

Die saxonischen Schwerspäte Thüringens sind außerordentlich Sr-reich:

Könitz-Kamsdorf .....	8–10 % $\text{SrSO}_4$
Schmalkalden .....	4–5 % $\text{SrSO}_4$
Richelsdorf-Albungen .....	4–4,5 % $\text{SrSO}_4$

(Variscische Schwerspäte sind erheblich Sr-ärmer; Freiberg, Lauterberg und Pfälzer Sattel 1–3 %  $\text{SrSO}_4$  je nach Abfolge). Einziges Spurenelement ist Pb in geringsten Mengen. Die Sr-Verteilung zwischen Flußspat und Schwerspat ist praktisch bildungs-temperatur-unabhängig. Die spärliche Sulfid-Phase führt überwiegend Kupferkies, der meist Spuren Bi enthält. Gelegentlich kommt es zur Ausbildung eines selbständigen CuBi-Sulfides.

W. HILMER, F. LIEBAU und G. LINDEMANN, Berlin: Die Kristallstruktur des Rhodonits  $\text{Ca Mn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ .

Mit Hilfe von Drehkristall- und Weißenberg-Aufnahmen wurde die Kristallstruktur des Rhodonits untersucht. Die Gitterkonstan-

ten der triklinen Elementarzelle ergaben sich zu

$a = 6,68 \text{ \AA}$	$b = 7,66 \text{ \AA}$	$c = 12,20 \text{ \AA}$
$\alpha = 111,1^\circ$	$\beta = 86,0^\circ$	$\gamma = 93,2^\circ$

Die Atomkoordinaten wurden aus Patterson- und Elektronendichte-Projektionen, Minimumfunktionen, Differenzsynthesen und nach der *trial-and-error*-Methode ermittelt. Dabei wurde gefunden, daß Rhodonit kettenförmige Anionen parallel [001] mit einer Kettenperiode von 5  $\text{SiO}_4$ -Tetraedern besitzt. Im Kristall wechseln Schichten von Ketten parallel (110) ab mit Schichten von Kationen. Die Struktur des Rhodonits zeigt nahe Beziehungen zu derjenigen des  $\beta$ -Wollastonits. Die in der Literatur angegebenen chemischen Analysen von Rhodoniten verschiedener Fundorte lassen ebenso wie die Kristallstruktur den Schluß zu, daß dem natürlichen Rhodonit die Formel  $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$  zukommt, und nicht – wie meist angegeben wird – die Formel  $(\text{Mn}, \text{Ca})\text{SiO}_3$ . [VB 980]

## Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften

Heidelberg, 27. September bis 1. Oktober 1957

Aus den Vorträgen:

O. REIFENSCHWEILER und A. C. van DORSTEN, Eindhoven: Eine abgeschmolzene Neutronenröhre.

Zur Erzeugung von Neutronen besitzt man die verschiedensten Methoden. So verwendet man unter anderem das Radium-Beryllium-Präparat als Neutronenerzeuger. Auch aus Hochspannungsanlagen können in weitem Umfang Neutronen beliebiger Energie gewonnen werden, die vorher in Kernreaktionen entstanden sind. Alle diese Methoden weisen jedoch gewisse Nachteile auf. Während das Ra-Be-Präparat ein komplexes Neutronenspektrum vermittelt, das auch noch  $\gamma$ -Strahlung enthält, liefert eine Hochspannungsanlage zwar Neutronen bestimmter Energie, ist jedoch schon eine recht umfangreiche und kostspielige Einrichtung.

Vortr. berichtete über einen Neutronengenerator, der von den Philips-Laboratorien entwickelt wurde und die erwähnten Nachteile nicht besitzt. Die Neutronen werden durch die Reaktion  $\text{T}(d,n)^4\text{He}$  erzeugt. Die Ionenquelle und der Ionenbeschleuniger befinden sich in einem System, das einer Röntgenröhre ähnelt, und in dem laufend ein Druck herrscht, der von etwa  $10^{-5}$  bis  $10^{-2}$  Torr eingestellt werden kann. Die Deuterium-Ionen, mit denen das Tritium-Target beschossen wird, werden nicht einer Deuterium-Füllung entnommen, sondern einem Zirkonium-Draht, der mit Deuterium gesättigt ist und geheizt das Deuterium in gewünschter Menge abgibt. Eine Pumpvorrichtung erübrigt sich bei diesem System. Das Target, aus Titan oder Zirkonium mit adsorbiertem Tritium, wird als große Fläche von dem weit aufgefächerten Deuterium-Ionenstrahl getroffen. Dadurch werden erhebliche Lebensdauer und große Betriebssicherheit erreicht. Die Zündspannung des Rohres liegt bei 100–150 Volt. Es kann bei einer Beschleunigungsspannung von 100 kV noch ohne Durchschlag betrieben werden. Die Neutronen-Ausbeute beträgt  $10^7$  bis  $10^8$  Neutronen/sec mit einer Energie von 14 MeV. Ein Zeichen für die lange Lebensdauer ist die Tatsache, daß der Generator bereits mehrere 100 h ohne Unterbrechung in Betrieb war.

