

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 9 (1936)
Heft: IV

Artikel: Über asymmetrische Lichtstreuung in mechanisch beanspruchten trüben Schichten
Autor: Schwarzenbach, H.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-110629>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über asymmetrische Lichtstreuung in mechanisch beanspruchten trüben Schichten

von H. A. Schwarzenbach.

(25. III. 36.)

Zusammenfassung: Es werden Versuche beschrieben, bei denen die ursprünglich symmetrische Richtungsverteilung des in einer Vaseline-Schicht gestreuten Lichtes infolge der Einwirkung einer Scherkraft auf die Schicht stark asymmetrisch wird. Es wird gezeigt, dass diese Anisotropie, in Analogie zu den Vorgängen bei der Strömungsdoppelbrechung, offenbar durch die in der Schicht entstehenden hydrodynamischen Zug- und Druckspannungen nach STOKES zustandekommt.

An Schliffen und Hahnen aus Glas, die in der üblichen Weise mit Vakuum-Hahnfett gedichtet sind, ist bei geeigneter heller Beleuchtung vor dunklem Hintergrunde folgendes zu beobachten: Dreht man die beiden Teile des Schliffes gegeneinander hin und her, so tritt immer in dem Moment, in welchem die relative Drehrichtung umgekehrt wird, eine auffällige Trübung in der Fettschicht auf. Die Erscheinung lässt sich subjektiv am besten als ein weissliches Aufblitzen des Schliffes jeweils im Momente der Drehsinn-Änderung beschreiben.

Die Prüfung anderer Substanzen auf ihr Verhalten in Schliffen ergab, dass *Vaseline* den beschriebenen Effekt besonders stark zeigt. Zur eingehenderen Untersuchung der Erscheinung wurden daher zwischen ebenen Glasplatten homogene Vaseline-Schichten hergestellt und auf ihr optisches Verhalten bei gegenseitiger Verschiebung der Platten untersucht.

Dabei wurde zunächst erwartungsgemäss die an den Schliffen beobachtete momentane Zunahme der Trübung der Schicht bei Umkehr der relativen Verschiebungsrichtung der Platten wiedergefunden.

Zudem aber zeigte sich, dass während und nach jeder Verschiebung der beiden Platten gegeneinander eine dauernde Asymmetrie in der Streulichtverteilung rund um die Schicht auftritt. Und zwar ist diese Asymmetrie naturgemäss in der durch die Verschiebungsrichtung und die Normale auf der Schicht bestimmten Ebene am grössten. Die in den Figuren 1a und b wiedergegebenen photographischen Aufnahmen eines Demonstrationsversuches zeigen den Effekt für den einfachen Fall streifender Beleuch-

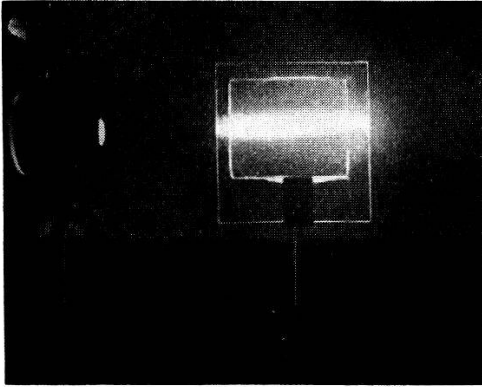


Fig. 1a.
Vordere (kleine) Glasplatte
nach links verschoben.

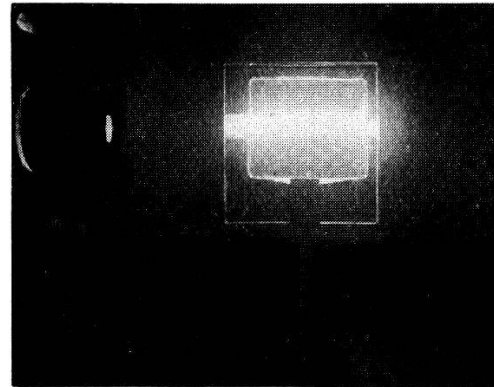


Fig. 1b.
Vordere (kleine) Glasplatte
nach rechts verschoben.

