

tur allein Schlüsse auf die Drehbarkeits-Behinderung und dadurch bedingte Ruhelagen der Substituenten zu ziehen, wie es Bergmann und Engel tun, geht über die Genauigkeitsgrenze der Additivitätsregel und

wird dem relativ komplizierten Mechanismus der Behinderung nicht gerecht.

Herrn Prof. Eucken danke ich für die häufige Möglichkeit zur Diskussion. [A. 95.]

Röntgentagung der Deutschen Gesellschaft für technische Röntgenkunde und des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Heidelberg, 2. und 3. Juni 1930.

Vorsitzender: Prof. Dr. Görtler, Berlin.

Prof. D. P. Debye, Leipzig: „Röntgeninterferenzen bei Flüssigkeiten und Gasen“¹⁾.

Vortr. erörtert als Grundlage seiner Betrachtungen zunächst die innere Interferenz und die äußere Interferenz. Die innere Interferenz ist mit der Verteilung der Atome im Molekül verknüpft, die äußere Interferenz bezieht sich auf die Anordnung der Moleküle untereinander und deren mehr oder weniger große Regelmäßigkeit. Die Interferenzerscheinung, die man beobachtet bei der Zerstreuung von monoehroniatischer Röntgenstrahlung an einer Flüssigkeit, entsteht durch Überlagerung zweier Effekte. Für die einzelne Molekel ist die Streustrahlung schon zusammengesetzt aus den Beiträgen der einzelnen Atome. Da die Atomabstände vergleichbar sind mit der Wellenlänge, entstehen im allgemeinen Interferenzmaxima und -minima, deren Lage charakteristisch ist für die geometrische Struktur des Atomgerüstes, aus dem die Molekel besteht. Durch Beobachtung der Zerstreuung an Gasen sind diese Interferenzen nunmehr auch experimentell sichergestellt. In Flüssigkeiten ist nun außerdem der Abstand von Molekel zu Molekel ebenfalls vergleichbar mit der Wellenlänge. Dafür fehlt allerdings die starre Bindung der Moleküle untereinander. Trotzdem ist selbst in diesem Falle eine Interferenz der Molekelstrahlung mit ausgeprägten Maxima und Minima vorhanden. Es herrscht die Meinung vor, daß die Deutlichkeit der Maxima verknüpft sein muß mit einer gewissen Regelmäßigkeit der Molekelanordnung selbst in Flüssigkeiten, eine Regelmäßigkeit, die vielleicht erinnern könnte an die Gitteranordnung der Atome in festen Kristallen. Es wurde nun ein Verfahren ausgearbeitet, welches gestattet, auf rein experimentellem Wege die Molekelanordnung in Flüssigkeiten streng und eindeutig zu bestimmen, vorausgesetzt, daß die für die Molekel allein charakteristischen „innermolekularen“ Interferenzen bekannt sind. Die Grundlage für die Anwendung der Methode wird gebildet von Aufnahmen, bei denen die von einer Flüssigkeitsoberfläche kommende Streustrahlung photographiert wird. Hat man es z. B. mit flüssigem Quecksilber zu tun, so wird man irgendein Hg-Atom in Gedanken herausgreifen und die Lage irgendeines anderen dauernd weiter verfolgten Atoms relativ zum Erstgenannten betrachten können. Man wird dann von einer Wahrscheinlichkeit W sprechen können, die als Funktion des gegenseitigen Abstandes r die relative Wahrscheinlichkeit jeder gegenseitigen Lage mißt. Diese Funktion W ist es, welche experimentell bestimmt werden kann. Es zeigt sich bei der Ausführung, daß die Kurve für W Maxima und Minima hat, daß also nicht alle gegenseitigen Entfernungen gleichberechtigt sind, sondern gewisse Abstände relativ oft, dazwischenliegende Abstände dafür seltener besetzt sind. Die für W erhaltene Kurve beschreibt also die geometrische Struktur der Flüssigkeit erschöpfend. Sie läßt, qualitativ betrachtet, erkennen, daß man in der Tat selbst in Flüssigkeiten wie Quecksilber von einer Art kristalliner Struktur von Flüssigkeitsbereichen sprechen kann, deren Durchmesser allerdings nur wenige Atombestände beträgt.

Diskussion: Geheimrat Prof. Dr. Rinne weist darauf hin, daß in der Mineralogie und Kristallographie die Form für die Aggregation der kleinsten Teilchen eine gewisse Rolle spielt, die Isotaxie ist in diesem Sinne aufzufassen. Bei flüssigen Kristallen ist die Struktur dadurch bedingt, daß es sich um langgestreckte Gebilde handelt, die sich parallel stellen. Prof. Debye weist auf die Annahme, wonach, wenn man verschiedene Alkohole in flüssiger Form miteinander vergleicht und die Kohlenstoffketten immer länger werden läßt, dann in dem Röntgenbild der Flüssigkeiten ein zweites Maxi-

mum auftreten wird, das immer an einer bestimmten Stelle liegt. Das eine Maximum soll den Abstand in der Querrichtung, das zweite Maximum den Abstand in der Längsrichtung charakterisieren, der bei Vermehrung der Kohlenstoffkette immer länger wird. Prof. Simon weist darauf hin, daß die Ergebnisse der Untersuchungen Debyes im guten Einklang mit anderen Ergebnissen stehen. So ändern sich beim Schmelzen die Eigenschaften der Körper sehr wenig. Auch die technischen Eigenschaften der geschmolzenen Körper unterscheiden sich wenig von denen der festen Körper. Was wir bei den Schmelzkurven beobachten, deutet darauf hin, daß es einen kritischen Punkt im kristallisierten Zustand geben wird. Interessant wäre es, wenn man ein Gas über den kritischen Punkt hinaus aufnehmen könnte. —

Prof. Dr. G. v. Hevesy, Freiburg i. Br.: „Quantitative Spektralanalyse mit Röntgenstrahlen.“

