

## Gerichtete Koagulation von anisotropen Kolloiden

Von HEINRICH THIELE

Aus der chemischen Abteilung am Hygienischen Institut der Universität Kiel

(Z. Naturforschg. **3b**, 7—11 [1948]; eingegangen am 2. September 1947)

Allmähliche Koagulation, veranlaßt von einem Ion, erzeugt optisch anisotrope Gele aus Solen mit fibrillaren und laminaren Teilchen. Die Gele haben schaligen Bau. Andere gleichzeitig anwesende Gegenionen schwächen antagonistisch die Richtwirkung ab und heben sie schließlich auf. Die Ausrichtung ist die gleiche wie im Strömungsfeld. Zuweilen erscheint diese gerichtete Koagulation periodisch. Der Grad der Ausrichtung wechselt — bei Laminarkolloiden kenntlich an den Ringwellen. Oberflächenaktive Stoffe richten Fibrillen und Lamellen nicht tangential, sondern radial aus.

Kolloide Teilchen von nichtkugeligem Gestalt, wie Fäden und Blättchen, können mechanisch, elektrisch und magnetisch beeinflußt und in konforme Richtung gebracht werden<sup>1</sup>. Diese Erscheinungen sind als Strömungsdoppelbrechung, Kerr-Effekt und Majorana-Phänomen bekannt. Außer im mechanischen, elektrischen und magnetischen Feld mußte sich auch eine Ausrichtung der Teilchen durch chemische Einwirkung finden lassen. Diese gerichtete Koagulation von anisotropen Solteilchen zu doppelbrechenden Gelen und Gallerten kann man bei näherer Untersuchung auf folgende Weise beobachten.

Gibt man einige cm<sup>3</sup> eines *anisotropen Sols* in eine flache Glasschale, so daß es den Boden in flacher Schicht wenige mm bedeckt, und beobachtet unter dem Polariskop, so verschwindet eine schwache, akzidentelle Doppelbrechung allmählich, das Gesichtsfeld wird isotrop. Gibt man nun in das Sol einen Tropfen einer *Elektrolytlösung* oder einen kleinen *Kristall*, so ist eine fortschreitende Gelbildung zu beobachten, von dem Elektrolyten ausgehend zum Rande der Schale hin, mit einer Geschwindigkeit, die vom Diffusionskoeffizienten des Elektrolyten oder dem seiner Ionen bestimmt wird.

Allmähliche Koagulation, veranlaßt durch einen zentralen Keim, ordnet die Lamellen und Fibrillen<sup>2</sup>. Nach einigen Stunden ruhigen Stehens hat sich eine kreisrunde *Gelscheibe* gebildet, welche unter dem Polarisationsmikroskop bei schwacher Vergrößerung, oder unter dem Polariskop bei gekreuzten Nicols, das Achsenkreuz zeigt. Mit Gips Rot I sieht man farbige Sektoren.

Täuschungen schließt man aus durch Verwenden vorher auf optische Homogenität geprüfter Schalen und durch Drehen der Gelscheibe um die Vertikale. Dabei muß das Achsenkreuz etwa unverändert bleiben. Besonders der empfindliche blaue Sektor ist gut

zu erkennen bei nur geringer Verdrehung des Gipsblättchens. Schließlich zerstört man das Gel mit dem Glasstab und konstatiert das Verschwinden der Anisotropie.

Die wiedergegebene Gelscheibe\* ist aus einem Sol von Graphitsäure durch Calciumchlorid in 2 Tagen gebildet worden, aber bereits nach 1 Stde. ist meist die Doppelbrechung in der etwa 1 cm großen Gelscheibe gut erkennbar. Die Lamellen in der Umgebung des Gels sind bereits ausgerichtet.

Als *Elektrolyte* lassen sich die gleichen verwenden, welche auch sonst gute Gelbildung zeigen, am besten mehrwertige Kationen als Nitrat, Sulfat, Acetat, Chlorid<sup>3</sup>. Die optische Anisotropie des Gels ist stark; bei konzentrierten Solen und in dickeren Schichten treten die Farben höherer Ordnung auf. Das Sol soll nicht zu viskos sein, um die Ausrichtung zu erleichtern.

