

# JOURNAL OF THE ROYAL MICROSCOPICAL SOCIETY

AUGUST 1896

## TRANSACTIONS OF THE SOCIETY

Zur Ergänzung der Methoden der mikroskopischen Forschung durch eine neue Methode zur optischen Erzeugung von Farbkontrasten zwischen einem Objekt und seinem Hintergrund oder zwischen bestimmten Teilen des Objekts selbst.

Von J. RHEINBERG (übermittelt von E. M. NELSON, F.R.M.S.)

### ERKLÄRUNG DER Bildtafeln

#### Tafel IX

Die Abbildungen 3, 4, 5 und 6 stellen eine Dunkelfeldbeleuchtung dar, wenn die Farbscheibe, Abb. 2 a, durch eine Blende mit dunklem Hintergrund, Abb. 2 b, ersetzt wird. Die blauen Teile der Abbildungen sind dann als schwarz, d. h. lichtlos, anzusehen, und die roten Teile stellen den Durchgang von weißem Licht dar.

Abb. 1. Verschiedene Farbscheiben.

Abb. 2. Veranschaulichung der Wirkung, die eine Farbscheibe a oder eine Dunkelblende b, die hinter einem Objektiv angebracht ist, auf das Bild von Strukturen unterschiedlicher Feinheit hat.

F: vollständiges Beugungsbündel.

D: gebrochene Strahlen.

1, 2, 3: Beugungsstrahlen 1., 2. oder 3. Ordnung.

Abb. 3, 4. Farbscheibenbeleuchtung bei unterer Anordnung.

Abb. 5, 6. Dito, bei oberer Anordnung.

D: Farbscheibe; C: Kondensor; S: Objekt; O: Objektiv; G: Blende; B: dunkler Bereich.

Die gepunkteten Linien in den Abb. 3, 4, 5, 6 zeigen den Lichtdurchgang an, es ist jedoch zu beachten, dass in den Abb. 4 und 6 Brechung und Beugung durch das Objekt S eine ungleichmäßige Verteilung des Lichts darüber verursachen, die im Diagramm nicht klar dargestellt werden konnte.

#### Tafel X

Vier Mikrofotografien von Kieselalgen, aufgenommen mit einer Doppelbild-Farbscheibe unter genau denselben Bedingungen, außer dass die Öffnung des Beleuchtungskegels des Kondensors schrittweise vergrößert wurde. Es wurde ein 1" Objektiv mit 0.21 NA verwendet.

Ich habe heute Abend das Privileg, Ihnen die Ergebnisse einer Reihe von, wie ich glaube, originellen Experimenten vorzustellen, die ich in den letzten Jahren mit dem Ziel unternommen habe, mit Hilfe des Mikroskops bestimmte Farbeffekte zu erzielen.

Der unmittelbare Zweck bestand darin, einen Gegenstand, der mit einem Objektiv beliebiger Stärke betrachtet wird, dazu zu bringen, eine beliebige Farbe auf einem Hintergrund beliebiger anderer Farbe anzunehmen, und dadurch einen größeren Kontrast als gewöhnlich zu erzielen, um eine schärfere und perfektere Abbildung zu erreichen.

Dass jede Erhöhung des Kontrasts, die ohne wesentliche Änderung anderer Bedingungen erzeugt wird, die visuelle Wahrnehmung eines Objekts bei der Betrachtung durch das Mikroskop schärft, versteht sich fast von selbst, da es eine anerkannte naturgegebene Tatsache ist, dass alles Sehen von der Wahrnehmung des Kontrasts abhängig ist.

Ich hoffe, Ihnen zeigen zu können, dass es mir gelungen ist, dieses gewünschte Ergebnis bei zahlreichen Arten von Objekten zu erzielen, und dass es mit denselben Methoden, mit denen es möglich ist, einen Farbkontrast zwischen dem Hintergrund und dem Gegenstand herzustellen, unter bestimmten Umständen auch möglich ist, einen Farbkontrast zwischen verschiedenen bestimmten Teilen der Objekte selbst herzustellen.

Diese Ergebnisse können erzielt werden, indem man durchsichtige Scheiben (Tafel IX, Abb. 1), deren zentrale und periphere Teile unterschiedlich gefärbt sind oder die nur in bestimmten Teilen gefärbt sind, irgendwo in den Weg der von der Beleuchtungsquelle ausgehenden Lichtstrahlen legt.

Die zu verwendenden Scheiben bestehen zumeist aus mehreren Glasstücken oder, wenn man es vorzieht, aus einem einzigen Glasstück, das mit Kollodium oder Gelatine in den gewünschten Farben beschichtet ist. Am zweckmäßigsten sind Scheiben, bei denen der mittlere Teil eine Farbe hat, z. B. rot, während der Randteil eine andere, gut kontrastierende Farbe hat, z. B. grün oder blau (Tafel IX, Fig. 1c), und solche, bei denen nur der mittlere oder der Randteil gefärbt ist (Tafel IX, Fig. 1a, b). Die Breite des zentralen Teils sollte etwa ein Drittel bis ein Fünftel des effektiven Durchmessers der Scheibe betragen.

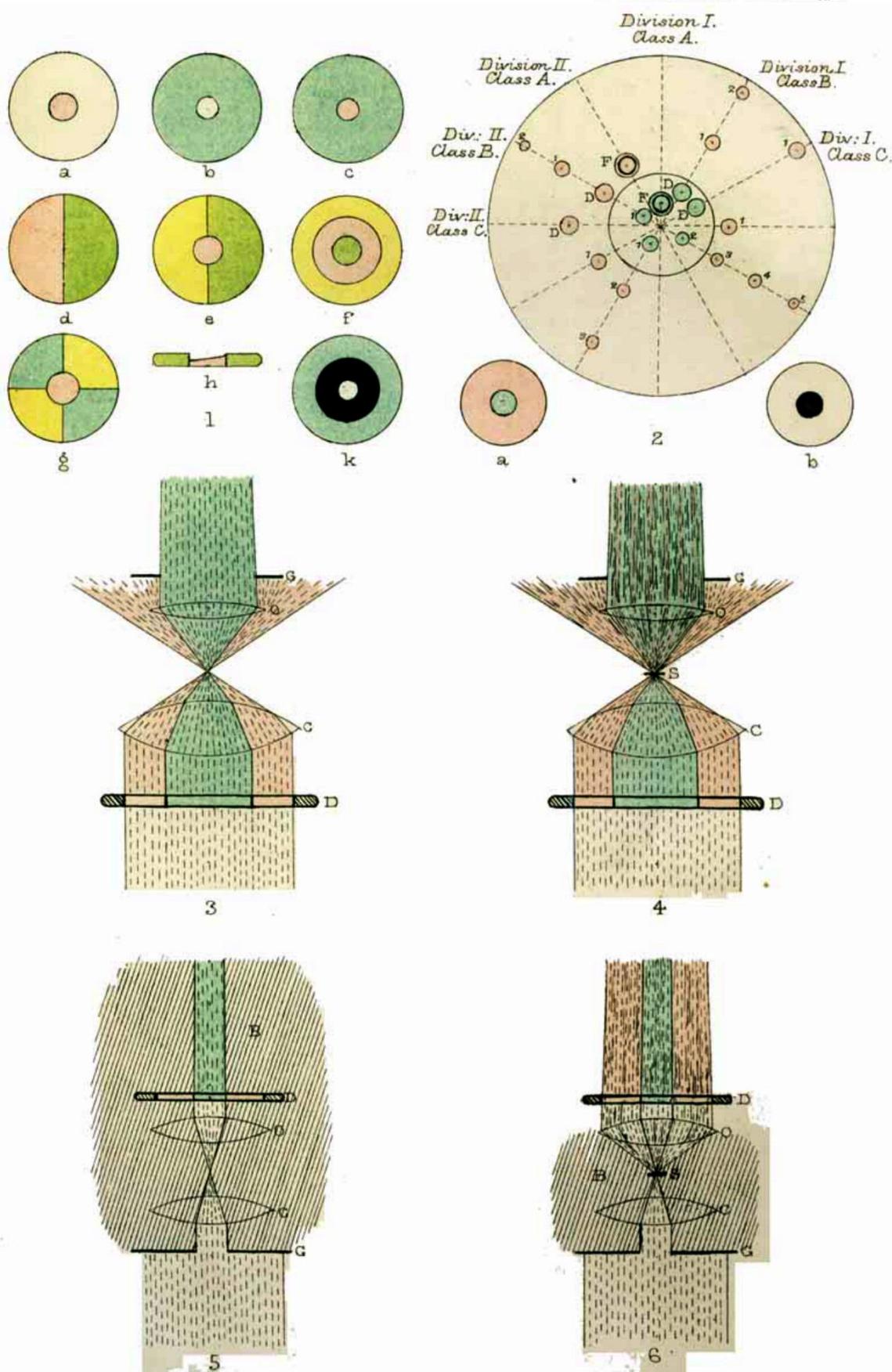
Je nach den Umständen des Falles können solche Scheiben von geeigneter Größe zwischen der Hinterlinse und der Brennebene des Objektivs oder im Blendenhalter des Kondensors oder zwischen dem Leuchtmittel und dem Spiegel angebracht werden. Manchmal ist es sogar nützlich, sie zwischen den Linsen des Objektivs zu platzieren.

