

Beobachtung von Inversionswänden in einer nematischen Flüssigkeit

G. Heppke und F. Schneider

Institut für Anorganische und Analytische Chemie und
Iwan N. Stranski-Institut für Physikalische und Theoretische
Chemie der Technischen Universität Berlin

(Z. Naturforsch. **28a**, 1044–1045 [1973]; eingegangen am
19. April 1973)

Observation of inversion walls in nematic liquid crystals

The magnetic field induced deformations of a homeotropic nematic liquid crystal layer are studied by means of the electric conductance. Its time dependence observed after rotating the magnetic field direction by 180° is explained by the formation of alignment inversion walls.

Eine dünne Schicht einer nematischen Flüssigkeit lässt sich zwischen zwei planparallelen Wänden homogen ausrichten; beispielsweise kann bei geeigneter Präparation der Oberfläche eine homöotrope Ausrichtung, d. h. eine Orientierung des Direktors senkrecht zur Oberfläche, erzwungen werden. Durch Anlegen eines Magnetfeldes lassen sich in einer derartigen Schicht stationäre Deformationen erzeugen, die durch die magnetischen und elastischen Eigenchaften der nematischen Phase gemäß der Theorie von Frank¹ beschrieben werden können. Die mittlere Orientierung des Direktors in der Schicht kann durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit zwischen den als Elektroden dienenden planparallelen Wänden festgestellt werden². Die mittlere spezifische Leitfähigkeit κ lässt sich durch Gl. (1) beschreiben

$$\frac{1}{\kappa} = \langle 1/[\kappa_{\perp} + (\kappa_{\parallel} - \kappa_{\perp}) \cos^2 \Theta] \rangle, \quad (1)$$

worin κ_{\parallel} bzw. κ_{\perp} die Leitfähigkeiten bei idealer Orientierung des Direktors parallel bzw. senkrecht zum elektrischen Feld und Θ den Winkel zwischen Direktor und Richtung des elektrischen Feldes bedeuten.

Von Helfrich³ werden drei Typen im allgemeinen metastabiler Deformationen mit Inversionswänden angegeben, die Bereiche voneinander trennen, in denen sich die Orientierung des Direktors um 180° unterscheidet. In dieser Arbeit soll über Beobachtungen berichtet werden, die sich durch das Auftreten derartiger Inversionswände deuten lassen.

Bei der Untersuchung weist die Richtung des angelegten Magnetfeldes anfänglich in Richtung des Direktors der homöotrop ausgerichteten nematischen Phase. Nach einer 180° -Drehung des Magnetfeldes um eine Achse parallel zur Schichtebene ist eine Deformation mit zwei Inversionswänden zu erwar-

Sonderdruckanforderungen an Dr. F. Schneider, Iwan N. Stranski-Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Technischen Universität Berlin, D-1000 Berlin 12, Straße des 17. Juni 112.

ten, wie sie in Abb. 1 schematisch dargestellt ist. In der Umgebung der Inversionswände weist die nematische Phase eine starke Deformation auf. Die Dicke dieser Schicht beträgt etwa zwei Kohärenzlängen

$$\xi = (1/H) \sqrt{K/\chi_a}, \quad (2)$$

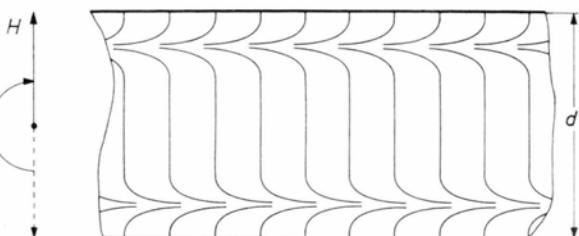


Abb. 1. Schematische Darstellung der durch eine 180° -Drehung der Magnetfeldrichtung erzeugten Inversionswände. Die eingezeichneten Linien stellen das Feldbild des Direktors dar (d = Elektrodenabstand).

worin K einen mittleren Elastizitätskoeffizienten und χ_a den anisotropen Teil der magnetischen Suszeptibilität bedeutet. Die Inversionswände sollten bei einem Elektrodenabstand d eine Verminderung der mittleren Leitfähigkeit um einen Faktor von der Größe

$$\frac{\kappa}{\kappa_{\parallel}} = \frac{1}{1 + \frac{4 \xi}{d} \left(\frac{\kappa_{\parallel} - \kappa_{\perp}}{\kappa_{\perp}} \right)} \quad (3)$$

gegenüber dem homöotropen Fall ergeben.

