

Methode:

Grundlagen der Farb-Mikrofotografie

Literatur: GÖKE, G.: Moderne Methoden der Lichtmikroskopie. Stuttgart 1988.

Anwendungsbereich:

Alle mikrofotografischen Systeme

Wer sich heute erstmals mit der Farb-Mikrofotografie beschäftigt, verfügt bereits über Erfahrungen aus der Amateur-Farb- und Schwarzweiß-Mikrofotografie. Er ist an gute Ergebnisse gewöhnt und deshalb um so mehr erstaunt, wenn ihm bei der Anwendung der bewährten Methoden mit den gleichen Filmen in der Farb-Mikrofotografie Schwierigkeiten begegnen. Die Erkennung der Ursachen von Mißerfolgen wird dadurch erschwert, daß sich die vielen möglichen Fehler vorzugsweise in Farbverschiebungen auswirken. In diesem Beitrag wird auf zahlreiche Fehlerquellen hingewiesen, nach deren Beseitigung sich mit der Farb-Mikrofotografie ebenso einwandfreie Ergebnisse wie mit der Mikrofotografie in Schwarzweiß erzielen lassen. Die besonderen Bedingungen der Farb-Mikrofotografie erfordern eine sorgfältige Berücksichtigung der Eigenschaften des Farbfilms, eine besonders exakte Belichtung und die optimale Nutzung der Mikroskop-Optik. Außerdem müssen die Präparate für die Farb-Mikrofotografie geeignet sein.

Der Farbfilm

Die Verwendung von Negativfilm soll auf wenige Ausnahmen beschränkt bleiben, weil dem verarbeitenden Fotolaboranten in der Regel die Erfahrungswerte für die Beurteilung der richtigen Farbwiedergabe fehlen. Sonst ist der Umkehrfilm unbedingt vorzuziehen. Die Umkehranstalten arbeiten so zuverlässig, daß die Qualität der Aufnahmen lediglich von der richtigen Belichtung abhängt und somit ausschließlich in den Händen des Mikroskopikers liegt. Der typische „Farbwiedergabe-Charakter“ eines Farbfilms ist Gegenstand vieler emotionell gefärbter Diskussionen. Da jedes Fabrikat seine Stärken und Schwächen hat, kann zur Filmwahl nicht viel gesagt werden. Die Eignung eines Farbfilms für die Mikrofotografie ist von mehreren Faktoren abhängig, die hier kurz erklärt werden sollen.

Die gering empfindlichen Typen (12–15° DIN) haben für die Mikrofotografie kontrastarmer Objekte den Vorteil der steileren Gradation und besseren Feinkörnigkeit. Das gilt aber nur für kurze Belichtungszeiten. Die Gradation eines Farbumkehrfilms wird bei längerer Belichtungszeit, wie sie in der Mikrofotografie oft erforderlich ist, wesentlich steiler. Aus diesem Grunde sind auch mit Farbumkehrfilmen mittlerer Empfindlichkeit (18–21° DIN) entgegen den Erwartungen sehr brillante Mikroaufnahmen möglich. Bei extrem langen Belichtungszeiten, wie sie zum Beispiel in der Fluoreszenzmikroskopie vor-

kommen, liefern auch die höchstempfindlichen Farbfilme mit sehr flachem Gradationsverlauf Diapositive, die unter den Bedingungen der normalen Projektion allen Anforderungen genügen. In der Praxis gelten deshalb folgende Regeln: Für relativ kurze Belichtungszeiten (max. 5 Sekunden) ist ein gering empfindlicher Umkehrfilm wegen seiner steilen Gradation und Feinkörnigkeit am besten geeignet. Muß länger belichtet werden (max. 60 Sekunden) liefert der Umkehrfilm mittlerer Empfindlichkeit gute Resultate. Bei noch längeren Belichtungszeiten kann auch höchstempfindlicher Film benutzt werden.