Es wird nun deutlich geworden sein, dass diese Farbscheiben-Methode ausschließlich mit optischen Effekten arbeitet, so dass es vor einer genaueren Betrachtung sinnvoll ist, ihr Verhältnis zu mehreren allgemein gebräuchlichen optischen Methoden zur Veränderung der Farbe eines Objekts oder Hintergrunds kurz abzugrenzen.

An erster Stelle ist die monochromatische Beleuchtung zu nennen, die entweder durch die spektroskopische Zerlegung des weißen Lichts oder durch die Anbringung eines Absorptionsfilter im Strahlengang des Lichtkegels erzeugt wird. Der Vorteil, der sich hieraus für die visuelle Arbeit ergibt, liegt vor allem in der Beseitigung oder Verringerung der chromatischen Aberration; außerdem erhält man ein schärferes Bild der feineren Struktur, da das Licht mit annähernd gleichmäßiger Wellenlänge an die Stelle des Lichts mit unterschiedlich großen Wellenlängen tritt, letzteres erzeugt bei feinen Strukturen

Tafel IX

JOURN. R. MICR. SOC. 1896. PL. IX.



J. Rheinberg del.

West Newman chromc.

Colour Illumination.

verbreiterte Beugungsbilder, deren Eigenschaft und örtliche Lage variiert.

Aber zusammen mit der dadurch bedingten Verbesserung der Schärfe geht leider ein nicht unerheblicher Kontrastverlust einher, da das Objekt mehr oder weniger dieselbe Farbe wie der Hintergrund zu haben scheint. Für die Mikrofotografie gilt das Obige auch – vielleicht sollte ich sagen, besonders.

Es wird Teil meiner Aufgabe heute Abend sein, Ihnen anschließend zu zeigen, dass mit Hilfe der Farbscheibenmethode die Vorteile der monochromatischen Beleuchtung weitgehend erhalten bleiben, während ihr Nachteil weitgehend vermieden wird.

Zweitens kann das Polarisationsverfahren in Verbindung mit Selenit usw. erwähnt werden, das, wenn es für seinen eigentlichen Zweck der Untersuchung der kristallinen Bildung von Objekten usw. verwendet wird, in keiner Weise mit den in Betracht gezogenen Methoden verwandt ist. Aber während beide Methoden in ihrer wissenschaftlichen Anwendung ihre unterschiedlichen Ziele und Ergebnisse haben, sind sie doch zweifellos Rivalen, wenn man sie als Mittel zur Erzeugung eindrucksvoller Farbeffekte vergleicht, und für diesen eher untergeordneten Zweck kann die Farbscheibenmethode den weiteren Vorteil der größeren Einfachheit für sich beanspruchen.

Und schließlich muss ich die Dunkelfeldbeleuchtung als Mittel zur Veränderung der Hintergrundfarbe erwähnen, aber von hier aus werde ich sofort zur Farbscheibenbeleuchtungsmethode übergehen, da ein Teil davon streng genommen tatsächlich als Erweiterung der Prinzipien der gewöhnlichen Dunkelfeldbeleuchtung betrachtet werden sollte.

Ich sage einen Teil davon, denn es ist notwendig, die Farbscheibenbeleuchtungsmethode in zwei unterschiedliche Arten zu unterteilen, von denen die eine hauptsächlich auf starke und die andere auf schwache Objektivvergrößerungen anwendbar ist. Auf den ersten Blick mögen diese beiden Methoden einander fast entgegengesetzt erscheinen, aber bei näherer Betrachtung wird deutlich, dass beiden ein gemeinsames Prinzip zugrunde liegt.

Im ersten Fall wird ein Objektiv mit großer Apertur in Verbindung mit einem vergleichsweise schmalen Lichtkegel vom Kondensator verwendet. Diese Methode ist hauptsächlich bei hohen Vergrößerungen von Nutzen.

Im zweiten Fall wird ein Objektiv mit kleiner Apertur zusammen mit einem breiten Lichtkegel vom Kondensator verwendet, genau wie bei der Dunkelfeldbeleuchtung, und diese Methode ist für niedrige Vergrößerungen geeignet.

Das gemeinsame Prinzip, das beiden zugrunde liegt, ist, dass wir im Vergleich zur normalen Beleuchtung einen viel geringeren Anteil direkten Lichts in das Objektiv eintreten lassen (d. h. Licht, dessen Richtung vollständig durch die Wirkung des optischen Systems bestimmt wird), relativ zur Menge des indirekten Lichts (womit ich Licht meine, das vom Objektiv aufgenommen wird, nachdem es am Objekt Brechung oder Beugung erfahren hat).

Wir müssen diese Tatsache und ihre Folgen etwas genauer betrachten.

Die Abbe-Theorie des mikroskopischen Sehens hat uns die jeweiligen Rollen des Beleuchtungsstrahlenwinkels und des Objektivaperturwinkels gelehrt.

Es hat sich gezeigt, dass wir sogar mit einem schmalen Lichtbündel aus dem Kondensator

die volle Objektivapertur nutzen können, denn ein einzelner Lichtstrahl tritt beim Durchgang durch das Objekt nicht als ein Strahl aus, sondern als mehrere, die zusammen den sogenannten Beugungsfächer bilden, der umso weiter auseinanderläuft, je feiner die Struktur ist. Darüber hinaus wissen wir, dass die unzähligen schmalen Lichtbündel mit unterschiedlicher Neigung, aus denen der Beleuchtungskegel besteht, jeweils ihre eigenen Brechungs- und Beugungsbündel bilden, und dass daher jeder Elementarstrahl, der auf irgendeinen Teil der feineren Struktur eines Objekts auftrifft, mehrere Zonen des Objektivs gleichzeitig nutzt.\*

*\* Obwohl es offensichtlich unmöglich ist, die Wirkung eines einzelnen Strahls getrennt von der des Strahls oder Bündels zu betrachten, dessen Bestandteil er ist, habe ich diese Abstraktion verwendet, um das Prinzip deutlicher zu machen.*

Nun wird außerdem, und kombiniert mit dieser vierteiligen Richtung eines einfallenden Lichtbündels, die Richtung jedes einfallenden Lichtstrahls mehr oder weniger durch die Brechungs- und Reflexionseigenschaften des Objekts geändert.

Wenn man dies im Hinterkopf behält, wird ein grundlegender Unterschied in der Entstehung des Bildes des Objekts und des Hintergrunds deutlich.

Das Objekt wird aufgrund seiner Wirkung auf das Licht durch vier Eigenschaften beschrieben, nämlich durch Absorption, Brechung, Reflexion und Beugung. \*\*

*\*\* Je nach Art des Objekts überwiegt die eine oder andere dieser vier Eigenschaften. Bei sehr kleinen Strukturen ist es strenggenommen unmöglich, sie voneinander zu trennen, und ich verstehe, dass sie in diesem Fall manchmal alle unter der Überschrift „Beugung“ zusammengefasst werden.*

Es ist daher offensichtlich, dass die Richtung der auf ein Objekt auftreffenden Lichtstrahlen in großem Maße durch das Objekt selbst geändert wird. Der Hintergrund eines Objekts wird jedoch nur durch jene Strahlen gesehen, die die Linsen passiert haben, ohne dass ihre Richtung durch ein dazwischenliegendes Hindernis, nämlich das Objekt, geändert wurde.

Diese Tatsache machen wir uns bei der betrachteten Methode zunutze: Wir trennen so weit wie möglich die direkten Lichtstrahlen, durch die wir den Hintergrund sehen, und stellen sie denen gegenüber, deren ursprüngliche Richtung geändert wurde und durch die wir das Objekt sehen.

