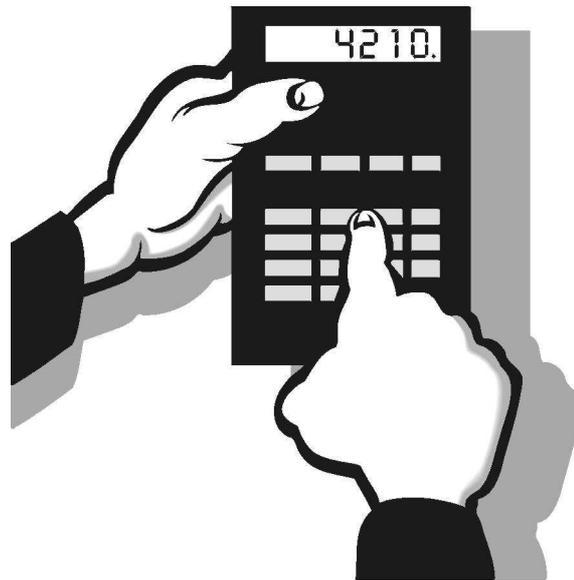


Untersuchung ausgewählter Eigenschaften an Flüssigkristallen



Wettbewerb „Jugend forscht“ 2002

Helma Freitag (19 Jahre)

&

Maraike Brockmann (18 Jahre)

Arbeitsgemeinschaft „Jugend forscht“
des Christian-Gymnasiums Hermannsburg

Leitung: StD. Thomas Biedermann

Inhaltsverzeichnis



1. Einführung in unsere Arbeit	
1.1 Was ist eigentlich ein Flüssigkristall?	3
1.2 Unser ursprüngliches Thema	3
1.3 Auftretende Probleme	4
1.4 Unser jetziges Thema	5
2. Die Versuche	
2.1 Überlegungen zum Grundaufbau der Versuche	6
2.2 Was sind Polarisationsfilter?	8
2.3 Beobachtung des Flüssigkristalls ohne äußere Einwirkungen ...	9
2.4.1 Versuchsaufbau zum magnetischen Feld	10
2.4.2 Beobachtungen	11
2.5.1 Versuchsaufbau zum elektrischen Feld	11
2.5.2 Beobachtungen	11
2.6.1 Versuchsaufbau zur Temperatur	12
2.6.2 Beobachtungen	13
3. Auswertung der Versuche	
3.1 Unser Kristall.....	13
3.2 Doppelbrechung	14
3.3 Optische Aktivität	14
3.4 Wie kommen die „Regenbögen“ zustande?	15
3.5 Allgemeine Auswertung	16
3.6 Zusätzliche Beobachtung	17
4. Sonstiges	
4.1 Literaturverzeichnis	18
4.2 Danksagungen	19
4.3 Anhang	20



1. Einführung in unsere Arbeit

1.1 Was ist eigentlich ein Flüssigkristall?

Ein fester Kristall besteht aus seinen Molekülen, die in einem bestimmten Raumgitter angeordnet und festgehalten werden. In diesem Raumgitter haben die einzelnen Moleküle nicht die Möglichkeit, sich in eine beliebige Richtung zu bewegen, es werden durch die feste Anordnung bestimmte Richtungen bevorzugt. Das nennt man Anisotropie (bei Isotropie wird keine Richtung bevorzugt, diese Eigenschaft haben bei Kristallen nur die kubischen Kristalle).

Flüssigkristalle sind nun aufgeschmolzene Kristalle, sie sind flüssig, zeigen aber trotzdem noch anisotrope Eigenschaften. Das heißt, dass die Gitterstruktur völlig aufgelöst ist. Die Moleküle können sich überall im Raum bewegen, sie können aber ihre Richtung nicht ändern, wie es in einer normalen Flüssigkeit der Fall ist. Es gibt also eine positionelle Unordnung und anisotrope Eigenschaften.

Das liegt daran, dass ein Flüssigkristall aus länglichen, stabähnlichen Molekülen besteht, die Dipoleigenschaften besitzen. Die Moleküle richten sich parallel zueinander aus.

1.2 Unser ursprüngliches Thema

Die folgende Arbeit befasst sich mit einem Flüssigkristall und seiner optischen Eigenschaften unter ausgewählten physikalischen Einflüssen.

Doch stand dieses Thema nicht von vornherein fest, denn ursprünglich wollten wir versuchen, mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln ein Flüssigkristalldisplay selbst herzustellen. Darauf sind wir durch unseren gemeinsamen Chemielehrer gekommen, der uns als mögliches Thema für eine Facharbeit eine Arbeit über Flüssigkristalle vorschlug. Durch die schulischen Rahmenbedingungen konnten wir diesen Vorschlag jedoch nicht annehmen und beschlossen daher, bei „Jugend forscht“ trotzdem eine Arbeit über Flüssigkristalle zu verfassen. Hierbei war zuerst unser Plan, ein LCD selbst zu bauen.



1.3 Auftretende Probleme

Bei der Informations- und Materialbeschaffung wurden wir allerdings auf eine harte Probe gestellt, die wir nicht bestehen konnten. Zuerst brauchten wir Polarisationsfilter. Diese zu besorgen war aber das geringste Problem, denn wir konnten einfach ein paar alte Taschenrechner und kleine Wecker auseinanderschrauben und uns die Filter ausbauen.

Als nächstes brauchten wir allerdings zwei Glasscheiben, auf die eine so dünne Schicht Metall aufgetragen ist, dass man noch durchsehen kann. Dazu hätten wir das Metall aufdampfen müssen. Nun mussten wir uns überlegen, wie wir den Flüssigkristall so dünn zwischen die beiden Glasplatten bringen, dass es nur noch eine Schicht von 10 μm ist, außerdem müssen die stabförmigen Moleküle des Kristalls parallel zueinander ausgerichtet sein.