Noch in einer Entfernung von 10 cm von zentral gelegenen Elektrolyttropfen bildet sich das Gel anisotrop aus. Man kann also Gelscheiben mit 20 cm Durchmesser gerichtet koaguliert darstellen.

Als Sole mit anisotropen Teilchen wurden außer der laminaren Graphitsäure die fibrillaren Sole von Vanadinpentoxyd, der Quecksilbersulfosalicylsäure und dem Eisenoxyd untersucht.

Da die Erscheinungen sich bei nichtfarbiger Wiedergabe ähneln, kann das Bild einer ionotropen Gallerte von Graphitsäure genügen.

In der Graphitsäure ist die laminaire Struktur eines Kolloids gut ausgeprägt<sup>4</sup>. Das Gel hat Sphäritstruktur und gleicht dem eines übergroßen Stärkekorns im polarisierten Licht.

\* Abb. 1—3 s. Tafel, S. 24 a.

<sup>1</sup> H. Zocher, Optische Anisotropie, in Kuhn, Kolloidchem. Taschenbuch, Leipzig 1935, S. 128 ff.

<sup>2</sup> H. Thiele, Naturwiss., im Druck.

<sup>3</sup> H. Thiele, Kolloid-Z., erscheint demnächst.

<sup>4</sup> H. Thiele, Kolloid-Z. **56**, 129 [1931].

Bestimmt man das Vorzeichen der Doppelbrechung, so läßt sich erkennen, daß es dem der Strömungsdoppelbrechung gleicht. Demnach ordnen sich die Lamellen des Sols tangential, schalig um den auslösenden Elektrolyten als Zentrum.

Auch Sole mit fibrillaren Teilchen, wie Vanadin-pentoxyd, Hg-Sulfosalicylsäure und Fe-Oxyd, werden meist tangential ausgerichtet. Die Gelscheibe gibt unter dem Polariscope das gleiche Bild.

Die *Ausrichtung* erfolgt leicht. Bei der Graphitsäure bewirkt ein Tropfen  $n/10$ -Natronlauge alsbald schalige Orientierung. Um den Tropfen Natronlauge bildet sich ein Häutchen von Natrium-graphit, wie man beim Berühren und Zerreißen mit dem Glasstab sieht. An der Oberfläche des Elektrolyten reichert sich die Graphitsäure an, sie geht in die Oberfläche hinein.

Da die Ausrichtung leicht vor sich geht, muß man abwarten, bis das Sol durch die Brownsche Molekularbewegung isotrop geworden ist. Ein Kriterium ist das Zunehmen der Stärke des Achsenkreuzes und der Intensität der Farben. Verschwindet die Doppelbrechung nach einiger Zeit, so war die Ausrichtung durch zufällige Einflüsse hervorgerufen. Nimmt sie aber an Stärke zu, so kann man dazu übergehen, das Vorzeichen der Doppelbrechung zu bestimmen.

Ist das Gel einmal entstanden, sind die Lamellen oder Fibrillen erst fixiert, dann veranlassen später exzentrisch hineingebrachte Elektrolyte keine Änderung mehr, denn im Gel sind die Teilchen fixiert. Die chemotropen Gallerten oder Gele sind im Zustand ihres anisotropen Aufbaus feucht lange Zeit unverändert haltbar. Sie erleiden später allmählich Synaerese.

Beim Eintrocknen an der Luft jedoch geht die Doppelbrechung bei den meisten verloren. Die von der Graphitsäure nach dem Eintrocknen restierenden dünnen, durchsichtigen bis durchscheinenden Häutchen oder Folien<sup>5</sup> am Boden der Schalen sind, vertikal gesehen, optisch isotrop. Alle Lamellen haben sich wie bei einer Schiefertextur auf- und übereinander gelagert. Dagegen bleibt bei manchen chemotropen Stäbchengelen die Anisotropie auch nach dem Eintrocknen erhalten, weil die Stäbchen fast unverändert ihre Lage beibehalten. So zeigt Hg-Sulfosalicylsäure mit einigen Elektrolyten auch eingetrocknet noch starke Doppelbrechung.

