

NC 3 – ein neuer Color-Negativfilm

Neuere Forschungsergebnisse haben im VEB Filmfabrik Wolfen zu einem verbesserten Color-Negativfilm mit der Bezeichnung NC 3 geführt.

Dieser Film stellt auf Grund seiner höheren Gebrauchswerteigenschaften, wie der Empfindlichkeit von 19 DIN, der automatischen Maskierung und der besseren Schärfe sowie der verbesserten physikalisch-mechanischen Eigenschaften, eine qualitative Weiterentwicklung des bisherigen Color-Negativfilms NC 1 dar.

Mit dem NC 3 stellt die Filmfabrik Wolfen zum ersten Mal ein maskiertes Negativkinematerial vor.

1. Aufbau des Films

Der NC 3 ist ein Mehrschichtenfarbmaterial, bestimmt für den Einsatz in herkömmlichen Filmkameras.

Der Film besteht aus drei lichtempfindlichen Emulsionsschichten, die für blaues, grünes und rotes Licht empfindlich sind. Der Film ist auf eine Sicherheitsfilmunterlage aus Zellulose-Triacetat gegossen.

Auf der Unterlage befindet sich die Lichthofschuttschicht aus blauem, kolloidalem Silber, die einen maximalen Lichthofschutz und eine gute Bildschärfe gewährleistet.

Darüber liegt die rotempfindliche Schicht mit dem Blaugrün-Kuppler und dem purpurnen Maskenkuppler, darauf die grünempfindliche Schicht mit dem Purpur-Kuppler und dem gelben Maskenkuppler.

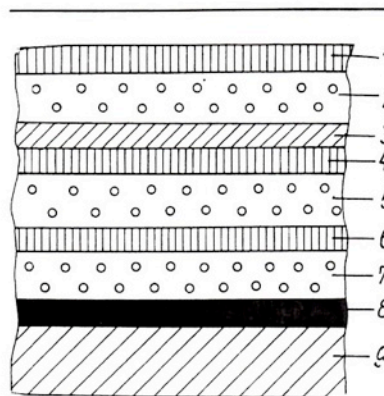
Es folgt die Filterschicht, welche aus kolloidalem Silber besteht. Die Filterschicht hat die Aufgabe, den kurzwelligen Anteil des Lichtes herauszufiltern, bevor dieses auf die grün- und rotempfind-

liche Schicht trifft. Auf der Filterschicht befindet sich die blauempfindliche Schicht mit dem Gelb-Kuppler.

Zwischen den Emulsionsschichten befinden sich Zwischenschichten, welche der Farbtrennung dienen. Den Abschluß des Mehrschichtenverbandes bildet eine Gelatine-Schutzschicht (Bild 1).

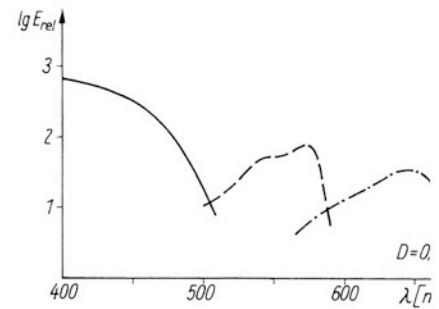
2. Spektrale Sensibilisierung und Abstimmung

Die spektrale Sensibilisierung ist in Bild 2 dargestellt. Daraus geht hervor, daß die spektrale Sensibilisierung der grünempfindlichen Schicht zwei Maxima bei 545 und 572 nm, die rotempfind-

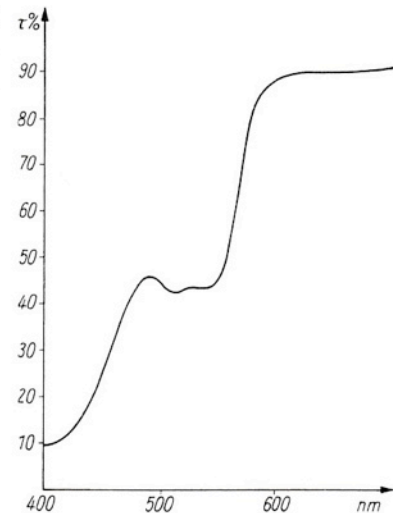


1 Schematischer Schichtaufbau von ORWO-COLOR-Negativfilm NC 3

- 1 Schutzschicht
- 2 Blauempfindliche Schicht mit farbloser Gelbkomponente
- 3 Filtergelschicht
- 4 Zwischenschicht
- 5 Grünempfindliche Schicht mit farbloser Purpurkomponente und Gelbmaske
- 6 Zwischenschicht
- 7 Rotempfindliche Schicht mit farbloser Blaugrün-Komponente und Purpurmaske
- 8 Lichthofschuttschicht
- 9 Unterlage