Gewöhnliche Dunkelfeldbeleuchtung bietet ein bekanntes Beispiel, das die oben genannten allgemeinen Prinzipien veranschaulicht. Wenn wir das Okular des Mikroskops herausnehmen und in das Rohr blicken, erreicht überhaupt kein Licht das Auge, der Hintergrund erscheint daher schwarz. (Siehe Tafel IX, Abb. 3 und Erläuterung dazu.) Wenn jedoch ein lichtbrechender Gegenstand in Position gebracht wird, wird das Feld mit Licht gefüllt; dieses Licht stellt den Gegenstand dar, wenn das Okular wieder eingesetzt wird. (Siehe Tafel IX, Abb. 4 und Erläuterung dazu.)

Nun können wir eine Dunkelfeldbeleuchtung auf eine andere Weise erzielen, die besonders bei hohen Vergrößerungen anwendbar ist. Wenn wir den Kondensor-Beleuchtungskegel so weit abblenden, dass er nur noch etwa ein Viertel des hinteren Durchmessers des Objektivs ausfüllt, also nur noch  $1/16$  der Gesamtfläche, und dann eine schwarze Blende hinter dem Objektiv platzieren, um diesen direkt beleuchteten Teil abzudecken (Tafel IX, Abb. 5 und Erläuterung dazu), erzielen wir einen ähnlichen Effekt wie bei einer gewöhnlichen Dunkelfeldbeleuchtung. Wenn der Gegenstand in Position

gebracht wird, sind die verbleibenden  $15/16$  der Fläche, wie man sehen kann wenn man bei abgenommenem Okular durch das Rohr blickt, mehr oder weniger mit Licht gefüllt (Tafel IX, Abb. 8 und Erläuterung dazu).

Wenn wir das Objekt betrachten, erscheint es auf einem dunklen Hintergrund. Das Bild weist jedoch, obwohl wir davon ausgehen, dass wir ein Objektiv verwenden das hinsichtlich chromatischer und sphärischer Aberration absolut korrigiert ist, zwei Mängel auf, von denen der eine stärker und der andere weniger wichtig ist. Um sie zu verstehen, müssen wir erneut auf die Beugungstheorie zurückgreifen. Wir nehmen den Fall eines normalen Objekts an, d.h. eines Objekts, das eine Struktur von unterschiedlicher Feinheit aufweist, die sichtbar gemacht werden soll, und das Licht in seinen verschiedenen Teilen auch in unterschiedlichem Maße bricht. Der Einfachheit halber nehmen wir außerdem an, dass das Objekt Beugungsfächer mit einer Reihe regelmäßiger Lichtmaxima und -minima erzeugt.\*

*\* Dieselben allgemeinen Prinzipien und Überlegungen können leicht auf andere Fälle angewendet werden.*

Teilen wir nun das auf das Objekt einfallende Licht je nach dem Ausmaß der Brechung in zwei Abschnitte auf (Tafel IX, Abb. 2). In Abschnitt I platzieren wir die Strahlenbündel, die vom Objekt nur geringfügig gebrochen werden und deren gebrochene Strahlenbündel daher in die zentrale Zone des Objektivs fallen, die mit unserer schwarzen Blende abgedeckt ist. In Abschnitt II platzieren wir jene Lichtbündel, die stärker von dem Objekt gebrochen werden, dessen austretende Lichtbündel außerhalb der zentralen Zone gebrochen werden.

(Da es anscheinend Zweifel über die Bedeutung des Begriffs „gebrochenes“ Lichtbündel oder -strahl gab, ist es hier auch angebracht, darauf hinzuweisen, dass ich ihn ausschließlich im Sinne des zentralen oder axialen Strahls eines vollständigen Beugungsfächers verwende, d. h. des Strahls, der den gewöhnlichen Gesetzen der geometrischen Optik folgt.)

Nachdem wir die Lichtbündel nach dem Ausmaß ihrer Brechung unterteilt haben, müssen wir unsere beiden Unterteilungen nun je in drei Klassen unterteilen, je nach dem Grad der Lichtbeugung, der der Feinheit der Struktur entspricht. In die erste Klasse A platzieren wir die Lichtbündel, die eine grobe Struktur durchqueren und deren gesamter Beugungsfächer ohne nennenswerte Winkelausdehnung gemeinsam in das Objektiv eingelassen wird. In der zweiten Klasse, B, führen alle feineren Strukturen zu einem ausgedehnteren Beugungsfächer, aber so, dass mindestens die Beugungsspektren erster und zweiter Ordnung vom Objektiv zugelassen werden. In der dritten Klasse, C, platzieren wir noch feinere Strukturen, von denen nur Beugungsspektren erster Ordnung zugelassen werden.

Jetzt sind wir in der Lage, die Wirkung unserer schwarzen zentralen Blende über dem Objektiv zu betrachten.

Erstens in Bezug auf Abschnitt I, die die leicht gebrochenen Strahlen umfasst, Klasse A, wo der gesamte Beugungsfächer zusammen vom Objektiv zugelassen wird: Diese werden durch die Blende ausgelöscht – mit anderen Worten, alle gröberen Strukturen, die das Licht nicht zufällig stark von seinem ursprünglichen Weg ablenken, werden ausgelöscht.

Nun werden die gebrochenen Strahlen der Klassen B und C des Abschnitts I ebenfalls durch die Blende abgefangen; im ersteren Fall leidet das Bild nicht merklich, da das Objektiv mindestens zwei, aber im Allgemeinen mehrere aufeinanderfolgende Beugungsspektren desselben einfallenden Lichtbündels zulässt, aber im letzteren Fall,

d.h. in Klasse C, wo das Objektiv nur Beugungsspektren erster Ordnung zulässt, verursacht das Ablenden des dioptrischen Strahls eine Verdoppelung der Struktur, wie in dem bekannten Experiment von Prof. Abbe mit der Beugungsplatte.

In Bezug auf Abschnitt II wird die Struktur, die jeder unserer Klassen A, B und C entspricht, im Wesentlichen getreu dargestellt, wie es das Diagramm zeigt, da wir in diesem Fall immer das gebrochene Bündel zusammen mit mindestens einem, aber meist mehreren aufeinanderfolgenden Beugungsspektren haben, die zum Objektiv zugelassen werden.

Das Gesamtergebnis unseres schwarzen zentralen Blendenelements ist also, dass es uns auf dunklem Grund ein Bild des Objekts liefert, in dem die gröbere Struktur weitgehend ausgelöscht ist und ein gewisser Teil der sehr feinen Struktur etwas fehlerhaft dargestellt ist.\*

*\* Im Bild können gewisse Unterschiede auftreten, je nachdem, ob das die Struktur durchquerende Licht in den Abschnitt I oder II fällt. Dies muss nicht im Detail erörtert werden.*

Es ist nun offensichtlich, dass es bei der Behandlung allgemeiner Objekte wenig nützt, die feinere Struktur klar zu sehen, ohne ihre Beziehung zu den gröberen Teilen erkennen zu können, und das Fehlen dieser Fähigkeit ist meiner Meinung nach der große Mangel der Dunkelfeldbeleuchtung mit der in Frage stehenden Methode. Was das doppelte Erscheinungsbild einer Struktur betrifft, die im Verhältnis zum Objektiv so fein ist, dass sie nur Beugungsspektren erster Ordnung zulässt, so können wir dies mit dem Wissen, dass dies geschieht, bei unserer Interpretation der Struktur berücksichtigen. Darüber hinaus ist der Abstand der Linien so gering, dass er sich gerade an der Grenze der Sichtbarkeit befindet und daher oft nur zu einem etwas verdickten Erscheinungsbild führt. Diesem Mangel muss meiner Meinung nach bei der Behandlung allgemeiner Objekte weniger Bedeutung beigemessen werden. Die Art der Bildbildung durch starke Dunkelfeldbeleuchtung hilft uns, das Bild zu verstehen, das unter ähnlichen Bedingungen bei Verwendung von Farbscheiben zu sehen ist. Wir werden uns nun damit befassen.

Zunächst müssen wir jedoch einen Faktor berücksichtigen, der bei der Arbeit mit Farbscheiben oberhalb des Objektivs von besonderer Bedeutung ist. In einem Beugungsfächer, der mit Licht verschiedener Wellenlängen, wie z. B. weißem Licht, erzeugt wird, und der aus einem unendlich schmalen gebrochenen Strahl und einer Anzahl von Beugungsspektren besteht, können nur die Strahlen gleicher Wellenlänge zusammenwirken. Mit anderen Worten, das Licht einer bestimmten Farbe wirkt völlig unabhängig vom Licht anderer Farben.