Eine sphärische Struktur ließe sich ohne weiteres darstellen; man brauchte nur einen Kristall-

splitter des auslösenden Salzes in die Mitte eines Sols zu bringen.

Bei hohem Konzentrationsgefälle, besonders mit höheren Elektrolytkonzentrationen, bilden sich außer der schaligen, ionotropen Struktur noch konzentrische Ringe von regelmäßigen Erhöhungen und Vertiefungen auf der Geloberfläche aus. Sie beginnen meist nicht dicht am Elektrolyten, sondern ein Stück von diesem entfernt und breiten sich wellenartig aus, zum Rande hin abnehmend, allmählich abflachend und endlich in die glatte Fläche des Gels übergehend. Das Bild gleicht dem beim Einwerfen eines Steins in eine ruhige Wasserfläche. Dies bedeutet, daß der Grad der Ausrichtung und Orientierung außerdem wechselt. In den Erhöhungen, den Wellenbergen, sind die Lamellen zu einem größeren Anteil und in größerem Winkel, steiler, aufgestellt, in den Wellentälern dagegen weniger. Der Grad der Ausrichtung ändert sich also periodisch, was beim partiellen Eintrocknen besonders leicht erkennbar ist. Die Höhe und Entfernung der Wellen läßt sich variieren, je nach der Wahl des Kations. Solche mit höherem Diffusionskoeffizienten erzeugen viele kleine Ringe, die nicht so hoch sind. Dagegen bilden Kationen mit niederem Koeffizienten wenige große Wellenringe. Beispiele für die ersteren sind Alkalien und Erdalkalien, für die letzteren Alkaloide. Dazwischen gibt es alle Übergänge. Bei gealterten Solen erscheinen die Wellen in der Weise, daß dunklere Ringe mit helleren abwechseln. Dies deutet darauf hin, daß die Salz- bildung der Graphitsäure gerichtet und außerdem periodisch erfolgt.

Der chemische Vorgang bei der Gelbildung ist eine einfache Salz- bildung der Graphitsäure unter Austausch des H-Atoms gegen ein Metallatom. Unverkennbar besteht ein enger Zusammenhang mit den Hexenringen und Liesegang'schen Ringen; diese zeigen aber mit Silberchromat in Gelatine keine optische Polarisation und können dies auch nicht. Im Gegensatz zu den Liesegang-Ringen<sup>6</sup>, welche 3 Komponenten haben, nämlich das Gel, darin gelöst einen Reaktionsteilnehmer und dann einen weiteren Reaktionsteilnehmer, braucht man für chemotrope Gele nur 2 Komponenten, nämlich das anisotrope Sol und den auslösenden, richtenden Elektrolyten.

<sup>5</sup> H. Thiele, Forsch. Fortschr. 33, 408 [1936].

<sup>6</sup> R. E. Liesegang, Chemische Reaktionen in Gallerten, 2. Auflage, 1924.

Um einen Vergleich mit den Liesegang-Ringen zu bekommen, wurde Silberchromat in Graphitsäuresol in etwa der gleichen Anordnung erzeugt. Chromsäure flockt Graphitsäure erst bei höheren Konzentrationen aus. Bringt man in Graphitsäuresol, versetzt mit Chromsäure, in flacher Schale einen Tropfen Silbernitratlösung, so bilden sich keine periodischen Abscheidungen und Ringe von Silberchromat wie in Gelatine, das Silberchromat wächst vielmehr in Form von langgestreckten Trichiten in der entstehenden Gallerte.