Die quantitative röntgenspektroskopische Analyse bezeichnet die Ermittlung der Zusammensetzung eines Minerals, einer Legierung oder einer andern Untersuchungsprobe auf rein physikalischer Weise. Es wird aus der Intensität einer charakteristischen Röntgenlinie des gesuchten Elementes auf dessen Konzentration geschlossen (Emissionsanalyse), oder aber es wird aus der Schwächung, welche die Intensität eines bestimmten Bereiches des Röntgenspektrums beim Durchgang der Strahlen durch die betreffende Substanz erleidet, die Konzentration des gesuchten Elementes bestimmt (Absorptionsanalyse). Vortr. geht nun insbesondere auf die Emissionsanalyse ein mit besonderer Berücksichtigung der Anwendung von Röntgenstrahlen zur Erregung des charakteristischen Spektrums. Man arbeitet in der Regel so, daß man die zu untersuchende Substanz in eine Vergleichssubstanz einbettet, die geeignete Vergleichslinien emittiert. Man mischt z. B. einer Grundsubstanz wie Eisenoxyd 1% Kupferoxyd und 1% Cadmium bei und bestimmt dann das Intensitätsverhältnis. Dann mengt man der Analysenprobe 1% Cadmium bei und bestimmt wieder die Emission. Die Emissionsanalyse basiert darauf, daß fremde Substanzen beide Linien, die des Kupfers und des Cadmiums, in gleicher Weise beeinflussen. Diese Analyse besitzt aber manche Schwierigkeiten, die unter anderem darauf beruhen, daß das Intensitätsverhältnis durch fremde Stoffe verändert werden kann. Wenn das fremde Atom Linien emittiert, die zwischen beiden zu vergleichenden Absorptionskanten der zu vergleichenden Elemente fallen, so können die von Fremdstoffemissionen Röntgenstrahlen die zu vergleichenden Linien verschieden anregen. So eignet sich bei der Bestimmung des Tantals als Vergleichssubstanz das Erbium. Wenn Zink in größerer Menge vorhanden ist, so wird die Analyse gefälscht, die Erbiumlinien erscheinen verstärkt, die Tantal-Linien nicht. Ein anderer Fall der Störung besteht darin, daß zwischen den beiden Linien, die man vergleicht, Absorptionskanten eines Fremdelements liegen, in diesem Fall wird die Linie der kürzeren Wellenlänge selektiv durch die Fremdstoffemission absorbiert. Wenn die Absorptionskante der Verunreinigung zwischen den Kanten der zu vergleichenden Linien liegt, erscheint die Linie des Elementes mit der kürzeren Absorptionskante geschwächt. Diese Schwierigkeiten werden eliminiert, wenn man möglichst Elemente vergleicht, deren Kanten bzw. Linien nahe aneinanderliegen. Platin kann man mit Tantal nachweisen, ohne daß ein Element des periodischen Systems den Nachweis beeinflußt. Der Vortr. hat eine Tabelle entworfen, in der für alle Elemente geeignete Vergleichslinien angegeben sind und die Vergleichbarkeit mit anderen Elementen angeführt ist. Diese Art der Störungen ist prinzipieller Natur, da die Lage der Emissionslinien und Absorptionskanten vom Atom abhängt. Eine andere Art von Störungseffekten tritt durch die Meßanordnung auf. In der Regel läßt man Kathodenstrahlen auf die Analysenproben auftreffen, dabei können die dünnen Oberflächenschichten schmelzen, die Zusatzsubstanz kann verdampfen und die Analysenprobe kann leicht entmischt werden. Voraussetzung der quan-

¹⁾ Vgl. auch diese Ztschr. 43, 514 [1930].

titativen Spektralanalyse ist aber, daß die Analysenproben während der Analyse sich nicht verändern. Zur Beseitigung derartiger Störungen hat Stintzing die rotierenden Antikathoden eingeführt. Glocke und Vortr. verwenden zur Erregung der Röntgenspektren nicht Kathodenstrahlen, sondern Röntgenstrahlen, und untersuchen die sekundär emittierten Röntgenstrahlen. An der Röntgenanalyse von Zirkonoxyd und Hafniumoxyd konnte der Vorteil der sekundären Methode für die Untersuchung eines Kristallpulvers bewiesen werden. Glocke konnte zeigen, daß das Debye-Scherrer-Diagramm vor und nach der Bestrahlung mit Kathodenstrahlen ganz verschieden ausfällt. Für diese Sekundärstrahlenanalyse kann man verschiedene Anordnungen benutzen. Vortr. hat meistens mit der Costerschen Anordnung gearbeitet. Die Analysensubstanz wird auf einen Fluoreszenzschirm aufgebracht, auf den die Röntgenstrahlen fallen. Die verwendete Röhre liefert einen sehr starken Ring, weil die Entfernung zwischen Antikathode und Fluoreszenzstrahler sehr klein ist, 4 bis 5 mm. Die Proben werden im Hochvakuum untersucht, bei Flüssigkeiten verwendet man die Anordnung von Glocke und Schneider. Der Nachteil ist die geringe Intensität, man braucht die zehnfache Zeit, um gleiche Intensitäten zu erzielen wie bei der Primärstrahlenanalyse. Die Frage, Sekundärstrahlen von größerer Intensität hervorzurufen, ist daher von großer Bedeutung. Vortr. erörtert dann die Frage der Empfindlichkeit der Methode, die abhängig ist von dem Element, das man untersucht, sowie von der Form, in der die zu untersuchende Substanz vorliegt. Untersucht man Mineralien oder Oxyde, so kann man nach den Erfahrungen bei Rhenium und Hafnium schwer unter 10^{-4} kommen. Das ist in diesem Fall die praktische Empfindlichkeit. Günstiger liegen die Verhältnisse bei Metallen. So kann man bei der Untersuchung der Metalle der Eisengruppe, z. B. beim Nachweis von Titan im Eisen, noch einen Nachweis im Verhältnis 1 : 100 000 erhalten, bei Kupfer in Zink ist nach neueren Arbeiten sogar ein Nachweis in Mengen von 1 : 1 000 000 möglich. Eine andere Frage ist die der Genauigkeit der Analyse. Man kann 1% Genauigkeit erreichen, und da man in den meisten Fällen nur sehr geringe Mengen nachweist, wie z. B. 1%, so ist die erzielte Genauigkeit 0,001% schon sehr groß und wird von den chemischen Methoden jedenfalls nicht erreicht. Bei Metalllegierungen hat man versucht, von einer Zusatzsubstanz abzusehen, z. B. bei Messing vergleicht man die Intensitäten der Kupfer- und Zinklinien und zieht dann daraus einen Schluß auf die Zusammensetzung der Legierungen. In einem australischen Hüttenwerk, das sehr reines Zink auf Spuren von Blei untersucht, werden z. B. Etalons mit verschiedenen Bleigehalten hergestellt und damit die Proben verglichen. Die Resultate sind sehr gut. Es handelt sich hier aber immerhin um Spezialfälle, im allgemeinen wird man auf eine Vergleichsstanz nicht verzichten können. Zum Schluß vergleicht der Vortr. die optisch-analytischen Methoden und die Röntgenanalyse. Die Erfahrungen sind bisher noch zu gering, um etwas Abschließendes sagen zu können, aber die beiden Methoden werden sich sicherlich weitgehend ergänzen. Der große Vorteil der Röntgenmethode ist, daß die Substanzen durch die Sekundärstrahlen nicht verändert werden, während bei der optischen Analyse die Substanz verdampfen muß. Die quantitative Röntgenanalyse muß kritisch betrachtet werden, dann kann man sicherlich zuverlässige und genaue Analysen durchführen, deren Bedeutung insbesondere auf dem Gebiete liegt, wo die chemische Analyse Schwierigkeiten bereitet, z. B. bei der Untersuchung von Mineralien, die man sonst erst aufschließen müßte, oder bei der Untersuchung von Stoffen, die nur in sehr kleinen Mengen vorliegen. —

Diskussion: Geheimrat Prof. Dr. Rinne fragt, ob es möglich wäre, nach diesem Verfahren Proben von Meerwasser zu analysieren, und verweist auf die Untersuchungen von Haber über den Goldgehalt des Meeres²⁾. Prof. v. Hevesy meint, man müsse in diesem Fall die Röntgenmethode mit den chemischen Methoden kombinieren. Zuerst müßte eine Konzentrierung des Meerwassers vorgenommen werden, dann erst kann man das Gold optisch oder röntgenographisch nachweisen. Prof. Stintzing weist darauf hin, daß es sich bei der erwähnten Drehkathode in der Hauptsache

darum handelt, den Aktionsradius zu erhöhen. Es ist auch versucht worden, mit gepulverten und stark gepreßten Substanzen zu arbeiten. Eine der schwierigsten Fragen war die Beschaffung geeigneter Standardelemente. Es hat sich jetzt ein Unterausschuß gebildet, der sich die Beschaffung dieser Materialien angelegen sein läßt. —

