

Farbfotografie Teil 1: Filme, Papierabzüge und Masken

Simeon Maxein

26. Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Farbfilm	3
1.1	Generelle Funktionsweise der Farbfotografie	3
1.2	Aufbau des Films	3
1.3	Entwicklung von Farbnegativen	5
1.4	Entwicklung von Dias	6
1.5	Variationen	8
1.6	Vor- und Nachteile von Dias bzw. Negativen	8
1.7	Reliefbild-Technik	10
1.8	Farbfilme für Filmaufnahmen	10
1.9	Abzüge	11
2	Papierabzüge	11
2.1	Sofortbild-Kameras	12
2.2	Herstellung von Papierabzügen	12
2.3	Darstellungsschwierigkeiten bei Papierabzügen	13
3	Masken	13
3.1	Kontrast-Masken	14
3.2	Unschärfmasken	14
3.3	Gefärbte Koppler	14

1 Farbfilm

1.1 Generelle Funktionsweise der Farbfotografie

Um eine Szene fotografisch abzubilden, werden meistens drei Bilder aufgenommen, die verschiedene Farbbereiche abbilden. Normalerweise sind diese Farben Rot, Grün und Blau. Diese drei Bilder werden dann entwickelt und auf eine passende Weise wieder kombiniert (z.B. durch übereinanderlegen) um das Ergebnisbild zu erhalten.

Heutezutage ist bei Amateurfotografen die Methode der Far Rentwicklung am verbreitetsten, wenn man von der Digitalfotografie absieht. Es gibt auch andere Verfahren und Filme, die später angesprochen werden, aber für den Leser ist die Technik des Diafilms und Negativfilms aus dem Supermarkt vermutlich vom größten Interesse. Diese beiden Filmsorten sind vom Prinzip her gleich aufgebaut, werden aber unterschiedlich entwickelt.

1.2 Aufbau des Films

Es sollte beachtet werden, dass diese Darstellung nur ein schematisches Beispiel ist. In der Realität gibt es hierzu viele Variationen, von denen einige später noch angesprochen werden.

Farbfilme der besprochenen Art sind beispielsweise wie folgt aufgebaut: Auf einer transparenten Folie, die für die Stabilität des Films sorgt, sind drei lichtempfindliche Schichten aufgebracht, die Silberhalogenid-Kristalle enthalten. Diese Kristalle reagieren normalerweise nur auf blaues Licht, können aber mit Hilfe von Zusätzen auch durch andere Farben belichtet werden. Die oberste Schicht ist unbehandelt, reagiert also auf Blau. Die darunterliegenden Schichten sind so verändert, dass sie zusätzlich auch auf grünes bzw. rotes Licht reagieren. Um zu verhindern, dass diese Schichten auch durch blaues Licht belichtet werden können, befindet sich unter der obersten Schicht ein Gelbfilter, der nur noch rotes und grünes Licht durchlässt.

Zusätzlich befinden sich in den Farbschichten noch unterschiedliche Kopplerstoffe, die in der Umgebung von belichtetem Silberha-

