aus den Sitzungsber. D. Akad. Wiss. Berlin, 1959, Nr. 1

Wir beschränken uns auf zwei starke Wellen im Felde. Dann haben wir im Bereich des Wellenfeldes dieselben Interferenzstreifen wie in der Projektion, und alle Streifen haben in allen Zellen dieselbe Lage.

Befindet sich also (Abbildung 2) ein Atom in einem Interferenzmaximum, so gilt dasselbe für alle äquivalenten Atome in den anderen Gitterzellen, und die Gesamtheit dieser Atome absorbiert mehr, als wenn eine einzelne ebene Welle durch das Raumgitter geschickt wird. Umgekehrt, wenn diese Atome alle in einem Schwingungsminimum liegen, dann absorbiert ihre Gesamtheit weniger. So wird klar, daß die Absorption eines Wellenfeldes aus zwei starken Wellen anderen Absorptionsgesetzen unterliegt, als wenn nur eine starke Welle vorhanden ist. Das zeigt auch der Versuch (Abbildung 3) . . . Der Einfluß auf den Absorptionskoeffizienten ist keineswegs gering; Bei den Röntgenstrahlen kann er auf einige Prozent des normalen zurückgehen, was bei etwas dickeren Kristallen in der Intensität viele Zehnerpotenzen ausmachen kann.

Eine andere fundamentale Frage für das Wellenfeld betrifft die Richtung, in der es sich fortpflanzt. Keine der beiden Wellen kann diese allein bestimmen, sie müssen auch hier zusammenwirken. Und da sagt nun für die Röntgenstrahlen, die Elektrodynamik, für die Elektronen- und Neutronenstrahlen die Schrödingersche Wellentheorie, gemeinsam aus, daß diese Richtung durch Parallelogrammkonstruktion aus den Richtungen der beiden Wellennormalen entsteht, wenn man auf diesen Strecken aufträgt, die der Stärke der Einzelwellen proportional sind (Abbildung 4). In dieser Richtung also, die notwendig zwischen den beiden Wellennormalen

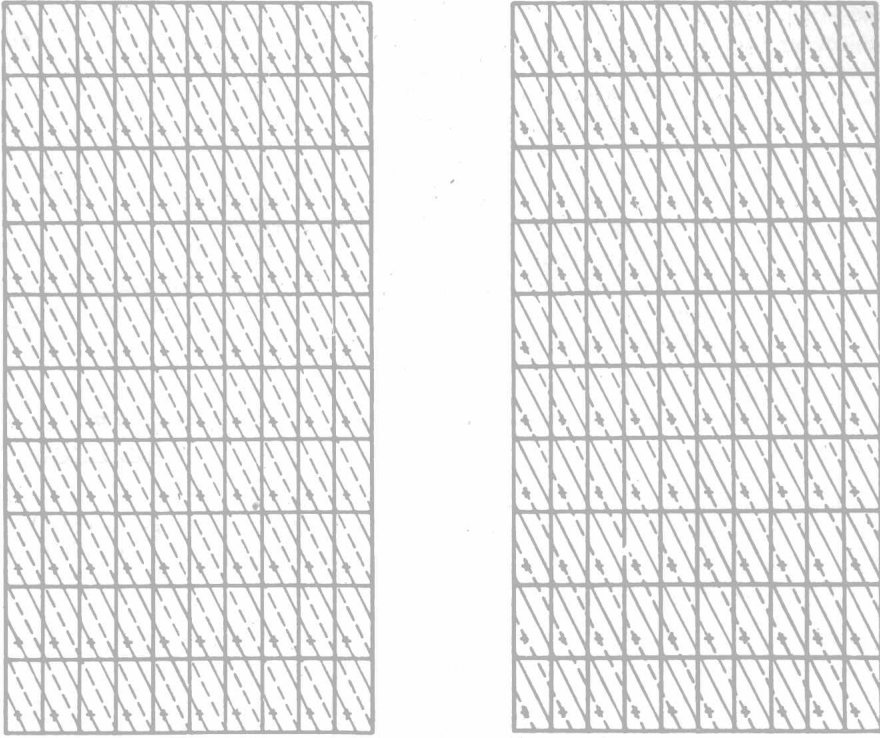


Abb. 2. Anpassung eines Wellenfeldes an das Raumgitter. In jeder Zelle findet man dieselbe Lage der Schwingungsmaxima und -minima. Die Kreuze bedeuten einander äquivalente, also auch chemisch gleiche Atome. Schwingungsmaxima: ausgezogene Linien; -minima gestrichelt. links liegt das betrachtete Atom im Maximum, rechts im Minimum.

