

- Beispielhafter Auszug aus der digitalisierten Fassung im Format PDF -

Das Mikroskop

Carl Nägeli
Simon Schwendener

Die Digitalisierung dieses Werkes erfolgte im Rahmen des Projektes BioLib (www.BioLib.de).

Die Bilddateien wurden im Rahmen des Projektes Virtuelle Fachbibliothek Biologie (ViFaBio) durch die [Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg \(Frankfurt am Main\)](#) in das Format PDF überführt, archiviert und zugänglich gemacht.

DAS

Lg. 2.6450

MIKROSKOP

THEORIE UND ANWENDUNG DESSELBEN

VON

CARL NÄGELI,

PROFESSOR IN MÜNCHEN

UND

S. SCHWENDENER,

PROFESSOR IN BASEL.

ZWEITE VERBESSERTERTE AUFLAGE.

MIT 302 HOLZSCHNITTEN.



LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1877.

Das Recht der Uebersetzung in die französische und englische Sprache
hat sich der Verleger vorbehalten.



V o r w o r t.

Die gegenwärtige zweite Auflage dieses Buches ist in einzelnen Theilen umgearbeitet, in andern vervollständigt und verbessert. Eine Umarbeitung haben erfahren: 1) die Abschnitte, welche von der mikroskopischen Bilderzeugung, vom Einfluss des Oeffnungswinkels, von der auflösenden oder penetrirenden Kraft etc. handeln, — Fragen, welche in den letzten Jahren durch die Untersuchungen Abbe's in ein neues Stadium getreten sind; 2) diejenigen Kapitel der Morphologie, welche das Scheitelwachsthum der höhern Gewächse und die Bildung seitlicher Organe betreffen; hier war es nothwendig, die Zellkörper ohne erkennbare Scheitelzelle gesondert zu betrachten und die in neuerer Zeit hierüber aufgestellten Ansichten genauer ins Auge zu fassen. Grössere Zusätze über wesentlich neue, mit den eben berührten nicht zusammenhängende Fragen finden sich sowohl in der Theorie des Mikroskops (das Spectralocular, p. 39—41; zur Lichtstärke des Mikroskops, p. 76—78), als namentlich auch in der Mikrophysik und Morphologie. In ersterem Abschnitt wurde unter Anderm aufgenommen: eine kurze Erörterung über Tragmodul, Elasticitätsmodul und Maass des Biegemomentes (p. 410—412), desgleichen über Krümmung, Drehung, Winden (p. 414—420), über schlängelnde Bewegungen (p. 420—422), spectralanalytische Untersuchungen (p. 436—440). Von morphologischen Fragen, welche neu hinzugekommen sind, erwähnen wir: die verschie-

denen Arten der Zellbildung (p. 552—554), das mechanische System (p. 583—586), Stellungsverhältnisse der Blätter bei *Se-laginella* (p. 603—608), Beobachtung kleinster Organismen (p. 644—646). — Wenig oder fast gar nicht verändert sind die Abschnitte über die mikroskopische Technik und die Polarisationserscheinungen.

Durch die angedeuteten Aenderungen und Zusätze hat das Buch, obschon der Umfang wegen des engern Druckes fast unverändert geblieben, an Inhalt erheblich gewonnen, und die Zahl der Abbildungen ist von 276 auf 302 gestiegen.

Das Manuscript zu dieser Auflage war im December 1875 druckfertig; seitdem erschienene Veröffentlichungen konnten daher nicht mehr berücksichtigt werden.

Die Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Erster Abschnitt:

Theorie des Mikroskops.

	Seite
I. Einleitung	4
Optische Wirkung des Mikroskops. Gesetze der Lichtbrechung in Linsen und Linsensystemen.	
II. Analytische Bestimmung des Strahlenganges in brechenden Systemen	8
Object- und Bildpunct. Hauptebenen und Brennebenen. Combination brechender Systeme.	
III. Bestimmung der Abstände correspondirender Bildpuncte von der Axe bei beliebiger Neigung der Strahlen	49
IV. Die Cardinalpuncte des Mikroskops	22
1. Das Objectiv	22
2. Das Ocular, 28. a. Das Campani'sche Ocular, 28. b. Das Ramsden'sche Ocular, 35. c. Das aplanatische und orthoskopische Ocular, 36. d. Das bildumkehrende Ocular, 37. e. Das Spectralocular, 39.	
3. Die Mittel zur Theilung der Strahlenbündel. Multoculare und stereoskopische Mikroskope	44
V. Die chromatische und die sphärische Aberration	43
1. Die chromatische Aberration. Bedingungen der Achromasie.	43
2. Die sphärische Aberration. Folgen derselben im Objectiv und im Ocular	45
VI. Vom Einfluss der Deckgläschen	57
VII. Die Ebenung des Gesichtsfeldes	59
Wesen und Ursache der sogenannten Krümmung des Gesichtsfeldes. Beseitigung derselben durch aplanatische und gewöhnliche Oculare.	
VIII. Das Centriren der Linsensysteme	69
Wirkung einer fehlerhaften Centrirung. Ortsveränderungen des Bildes beim Drehen der Objectivlinsen.	
IX. Die Lichtstärke des Mikroskops	74
X. Das optische Vermögen des Mikroskops	79
1. Definirende und penetrirende Kraft nach frühern Autoren	80
2. Die Bedeutung des Oeffnungswinkels. Dieselbe liegt nicht etwa im Einfluss auf den dioptrischen Strahlengang, sondern in der spezifischen Function mit Bezug auf die in der Objectebene abgebeugten Strahlen, durch deren Interferenz das Structurbild zu Stande kommt	82
3. Die Verschmelzung des Interferenzbildes mit dem dioptrischen	86
4. Ueber das Verhältniss zwischen Brennweite und Oeffnungswinkel	88

	Seite
XI. Die Diffractionswirkung der Linsenöffnung	90
XII. Von der Beleuchtung	92
1. Beleuchtung mit durchfallendem Licht. Wirkung des Spiegels und der Beleuchtungslinsen bei begrenzter und unbegrenzter Lichtquelle	92
2. Beleuchtung mit auffallendem Licht	99

Zweiter Abschnitt:

Die mechanische Einrichtung des Mikroskops.

I. Allgemeine Regeln für die Construction der Stative	104
Die Einstellung. Der Objecttisch. Der Beleuchtungsapparat. Die Blen- dungen. Das Fussgestell. Länge und Stellung der Mikroskopröhre.	
II. Die Stative der neuern Optiker	110
Hartnack, Nacet, Chevalier, Plössl u. Co., Schieck, Bénèche, Zeiss, Leitz, Seibert u. Kraffl, G. u. S. Merz, Smith, Beck und Beck.	

Dritter Abschnitt: •

Von der Prüfung des Mikroskops.

I. Prüfung des optischen Vermögens im Allgemeinen	126
1. Absolutes Unterscheidungsvermögen, 126. Drahtnetzbild- chen als Testobjecte, 127. Organische Probeobjecte, 132. Nober's Probefäfelchen, 139.	
2. Relatives Unterscheidungsvermögen	140
3. Definitionsvermögen	147
II. Prüfung der sphärischen Aberration	149
III. Prüfung der chromatischen Aberration	157
IV. Prüfung der Ebenung des Gesichtsfeldes	166
V. Prüfung der Centrirung	168
VI. Bestimmung des Oeffnungswinkels.	170
Theoretische Grundlage. Prüfungsmethoden.	
VII. Bestimmung der Vergrößerung und der Brennweite	176
1. Die Vergrößerung	176
2. Die Brennweite	179
VIII. Bestimmung der Cardinalpuncte	181

Vierter Abschnitt:

Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung.