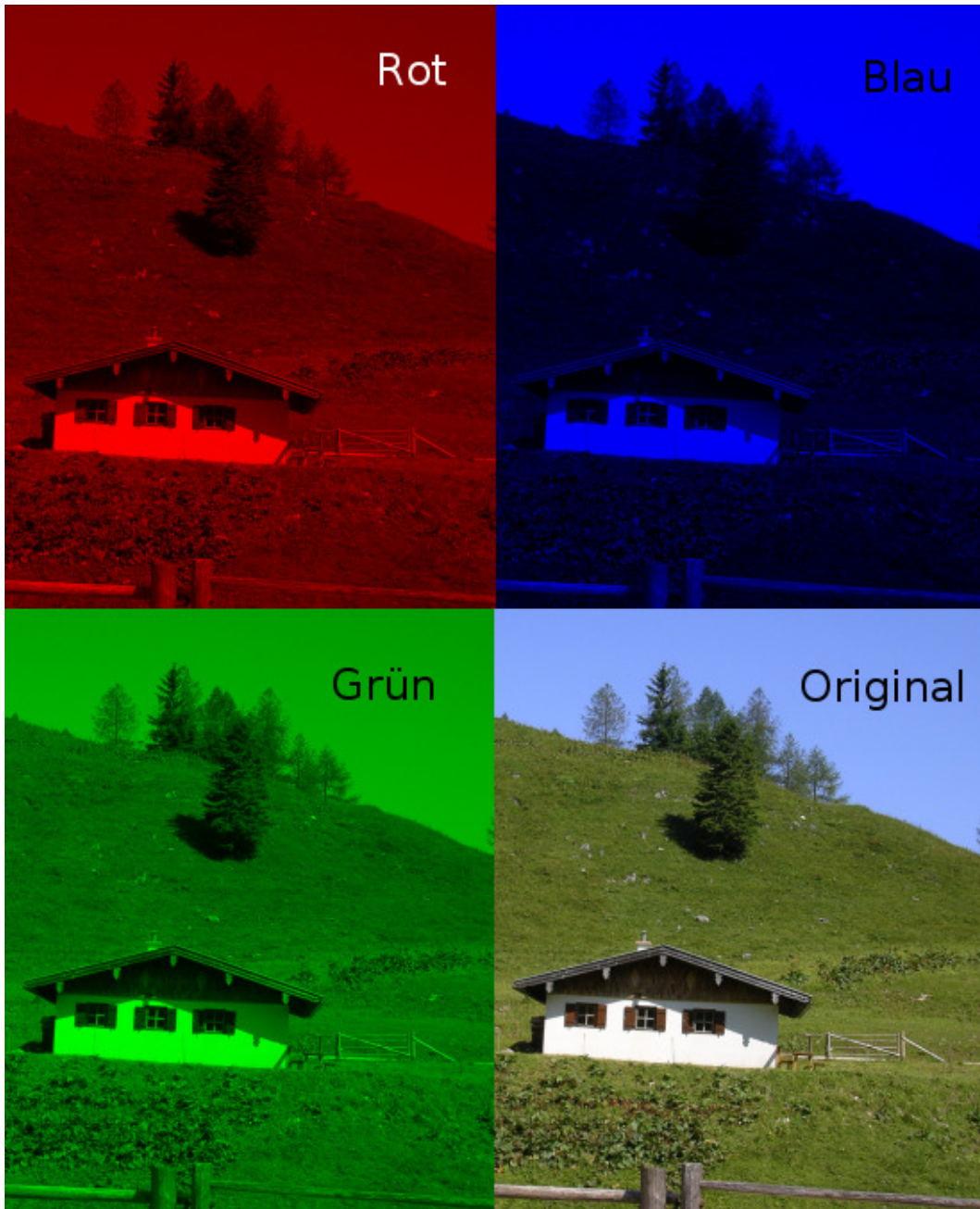


Abbildung 1: Das Originalbild (unten rechts), betrachtet durch Rot- Grün- und Blaufilter (mit Bildbearbeitung simuliert). Bei additiver Farbmischung (z.B. durch Übereinanderprojektion) ergibt sich wieder das Original.

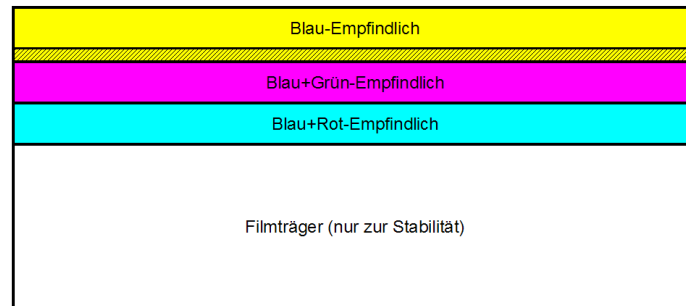


Abbildung 2: Schichten eines Farbfilmträgers. Die dargestellte Farbe entspricht dem Farbstoff, der in dieser Schicht vom Kopplerstoff erzeugt wird. Die zweite Schicht von oben ist keine Farfschicht, sondern ein Filter, der blaues Licht von den unteren Schichten abhält.

logenid zusammen mit der Entwicklerflüssigkeit einen Farbstoff erzeugen. Dieser ist in der obersten (durch blau belichteten) Schicht gelb, in der zweiten (grün belichteten) Schicht magenta, und in der dritten (rot belichteten) Schicht cyan. Der Sinn dahinter wird bei der Entwicklung des Films klar.