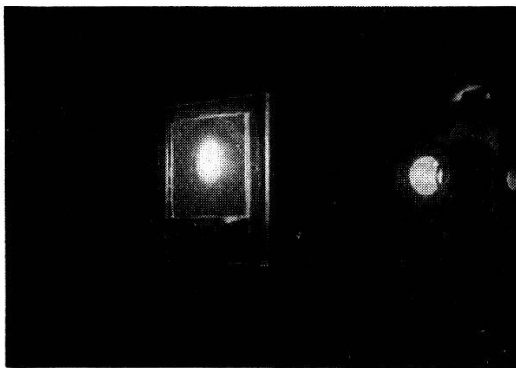


Fig. 2a.
Vordere (kleine) Glasplatte
vom Beobachter weggeschoben.

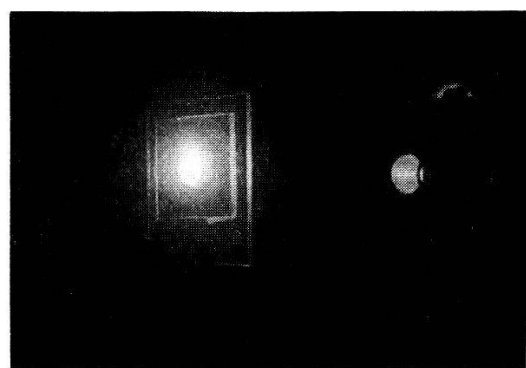


Fig. 2b.
Vordere (kleine) Glasplatte
gegen den Beobachter verschoben.

tung und senkrechter Beobachtung der Schicht, während Fig. 2a und b dasselbe für senkrechte Beleuchtung und schräge Beobachtung des durchgehenden Streulichts zeigen. Aus den Figuren geht der Sinn der Asymmetrie hinreichend hervor. Die Schichtdicke betrug bei diesen Versuchen einige Zehntelmillimeter und der Verschiebungsweg der vorderen gegen die hintere Platte etwa 1 cm.

Es ergibt sich demnach folgendes Bild. Durch die Scherung (bei der Verschiebung der Begrenzungsplatten) entsteht in der Vaseline-Schicht offenbar eine gewisse Orientierung der lichtstreuenden Teile und dementsprechend eine Asymmetrie in der Verteilung des Streulichtes. Bei der Umkehr der Scherrichtung vollzieht sich die Umorientierung der lichtstreuenden Teilchen nicht glatt, sondern über einen Zustand der Unordnung, der ein (nunmehr symmetrisches) Anschwellen der Trübung zur Folge hat. Erst nach vollzogener Umorientierung tritt sodann die Streulichtasymmetrie im entgegengesetzten Sinne wieder auf.

Die mikroskopische Untersuchung solcher Vaseline-Schichten zeigt aber, dass es sich bei den umorientierbaren lichtstreuenden Teilen nicht um scharf begrenzte starre Partikel, sondern um regellos durcheinanderliegende verschwommene Bezirke handelt, die etwa als Wolken oder als Schlieren zu beschreiben wären.

Bekanntlich lässt sich nun nach einer auf STOKES¹⁾ zurückgehenden Überlegung die bei einer Scherung auftretende innere Beanspruchung einer ebenen viskosen Flüssigkeitsschicht durch zwei aufeinander senkrecht stehende und unter 45° gegen die Scherrichtung geneigte Spannungskomponenten darstellen. Dieselben liegen in der durch die Scherrichtung und das Geschwindigkeitsgefälle bestimmten Ebene und bestehen, wie elementar zu überlegen ist, in einer Zugspannung von der Grösse

$$K_Z = \frac{1}{2} \eta \text{ grad } v$$

und einer entsprechenden Druckspannung von der Grösse

$$K_D = -\frac{1}{2} \eta \text{ grad } v.$$

Dabei bedeuten η die Viskosität der Flüssigkeit und $\text{grad } v$ den Geschwindigkeitsgradienten quer zur Schicht.

Diese hydrodynamischen Spannungen bringen nun offenbar in das regellose Gewirr der Schlieren im Innern der Schicht eine

¹⁾ G. G. STOKES, Math. and Phys. Papers, Vol. I, S. 91, Cambridge, 1880. Vgl. auch: C. V. RAMAN and K. S. KRISHNAN, Phil. Mag. (7) 5, S. 769, 1928. W. HALLER, Koll. Zeitschr. 61, S. 26, 1932.