I. Kugelige und cylindrische Objecte	188
1. Luftblasen in Wasser, 188. 2. Oeltropfen in Wasser, 198. 3. Hohl- kugel und Hohlcylinder, 202.	
II. Objecte von unregelmässiger Form	212
1. Membranen mit kleinen Vertiefungen oder Löchern, 212. 2. Membran- nen mit einer ebenen und einer wellenförmigen Grenzfläche, 214. 3. Mem- branen mit parallel-wellenförmigen Grenzflächen, 215. 4. Abwechselnd dicke und wasserreiche Schichten, 216. 5. Erhabenheiten und Vertief- fungen im Gegensatz zu dichten und weichen Schichten, 216. 6. Das Sehen durch stereoskopische binoculäre Mikroskope, 217.	
III. Interferenzerscheinungen	220
A. Im Mikroskop	220
1. Abbildung feiner Structuren der Objecte durch Interferenz, 220.	

	Seite
2. Reflexion des Lichtes an kleinen Kügelchen, Körnchen, feinen Fäden etc. und dadurch bedingte Interferenzerscheinungen, 230. 3. Interferenzlinien, welche die Entfernung einer wenig ausgedehnten Lichtquelle über die Objectdistanz hinaus hervorruft, 232.	
B. Interferenzen in der Einstellungsebene	233
1. Interferenz des directen Lichtes mit reflectirtem, 233. 2. Interferenz des gebrochenen Lichtes mit reflectirtem, 236. 3. Interferenz des gebrochenen und directen Lichtes, 237. 4. Interferenzfarben dünner Blättchen, 238.	
IV. Die schiefe Beleuchtung	240
V. Die Bewegungserscheinungen	244
Scheinbare und wirkliche Geschwindigkeit. Scheinbares Schlingeln schraubenförmiger Körper. Rechts- und Linksdrehung.	
VI. Die Niveaudifferenzen	246

Fünfter Abschnitt:

Das einfache Mikroskop und das Bildmikroskop.

I. Das einfache Mikroskop	248
A. Allgemeine Grundsätze	248
1. Oeffnung der wirksamen Lichtkegel, 249. 2. Lichtstärke, 250. 3. Krümmung des Gesichtsfeldes, 251. 4. Die Vergrößerungszahl, 252. 5. Die Grösse des Gesichtsfeldes, 252.	
B. Die optische Einrichtung	253
Loupe, Doublets und Triplets.	
C. Die mechanische Einrichtung	257
Loupenträger und Stative der neuern Optiker.	
II. Das Bildmikroskop	261
Kurze Notiz über die Einrichtung desselben.	

Sechster Abschnitt:

Mikroskopische Technik.

I. Der Gebrauch des Mikroskops	263
1. Die Beleuchtung, 263. 2. Die Wahl der Vergrößerung, 266. 3. Vom Gebrauch der Deckgläser, 266. 4. Die Behandlung des Instruments, 268. 5. Schonung des Sehvermögens, 269. 6. Der Arbeitstisch, 269.	
II. Herstellung und Behandlung der Präparate	270
Das Zergliedern der Objecte. Anfertigung von Durchschnitten. Entfernung der Luft. Quetschen der Präparate. Beobachtung lebender Zellen in der feuchten Kammer.	
III. Die Aufbewahrung der mikroskopischen Präparate	276
Aufzählung der gebräuchlichen Medien: Luft, Canadabalsam, Glycerin etc. Herstellung eines hermetischen Verschlusses. Etikettirung, Einrichtung der Sammlung.	
IV. Das Messen mikroskopischer Objecte	283
1. Das Glasmikrometer. Bestimmung des relativen Werthes der Mikrometertheilungen. Fassung und Einrichtung der Mikrometer. Genauigkeit der Messungen	283
2. Das Schraubenmikrometer. Einrichtung desselben. Das Mohl'sche Ocularschraubenmikrometer. Bezeichnung der mikrometrischen Grössen. Tabelle zur Reduction der gebräuchlichen Maass-einheiten	286
3. Bestimmung von Winkelgrössen. Das Goniometer. Fehlerquellen	290

	Seite
V. Das Zeichnen mikroskopischer Objecte	291
Apparate zur genauen Wiedergabe der Umrisse. Ausführung der Zeichnungen. Willkürlichkeiten bei der Darstellung mikroskopischer Objecte. Mikrophotographie.	

Siebenter Abschnitt:

Die Polarisationserscheinungen.

I. Einrichtung des Polarisationsmikroskops	299
1. Der Polarisator. Das Nicol'sche Prisma. Das Foucault'sche Prisma. Prisma nach Hartnack und Prazmowski. Turmaline und Herapathitkrystalle. Stellung des Polarisators zur Lichtquelle	299
2. Der Analysator. Die verschiedenen Stellungen desselben. Analysator mit Theilkreis	305
3. Der Apparat zum Drehen der Objecte	309
II. Das Verhalten anisotroper krystallähnlicher Körper, einzeln beobachtet.	313
1. Das Elasticitätsellipsoid	313
2. Die Polarisationserscheinungen in ihren Beziehungen zum Elasticitätsellipsoid. Die wirksame Elasticitätsellipse, Form- und Stellungsveränderungen derselben beim Drehen des Objectes nach verschiedenen Seiten. — Elasticitätsverhältnisse der optisch einaxigen Medien	316
3. Bestimmung der Elasticitätsaxen. Bestimmung der Axenrichtungen. Bestimmung der relativen Grösse der Axen. Anwendung der Gypsplättchen etc. Deutung der Interferenzfarben, Tabelle der Additions- und Subtractionsfarben für eine Reihe von Combinationen	322
III. Das Verhalten zweier übereinander liegender krystallähnlicher Körper, deren Schwingungsebenen sich schiefwinklig kreuzen	332
Charakter der Interferenzfarbe für verschiedene Werthe des Kreuzungswinkels. Combination der fest verbundenen, gekreuzten Krystallplatten mit einem Gypsplättchen: Additions- und Subtractionsfarben, Farben der orthogonalen Consecutiv- und Alternativstellung. Umkehrung des Problems: Bestimmung der Elasticitätsellipsen zweier sich kreuzender Platten durch Beobachtung der Polarisationsfarben.	
IV. Das Verhalten cylindrischer und kugeligter Objecte mit concentrisch gruppirten anisotropen Elementen	339
1. Cylindrische Objecte. Wirkung der Querschnitte, der Längsschnitte und der Längsansichten. Zusammenstellung der Combinationen, welche mit Rücksicht auf die Interferenzfarben der zusammgehörigen Quer- und Längsansichten vorkommen können, und Folgerungen daraus. Einzelne besondere Fälle. Bestimmung der optischen Axen	340
2. Kugelige und ovale Objecte, 350. a) Objecte mit gleichen Durchmesser, 351. b) Objecte mit einer Axe, 353.	
V. Ueber einige Eigenthümlichkeiten des Baues organisirter Substanzen	354
Die doppelbrechende Eigenschaft der Substanz ist durch die Natur der Micellen, nicht durch deren Anordnung bedingt.	
VI. Zusammenstellung von Beispielen	356
A. Cylindrische Objecte, 357. B. Kugelige Objecte, 359. C. Discokrystalle von Amylodextrin, 359.	
VII. Ueber die Anwendung des Nörrenberg'schen »Polarisationsmikroskops«	360

Achter Abschnitt:

Mikrophysik.

