

#### IV. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vorliegende Experimentalarbeit dient der Untersuchung der Emission und Ausbreitung von Schallwellen, die in dielektrischen Flüssigkeiten als Folge eines elektrischen Funkens entstehen. Sie behandelt die akustisch-thermodynamische Fortsetzung des elektrisch-optisch bestimmten ersten Teils einer Funkenentladung.

Die Versuchsobjekte befinden sich zwischen zwei schalenförmigen Elektroden aus Aluminium und werden parallel zum elektrischen Funken mit Röntgenstrahlen durchleuchtet. Da die zu beobachtenden Vorgänge mit Schall- und Überschallgeschwindigkeit ablaufen, finden zur Durchleuchtung intensive Röntgenblitze von etwa  $5 \cdot 10^{-8}$  sec effektiver Röntgenblitzdauer Anwendung<sup>16</sup>. Sie werden mit Hilfe eines Hochvakuum-Röhrenblitzrohres mit kalter Hohlkegelkathode und massiver Wolfram-Kegelanode erzeugt und durch eine eingebaute Zündelektrode gezündet.

Zur Untersuchung gelangen die Funkenschallwellen eines oszillatorischen Funkens von 500 A Stromstärke. Versuchssubstanz ist die Flüssigkeit Trichloräthylen.

Es ergibt sich für die Flüssigkeit, daß sich der Funkenkanal zu einem Entladungsraum ausweitete. Die aus dem Entladungsraum verdrängte Materie umgibt ihn ringförmig als Verdichtungsraum. Dieser besteht aus einem inneren Dichtering, aus dem eine Funkenschallwelle mit Über-

schallgeschwindigkeit abläuft und durch nachlaufende Wellen eine scharfe Wellenfront von etwa  $5 \cdot 10^{-8}$  sec meßbarer zeitlicher Breite erhalten kann. In dem Verdichtungsraum bzw. in der ablaufenden frontalen Funkenschallwelle erreicht die Materie bei kleinem Elektrodenabstand die doppelte Dichte und steht unter dynamischen Drucken von mehr als 15000 kp/cm<sup>2</sup>. Bei Abständen der Elektroden von wenigen Millimetern steigt die Schallgeschwindigkeit während der Emission auf etwa 1700 m/sec, während ihr Normalwert 1050 m/sec beträgt.

Beim Übertritt dieser Überschallwelle in ein Medium anderer Schallgeschwindigkeit, aber gleicher Zusammensetzung, treten ebenfalls beträchtliche Dichte- und Druckänderungen auf. Reflexionen von Wellen werden nicht beobachtet. Das Auftreten ausgeprägter Kopfwellen wird beobachtet. Die relativen Brechungsindizes, bestimmt aus den primären Wellen, werden in guter Übereinstimmung mit den aus den Machschen Winkeln der Kopfwellen berechneten gefunden. Dadurch, daß die Röntgenblitzdurchleuchtung die Nachteile des Toeplerschen Schlierenverfahrens vermeidet, können auch die in den Kopfwellen auftretenden Dichten ermittelt werden; sie erweisen sich von gleicher Größenordnung wie die in den primären Wellen herrschenden.

Die Versuchsergebnisse werden durch eine Reihe von Photographien belegt. Versuche zur höchsten Steigerung von Dichte und Druck sind in Vorbereitung.

Es ist uns ein besonderes Bedürfnis, den HHrn. Fritz Grade und Fritz Eckhardt für ihre Mitarbeit beim Aufbau der umfangreichen Apparatur, den sie unter schwierigsten Bedingungen in kurzer Zeit durchführten, auf das herzlichste zu danken.

<sup>16</sup> Anm. b. d. Korr.: Wie wir nach Fertigstellung der vorliegenden Veröffentlichung hörten, sind 1944 von R. Schall im 2. Physik. Inst. der Berliner Universität Röntgenaufnahmen von durch Sprengungen in Wasser erzeugten Verdichtungsstellen gemacht worden, über die aber keine Veröff. erfolgte.