1.3 Entwicklung von Farbnegativen

Zur Entwicklung wird der Film zunächst in eine passende Entwicklerflüssigkeit getaucht. Dabei wird das Silberhalogenid zu Silber entwickelt und oxydiert dabei den Entwickler, der daraufhin mit den Kopplern reagieren kann um die oben angesprochenen Farbstoffe zu erzeugen. Danach wird der Film gebleicht und fixiert, was bewirkt, dass das Silber und das verbleibende Silberhalogenid entfernt werden.

Das entstandene Bild hat jetzt die folgenden Farbeigenschaften: An einer Stelle, wo viel Licht auf den Film gefallen war, ist viel Farbstoff

entstanden, das Bild ist an diesen Stellen also dunkler. Daran ist zu sehen, dass die Helligkeit des Bildes umgekehrt ist, wie die Helligkeit in der Original-Szene. Wo blaues Licht auf den Film gefallen ist, ist gelbe Farbe entstanden, also ein Farbstoff der gerade Blau absorbiert. Bei grünem Licht entsteht Magenta (absorbiert Grün), und bei rotem Licht Cyan (absorbiert Rot). Es entstehen also genau die komplementären Farben zu denen, die in der Originalszene vorhanden waren. Also sind bei einem Farbnegativ sowohl Helligkeit als auch Farben umgekehrt.

1.4 Entwicklung von Dias

Die Entwicklung von Dias wird nach dem sog. Umkehrentwicklungsprozess ist komplizierter. Zunächst wird das belichtete Silberhalogenid in allen Farbschichten mit Schwarzweiß-Entwickler zu Silber reduziert. Da die Koppler auf diesen Entwickler nicht reagieren, werden hier keine Farbstoffe gebildet.

Jetzt existieren auf dem Film in den belichteten Bereichen Silberkristalle, in den unbelichteten Silberhalogenid. Dieses wird jetzt belichtet, entweder durch tatsächlichen Lichteinfall, oder (häufiger) durch ein chemisches Mittel, das den gleichen Effekt hervorruft. Damit ist jetzt in den Bereichen, in denen kein oder wenig Licht auf den Film gefallen ist, das Silberhalogenid belichtet, in den anderen Bereichen befindet sich jetzt Silber. Der Rest der Entwicklung läuft jetzt wie bei der Entwicklung von Negativen: Zuerst wird mit Farbbentwickler das nun belichtete Silberhalogenid reduziert, wobei die Koppler Farbstoffe erzeugen, anschließend wird der Film gebleicht und fixiert.

Nach diesem Verfahren entsteht in den Bereichen des Films, die hellem Licht ausgesetzt waren, wenig Farbstoff, und damit eine helle Stelle. Die Helligkeit ist also positiv.

Wurde eine Stelle des Films blauem Licht ausgesetzt, dann wurde in der blauen Farbschicht wenig Farbstoff erzeugt, in den anderen Farbschichten jedoch viel. Der Film absorbiert also an dieser Stelle



Abbildung 3: Die auf Rot, Blau und Grün empfindlichen Schichten wurden jetzt mit Cyan, Gelb und Magenta eingefärbt. Stärkere Belichtung ergibt dabei eine dunklere Farbe. Bei subtraktiver Überlagerung der drei Teilbilder (unten rechts, z.B. durch übereinanderlegen) entsteht das Farbnegativ.

nur wenig blaues Licht, hat also eine blaue Färbung. Der Farbton ist damit ebenfalls korrekt.

1.5 Variationen

Es gibt unzählige Möglichkeiten, dieses Verfahren zu variieren. Unter Anderem gibt es

- Filme mit mehr als drei Farbschichten
- Filme, bei denen die Farbschichten getrennt entwickelt werden
- Filme ohne Koppler, bei denen der Koppler in der Entwicklungsflüssigkeit ist
- Filme, die auf andere Farbbereiche empfindlich sind, z.B. Infrarot, Grün und Ultraviolett
- ...