Die Größe der Trichite steigt mit zunehmendem Abstand vom Zentrum. Durch Reduktion lassen sich die Bäumchen zu solchen aus Silber reduzieren. Chemotrope Gele sind daher verschieden von den Liesegangschen Ringen und mit diesen nicht ohne weiteres vergleichbar.

Die im elektrischen Feld erfolgende Ausrichtung kann allein durch das elektrische Feld bewirkt sein. Sie kann dann durch Konzentrationsunterschiede der Ionen verstärkt werden. Die Randgruppen der Lamellen sind von nebensächlicher Bedeutung. Die Ionenladung auf den Flächen selbst ist entscheidend. Das gleiche gilt anscheinend auch für die Stäbchensole. Bei der Bildung der Liesegang-Ringe kann der zentrale Elektrolyt ebenfalls orientierend wirken. Dies wäre zu untersuchen und müßte bei einer Theorie dieser Erscheinung Anwendung finden. Die Riesenmoleküle der biogenen Eukolloide orientieren sich wie die beschriebenen Solteilchen mit, in Ansehung ihrer Größe, erheblicher Geschwindigkeit.

Wenn die Ionenladung für die Ausrichtung maßgeblich war, dann mußte sich dies prüfen lassen. Ein gleichzeitig anwesendes zweites Anion mußte die Richtwirkung eines Kations auf Graphitation abschwächen und aufheben. Das ist der Fall.

Fügt man zu Graphitsäuresol ein weiteres Anion, wie Chromation, so schwächt dieses die orientierende Wirkung eines zentralen Kations, wie etwa Kaliumion, erheblich ab. Die Richtwirkung reicht nur noch eine Strecke weit. Sie wird durch das konkurrierende, antagonistische Chromat-Anion herabgesetzt. Das Achsenkreuz ist kleiner, das Sol ist in weiterem Umkreise zu einem isotropen Gel erstarrt. Je mehr Chromation, desto kleiner ist die anisotrope Gelscheibe im sonst isotropen Gel und umgekehrt.

Wird nun gar das orientierende Kation von dem konkurrierenden Anion zu einem unlöslichen Salz gebunden, wie Silbernitrat in Graphitsäure-

Chromsäure, dann ist das gesamte Gel isotrop. Daraus ist abzuleiten, daß die Ionen Richtwirkung haben.

Bei der Graphitsäure ist der Grad der Deformation oder Laminarität größer als sonst. Die Seitenlänge der Lamellen mißt Zehntel-Millimeter, ihre Dicke nur wenige Molekülschichten. Dem bloßen Auge gibt sich die Anisodiametrie durch das bekannte Schlieren der Sole zu erkennen. Die Mindestkonzentration, bei der dies noch gerade zu erkennen ist, beträgt 0,003 %. Im polarisierten Licht läßt sie sich als Strömungsdoppelbrechung noch bis zu  $3 \cdot 10^{-6}$  feststellen. Die Doppelbrechung ist zum großen Teil Formdoppelbrechung. Den Brechungsindex der Graphitsäure haben wir durch Imbibieren mit Methylenjodid und Aceton zu 1,58 bestimmt<sup>7</sup>. In den imbibierten Lamellenbündeln wurde noch eine negative Doppelbrechung senkrecht zu den Wabenebenen in bezug auf die längere Achse gefunden. In Richtung der Ebenen sind nur die gequollenen Proben negativ doppelbrechend. Ungequollene sind, in Richtung der Schichtung gesehen, isotrop. Eine eingehende Prüfung des optischen Verhaltens ist im Gange.

Zur Bestätigung der Ergebnisse bei laminaren Teilchen wurde die *Quecksilbersulfosalicylsäure* als fibrilläres Sol untersucht. Auch hier ist der ionotrope Effekt der gleiche wie bei Graphitsäure: Graphitsäure besitzt negative Eigendoppelbrechung und demgemäß positive Strömungsdoppelbrechung und positive ionotrope Doppelbrechung. Hg-Sulfosalicylsäure mit negativer Strömungsdoppelbrechung ergibt negative ionotrope Doppelbrechung. Sie eignet sich gut, weil sie farblos ist und starke Doppelbrechung besitzt. Sie soll nicht spontan gelieren und nicht zu viskos sein. Hier wie bei der Graphitsäure und dem Vanadin-pentoxid bilden einige Kationen, außer der gerichteten Koagulation, leicht periodische Ringwellen.

