4. 2. *Über optische und mechanische Relaxationszeit; von R. Reiger.*

In der vorhergehenden Arbeit wurde gezeigt, daß für Flüssigkeiten von geringer Zähigkeit und kleiner Relaxationszeit die Maxwell-Natansonsche Relaxationstheorie keine große Rolle spielen kann. Ganz anders liegen natürlich die Verhältnisse, wenn die Relaxationszeit groß ist.

Nach den Versuchen von G. de Metz haben wir im *Kopallack* eine solche Flüssigkeit. *Kopallack* gehört zu der Klasse von Körpern, die eine *anomale Doppelbrechung*¹⁾ zeigen, d. h. im Gegensatz zu Glas und den meisten übrigen Körpern durch Zug optisch negativ und durch Druck optisch positiv werden. Es gelang G. de Metz²⁾, bei dieser Flüssigkeit bei einem Reibungskoeffizienten von $4,8(\text{cm}^{-1}\text{g sec}^{-1})$ eine Relaxationszeit von 40 Sek. auf optischem Wege zu messen. *Bei einer Flüssigkeit von so großer Relaxationszeit muß der Nachweis der Elastizität schon im Gebiete der in der vorhergehenden Arbeit untersuchten Schwingungen gelingen.* Der von mir untersuchte *Kopallack* zeigte jedoch nur eine geringe Doppelbrechung, die zur Bestimmung der Relaxationszeit schlecht geeignet war. Übrigens ergibt sich schon aus den Beobachtungen von G. de Metz, daß die Größe der Doppelbrechung für verschiedene *Kopallacke* sehr verschieden ist.

Ich suchte daher nach einer anderen Substanz mit großer Relaxationszeit. *Kolophonium-Wachsgemische* zeigen, wie zuerst von Ambronn³⁾ beobachtet wurde, eine *anomale Doppelbrechung*. Ich habe das Abklingen der anomalen Doppelbrechung⁴⁾ bei solchen Wachs-Kolophoniumgemischen bei

1) G. de Metz, *La double Réfraction accidentelle dans les Liquides*, Paris 1906. p. 15.

2) G. de Metz, *Compt. rend.* 136. p. 604. 1903, sowie l. c. p. 57.

3) H. Ambronn, *Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig* 50. p. 1. 1898.

4) R. Reiger, *Dissertation*, Erlangen 1901. p. 44.

höherer Temperatur verfolgt. Es zeigte sich, daß die Relaxationszeit in diesem Falle bei Temperaturen sehr groß war, bei denen bei reinem Kolophonium schon nach kurzer Zeit jede Doppelbrechung verschwunden war. Die anomale Doppelbrechung tritt dabei überhaupt erst bei höheren Temperaturen in stärkerem Grade auf. Diese Erscheinung kann durch die Änderung der Zähigkeit bedingt sein. Bei Kolophonium läßt sich aber jede beliebige Zähigkeit herstellen durch Zusatz von Flüssigkeiten wie Terpentinöl, Toluol usw. Zunächst wurden sehr dünnflüssige Lösungen von Kolophonium-Wachs in Toluol untersucht. Die Lösungen wurden bei höherer Temperatur hergestellt und waren vollkommen klar. Bei der Abkühlung trat jedoch schon bei geringem Wachsgehalt eine Ausflockung von Wachskriställchen ein.

Während der Abkühlung wurde bei einer solchen Lösung die folgende Beobachtung gemacht. In dem Momente, der der ersten Ausscheidung von Wachs entspricht, ist die Flüssigkeit vollkommen durchsichtig, und nur bei scharfer Beobachtung ist eine schwache Trübung zu sehen. Bei der Deformation zeigte diese Flüssigkeit eine starke Verschiebung der schwarzen Franse des Babinetschen Kompensators, die jedoch rasch verschwand. Bei weiterer Abkühlung trat an Stelle der leichten Trübung eine flockige Trübung, bei der einzelne Teilchen mit dem Auge zu sehen waren. In diesem Zustand war bei der Deformation *keine* Doppelbrechung zu beobachten. Allmählich bildete sich ein Niederschlag. Der Niederschlag wurde abfiltriert, die Flüssigkeit zeigte bei der Deformation keine Doppelbrechung.

Es handelte sich also darum, die *Substanz im Zustande der leisen Trübung festzuhalten*, und dies gelang durch *Steigerung der Zähigkeit* der Substanz. Bei einer Mischung von etwa 80 g Kolophonium und 20 g Toluol mit einem Zusatz von 0,5 g Wachs gelang es, eine in dünnen Schichten gut durchsichtige Substanz zu erhalten, die sehr zähflüssig war, und bei der eine durch Deformation hervorgerufene Doppelbrechung am nächsten Tage noch teilweise vorhanden war. Unter dem Mikroskop zeigte sich, daß die Substanz nicht homogen war, sondern kleine Partikelchen in die Grundmasse eingelagert waren.

Es ist klar, daß bei einer Flüssigkeit mit so großer Relaxationszeit die Elastizität allein die Ausbreitung der Scherungswellen bedingen muß¹⁾, wenn optische und mechanische Relaxationszeit übereinstimmen. Eine exakte Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und des Absorptionskoeffizienten nach den in der vorhergehenden Arbeit gegebenen Methoden²⁾ setzt in diesem Falle allerdings eine sehr große Substanzmenge voraus, denn die Absorption ist auf jeden Fall sehr gering. Um jedoch die Frage zu entscheiden, ob die mechanische und optische Relaxationszeit übereinstimmen, genügt es, die Größenordnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu bestimmen, und dafür genügt eine kleinere Substanzmenge. Es wurden 2 kg einer Lösung von der oben gegebenen Zusammensetzung hergestellt.