1.6 Vor- und Nachteile von Dias bzw. Negativen

Die beste Qualität für Papierabzüge liefert der Negativfilm, während der Umkehrfilm für Dias besser geeignet ist. Negativfilm ist nur ein Zwischenprodukt, von dem erst noch Papierabzüge oder Dias erstellt werden müssen, während man beim Umkehrfilm direkt ein Diapositiv erhält. Dadurch, dass das Negativ aber noch auf ein anderes Medium übertragen wird, sind bei diesem Prozess noch Korrekturen möglich, z.B. kann eine Über- oder Unterbelichtung noch teilweise ausgeglichen werden. Außerdem ist es einfacher, von einem Negativbild Kopien und Papierabzüge anzufertigen.

Generell kann man also sagen, dass sich Negativfilm vor allem für Papierabzüge lohnt, oder wenn man mehrere Kopien des Bildes (auch Dias) anfertigen will. Für einzelne Diabilder ist Umkehrfilm günstiger.



Abbildung 4: Die auf Rot, Blau und Grün empfindlichen Schichten wurden wieder mit Cyan, Gelb und Magenta eingefärbt. Beim Umkehrentwicklungsprozess ergibt stärkere Belichtung jedoch eine hellere Farbe, der Film lässt also mehr Licht durch. Bei subtraktiver Überlagerung der drei Teilbilder (unten rechts, z.B. durch übereinanderlegen) entsteht das Diapositiv.

1.7 Reliefbild-Technik

Eine Alternative zur Farbentwicklung ist die sogenannte Relieftechnik. Hierbei werden die Rot-, Grün- und Blaubilder getrennt aufgenommen, indem gewöhnlicher Schwarzweiß-Negativfilm durch jeweils einen entsprechenden Farbfilter belichtet wird. Danach wird ein Abzug des Bildes auf einem speziellen Film angefertigt. Dieser Spezialfilm enthält eine Gelatine, die beim Entwickeln in den Teilen des Bildes gehärtet wird, in denen viel Licht auf den Film getroffen ist. Wenn danach durch Bleichen und Abwaschen des Films die ungehärtete Gelatine entfernt wird, erhält man einen Film gehärteter Gelatine, der an den stark belichteten Stellen des Bildes besonders dick ist.

Dieses Gelatine-Reliefbild kann danach mit dem passenden Farbstoff eingefärbt werden, der dann z.B. auf eine Papieroberfläche übertragen werden kann. Führt man diesen Prozess für alle drei Bilder durch, kann man diese einfach nacheinander auf das Papier übertragen, um das fertige Farbbild zu erhalten. Man kann die Farben auch auf einen anderen Film übertragen. Weil dieser Prozess auf einfache Weise und praktisch ohne Verschleiß der Vorlage das Anfertigen einer großen Zahl von Abzügen erlaubt, war er in der Filmindustrie sehr verbreitet, wo das Verfahren als Technicolor bekannt ist.

1.8 Farbfilme für Filmaufnahmen

Im Amateurvideo-Bereich wurden früher fast ausschließlich Umkehrfilme benutzt, heute werden hauptsächlich digitale Camcorder verwendet, u.a. da bei diesen keine Entwicklungskosten anfallen. Dabei professionellen Anwendungen meistens mehrere Abzüge und Zwischenschritte notwendig sind (z.B. für Spezialeffekte), ist hier meistens Negativfilm eingesetzt.

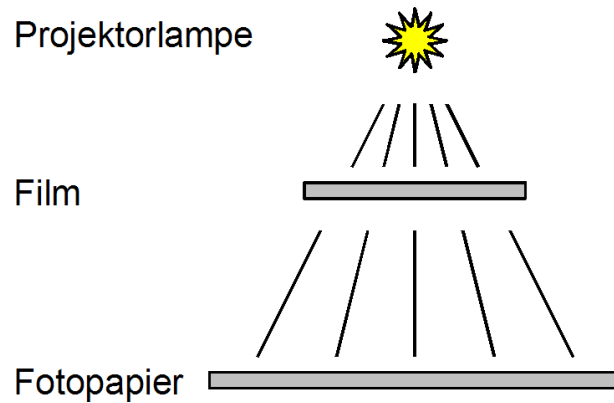


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Herstellung eines Abzugs mit Vergrößerung, von Film auf Papier. Durch die Abstände des Films zur Lampe und des Papiers zum Film kann die Vergrößerung festgelegt werden.