Die Art des jeweiligen Anions ist nicht ohne Bedeutung. Die Geschwindigkeit der Bildung und vor allem die äußere Gestalt der Gelscheibe hängen von der Art des Anions ab. Es lassen sich Ionenreihen aufstellen.

Die Empfindlichkeit der Hg-Sulfosalicylsäure ist erheblich; kaum sichtbare Splitter und Stäubchen chemischer Stoffe, die auf die Oberfläche fallen, lösen eine gut erkennbare optische Anisotropie aus. Die Bilder der ionotropen Stäbchen-

<sup>7</sup> H. Thiele, Kolloid-Z. 56, 130 [1931].

gele gleichen den von der Graphitsäure als Blättchengel wiedergegebenen.

*Vanadinpentoxydsol* — als weiteres Beispiel — mit positiver Strömungsdoppelbrechung bildet mit einer Reihe von Kationen positiv doppelbrechende, mit einigen anderen aber einwandfrei negativ doppelbrechende Gele, während eine dritte Gruppe isotrope Gele entstehen läßt.

*Eisenoxydsol* als viertes Beispiel bildet Gele mit positiver chemischer Doppelbrechung bei positiver Strömungsdoppelbrechung.

*Benzopurpurin* mit negativer Strömungsdoppelbrechung ergibt gleichfalls negativ ionotrope Gele.

Das *Kation allein* kann man dadurch einwirken lassen, daß man es an Permutit bindet. Die Gelscheibe ist etwa 3 cm groß, zeigt gute Doppelbrechung und bleibt viele Tage erhalten. Bei Permutiten ist darauf zu achten, daß sie nicht in dem Sol in Lösung gehen und daß das darin enthaltene Aluminium zu Fehlschlüssen führen kann. Neopermutit aber löst sich nicht. Auch an Graphitsäure lassen sich Kationen binden.

Ein weiterer Beweis für die durch Kationen bedingte Ausrichtung kann auch durch Versuche mit Oxyden, Hydroxyden und den Metallen selbst erbracht werden. Oxyde, Hydroxyde von Zink, Cadmium, Aluminium, Eisen und die Metalle selbst richten die Fibrillen der Hg-Sulfosalicylsäure in gleicher Weise aus, wenn sie in Lösung gehen können. Die Richtwirkung ist stärker, weil das antagonistische Anion als Gegenion fehlt.

Negativ geladene Kolloide (Kolloidanionen) werden hauptsächlich durch Kationen gerichtet koaguliert. Dagegen richten Anionen die positiv geladenen Kolloide (Kolloidkationen).

Elektrisch neutrale Stoffe wie Zucker, Harnstoff, Urotropin, Diphenylamin und ähnliche wirken zwar zum Teil so, daß sich ein Gel bildet, aber sie bewirken keine gerichtete Koagulation. Daß sie in das Sol diffundieren, läßt eine Farbänderung erkennen. Hat sich aber hier ein Gel gebildet, dann ist es optisch isotrop.

Von *oberflächenaktiven* Stoffen war zu erwarten, daß sie die Lamellen und Fibrillen anders als schalig oder tangential ausrichten würden. Oberflächenaktive Stoffe verdrängen andere Stoffe aus der Phasengrenze. Demgemäß müssen sie die Solteilchen aus der Grenzfläche verdrängen. Diese werden sich nicht tangential, sondern radial einstellen. Thymol, Campher und Heptylalkohol wurden ausgewählt.