Letzteres wird in der Industrie gelöst, indem von vornherein Glasplatten verwendet werden, die im Mikrometerbereich winzige Rillen besitzen, in die sich die Moleküle hineinsetzen und sich somit ausrichten. Da uns aber solche Platten nicht zur Verfügung standen und wir sie auch nicht herstellen konnten, geschweige denn eine Metallschicht aufdampfen können, standen wir auch hier vor einem unlösbaren Problem.

Eine weitere Hürde ergab sich aus der Versiegelung. Bei genauer Betrachtung eines Flüssigkristalldisplays stellt man fest, dass sich zwischen den beiden Glasplatten um den Flüssigkristall herum eine Maske befindet, welche die Schichtdicke des Kristalls konstant hält, verhindert, dass Luft eindringt, und die beiden Glasplatten aneinander fixiert.

Um nun zu verhindern, dass wir Luft im Display einschließen, hätten wir sehr komplizierte Aufbauten (z.B.: eine Vakuumkammer) gebraucht, zudem hatten wir auch kein geeignetes Material, das wir als Maske hätten benutzen können.

Außerdem nahmen wir zu diesem Zeitpunkt noch an, dass Flüssigkristalle wahnsinnig leicht mit der Umwelt, vor allem der Luft, reagieren. Zu diesem Schluss sind wir durch ein defektes LC Display gekommen. Bei diesem war die obere Glasplatte mehrere Male nebeneinander zerbrochen und der Flüssigkristall darunter färbte sich bis ca. $\frac{1}{2}$ cm vom äußersten Bruch entfernt schwarz. Diese Annahme



stellte sich erst viel später als falsch heraus. Aufgrund all dieser Probleme mussten wir einsehen, dass unser Vorhaben, ein Flüssigkristalldisplay selbst herzustellen, nicht durchführbar ist.

1.4 Unser jetziges Thema

Trotzdem waren wir so fasziniert von Flüssigkristallen, dass wir beschlossen unsere Arbeit in eine andere Richtung zu orientieren.

Als erstes war für uns interessant, inwieweit sich Flüssigkristalle verändern, wenn man sie beispielsweise einer erhöhten Temperatur aussetzt, weil dies auch bei der Verwendung von LCDs eine Rolle spielt. Also überlegten wir uns unter welchen Einflüssen wir uns den Kristall betrachten und wie wir das tun. Wir wählten also Temperatur, elektrisches und magnetisches Feld aus, um den Flüssigkristall unter ihren Einfluss zu stellen. Dabei kam es uns auch darauf an, den Kristall unter anderen Gesichtspunkten zu betrachten, als es in dem Buch "Flüssige Kristalle" von Hans Dieter Koswig, das uns als Informationsquelle diente, geschildert ist. In diesem Buch wird nämlich nur der Flüssigkristall als solcher betrachtet, nicht aber seine optischen Eigenschaften, welche wir untersuchen wollten.

Da uns aber immer noch das Wichtigste für unsere Untersuchungen fehlte, recherchierten wir im Internet nach Firmen, die etwas mit Flüssigkristallen zu tun haben. Es fanden sich auch bald ein paar, meistens trat jedoch das Problem auf, dass es japanische Firmen waren. Den zwei oder drei deutschen Firmen oder den deutschen Niederlassungen der japanischen Firmen ließen wir dann per E-Mail die Bitte zukommen, uns bei unserer Arbeit zu unterstützen. Die einzige Antwort, die wir bekamen, war von dem Unternehmen Merck, die uns eine kleine Ampulle mit 5ml Flüssigkristall zukommen ließ und uns auch sonst mit vielen fachlichen Informationen zur Seite stand.

Da wir zu diesem Zeitpunkt immer noch dachten, dass der Flüssigkristall mit der Luft reagiert, fragten wir sicherheitshalber noch einmal nach, ob irgendetwas beim Öffnen der Ampulle zu beachten sei. Daraufhin bekamen wir einen Brief, in dem eine Sammlung aller Sicherheitsvorkehrungen und spezifischen Angaben zu dem Flüssigkristall enthalten war. Bei den spezifischen Angaben zu dem Kristall lagen aber zum größten Teil keine Angaben vor. Nur unsere anfängliche Annahme, dass



der Kristall leicht mit dem Umfeld reagiert, wurde durch das Informationsmaterial widerlegt. Das hieß, dass wir dies bei den Versuchen nicht mehr zu beachten hatten und bedeutete für uns eine erhebliche Erleichterung.

2. Die Versuche

2.1 Überlegungen zum Grundaufbau der Versuche

Nun konnten wir mit den Überlegungen beginnen, wie wir die Versuche gestalten. Um unsere Versuchsergebnisse auch auf LCDs anwenden zu können, beschlossen wir

unseren Kristall ebenfalls in die Form einer Dünnen Schicht zwischen zwei Glasplatten zu bringen. Als Grundlage für unsere Versuche dienten also ein Objektträger und ein Deckplättchen, zwischen die wir unseren Flüssigkristall brachten.

Um nun die Schichtdicke des Kristalls genau bestimmen zu können übernahmen wir den Gedanken der Maske von einem normalen Display, die wir zwischen die beiden Glasplatten legen wollten. Als am besten geeignet dafür schien uns eine handelsübliche Frischhaltefolie, da diese eine ähnliche Dicke hat, wie die Schichtdicke eines Flüssigkristalls in einem normalen LC Display. Aus der Folie haben wir nun einen Kreis mit bestimmtem Durchmesser ausgeschnitten, in den wir dann den Flüssigkristall einfüllten. Als Richtvolumen des Flüssigkristalls nahmen wir $1 \mu\text{l}$ an. Um nun das entstehende Volumen und somit auch den Durchmesser des Kreises zu berechnen, bestimmten wir mit Hilfe einer Mikrometerschraube die Dicke der Folie, die $12 \mu\text{m}$ betrug. Daraus ergab sich ein Durchmesser von annähernd 1cm für den Kreis.