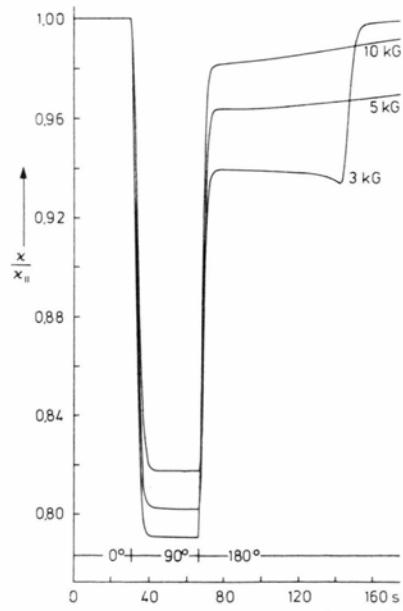


Abb. 2. Leitfähigkeitsverhältnis $\kappa/\kappa_{\parallel}$ in Abhängigkeit von der Zeit t bei einer Drehung der Magnetfeldrichtung von 0° über 90° nach 180° .

In Abb. 2 ist das Leitfähigkeitsverhältnis z/z_{\parallel} in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Nach einer Drehung der Richtung des Magnetfeldes von der 0° -Lage in die 180° -Lage erhält man unmittelbar nach der Drehung nicht den anfänglichen, sondern einen verminderten Leitfähigkeitswert in Übereinstimmung mit den Formeln (2) und (3). Bei einer Feldstärke von 3 kG beobachtet man sogar über längere Zeit eine fast konstante Leitfähigkeit. Dieses Verhalten kann damit erklärt werden, daß während dieser Zeit die Inversionswände aufeinander zuwandern, wobei nur eine geringfügige Änderung der

Leitfähigkeit zu erwarten ist. Wenn sich die Wände bis auf einen Abstand der Größe ξ genähert haben, erfolgt eine gegenseitige Vernichtung, die einen schnellen Anstieg der Leitfähigkeit auf den Wert z_{\parallel} zur Folge hat. Die Zeitkonstante für diesen Vorgang wird gemäß $\tau = \gamma_1/\chi_a H^2$ durch die Rotationsviskosität γ_1 bestimmt.

Bei der Wanderung der Inversionswände ist im Rahmen dieses Modells eine geringe Abnahme der Leitfähigkeit in Richtung z_{\perp} zu erwarten. Dieses wird jedoch nur bei dem 3 kG-Experiment beobachtet. Offensichtlich findet bei den höheren Feldstärken ein Abbau der Inversionswände durch einen zusätzlichen Prozeß statt, möglicherweise einen Zerfall der Wände von der seitlichen Probenbegrenzung her.

In einem weiteren Experiment (Abb. 3) wird das Magnetfeld während der Zeit, in der die Wände aufeinander zuwandern, abgeschaltet. Es ist zu erwarten, daß dabei die Dicke der Inversionswände stark zunimmt und sich die Deformation in der Schicht sofort auflöst. Dementsprechend beobachtet man zunächst eine starke Abnahme der Leitfähigkeit, ohne daß allerdings der Wert z_{\perp} erreicht wird. Anschließend stellt sich wieder der Leitfähigkeitswert für die homöotrope Ausrichtung ein.

Weitere Untersuchungen sollen zeigen, ob auch der zweite von Helfrich³ beschriebene Typ von Inversionswänden bei anderer Oberflächenpräparation beobachtet werden kann. Über den dritten Typ von Inversionswänden hat Léger⁴ berichtet, wobei die Ergebnisse mit einer von de Gennes⁵ angegebenen Theorie gedeutet wurden. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung von Inversionswänden bei der Umwandlung einer cholesterischen in eine nematische Phase durch Magnetfelder haben kürzlich Prost und Gasparoux⁶ beschrieben.

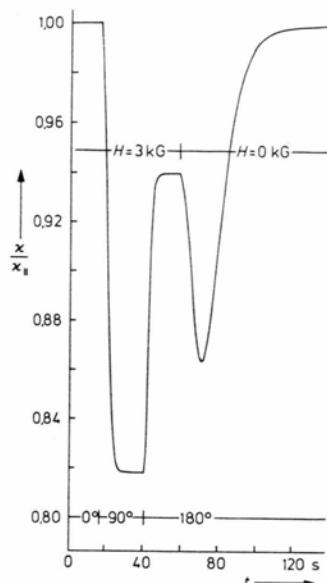


Abb. 3. Leitfähigkeitsverhältnis z/z_{\parallel} in Abhängigkeit von der Zeit t . Bei $t=60$ s wird das Magnetfeld ausgeschaltet.

¹ F. C. Frank, Disc. Faraday Soc. **25**, 19 [1958].

² F. Schneider, in Vorbereitung.

³ W. Helfrich, Phys. Rev. Letters **21**, 1518 [1968].

⁴ L. Léger, Solid State Comm. **10**, 697 [1972].

⁵ P. G. de Gennes, J. Physique **32**, 789 [1971].

⁶ J. Prost u. H. Gasparoux, private Mitteilung.