Gibt man in das Sol der Graphitsäure, wieder in flacher Glasschale unter dem Polariskop, einen Tropfen *Heptylalkohol*, so bildet sich in wenigen Minuten wieder das Achsenkreuz aus, aber die farbigen Sektoren mit Gips Rot I haben die umgekehrte Anordnung wie bei den flockenden, gelbildenden Ionen. Demnach sind die Lamellen durch den Heptylalkohol aus der Phasengrenze verdrängt worden und haben sich radial eingestellt.

Diese oberflächenaktiven Stoffe und eine Reihe von anderen bilden keine Gallerte und flocken nicht. Entfernt man sie aus dem Sol, so verschwinden die Arme des Achsenkreuzes nach kurzer Zeit wieder, weil die Molekularbewegung die Orientierung aufhebt und zu idealer Unordnung führt.

Gibt man anfangs Heptylalkohol hinzu, läßt durch diesen radial ausrichten, entfernt ihn wieder und ersetzt ihn durch einen Tropfen eines passenden Elektrolyten, dann kann man die Lamellen und Fibrillen von der radialen in die tangential Stellung umlenken.

Zuerst erfolgt stets das Ausrichten, danach das Fixieren; beides ist voneinander unabhängig. Man wartet mit der Beobachtung, bis das anfängliche starke Fortströmen des Sols aufgehört hat. Ein nur flockender Stoff fixiert die Teilchen des Sols zum Gel, richtet aber nicht aus: Bildung isotroper Gele.

Die Bilder der Stäbchensole gleichen durchaus denen der Graphitsäure.

Die Bezeichnung *gerichtete Koagulation* oder *Ionotropie* erscheint passend. Chemotropie wäre der Oberbegriff, allein im Ausdruck vom Chemotropismus der Biologie verschieden. Hierzu gehören die Ionotropie und die Ausrichtung durch oberflächenaktive Stoffe.

Daß eine Ausrichtung in Grenzflächen stattfindet, ist durch viele Untersuchungen bekannt. Dies läßt sich auch mit den Solen anisotroper Teilchen zeigen.

Daß die Ausrichtung durch Ionen auf Kolloide anisotroper Gestalt oder überhaupt auf Kolloide beschränkt ist, wird nicht anzunehmen sein. Sie wird sich außer auf Riesenionen auch auf normale Ionen erstrecken. Sole mit isotropen Teilchen konnten bisher auf diese Weise nicht zu anisotropen Gelen orientiert werden. Dies müßte gelingen, wenn sie nur genügend polar gebaut sind.

Vielleicht wird sich die Ionotropie auf eine Reihe von Vorgängen anwenden lassen: gerichtete Polymerisation, Darstellen geordnet strukturierter Gele und bei Wachstumsvorgängen.

Kolloid	Chemotropie		Strömungs- doppel- brechung
	Iono- tropie	durch ober- flächen- aktive Stoffe	
Vanadinpentoxyd	+	—	+
Hg-Sulfosalicyl- säure	—	+	—
Eisenoxyd	+	—	+
Benzopurpurin	—	+	—
Graphitsäure	+	—	+

Die Übersicht zeigt, daß die Ausrichtung durch Ionenwirkung die gleiche ist wie im mechanischen Feld bei der Strömungsdoppelbrechung.

Dagegen hat die Doppelbrechung durch oberflächenaktive Stoffe das entgegengesetzte Vorzeichen, weil sich hier die Teilchen nicht tangential, sondern radial einstellen.

Das Aluminiumion bildet mit Vanadinpentoxyd eine Ausnahme. Die hiermit entstandenen anisotropen Gelscheiben sind negativ doppelbrechend, gleichgültig, ob das Aluminium als Metall, Hydroxyd, Sulfat, Chlorid, Nitrat oder Acetat einwirkt. Anscheinend läßt das Al-Ion das  $V_2O_5$  um. Auch beim  $V_2O_5$  gibt es Ionen, welche wie das Ag-Ion isotrope Gelscheiben entstehen lassen.