2 Relative spektrale Empfindlichkeit von ORWO-COLOR-Negativfilm NC 3



3 Spektrale Absorption von ORWO-Filter K 14

liche Schicht ein Maximum bei 645 nm besitzt.

Die zur Bestimmung der spektralen Empfindlichkeit angewendeten Filter mit den Absorptionsmaxima 436, 535 und 650 nm sind Doppelspezialinterferenzfilter von VEB Carl Zeiss Jena. Das Material ist, wie alle Colornegativ-Kinefilme, auf Kunstlicht 3200 K abgestimmt. Bei Tageslicht oder tageslichtähnlichen Lichtquellen wird das ORWO-Konversions-Filter K 14 vorgeschrieben. Dieses Filter verursacht einen Empfindlichkeitsverlust von 2 DIN. Bild 3 zeigt das Absorptionsverhalten des Wandlungsfilters K 14.

3. Bildfarbstoffe

Aufbauend auf die Traditionen der Wolfener Farbfilmforschung beruht auch dieser neue Colornegativfilm auf dem Verfahren mit diffusionsfesten, wasserlöslichen Farbkupplern in den Emulsionsschichten (zur Geschichte des Agfacolor-Verfahrens [1]).

In Bild 4 ist die spektrale Dichteverteilung des gelben, purpurnen und blaugrünen Bildfarbstoffes dargestellt. Obwohl der ORWO-Colornegativfilm NC 1 als einziger derzeit unmaskierter Colornegativfilm des Weltmarktes für ein unmaskiertes Material gute Eigenschaften besitzt, war es notwendig, die in Bild 4 ersichtlichen Nebenabsorptionen des purpurnen und blaugrünen Bildfarbstoffes zu kompensieren. Diese Nebenabsorptionen führen im Positiv zu einem entsättigten, verweißlichten Rot, zu einem verschwärzten Blau und zu Farbverschiebungen bestimmter Originalfarben. Die Korrektur dieser Fehlabsorptionen der Negativbildfarbstoffe gelingt durch den Einsatz von gefärbten Kupplern, den Maskenkupplern.

Nach dem Prinzip des Maskenfarbstoff-Abbaus kuppeln die Azomasken während der Entwicklung um und bilden an den belichteten Stellen ein schwaches Positiv, welches die mit der Belichtung zunehmenden Nebenfarbdichten kompensiert. So korrigiert der Gelbmaskenkuppler die Nebenabsorption des purpurnen Bildfarbstoffes im blauen Spektralbereich und der Purpur-Maskenkuppler die Nebenabsorptionen des blaugrünen Bildfarbstoffes im grünen und blauen Spektralbereich. Über weitere Probleme der Maskierung sei auf die Literatur verwiesen [2] [3].

Ein maskierter Film bringt nicht in jedem Fall eine bessere Farbwiedergabe, denn letztere hängt auch in entscheidendem Maße von der Sensibilisierung, der Diffusion der Farbkuppler und des Ent-

wickleroxidationsproduktes ab. Das günstigste Zusammenspiel dieser Faktoren ist im NC 3-Material verwirklicht und die Farbwiedergabe allgemein verbessert worden. Das trifft besonders auf die blauen, gelben, roten und grünen Farben zu.