I. Flüssige Körper	362
1. Erkennung und Unterscheidung flüssiger Körper	362
2. Die Capillaritätserscheinungen. Maassbestimmung. Capillarattraction in mikroskopisch feinen Röhren und in den Micellarinterstitien der Membranen. Zusammenwirken der Capillarität und der Verdunstung in feinen Capillarsystemen	365
3. Spannung der Gase und Flüssigkeiten. Spannungsdifferenzen zwischen den Flüssigkeiten und den darin enthaltenen Luftbläschen in Folge der Capillaranziehung. Abnahme der Spannungen in Capillarsystemen von unten nach oben. Ausgleichung der Spannungen durch permeable Membranen. Geringe Grösse der in Geweben vorkommenden Spannungen. Spannung durch Endosmose. Formveränderung der Zellen in Folge der Zu- oder Abnahme der Spannungen	369
4. Ungleiche Concentration der Lösung im Tropfen des Präparats	375
5. Bewegungen in einer Flüssigkeit, welche durch ungleiches specifisches Gewicht verursacht werden	376
6. Das Saftsteigen. Die Gesamtarbeit der Capillarität und der Endosmose reicht unter den gegebenen Verhältnissen nur bis zu einer Höhe von einigen Metern. Sitz der übrigen motorischen Kräfte	378
7. Strömungen durch Capillarröhren und Membranen. Formeln von Poiseuille. Geringe Permeabilität der Gewebe	384
8. Die Plasmaströmungen. Verschiedene Ansichten. Der Strömungsvorgang in den Staubfädenhaaren von Tradescantia; die Contractilitätstheorie. Zitterbewegung (Molecularbewegung). Mechanische Gesichtspunkte	388
II. Feste Körper	396
1. Das Erkennen des Aggregatzustandes	396
2. Elasticität, Weichheit, Dehnbarkeit. Ermittlung der Eigenschaften eines Objects. Verhalten des Primordialschlauches und der Zellmembranen. Verhalten der Gewebe; die Factors ihrer Elasticität und Biegungsfestigkeit. Gleichgewichtszustand entgegengesetzt gespannter Gewebe, die zu einem Ganzen verbunden sind. Beziehungen zwischen Elasticität und Biegungsgrösse. Tragvermögen, Elasticitätsmodul, Maass des Biegungsmomentes. Beziehungen zwischen dem hydrostatischen Druck des Zellsaftes und der dadurch bewirkten Spannung der Membran	396
3. Krümmung, Drehung, Winden. Mechanische Bedingungen dieser Vorgänge. Die Bewegungen der spiralig gewundenen Oscillarien	414
4. Innerer Bau der festen Körper. Organisirte und unorganisirte Körper. Verschiedenheiten in Betreff der Anordnung der Moleküle. Wesen der Organisation	422
5. Cohäsion und Adhäsion	426
6. Quellung und Diosmose. a) Arten der Quellung. b) Absorption von Gasen in quellungsfähigen Körpern. c) Menge und Vertheilung der Imbibitionsflüssigkeit. d) Quellung in Folge mechanischer Eingriffe. e) Schichtung und Streifung. f) Diosmose	427
III. Licht	436
1. Spectralanalytische Untersuchungen	436
2. Bestimmung des Brechungscoefficienten. Methoden von Brewster, Moser, Bertin und Harting. Kritik der Hartingschen Formel. Bestimmung des Brechungscoefficienten bei kugeligen und cylindrischen Gebilden	440
3. Die Durchleuchtung der Körper	447
4. Einfluss des Lichtes auf Vegetationsprocesse	448
IV. Wärme	451
1. Krystallbildungen bei dem Gefrieren	451

	Seite
2. Das Gefrieren der Gewebe	454
3. Veränderung der Zellhäute beim Aufthauen	456
4. Einfluss der Temperatur auf die Vegetationsprocesse	458
V. Elektrizität	459
1. Die wahre Pflanzenelektrizität	459
2. Die Wirkungen der Elektrizität auf den Zellinhalt. Apparate zur Beobachtung derselben. Art der Einwirkung galvanischer Ströme auf das Plasma	464
Neunter Abschnitt:	
Mikrochemie.	
I. Allgemeine Regeln	466
Steigerung der Concentration anzuwendender Reagentien. Herstellung einer Strömung in der Beobachtungsflüssigkeit. Apparate zu Beobachtungen bei höherer Temperatur.	
II. Aufzählung der Reagentien	472
Aetzkali, wässrige und weingeistige Iodlösung, Iod gelöst in einer Iodverbindung, concentrirte Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak, etc. etc.	
III. Art des Vorkommens chemischer Verbindungen	477
IV. Krystallographische Untersuchungen	478
Mikroskopische Bestimmung der Krystallformen. Formeln und Constructionen, welche vorzugsweise bei mikroskopischen Beobachtungen Anwendung finden. Krystallbestimmungen nach Zenger und Wertheim.	
V. Spezielle Betrachtung der wichtigsten chemischen Verbindungen	486
1. Kalk und Kieselerde. Vorkommen und Nachweisung derselben. Herstellung der Kieselskelette, Ausziehen der Kieselerde. Beispiele von Verkieselungen	486
2. Pflanzensäuren und Gerbstoffe. Nachweisung der Gerbstoffe. Art des Vorkommens derselben (Hartig's »Gerbmehl«). Die Bedeutung der Gerbstoffe nach Wigan d. Vorkommen und Vertheilung im Gewebe. Gerbstoffe in absterbenden Zellen	490
3. Glycoside	494
4. Farbstoffe. a) Farbstoffe, welche eingelagert im Plasma vorkommen (Chlorophyll, Phycochrom, Porphyrin, Phycoerythrin, Diatomin, Anthroxanthin). b) Farbstoffe, welche im Zellsaft gelöst vorkommen (Erythrophyll und Anthocyan). c) Farbstoffe, welche ursprünglich im Zellsaft gelöst sind und später von den Membranen gespeichert werden (Farbstoff von Rubia tinctorum, Farbstoffe der Farbhölzer, Farbstoff der Berberiswurzeln, rother und violetter Farbstoff der Samenschalen). d) Farbstoffe, welche nur eingelagert in die Membran vorkommen. e) Farbstoffe, welche von den Zellen ausgeschieden werden und sich zwischen denselben oder an der freien Aussenfläche der Membranen ablagern	494
5. Pectinstoffe	507
6. Kohlenhydrate. a) Traubenzucker, Dextrin und Rohrzucker. b) Inulin. c) Stärke (Verhalten derselben gegen Iodlösungen, gegen das Speichelferment und gegen verdünnte Mineralsäuren; Ueberführung der Stärke in Amylodextrin und Dextrin). d) Die Cellulosearten (ihr Verhalten gegen Lösungs- und Quellungsmittel und gegen Iodsolution)	508
7. Proteinverbindungen. Nachweisung derselben im gelösten und ungelösten Zustand	525
VI. Mikrochemische Processe	528
Stärkebildung in den Chlorophyllkornern, Wachsbildung, Ausscheidung der Oxalsäure, Eiweissstoffe und Asparagin.	