Diese Tatsache war meines Wissens bisher noch nicht experimentell nachgewiesen worden, und deshalb führte ich eine Reihe von Testexperimenten mit auf verschiedene Weise gefärbten Scheiben durch, wobei ich ein aa-Zeiss Objektiv und die Abbe-Beugungsplatte als Objekt verwendete, und auch ein 1/5" Objektiv und Kieselalgen als Objekt, die das Obige, soweit es die visuelle Wahrnehmung betrifft, zweifellos bewiesen haben.\*

*\* Seit dieser Artikel verfasst wurde, habe ich von Dr. Czapski erfahren, dass Prof. Abbe vor einigen Jahren verschiedene Experimente mit dem gleichen Ziel durchgeführt hat.*

Es ist gut, die Wirkung von drei Arten von Farbscheiben getrennt zu betrachten, nämlich jene, bei denen nur die zentrale Zone (sagen wir ein Viertel des effektiven Durchmessers der Scheibe) gefärbt ist, jene, bei denen nur der Randbereich gefärbt ist, und jene, bei denen sowohl der zentrale als auch der Randbereich gefärbt sind.

In allen drei Fällen erhalten wir natürlich einen Hintergrund in der Farbe der zentralen Zone der Scheibe, weil das gesamte direkte Licht nur durch diesen Teil und nicht durch den anderen Teil hindurchgeht (Tafel IX, Abb. 5).

Wenn wir also eine Scheibe verwenden, bei der nur die Mitte gefärbt ist, z. B. rot, das Bild des Hintergrunds ist rot, und das Objekt erscheint ähnlich fast weiß, wie es bei der Dunkelfeldbeleuchtung der Fall war. Aber während in diesem Fall das Bild des Objekts nur durch das Licht bestimmt wurde, das außerhalb der zentralen Zone der Scheibe hindurchgeht, wird es in diesem Fall durch einige weitere Faktoren bestimmt. Denn jetzt kann ein Teil des weißen Lichts, nämlich das rote, sowohl den zentralen als auch den peripheren Teil der Scheibe durchdringen, während Licht anderer Farben nur den peripheren Teil durchqueren kann. Das Ergebnis ist daher, dass wir, soweit es das rote Licht betrifft, ein vollkommen getreues Bild des Objekts erhalten, gerade so, als ob wir einen monochromatischen Filter verwenden würden. Praktisch in derselben Position befindet sich ein Bild des Objekts, das durch die anderen Komponenten des weißen Lichts gebildet wird, das in dem geringen Ausmaß unrichtig ist, in dem das Bild, das wir mit der Dunkelfeldblende erhalten haben, unrichtig war. Aber das rote, korrekte Bild ist so viel leuchtender als das andere, weil keiner der Komponenten der Beugungsfächer ausgeblendet wurde, dass es völlig unmöglich ist, eine Verdoppelung der Struktur zu erkennen. Da das Bild des anderen als roten Lichts jedoch sozusagen auf das des roten Lichts gelegt wird, ist die Farbe des resultierenden Bildes praktisch so, als ob es von weißem Licht herrührte.

Sie werden feststellen, dass sich das Obige auf alle bezieht, außer auf Abteilung I, Klasse A (Tafel IX, Abb. 2). Mit der Dunkelfeldblende haben wir das Bild eines Teils der gröberen Struktur, der in diese Kategorie fällt, vollständig verloren, mit der Rotpunktblende tun wir dies jedoch nicht, es wird einfach in Rot dargestellt.

Wir haben also beide Mängel der Dunkelfeldbeleuchtung beseitigt, während wir den Vorteil des Kontrasts beibehalten, den sie bietet. Zwar haben wir jetzt das Bild eines Teils der gröberen Struktur in einer anderen Farbe als das Bild, das hauptsächlich aus den feineren Strukturen besteht, aber die beiden vermischen sich, und das Gesamtergebnis ist, dass die feinere Struktur deutlicher erscheint als bei normaler Beleuchtung, während wir das Bild der gröberen Struktur genauso deutlich beibehalten wie gewöhnlich.

Wenn wir eine Scheibe verwenden, deren Rand nur gefärbt ist, z. B. rot, erhalten wir etwas weniger Kontrast, aber das Bild ist fast monochromatisch. Der Grund dafür ist, dass das Bild des gesamten Objekts, mit Ausnahme eines Teils der gröberen Struktur (Unterteilung 1, Klasse A), mittels der roten Strahlen gebildet wird, während wir bei der Bildung des Hintergrunds mehr Licht erhalten als im letzten Fall, wodurch der Kontrast abnimmt. Aus diesem Grund ist es manchmal möglich, mit einer roten Scheibe bessere Ergebnisse zu erzielen als mit einer blauen, da die erstere Farbe leuchtender ist.

Wenn wir eine Scheibe verwenden, bei der der zentrale Teil und der Rest beide gefärbt sind (Tafel IX, Abb. 6), können wir einen sehr guten Kontrast erzielen, aber wir führen dann den einen Fehler ein, der mit der Verwendung der Dunkelfeldblende verbunden ist, nämlich die Verdoppelung der Struktur, von der das Objektiv nur Beugungsspektren erster Ordnung zulässt, wenn ihr gebrochenes Strahlenbündel in die zentrale Zone fällt.\*

\* Da die beiden Farben der Scheibe nie wirklich monochromatisch sind, wird theoretisch ein gewisser Wellenlängenbereich von beiden übertragen, was den Fehler tendenziell verringert. Aufgrund ihrer vergleichsweise schwachen Leuchtkraft ist der Effekt jedoch bei

Verwendung einer Scheibe mit stark kontrastierenden Farben visuell nicht wahrnehmbar. Fotografisch ist er jedoch erkennbar.

Auch in diesem Fall sollten wir die relative Intensität der von uns verwendeten Lichter im Auge behalten und sie im Hinblick auf den gewünschten Effekt modifizieren, der normalerweise darin besteht, die feinere Struktur hervorzuheben. Daher sollte der zentrale Punkt im Allgemeinen stärker gefärbt oder gefärbt sein als der Randbereich der Scheibe.

Es wird nun ersichtlich, dass wir in den ersten beiden Fällen eine Beleuchtungsart verwenden, die fast alle Vorteile einer gewöhnlichen monochromatischen Beleuchtung bietet, mit dem zusätzlichen Vorteil eines großen Hintergrundkontrasts.

Man könnte einwenden, dass der Effekt der chromatischen Aberration des Objektivs nicht eliminiert wurde. In Wirklichkeit ist dies jedoch der Fall, denn wenn man bedenkt, wie die unterschiedlich gefärbten Teile des Objektivs unabhängig voneinander wirken, wird klar, dass wir praktisch gleichzeitig mit zwei Objektiven arbeiten, von denen eines eine sehr viel kleinere numerische Apertur als das andere hat. Da sich die Tiefenschärfe jedoch umgekehrt proportional zur NA verhält, hat die zentrale Zone, wenn sie unabhängig verwendet wird, eine weitaus größere Tiefenschärfe als das gesamte Objektiv oder das gesamte Objektiv abzüglich dieser Zone. Dadurch kann sich das Bild aus der zentralen Zone an das des restlichen Objektivs anpassen und gleichzeitig scharfgestellt werden, und die chromatische Aberration wird korrigiert.

Ein sehr interessantes Merkmal der Farbscheibenmethode ist, wie Sie bereits aus dem Vorstehenden bemerkt haben, der zusätzliche Beweis, den sie für die Abbe-Theorie liefert. An dieser Stelle muss ich den gelehrten Professoren der Firma Carl Zeiss in Jena meinen Dank aussprechen, die mir im vergangenen Jahr mit großer Höflichkeit und Großzügigkeit wertvolle Hilfe und Ratschläge zur Weiterentwicklung dieses Beleuchtungssystems gegeben haben und denen bestimmte Modifikationen der Methode für Arbeiten mit geringer Objektivvergrößerung und insbesondere die folgende geniale optische Demonstration der Prinzipien der Abbe-Theorie zu verdanken sind.