K. TAMM, Göttingen: Keime und Blasenwachstum bei der Entgasung von Wasser durch Unterdruck.

Setzt man Wasser unter wachsenden Unterdruck, so bemerkt man, daß bei einem gewissen Druck die Flüssigkeit zerreißt und sich Hohlräume bilden. Das Zerreißen der Flüssigkeit geschieht gegen die intermolekularen Kräfte, die natürlich temperaturabhängig sind und von erheblicher Größe sein können. Die gebildeten Hohlräume füllen sich mit dem Dampf der sie umgebenden Flüssigkeit oder mit Luft.

Unbekannt ist, wie schwache Stellen, an denen die Flüssigkeit zerreißt, zu erklären sind. Auffallend ist, daß die Zerreißfestigkeit geringer ist, als man abschätzen würde. Luft- oder Gaskeime kommen zunächst nicht in Frage, da Luftblasen nicht stabil sind, sondern sich entweder vergrößern oder verkleinern, u. a. auf Grund der Oberflächenspannung. Experimente, bei denen künstliche Verunreinigung erzeugt wurde, sind negativ ausgefallen.

Anders sind die Verhältnisse jedoch, wenn sich Luftblasen an feste Oberflächen anlagern können. Setzt sich eine Luftblase an eine Pore, so ist sie bei einer bestimmten Größe stabil, wobei der Radius der stabilen Größe durch den Porenradius gegeben ist. Zu dieser Gleichgewichtsgröße gehört ein bestimmter Gleichgewichtsdruck in der Blase. Wird dieser Gleichgewichtsdruck vom äußeren Druck unterschritten, so findet Entgasung statt.

Destilliertes Wasser enthält Keime von der Größe einiger  $\mu$ . Durch Filtrieren ist ein Entgasen also nicht möglich. Hat man

Wasser durch Unterdruck entgast, so kann man durch Zusatz von Keimen (Metallpulver) wieder Blasenbildung hervorrufen. Jedoch zeigt es sich, daß nur jedes 100. bis 1000. Teilchen als Keim wirkt, was darauf schließen läßt, daß zur Blasenbildung noch mindestens eine weitere Voraussetzung erfüllt sein muß. Möglicherweise muß das Teilchen zusätzlich von einer Fettschicht umgeben sein.

I. BROSER, Berlin-Dahlem: Über den Mechanismus der Energiewanderung in Kristallphosphoren.

Regt man Kristallphosphore vom Typ CdS und ZnS durch Einstrahlung an, so kann dies zur Erzeugung von Lumineszenz- und Photoleitung auch in solchen Gebieten des Kristalls führen, die im Dunkeln gelegen haben. Als Träger der Energieleitung auf verhältnismäßig große Entfernungen sah man bisher die Exzitonen an (Elektron-Defektelektron-Paar).

Vortr. zeigte, daß für Energiewanderung über geringe Entfernungen die Defektelektronen verantwortlich sind. Ein Kristall trägt an zwei gegenüberliegenden Flachseiten je eine Elektrode. Durch Bestrahlung der einen Elektrode entstehen auf dieser Seite des Kristalls Exzitonen. Legt man nun an die Elektroden eine Spannung, so kann man bei verschiedener Polarität der Spannung die Diffusion der Defektelektronen und dabei die Energieübertragung verfolgen. Für den Strom  $j$ , der sich dabei einstellt, gilt:

$$j \sim \exp \left[ - \frac{kT}{eU} \left( \frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

Dabei ist  $k$  der Boltzmann-Faktor,  $T$  die absolute Temperatur,  $e$  die Elementarladung,  $U$  die angelegte Spannung und  $d$  die Dicke des Kristalls. Alle Größen können gemessen werden, woraus  $L$ , die Diffusionslänge der Defektelektronen, zu ermitteln ist. Es ergibt sich für  $L$  ein Wert von etwa 1  $\mu$ . Über größere Entfernungen muß ein Teil der Energieübertragung zusätzlich dadurch möglich sein, daß Lumineszenzlicht im Kristall gestreut wird und an anderen Stellen reabsorbiert zur Photoleitung beitragen kann.