Aus dieser Versuchsanordnung ergaben sich allerdings zwei Probleme. Erstens mussten wir den Kreis so genau wie möglich ausschneiden, das heißt mit einer möglichst scharfen Klinge. Diese bekamen wir auf nachfrage bei einem Arzt, der uns ein paar Einwegskalpelle mit auf dem Weg gab. Trotzdem gelang es uns nicht hundertprozentig, einen Kreis auszuschneiden, ohne dass die Folie Fransen zog. Das zweite Problem war, dass wir keine Möglichkeit dazu hatten, $1\mu\text{l}$ abzumessen. Also

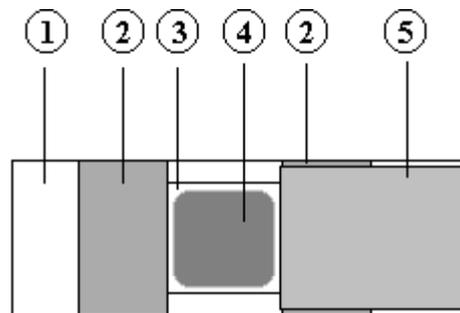


haben wir unseren Chemielehrer nach einer geeigneten Pipette gefragt. Da dieser in der Chemiesammlung keine gefunden hatte, fragten wir ebenfalls in der Apotheke nach einer Pipette. Obwohl uns der Apothekenleiter gerne unterstützt hätte, konnte auch er nichts Geeignetes finden. Also mussten wir 1µl abschätzen.

Zunächst ersetzten wir aber den Kristall durch Wasser, um zu sehen, ob wir die Grundlage unseres Versuchsaufbaus überhaupt so benutzen können, wie wir uns das vorgestellt hatten.

Wir legten also ein kleines Stück der Frischhaltefolie mit dem ausgeschnittenen Kreis auf einen Objektträger und bemerkten, dass die Folie vor allem am Innenrand des Kreises nicht vollständig am Glas haftete. Als wir nun einen kleinen Tropfen Wasser auf den Objektträger in die Mitte des Kreises auftrugen und dann das Deckplättchen vorsichtig darauf legten, wurde das Wasser durch die Kapillarwirkung unter die Folie gesogen und blieb nicht in der Aussparung. Da wir somit annahmen, dass es sich mit dem Flüssigkristall, obwohl er ein wenig dickflüssiger ist als Wasser, auch nicht anders verhält, mussten wir uns einen anderen Versuchsaufbau überlegen. Hierbei entschieden wir uns für eine Keilform, in die wir den Flüssigkristall bringen wollten. Dies hatte zwar den Nachteil, dass ein solcher Keil selbst das Licht durch Brechung in ein Spektrum zerlegt, aber durch einen Vorversuch mit Wasser konnten wir feststellen, dass dieser Gedanke für uns nicht relevant war. Wahrscheinlich ist der Keil zu dünn, um mit bloßem Auge eine solche Brechung des Lichts zu erkennen.

Als Grundlage für unseren Keil wählten wir wieder einen Objektträger (1), als obere Begrenzung wieder ein Deckplättchen (3) aus. Nun brachten wir zwei UHU-Klebefilmstreifen (2) parallel zueinander in rechten Winkel zum Objektträger auf demselben an. Der Abstand der beiden Klebestreifen zueinander stellt nun die Länge des Keils dar. Er darf die Länge eines Deckplättchens nicht überschreiten, da dieses mit der Kante an den einen Klebestreifen angelegt wird, damit es nicht verrutscht, und auf dem anderen Streifen aufliegen muss. Die Dicke des Klebefilms ist die Höhe des Keils. Die seitlichen Begrenzungen des Keils sind die Ränder des





Deckplättchens, denn der Flüssigkristall (4) wird durch die Kapillarwirkung unter demselben festgehalten.

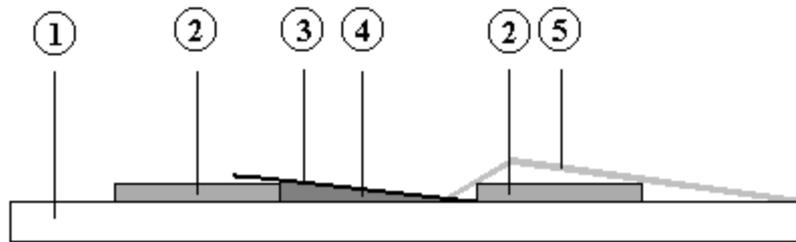
Damit das Deckplättchen durch die hohe Oberflächenspannung nicht auf dem Flüssigkristall aufschwimmt, haben wir eine Rasierklinge (5) angebracht, die am vorderen Ende etwas nach unten gebogen ist und an der ein kleiner Griff zur besseren Handhabung befestigt ist. Das gebogene Ende ragt ca. einen Millimeter über den einen

Klebefilmstreifen

um das Deckplättchen nach

unten an den

Objektträger zu drücken.



Des Weiteren gehören zum Grundaufbau ein Polarisationsfilter, den wir in einem Diarahmen eingespannt und unter den Objektträger geklebt haben und eine reflektierende Folie (bei Versuch mit el. Feld ersetzt durch leitende Aluminiumplatte). Außerdem benutzten wir einen weiteren Polarisationsfilter, den wir für die Betrachtung der Versuche über den Bereich mit dem Flüssigkristall gehalten haben.