Sie haben einige Farbscheiben aus grünem Glas hergestellt, in die ein kleines rotes Glas mit 2 mm oder 3 mm Durchmesser eingesetzt ist; der eine Teil der Scheibe hat jedoch keine planparallelen Flächen, sondern ist leicht prismatisch geformt (Tafel IX, Abb. 1h) und bewirkt eine Verschiebung des Bildes im Vergleich zum anderen Teil. Durch Verwendung eines solchen Glases in der hinteren Brennebene des Objektivs erhalten wir zwei Bilder eines beliebigen Objekts nebeneinander, das eine wird durch die rote Mitte gebildet, das andere durch den grünen Rand.

Die Natur dieser beiden Bilder habe ich bereits erklärt, und Sie werden daher leicht verstehen, dass wir durch die vorliegende Anordnung durch das Mikroskop gleichzeitig ein rotes Bild auf einem roten Hintergrund einer geeigneten Kieselalge sehen, das viel grobe Struktur und sehr wenig feine Struktur zeigt, neben einem grünen Bild der Kieselalge mit feinen Details und etwas unklar in Bezug auf seine gröbere Struktur. Dies liefert einen außergewöhnlich eindrucksvollen optischen Beweis für die Tatsache, auf die Prof. Abbe zuerst hingewiesen hat, nämlich dass ein einzelner Brechungs- (oder Beugungs-)Strahl keine Strukturen zeigt; wenn jedoch mindestens zwei der aus einem einzelnen Elementarstrahl austretenden Strahlen auf eine feine Struktur treffen, wird diese Struktur sichtbar. Scheiben wie beschrieben, die ich als machbare Farbbildscheiben bezeichnen werde, sind auch sehr interessant, da sie die relative Rolle zeigen, die die verschiedenen Zonen des Objektivs bei der Bildbildung spielen, wenn man sie von einem anderen

Standpunkt aus betrachtet, nämlich je nach der Lichtintensität, die unter verschiedenen Bedingungen aus den verschiedenen Zonen zum Auge gelangt. Ich werde Ihnen eine Reihe von vier Mikrofotografien zeigen, die alle mit einem 1" Objektiv unter genau denselben Bedingungen aufgenommen wurden, mit der Ausnahme, dass die Öffnung der Irisblende variiert wurde.

Bei der Aufnahme der ersten (Tafel X. Abb. 1) war die Iris auf einen Durchmesser von 2 1/2 mm geschlossen, unter dieser Bedingung konnte nur der rote zentrale Teil der Farbscheibe direktes Licht empfangen. Der Hintergrund war daher rot und erscheint daher auf der Fotografie dunkel gefärbt. In starkem Kontrast zum Hintergrund sehen wir die weißen Bilder A, die durch den grünen Randbereich der Scheibe gebildet werden und viele Einzelheiten zeigen, obwohl es einigen an Umrisschärfe mangelt, und die dunklen Bilder B, die einen starken Umriss zeigen, denen aber bis auf die grösste Struktur alles fehlt.

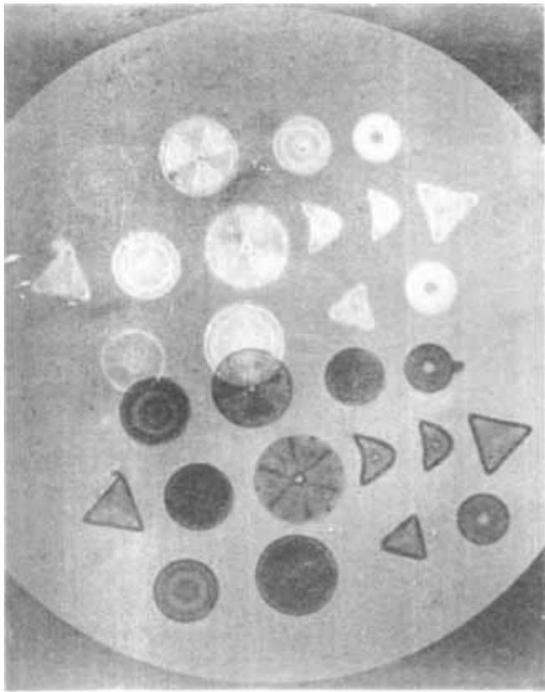
Als nächstes haben wir dasselbe (Tafel X. Abb. 2), aufgenommen mit einer Irisöffnung von 6 mm, unter welcher Bedingung nicht nur der rote zentrale Teil der Scheibe, sondern auch ein schmaler Ring des grünen Teils direktes Licht empfangen würde. Die Farbe des Hintergrunds wird nun ein gewisses Element von Grün enthalten, anstelle von reinem Rot, wie zuvor, und in der Folge werden die grünen Bilder A nicht so gut damit kontrastieren. Die dunklen Bilder B zeigen eine noch deutlichere Kontrastminderung, da es sich bei diesen fast ausschließlich um Bilder gebrochener Strahlen handelt und kaum etwas von dem zusätzlichen Licht, das wir durch Vergrößerung der Irisöffnung erhalten haben, bei ihrer Entstehung verwendet wird.

Auf der nächsten Fotografie (Tafel X, Abb. 3), aufgenommen mit einem Irisdurchmesser von 7 1/2 mm, wird der Hintergrund noch grünlicher, so dass die grünen Bilder A beginnen, von hell auf dunklem Grund zu dunkel auf hellem Grund zu wechseln. Die Bilder B werden noch blasser als zuvor.

Die letzte der Reihe (Tafel X, Abb. 4) wurde mit einem Lichtkegel (12 mm Irisdurchmesser) aufgenommen, der der vollen Blendenöffnung des Objektivs entspricht, so dass die gesamte Farbscheibe direktes Licht empfängt. Der Hintergrund erscheint vollständig grün und ist daher auf der Fotografie hell gefärbt, und jetzt erscheinen die Bilder A in starkem Kontrast dazu ganz dunkel. Andererseits sind die Bilder B praktisch verschwunden, das Übermaß an direktem Licht, das durch den grünen Teil der Scheibe fällt, hat sie überflutet, und die Fotografie ist im Grunde genommen dieselbe, als ob sie ohne die rote Mittelblende aufgenommen worden wäre.

Ich möchte hier erwähnen, dass diese Fotografien auf den farbempfindlichsten erhältlichen Platten aufgenommen wurden, nämlich Cadett's Spektralplatten. Wären weniger farbempfindliche Platten verwendet worden, wäre der Übergang des Hintergrunds von dunkel nach hell besser dargestellt worden, allerdings wären die Bilder B nicht so gut wiedergegeben worden.