W. ECKHARDT, Frankfurt a.M.: Ein Impuls-Massenstrahler als Strahlungsquelle für die Spektroskopie im fernen IR.

Die Spektroskopie im fernen IR wird vor allem mit der Mikrowellentechnik und mit IR-Strahlung betrieben. Schon frühzeitig wurde der Hertzsche Dipol als Möglichkeit einer Strahlungsquelle betrachtet, bis man auf den Gedanken kam, eine Vielzahl von kleinsten angeregten Dipolen in ihrer Gesamtheit als Massenstrahler zu verwenden. Vortr. beschrieb eine Neuentwicklung dieses Massenstrahlers. Die Hochspannung wird durch einen mit Netzfrequenz rotierenden Schalter auf eine Funkenstrecke gegeben. Diese Funkenstrecke liegt in einem ringförmigen Rohr, in dem eine Dipolträgerflüssigkeit umläuft. Es wurde Tetrachlorkohlenstoff als Trägerflüssigkeit verwendet mit einer Suspension von Aluminium oder Kupfer entsprechend der gewünschten Dipolgrößen. In der Funkenstrecke werden die mit umlaufenden Dipole von der impulsförmig abgegebenen Hochspannung erregt und wirken als Sender. Die Funkenstrecke selbst liegt im Brennpunkt eines Hohlspiegels, der die Strahlung der Dipole in ein Spektrometer überträgt. So erhält man ein kontinuierliches Spektrum mit Frequenzen um 1,5 mm, das gegenüber der Hg-Lampe eine um den Faktor 40 erhöhte Intensität besitzt.

G. VENZKE, Braunschweig: Die Luftschallabsorption poröser Kunststoffschäume.

Schaumstoff-Matten wirken vorzüglich schalldämpfend. Es wurden Substanzen verschiedener Dichte in der Gegend von  $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$  untersucht und dabei eine nur geringe Dichteabhängig-

keit der Absorption gefunden. Die Frequenzabhängigkeit der Schallabsorption bei Faserstoffen zeigt einen monotonen Anstieg. Demgegenüber durchläuft die Absorption der Schaumstoffmatten nach einem ähnlichen Anstieg Maxima und Minima, deren Lage experimentell von Dicke und Strömungswiderstand der Matte abhängt. Die Dicke wurde von 20 bis 50 mm variiert. Die Theorie zeigt diese Abhängigkeit nicht. In einigen Fällen ergibt sich in größeren Frequenzintervallen nur eine geringe Abhängigkeit der Schallabsorption von der Frequenz. Um die Schallschluckwände chemisch unempfindlich zu machen, z. B. gegen Säuren, kann man sie mit entsprechenden Folien abdecken. Die Folie muß hierbei fest aufgeklebt werden, da das Skelettmaterial mitschwingen muß, um wirksam absorbieren zu können. Die dann aufgenommenen Absorptionskurven sehen jedoch völlig anders aus.

R. HOSEMANN und F. MOTZKUS, Berlin-Dahlem: *Vielfachbeugung polydisperser Systeme.*

Mit der Röntgen-Kleinwinkelstreuung kann die Struktur kolloider Systeme untersucht werden. Die hierbei auftretende Vielfachstreuung ist eine Partikelstreuung, d. h. die Summe der Einzelstreuungen ist gleich der Gesamtstreuung. Die Struktur des untersuchten Systems tritt dadurch zutage, daß die Streuung der Röntgenstrahlen durch die einzelnen Bestandteile sich in einfacher Weise zur Gesamtstreuung zusammensetzt und hieraus das System analysiert werden kann. Es wurde eine allgemeingültige Formel gefunden, die aus den Streuenaufnahmen die Größe und Größenverteilung der Partikel, die Polydispersität, ermitteln läßt. Auf diese Weise wurden Dispersionen mit hohem Atomgewicht, wie kolloides Gold, untersucht. Die Übereinstimmung mit den elektronenoptisch gefundenen Werten war gut (Abweichungen nicht mehr als 2%). Bei leichten Atomgewichten (Ruß) ist die Methode nicht mehr ganz so unkritisch, jedoch läßt sich der Einfluß der Fehlerquellen in tragbarer Weise eliminieren.