(Sitzungsber. D. Akad. Wiss. Berlin, 1959, Nr. 1)

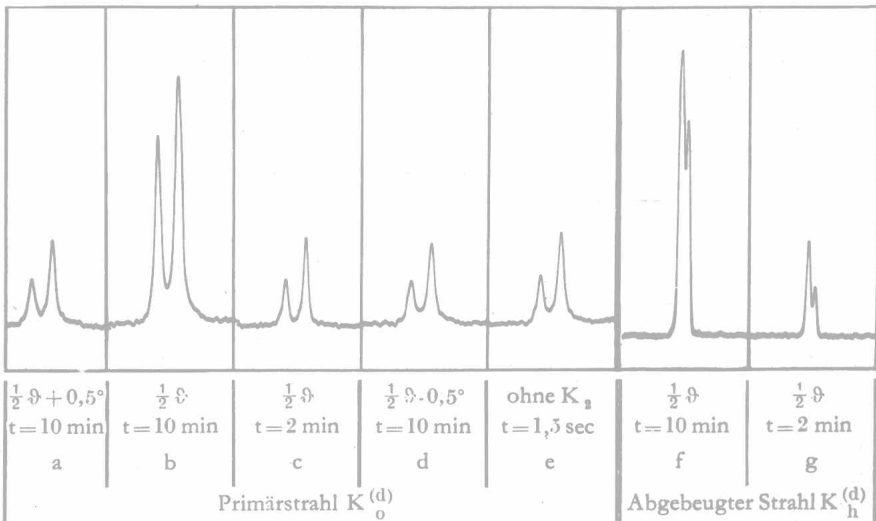


Abb. 3. Nachweis der reduzierten Absorption der Wellenfelder. Das durch Reflexion an Kalkspat entstandene Dublett $\alpha_1 \alpha_2$ der Kupfer-K-Strahlung fällt durch ein 0,3 mm dickes Kalkspatplättchen. Im Interferenzfall ($\frac{1}{2}\vartheta = 14,7^\circ$) ist die durchgehende Intensität etwa 5 mal größer als außerhalb der Interferenzstellung ($\vartheta/2 \pm 0,5^\circ$), obwohl im Interferenzfall auch noch der abgebeugte Strahl entstanden ist. t = Belichtungszeit der Filme. Photometerkurven der Filme.

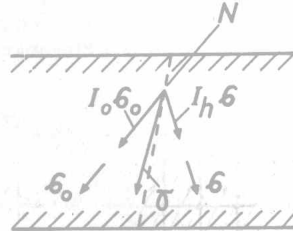
(M. v. Laue: Röntgenstrahl-Interferenzen 3. Aufl. 1960 S. 423, Akademische Verlagsges. Frankfurt/Main)

liegt, pflanzt sich bei den Röntgenstrahlen die Energie, bei den anderen der Strom der materiellen Teilchen fort. Für Röntgenstrahlen zeigt dies ein Versuch von Prof. Borrmann im Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (Abbildung 5).

Das Raumgitter zwingt eintretende Strahlung, sich in ein oder mehrere Wellenfelder zu verwandeln. Jedes davon durchsetzt den Kristall in einheitlicher Richtung. Erst bei ihrem Austritt spalten sie sich in ihre verschiedenen Wellen auf, die dann — jede in ihrer Richtung — fort-schreiten. Das ist das Wesen aller Interferenzerscheinungen, die durch Raumgitter hervorgerufen werden.

Abb. 4. Konstruktion der Strahlrichtung γ ; ϵ_0 und ϵ Einheitsvektoren in den Richtungen κ_0 und κ_h . I_0 und I_h messen die Stärke der zugehörigen Wellen. N Netzebene.