Dr. E. Rupp, Berlin: „Interferenzen bei Materiewellen.“

Vortr. gibt einen Überblick über die Versuche zur Elektronenbeugung und greift hierbei drei Fragen heraus, 1. die Fälle, wo Elektronen- und Röntgenstrahlen zu gleichen Ergebnissen führen, 2. wo die Elektronenstrahlen gegenüber den Röntgenstrahlen Neues hervorbringen und 3. die Anwendung der Elektronenstrahlen zur Strukturmöglichkeit. Nachdem es gelungen ist, bei der Reflexion von Korpuskeln an Kristallen Interferenzphänomene aufzufinden, sind Strukturanalysen mit Elektronen möglich geworden, die ähnlich wie Röntgenstrahlanalysen durchgeführt werden können. Die Analogie zu den Röntgenstrahlen ist für schnelle Elektronen (über 10 kV) vollkommen gewahrt. Hier können Elektronen die Röntgenstrahlanalysen in manchen Fällen ergänzen. Für Elektronen unterhalb 1000 V ist die Wechselwirkung mit dem Kristallgitter sehr stark, wie sich in dem Auftreten eines Brechungsexponenten und in der Nachweismöglichkeit leichter Atome gegenüber schweren (H_2 in Ni) zeigt. Der Brechungsexponent lässt sich auf ein inneres Potential des Kristalles zurückführen. Die Werte des inneren Potentials sind für Metalle + 10 bis + 20 V; für Halbleiter + 2 bis + 6 V; für Isolatoren sind sie negativ und steigen mit höherer Temperatur auf 0. So beträgt das innere Potential für Kalium 7,5 V, für Wismut 4 V, für Bleiglanz 3 bis 7 V, bei Ionenkristallen ist das innere Potential kleiner als 1, für langsame Elektronen findet man noch quantitative Verschiedenheiten. Die Gaseinwirkung auf Metalle ist bisher für H_2 in Ni, Fe, Cu, Mo und Zr untersucht. Stets treten durch H_2 -Wirkung Beugungsmaxima mit halben Ordnungszahlen auf. An Ni und Fe bewirkt H_2 bei längerer Einwirkungszeit oder bei höherer Temperatur eine Auflösung des Gitters. An dem aufgelockerten Gitter konnte die Reaktion von H_2 und N_2 zu Ammoniak verfolgt werden, wobei Ni bzw. Fe als Katalysator wirkt. Als weiteres Anwendungsbeispiel der Elektroneninterferenzen seien Untersuchungen an passivem Eisen erwähnt. Hier wurden an der passiven Schicht fünf Beugungsmaxima gefunden, die an reinem Eisen und an oberflächlich oxydiertem Eisen fehlen. Unter Zugrundelegung des inneren Potentials 13 V für Fe kann aus den fünf Maxima ein bestimmter Gitterabstand $a = 3,4 \text{ \AA}$ berechnet werden. In diesem Abstand sitzt über der Eisenfläche eine Gaschicht, die vielleicht in einer Sauerstoffschicht besteht. Zur Entscheidung dieser Frage wurden auch Versuche an Wolfram vorgenommen, dessen Verhalten in Wasserstoff durch die Untersuchungen von Langmuir bekannt ist. Man kennt auch die Art der bei Wolfram auftretenden Oxyde und kann die Art der beugenden Schichten feststellen. Das mit Sauerstoff bedeckte Wolfram ist sehr passiv, und da das Eisen dem Wolfram sehr nahesteht, wird man auch über das passive Eisen ähnliche Aussagen machen können.

Diskussion: Prof. Gürler glaubt, daß die chemische Beständigkeit von Metallen auf kleinen Schutzhäutchen beruhe, und daß die Passivität nur einen Spezialfall darstellt unter der großen Mannigfaltigkeit von Erscheinungen. Die Schutzhäutchen sind nicht dicker als einige Atomlagen. Man hat keine Möglichkeiten, diese optisch zu verfolgen, und hier eröffnet sich in der Elektronenbeugung eine neue Forschungsmöglichkeit, die sicherlich rasch zu großen Erfolgen führen kann. So ist die Frage der Oxydationswirkung bei chromhaltigen Eisenmetallen eines der brennendsten Probleme. Man nimmt an, daß ein Raumgitter entsteht, das aus Mischkristallen Cr_2FeO_4 besteht. Dr. Rupp bemerkt hierzu, daß die Versuche an Polymischkristallen schwer durchzuführen sind und daß man daher zunächst sich darauf beschränken muß, Einkristalle zu untersuchen. Zu der Frage von Dr. Pietsch, ob man bei der Einwirkung von Wasserstoff auf Metalle unterscheiden kann zwischen Adsorption und chemischer Bindung im Sinne einer Hydratbildung, erklärt Dr. Rupp, daß eine Entscheidung sich noch der Methode entzieht, da die Beugungsmaxima nicht scharf genug sind. —

²⁾ Vgl. diese Ztschr. 40, 303 [1927].

Prof. Dr. H. Geiger, Kiel: „Verwendung des Spitzenzählers und des Zählrohrs auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen.“

Vortr. bespricht die Methodik und Arbeitsweise des Spitzenzählers und des Zählrohrs und gibt dann einige Anwendungsbeispiele für diese Apparate. Das Prinzip des Zählrohrs beruht darauf, daß ein von außen kommender Elektronenstrahl im Rohr, in dem axial ein dünner, mit einer schlecht leitenden Haut überzogener Draht ausgespannt ist, einen Ionisationsstrom hervorruft, der infolge der Aufladung der Oberflächenhaut sofort wieder abreißt; die so entstehenden einzelnen Stromstöße werden durch ein Fadenelektrometer sichtbar gemacht. Durch die isolierende Schicht auf dem Draht ist es möglich, das Potential zwischen Rohr und Draht über das Funkenpotential zu steigern. Alle Strahlenteilchen, die durch das Rohr gehen, werden auch wirklich registriert. Die Empfindlichkeit des Zählrohres ist so groß, daß der Gasdruck im Rohr so gering gehalten werden kann, daß eine große Zahl der Elektronen, die durch das Zählrohr gehen, im Gas überhaupt keine Ionen mehr erzeugen. Die Anwendbarkeit des Spitzenzählers und des Zählrohrs beruht nicht nur auf der hohen Empfindlichkeit der Apparate, sondern vor allem in ihrer Betriebssicherheit und Einfachheit der Handhabung. Ein typisches Beispiel für die Verwendung des Spitzenzählers, der zur Auszählung eines begrenzten Strahlenbündels geeignet ist, bietet das Kanalstrahlproblem. Man kann auch die Elektronen, die durch das Licht an den Metallflächen ausgelöst werden, beschleunigen und in die Zählapparatur eintreten lassen. So kann man relativ einfach eine lichtelektrische Kurve auszählen, z. B. in Einkristallen die lichtelektrische Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der Wellenlänge feststellen. Das Zählrohr mit seiner großen Zählfläche ist überall da gut anwendbar, wo es sich um Strahlungen geringer Intensität oder diffuse Strahlungen handelt, z. B. bei der Höhenstrahlung oder bei der Messung von sehr geringer Radioaktivität. Eine weitere Anwendung des Zählrohrs ergibt sich in den Fällen, wo es darauf ankommt, die Strahlung in einem bestimmten Raum zu absorbieren und auszuzählen. —