Welches Filmformat am besten geeignet ist, richtet sich nach dem Verwendungszweck. Als Druckvorlage werden großformatige Diapositive bevorzugt. Der Kleinbildfilm ist hingegen rationeller und genügt meistens den Anforderungen.

Ogleich der für 3200 Kelvin (K) sensibilisierte Kunststoff-Farbfilm grundsätzlich angebracht wäre, verwenden die meisten Praktiker Tageslicht-Farbfilm in Verbindung mit einem Konversionsfilter. Das Filter hat die Aufgabe, die Farbtemperatur des Glühlampenlichtes (2800–3300 K) an die Sensibilisierung des Farbfilms (5400 bis 6000 K) anzupassen. Die Schott-Gläser BG 34/1 mm und BG 34/2 mm sind dafür gut geeignet, doch muß die Richtigkeit der spektralen Anpassung von Fall zu Fall überprüft werden.

Um die im Fotohandel erhältlichen Konversionsfilter im gesamten Farbtemperaturbereich ohne umständliche Berechnung verwenden zu können, gibt man ihren Umwandlungswert nicht in K (Grad Kelvin) an, sondern in einem Verhältniswert und nennt diesen Deca-Mired (deca = 10; Mired = Abkürzung von micro reciprocal degree, d. h. Kehrwert von Millionstel Grad = $\frac{100\,000}{^\circ\text{K}}$). Die Bestimmung des richtigen Filters wird erleichtert, wenn man auch die Farbtemperatur von Lichtquelle und Farbfilm in Deca-Mired (daM) umrechnet.

Beispiel 1: Wir verwenden eine Niedervolt-Mikroskopierleuchte 6 V/15 W (Betriebsspannung 6 V) mit einer Farbtemperatur von 2850 K. Der Farbfilm ist für 5500 K sensibilisiert. Für die spektrale Anpassung benötigen wir ein Konversionsfilter, dessen daM-Wert sich aus der Formel

$$\text{Film-daM} - \text{Licht-daM} = \text{Filter-daM}$$

errechnet. Setzen wir in diese Formel die bekannten Werte ein, so erhalten wir den Umwandlungswert des erforderlichen Filters in daM:

$$\frac{100\,000}{5500} - \frac{100\,000}{2850} = 18\text{ daM} - 35\text{ daM} = -17\text{ daM}$$

Negative daM-Werte bedeuten Blaufilter, positive Rosafilter.

Beispiel 2: Wir belichten mit einem Elektronenblitz von 6000 K. Die Sensibilisierung des Farbfilms wird vom Hersteller mit 5500 K angegeben. Gemäß der Gleichung

$$\frac{100\,000}{5500} - \frac{100\,000}{6000} =$$

$$18\text{ daM} - 17\text{ daM} = +1\text{ daM}$$

benötigen wir ein schwaches Rosafilter, wenn wir einen leichten Blaustich verhindern wollen.

Konversionsfilter (Blau und Rosa) gibt es in mehreren daM-Werten (auch als D.M. bezeichnet). Sie können miteinander kombiniert werden, da sich ihre daM-Werte addieren. In Grenzfällen ist immer das weniger starke Filter empfehlenswert. Handelsübliche Farbtemperatur-Meßgeräte geben das benötigte Filter gleich in daM (oder D.M.) an.

Die Richtigkeit der Farbwiedergabe ist vom Verhältnis der Objektfarbe zur spektralen Empfindlichkeit und spektralen Absorption der drei Schichtfarbstoffe des Farbfilms abhängig. Man muß bedenken, daß der Farbfilm für die konventionelle Fotografie bestimmt ist. Die im Alltag vorkommenden Farben sind überwiegend Mischfarben, deren Komponenten auf ein ziemlich breites Spektralgebiet verteilt sind. Solche Mischfarben werden vom Farbfilm sehr gut wiedergegeben. Wenn jedoch reine Spektralfarben oder Mischfarben mit einer überwiegend spektralreinen Komponente dargestellt werden sollen, so wird der Film den richtigen Farbeindruck nur dann vermitteln, wenn die wiederzugebende Spektralfarbe und das Durchlässigkeitsmaximum des Schichtfarbstoffes zusammenfallen.