Die verwendeten Glasschalen hatten einen Durchmesser von 5 bis 30 cm, meist wurden solche von 9 cm verwendet. Die Mengen an Sol betragen 20 cm<sup>3</sup>. Die Schichthöhen waren 2 bis 8 mm. Die nicht als optimal anzusehenden Konzentrationen der Sole waren:

Quecksilbersulfosalicylsäure	1,33%
Vanadinpentoxyd . . . . .	0,06%
Eisenoxyd . . . . .	0,12%
Benzopurpurin . . . . .	0,36%
Graphitsäure . . . . .	0,09%

Das Sol soll so konzentriert sein, daß es nicht zu viskos ist, aber mit einem Elektrolyten in Kürze gerinnt. Konzentration und Schichthöhe sind so zu wäh-

len, daß die gebildete Gelscheibe ausreichend durchsichtig ist, um den Polarisierungseffekt gut wahrnehmen und das Vorzeichen der Doppelbrechung bestimmen zu können.

Hg-Sulfosalicylsäure und Vanadinpentoxyd eignen sich gut, denn sie sind leicht darstellbar.

Das Sol der Hg-Sulfosalicylsäure wurde als wasserklares, farbloses, viskoses Sol erhalten durch mäßiges Erwärmen von zerriebenem, gefällttem Quecksilberoxyd mit wäßriger Sulfosalicylsäurelösung, Dekantieren und Verdünnen. Vanadinpentoxyd nach Biltz bildet sich durch Verreiben von Ammonvanadat mit wenig  $n/1$ -HCl, Dekantieren und Peptisieren mit Wasser. Als Eisenoxysol diente eine entsprechende Verdünnung eines 15 Jahre alten officinellen Ferrum oxydatum dialysatum. Benzopurpurin wurde nach der Vorschrift von Zocher durch Extrahieren mit wenig heißem Wasser von Beimengungen befreit, getrocknet, das eine Mal in der Kälte peptisiert, das andere Mal in der Wärme gelöst, und die Anisotropie durch Abkühlen hergestellt. Das Graphitsäuresol wurde erhalten durch langdauerndes Dekantieren und später kontinuierliches, vorsichtiges Schlämmen bei 40°, darauffolgendes Peptisieren durch Schütteln, Filtrieren durch Rohseide und Prüfung durch Schnelldialyse, wie andernorts berichtet.

Die von Diesselhorst, Freundlich und Leonhardt sowie von Siedentopf und anderen<sup>8</sup> beschriebene Bildung von anisodiametrischen Teilchen durch Elektrolyte kann als Kristallisation angesehen werden. Sie ist verschieden von ihrer Ausrichtung zu einem anisotropen Gel. Einige Versuche mit einem weitgehend gereinigten Benzopurpurin — dieses Sol war selbst nicht anisotrop — weisen in die Richtung, daß aus einem isotropen Sol zuerst anisotrope Teilchen entstehen können, welche sich später zu einem anisotropen Gel ordnen. Das hierbei entstandene ionotrope Gel war wieder negativ doppelbrechend wie bei der Strömung.

<sup>8</sup> Diesselhorst, Freundlich u. Leonhardt, Elster- u. Geitel-Festschrift 1915; H. Szegvari, Z. physik. Chem. 112, 295.

## Messungen polarisationsoptischer Temperaturabhängigkeit an Chromatin- und Thymonucleinsäuregallerten

Von HANS H. PFEIFFER

Aus dem Polarisationsmikroskopischen Kabinett für Biophysik, Bremen

(Z. Naturforsch. 3b, 11—13 [1948]; eingegangen am 14. November 1947)

Zur Erlangung eines Einblicks in den leptonischen Aufbau pflanzlicher Zellwände haben Frey-Wyssling und Wuhrmann<sup>1</sup> den Unterschied in der optischen Temperaturabhängigkeit

zwischen Objekten mit Hauptvalenz- und Kettengliedern benutzt. Dieselbe Methode ist später von

<sup>1</sup> A. Frey-Wyssling u. K. Wuhrmann, Helv. chim. Acta 22, 981 [1939].