Prof. Dr. E. Schiebold, Leipzig: „Neuzeitliche Auswertungsmethoden.“

Nach einem Überblick über die gebräuchlichen Röntgeninterferenzmethoden und ihre Anwendung geht Vortr. näher auf die Kristallstrukturanalyse mit Röntgenstrahlen ein. Es tritt in der Praxis immer mehr das Bestreben zutage, die hier häufig sehr langwierige Auswertung durch weitgehende Heranziehung graphischer Methoden zu vereinfachen. Diese graphischen Verfahren beruhen auf den engen Beziehungen des reziproken Gitters nach P. P. Ewald zur Theorie der Röntgeninterferenzen in Kristallen. Vortr. erörtert das reziproke Gitter und die für die Auswertung notwendigen Konstruktionen, die einer unmittelbaren Anwendung zur zeichnerischen Lösung der bei der Kristallstruktur auftretenden Aufgaben fähig sind, und zeigt, wie graphische Verfahren für die Methoden der Symmetriebestimmung, der Messung von Gitterperioden und Netzebenenabständen, der Indizierung der Röntgendiagramme bei Einkristallen und Kristallhaufwerken benutzt werden können. Besondere Berücksichtigung finden die modernen Methoden der Röntgengoniometrie. Für die Bestimmung der Basisgruppe und der Koordinaten der Atome im Gitter sind besonders die Methoden der Fourier-Analyse nach W. H. und W. L. Bragg, Havighurst und Duane für die Zukunft bei weiterer Entwicklung der absoluten Intensitätsmessungen von Röntgeninterferenzen von außerordentlicher Bedeutung. —

Prof. Dr. J. Eggert, Leipzig: „Temperaturabhängigkeit photographischer Prozesse.“

Vortr. berichtet über einige Versuchsergebnisse von Arbeiten, die er gemeinsam mit Noddack ausgeführt hat über die Fragestellung, wie es mit der Anwendbarkeit der Quantentheorie auf photographische Prozesse steht. Betrachtet man zunächst die Verhältnisse bei der Lichtstrahlung, so findet man ungefähr die Quantenausbeute 1, d. h. jedes Quant absorbiertes Licht läßt auf der photographischen Schicht ein Chlor- oder Bromatom entstehen. Geht man von der Lichtstrahlung zur Röntgenstrahlung über, so werden wegen des größeren

Energiegehalts der Röntgenstrahlen die Quantenausbeuten größer. Die Vergrößerung entspricht aber nicht der Energieerhöhung, sondern nur etwa 10% der Energie. Bei α -Strahlung steigt die Quantenausbeute noch höher. Diese Reaktionen sind es, die den nachfolgenden photographischen Prozeß auslösen. Vortr. untersucht nun, wie sich statistisch die Anzahl entwickelter Körner zur Anzahl der Lichtquanten verhält. Belichtet man eine photographische Schicht mit α -Strahlen, so findet man eine Kette hintereinander liegender Körner; je nach der Art der α -Teilchen und der Struktur der photographischen Schicht findet man etwa 3 bis 15 Körner zu einer solchen Kette vereinigt. Fragt man, wie viele Körner durch Röntgenstrahlen entwickelt werden, so findet man bei der Untersuchung an verschiedenen Schichten, daß je Quant Röntgenstrahlung ein Korn Entwicklungsfähig gemacht wird. Bei der Lichtstrahlung liegen die Verhältnisse so: Bestrahlt man eine photographische Schicht mit dem blauen Licht der Quecksilberlampe so, daß die Anzahl der Körner, die bestrahltbar sind, uns bekannt ist, und die Belichtung so ausgeführt wird, daß statistisch im Mittel jedes Korn ein Quant bekommt, dann findet man einen Unterschied zwischen den belichteten und den unbelichteten Körnern. Es kann je Quant ein Korn entwickelbar gemacht werden, es können aber auch tausend Quanten sein, d. h. ein Korn kann, tausend Körner brauchen noch nicht Entwicklungsfähig geworden sein. Vortr. behandelt dann die Verhältnisse bei der Schwärzungskurve. Bei der Bestrahlung mit α -Strahlen können wir sagen, daß jeder α -Strahl für eine bestimmte Schicht eine bestimmte Anzahl Körner Entwicklungsfähig macht. Wir finden zunächst eine gerade Linie, dann eine allmäßliche Abnahme der Schwärzung nach einer Exponentialfunktion. Bei den Röntgenstrahlen liegen die Verhältnisse ähnlich. Wenn man die Strahlen länger einwirken läßt und in Abhängigkeit davon die Schwärzung feststellt, dann findet man zuerst wieder eine lineare Beziehung, dann eine Abnahme, die aber nicht ganz nach dem Exponentialgesetz verläuft wie bei der α -Strahlung. Bei den Lichtstrahlen finden wir, daß die ersten Lichteindrücke überhaupt nichts machen, dann kommt ein Anstieg, eine Art superproportionaler Anstieg. Vortr. geht dann auf die Temperaturabhängigkeit der photographischen Prozesse ein, die schon des öfteren untersucht wurde, ohne daß jedoch übereinstimmende Resultate erhalten wurden. Deshalb wurden systematische Untersuchungen im Temperaturbereich von -60° bis $+90^\circ$ vorgenommen, und es ergaben sich charakteristische Unterschiede zwischen der Änderung der Empfindlichkeit gegenüber der Röntgenstrahlung und Lichtstrahlung. Aus den Versuchen scheint hervorzugehen, daß eine Temperaturempfindlichkeit auch für Röntgenstrahlung vorhanden ist, die aber geringer ist als bei Lichtstrahlung. Die Röntgenstrahlung zeigt eine gewisse Verwandtschaft zu den photographischen Prozessen. Die Desensibilisatoren haben auch eine gewisse Wirkung auf die Röntgenstrahlung. Bei diesem Einfluß der Temperatur handelt es sich nicht um eine Abhängigkeit des Absorptionsaktes von der Temperatur. Es muß die Wirkung an einer Stelle einsetzen, die zwischen der Absorption und der folgenden Entwicklung liegt, letztere hat bei einer anderen Temperatur stattgefunden als die Absorption. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Art Koagulation, eine Zentralisierung der Keime. Diese Koagulation ist temperaturempfindlich, jedenfalls scheint dies zur Zeit die plausibelste Erklärung für die Temperaturabhängigkeit der photographischen Prozesse zu sein. —

Prof. Dr. K. Herrmann, Berlin-Charlottenburg: „Röntgenbilder flüssiger Kristalle.“

Zwischen dem kristallin-festen Zustand und dem amorphen Zustand gibt es bei gewissen organischen Stoffen noch andere Zustände, die optisch anisotrop sind und sich durch einen Phasensprung gegenüber dem amorphen Zustand abgrenzen und die sich auch in magnetisch-optischer und elektrischer Hinsicht anders verhalten als Flüssigkeiten, aber auch nicht Kristalle sind. Das einzige Sichere, was allen Theorien über die flüssigen Kristalle zugrunde liegt, ist die Tatsache, daß diese Substanzen langgestreckte Moleküle besitzen. Im allgemeinen kann man annehmen, daß die Formeln dieser organischen Stoffe ungefähr der geometrischen Länge der Moleküle entsprechen. Es gibt zwischen dem kristallinen und dem amorphen Zustand oft mehrere Zwischenphasen, zwei, drei und sogar fünf. Vortr.