1.9 Abzüge

Um eine Kopie von einem Filmbild zu erstellen, projiziert man dieses Bild auf ein anderes fotografisches Material, z.B. einen anderen Film oder ein Fotopapier. Idealerweise sollte das empfangende Material auf die Farbeigenschaften des Ursprünglichen Films abgestimmt sein.

Wenn man das Bild nur ohne Vergrößerung von einem Film auf einen anderen übertragen will, legt man am Besten das Original direkt auf den zweiten Film, da mit größerem Abstand das Ergebnisbild verschwommener wird (durch die Größe der Lampe und durch Streuungen am Film bedingt).

2 Papierabzüge

Wie kann man ein Foto auf einen Papierträger bringen? Dazu gibt es verschiedene Techniken, die hier kurz vorgestellt werden. Anschließend wird auf verschiedene Schwierigkeiten eingegangen, die alle diese Methoden gemeinsam haben.

2.1 Sofortbild-Kameras

Bei Sofortbild-Kameras wird das Bild nicht auf einen Film, sondern direkt auf ein Papier belichtet, das mit den oben besprochenen lichtempfindlichen Schichten überzogen ist. Diese Art von Kamera enthält oft auch schon die für die Positiventwicklung nötigen Stoffe, so dass das Bild sofort nach dem Erstellen entwickelt wird und nach kurzer Zeit betrachtet werden kann.

Dabei gibt es in der Hauptsache ein Problem: Wenn das Papierbild genau so belichtet würde wie ein Film, wäre das Bild seitenverkehrt, da ein Film von der einen Seite belichtet, und von der anderen betrachtet wird, ein Papierbild jedoch von der gleichen Seite das Licht aufnimmt und angesehen wird.

Eine Lösung liegt darin, das Bild vor dem Belichten mit einem Spiegel oder Prisma umzukehren. Ein anderes Verfahren überträgt das Bild nach dem Belichten auf ein weiteres Papier, wodurch ebenfalls die Darstellung korrigiert wird.

2.2 Herstellung von Papierabzügen

Papierbilder können auch von vorhandenen Diapositiven oder Negativen erstellt werden. Dazu wird das Bild durch den Film auf ein passendes Fotopapier projiziert, das dann entwickelt werden kann. Abzüge von Negativen können eine bessere Qualität erreichen. Das lässt sich damit erklären, dass Negative generell nicht zum direkten Betrachten erstellt werden, und damit darauf optimiert werden können, möglichst hohe Qualität für Abzüge zu liefern.

Man kann auch das Positiv zuerst auf Negativfilm abziehen, und vom Negativbild den Papierabzug herstellen. Das eröffnet die Möglichkeit, noch Farbkorrekturen durchzuführen.

Wenn als Vorlage ein Digitalfoto dient, kann dieses Bild mit einer Elektronenstrahlröhre (wie bei einem Fernseher) auf den Film projiziert werden. Heute sind allerdings andere Verfahren üblicher, die eher wie ein normaler Drucker funktionieren.

2.3 Darstellungsschwierigkeiten bei Papierabzügen

Es gibt hauptsächlich drei Schwierigkeiten, die alle Papierabzüge betreffen. Zum ersten beeinflusst beim Betrachten eines Papierbildes die Umgebung die Wirkung des Bildes. Der Betrachter kann dadurch die Farbtöne unbewusst mit den umgebenden Objekten in der Wirklichkeit vergleichen, was dazu führt, dass z.B. ein Farbstich deutlich eher erkannt wird, als bei einem Dia, da dieses in einem dunklen Raum projiziert wird und der Betrachter keinen direkten Vergleich zur Realität hat. Die Farbtöne müssen also bei einem Papierbild genauer mit der Realität übereinstimmen.