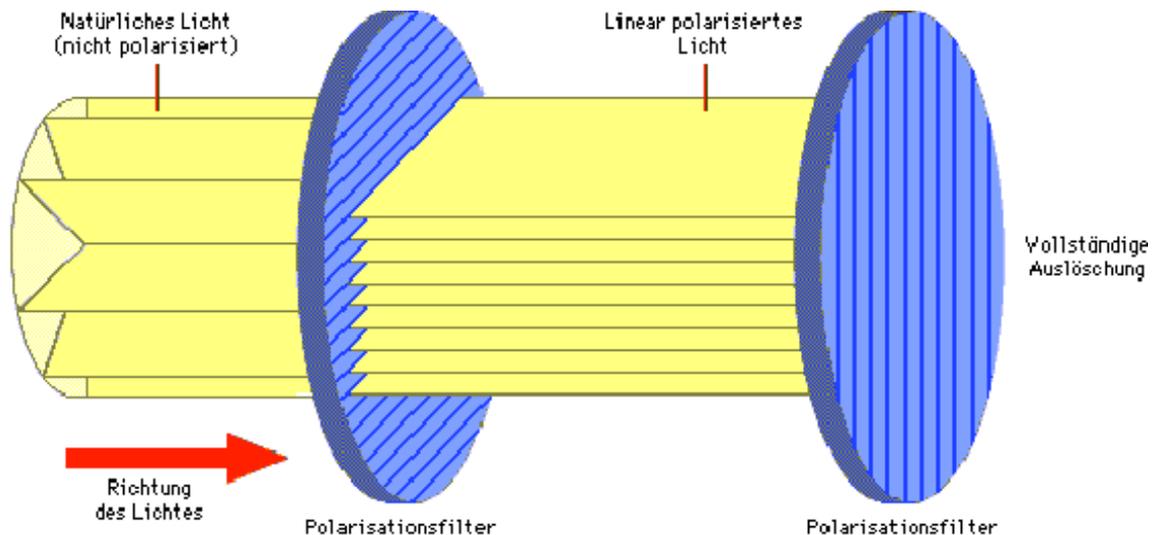
Ein Vorteil bei dieser Versuchsanordnung ist, dass wir nicht mehr darauf angewiesen waren, genau 1µl abzumessen, es reichte aus, die Menge, die wir brauchten abzuschätzen. Außerdem konnten wir nicht nur eine Schichtdicke des Flüssigkristalls leichter berechnen, sondern auch bei unseren Auswertungen auf verschiedene Ergebnisse bei verschiedenen Schichtdicken eingehen. Das Berechnen der Schichtdicke bei einer bestimmten Position im Keil ist durch den Strahlensatz auch erheblich einfacher als bei unserem vorigen Versuchsaufbau.

2.2 Was sind Polarisationsfilter?

Polarisationsfilter bestehen aus feinen, parallel angeordneten, nadelförmigen Kristallen, die in Zellulose eingegossen sind. Es gibt sie als Platten, manchmal durch Glas verstärkt, oder als Folien. Alles Licht, das auf einen solchen Filter trifft wird



linear polarisiert. Das funktioniert wie folgt: Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen, deren Feldvektor senkrecht zur Ausbreitungsrichtung verläuft. Die Welle schwingt also auf einer Ebene, der sogenannten Polarisationsebene frei durch den Raum und bewegen sich dadurch fort. Aber nicht alle Wellen schwingen in einer einzigen Ebene. Durch die Anordnung der Kristallnadeln in den Polarisationsfiltern werden nur die Wellen durch den Filter gelassen, die in der Ebene schwingen, die durch die Nadeln vorgegeben ist. Dieses Licht nennt man linear polarisiert. Lässt man dieses Licht auf einen zweiten Polarisationsfilter fallen, dessen Kristallnadeln parallel zu denen des ersten sind, so wird es nur dann durchgelassen, wenn die Wellen unverändert oder um 180° gedreht schwingen. Dreht man den zweiten Polarisationsfilter nun, so werden immer weniger Wellen durchgelassen, bis bei einer Drehung um 90° eine völlige Auslöschung auftritt (siehe Abbildung).

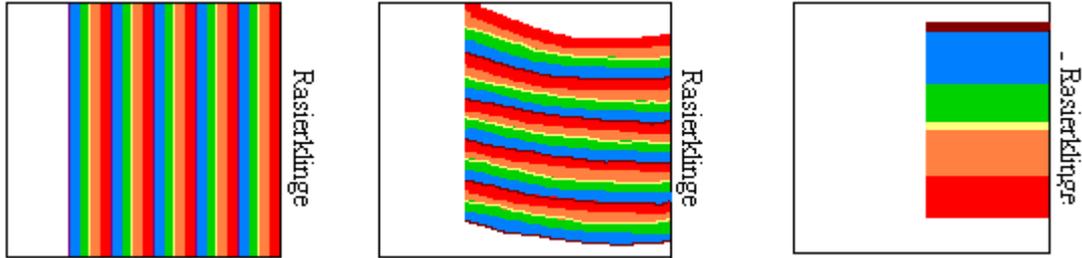


2.3 Beobachtung des Flüssigkristalls ohne äußere Einwirkung

Wenn man unseren Grundaufbau von oben mit weißem Licht beleuchtet und durch die Polarisationsfilter blickt, so kann man deutlich mehrere Regenbögen hintereinander erkennen. Bei genauerer Betrachtung ist festzustellen, dass kein vollständiges Farbspektrum vorhanden ist, denn es fehlt die Farbe Gelb bzw. Violett. Diese Erscheinung beginnt bei einer Schichtdicke von $0\mu\text{m}$ des Flüssigkristalls und endet ungefähr bei einer Dicke von $2,7\mu\text{m}$. Im Laufe unserer Versuchsreihen



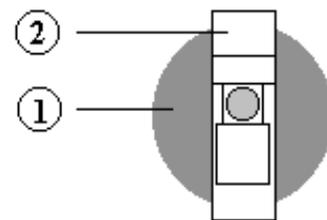
konnten wir nun drei verschiedene Farberscheinungen feststellen. Bei der ersten verliefen sie in Richtung der ansteigende Schichtdicke, also von rechts nach links. Bei der zweiten verliefen sie dann in etwas gekrümmter Form von oben nach unten.