Der Reibungskoeffizient wurde nach der Transpirationsmethode bestimmt durch Vergleich der Ausflußzeit mit der einer Flüssigkeit, für die η/ρ bekannt war. Als solche wurde, da eine ziemlich weite Kapillare verwandt werden mußte, Rizinusöl gewählt, dessen Reibungskoeffizient den Beobachtungen von Pauschmann³⁾ entnommen wurde.

Es ergab sich

$$\frac{\eta}{\rho} = 203 \text{ (cm}^2 \text{ sec}^{-1}\text{)}.$$

Die Relaxationszeit wurde durch Beobachtung des Abklingens der Doppelbrechung bestimmt. Die Flüssigkeit befand sich in einem abgeschlossenen Gefäß, um eine Änderung der Zähigkeit durch Verdunsten zu verhindern. Die Deformation wurde durch Verschiebung einer beweglichen Platte gegen eine feststehende erzielt.⁴⁾ Die Relaxationszeit betrug ca.

$$T = 130000 \text{ sec.}$$

Daraus würde folgen, daß Scherungswellen sich mit einer Geschwindigkeit von ca.

$$v = 0,04 \text{ (cm sec}^{-1}\text{)}$$

ausbreiten.

Zur Prüfung dieser Ausbreitungsgeschwindigkeit diente eine Erregerplatte von 15 cm Durchmesser. Die Sonde

1) Vgl. p. 55.

2) Vgl. p. 57 ff.

3) H. Pauschmann, Dissertation, Erlangen 1909. p. 26. Tab. 2.

4) Vgl. G. de Metz, l. c.

befand sich in einem Abstand von 2 cm von der Platte. Es hätten somit 50 Sek. verstreichen müssen, bis die Deformation zu der Sonde gelangte. In Wirklichkeit war die Zeitdifferenz sehr klein, sie lag unter 0,2 Sek., also ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit jedenfalls sehr viel größer.

Es ist also in diesem Falle *die mechanische und optische Relaxationszeit nicht identisch*.

Das Resultat wird in diesem Falle nach den vorhergegangenen Beobachtungen nicht überraschend erscheinen. Was die Doppelbrechung bedingt, das ist nicht die Substanz selbst, sondern die eingelagerten Teilchen. Ich will auf die Art des Entstehens der Doppelbrechung in diesem Falle nicht weiter eingehen, da ich erst weitere Versuche über diese Erscheinung zu machen beabsichtige. Ich möchte nur erwähnen, daß bereits Ambronn¹⁾ die Erscheinung der Doppelbrechung in geschmolzenen Kolophonium-Wachsgemischen auf eingelagerte Wachsteilchen zurückführt, und zwar ist nach seinen Beobachtungen, wenn die beiden Substanzen nicht genügend gemischt sind, eine gleichsinnige Orientierung eingelagerter Wachsnadeln unter dem Mikroskop zu sehen, während bei einer innigen Mischung selbst bei großen Vergrößerungen keine einzelnen Kriställchen mehr zu beobachten sind, und die optische Reaktion auf der ganzen Ausdehnung des Fadens gleichmäßig dieselbe ist.

Es ist hier auch noch auf Versuche von C. Zakrzewski und C. Kraft²⁾ hinzuweisen. Bei der Doppelbrechung von Flüssigkeiten, die durch die Rotation eines Zylinders hervorgerufen wird, hat Kundt³⁾ beobachtet, daß bei den meisten Flüssigkeiten die Achsen der Doppelbrechung unter 45° zu den Schwingungsrichtungen des einfallenden Lichtes liegen. Bei einigen aber beobachtete er eine Verschiebung dieser Schwingungsrichtungen im Sinne der Drehung. Schwedoff⁴⁾ und Natanson⁵⁾ haben Theorien aufgestellt, nach denen eine Berechnung von N und T aus der Verschiebung möglich ist.

1) l. c. p. 15.

2) C. Zakrzewski u. C. Kraft, Krak. Ber. 1905. p. 506.

3) A. Kundt, Wied. Ann. 13. p. 110. 1881.

4) Th. Schwedoff, Journ. d. Phys. 1. p. 49. 1892.

5) L. Natanson, Krak. Ber. 1904. p. 1.

Zakrzewski und Kraft haben nun gefunden, daß alle Flüssigkeiten, die eine solche Verschiebung bei einer Rotationsgeschwindigkeit des inneren Zylinders bis zu 50 Touren in der Sekunde zeigen, zu der Klasse von Körpern gehören, die das Tyndallphänomen zeigen, also nicht homogen sind. Sie sprechen die Vermutung aus, daß diese Erscheinung und die Relaxation mit dem Vorhandensein dieser Teilchen in Zusammenhang steht.

Unter den Flüssigkeiten, bei denen diese Verschiebung besonders stark auftritt, befand sich auch eine Lösung von Kopallack, die das Tyndallphänomen zeigte, und bei der eine langsame Relaxation der Doppelbrechung zu beobachten war.

Es ist somit wahrscheinlich, daß für Kopallack sowie für alle doppelbrechenden Flüssigkeiten, die das Tyndallphänomen zeigen, *dasselbe* gilt, wie für die Suspension von Wachs in Kolophonium-Toluol. Jedenfalls ist durch den Versuch mit dieser Substanz gezeigt, daß es *nicht ohne weiteres erlaubt ist, von der Größe der optischen Relaxationszeit auf die der mechanischen zu schließen*.

Erlangen, Physikalisches Institut, Oktober 1909.

(Eingegangen 4. November 1909.)