... und die nächsten 10 Seiten ...
... and the next 10 pages ...

dieselbe; das Gesichtsfeld verfinstert sich aber immer mehr, bis endlich bei einem Winkel von 90° vollständige Dunkelheit oder doch wenigstens — wenn nämlich die beiden Körper nicht genau gleich sind — die grösste Verfinsterung eintritt. Der Uebergang aus einem Farbenton in den andern geschieht allerdings in etwas anderer Weise als bei der Newton'schen Reihe, meistens so, als ob die beiden Farben in immer wechselndem Verhältniss mit einander vermischt würden; doch lässt sich das Steigen oder Fallen der Farbe in der grossen Mehrzahl der Fälle keineswegs verkennen.

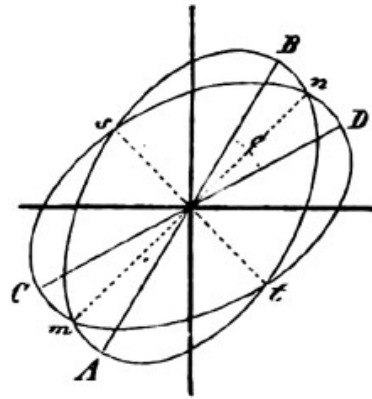
327 Legt man z. B. zwei Gypsplättchen, von denen jedes Blassbläulich der ersten Ordnung giebt, in der angegebenen Weise auf einander, so erhält man für $e = 0$ Gelb I, für $e = 22\frac{1}{2}^\circ$ Hellgelb, für $e = 45^\circ$ Weiss, endlich für $e = 67\frac{1}{2}^\circ$ Bläulichweiss. Diese Farben entsprechen offenbar nur solchen Tönen, welche rückwärts auf Gelb I folgen. Einige weitere Beispiele sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Zwei Gypsplättchen	$e = 0$	$e = 22\frac{1}{2}^\circ$	$e = 45^\circ$	$e = 67\frac{1}{2}^\circ$
Grau I	Hellbläulich	Weniger hell bläulich	Bläulich	Dunkelbläulich
Hellbläulich I	Gelb	Hellgelb	Weiss	Bläulichweiss
Weiss I	Violett	Hellviolett	Weiss	Gelblichweiss
Gelb I	Blau	Hellgrünlich	Gelborange	Gelb
Orange I	Gelb	Gelb	Dunklergelb	Dunkelgelb
Roth I	Roth	Roth	Dunklerroth	Dunkelroth
Blau II	Grünlichgelb	Blaugrün	Blau	Blau
Grün II	Roth	Weiss	Grün	Dunklergrün
Gelb II	Grün	Gelb	Dunklergelb	Dunkelgelb

Wie man aus dieser Zusammenstellung ersieht, stimmt die Farbe, welche man in der Stellung $e = 45^\circ$ erhält, mit derjenigen der einzelnen Platte durchgehends so ziemlich überein oder steht ihr wenigstens sehr nahe. Man kann somit — da die Additionsfarbe für die Stellung $e = 0$ nach Früherem ebenfalls als gegeben zu betrachten ist — zum Voraus die Veränderungen bestimmen, welche die allmähliche Zunahme von e bei einem beliebigen Plattenpaar hervorruft. Diese Veränderungen bestehen immer in einem allmählichen, aber directen Uebergang der Additionsfarbe in die Farbe der einzelnen Platte.

328 Es erübrigt jetzt noch, die Wirkung eines festverbundenen Plattenpaares mit derjenigen eines Gypsplättchens oder überhaupt eines dritten doppelbrechenden Körpers zu combiniren. Wir haben gesehen, dass das Plattenpaar für sich allein gewissermaassen wie ein einzelner Körper wirkt, dessen Elasticitätsellipse sich um so mehr dem Kreise nähert, je grösser der Winkel e . Stellt man sich vor, die Axen dieser Ellipse seien die Verbindungslinien der Punkte mn und st (Fig. 495), in welchen die beiden Platten entsprechenden Ellipsen sich schneiden, so entspricht diese Vorstellung insofern der Wirklichkeit, als der Unterschied zwischen der

grossen Axe mn und der kleinen st in Uebereinstimmung mit der Interferenzfarbe continuirlich sinkt, wenn e sich vergrössert, und endlich Null wird, wenn $e = 90^\circ$; sie entspricht daher voraussichtlich auch der Gesamtwirkung eines Plattenpaares und eines Gypsplättchens. Die Lage, in welcher die eingezeichnete Elasticitätsellipse mit derjenigen des Gypsplättchens gleiche Orientierung hat, wird auch hier eine Additionsfarbe, diejenige dagegen, in welcher die homologen Axen sich rechtwinklig kreuzen, eine Subtractionsfarbe hervorrufen. So verhält es sich denn auch in der That, wie man aus folgender Zusammenstellung entnehmen wird.



Figur 195.

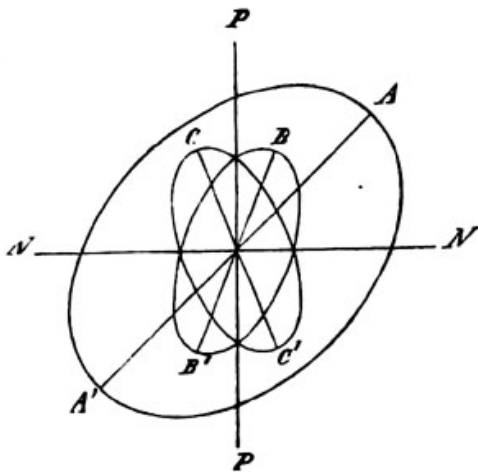
Zwei Krystallplatten	Winkel e	Mit Gypsplättchen Roth I	
		Additionsfarbe	Subtractionsfarbe
Schwärzlichgrau I	0 $22\frac{1}{2}^\circ$ 45° $67\frac{1}{2}^\circ$	Indigoviolett II Violett Röthlichviolett Rothviolett	Orange I Röthlichorange Rothorange Dunkelrothorange
Grau I	0 $22\frac{1}{2}^\circ$ 45° $67\frac{1}{2}^\circ$	Blaugrün II Grünlichblau Blau Indigo	Hellgelb I Orangegelb Orange Röthlichorange
Hellbläulich I	0 $22\frac{1}{2}^\circ$ 45° $67\frac{1}{2}^\circ$	Gelb II Grüngelb Hellgrün Hellgrünlichblau	Hellbläulich I Weiss Gelblichweiss Hellröthlichorange
Weiss I	0 $22\frac{1}{2}^\circ$ 45° $67\frac{1}{2}^\circ$	Roth II Hellrothorange Grünlichgelb Grünlichweiss	Schwarz Grünlich Grünlichweiss Weiss
Gelb I	0 $22\frac{1}{2}^\circ$ 45° $67\frac{1}{2}^\circ$	Blaugrün III Grün Gelb Orange	Weiss I Weiss Weiss Bläulichlila
Orange I	0 $22\frac{1}{2}^\circ$ 45° $67\frac{1}{2}^\circ$	Hellgelb Gelborange Orange Rothorange	Gelb I Hellorange Weisslich Lila

Die Farbenübergänge stimmen natürlich auch hier nicht mit denen der Newton'schen Reihe überein, doch ist das Steigen und Fallen der Farbe bei zunehmendem e in der Regel deutlich ausgesprochen. Die höchste Additions- und die tiefste Subtractionsfarbe giebt selbstverständlich die Stellung $e = 0$; wird $e = 90^\circ$, so erhält man in allen Lagen das Roth des Gypsplättchens.