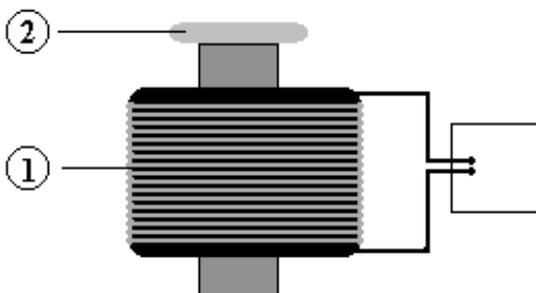
Beide Varianten beinhalten eine vier- bis fünfmalige Wiederholung der Farben. Außerdem stellten wir fest, dass die erste Farberscheinung am häufigsten auftritt. Bei einem einzigen Versuch erschien noch eine dritte Variante. Bei dieser verliefen die Farben zwar auch von oben nach unten wie bei der zweiten Variante, allerdings trat jede Farbe nur ein einziges Mal auf, dafür waren die einzelnen Farbstreifen aber etwas breiter.

2.4.1 Versuchsaufbau zum magnetischen Feld

Um unseren Aufbau mit dem Flüssigkristall in ein homogenes magnetisches Feld zu bekommen, entschieden wir uns für einen Scheibenmagneten. Die Feldlinien von einem Magneten verlaufen von einem Pol zum anderen. Dadurch, dass unser Magnet nun eine Scheibe ist, verlaufen die Feldlinien an der Ober- bzw. Unterseite senkrecht, es besteht also ein relativ homogenes magnetisches Feld. Auf diesem Magneten (1)



brachten wir nun den schon oben beschriebenen Grundaufbau bzw. das Display (2)



an, und beleuchteten den gesamten Aufbau von oben mit einer weißen Lichtquelle.

Da wir bei dem Versuch mit dem elektrischen Feld ein Wechsel- und ein



Gleichfeld angelegt hatten, beschlossen wir zusätzlich zu dem Gleichfeld des Scheibenmagneten auch noch ein magnetisches Wechselfeld anzulegen. Hierzu verwendeten wir eine Spule mit Eisenkern (1). Unseren Grundaufbau bzw. das Display (2) brachten wir auf der Oberseite des Eisenkerns an. Auch hier beleuchteten wir von oben mit einer weißen Lichtquelle. Der Nachteil an diesem Aufbau ist, dass der Flüssigkristall sich nun nicht in einem homogenen Feld befindet.

2.4.2 Beobachtung

Bei diesem Versuch konnten wir weder beim Gleich- noch beim Wechselfeld eine sichtbare Veränderung an unserem Flüssigkristall oder dem Display feststellen.

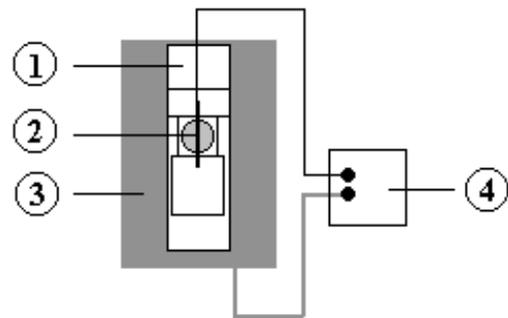
2.5.1 Versuchsaufbau zum elektrischen Feld

Damit wir jede Schichtdicke unseres Flüssigkristalls im elektrischen Feld beobachten konnten, musste sich der eine Pol über und der andere Pol unter dem Keil befinden. Das Problem hierbei war, dass wir keine zwei Platten als Pole benutzen konnten, da dies verhinderte, den Flüssigkristall zu beobachten. Dieses Hindernis umgingen wir, indem wir unter unserem Grundaufbau bzw.

Display (1) eine Platte (3) und darüber einen Draht (2) als Pol verwendeten. Jetzt konnten wir am Draht vorbei den Flüssigkristall beobachten.

Über eine Spannungsquelle (4) hatten wir jetzt die Möglichkeit eine Spannung von

1kV und 2 kV Gleich- sowie Wechselfspannung an den Aufbau anzulegen. Wieder beleuchteten wir den Versuch von oben mit weißem Licht.



2.5.2 Beobachtung

Bei unserem Flüssigkristall konnten wir bei 1 kV Gleichspannung keine sichtbare Veränderung ausmachen. Bei 2 kV Gleichspannung ließ sich für den Moment des



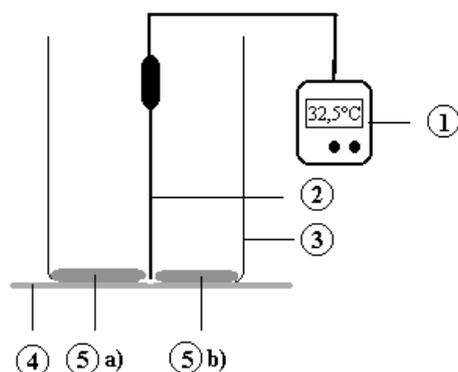
Anlegens der Spannung eine Art „Wackeln“ des Regenbogens in der Umgebung des Drahtes erkennen. Bei angelegter Spannung geschah weiterhin nichts. Dieses Ereignis konnten wir in schwächerer Form auch beim Lösen der Spannung beobachten.

Das Anlegen von 1 kV Wechselspannung zeigte hingegen eine deutlich sichtbare Veränderung des Farbbildes. Während wir die Spannung angelegten konnten wir erkennen, wie die Regenbogenerscheinungen klarer wurden. Dieses Phänomen hielt die gesamte Zeit an, in der die Spannung angelegt war und erlosch in dem Moment in dem wir die Spannung wieder lösten. Die gleiche Beobachtung machten wir auch bei 2 kV Wechselspannung, mit dem kleinen Unterschied, dass die Regenbogenerscheinung noch intensiver und klarer wurden. Zudem ließ sich noch erkennen dass die Farben zum Draht hin in Richtung der dickeren Schichten abgelenkt wurden.

Genau wie bei unserem Flüssigkristall konnten wir auch bei dem Display bei 1 kV Gleichspannung keine sichtbaren Veränderungen ausmachen. Beim Anlegen der 2 kV Gleichspannung verfärbten sich für einen kurzen Moment einige wenige Ansteuerungsleitungen der Siebensegmentanzeige in der Umgebung des Drahtes dunkel.