schließt sich bei seinen Darlegungen den Bezeichnungen von Friede1l an, der etwa 35 flüssige Kristalle untersucht hat, und unterscheidet zwischen den „nematischen“ und „smektischen“ Phasen, d. h. den bei höherer und niedriger Temperatur auftretenden Phasen. Manche Substanzen treten nur in dem einen, manche sowohl im nematischen wie im smektischen Zustand auf. Vortr. zeigt nun Röntgenaufnahmen von zwei kristallin-flüssigen Substanzen in den verschiedenen Phasen und unter verschiedenen physikalischen Beeinflussungen (magnetisches und elektrisches Feld). Bei magnetischer Einwirkung auf p-Azoxyanisol in der kristallin-flüssigen Phase zeigt sich mit Cu-Stahlung eine Aufspaltung der beobachteten zwei Ringe derart, daß die Aufspaltungssicheln senkrecht zur magnetischen Feldrichtung liegen. Die Deutung dieses Bildes erfolgt an Hand der Anschauungen über die kristallin-flüssigen Substanzen, die ihrerseits wieder durch diese Bilder röntgenographisch bestätigt werden. Danach bilden die „langgestreckten“ Moleküle durch Parallelagerung Gebiete, die man als „räumliche Strichgitter“ für Röntgenstrahlen bezeichnen kann. Ihre Richtung schwankt um die Feldrichtung, und die Schwankung wächst mit steigender Temperatur. Die Gitterbreite lässt sich, nachdem durch den Vorgang von Thibaud und Trillat der engere der beiden Ringe als durch kurzwelliges Licht verursacht erkannt wurde, als Mittelwert von Dicke und Breite des Moleküls deuten, in guter numerischer Übereinstimmung mit deren Errechnung aus den Atomdurchmessern. Phenetolazoxybenzoësäureallylester zeigt dieselben Bilder: Die Ausrichtung in der zweiten, „smektischen“ Phase, die diese Substanz besitzt, ist in Anbetracht der tieferen Temperatur sehr scharf, die Aufspaltung fast strichförmig. Bei Mo-Strahlung tritt ein schmäler, in Richtung des Feldes aufgespaltener Ring auf, dessen Deutung bislang nicht gelungen ist. — Im elektrischen Feld zeigt p-Azoxyanisol eine Ausrichtung parallel dem Felde, Phenetolazoxybenzoësäureallylester in der nematischen Phase ebenfalls Parallelrichtung, dagegen in der smektischen Phase senkrechte Ausrichtung gegenüber der Feldrichtung.

Im Anschluß daran machte Geheimrat Prof. Dr. Rinne einige Angaben über lebende flüssige Kristalle³⁾. —

Prof. Dr. H. Stintzing, Gießen: „Röntgenstrahlen und chemische Bindung“⁴⁾.

Dr. J. D. Bernal, Cambridge: „Ergebnisse der modernen Metallforschung.“

Vortr. will insbesondere auf Grund der neuen Arbeiten von Slater die physikalischen Grundlagen für die Kristallstruktur der Metalle und intermetallischen Verbindungen geben. Der metallische Zustand unterscheidet sich von den anderen Zuständen der Stoffe insbesondere durch die elektrische Leitfähigkeit. Es ist dies die vorspringendste Eigenschaft der Metalle, die man jedoch nicht auf die Metalle beschränken kann, denn es gibt eine Reihe von Körpern, die die Leitfähigkeit zeigen, ohne Metalle zu sein. Eine andere Eigenschaft der Metalle, die nicht so auffallend, aber einfacher ist, besteht darin, daß alle gewöhnlichen Metalle dicht gepackte Strukturen aufweisen, was auch für die metallischen Verbindungen gilt. Vortr. versucht nun, die Natur der verschiedenen Arten der Bindefröhre zwischen den Atomen und Metallen und intermetallischen Verbindungen zu zeigen, um so eine Grundlage für die Klassifizierung und eine Erklärung der physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Stoffe zu geben. Die hauptsächlichsten Kräfte, die in Frage kommen, sind die Coulomb'sche Anziehung zwischen den benachbarten Atomen und die Kräfte, die nach Heitler und London auf die Wechselwirkung zurückzuführen sind und der chemischen Kovalenz entsprechen. Die Metalle und Metallverbindungen kann man nach dem Vorherrschen dieser Kräfte einteilen. Bei den wahren Metallen herrschen die Coulomb'schen Kräfte vor, bei den Halbleitern die chemischen Kovalenzkräfte. Die Kristallstruktur der intermetallischen Verbindungen wird mit Rücksicht auf die magnetischen und elektrischen Eigenschaften erörtert. Vortr. stellt eine Tabelle auf, in der er unterscheidet zwischen den Metallen mit großen Atomvolumen, den Gruppen von Elementen, bei welchen die Atome nicht dichte Packungen zeigen und bei

denen die Elemente angeordnet sind nach den flächenzentrierten Elementarkörpern, basischen flächenzentrierten Elementarkörpern und hexagonal dichtester Kugelpackung. Je nach den vorherrschenden Kräften unterscheiden sich die Metalle und die metallischen Verbindungen in ihren physikalischen, magnetischen und elektrischen Eigenschaften. Unsere Kenntnisse über die festen Lösungen der Metalle und die Metallverbindungen sind leider noch sehr unvollkommen. —

Dr. F. Wever, Düsseldorf: „Zur Systematik der Eisenlegierungen.“

Die für die systematische Metallkunde grundlegende Frage, ob allgemeine Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Legierungsreihen eines Elements mit verschiedenen Metallen und deren Stellung im periodischen System bestehen, wurde durch den bloßen Vergleich der Zustandsdiagramme nur in sehr geringem Grade der Lösung nähergebracht. Erst nachdem die Metallkunde mit den röntgenographischen Verfahren ein Mittel in die Hand bekommen hatte, die strukturellen Eigenschaften der verschiedenen Konstituenten metallischer Legierungen zu bestimmen, konnte das Problem der Strukturanalyse in Legierungsreihen mit größerer Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden. Für eine Systematik der Eisenlegierungen stellt der Polymorphismus des Eisens den geeigneten Ausgangspunkt dar: Die Legierungselemente lassen sich in ihrer Wirkung auf die polymorphen Umwandlungen in zwei Gruppen einteilen, von denen die erstere den Bereich der kubisch-flächenzentrierten γ -Modifikation erweitert, während die andere Gruppe die Stabilität des raumzentrierten α -Eisens erhöht und dementsprechend die Umwandlungen nach der Seite der γ -Phase verschiebt. Eine planmäßige Ergänzung der bisher bekannten Zustandsdiagramme von Eisenlegierungen führt nunmehr zu der Feststellung, daß eindeutige Beziehungen zwischen dem Atomradius eines Elementes und seinem Einfluß auf die polymorphen Umwandlungen des Eisens vorhanden sind: Die Elemente des ersten Typus finden sich ausnahmslos in der Nähe der Minima auf der Atomradienkurve, während die Elemente der letzteren Art auf den auf- bzw. absteigenden Ästen liegen und den Übergang zu den im Eisen unlöslichen Elementen mit sehr großen Atomradien vollziehen. Für ein Druck-Temperatur-Diagramm des Eisens folgt unmittelbar aus der Anwendung der Gleichung von Clausius-Clapeyron, daß die flächenzentrierte γ -Phase ein nach der Seite abnehmender Druck geschlossenes Zustandsfeld besitzen muß. Der Einfluß der Legierungselemente kann danach formal unter einem einheitlichen Gesichtspunkt so aufgefaßt werden, als ob bei der Mischkristallbildung eine Druckerhöhung bzw. Druckverminde rung stattfände. —