Daraus folgert man in der mikrofotografischen Praxis: Sind die Objektfarben überwiegend Mischfarben mit breitem Spektralbereich ohne Bevorzugung bestimmter Wellenlängen, so sind gute Ergebnisse zu erzielen. Die Farbwiedergabe ist weitgehend richtig. Handelt es sich jedoch um reine Spektralfarben oder Mischfarben mit ausgeprägtem spektralem Maximum, so ist die Farbwiedergabe von mehreren Zufällen abhängig und oft nicht befriedigend. Es gibt zum Beispiel histologische Farbstoffe, die den Charakter von Spektralfarben haben. Auch in der Polarisationsmikroskopie und Interferenzmikroskopie können Spektralfarben vorkommen, deren genaue Wiedergabe Schwierigkeiten bereitet (z. B. das Rot 1. Ordnung). In diesen Fällen wird man sich trotz richtiger Belichtung mit einer vom Präparat etwas abweichenden Farbwiedergabe begnügen müssen, wenn man nicht mit verschiedenen Farbfilmen experimentieren will.

Die einzelnen Farbschichten eines Farbfilms sind unterschiedlich lichtempfindlich. Deshalb reagieren sie auf eine Fehlbelichtung mit einer Farbverschiebung: Bei Unterbelichtung zumeist nach Rot, bei Überbelichtung nach Blau. Während eine Überbelichtung an der geringen Farbdichte der Schicht (ausgewaschene Farben) leicht zu erkennen ist, wird eine Unterbelichtung trotz der Farbverschiebung wegen der satteren Farben oft toleriert.

Ein nach dem Astronomen Schwarzschild benanntes fotografisches Phänomen (Schwarzschild-Effekt) gehört zu den häufigsten Fehlerquellen in der Farbfotografie, während es bei schwarzweißen Mikroaufnahmen keine besondere Bedeutung hat.

Die Eichung des Belichtungsmessers und die Berechnung der Belichtungszeit aufgrund von Einzelmessungen gehen von der Voraussetzung aus, daß ein konstantes Produkt aus Beleuchtungsstärke und Belichtungszeit auch eine konstante Schwärzung der fotografischen Schicht hervorruft (Gesetz von Bunsen-Roscoe). Der Schwarzschild-Effekt besteht darin, daß diese Gesetzmäßigkeit nur mit einiger Annäherung in einem mittleren Bereich der Belichtungszeiten als gültig angenommen werden darf. Bei Verlängerung der Belichtungszeit muß ein Exponent berücksichtigt werden, der bei konstantem Produkt aus Beleuchtungsstärke und Belichtungszeit die Verminderung der Schwärzung angibt. Dieser Schwarzschild-Exponent kann bei der Schwarzweiß-Mikrofotografie normalerweise vernachlässigt werden, weil hier der Film einen erheblichen Belichtungsspielraum hat. Bei der Farb-Mikrofotografie muß er jedoch aus zwei Gründen berücksichtigt werden:

1. Es kommen Belichtungszeiten in einem Bereich von 1 : 5000 vor, die etwa 12 Belichtungsstufen im Verhältnis 1 : 2 entsprechen. Hingegen sind in der Amateur-Farbfotografie nur etwa 4 bis 5 Belichtungszeitstufen zu berücksichtigen.
2. Die einzelnen Farbschichten eines Farbfilms reagieren unterschiedlich auf den Schwarzschild-Effekt. Dadurch tritt bei weit auseinanderliegenden Belichtungszeiten eine zusätzliche Farbverschiebung auf.