Das zweite Problem besteht darin, dass Teile des Lichts, das auf ein Papierbild trifft, in den verschiedenen Schichten des Bildes hin- und herreflektiert werden. Das führt dazu, dass das Aussehen der Farben und der Kontrast in den hellen Bereichen des Bildes sich verändern.

Das dritte Problem ist, dass ein Teil des Lichts schon an der obersten Schicht des Bildes reflektiert wird, ohne die Farbstoffe durchlaufen zu haben. Bei normaler Betrachtung in einer hellen Umgebung geht damit Kontrast verloren (schwarze Stellen im Bild wirken nur noch grau) und die Farben wirken schwächer.

3 Masken

Im Fotolabor können einige Korrekturen und Effekte auf das Bild angewendet werden. Das Maskieren ist eine relativ einfache Technik mit vielen Anwendungsmöglichkeiten, die dabei häufig zum Einsatz kommt.

Eine Maske ist ein Stück Film, das entweder zusammen mit dem eigentlichen Bild belichtet wird, oder per Abzug daraus hergestellt wird. Diese Maske wird dann über das ursprüngliche Bild gelegt, um den gewünschten Effekt zu erreichen.

3.1 Kontrast-Masken

Um den Kontrast in einem Bild zu senken, kann man von einem Negativ einen Schwarzweiß-Negativ-Abzug herstellen, der an den Stellen dunkel ist, an denen das Originalbild hell ist. Legt man diese Maske über das ursprüngliche Bild, so wird der Kontrast, je nach Belichtungszeit der Maske, mehr oder weniger stark gesenkt. Die Sättigung der Farben bleibt dabei jedoch erhalten.

3.2 Unscharfmasken

Mit Masken kann auch die wahrgenommene Schärfe eines Bildes erhöht werden. Dieses Werkzeug ist auch in modernen Bildbearbeitungsprogrammen vorhanden. Eine Unscharfmaske funktioniert generell so wie eine Kontrastmaske, aber beim Abziehen wird ein kleiner Abstand zwischen dem Originalbild und dem Maskenfilm gelassen, so dass die Maske unscharf wird. Legt man nun die Maske über das Bild, so wird der allgemeine Kontrast im Bild verringert, aber feine Details, die auf der Maske ja nicht mehr vorhanden sind, werden nicht beeinflusst und bleiben damit kontrastreicher.

Diese Technik wurde ursprünglich erfunden, da beim Kombinieren von Maske und Bild die Platzierung oft nicht ganz korrekt war, wodurch helle und dunkle Ränder entlang der Kanten im Bild entstanden sind. Bei einer unscharen Maske fällt ein Fehler in der Platzierung dagegen nicht so stark auf.

3.3 Gefärbte Koppler

Auf eine ähnliche Weise lässt sich noch ein weiteres Problem lösen: Die Farbstoffe, die von den Kopplern erzeugt werden sind nicht ideal, beispielsweise absorbiert der magenta Farbstoff auch Licht im gelben Spektralbereich. Das führt zu Verfälschungen bei der Farbdarstellung. Um diese Probleme zu verringern, kann man andere Kopplerstoffe benutzen, die um unentwickelten Zustand bereits eine Farbe

haben. Diese Farbe sollte der ungewünschten Absorption entsprechen, der magenta-Koppler sollte also bereits eine schwache Gelbfärbung haben, bevor er entwickelt wird. Beim Entwickeln wechselt die Farbe dann in den belichteten Bereichen vom schwachen Gelb zu Magenta.

Die Farbschicht absorbiert damit an jeder Stelle eine bestimmte Menge gelbes Licht, aber diese Absorption ist jetzt konstant, und nicht mehr von der Belichtung der entsprechenden Farbschicht abhängig. Damit kann der Anteil, den eine bestimmte Farbschicht wirklich an der Gesamtfarbe hat, genauer bestimmt werden.

Diese Färbungen sind jedoch nur für Zwischenprodukte (z.B. Negativbilder) brauchbar, da sie zwar die Genauigkeit des Films verbessern, aber die Farben bei direkter Betrachtung unter weißem Licht verfälscht erscheinen.