Vorzugsrichtung in dem Sinne, dass diese Gebilde im allgemeinen in Richtung der Zugspannung in die Länge gezogen und in Richtung der Druckspannung verkürzt werden. Die auf diese Weise entstehenden Deformationen ergeben als Mittelwert den beobachteten Effekt, der mit dem durch eine unvollständige Orientierung diskreter starrer Teilchen hervorgerufenen qualitativ übereinstimmt.

Wie HALLER¹⁾ bei der theoretischen Behandlung der Strömungsdoppelbrechung in Kolloiden genauer gezeigt hat, müssen elastische Teilchen, die in einer viskosen Flüssigkeit suspendiert sind, bei einer Scherung der Flüssigkeitsschicht entsprechend den STOKES'schen Spannungen deformiert werden. Insbesondere werden demnach sphärische Teilchen zu Ellipsoiden deformiert, deren grösste Achsen bei mässiger Schergeschwindigkeit in Richtung der Zugspannung liegen.

Es wurde daher versuchsweise eine *Emulsion* von Glyzerin und Rizinusöl hergestellt, die relativ grosse, mit einer gewöhnlichen Lupe gut sichtbare Tröpfchen enthielt. Eine aus dieser milchig-weissen Emulsion hergestellte Schicht zwischen zwei Glasplatten zeigt in der Tat qualitativ die gleichen Streulichteefekte wie die Vaseline-Schichten, nämlich sowohl das Aufleuchten des Streulichts bei Umkehr der Scherrichtung, als auch die Asymmetrie während der Scherung. Eine dauernde derartige Anisotropie bleibt nicht erhalten, weil die Flüssigkeitströpfchen infolge der Oberflächenspannung wieder Kugelgestalt annehmen, sobald die Scherkraft nicht mehr wirkt. Dieser Versuch dürfte die Richtigkeit der hier gegebenen Erklärung für die Vorgänge in den Vaseline-Schichten beweisen.

Die genaue Messung der Streulichtverteilung an Vaseline wird dadurch erschwert, dass es nicht leicht ist, homogene und von Anfang an isotrope Schichten überhaupt herzustellen. Die Schichten erweisen sich als ausserordentlich empfindlich auf die Temperaturbehandlung bei der Herstellung, sowie auf die nachherige Alterung. Es wurde ferner festgestellt, dass eine grosse Zahl von optisch trüben Substanzen unter der Einwirkung von Scherkräften die hier beschriebenen und verwandte Streulicht-Anomalien zeigt. Über eine derartige Beobachtung an Lanolin findet sich eine Bemerkung bei ROHMANN²⁾.

Wie schon aus der prinzipiellen Gleichheit der Versuchsanordnungen hervorgeht, sind diese Erscheinungen als quasi makroskopischer Analogiefall zu der Strömungsdoppelbrechung

¹⁾ W. HALLER, loc. cit.

²⁾ H. ROHMANN, Phys. Zeitschr. **23**, S. 39, 1922.

zu betrachten. Zwischen beiden Gebieten besteht ein mit der Teilchengrösse fortschreitender kontinuierlicher Übergang.

Die vorliegende Untersuchung wird fortgesetzt. Leider muss die Veröffentlichung bereits vorhandener quantitativer Ergebnisse über das Verhalten von Vaseline-Schichten aus äusseren Gründen¹⁾ auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden.

Zum Schluss möchte ich Herrn Prof. Dr. EDGAR MEYER für sein stets förderndes Interesse, das er der Entwicklung dieser Untersuchung entgegengebracht hat, herzlich danken. Ausserdem bin ich Herrn Prof. Dr. G. WIEGNER † für anregenden Gedankenaustausch zu aufrichtigem Danke verpflichtet.

Zürich, Physikalisches Institut der Universität.

¹⁾ Herr E. Schwaninger, welcher einen grossen Teil der Messungen ausgeführt hat, ist an der Mitarbeit bei der Zusammenstellung vorübergehend verhindert.