## NOTIZEN

### Bemerkung zur Grundlegung der Dimensionsanalysis

Von H. Görtler

Mathematisches Institut der Universität Freiburg i. Br. (Z. Naturforschg. **3a**, 668—669[1948]; eingeg. am 1. Oktober 1948)

Als „absolute Bedeutung der relativen Größe“ bezeichnet Bridgman in seinem bekannten Buch über Dimensionsanalysis<sup>1</sup> folgende Eigenschaft physikali-

<sup>1</sup> P. W. Bridgman, Theorie der physikalischen Dimensionen. Deutsche Ausgabe hrsg. von H. Holl. B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1932.

scher Maßsysteme: Das Verhältnis der Maßzahlen zweier Intensitäten einer gemessenen Größe ist unabhängig von der Wahl der Einheit, mit der die Intensitäten gemessen werden. Er führt diese Eigenschaft als Axiom bei der Grundlegung seiner Theorie der Dimensionen ein und betont dazu, daß „jedes tatsächlich in Gebrauch befindliche Maßsystem diese Eigenschaft besitzt“<sup>2</sup> und „nur dann die Methode der Dimensionsanalysis anwendbar“ ist<sup>3</sup>. Wenn Bridgman sagt, „wir wollen deshalb nur solche Systeme

<sup>2</sup> P. W. Bridgman<sup>1</sup>, S. 19.

<sup>3</sup> P. W. Bridgman<sup>1</sup>, S. 21.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

betrachten“, so liegt darin, wie die folgende Analyse zeigt, keine eigentliche Beschränkung.

Wir verfolgen die Frage, welche Relationen sich festlegen lassen müssen, damit ein Merkmal eines Gegenstandes „meßbar“ ist<sup>4</sup>. Zunächst erfordert das einfache Beschreiben eines Merkmals schon die Definition einer *Gleichheitsbeziehung* (symmetrisch, transitiv, reflexiv): „Das betrachtete Merkmal des Gegenstandes A findet sich beim Gegenstand B vor“. Man vereinfacht die Notierung einer Beschreibung, indem man den verschiedenen Merkmalen einer Folge sich gegenseitig ausschließender Merkmale (und entsprechend bei mehreren solchen Folgen) verschiedene Zahlen zuordnet (etwa in der Statistik), und zwar so, daß jede gewählte Zahl für genau ein Merkmal steht — und zweckmäßigerweise auch umgekehrt. *Jede eindeutige Abbildung der gewählten Zahlenmenge auf eine andere ist wieder eine zulässige Numerierung.*

Nun soll das betrachtete Merkmal fortan insbesondere ein Quantum sein, d. h. es soll dem Gegenstand in stärkerem oder schwächerem Grade (Intensität) in kontinuierlicher oder diskontinuierlicher Folge zukommen können. Die Definition eines Quantums bedeutet jeweils die Erklärung einer *Ordnungsbeziehung* (asymmetrisch, transitiv), und zwar speziell der Ordnungsbeziehung „größer“ und damit ihrer Inversen „kleiner“. Dem entspreche die Ordnung der „Intensitätsskala“, d. h. die Ordnung der den einzelnen Intensitäten als Merkmalen zuzuordnenden Zahlen. *Jede ein-eindeutige und zugleich monotone Abbildung einer solchen Skala ist wieder eine mögliche Skala dieser Intensitäten.*

Zu dem, was wir „Messung“ nennen, bedarf es über diese den Intensitäten innewohnende Ordnungsbeziehung hinaus einer *Ordnungsbeziehung der Intensitätsunterschiede*, damit nicht nur gesagt werden kann, wann eine Intensität größer oder kleiner ist als eine gleichartige Intensität (z. B. Temperatur oder Härte), sondern auch, wann ein Intensitätsunterschied größer oder kleiner als der Unterschied zweier anderer gleichartiger Intensitäten ist. Diese ist im Gegensatz zu der Ordnungsbeziehung der Intensitäten selbst nicht mit diesen zwangsläufig gegeben<sup>5</sup>, es besteht vielmehr für die Festlegung der Ordnungsbeziehung der Intensitätsunterschiede eine große Willkür. (Diese wird freilich *praktisch* weitgehend eingeengt, aber die Frage nach praktisch brauchbaren Meßvorschriften steht hier nicht zur Debatte.) Grundsätzlich kann man unter allen möglichen Intensitätsskalen einer Größe (nach Obigem eine Gesamtheit von ein-eindeutig und monoton aufeinander abbildbaren Skalen) irgendeine auswählen und übereinkommen, die Intensitäten durch die zugeordneten Zahlen gerade dieser Skala zu messen. Eben indem ich so oder anders irgendwie eine Ordnung der Intensitätsunterschiede festlege, lege ich im wesentlichen das Maßsystem fest. Habe ich das erst getan, so sind, wie man sofort