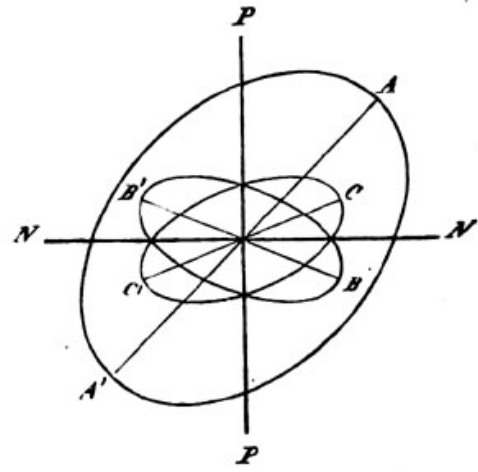
— In Fällen, wo der Farbenwechsel ausnahmsweise undeutlich ist, kann derselbe durch Anwendung eines andern Gypsplättchens, z. B. Grau I, deutlicher gemacht werden.

329 Dreht man das Plattenpaar, ohne den Winkel e zu ändern, auf dem Gypsplättchen um eine verticale Axe, indem man es z. B. aus der Additions-lage allmählig in die Subtractionslage überführt, so bemerkt man hiebei Farbenübergänge, welche weder mit der Newton'schen Reihe, noch mit den Farben einer einzigen Platte in den entsprechenden Stellungen übereinstimmen. Während die letztere beim Drehen auf einem Gypsplättchen Töne hervorruft, die sich auf der Palette durch Mischung der Additions- oder Subtractionsfarbe mit der Farbe des Gypsplättchens herstellen lassen, erzeugt das Plattenpaar einen Farbenwechsel complicirter Art, der bis jetzt nur für die einfachern Fälle bestimmt formulirt werden konnte. Die practische Bedeutung, die diesem Farbenwechsel zukommt, erheischt aber dessenungeachtet eine ausführliche Erörterung.

Als durchgreifende Eigenthümlichkeit der Veränderungen, die man beim Drehen des Plattenpaares auf einem Gypsplättchen beobachtet, kann die Verschiedenheit der Farbe in den beiden orthogonalen Stellungen, wo die Halbiringlinie des Winkels e mit der Polarisationsebene des untern oder des obern Nicol zusammenfällt, bezeichnet werden. Diese Stellungen können in der That, wie man sich durch Veranschaulichung der drei wirk-samen Elasticitätsellipsen in ihrer gegenseitigen Lage leicht überzeugen kann, unter keinen Umständen ganz gleichwerthig sein. Sind z. B. AA' , BB' und CC' (Fig. 196) die Ellipsen des Gypsplättchens und der beiden übereinander liegenden Krystallplatten in ihrer Reihenfolge von unten nach



Figur 196.

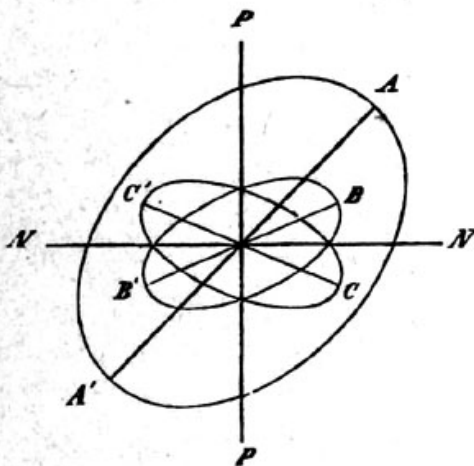


Figur 197.

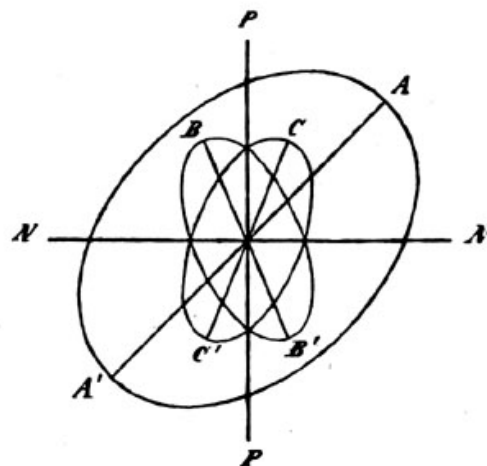
oben, ferner PP und NN die senkrecht zu einander gestellten Polarisations-ebenen der beiden Nicols; dann ist aus unserer Figur sogleich ersichtlich, dass in der hier dargestellten Lage die homologen Schwingungsebenen der Ellipsen auf einander folgen, wie die Stufen einer Wendeltreppe, indem

die alphabetische Ordnung der Buchstaben ABC oder $A'B'C'$ zugleich der Reihenfolge der entsprechenden Axen in der Richtung einer linksläufigen Spirale entspricht. Diess ist die orthogonale Consecutivstellung. Denkt man sich dagegen das Plattenpaar um 90° gedreht (Fig. 197), so fällt CC' zwischen BB' und AA' ; die Ellipsenscheitel ABC oder $A'B'C'$ liegen also nicht mehr treppenförmig, sondern im Zickzack übereinander — eine Lage, die man im Gegensatz zur vorhergehenden als orthogonale Alternativstellung bezeichnet.

Die Verschiedenheit der Farben, die diese Stellungen hervorrufen, ist nun in vielen Fällen der Art, dass die Vergleichung derselben mit der Additions- und Subtractionsfarbe die erforderlichen Anhaltspunkte bietet, um eine gegebene orthogonale Stellung als Consecutiv- oder als Alternativstellung zu erkennen. Ist diess der Fall, so ergibt sich hieraus unmittelbar die Beantwortung der Frage, wie die wirksame Elasticitätseellipse in der oberen und in der unteren Platte geneigt sei. Ist z. B. Fig. 198 als Consecutiv-, Fig. 199 als Alternativstellung erkannt worden, so weiss man, dass die Ellipse BB' der unteren, CC' der oberen Platte angehört.



Figur 198.



Figur 199.

Zur Vergleichung der Farbtöne, um die es sich hier handelt, mag **330** folgende Uebersicht dienen, welche nach Beobachtungen an verschiedenen Plattenpaaren, die sich unter Winkeln von $22\frac{1}{2}^\circ$, 45° und $67\frac{1}{2}^\circ$ kreuzten, zusammengestellt ist. In der ersten Combinationsfolge bewegen sich die Additionsfarben in der zweiten Ordnung, d. h. es sind Farben, welche für $e = 0$ in die zweite Ordnung der Newton'schen Reihe fallen. Die zweite Combinationsfolge bezieht sich dagegen auf Additionsfarben, welche der dritten Ordnung angehören. Das Gypsplättchen, auf welchem die Drehung ausgeführt wurde, war Roth I. Die Farbe der Consecutivstellung ist mit C., die der Alternativstellung mit A. bezeichnet.