In der Praxis macht sich der Schwarzschild-Effekt so bemerkbar, daß auch bei richtiger Eichung der Lichtmeßeinrichtung bei Belichtungszeiten, die doppelt so lang sind wie die der Eichung zugrunde liegende Belichtungszeit, eine Unterbelichtung und Farbverschiebung eintritt. Diese Fehler treten um so stärker in Erscheinung, je größer die Abweichung vom Eichwert ist. Wird zum Beispiel die Eichung für eine Belichtungszeit von 1 Sekunde durchgeführt, die Meßeinrichtung zeigt für die betreffende Aufnahme jedoch den zehnfachen Wert (=10 Sekunden) an, so ist die Aufnahme zu dunkel (unterbelichtet) und nicht farbrichtig. Unter Berücksichtigung des Schwarzschild-Exponenten hätte sie doppelt so lange, nämlich 20 Sekunden belichtet werden müssen. Hersteller von Kamera-Mikroskopen und Meßeinrichtungen geben die Verlängerungsfaktoren in der Gebrauchsanleitung für ihre Geräte an. Man kann den Einfluß des Schwarzschild-Effektes jedoch ganz ausschalten, wenn man die gekaufte oder selbstgebaute Lichtmeßeinrichtung für nur zwei bis fünf unterschiedliche Zeiten unter Verwendung eines bestimmten Farbfilms genau eicht und dann bei den späteren Aufnahmen die Beleuchtungsstärke mit einem Satz von drei bis vier Neutralfiltern auf einen der Werte bringt, für den die genaue Eichung erfolgt ist.

Das Gegenstück zum Schwarzschild-Effekt ist der Ultrakurzzeit-Effekt, der bei kürzeren Belichtungszeiten als 1/1000 Sekunde in Erscheinung tritt und ebenfalls zu Farbverschiebungen führen kann. Er spielt bei Aufnahmen mit Mikroblickgeräten eine Rolle.

Das Mikroskop und seine Optik

Als Lichtquellen werden hauptsächlich Niedervolt-Glühlampen in einer Mikroskopierleuchte nach dem Köhlerschen Prinzip verwendet, die bei hoher Leuchtdichte eine Farbtemperatur von 2800 bis 3000 K haben. Neuerdings werden auch Halogenlampen eingesetzt, deren Farbtemperatur mit 3300 K der Sensibilisierung von Kunstlicht-Farbfilm entspricht. Wegen der problemlosen Beschaffung bevorzugt man in der Praxis, von Ausnahmen abgesehen, den Tageslicht-Umkehrfilm und ändert die spektrale Zusammensetzung des Kunstlichtes mit Konversionsfiltern.

Es wird oft hervorgehoben, daß der Gebrauch von Regeltransformatoren in der Farb-Mikrofotografie die Farbreinheit der Aufnahmen negativ beeinflusst. Der Einfluß der Betriebsspannung der Lampe auf die Farbtemperatur wird häufig überschätzt. Eine Spannungsänderung von 20% bewirkt eine Farbtemperaturänderung von 6 bis 7% und ist somit bedeutungslos. Bei einer 6 V/15 W-Lampe mit Flachkernwendel, wie sie häufig in Mikroskope eingebaut wird, bleibt eine Spannungsänderung zwischen 4,2 und 7,2 Volt nahezu ohne merkbaren Einfluß auf das Farbgleichgewicht. Die Empfehlung, mit konstanter Spannung zu arbeiten, ist hauptsächlich auf den konstanten Lichtfluß bei der Eichung zu beziehen.