E. KRAUTZ und G. ZOLLFRANK, Augsburg: *Über die Elektrolumineszenz von Diamanten.*

Legt man an zwei Diamant-Elektroden eine Spannung von mehreren kV, so regt man Elektrolumineszenz an. Der Elektrodenabstand betrug bei den Experimenten, über die Vortr. berichtete, ca. 0,2 mm. Variiert man bei den Experimenten die einzelnen Parameter, so zeigen sich in Abhängigkeit von den Parametern Feldstärke, Stromdichte, Frequenz der angelegten Spannung und Temperatur charakteristische Unterschiede der Elektrolumineszenzverteilung bei den einzelnen Kristallklassen. Untersucht wurden mit Gleich- und Wechselspannung vor allem die Typen 1 und 2a. Bei Wechselspannung (Frequenzen von 50–500 Hertz) bildeten sich Bahnen von Elektrode zu Elektrode, die zumeist inhomogen verliefen und durch das submikroskopische Netzwerk bestimmt werden. Ebenso wirken Gitterbaufehler und Fremdstoffen im Kristall, die durch die so entstehende inhomogene Potentialverteilung das inhomogene Bild der Lumineszenz verursachen. Die Amplitude der Lumineszenz wächst mit der Temperatur. Bei Typ 1 wurde blaue und bei Typ 2a gelbe Elektrolumineszenz festgestellt. Außerdem zeigte sich bei der Aufnahme der Strom-Spannungscharakteristik ein Sperrschichteffekt, d. h. der elektrische Widerstand des Kristallgitters ist von der Richtung der angelegten Spannung abhängig.

G. SAUERBREY, Berlin: *Wägung dünner Schichten mit Schwingquarzen.*

Versetzt man einen Schwingquarz in Dickenschwingschwingungen, also in Schwingungen bei denen zwei gegenüberliegende Seiten des Quarzes parallel zu ihren Ebenen schwingen, und zwar phasenverschoben um 180°, so stellt man fest, daß die Eigenfrequenz der Schwingquarze durch Oberflächenbeläge verändert werden kann. In der Mittelebene des Quarzes ist die Verschiebung zweier nebeneinanderliegender Ebenen am größten und nimmt zu den beiden Oberflächen hin ab. Die aufgebrauchte Fremdschicht beeinflusst die Frequenz daher nur durch ihre träge Masse und nicht durch ihre elastischen Eigenschaften.

Vortr. stellte in folgender Formel den Zusammenhang zwischen Frequenzänderung und Massenbelegung her:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \varphi}{d \cdot \rho_Q}$$

Darin bedeuten  $f$  die Frequenz des Quarzes und  $\Delta f$  die Frequenzänderung,  $\Delta \varphi$  die Massenbelegung,  $d$  die Dicke des Quarzes und  $\rho_Q$  dessen Dichte. Aus der kleinsten meßbaren relativen Frequenzänderung ist die kleinste noch meßbare Masse abzuschätzen. Sie ergibt sich zu  $3 \cdot 10^{-9}$  g/cm<sup>2</sup>. Gemessen wird in einer Differenzschaltung, in der der Versuchsquarz mit einem Vergleichsquarz verglichen wird. Der Vergleichsquarz besitzt etwa die gleiche Frequenz wie der Versuchsquarz ohne Fremdschicht. Die Schwingquarze können ohne zurückbleibende Frequenzänderung im Va-

kuum ausgeheizt werden, falls es sich aus irgendwelchen Gründen als notwendig erweisen sollte. Die Gültigkeit der aufgestellten Gleichung wurde geprüft, indem die aufgedampfte Menge ausgewogen und mit der Masse verglichen wurde, die sich mit der gemessenen Frequenzänderung aus der Formel ergab. Kennt man die Amplitudenverteilung an der Oberfläche eines Quarzes, so läßt sich die Methode noch dadurch verfeinern, daß man kleine zu wägende Massen an einzelnen Stellen des Quarzes aufbringt. Die Frequenzänderung, die eine bestimmte Masse hervorruft, ist ortsabhängig und in der Mitte des Kristalls am größten. Mit dieser Arbeitsweise liegt die Nachweisgrenze bei  $10^{-10}$  g.