Erste Combinationsfolge.

Additionsfarbe	Farben der orthogonalen Stellungen	Subtractionsfarbe
Rothviolett	{ C. Dunkelroth A. Hellroth	Dunkelrothorange
Röthlichviolett	{ C. Violettroth A. Orangeroth	Rothorange
Violett	{ C. Dunkelroth A. Hellroth	Röthlichorange
Indigo	{ C. Violettindigo A. Rothorange	Röthlichorange
Blau	{ C. Indigo A. Dunkelorange	Orange
Hellgrün	{ C. Blau A. Gelborange	Gelblichweiss
Grüngelb	{ C. Blauindigo A. Dunkelorange	Weiss

Zweite Combinationsfolge.

Additionsfarbe	Farben der orthogonalen Stellungen	Subtractionsfarbe
Grün	{ C. Rothorange A. Blauindigo	Weiss
Grünlichgelb	{ C. Grün A. Weiss	Grünlichweiss
Gelb	{ C. Orange A. Bläulichweiss	Weiss
Gelborange	{ C. Rothorange A. Dunkelindigo	Hellorange
Orange	{ C. Rothorange A. Helllila	Bläulichlila
Orange	{ C. Röthlichorange A. Violett	Weisslich
Rothorange	{ C. Rothorange A. Violettroth	Lila
Hellrothorange	{ C. Grünlich A. Hellroth	Grünlich

In dieser Uebersicht lässt nur die erste Combinationsfolge, wo jede Platte für sich allein weniger als Weiss I, beide zusammen für $e = 0$ daher nicht ganz Roth I geben, eine gewisse Gesetzmässigkeit erkennen. Hier bleibt die Farbe der orthogonalen Consecutivstellung, wie der diagonalen Additionsstellung, immer über, die Farbe der Alternativ- und der Subtractionsstellung dagegen immer unter dem Roth des Gypsplättchens, indem »Dunkelroth« das Roth bezeichnet, welches den Uebergang zu Violett II bildet, »Hellroth« dagegen den Uebergang zu Rothorange. *)

Die zweite Combinationsfolge wird durch Paare von Platten erhalten, von denen jede für sich allein Weiss I oder eine höhere Farbe giebt. Die Farben der verschiedenen Stellungen sind hier an und für sich, da sie eines

*) Vgl. Nägeli, die Anwendung des Polarisationsmikroskops. Beiträge III, p. 98.

bestimmten additionalen oder subtractionalen Charakters entbehren, nicht zu einer Deutung geeignet.

Kehren wir jetzt das Problem um und fragen wir uns, welche Anhaltspunkte die bereits entwickelten Beziehungen darbieten, um nach bekannten Polarisationsfarben die unbekanntcn Elasticitätsellipsen zweier über einander liegender Platten zu bestimmen. Zunächst ist klar, dass die Farben der stärksten Addition oder Subtraction, die man beim Drehen auf einem Gypsplättchen beobachtet, stets den beiden Stellungen entsprechen, die wir als diagonale Additions- und Subtractionsstellung bezeichnet haben; dass sie folglich Aufschluss darüber geben, wie der spitze Winkel e , den die grossen Axen der Elasticitätsellipsen unter sich bilden, orientirt sei. Die Halbierungslinie dieses Winkels ist also hiedurch bestimmt. **331**

In zweiter Linie entscheidet die Beobachtung, ob die Farben der beiden orthogonalen Stellungen deutlich genug ausgeprägt sind, um hienach die Consecutiv- oder Alternativstellung als solche zu erkennen. Wo diess der Fall, ist die Lage der untern und der obern Elasticitätsellipse in dem oben bezeichneten Sinne bestimmt; wo es nicht der Fall, kann die Untersuchung in der Regel an kleinern Objecten derselben Art, welche eine beträchtlich tiefere Farbe erzeugen, wiederholt werden. Es gelingt auf diese Weise, bei den meisten organisirten Gebilden, die wie ein Plattenpaar wirken (Membranen, Fasern, Prosenchymzellen u. dgl.), einen Farbenwechsel zu erzielen, welcher unverkennbar der ersten Combinationsfolge in obiger Zusammenstellung angehört und daher eine sichere Deutung gestattet.

Die möglichen Lagen der Elasticitätsellipsen reduciren sich jetzt auf den Spielraum, den der spitze Winkel e noch übrig lässt. Um diesen Winkel zu bestimmen, kann man es versuchen, die Farben der beiden Lamellen auf senkrecht zur Flächenausdehnung geführten Schnitten gesondert zu beobachten, um allfällig aus dem Steigen und Fallen derselben beim Drehen nach verschiedenen Seiten einige weitere Schlüsse zu ziehen. In der Mehrzahl der Fälle wird man indess die Ueberzeugung gewinnen, dass dieser Theil des Problems unlösbar ist.

IV.

Das Verhalten cylindrischer und kugeligcr Objecte mit concentrisch gruppirten anisotropen Elementen.

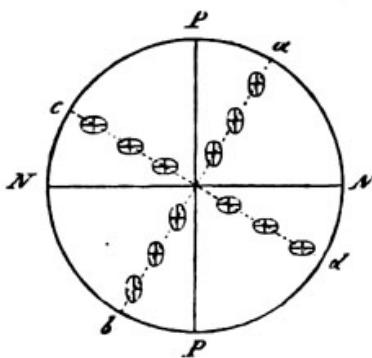
Ein ferneres Problem, das in der Praxis häufig vorkommt, ist die Bestimmung der Elasticitätsaxen in kugeligen oder cylindrischen Gebilden, deren Elemente in radialen Reihen um die Axe oder den Mittelpunkt liegen, wie diess bei Stärkekörnern, cylindrischen Fasern und Röhren etc. der **332**

Fall ist. Die Schwierigkeiten, die man hiebei zu überwinden hat, sind ähnlicher Natur, wie im vorhergehenden Falle; sie liegen in der Ungleichheit der Stellungen der doppelbrechenden Elemente zum durchgehenden Lichtstrahl und in der Verschiedenheit der Annahmen, die sich mit Rücksicht hierauf machen lassen. Der Gang der Untersuchung ist dadurch vorgeschrieben: es handelt sich darum, die denkbaren Möglichkeiten vor Allem klar ins Auge zu fassen und hierauf durch die Beobachtung auf einen möglichst engen Kreis zurückzuführen.

1. Cylindrische Objecte.

333 Der Name *Cylinder* und *Hohlcylinder* bezieht sich hier selbstverständlich nicht sowohl auf die äussere Form, als vielmehr auf die innere Structur, d. h. auf die Anordnung der doppelbrechenden Elemente. Wir setzen voraus, dass die Elemente des gleichen Radius hinsichtlich der Lage ihrer Schwingungsebenen und der Grösse der wirksamen Elasticitäten übereinstimmen, dass alle Radien, welche in einer durch die Axe gelegten Ebene liegen, einander gleich sind, und dass alle auf einem zur Axe rechtwinkligen Querschnitt befindlichen Radien sich so verhalten, als ob der nämliche Radius im Kreise herumgeführt würde.