Das beleuchtende optische System muß die exakte Einhaltung des Köhlerschen Beleuchtungsprinzips ermöglichen und das Dingfeld homogen ausleuchten. Ein zu großer Leuchtfeld-Durchmesser führt zu Reflexen im abbildenden Strahlengang. Diese Erscheinung macht sich in der Farbmikrofotografie durch einen Farbstich in der vorwiegenden Objektfarbe bemerkbar, während sie bei Schwarzweiß-Aufnahmen lediglich eine Kontrastminderung verursacht. Die Blitzröhren von Mikroblickgeräten können unter Einhaltung des Köhlerschen Prinzips in den Beleuchtungsstrahlengang eingefügt sein. Oft begnügt man sich jedoch damit, eine ausreichend große Fläche, zum Beispiel eine Mattscheibe, zwischen Kollektor und Kondensor-Aperturblende mit der Blitzröhre homogen auszuleuchten, wobei die Niedervoltleuchte als Pilotlicht zur Einstellung des Bildes dient. Wenn diese Fläche nicht mit einer Irisblende begrenzt werden kann, ist häufig eine Überstrahlung des Dingfeldes die Folge, und es kommt zu einem Farbstich in der überwiegenden Objektfarbe. Das Blitzlicht hat in der Regel eine Farbtemperatur von 6000 K und enthält außerdem einen geringen UV-Anteil, der von einigen Farbfilmen als sichtbares Violett oder Blau wiedergegeben wird. Mit einem farblosen UV-Filter (Klarglas mit steiler Absorptionskante bei 400 nm) kann dieser leichte Farbstich beseitigt werden. Ein rosa Konversionsfilter, dessen d_m -Wert etwas über dem errechneten Wert liegt, schafft ebenfalls Abhilfe. Bei Blitzröhren mit einer kürzeren Leuchtzeit (= Halbwertsbreite) als 1/1000 Sekunde ist außerdem der Ultrakurzzeit-Effekt zu berücksichtigen.

Die Korrektur des Kondensors ist von besonderer Wichtigkeit. Bei stärkerer Mikroskopvergrößerung ermöglicht nur ein achromatisch-aplanatischer Kondensor die exakte Begrenzung kleiner Leuchtfelder ohne Farbverschiebung. Wird ein chromatisch nicht korrigierter Kondensor nur wenige Zehntel Millimeter zu hoch eingestellt, so verschiebt sich die Farbe des mikroskopischen Bildes nach Blau, während eine et-

was zu tiefe Einstellung eine deutliche Farbverschiebung nach Rot verursacht. Bei der subjektiven Beobachtung sind diese Farbverschiebungen kaum festzustellen. Sie treten nur bei Farbaufnahmen deutlich in Erscheinung und zwar auch im freien Umfeld des Objektes. Steht ein achromatisch-aplanatischer Kondensor nicht zur Verfügung, so bringt man den aplanatischen Kondensor auf eine mittlere Höhe, wobei weder ein roter noch ein blauer Farbsaum entstehen dürfen. Außerdem öffnet man die Leuchtfeldblende etwas weiter, als streng genommen vorgeschrieben ist. Diese Empfehlung ist als Kompromißlösung zu werten.

Die abbildende Optik hat den größten Einfluß auf die Qualität der Farbaufnahmen. Zwei Fehler beeinflussen die Farb-Mikrofotografie in besonderem Maße: Die chromatische Längsabweichung und die damit in Verbindung stehende Vergrößerungsdifferenz. Achromatische Objektive werden für die Wellenlängen 486 nm (blaugrün) und 656 nm (rot) korrigiert. Die Schnittweiten dieser beiden Wellenlängen fallen genau zusammen. Die anderen nähern sich zwar weitgehend, doch behält das achromatische Objektiv immer ein sekundäres Spektrum. Die Vergrößerungsdifferenz besteht darin, daß die mit dem Licht verschiedener Wellenlängen entstehenden Bilder verschiedene Vergrößerungen haben. Sie liegen nicht in einer Ebene und zeichnen sich durch Farbsäume aus. Bei Farbaufnahmen sind diese Fehler nur mit geeigneten Foto-Kompensationsokularen zu mildern, während man sie bei Schwarzweiß-Aufnahmen mit einem Grün- oder Gelbgrünfilter beseitigen kann. Trotzdem können auch achromatische Objektive für Farbaufnahmen verwendet werden, nur dürfen bei den stärkeren Objektiven keine zu hohen Anforderungen an Kontrast und Farbtreue gestellt werden. Bis zu einer Apertur von 0,40 sind die mit Achromaten hergestellten Farbaufnahmen durchaus zufriedenstellend. Die Probleme beginnen erst bei einer Apertur von 0,60.