4. Sensitometrische Daten

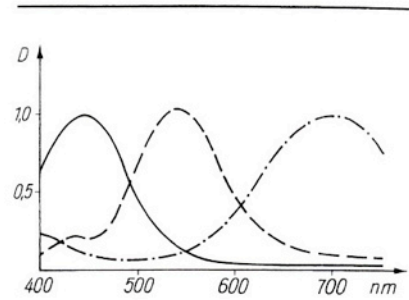
4.1. Dichtemessung und Gradation

Von theoretischen und praktischen Erwägungen im Rahmen des Negativ-Positiv-Prozesses ausgehend ist es notwendig, daß bei Colornegativfilmen Kopierdichten gemessen bzw. bestimmt werden. Eine solche Verfahrensweise ermöglicht eine sofortige Beurteilung des wirksamen Gradationsverhaltens. Eine Bestimmung der Kopierdichten wird auf einer in der DDR standardisierten Meßmethode beruhen [5]. Die Dichtemessung erfolgt unter Verwendung monochromatischer Filter. Bild 5 zeigt die hinter Blau-, Grün- und Rotfilter nach Behrendt [4] gemessenen charakteristischen Kurven. Der NC 3-Film ist in bezug auf eine neutrale Farbwiedergabe gut balanciert. Die Nichtparallelität zwischen den charakteristischen Kurven der grün- und rot empfindlichen Schicht ist auf die Meßmethode zurückzuführen.

Bild 6 gibt einen Überblick über das Verhalten der Gradation in Abhängigkeit von der Farbentwicklungszeit. Daraus geht hervor, daß der NC 3 zu verschiedenen Gradationen unter Beibehaltung des Farbgleichgewichtes entwickelt werden kann, d. h., die Gradationsdivergenz zwischen der rot- und grünempfindlichen Schicht bleibt mit zunehmender Entwicklungszeit konstant. Das NC 3-Material wird zu einem mittleren grünen Gradienten von $g_{\text{gr}} \approx 0,55$ (Farbdichtemessung Behrendt) entwickelt. Dies entspricht einem mittleren Gradienten von $g_{\text{gr}} \approx 0,62$ nach TGL-gerechter Dichtemessung.

4.2. Belichtungsumfang

Der geradlinige Teil der charakteristischen Kurven des NC 3 beträgt 1,8 logarithmische Einheiten. In der Regel wird ein Kopierumfang von 1,8 logarithmischen Einheiten eines Negativs nicht ausgenutzt. Dies liegt einerseits in der Tatsache, daß der maximale Dichteunterschied im Negativ nur 2γ (Gamma), also für eine Gradation von 0,6 dem maximalen ΔD -Wert von 1,2 im Negativ entspricht [6]. Andererseits sind die praktischen Kopierumfänge wesentlich kleiner, als es der theoretische Wert besagt, so daß ein genügender Belichtungsspielraum gegeben ist.



4 Spektrale Dichteverteilung der Bildfarbstoffe von ORWOCOLOR-Negativfilm NC 3

5. Struktureigenschaften

5.1. Körnigkeit

Infolge der inhomogenen Ablagerung der Bildfarbstoffe in den einzelnen Schichten entsteht bei starker optischer Vergrößerung ein körniger Eindruck. Als Maß für die Größe dieser Körnigkeit dient die Standardabweichung der optischen Dichte, die definiert ist als

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n-1}} \text{ mit } \delta_i = D_i - D$$

Diese Größe wird auch als RMS-Wert bezeichnet. Sie wird an einem Mikrofotometer mit Objektiven der numerischen Apertur 0,30 mit einer kreisrunden Meßfläche von $24 \mu\text{m}$ Durchmesser für eine Dichte von $D_{\text{mask}} + 1,0$ ermittelt. Entsprechend der Teilschichten des NC 3 erhält man drei RMS-Werte (Tabelle 1).

Tabelle 1: RMS-Werte für die Colornegativfilme NC 1 und NC 3

Material	blau	grün	rot
NC 3	28	25	28
NC 1*)	24	25	34

*) Standardabweichung bei der optischen Farbdichte $D = 1,0$

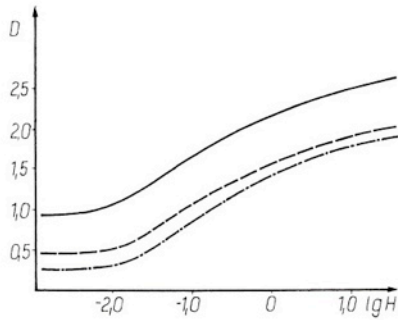
Den größten Beitrag zum wirksamen Körnigkeitseindruck liefert der Purpurbildfarbstoff, dessen körnige Verteilung durch den grünen RMS-Wert charakterisiert wird.