Unter diesen Voraussetzungen bietet der Querschnitt durch den Cylinder die einfachste Combination, indem hier die Wirkungen der übereinander liegenden Elemente sich addiren, wie in einem einfachen Krystall, und überdiess die Stellungen der auf einem Radius wirksamen Elasticitätsellipsen unter sich übereinstimmen (Fig. 200). Der Gesamteffect ergibt sich hieraus von selbst. Jeder Durchmesser des Querschnitts verhält sich



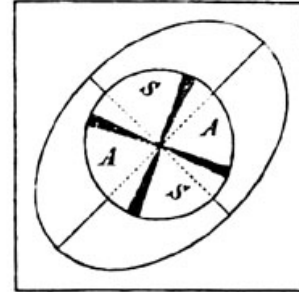
Figur 200.

wie eine Krystallnadel (oder bei dickern Schnitten wie eine senkrecht stehende Krystallplatte), und die Interferenzfarben, welche beim Drehen der Krystallnadel um eine senkrechte Axe nach einander zum Vorschein kommen, finden sich auf der Schnittfläche gleichzeitig neben einander. Zwei diametrale Zonen *ab* und *cd*, in welchen die Axen der Elasticitätsellipsen in die Polarisations Ebenen *PP* und *NN* der Nicols fallen, wirken demzufolge wie einfach brechende Medien; sie

erscheinen ohne Gypsplättchen schwarz und mit einem Gypsplättchen von der unveränderten Interferenzfarbe desselben erhellt. Die Mittellinien der dazwischenliegenden Quadranten zeigen daher nothwendig die lebhaftesten Farben, und zwar in Verbindung mit einem Gypsplättchen paarweise Additions- oder Subtractionsfarben, je nachdem die homologen Axen der Ellipsen zusammenfallen oder sich rechtwinklig kreuzen. Auf einem Gypsplättchen

Roth I, dessen Elasticitätsellipse die in Fig. 201 dargestellte Lage besitzt, würden also die mit *A* bezeichneten Quadranten unseres Cylinders die Farbe steigern, während die mit *S* bezeichneten dieselbe erniedrigen.

Auf Querschnitten durch Cylinder und Hohl-cylinder ist hienach die Axenlage der wirksamen Elasticitätsellipsen leicht zu ermitteln. Wir fügen hinzu, dass alle bis jetzt bekannt gewordenen Fälle darin übereinstimmen, dass die eine Axe radial, die andere tangential verläuft, indem die neutralen Zonen, welche das dunkle Kreuz bilden, stets in die Polarisations Ebenen der Nicols fallen. Die in Fig. 200 und 201 dargestellte Abweichung ist also nicht beobachtet, sondern bloss der Allgemeinheit wegen vorausgesetzt.



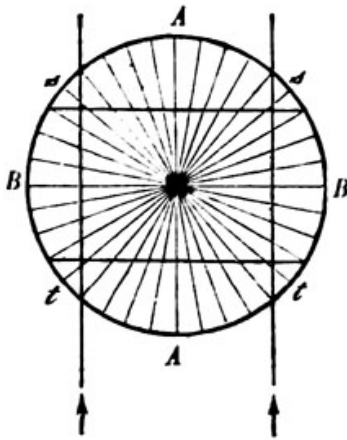
Figur 201.

Der Querschnitt durch den Cylinder giebt uns also Aufschluss darüber, **334** ob die Axenrichtungen der Elasticitätsellipsen mit dem Radius und der Tangente zusammenfallen oder dieselben schiefwinklig kreuzen, und im erstgenannten Fall, ob die tangentielle oder die radiale Axe die grössere sei. Was ist nun aber damit gewonnen? Angenommen, die beiden Axen gehen wirklich dem Radius und der Tangente parallel, so fragt sich weiter, ob vielleicht die eine derselben zugleich Axe des Ellipsoids sei, oder ob man es mit einem beliebigen Diametralschnitt zu thun habe. Diese Frage ist nicht immer leicht zu beantworten. Die oben erwähnte Prüfung mittelst Drehen um die beiden Axen kann nämlich nur in solchen Fällen zum Ziel führen, wo der Querschnitt im Verhältniss zum Cylinderdurchmesser nicht zu dick ist. Bei höhern Stücken ist das Verfahren schon deshalb nicht anwendbar, weil dieselben, wenn sie merklich schief stehen, nicht mehr wie Querschnitte wirken. Um weitere Anhaltspuncte zu gewinnen, wird man also in der Mehrzahl der Fälle auf Längsschnitte und, wo diese nicht herstellbar sind, auf Längsansichten angewiesen sein.

Was zunächst die Längsschnitte betrifft, so ist einleuchtend, dass **335** eine mittlere Lamelle *BB* (Fig. 202), wenn sie flach auf dem Objectträger liegt, über die Axenlage der Elasticitätsellipse in der Diametralebene des Cylinders entscheidet. Denn da die Randpartien einer solchen Lamelle annähernd wie ein Krystallplättchen wirken, so muss sich sogleich herausstellen, ob die beiden Axen der Längs- und Querrichtung parallel gehen, oder ob sie diese Richtungen schiefwinklig kreuzen. Von diesem letztern Falle dürfen wir übrigens vorläufig gänzlich absehen, da eine solche Kreuzung, soweit die bisherigen Beobachtungen reichen, nirgends vorkommt.

Wir nehmen also an, die im Quer- und Längsschnitt wirksamen Elasticitätsellipsen haben die radiale Axe gemein. Die durch die beiden andern Axen gelegte Ebene steht alsdann senkrecht auf dem Radius. Hieraus lässt sich nun, wenn man die Eigenschaften des Ellipsoids erwägt, der weitere

Schluss ziehen, dass die gemeinsame radiale Axe eine Axe des Ellipsoids sei und dass demzufolge die beiden andern Axen desselben in einer tangentialen Ebene liegen. Man hat also nur nöthig, die



Figur 202.

Elasticitätsellipse eines Tangentialschnittes, wie z. B. der Cylindersegmente AA (Fig. 202), zu bestimmen, um nicht bloss die Richtungen der fraglichen Axen, sondern auch die relative Grösse derselben festzustellen.

Das Verhältniss der beiden tangentialen Axen zur radialen ist nun aber damit noch nicht gegeben, oder doch nur in dem Falle, wo die erstern der Längs- und Querrichtung des Cylinders entsprechen. In jedem andern Falle ist der Beobachter darauf angewiesen, dieses Verhältniss auf Schnitten, welche durch die zu vergleichenden Axen geführt sind, oder wenn dieselben nicht zum Ziele führen, durch Neigen des Cylinders, wovon später die Rede sein wird, besonders auszumitteln.