Für die Zeit des Anlegens von 1 kV Wechselspannung beobachteten wir ebenfalls eine Verfärbung der Ansteuerungswege am Ende des Drahtes. Bei 2 kV Wechselspannung traten diese Verdunkelungen rings um den Draht herum auf, sowie in den Ecken des Displays und zwar wesentlich stärker als bei 1 kV Wechselspannung.

2.6.1 Versuchsaufbau zur Temperatur



① Damit wir den Flüssigkristall unter Einfluß verschiedener Temperaturen beobachten können, dachten wir uns folgenden Versuchsaufbau aus. Unseren Grundaufbau (5)a



und das Display (5)b legen wir dazu in ein Glasgefäß (3). Über eine Heizfolie (4), auf der das Glas steht, wird die Luft im Glas und damit auch der Flüssigkristall erwärmt. Die aktuelle Temperatur haben wir über einen Temperaturfühler (2) mit einem Temperaturmessgerät (1) gemessen.

2.6.2 Beobachtung

Hierbei konnten wir beobachten, dass mit zunehmender Temperatur die Regenbögen in den dünnen Schichten des Keils unseres Flüssigkristalls verblassten, bis sie bei einer Temperatur von 42°C ganz verschwunden waren. Gleichzeitig dazu verstärkten sich die Farben in den dickeren Schichten. Bei einer Temperatur von 48°C lösten sich dann alle Farberscheinungen blitzartig auf.

Beim Display ließ sich nur bei einer Temperatur von 42°C eine Veränderung ausmachen. Die Anzeige lief bei dieser Temperatur dunkel an, entfärbte sich bei Abkühlung aber sofort und war wieder funktionsbereit.

3. Auswertung der Versuche

3.1 Unser Kristall

Der von uns verwendete Flüssigkristall hat die Bezeichnung ZLI-1083 Licristal®. Es handelt sich um eine Flüssigkristallmischung. Das heißt dem eigentlichen Flüssigkristall wurden andere Substanzen und/oder andere Flüssigkristalle zugefügt, die die Eigenschaften verändern. Zum Beispiel wird so erreicht, dass der Kristall von -30°C bis +70°C in seiner flüssig-kristallinen Phase ist.

Die Lagerung sollte nur dicht verschlossen bei einer Temperatur von +15°C bis +25°C durchgeführt werden.

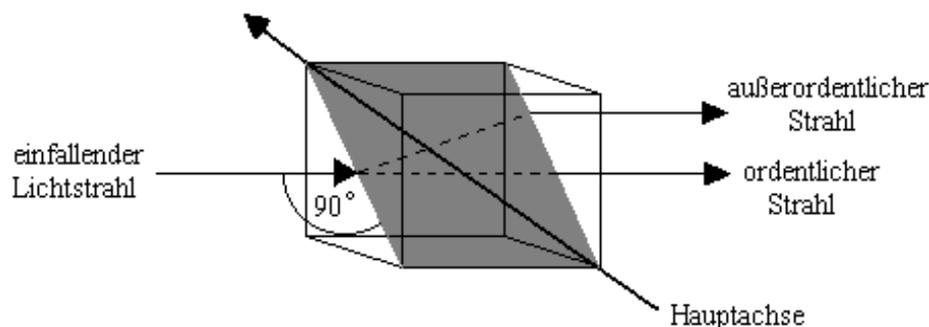
Die Flüssigkeit erscheint milchig-weiß, sie ist nicht in Wasser löslich, ihre Dichte liegt bei 0,97 – 1,00 g/cm³ (bei 20°C). Der Klärpunkt liegt bei dieser Mischung bei 52°C, andere physikalische und chemische Eigenschaften wie z.B.: Schmelztemperatur oder pH-Wert sind nicht verfügbar, da die Zubereitung einen noch nicht vollständig geprüften Stoff enthält.



Da Flüssigkristalle im Allgemeinen auch zu den Stoffen gehören, die doppelbrechend sind, hat auch unser Kristall diese Eigenschaft. Die Frage, ob der Flüssigkristall auch optisch aktiv ist, können wir allerdings nicht hundertprozentig beantworten. Da wir aber bei unseren Versuchen mehrere Farbspektren hintereinander gesehen haben und diese nicht bei den dickeren Schichten des Flüssigkristalls aufgetreten sind, was bei optischer Aktivität der Fall wäre, können wir davon ausgehen, dass der Kristall diese Eigenschaft nicht besitzt.

3.2 Doppelbrechung

Bestimmte Materialien und Stoffe (nur anisotrope Stoffe) sind doppelbrechend. Das heißt, dass ein Lichtstrahl beim Eintreffen in das Material aufgespalten wird in zwei Strahlen, einen ordentlichen und einen außerordentlichen Strahl. Der ordentliche



Strahl breitet sich in jede Richtung mit der gleichen Geschwindigkeit aus, sein Verhalten ist normal (nach dem Brechungsgesetz von Snellius). Der außerordentliche Strahl dagegen verhält sich in einer anderen Weise, er breitet sich in verschiedenen Richtungen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aus. Außerdem wird die Polarisationssebene des außerordentlichen Strahls gedreht. Hier ist der Drehwinkel von der Dicke der zu durchlaufenden Schicht und von der Wellenlänge abhängig.

3.3 Optische Aktivität

Wenn ein Stoff optisch aktiv ist, so hat er die Eigenschaft, die Polarisationssebene des einfallenden Lichtstrahls zu drehen. Diese Drehung ist auf den chiralen, molekularen Aufbau eines Stoffes zurückzuführen, das heißt, dass die Moleküle spiralförmig angeordnet sind. Der Drehwinkel ist somit abhängig von der Dicke der zu



durchlaufenden Schicht, aber auch von der Wellenlänge des einfallenden Lichts. Dringt also ein Lichtbündel aus weißem Licht durch einen optisch aktiven Stoff, wird er in ein Farbspektrum aufgespalten, die dabei entstehenden Farben kann man allerdings nur durch einen Polarisationsfilter sehen.