Was hier über die Farb-Mikrofotografie mit Achromaten gesagt wurde, gilt auch für Planachromate. Bei diesen Objektiven wurde lediglich der Astigmatismus behoben. Deshalb können sie ein relativ großes Dingfeld in der Zwischenbildebene plan abbilden.

Als Ausnahme gelten die Amplitudenkontrast-Objektive (PZO), die zwar achromatische Systeme sind, jedoch aufgrund ihres Amplitudenringes ähnliche Parameter aufweisen wie Achromate. Sie müssen allerdings mit einem Ringblenden-Kondensor benutzt werden.

Apochromatische Objektive sind so korrigiert, daß drei Spektralfarben in einem Punkt vereinigt werden. Das sekundäre Spektrum ist damit restlos behoben. Zur Ausschaltung der oben beschriebenen Vergrößerungsdifferenz müssen Apochromate unbedingt mit Kompensations-Okularen verwendet werden. Andernfalls können am Bildrand liegende Objektkonturen farbige Ränder zeigen. Bei den Planapochromaten ist zusätzlich der Astigmatismus beseitigt worden. Sie liefern optimale Farbaufnahmen.

Die beschriebenen Abbildungsfehler, hauptsächlich der achromatischen und planachromatischen Objektive, werden durch Verwendung geeigneter Okulare und Berücksichtigung des richtigen Kameraauszuges (Abstand Okular-Filmebene) weitgehend gemildert. Mit Foto-Okularen (Foto-Kom-

pensationsokulare, Homale, Planokulare, Projektive) wird bei richtigem Kamera-Auszug nur die gut korrigierte Mittelzone des mikroskopischen Bildes auf das Filmformat projiziert.

Objektiv und Okular bilden hinsichtlich ihres Korrektionszustandes eine Einheit und werden vom Hersteller aufeinander abgestimmt. Von Fremdkombinationen wird im allgemeinen abgeraten, weil sie leicht zur Bildverschlechterung führen. Sie sind jedoch grundsätzlich möglich, wenn der Mikroskopiker den Korrektionszustand eines optischen Systems mit entsprechenden Hilfsmitteln überprüfen kann.

In vielen mikrofotografischen Einrichtungen sind zur Abspaltung eines „Einstellstrahlenganges“ oder „Meßstrahlenganges“ sogenannte Strahlenteiler enthalten. Der Einfluß der Teilungsschichten auf die Farbwiedergabe ist bei modernen Geräten, die farbneutrale Schichten enthalten, sehr gering. Er stellt außerdem eine Konstante dar, die bei der Anpassung der Lichtquelle an die Sensibilisierung des Farbfilms mit dem Konversionsfilter einfach zu korrigieren ist.

Das mikroskopische Präparat

Bei der Farb-Mikrofotografie fehlen dem Mikroskopiker alle Mittel der fotografischen Kontraststeigerung. Hier liegen die Bedingungen auf der Wiedergabeseite fest. Deshalb müssen die Objekteigenschaften

diesen Bedingungen angepaßt werden. In der konventionellen Farbfotografie hat man unter normalen Verhältnissen einen Kontrastumfang von 1 : 30 bis 1 : 100 zu bewältigen. Bei der Durchlicht-Mikroskopie gefärbter histologischer Schnitte und Ausstrichpräparate liegt das Kontrastverhältnis im Bereich von 1 : 2 bis 1 : 5. Aus diesem Grunde müssen alle für die Farb-Mikrofotografie bestimmten Präparate kräftiger gefärbt werden als sonst üblich, und selbst dann darf man von einem intensiv gefärbten Präparat bei hoher Vergrößerung und Durchlicht-Hellfeldbeleuchtung keine große Farbbrillanz erwarten. Je schwächer die Vergrößerung ist, um so mehr werden die Aufnahmen in farblicher Hinsicht befriedigen. Eine hervorragende Farbbrillanz ist bei Dunkelfeld-Beleuchtung zu erzielen. Auch das Amplitudenkontrastverfahren liefert brillante Bilder von Objekten, die im normalen Durchlicht-Hellfeld kontrastarm wiedergeben werden. In Spalte 1 der Tabelle sind alle bei der Farb-Mikrofotografie vorkommenden Fehler aufgeführt, während in Spalte 2 die möglichen Ursachen genannt und in Spalte 3 Empfehlungen zu ihrer Beseitigung gegeben werden.