- 336** Sollte es sich herausstellen, dass Schnitte, welche senkrecht zu einer der drei Axen geführt wurden, sich wie einfach brechende Medien verhalten, so sind die beiden andern Axen unter sich gleich, die doppelbrechenden Elemente also optisch-einaxig. Ruft dagegen jeder durch zwei Axen gelegte Schnitt Farben hervor, so sind die Cylinderelemente optisch-zweiaxig. Ob ein Object in die eine oder andere Kategorie gehöre, kann im Allgemeinen nicht eher entschieden werden, als bis die Richtung einer optischen Axe auf experimentellem Wege, sei es auf Schnitten oder durch Drehen, ermittelt ist. Es gehört eine sehr mangelhafte Kenntniss der Erscheinungen dazu, wenn man sich einbildet, die optischen Eigenschaften eines Gegenstandes auf irgend einem beliebigen Durchschnitt erforschen zu können. *)

*) Die Verschiedenheiten, welche man auf solchen Durchschnitten beobachtet, werden von manchen Autoren mit Ausdrücken bezeichnet, welche in der kristallographischen Optik eine ganz andere Bedeutung haben. Mohl und Valentin sprechen z. B. von negativer und positiver Farbe oder Beschaffenheit eines Objects, je nachdem die Elasticitätsellipse, welche auf Querschnitten zur Wirkung kommt, radial oder tangential orientirt ist. An andern Orten wird die grosse oder kleine Axe der Ellipse, deren Wirkung man beobachtete, kurzweg die optische Axe genannt, und also stillschweigend vorausgesetzt, die letztere liege in der Ebene des Gesichtsfeldes, u. s. w. Es erscheint uns überflüssig, die Unzulässigkeit dieser und ähnlicher Benennungen, wie man sie in der einschlägigen Literatur findet, hier noch besonders darzulegen. Der Leser, welcher unsern bisherigen Erörterungen gefolgt ist, wird die nöthige Kritik selbst zu üben wissen.

Beispielsweise mögen indess noch einige Angaben Valentin's über das Verhalten cylindrischer Gebilde (Die Unters. der Pflanzen- und Thiergewebe im polar. Licht, S. 464) in aller Kürze Erwähnung finden. Valentin setzt die einaxige Beschaffenheit der Cylinderelemente voraus und erklärt sodann das Zustandekommen des dunkeln Kreuzes im Querschnitt für die »drei Hauptrichtungen der optischen Axe«: die senkrechte, die tangentiale und die radiale. Der senkrechten Stellung der optischen Axe entspricht das »Kreuz erster Ordnung«, der tangentialen das »Kreuz zweiter Ordnung«, endlich der

Wir setzen zweitens den Fall, dass der Cylinder wegen seiner Kleinheit oder aus andern Ursachen nicht gespalten werden könne und dass somit bloss Längsansichten des ganzen Cylinders zu Gebote stehen. Es ist vorauszusehen, dass solche Ansichten die diametralen Längsschnitte (*BB* Fig. 202) in den meisten Fällen ersetzen, indem der Licht-effect, den die beiden Randzonen hervorrufen, im Wesentlichen offenbar derselbe ist. Die Uebereinstimmung wird um so vollständiger sein, je mehr man die Lichtbrechung, die mit dem Eintritt in die Cylindersubstanz verbunden ist, vermindert. Gelingt es, dieselbe durch geeignete Wahl des umgebenden Mediums (Glycerin, Oel etc.) gänzlich zu beseitigen, so verhalten sich die von unten einfallenden Strahlen vollends wie in einer planplanen Platte, d. h. sie erlangen zunächst dem Rande dieselben Gangunterschiede, wie wenn das Mittelstück *BB* (Fig. 203) für sich allein wirksam wäre. Weiter nach innen kommen zwar noch die allmählich steigenden Effecte der dreieckigen Stücke *s* und *t* hinzu; allein es ist klar, dass sie in den peripherischen Schichten des Cylinders auf keinen Fall das Ueber-

radialen das »Kreuz dritter Ordnung«. Hiezu wird bemerkt, dass es Präparate aus dem Pflanzenreich (Eiweiss von *Phytelephas*) gebe, in denen Kreuze erster und solche dritter Ordnung neben einander in einem und demselben Querschnitt auftreten. — Gegen diese Darstellung ist zunächst einzuwenden, dass schon die Voraussetzungen, wenigstens soweit sie vegetabilische Präparate betreffen, mit der Wirklichkeit im Widerspruche stehen, indem z. B. alle Zellmembranen, die man genau kennt (es sind freilich nur wenige), sich als optisch-zweiaxig erwiesen haben. Aber auch abgesehen davon, ist das »Kreuz erster Ordnung« unter dem Polarisationsmikroskop, zumal bei Vergrösserungen, wie sie bei den meisten der hieher gehörigen Objecte nothwendig sind, eine physikalische Unmöglichkeit, indem bei senkrecht stehender Axe der ganze Querschnitt dunkel erscheint. Nur bemerken wir ausdrücklich, dass wir unter Polarisationsmikroskop ein gewöhnliches mit Polarisationsprismen ausgestattetes Mikroskop verstehen — das einzige Instrument übrigens, mit dem sich die von Valentin selbst angeführten mikroskopisch kleinen Objecte, wie Bastzellen, Pflanzeneiweiss etc., beobachten lassen. Das Bild, welches ein solches Instrument von Cylinderquerschnitten liefert, rührt nämlich von Lichtkegeln her, deren Oeffnung mit derjenigen der Blendung, resp. des polarisirenden Nicol übereinstimmt. Der Gesamteffect eines solchen Kegels mit Rücksicht auf Doppelbrechung ist aber für unser Auge annähernd derselbe, wie wenn die verschieden geneigten Strahlen das Object in der Richtung der Mikroskopaxe durchlaufen hätten. Ein Krystallplättchen, dessen optische Axe senkrecht steht, zeigt denn auch in der That keine Spur von Doppelbrechung. — Ganz anders wirken die Polarisationsapparate von Nörrenberg, Dove etc., die man hie und da ebenfalls, wenn auch mit Unrecht, als Mikroskope zu bezeichnen pflegt. Das reelle Bild, welches hier zu Stande kommt und durch die Ocularlinse betrachtet wird, ist nicht das Bild des zu untersuchenden Gegenstandes; die Strahlen, welche sich in der Bildebene kreuzen, stellen im Gegentheile, rückwärts verfolgt, ein parallelstrahliges Bündel dar, welches den Gegenstand mit um so grösserer Neigung gegen die Mikroskopaxe durchsetzt, je weiter der Kreuzungspunct von dieser Axe absteht. In jedem Punct des Bildes kommen also einfallende Strahlen von bestimmter Neigung zur Interferenz, und auf diesem Umstande beruht die Bildung von Ringen, wie man sie an senkrecht zur Axe geschliffenen Kalkspathplatten beobachtet.

Das »Kreuz erster Ordnung« kommt nur im Polarisationsapparat, nicht aber im Polarisationsmikroskop (ganz schwache Vergrösserungen ausgenommen) zu Stande. Valentin begeht in diesem wie in andern Puncten (Combination mit einem Gypsplättchen, Bestimmung der Axenrichtung etc.) den Fehler, seine theoretischen Erörterungen auf die Wirkung eines Polarisationsapparates zu basiren und die erhaltenen Resultate ohne Weiteres auf Beobachtungen mit dem Polarisationsmikroskop überzutragen. Dass eine solche Methode, verbunden mit den Eingangs erwähnten willkürlichen Voraussetzungen, auf Irrwege führen muss, wird Jedermann einleuchten.