3.4 Wie kommen die „Regenbögen“ zustande?

Zum einen könnten diese Farberscheinungen durch ein Phänomen erklärt werden, dass als newtonsche Ringe bekannt ist. Hierbei werden aufgrund von Interferenzerscheinungen und durch den Keil weißes Licht in verschiedenfarbige Linien aufgespalten. Dies können wir aber bei unserem Aufbau ausschließen, da unsere Regenbögen nur durch einen Polarisationsfilter zu sehen sind. Newtonsche Ringe sind aber auch ohne Polarisationsfilter sichtbar.

Daher schließen wir, dass die Aufspaltung des weißen Lichts in seine Spektralfarben durch die Doppelbrechung des Flüssigkristalls zustande kommt. Das erklärt auch, wieso der Lichtstrahl nicht in ein vollständiges Spektrum aufgespalten wird, denn die Komplementärfarben Gelb bzw. Violett (bei Drehung des Polarisationsfilters um 90°) traten bei unseren Versuchen nicht zum Vorschein.

Die durch die Doppelbrechung auftretende Drehung des Lichtstrahls ist von der Wellenlänge abhängig, woraus wir schließen können, dass ein Regenbogen entsteht. Da wir aber unseren Flüssigkristall zwischen zwei Polarisationsfiltern betrachten, wird eine Farbe des Spektrums ausgelöscht, da diese Strahlen durch die Drehung gerade die Polarisation erfahren haben, die der Polarisationsfilter nicht hindurch lässt. Bei Drehung des Polarisationsfilters um 90° tritt an die Stelle einer Farbe ihre Komplementärfarbe, das heißt auch, dass nun die Komplementärfarbe der zuvor ausgelöschten Farbe nicht sichtbar ist.

Da wir nun mehrere „Regenbögen“ hintereinander sehen können, lässt sich auf den Drehwinkel bei einer bestimmten Dicke des Flüssigkristalls schließen. Denn zwischen dem ersten und dem zweiten Auftreten einer Farbe muss der Flüssigkristall den Lichtstrahl um 180° gedreht haben, damit er die gleiche Polarisationssebene hat.



Unsere Beobachtungen haben ergeben, dass immer zwischen vier und fünf „Regenbögen“ hintereinander zu sehen sind. Gehen wir im Folgenden von fünf aus. Die Farberscheinungen traten von 0 bis ca. 1 cm Keillänge aus, das entspricht einer Keildicke von 0 - 2,7 μm und einer Breite von ca. 0,2 cm pro „Regenbogen“. Aus diesen Angaben lässt sich nun berechnen, dass unser Flüssigkristall bei einer Dicke von 0,54 μm eine Drehung um 180° bewirkt.

3.5 Allgemeine Auswertung

Als erstes widmen wir uns der Auswertung der Versuche zum elektrischen und zum magnetischen Feld. Beide Einflüssen haben die gleiche Wirkung auf den Flüssigkristall: die Moleküle sind Dipole und richten sich deshalb nach den Feldlinien aus. Dieser Effekt zeigt sich beim Anlegen einer Gleichspannung in einem kurzen „Wackeln“ der Farbstreifen, sobald aber die Spannung aufrecht erhalten bleibt, gehen die Farberscheinungen wieder in ihren Ausgangszustand über. Bei einer Wechselspannung hingegen sind die Plus- und Minuspole im ständigen Wechsel, so dass sich die Moleküle ständig neu ausrichten müssen. Bei jedem Wechsel tritt ebenfalls dieses Wackeln auf. Da die Polarität mehrmals in der Sekunde wechselt, ist das Wackeln nur als eine „reine“ Ausrichtung zu erkennen, die erst wieder verschwindet, wenn man die Spannung löst. Daraus lässt sich die Theorie ableiten, dass sich die optische Eigenschaft der Doppelbrechung hier durch die stärkere Bewegung der Moleküle ändert. Das würde bedeuten, dass die Moleküle, weil sie aus ihrem relativ ungeordneten Zustand durch das elektrische Wechselfeld nun parallel vorliegen, die eintreffenden Lichtstrahlen so drehen, dass sie ganz genau passend zu der Polarisationsrichtung sind. Daher sieht man die Farberscheinung auch intensiver und klarer.

Beim magnetischen Feld haben wir die Veränderung der Farbstreifen nicht beobachten können, obwohl wir eine Bestätigung für die Ausrichtung der Moleküle in der Literatur haben. Grund dafür ist die Stärke unseres magnetischen Feldes, denn sie ist viel zu gering um die Moleküle auszurichten und somit eine sichtbare Veränderung zu verursachen.



Bei unseren Vergleichsversuchen mit dem funktionstüchtigen Flüssigkristalldisplay konnten wir die aufgestellte Theorie übertragen, konnten aber nicht alle Erscheinungen damit erklären. Denn demnach hätte sich z.B. bei einer Wechselspannung von 2 kV der komplette Bereich um den Draht herum verdunkeln müssen und nicht nur die Zuleitungen der Siebensegmentanzeige. Bei diesem Problem fand sich die Lösung im Aufbau eines Displays. Denn um in einem Display ein Segment dunkel, also lichtundurchlässig zu machen, wird an den Flüssigkristall ebenfalls eine Spannung angelegt, die die Moleküle ausrichtet. Um diese Spannung zu erzeugen ist auf die Glasplatten, zwischen denen sich der Kristall befindet, hauchdünn eine leitende Metallschicht aufgedampft. An den Flächen, die später dunkel werden sollen, ist die Schicht sowohl an der unteren als auch auf der oberen Glasplatte aufgetragen. Dass wir nur die Zuleitungen dunkel gesehen haben, erklärt sich dadurch, dass sich unser erzeugtes elektrisches Feld in zwei Einzelfelder aufteilt. Das erste wird durch den von uns angelegten Pluspol und der einfachen Metallschicht des Displays, das zweite entsteht dann zwischen der Metallschicht und dem von uns angelegten Minuspol. Dadurch werden die Kristallmoleküle verdreht, so dass der gedrehte Lichtstrahl nicht durch den Polarisationsfilter dringen kann.