Möllerling, K. M.: Praxis der Farb-Mikrophotographie. Zeiss-Werkzeitschrift Nr. 32, 2-7.
Mutter, E.: Farbphotographie — Theorie und Praxis. Bd. IV: „Die wissenschaftliche und angewandte Photographie.“ Wien-New York 1967.

Fehler	Ursache	Beseitigung
1. Dia zu hell. Farben verwaschen	Überbelichtung	Kürzer belichten. Meßeinrichtung neu eichen
2. Dia zu dunkel. Farbverschiebung nach rotbraun	Unterbelichtung Schwarzschild-Effekt	Länger belichten. Schwarzschild-Exponent bei der Eichung berücksichtigen
3. Dia zu dunkel nach (richtiger) Berechnung der Belichtungszeit aufgrund kürzerer Eichwerte. Farbverschiebung nach rotbraun	Schwarzschild-Effekt	Schwarzschild-Exponent berücksichtigen oder Meßwert an Eichwert mit Neutralfilter angleichen
4. Jede Aufnahme bläustichig oder rotstichig	Falsches Konversionsfilter	Richtiges Konversionsfilter durch Messung oder Versuch ermitteln
5. Bei sonst richtiger Belichtung in den objektfreien Partien Farblich in der überwiegenden Objektfarbe	Leuchtfeldblende zu weit geöffnet. Überstrahlung bei Elektronenblitz-Aufnahmen	Köhlersches Prinzip genau einhalten Mikroblitz mit Irisblende austüren
6. Bei richtiger Belichtung und richtigem Konversionsfilter Rotstich (besonders mit starken Objektiven)	Kondensor nicht chromatisch korrigiert und zu tief eingestellt	Achromatisch-aplanatischen Kondensoren verwenden. Falls nicht vorhanden, Kondensoren auf mittlere Höhe bringen. Leuchtfeldblende etwas weiter öffnen als sonst üblich
7. Bei richtiger Belichtung und richtigem Konversionsfilter Bläustich (besonders mit starken Objektiven)	Kondensor nicht chromatisch korrigiert und zu hoch eingestellt	Beseitigung wie unter 6
8. Rotstich nur bei Verwendung von Neutralfiltern	Neutralfilter nicht farbneutral	Bessere Neutralfilter verwenden Filterkurve vom Hersteller anfordern
9. Bläustich nur mit Elektronenblitz	Farbtemperatur des Blitzlichtes zu hoch. UV-Einwirkung. Ultra-Kurzzeit-Effekt	Rosa Konversionsfilter verwenden. UV-Sperrfilter ausprobieren
10. Verminderter Bildkontrast	Diffuses Streulicht Zu starkes Objektiv bei zu schwacher Färbung des Präparates	Objektiv-Frontlinse und Deckglas reinigen. Schwächeres Objektiv benutzen oder Präparat kräftiger färben
11. Farbsäume an den Objektkonturen	Vergrößerungsdifferenz oder zu eng geschlossene Aperturblende	Kompensationsokular benutzen bzw. Aperturblende an Objektiv-Apertur anpassen
12. Bei richtiger Belichtung geringe Farbbrillanz	Apertur des achromatischen Objektivs zu groß. Präparat zu schwach gefärbt	Schwächeres achromatisches Objektiv verwenden. Präparat kräftiger färben und Apochromat benutzen
13. Dias stets zu dunkel, trotz richtiger Belichtung	Film überlagert oder falsch gelagert	Frische Farbumkehrfilme verwenden. Haltbarkeitsdatum beachten
14. Alle Dias zeigen blasse Farben und einen grünlichen Farblich bei richtiger Belichtung	Film nach der Belichtung zu lange gelagert	Film nach der Belichtung sofort entwickeln lassen