(Sitzungsber. D. Akad. Wiss. Berlin, 1959, Nr. 1)



Freilich gehört zu den Bedingungen, die wir hier voraussetzen, ein geeignetes Verhältnis zwischen Wellenlänge und den drei Gitterperioden des Raumgitters. Ist die Wellenlänge zu groß, so enthalten die Wellenfelder stets nur eine starke Welle, ist sie zu kurz, so überwiegen Quanteneffekte, die wir hier nicht betrachten können, die normale Ausbreitung in solchem Maße, daß sie sie völlig überdecken. Es müssen Wellenlänge und Gitterkonstante von derselben Größenordnung, also etwa von der Ordnung 10^{-8} cm sein. Zum Glück ist dies nicht nur für die Röntgenstrahlen gewährleistet, sondern auch für Elektronen von einigen E-Volt Energie und für sogenannte thermische Neutronen, d. h. solche, die — etwa aus einem Uranpile kommend — vorher durch Stöße mit den Wasserstoffatomen von Paraffin auf thermische Energien abgebremst sind.

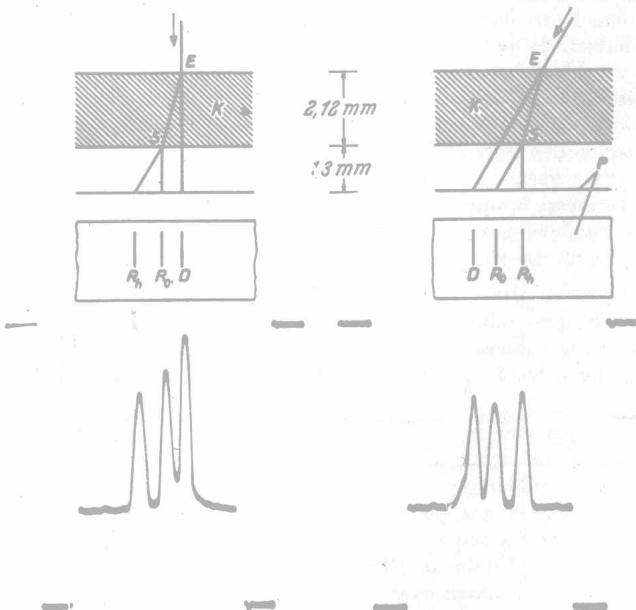


Abb. 5. Borrmanns Versuch über den Strahlweg in Kalkspat, Strahlung Cu-K α , Interferenzen 200 und $\bar{2}00$. Oben Skizze der Anordnung, unten die Photometerkurven. Aus ihnen geht hervor, daß das Wellenfeld die Wellen K_0 und K_h ziemlich gleich stark enthielt; dementsprechend folgt der Strahlweg ziemlich der Netzebene 200. Geschätzte Abweichung $6'$. Die nicht zur Interferenz kommende Strahlung durchsetzt links den Kristall senkrecht, rechts schräg. Sie wird daher rechts stärker absorbiert und das Maximum bei D ist rechts niedriger als links.

(M. v. Laue: Röntgenstrahl-Interferenzen 3. Aufl. 1960 S. 420)

Nun werden Sie mir vielleicht einwenden, Sie wären bei den Raumgitterinterferenzen eine ganz andere Theorie und ganz andere Versuche gewohnt. Aber ich habe hier auch nur von den ideal-regelmäßigen Raumgittern gesprochen, welche leider in der Natur nur selten vorliegen. Nur in wenigen natürlichen Exemplaren von Quarz oder Kalkspat oder neuerdings in technischen Einkristallen von Silizium und Germanium haben wir sie vor uns. Und wie empfindlich diese besprochenen Erscheinungen gegen Gitterstörungen sind, zeigt eine überraschende Erfahrung aus dem Fritz-Haber-Institut: Die anomale Absorption, die wir gesehen haben, hörte auf, wenn man Vorder- und Rückfläche des 3 cm dicken Kristalls auf eine Temperaturdifferenz von 0,6 Grad Celsius brachte! Dann trat die normale Absorption ein, um wenige Minuten nach Fortnahme der Temperaturdifferenz wieder in die anomale überzugehen (Abbildung 6). Solche geringen Störungen aber hat die Natur nur in den seltensten Fällen zu verhindern gewußt.