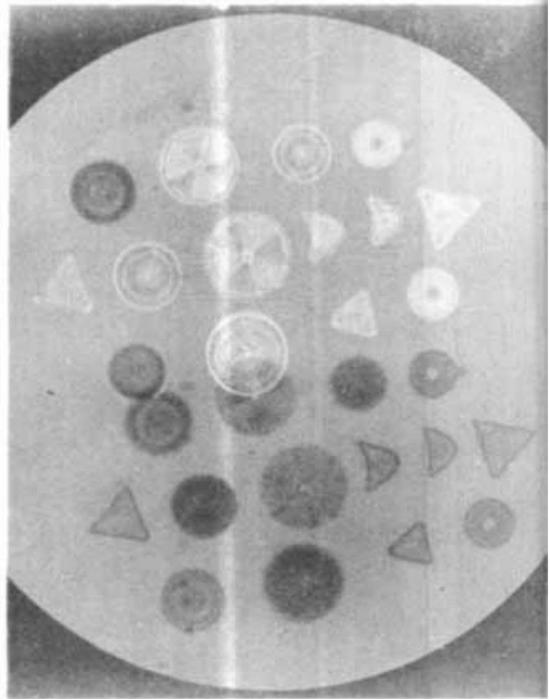
Tafel X



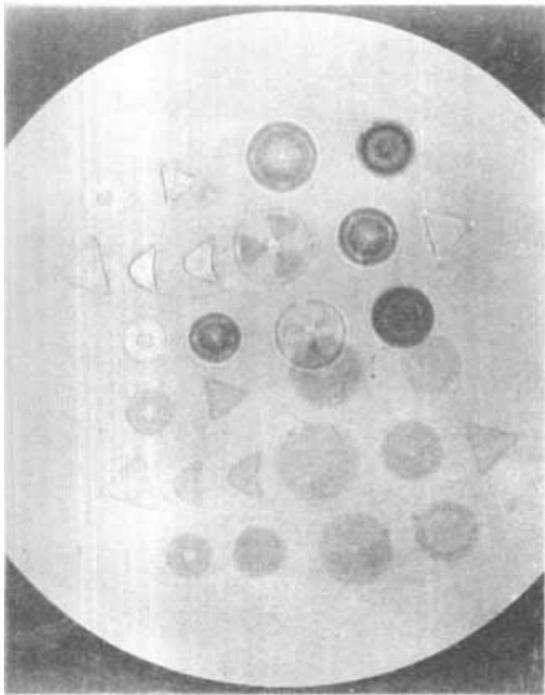
A

B

I



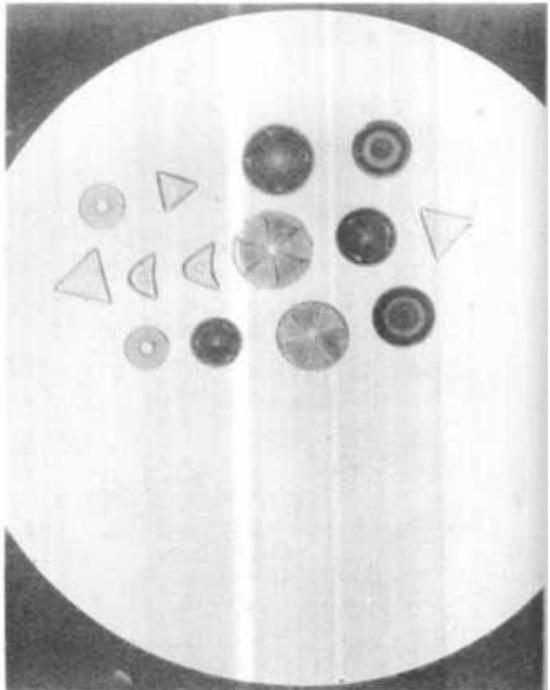
2



A

B

3



4

A Series of Photo-micrographs, taken with a double-image color-disc

Unter einem der heute Abend ausgestellten Mikroskop finden Sie Objekte, die mit den Doppelbild-Farbscheiben angeordnet sind, und Sie können dort die Ergebnisse viel deutlicher sehen als auf den unvollkommenen Fotografien, die ich machen konnte. Eine große Besonderheit der visuellen Wahrnehmung besteht darin, dass sich die Bilder A vom grünen Rand beim allmählichen Öffnen der Iris von grün nach rot zu ändern scheinen, während das Bild B vom roten Mittelteil grünlich zu werden scheint. Dies ist ein rein subjektiver Farbeffekt.

Aus diesen Fotografien mit den Doppelbild-Farbscheiben lässt sich meiner Meinung nach eine wichtige Tatsache lernen: Wenn wir zunehmend breitere Beleuchtungskegel verwenden, arbeiten wir immer mehr mit den Randzonen des Objektivs und immer weniger mit dem Mittelteil. Der Grund ist offensichtlich. Wenn wir ein Objektiv mit einer Rückseitenlinse von beispielsweise 8 mm in vier Zonen unterteilen, indem wir imaginäre Kreise mit einem Radius von 1, 2, 3 und 4 mm zeichnen, betragen die Beleuchtungsstärken der Zonen 22, 42 - 22, 62 - 42 und 82 - 62 bzw. 1, 3, 5, 7.

Es ist nun offensichtlich, dass wir beim Fokussieren eines Bildes es so einstellen, dass es spezieller mit der Zone des Objektivs funktioniert, die die größte Beleuchtungsstärke hat, d. h. durch die die meisten Lichtstrahlen das Auge erreichen. Wenn wir einen Beleuchtungskegel verwenden, dessen Öffnung der Öffnung des Objektivs entspricht, kann davon ausgegangen werden, dass jeder Teil der gesamten Fläche der Objektivrückseite ungefähr die gleiche Menge an direktem Licht und die gleiche Menge an gebeugten und gebrochenen Strahlen empfängt. Folglich erreicht das meiste Licht das Auge aus der Randzone des Objektivs, während das Licht aus den anderen Zonen in geringerem oder größerem Maße ausgeblendet wird. Bei der fotografischen Platte passiert natürlich dasselbe. Das praktische Ergebnis scheint zu sein, dass wir auf die äußerste Zone des Objektivs fokussieren, die direktes Licht vom Kondensator empfängt. Dies erklärt wahrscheinlich bis zu einem gewissen Grad, warum nur wenige Objektive mit hoher Vergrößerungsleistung die Verwendung eines vollen Lichtkegels zulassen.

Aber das ist ein wenig eine Abschweifung vom Hauptthema.

Lassen Sie mich nun auf die Methode der optischen Färbung eingehen, die mit geringer Vergrößerung möglich ist. Dies ist, wie ich bereits erwähnt habe, eine Erweiterung der gewöhnlichen Dunkelfeldbeleuchtung.

Wir platzieren farbige Scheiben in dem Blendenträger des Kondensators, die denen ähneln, die über dem Objektiv verwendet werden, nur von größerer Größe, und in diesem Fall muss der zentrale Teil der Scheibe, den wir als blau annehmen, groß genug sein, damit der von ihr übertragene Lichtkegel die Öffnung des Objektivs vollständig ausfüllt (Tafel IX, Abb. 3). Der rote Rand sollte die volle Öffnung des Kondensators ausmachen. Wenn wir einen Lichtkegel verwenden, der so groß ist, wie der Kondensator es zulässt, sehen wir das Objekt rot auf einem blauen Hintergrund. Bei der vorherigen Methode verwendeten wir die zentralen Lichtbündel, die in einem relativ kleinen Winkel zur Normalen auf das Objekt auftreffen und nach außen in andere Bereiche des Objektivs gebeugt werden; bei dieser Methode verwenden wir hauptsächlich die schrägen Beleuchtungsstrahlen des Kondensators, die das Objekt nach innen beugt, damit sie vom Objektiv aufgenommen werden können (Tafel IX, Abb. 4).

Bis hierhin ist die Wirkung der beiden etwas analog, aber die Bedingungen, die das Ergebnis bei der vorliegenden Methode bestimmen, sind viel einfacher als bei der früheren, denn sie lösen sich auf eine bloße Frage der relativen Lichtmenge der

verschiedenen Farben auf, die auf das Objekt auftreffen.

Wenn der Durchmesser der zentralen blauen Zone ein Drittel des Durchmessers der gesamten Scheibe beträgt, ist der Flächenunterschied zwischen ihr und dem roten Teil so groß, dass der relativ kleine Prozentsatz der ersteren die allgemeine Farbe des Objekts kaum sichtbar beeinflusst.

Mit dieser Methode können wir auch viele weitere Ergebnisse erzielen, indem wir Scheiben mit unterschiedlich angeordneten Farben verwenden. Angenommen, wir verwenden eine Scheibe, deren Mitte rot ist und deren Rand in vier Quadranten unterteilt ist, wobei die beiden gegenüberliegenden blau und die beiden anderen gelb sind (Abb. 1g), und wir betrachten ein Objekt mit rechtwinklig zueinander stehenden Gittern oder Streifen. Wenn wir dann darauf achten, die Scheibe in die richtige Position zu bringen, erscheint ein Satz blau, der andere gelb, das Ganze auf einem roten Hintergrund.

Wenn wir wiederum eine Scheibe verwenden, deren Mitte rot ist und deren Rest zweiseitig geteilt ist (Tafel IX, Abb. 1e), und ein gezacktes oder faseriges Objekt betrachten, z. B. ein Bündel Muskelfasern, erscheint die eine Seite der einzelnen Fasern blau, die andere gelb. Die allgemeine Form und Struktur eines Objekts wird auf diese Weise am deutlichsten hervorgehoben.

Die gleichen Effekte, die mit geringer Vergrößerung durch Verwendung farbiger Scheiben im Blendenträger des Kondensators erzielt werden können, können auch erzielt werden, wenn auch im Allgemeinen nicht so bequem, indem man ähnlich wie die Scheiben gefärbte Filter zwischen die Beleuchtungsquelle und den Spiegel legt, und mit hoher Vergrößerung können wir die gleichen Effekte wie die zuvor beschriebenen mit Scheiben über dem Objektiv erzielen, indem wir Scheiben geeigneter Größe zwischen Objekt und Objektiv oder zwischen die Linsen des Objektivs legen – tatsächlich habe ich mit der letzteren Methode meine besten Ergebnisse erzielt, obwohl sie für die allgemeine Praxis sehr offensichtliche Nachteile hat. Die Scheiben zwischen Objekt und Objektiv anzuordnen, hat den Nachteil, dass die Flecken oder andere Färbungen auf den Scheiben äußerst klein sein müssen und dass eine Scheibe in dieser Position die Korrektur der Linse sehr viel stärker stört, als wenn die Scheibe über dem Objektiv angebracht ist, so dass für gewöhnlich letztere Vorgehensweise am nützlichsten ist.