schließt, *alle dann noch möglichen Skalen einander ähnlich*: Nur die Wahl des Skalen-Nullpunkts und der Skalen-Einheit bleibt noch frei. Und daraus folgt zwingend die „absolute Bedeutung der relativen Größe“.

<sup>5</sup> *Praktisch* kann natürlich mit der Ordnung der Intensitäten auch die Ordnung der Intensitätsunterschiede gegeben, zumindest nahegelegt sein, etwa wenn der Unterschied zweier Größen wieder eine Größe derselben Art ist (z. B. Länge, Masse), und gerade solchen Größen kommt für die Methodologie der physikalischen Maßsysteme eine besondere Bedeutung zu.

## Richtungsfokussierung zweiter Ordnung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern

Von Heinrich Hintenberger

Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Tailfingen

(Z. Naturforschg. **3a**, 669—370 [1948]; eingeg. am 5. Nov. 1948)

Die Wirksamkeit homogener magnetischer Felder als Zylinderlinsen für geladene Teilchen ist allgemein bekannt. Es handelt sich dabei in der Regel um eine Fokussierung erster Ordnung, d. h. die von einem Punkt ausgehenden Strahlen werden in einem Bild vereinigt, dessen Ausdehnung bei Abbildung durch ein schmales Strahlenbündel der Winkelweite  $2\alpha$  in erster Näherung von  $\alpha$  verschwindet. Während bei der ersten Näherung nur die Richtungen der Tangenten der Feldgrenzen an der Ein- und Austrittsstelle eine Rolle spielen, hängt eine Fokussierung zweiter Ordnung auch von den Krümmungsradien  $R_1$  und  $R_2$  der Feldgrenzen an der Ein- und Austrittsstelle des Mittelstrahls ab. Spezielle Fälle, bei denen bei geraden und gekrümmten Feldgrenzen Richtungsfokussierung zweiter Ordnung erreicht werden kann, wurden in einer früheren Arbeit behandelt<sup>1</sup>. Kurz vorher hatte auch schon Bainbridge<sup>2</sup> auf die Möglichkeit, mit kreisförmigen Feldgrenzen Fokussierung zweiter Ordnung zu erreichen, hingewiesen und für senkrechten Ein- und Austritt und symmetrische Abbildung Formeln für die Krümmungsradien der Feldgrenzen angegeben.

Untersucht man die allgemeinen Bedingungen, unter denen ein divergentes Bündel geladener Teilchen gleicher Energie und Masse, die von einem Punkt ausgehen, nach Ablenkung in einem homogenen Magnetfeld auch in zweiter Ordnung wieder in einem Punkt gesammelt werden, so zeigt sich, daß jede Fokussierung erster Ordnung zu einer Fokussierung zweiter Ordnung gemacht werden kann, wenn die Krümmungsradien der Feldgrenzen  $R_1$  und  $R_2$  der folgenden Bedingungen genügen:

$$r \left\{ \gamma_1 / R_1 + \gamma_2 / R_2 \right\} = c_1 + c_2.$$

<sup>4</sup> Anregungen entnehme ich C. Runge, *Maß und Messen*, Enzykl. d. Math. Wiss., Bd. V, Leipzig 1903, S. 3 ff., und B. Bavinck, *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften*, 7. Aufl., Leipzig 1941, S. 249.

<sup>1</sup> H. Hintenberger, Z. Naturforschg. **3a**, 125 [1948].

<sup>2</sup> K. T. Bainbridge, 7th Solvay Congress in Chemistry, 21.—28. September 1947.