Dr.-Ing. G. Sachs, Berlin-Dahlem: „Unterdrückte Zustandsänderungen bei Metallen.“

Zustandsänderungen, die sich unterdrücken lassen, sind für die Technik sehr wichtig. So bilden die durch Abschrecken ganz oder teilweise verhinderten und durch Anlassen ausgelösten Zustandsänderungen die Grundlage der für die Technik wichtigen Härtungs- und Veredlungsvorgänge. Am bekanntesten sind die Fälle der Unterdrückung einer Ausscheidung oder einer Umwandlung. Für die Verfolgung von Zustandsänderungen in Legierungen eignen sich besonders Röntgenuntersuchungen, insbesondere an Einzelkristallen. Soweit sich Zustandsänderungen durch Abschrecken unterdrücken lassen, können sie auch in bequemer Weise bei gewöhnlicher Temperatur beobachtet werden. Beispiele sind die Feststellung von Löslichkeitsgrenzen, z. B. von Kupfer in Silber, und die Verfolgung des Gitterumbaus und der Atomumordnung bei Umwandlungen, z. B. bei AuCu. Die Übersättigung eines Mischkristalls kann beim Anlassen sprunghaft zurückgehen, wie bei silberreichen CuAg-Legierungen unter Ausscheidung eines kupferreichen Mischkristalls, oder unter stetiger, inhomogener Veränderung der Konzentration, wie bei kupferreichen CuAl-Legierungen, unter Ausscheidung einer Verbindung. Im ersten Falle zerfällt ein Kristall in ein ungeordnetes Kristallhaufwerk, im zweiten behält das Kristallgitter seine Orientierung bei. Auch die Eigenschaften ändern sich in beiden Fällen in ganz anderer Weise. Es wird vermutet, daß das verschiedenartige Verhalten mit der Wärmetönung des Vorganges zusammenhängt. Die Umwandlung einer Legierung setzt sich aus zwei bis zu einem gewissen Grade voneinander unabhängigen Vorgängen

³⁾ Vgl. diese Ztschr. 43, 677 [1930].

⁴⁾ Vgl. diese Ztschr. 43, 514 [1930].

zusammen, der Änderung der Gittersymmetrie und der Änderung der Atomanordnung. Sowohl bei AuCu wie bei Kohlenstoffstahl geht beim Anlassen nach dem Abschrecken der erste Vorgang schneller vor sich als der zweite. Bei der Härtung von Stahl bildet sich infolgedessen die bekannte tetragonale Zwischenphase. Der Gitterumbau erfolgt bei AuCu unter Erhaltung des Kristallbaus, bei Stahl unter Zerfall in gesetzmäßig angeordnete Kriställchen, wahrscheinlich durch Schiebungsvorgänge. Die Einstellung der endgültigen Atomanordnung tritt anscheinend in beiden Fällen sprunghaft und ohne Änderung der Kristallorientierung ein. —

Dr. K. Gottfried, Berlin-Dahlem: „Ergebnisse der Röntgenforschung bei anorganischen Stoffen.“

Vortr. berichtet über Arbeiten, die im Laufe der letzten Jahre über Röntgenforschung an anorganischen Stoffen erschienen sind, wobei er sich darauf beschränkt, einige Arbeiten und allgemeine Gesichtspunkte hervorzuheben. Die Arbeiten führen z. T. sehr stark ins mineralogische Gebiet. Insbesondere hebt Vortr. die Arbeiten hervor, die sich mit Strukturuntersuchungen beschäftigten, so bei Wismutfluorid, ferner Arbeiten über die Untersuchungen an binären Mischkristallen, um dann auf die Arbeiten einzugehen, die mehr in das mineralogische Gebiet fallen und sich u. a. mit den Spinellen und auch mit der Strukturmöglichkeit des Gipses beschäftigen. Die Arbeiten im Laboratorium von Bragg haben viel zur Klärung der Silicate beigetragen. Hervorzuheben sind auch die Arbeiten über die Struktur des Kaolins und die Arbeiten von Schiebold über die Feldspate. —

Dr. J. Hengstenberg: „Röntgenintensitätsmessungen an Mischkristallen.“

Die Röntgenmethoden sind imstande, die metallographischen Untersuchungen zu ergänzen. Die Methode der quantitativen Intensitätsmessung ist in der letzten Zeit mit Erfolg zur Aufklärung komplizierter Kristallstrukturen einerseits und Untersuchungen von Störungen im Bau einfacher Gitter andererseits herangezogen worden. Ihrer Anwendung auf das Studium technisch wichtiger Vorgänge bei Legierungen (Vergütung) steht zunächst noch die mangelhafte Kenntnis der Röntgenintensitäten der Mischkristalle entgegen. In Ludwigshafen wurden Versuche gemacht, um die Elementarvorgänge im Kristallgitter, die bei der Wärmebehandlung, der Verformung und der Legierung von Metallen zustande kommen, zu verfolgen. Für die Strukturbestimmung eines komplizierten Gitters wird man sich der Methoden bedienen, die von Bragg ausgearbeitet sind und auf der quantitativen Messung der Röntgenintensitäten beruhen. Zur Messung der Intensitätsunterschiede zwischen dem reinen und dem Mischkristall kommt eine Ionisationskammer mit drei Elektroden zur Verwendung. Der Röntgenstrahl trifft gleichzeitig zwei Bleche aus den zu untersuchenden Materialien, die übereinander angeordnet sind. Die Differenz der Ionisationsströme, die von den Interferenzen der Bleche erzeugt werden, wird mit Hilfe einer Kompensationsmethode gemessen. Auf diese Weise wird man von den Intensitätsschwankungen der Röntgenröhre weitgehend unabhängig. Für die Untersuchung der Mischkristalle wurden Messungen durchgeführt an Silber-Gold-Legierungen, in denen dem Silber 2, 4, 8 und 10% Gold zugesetzt waren. Die Ergebnisse sind für die Linienintensitäten in Übereinstimmung mit den Werten, die aus der v. Laue'schen Arbeit⁵⁾ für den Fall statistischer Verteilung der Au-Atome zu erwarten sind. Die von der Theorie vorausgesagte Zunahme der diffusen Streustrahlung wird ebenfalls nachgewiesen und die Verwendung der quantitativen Streustrahlungsmessung zur Bestimmung des Atomformfaktors bei kleinen $\frac{\sin \theta}{\lambda}$ -Werten besprochen. —

Prof. Dr. H. Mark, Ludwigshafen: „Anwendung der Röntgenstrahlen und der Elektronenbeugung auf Probleme der organischen Chemie.“