Es ist auch möglich, die Methoden mit hoher und niedriger Vergrößerung mit einem Objektiv von beispielsweise 0,6 NA zu kombinieren, obwohl ich auf diese Weise noch keine sehr zufriedenstellenden Ergebnisse erzielen konnte. Wir würden in diesem Fall beispielsweise eine Scheibe im Träger des Kondensators verwenden, die einen blauen Rand hat, der den gesamten ringförmigen Lichtkegel (wenn ich diesen Ausdruck verwenden darf) von mehr als 0,6 NA zulässt, während der Rest der Scheibe mit Ausnahme eines kleinen zentralen Bereichs, der einen Kegel von 0,1 bis 0,2 NA zulässt und klar bleibt, geschwärzt wäre (Tafel IX, Abb. 1k). In Verbindung damit sollten wir eine der gewöhnlichen Scheiben (Tafel IX, Abb. 1c oder b) über dem Objektiv verwenden, wie zuvor beschrieben, und die beiden Scheiben würden sich dann gegenseitig hinsichtlich der Wirkung unterstützen.

Nun zu den Anwendungen, für die sich diese Methoden der Objektbetrachtung meiner Meinung nach eignen.

Erstens können wir viele ungefärbte botanische und physiologische Präparate mit größerem Vorteil betrachten. Die Wirkung der Farbscheiben auf diese besteht in vielen

Fällen nicht nur darin, dass die Struktur deutlicher erscheint, sondern auch darin, dass die Tiefenwahrnehmung erhöht wird und das Objekt in ein fast stereoskopisches Relief gehoben wird. Dies scheint teilweise auf die Vermischung der Farbe des Hintergrunds mit der des Objekts in einem größeren oder kleineren Verhältnis je nach seiner Form, Dicke usw. zurückzuführen zu sein, was zu einem allmählichen Übergang zwischen zwei kontrastierenden Farben führt, den das Auge, ähnlich wie Schatteneffekte, leicht und unbewusst als Relief interpretiert. Tatsächlich haben wir eine verstärkte Form des bekannten stereoskopischen Effekts, wenn wir Komplementärfarben nebeneinander betrachten.

Abgesehen davon erhalten wir aber aus Gründen, die ich nicht ganz erklären kann, tatsächlich eine größere Tiefenschärfe, insbesondere bei der Methode mit geringer Vergrößerung, und Schnitte, die für die normale Betrachtung zu dick sind, erscheinen bei Anwendung dieser Methode ganz deutlich; halbopake Präparate wie Knochen, bei denen es oft schwierig ist, sehr dünne Schnitte zu erhalten, sind besonders gut zu erkennen.

Ich hoffe daher, dass sich die Methode für den praktischen Arzt und Studenten als nützlich erweisen wird, wenn eine schnelle Untersuchung von Schnitten oder Objekten wünschenswert ist und sorgfältiges Schneiden und Färben unmöglich ist oder zu lange dauern würde. Was das Färben betrifft, ist es natürlich nur auf solche Objekte anwendbar, bei denen der Grund für das Färben ein allgemeiner Kontrast zum Hintergrund ist, da es offensichtlich ist, dass es selektives Färben in keiner Weise ersetzen kann. Gefärbte Präparate selbst sind auch auf einem Hintergrund anderer Farbe gut zu erkennen, insbesondere wenn sie zu dick sind, um mit gewöhnlichen Methoden gut gesehen zu werden.

Zweitens ist es in diesem wichtigen Forschungsbereich verfügbar – der Beobachtung lebender Organismen. Gegenwärtig haben wir nur wenige Mittel, um die Struktur lebender Organismen ausreichend deutlich zu differenzieren, außer mit Hilfe von ein oder zwei Farbstoffen wie Bismarckbraun oder durch Dunkelfeldbeleuchtung. Die Farbscheibenmethode scheint insbesondere die inneren Organe deutlicher hervorzuheben. Bei solchen Lebewesen, die von Natur aus in verschiedenen Teilen unterschiedliche Farben aufweisen, lassen sich im Allgemeinen bessere Ergebnisse mit Scheiben erzielen, deren Mitte nur gefärbt ist, da ein gefärbter Rand die natürliche Farbvielfalt weitgehend unterdrückt.

Für Kristalle und andere mineralogische Proben ist die Methode sehr gut geeignet, da sie deren Form besser zur Geltung bringt als sonst.

Für die Untersuchung von handelsüblichen Fasern wie Seide, Wolle, Baumwolle und zur Betrachtung dünner Stoffe ist sie nützlich, da sie es ermöglicht, die Fasern oder Fäden leichter zu zählen, abgesehen von der größeren Deutlichkeit der Struktur. Ich möchte erwähnen, dass ich mit einer der oben beschriebenen Scheiben, bei der ich rotes und blaues Licht in rechtwinklig zueinander stehenden Richtungen auf das Objekt geworfen habe, den Schuss eines fein gewebten Stoffes vollständig rot erscheinen lassen konnte, während die Kette blau erschien.

Die nächste Klasse von Objekten, für die ich sie für wertvoll halte, sind solche, bei denen wir uns mit der Auflösung von Streifen oder Punkten befassen, z. B. Kieselalgen und alle Objekte, die Licht in regelmäßiger Weise stark brechen und beugen. Da das gesamte System der Farbscheibenbeleuchtung auf Brechung und Beugung beruht, eignen sich solche Objekte von Natur aus zum Experimentieren und führen im Allgemeinen leicht zu

einer Reihe von Ergebnissen, die über die mit den gewöhnlichen konzentrisch angeordneten Farbscheiben erzielten hinausgehen. Wenn die Streifen aus Gärten bestehen, können wir mit der Methode mit geringer Vergrößerung die gegenüberliegenden Seiten der Gärten unterschiedliche Farben annehmen lassen. Wenn es Reihen von Streifen in unterschiedliche Richtungen gibt, können wir sie ebenfalls farblich unterscheiden. Mit Hilfe der modifizierten Farbscheiben, auf die ich bereits hingewiesen habe, können wir die grobe Struktur optisch von der feinen trennen und beide nebeneinander betrachten und so weiter.

Mikroskopiker haben oft betont, dass bei Kieselalgen und vielen anderen Objekten häufig nicht nur das berücksichtigt werden muss, was wir tatsächlich sehen, sondern auch die Schlüsse, die wir aus dem, was wir zufällig sehen, über die Struktur ziehen können. Als bekanntes Beispiel möchte ich Luft- oder Ölblasen im Wasser nennen. Und in all diesen Fällen, in denen wir uns mehr oder weniger auf Schlüsse verlassen müssen, wird sich meines Erachtens die Farbscheibenmethode als sehr nützlich erweisen; sie kann sozusagen die Rolle einer speziellen Art optischer Analyse spielen. Dies führt mich zu einem weiteren wichtigen Thema, bei dem ich überzeugt bin, dass die Anwendung der Methode gute Ergebnisse liefern wird, nämlich bei theoretischen Untersuchungen zur Optik des Mikroskops und bestimmten Fragen der Optik im Allgemeinen. Es scheint mir, dass Fragen wie die gegenseitige Wechselwirkung von Licht unterschiedlicher Wellenlängen unter bestimmten Umständen, die genaue Rolle, die die verschiedenen Zonen des Objektivs bei der Bildbildung unter verschiedenen Bedingungen spielen, die relative Qualität und Natur von Brechungs- und Beugungsstrahlen und andere Probleme im Zusammenhang mit der Interferenz von Lichtwellen im Zusammenhang mit der Bildung des mikroskopischen Bildes mit ihrer Hilfe weiter geklärt werden könnten.

In begrenztem Umfang habe ich selbst in den oben genannten Bereichen experimentiert, aber umfassendere Untersuchungen, als ich durchführen kann, selbst wenn ich die Zeit dazu hätte, sind sicherlich wünschenswert, und ich hoffe, dass sie von einigen Mitgliedern der Royal Microscopical Society oder anderen kompetenten Wissenschaftlern durchgeführt werden.