W. SCHAAFFS, Berlin: *Untersuchung der Reiboxydation mit Hilfe der Volta-Spannung.*

Die Volta-Spannung  $V_{21} = V_2 - V_1$  stellt die Differenz der Elektronenaustrittsspannungen des Versuchsmetalls und eines Vergleichsmetalls dar. Es ist einleuchtend, daß die Volta-Spannung in empfindlicher Weise von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängt, weil sich mit ihr die Elektronenaustrittsspannung verändert. Die Messung der Volta-Spannung ist daher eine geeignete Methode zur Untersuchung von Oberflächen in Bezug auf Gasadsorption, Oxydation, Korrosion usw. Von Vorteil ist hierbei, daß die Messung von der geometrischen Form des Meßobjektes unabhängig ist. Die vielfältigen Möglichkeiten dieser Methode in der Technik, wo man es grundsätzlich mit veränderten Oberflächen zu tun hat, liegt auf der Hand. Vortr. führte ein technisch durchentwickeltes Gerät vor. Bei den Messungen muß jedoch darauf geachtet werden, daß die Abhängigkeit der Volta-Spannung von der Dicke der Oberflächenschicht nicht monoton verläuft, sondern vor allem bei kleinen Dicken kurz hintereinander ein Maximum und ein Minimum durchläuft. Dadurch kann man bezüglich der Reproduzierbarkeit leicht getäuscht werden.

Der Verlauf der Volta-Spannung wurde in einer Kompensationschaltung gemessen. Mit dem Gerät wurden u. a. Gasadsorptionen gemessen. Beim Reiben zweier Metallteile gegeneinander wurde das Wachstum einer Oxyd-Schicht verfolgt. Die dabei ablaufenden Oberflächenveränderungen sind deutlich zu verfolgen.

ALBRECHT FISCHER, Gießen: *Ein Hochdruck-Hochtemperatur-Ofen zur Herstellung von Kristallen.*

Wichtige Substanzen, die zur Herstellung von Kristallen als Halbleiter und Phosphore für die Elektrolumineszenz Verwendung finden, zeigen bei der Verarbeitung vor Erreichen des Schmelzpunktes Sublimation und Zersetzung. Es erschien notwendig, das Schmelzen und Kristallzüchten bei erhöhten Drucken vorzunehmen. Der Ofen des Vortr. ist ein Stahlzylinder mit aufgeschraubten Deckplatten. An den kritischen Stellen der Verschraubung wird der Mantel gekühlt, um die thermische Belastung in erträglichen Grenzen zu halten. Die maximalen Betriebsdaten sind: 2500 °C und 150 atm. Die Leistungsaufnahme beträgt 40 kW bei 16 V und 2500 Amp. Es wurden mit diesem Ofen u. a. Zinksulfid, Cadmiumsulfid und Zinkselenid geschmolzen. Als Kristalle wurden gezogen Siliciumcarbid und Galliumphosphid. Bei der Untersuchung von Aluminiumnitrid wurde festgestellt, daß der Schmelzpunkt um 400–500 °C höher liegt als in der Literatur angegeben wird. Es wird möglich sein, bis zu einem Druck von 1000 atm zu gelangen.

K. SCHUMACHER, Erlangen: *Einige Ergebnisse zur Einwirkung von Röntgen-Strahlung auf Polyäthylene.*

Vortr. untersuchte die Resistenz von Hochdruck(HD)- und Niederdruck(ND)-Polyäthylenfolien gegenüber Röntgenstrahlen in Abhängigkeit von Dosis und Temperatur. Wahrscheinlich besteht die Einwirkung der Strahlung in einer statistisch verteilten punktwweisen chemischen Aktivierung. An diesen Stellen können Einzelreaktionen stattfinden. Die Versuche wurden stets im Vakuum ausgeführt, um die Einwirkung von Sauerstoff zu verhindern. Die Dosisleistung betrug 0,2 Mr/min bei 10 °C und 80 °C. Dabei wurden vor allem untersucht die Zusammensetzung der abgesonderten Spaltgase, wofür ein Massenspektrometer verwendet wurde, die Löslichkeit und die IR-Absorption. In den Spaltgasen wurde vor allem H<sub>2</sub> gefunden, bei ND-Polyäthylen mehr als 99 %, bei HD-Polyäthylen ca. 85 %. Der Rest bestand in niederen Paraffinen. Der Wasserstoff wird wahrscheinlich an den Enden der Kettenmolekeln abgespalten; in den Ketten entstehen Doppelbindungen oder zwischen den Ketten Vernetzungen. Beide Möglichkeiten besitzen etwa die gleiche Wahrscheinlichkeit. Die Aktivierungsenergien wurden angegeben: für HD-Polyäthylen 0,6 kcal/Mol für die H<sub>2</sub>-Bildung; 2,5 kcal/Mol für die Bildung der Kohlenwasserstoffe.

Für ND-Polyäthylen sind die Zahlen ähnlich. Bei einer Dosis von 500 Mr wurden im Durchschnitt 0,5 Vernetzungen bei 100 C-Atomen gefunden. Durch die Vernetzungen ändert sich die Löslichkeit so, daß bei genügend hoher Dosis die Folie praktisch unlöslich wird. [VB 977]