Vortr. berichtet über die neuesten Fortschritte, die erzielt worden sind durch die Anwendung der Röntgenstrahlen und der Elektronenbeugung bei organischen Strukturfragen. Die organische Chemie und Stereochemie der aliphatischen Körper beruht auf der Annahme der regulären Tetraeder-

struktur sowie der Starrheit der C-C-Bindung. Eine große Zahl von Elektronen- und Röntgenstrahlenbeugungsversuchen hat diese Annahmen bestätigt. Man findet nur das, was der organische Chemiker auch schon aus der makroskopischen Betrachtung und dem allgemeinen Verhalten über diese Verbindungen geschlossen hat. In vielen Fällen kommt man aber über diese Feststellungen noch hinaus in bezug auf die Distanzen und in der Richtung, daß man das starre Tetraeder nicht mehr aufrechterhalten kann. Was durch die Interferenzmethoden noch besonders zukommt, ist, daß man feststellen kann, in welchen Fällen die Abweichungen auftreten. Deutliche Abweichungen von der regulären Tetraederstruktur treten auf bei hochhalogenisierten und verschiedenartig substituierten Derivaten. Während CCl_4 noch die Tetraederstruktur aufweist, zeigt dies $CHCl_3$ nicht mehr. Es tritt eine Deformation in dem Sinne ein, als ob man das Tetraeder auseinanderspreizt. Es handelt sich um Verbindungen der im Sinn der Hückel'schen Denkweise polarisierten Gruppen und des zentralen Kohlenstoffatoms. Ein Zusammenhang wird hier nahegelegt, der zu den freien Radikalen führt. Das Hexacyanäthan zeigt schon Neigung zum Dissoziieren. Wenn man zu dem stark polarisierbaren Phenolat übergeht, kommt man zu einem Effekt der Stabilisitätsbeeinflussung. Dieser gleiche Effekt wird auch bei den hochhalogenisierten Produkten gefunden, bei welchen das Chlor durch eine CH_2 -Gruppe vom C getrennt ist. Das sind Derivate des Pentaerythrins, bei dem besonders die Frage untersucht ist, ob Abweichungen von der Tetraederstruktur auftreten. Bei den hochhalogenisierten Derivaten des Pentaerythrins besteht eine Deformation. Vortr. glaubt, daß mit den Interferenzmethoden in dieser Richtung wichtiges Material gesammelt werden kann, wie stark der Einfluß der einzelnen Substituenten und wie stark die Deformation ist, die sich durch die einzelnen Gruppen ergeben läßt. Vortr. verweist hier auf Arbeiten von Lonsdale über $CCl_3=CCl_3$. Weiter geht er auf die Frage der freien oder behinderten Drehbarkeit ein. Die freie Drehbarkeit der C-C-Bindung ist als günstigster Idealfall bekannt, von dem es zahlreiche Abweichungen gibt. Man kennt ja Derivate, bei welchen trotz Fehlens der Doppelbindung Trans- und Cis-Isomerie vorliegt. Hier können die Interferenzmethoden der organischen Chemie zu Hilfe kommen, und hier liegen auch schon Ergebnisse vor beim 1,2-Dichloräthan, die zeigen, daß Unregelmäßigkeiten vorhanden sein müssen. Man ist also prinzipiell in der Lage, die Frage internermäßige zu entscheiden. Man wird noch feststellen müssen, ob Abhängigkeit von der Größe der Substituenten vorhanden ist. Eine weitere Frage, bei der man durch die Röntgenstrahlung Aufklärung gewinnen kann, ist die Struktur der aromatischen Ringsysteme. Aus allen bisherigen Untersuchungen geht mit Sicherheit hervor, daß der Benzolring eben ist und die Spannung einem kleineren Winkel entspricht als bei den aliphatischen Verbindungen. Auch über die Art und Weise, wie sich die Ringe übereinander lagern können, sind schon Arbeiten vorhanden, so insbesondere von Robertson aus dem Bragg'schen Laboratorium. Es ergibt sich die Wahrscheinlichkeit, daß Naphthalin und Anthracen eben sind, wenigstens in Kristallform. Allzuviel Material auf diesem Gebiet liegt nicht vor, und man kann diese Fragen noch keiner genauen Diskussion unterwerfen. —

Prof. Dr. J. Trillat, Paris: „Röntgenographische Untersuchung von Ölen, Fetten und Schmiermitteln.“

Vortr. berichtet über einige Untersuchungen zur Anwendung der Röntgenstrahlen auf die Untersuchung von Ölen und Fetten, sowie über die Anschauungen, die man sich über die Schmierung auf Grund dieser Untersuchungen machen kann. Die Drehkristallmethode gestattete den Nachweis, daß zahlreiche organische Körper mit langen Ketten, wie z. B. Fettsäuren, Fette und Kohlenwasserstoffe der Paraffinreihe durch Druck oder Schmelzen auf Glas oder Metallflächen sich orientieren. Vortr. verweist auf diesbezügliche Untersuchungen von Müller, Shearer, Saville, Trillat u. a. m. Wenn man auf dünnen Glasplatten eine Fettsäure schmilzt und preßt, und dann mit dem Präparat eine Drehkristallaufnahme macht, dann findet man ein Spektrum, das aus einer Reihe von Ringen zusammengesetzt ist, die herühren von der Reflexion der Röntgenstrahlen an parallelen Flächen. Diese Orientierung wird durch verschiedene physi-

⁵⁾ Ann. Physik 56, 497 [1918].

kalische und chemische Faktoren, wie Temperatur und Art der Fläche, beeinflußt. Vortr. sucht auch die Struktur der Oberflächenschichten in Berührung an der Luft zu untersuchen und verwendet hierzu die Methode der „anhaffenden Tropfen“, die darin besteht, daß man ein horizontales Bündel von Röntgenstrahlen auf die gekrümmte Fläche eines Tröpfchens auftreffen läßt. Unter diesen Bedingungen erhält man Röntgendiagramme, welche deutlich zeigen, daß die Moleküle der Fettsäuren, der Triglyceride und Fette auch vom Untergrund losgelöst an der Luft orientiert sind. Das Innere des Tropfens dagegen zeigt Desorientierung und völlige Unordnung. Das Verfahren wurde auch zur Prüfung von mesomorphen Substanzen angewandt, so für die Untersuchung von Seifen und einigen Flüssigkeiten, wie gesättigten Alkoholen, Fettsäuren, geschmolzenen Glyceriden. Auch hier konnte immer nachgewiesen werden, daß die freie Oberfläche nicht die gleiche Struktur aufweist wie das Innere der Masse, die stets ungeordnet ist. Durch diese Untersuchungen konnte Vortr. zu einer Theorie der Schmierung kommen und zeigen, daß die Fette, die gegen sich bewegende Metalle gedrückt werden, sich orientieren in der Art, daß sie Blättchen bilden, die aneinander vorbeigleiten wie die Karten in einem Kartenspiel. Diese Struktur wird durch den Druck hervorgehoben, aber ist nicht notwendigerweise an die Fettnatur gebunden. Wenn man einem Transformatoröl 1 bis 2% Fettsäure zufügt, so kann man feststellen, daß die Fettsäure an der Oberfläche des Metalls absorbiert wird und dort gerichtete Lagen des Metallsalzes bildet. Der Reibungskoeffizient wird dadurch sehr verbessert. In allen Fällen, bei denen die Schmierung nicht rein hydrodynamisch erfolgt, kann man diese Beobachtungen zur Erklärung des Schmievorgangs heranziehen.

Dr. R. Brill, Oppau: „Röntgenographische Bestimmung von Größe und Form submikroskopischer Kristalle.“

Der allgemeinen Anwendbarkeit des Laue'schen Verfahrens zur Bestimmung von Größe und Form kleiner Teilchen steht entgegen, daß für die zu untersuchenden Präparate völlige Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen gefordert wird. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, kann man mit einem für Röntgenstrahlen praktisch undurchlässigen Apparat arbeiten. Nach dieser Methode wurde die Bestimmung von Teilchengröße und Teilchenform an einem Elektrolytnickel durchgeführt. Es ergibt sich, daß die Nickelkristallchen längliche Gebilde sind, die von zwei Oktaederflächen begrenzt werden. Ihre Längsausdehnung liegt in der Richtung senkrecht zu diesen Flächen. Die Länge der Kristallchen beträgt 160 Å, die Breite und Dicke etwa 50 Å.