An dieser Stelle möchte ich auch anmerken, dass dieser Aufsatz nicht mehr als eine Aufzeichnung von Experimenten und eine Darlegung meiner persönlichen Ansichten sein soll, die, soweit sie sich auf die praktische Anwendung der betreffenden Methoden beziehen, durch die tatsächlichen Ergebnisse unabhängiger Forscher in den verschiedenen Zweigen der praktischen Mikroskopie bestätigt werden müssen. Was den Nutzen der Methode für die Weiterentwicklung der mikroskopischen Optik betrifft, so freue ich mich, zur Bestätigung meiner Ansichten sagen zu können, dass dies von so bekannten Autoritäten wie Prof. Abbe und Dr. Czapski aus Jena anerkannt wurde, die mir gegenüber vor etwa einem Jahr ihre Meinung zum Ausdruck brachten, dass die Methode an sich von großem theoretischen Interesse ist und sich wahrscheinlich in der theoretischen Forschung als wertvoll erweisen würde.

Es gibt einen Bereich der Mikroskopie, in dem die Farbscheiben möglicherweise vorteilhaft eingesetzt werden können, auf den ich noch nicht angespielt habe, nämlich die Mikrofotografie.

Dieses Thema ist zu umfangreich, um es in einem Aufsatz wie dem vorliegenden abzudecken; außerdem habe ich in dieser Richtung zu wenige Experimente gemacht, um mir eine Meinung über ihren praktischen Nutzen bilden zu können. Es kann jedoch sein, dass wir damit beispielsweise einen größeren Kontrast bei der Hochleistungsphotografie

erzielen können, da wir den relativen aktinischen Anteil des Lichts, das den Hintergrund abbildet, und des Lichts, das das Objekt abbildet, oder sogar einer bestimmten Struktur im Objekt verändern können. Auf jeden Fall kann man aus theoretischer Sicht interessante Ergebnisse erwarten, wenn man die Farbscheiben in der Mikrofotografie anwendet, und ich bin überzeugt, dass sich eine ausgedehnte Reihe von Experimenten in dieser Richtung für den Zeitaufwand auszahlen wird.

Es ist vielleicht nicht verkehrt, kurz zu beschreiben, wie die Farbscheiben hergestellt werden können.

Für die Kondensorfarbscheiben kann Glas verwendet werden, das in der erforderlichen Weise mit gefärbter Gelatine bemalt wurde. Falls gewünscht, kann ein anderes dünnes Glas mit Kanadabalsam über den Gelatinefilm geklebt werden, um Kratzer zu vermeiden. Für die Scheiben, die mit dem Objektiv verwendet werden sollen, sind Gelatinefilme jedoch nicht geeignet, da sie nicht ausreichend homogen gemacht werden können. Für diese ist es vorzuziehen, die Gläser mit gefärbtem Kollodium zu beschichten. Dies kann durch Auflösen einer kleinen Menge eines Farbstoffs wie Fuchsin, Methylenblau oder Malachitgrün in Alkohol erfolgen, zu dem nach Filtration eine gleiche Menge Ether gegossen wird. Dazu wird ausreichend reines Kollodium hinzugefügt, um einen dünnen Film auf dem Glas zu bilden (im Allgemeinen eine gleiche Menge wie die obige Mischung). Wenn sich das Kollodium beim Auftragen auf das Glas ablöst, sollte mehr Alkohol hinzugefügt werden; wenn der Film beim Trocknen reißt, muss mehr Ether hinzugefügt werden. Mikroskopische Deckgläser müssen beim Trocknen mit mehr Ether versetzt werden. Mikroskopische Deckgläser der erforderlichen Größe werden nun mit den Farbmischungen beschichtet. Angenommen, wir möchten beispielsweise eine Scheibe mit 2 mm Durchmesser, blauer Mitte und rotem Rand herstellen, dann sollten wir eine rote Scheibe nehmen und den Kollodiumfilm mit einer Nadelspitze aus der zentralen Zone mit 2 mm Durchmesser abkratzen, und von einer blauen Scheibe sollten wir den Film überall außer dem zentralen Teil entfernen. Dann können die beiden Gläser mit Kanadabalsam zusammengeklebt werden, wobei ihre beschichteten Oberflächen in Kontakt sind.

Für Versuchszwecke, bei denen keine große Haltbarkeit erforderlich ist, können wir ein einzelnes Stück dünnes Glas auf einer Seite mit einer Farbe und auf der anderen Seite mit der anderen Farbe beschichten und dann die Filme abkratzen, wo sie nicht gefärbt sind, und dann die Filme abkratzen, wo sie nicht erwünscht sind. Wenn absolute Homogenität des Films erforderlich ist, ist es besser, große dünne Glasplatten mit dem Kollodium zu beschichten und anschließend die runden Scheiben daraus zu schneiden.

Eine andere Möglichkeit, die Scheiben herzustellen, besteht darin, ein rundes Stück Glas einer Farbe in ein entsprechendes Bohrloch einer anderen Farbe einzusetzen und die beiden zusammenschleifen, um planparallele Oberflächen zu erhalten, da wir sonst eine seitliche Verschiebung der Bilder der beiden Teile wie bei den Doppelbild-Farbscheiben erhalten. Eine bessere Methode als diese beiden, zweifellos die beste, wäre, Glas direkt in verschiedenen Farben zu färben, wenn dies möglich ist.

Neben der Homogenität der Scheiben ist eine weitere Voraussetzung erforderlich, um bei Hochleistungsarbeiten die besten Ergebnisse zu erzielen, nämlich eine gewisse Vorsorge für die Änderung der Korrektur der Linse durch die Zwischenschaltung der Glasscheiben über (oder zwischen) den Linsen des Objektivs zu treffen. Wenn es nicht zu teuer wäre und nicht für jeden Farbeffekt eine eigene Linse benötigen würde, könnte man eine der Objektivlinsen selbst entsprechend färben, aber selbst dies hätte den Nachteil, dass die Größe des Flecks festgelegt wäre, während die Praxis zeigt, dass für manche Objekte

größere Flecken wünschenswerter sind als für andere. Zweifellos können Optiker jedoch einige einfache und praktische Lösungen finden, um die Scheiben in optimaler Harmonie mit dem Rest des Mikroskops verwenden zu können.

Bei der Methode für geringe Vergrößerung ist es wünschenswert, eine Vorrichtung zu haben, mit der der Abstand zwischen den Scheiben und der hinteren Linse des Kondensors innerhalb bestimmter Grenzen verändert werden kann, da uns dies ermöglicht, die NA des Kegels, der durch den zentralen Bereich verläuft, je nach Bedarf zu steuern.

Ich werde Sie nicht viel länger belästigen, da dieser Artikel bereits länger ist als beabsichtigt, aber ich kann nicht schließen, ohne ein oder zwei Worte zu einem Einwand zu sagen, der wahrscheinlich gegen die Verwendung der Methode mit Farbscheiben mit hoher Vergrößerung erhoben wird.

In einer Zeit wie der heutigen, in der es zwei Schulen von Mikroskopikern gibt, von denen die eine breite, die andere schmale Beleuchtungskegel bevorzugt, bin ich mir völlig bewusst, dass jede Methode, die für die letztere Arbeitsweise angepasst ist, von vielen mit Missfallen betrachtet wird. Persönlich kann ich mich nicht für eine der beiden Parteien entscheiden, das Thema ist zu kompliziert; es gibt zu viele Vor- und Nachteile auf beiden Seiten; und wenn wir sehen, wie der Krieg auf beiden Seiten um das Thema tobt; und wenn wir sehen, wie noch in diesem Jahr im „English Mechanic“ über dieses Thema gestritten wird, und wenn wir die Meinungsverschiedenheiten der verschiedenen Autoritäten zur Kenntnis nehmen, möchte ich behaupten, dass die ganze Frage auf die Erleuchtung weiterer Untersuchungen warten muss, bevor wir die Angelegenheit definitiv als geklärt betrachten können, und dass es gegenwärtig weitgehend eine empirische Frage ist, welche Größe des Beleuchtungskegels am besten zu verwenden ist. Vielleicht trägt die Farbscheibenmethode zur weiteren Aufklärung dieses äußerst wichtigen Problems bei.

Abschließend möchte ich die Hoffnung zum Ausdruck bringen, dass die heute Abend besprochenen Beobachtungsmethoden von Optikern und praktischen Mikroskopikern aufgegriffen und weiterentwickelt werden und dass sie in Kürze definitiv als Hilfsmittel für die mikroskopische Forschung etabliert sein werden.