Nun zum Versuch mit der Temperatur. Durch die mit der ansteigenden Wärme auch ansteigende Molekülbewegung des Flüssigkristalls, geht die doppelbrechende Eigenschaft des Kristalls verloren, weil die relative Ordnung der Moleküle sich auflöst. Dies tritt nur in den dünnen Schichtdicken auf, da diese sich am schnellsten erhitzen. Bei einer Temperatur von ungefähr 47°C setzt der Klärpunkt des Kristalls ein, das heißt, dass die anisotropen Eigenschaften verloren gehen. Damit erlöschen alle Farben.

Der gleiche Effekt ist dafür verantwortlich, dass das Display sich verfärbt.

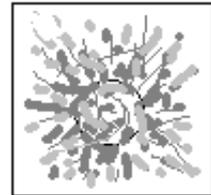
3.6 Zusätzliche Beobachtungen

Bei all unseren Versuchen ist uns aufgefallen, dass der Flüssigkristall zwischen den beiden Glasplatten ein merkwürdiges Muster ausbildet. In der Mitte, wo wir den Tropfen des Flüssigkristalls auftrugen, war eine Art melierter Kreis in den Farben schwarz und weiß zu sehen. Um diesen Kreis herum waren dicht an dicht Strahlen in



der Dicke eines dünnen Bleistiftstriches angeordnet. Diese Strahlen waren genau wie der Kreis schwarz und weiß. Jedoch waren diese Strahlen nur in einem Ring von ca. $\frac{1}{2}$ cm Dicke um den Kreis herum richtig deutlich, danach/dahinter verschwammen sie.

Da der Kreis in der Mitte ungefähr der Fläche entspricht, die als erste mit dem Flüssigkristall in Berührung kam, nehmen wir an, dass er durch die Oberflächenspannung der Flüssigkeit herrührt. Die Strahlen lassen sich durch Kapillarwirkung und durch den Druck der Rasierklinge erklären. Der Tropfen berührt zunächst nur die untere Glasplatte. Beim Auflegen der oberen Platte berührt diese erst auch nur den Tropfen an der Oberseite. Nun sinkt die Platte immer tiefer, der Flüssigkristall wird sowohl durch das Gewicht der Platte und den Druck, der durch die Rasierklinge ausgeübt wird, als auch durch die Kapillarwirkung sternförmig nach außen gezogen.



Wir vermuten, dass dieses Muster eine Reaktion auf geringste Ablagerungen auf der Glasplatte oder sogar auf die minimale Unebenheit der Glasplatte selbst ist. Darauf lässt die Beobachtung schließen, dass das Muster von Versuch zu Versuch undeutlicher wurde. Denn durch die etwas ölige Eigenschaft unseres Flüssigkristalls, war es kaum möglich alle Rückstände von einem Versuch auf den Glasplatten zu beseitigen. Der sehr dünne zurückbleibende Film des Flüssigkristalls verhindert nun die Beeinflussung durch die Platte.

Um auch die Möglichkeit auszuschließen, dass es am Objektträger oder am Deckplättchen (Oder z.B.: an ihrem Herstellungsverfahren) liegt, dass immer ein sternförmiges Gebilde mit einem Kreis in der Mitte erscheint, führten wir einen Nebenversuch durch. Wir trugen den Flüssigkristall nicht wie sonst durch einen runden Tropfen auf das Glas auf, sondern in S-förmiger Gestalt. Es zeigte sich nicht das übliche Muster, sondern statt des Kreises ein S und statt der Strahlen, die aus einem Mittelpunkt zu kommen schienen, welche, die aus den Seiten der S-Gestalt in Ausbreitungsrichtung verliefen.



4. Sonstiges

4.1 Literaturverzeichnis

Als Informationsquellen nutzen wir folgende Literatur:

- „Flüssige Kristalle“ von Hans Dieter Koswig; erschienen 1985 im Aulis Verlag Deubner & Co. KG; 1. Auflage
- Encarta Enzyklopädie '98; Microsoft

4.2 Danksagungen

Als erstes gilt ein besonderer Dank Herrn Masahiro Yamamoto und Herrn Tobias Bruschi von der Merck AG, für ihre freundliche Unterstützung und die Bereitstellung einer Flüssigkristallmischung. Weiterhin danken wir unserem Chemielehrer Herrn Uhlig, für die Unterstützung mit Literatur. Last but not least danken wir der ganzen Familie Biedermann, vor allem Thomas, der uns immer mit Rat und Tat zur Seite stand.



4.3 Anhang

Brechung von Licht

Trifft ein Lichtstrahl auf einen Stoff mit einer anderen optischen Eigenschaft bzw. einer anderen Ausbreitungsgeschwindigkeit für Licht, so wird ein Teil davon reflektiert und der andere Teil dringt in den Stoff ein, wobei er seine Richtung ändert und meistens abgeschwächt wird. Alle drei Strahlen liegen dabei in einer Ebene.

REFLEKTIONSGESETZ: Hierbei gilt, dass der Einfallswinkel α gleich dem Ausfalls- oder Reflektionswinkel α' ist.

BRECHUNGSGESETZ: Tritt ein Lichtstrahl aus einem optisch „dünnere“ in einen optisch „dichtere“ Stoff ($n_1 < n_2$), so wird er zum Lot hin gebrochen. Tritt er aus einem „dichtere“ in einen „dünnere“, so wird er vom Lot weg gebrochen.

BRECHUNGSGESETZ VON SNELLIUS: $n_1/n_2 = \sin\alpha/\sin\beta$