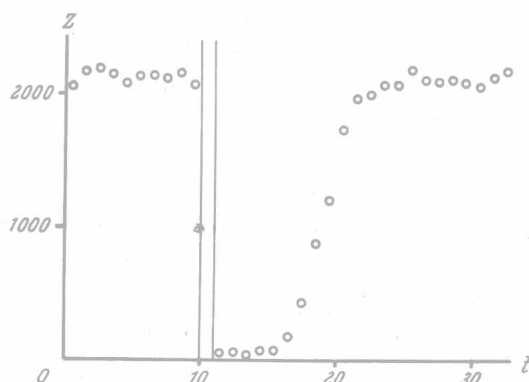


Abbildung 6. Der stärkste Kalkspatreflex unter dem Einfluß schwacher einseitiger Erwärmung des Kristalls, bei extrem hoher Absorption. Z Zählrate in Impulsen pro Minute; t Zeit in Minuten; Nulleffekt des Zählrohres $Z_0 = 60$. Die beiden senkrechten Linien begrenzen das Erwärmungsintervall.

(G. Borrmann und G. Hildebrandt: Z. Naturforsch. 11a, 585 [1956])

Die gewöhnlichen Kristalle sind Konglomerate von einzelnen Körpern, deren Raumgitter — mögen sie in jedem Korn noch so vollkommen sein — miteinander nicht den gesetzmäßigen Zusammenhang haben. In jedem Korn existieren bei der Durchstrahlung zweifellos Wellenfelder, deren jedes sich bei Austritt aus dem Korn — aber nicht eher! — in einzelne Wellen spaltet, die schließlich aus dem Kristall als abgebeugte Strahlen auftreten. Daß dabei die bekannten Interferenzbedingungen der älteren Theorie herauskommen, dafür sorgt der Zusammenhang zwischen den Partialwellen der Wellenfelder, der — wie wir früher erwähnten — durch das Raumgitter vermittelt wird. Es gibt freilich noch andere Gitterfelder. In jüngster Zeit hat sich das Interesse besonders den „Versetzungen“ (dislocations) zugewandt. Diese geben zu wesentlichen Veränderungen des Interferenzbildes Anlaß, vor allem tragen sie zur allgemeinen Streuung bei, die in der Praxis niemals ganz fehlt.

In diesen Zügen stimmen alle Interferenzerscheinungen an Kristallen überein, mag es sich nun um Röntgen-, Elektronen- oder Neutronenstrahlen handeln. Im einzelnen gibt es dann noch erhebliche Unterschiede dazwischen, die auf den Unterschieden der Wechselwirkungen mit den Atomen beruhen. Sie betreffen nicht die Richtungen der Interferenzmaxima, wohl aber ihre Intensitäten.

Darüber wäre eigentlich viel zu sagen. Man müßte z. B. ausführen, daß isotope Atomarten, weil sie die gleiche Kernladung und gleichviel Elektronen haben, für Elektronen- und für Röntgenstrahlen ununterscheidbar sind, während sie vermöge ihrer verschiedenen Kernstrukturen sich bei Neutronenstreuung durchaus verschieden verhalten. Das kann soweit gehen, daß das eine Isotop diese ohne Phasenverschiebung streut, das andere mit der Phasenverschiebung π . Weiter: Weil die Streuamplitude für Röntgenstrahlen (wenigstens für kleine Beugungswinkel) der Ordnungszahl im periodischen System proportional ist, ein Uranatom also 92mal so stark streut wie ein Wasserstoffatom, kann man Wasserstoff in Verbindungen mit schweren Atomen mit Röntgenstrahlen gar nicht bemerken. Bei Neutronen streuen aber die Atome mit weit geringeren Unterschieden, die Streuamplituden unterscheiden sich meist höchstens um den Faktor 4. Sie sind also für den Nachweis von Wasserstoff den Röntgenstrahlen weit überlegen. Aber ich muß hier auf Vollständigkeit verzichten und mich auf ein paar Beispiele beschränken. Es gibt eine Verbindung NaH. Sie kristallisiert nach dem Schema des NaCl. Untersucht man sie mit Neutronenstrahlung, so findet man in der Tat genau wie bei der Durchstrahlung von NaCl mit Röntgenstrahlen, daß das Interferenzmaximum (200) viel schwächer ist, als das