Dr. F. Regler, Wien: „Verwendung der Bremsstrahlung bei Feinstruktur-Untersuchungen.“ —

Dr.-Ing. R. Berthold, Berlin: „Neue physikalische und wirtschaftliche Grundlagen für die technische Röntgendurchleuchtung.“

Wenn man die Schwächung der Röntgenstrahlenintensität beim Durchgang durch Materialien betrachtet, sieht man, daß sie abhängig ist von der Röhrenspannung und der Feldgröße. Aus der Beantwortung der Frage, welche Belichtungsgröße für die photographische Aufnahme bzw. welche Belichtungsfähigkeit für die Beobachtung mit dem Leuchtschirm notwendig ist, ergibt sich die Anwendbarkeit der Werkstoffdurchstrahlung in einem praktisch gegebenen Fall, und es ergeben sich daraus zugleich die Grenzen der Durchstrahlbarkeit mit Hilfe der photographischen Schichten bzw. des Leuchtschirms. Für die Entscheidung der Anwendbarkeit der Werkstoffdurchstrahlung sind auch maßgebend die Fehlererkennbarkeit, die durch die Röntgenuntersuchung gewährleistet wird, sowie die Kosten, die eine Röntgenuntersuchung verursacht. Um diese Fragen zu beantworten, war es notwendig, die Strahlenschwächung beim Durchgang der verschiedenen Materialien in Abhängigkeit von der Röhrenspannung und Feldgröße zu ermitteln, ferner die Strahlenqualität in Abhängigkeit von Röhrenspannung und Vorfilterung, die Empfindlichkeit photographischer Schichten ohne und mit Verstärkerfolien, sowie von Leuchtschirmen in Abhängigkeit von der Strahlenqualität. Es konnten daraus abgeleitet werden: Die Belichtungsgrößen für photographische Untersuchungen von Aluminium, Eisen und Kupfer in Abhängigkeit von Röhrenspannung und Feldgröße, Grenzdicken der Durchstrahlbarkeit, die kleinsten nachweisbaren Dickenunterschiede in Abhängigkeit von Röhrenspannung und Feld-

größe, die Grenzen der Fehlererkennbarkeit. Man kann bei 80 kV 72 mm Aluminium durchstrahlen, die Fehlererkennbarkeit beträgt 6%. Bei 180 kV kann man in 10 min 290 mm Aluminium durchstrahlen, der Fehler beträgt 10% der Materialdicke. Was nun die Wirtschaftlichkeit der Röntgendurchleuchtung betrifft und den Versuch, generell die Unkosten der Röntgenaufnahme anzugeben, so betont Vortr., daß man nur für einen bestimmten Betrieb zu richtigen Werten kommen kann. Er zeigt, daß Unterdimensionierungen der Anlage sich in der Wirtschaftlichkeit katastrophal auswirken können.

Prof. Dr.-Ing. M. Freiherr v. Schwarz, München: „Röntgenschattenbilder von Gußstücken und ihre densographische Auswertung.“

Im Jahre 1897 hat W. C. Röntgen unter anderem schon erkannt, daß auch der Durchstrahlung von Maschinen- oder Bauteilen große Bedeutung zukommt, da man damit Fehlstellen auffinden kann, ohne die Bauteile zu zerstören. Die von Röntgen hergestellte Schattenbildaufnahme eines Jagdgewehres ist ein geradezu klassisches Beispiel dafür, was man mit dieser Arbeitsweise zu erreichen vermag. Unbegreiflicherweise hat es trotzdem mehrere Jahrzehnte lang gedauert, bis sich die Technik diese Errungenschaft zunutze machte, während in der Medizin die Röntgenologie schon seit der ersten Zeit als ein unentbehrliches Hilfsmittel verwendet wurde. Die Durchstrahlbarkeit der festen Stoffe ist abhängig von ihrem spezifischen Gewicht, d. h. je kleiner die Dichte des Körpers ist, desto leichter vermögen ihn die Röntgenstrahlen zu durchdringen. Die Leichtmetalle und ihre Legierungen sind verhältnismäßig leicht zu durchstrahlen, und 400 mm dicke Aluminiumblöcke bieten heute keine Schwierigkeiten mehr, um sie auf Fehlstellen hin zu prüfen. Bei Eisen und Stahl ist allerdings mit normalen Röntgengeräten praktisch auch heute noch bei 100 mm Wandstärke die obere Grenze der Durchstrahlbarkeit erreicht. Man verwendet jetzt für diese Werkstoffdurchstrahlungen nur die gasfreien Röntgenröhren mit Betriebsspannungen, die jeweils möglichst niedrig gewählt werden, weil dann die Fehlstellen bei den Schattenbildaufnahmen deutlicher hervortreten. Für die Dosierung der nötigen Belichtungen bestehen sehr einfache Tabellen, so daß praktisch jede Schattenbildaufnahme gelingt. Bei dünneren Stücken, insbesondere aus Leichtmetallen, genügt die Beobachtung des Schattenbildes am Fluoreszenzschirm, so daß eine laufende Kontrolle der Erzeugnisse danit schon heute durchführbar ist, ohne zu hohe Kosten zu verursachen. Bei der Wahl der Apparatur muß man auf guten Strahlenschutz achten, wobei erwähnt werden kann, daß sich der vom Vortr. angegebene Durchstrahlungskasten gut bewährt hat. Das Schwierigste ist die richtige Beurteilung der in den Schattenbildern auftretenden Fehlstellen, ob sie die Verwendbarkeit eines geprüften Stückes beeinträchtigen oder nicht. Wenn viele gleichartige Stücke untersucht werden, kann man an einem durch Probebohrungen leicht einen Vergleich für die Größe und Gefahr der Fehlstellen schaffen. Bei wichtigen Teilen hat sich aber auch die Densographie der Schattenbilder sehr bewährt, die darauf beruht, daß die Schwärzungen in verschiedenen Schnittrichtungen mit Hilfe einer lichtelektrischen Zelle mit dem Densographen bestimmt werden. Man kann so die Wandstärkeverschwendungen direkt messen, was mit einigen Testobjekten gezeigt werden konnte. Densogramme von Böden von Sauerstoffflaschen lassen unter anderem den Wert dieser Röntgendifensographie klar erkennen. —

Dr.-Ing. N. Lefring, Bochum: „Diaskopische Untersuchungen mit Röntgenstrahlen.“

Vortr. bespricht die praktische Anwendung der Röntgendiaskopie, d. h. die Grobstrukturuntersuchung nach den Absorptionsverfahren zum Nachweis von inneren Fehlstellen in Materialien sowie zur Feststellung von Herstellungsfehlern auf dem Gebiet der Schweißtechnik. Gerade die Röntgendiaskopie ermöglicht es, die Untersuchungen ohne Zerstörung des geschweißten Werkstückes durchzuführen. An Lichtbogen-schweißungen, Stumpfstoßnähten bei Blehdicken von 5 bis 20 mm wurden Festigkeitsversuche vorgenommen und auf Grund der Röntgenuntersuchungen Schlüsse auf die fehlerfreie Schweißung gezogen, wobei die Fehler klassifiziert wurden in Bindungsfehler, Schichtfehler und Gaslöcher.