5.2. Modulationsübertragungsfunktion

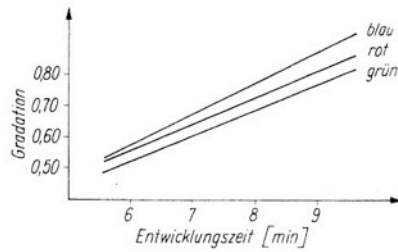
Eine charakteristische Größe für die Filmmaterialien ist die Modulationsübertragungsfunktion (MUF) [7].

Die als Modulation (Kontrast) definierte Größe

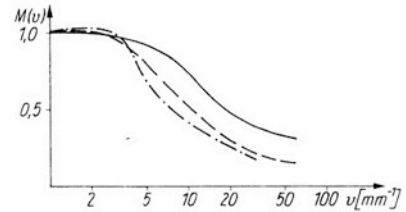
$$C = \frac{\tau_{\text{max}} - \tau_{\text{min}}}{\tau_{\text{max}} + \tau_{\text{min}}}$$



5 Charakteristische Kurven von ORWOCOLOR-Negativefilm NC 3



6 Entwicklungskinetik von ORWOCOLOR-Negativefilm NC 3



7 Modulationsübertragungsfunktionen von ORWOCOLOR-Negativefilm NC 3 (Bezugsdichte $D = D_{\text{mask}} + 1,15$)

wird in Abhängigkeit von der Raumfrequenz ν dargestellt und vermittelt so den Abfall des Kontrastes mit steigender Raumfrequenz. Erstrebt wird ein möglichst geringer Kontrastverlust im Bereich bis 80 L mm^{-1} . In Bild 7 sind die Modulationsübertragungsfunktionen der blau-, grün- und rotempfindlichen Schicht des NC 3 dargestellt. Die Ergebnisse wurden unter Verwendung einer Radialmire mit rechteckförmiger Transparenzverteilung gewonnen.

5.3. Auflösungsvermögen

Für die ORWOCOLOR-Kine-Negativefilme NC 1 und NC 3 erhält man durch die Bestimmung des Auflösungsvermögens [8] eine für viele praktische Zwecke hinreichende Kennzeichnung der Fähigkeit des Films, eng benachbarte Details getrennt (aufgelöst) wiederzugeben (Abbildung von FOUCAULT-Miren mit Tessar 2,8/50). Die Auswertung erfolgt durch Betrachten der Mirenbilder mit einem Mikroskop. Ausgewertet wird jene Aufnahme, bei der die grüne optische Farbdichte

$$D_{\text{min}} + 1,0 \text{ für NC 1}$$

und

$$D_{\text{min}} + 1,2 \text{ für NC 3}$$

beträgt.

Die Angabe des Auflösungsvermögens erfolgt in Linien pro Millimeter. Folgende Werte wurden ermittelt:

$$\text{NC 3: } R = 85 \text{ L mm}^{-1}$$

$$\text{NC 1: } R = 72 \text{ L mm}^{-1}$$

Günstiger als die Angabe des Auflösungsvermögens ist die Angabe der Modulationsübertragungsfunktion, weil diese eine Aussage über sämtliche Ortsfrequenzen ermöglicht. Dagegen wird beim Auflösungsvermögen nur die Ortsfrequenz bei verschwindendem Kontrast bestimmt.

5.4. Konturenschärfe

Durch Diffusion und Streuung in den fotografischen Schichtung kommt es zur

Bildung eines Diffusionslichthofes. Besonders deutlich wird diese Erscheinung bei der Verwaschung beim Abbilden von Kanten, also scharf begrenzten Hell-Dunkel-Übergängen im Objekt. Je nach Größe der Lichtstreuung wird die im Bild wiedergegebene Kante mehr oder weniger verwaschen, also unscharf sein. Die objektiv vorhandene Dichteverteilung im Kantenbild nennt man Konturenschärfe. Eine Meßzahl dafür ist die Materialkonstante k , welche angibt, um wieviel μm sich ein Spaltbild bei Verzehnfachung der Belichtung verbreitert [9]. Bei den Messungen betrug die Originalspaltbreite $100 \mu\text{m}$.

Für die drei Teilschichten erhält man 3 k -Zahlen (Tabelle 2).

Tabelle 2: k -Zahlen für die Colornegativefilme NC 1 und NC 3

Material	blau	grün	rot
NC 3	42	60	85
NC 1	57	65	85

Besonders deutlich ist die Verbesserung der Konturenschärfe des NC 3 gegenüber NC 1 im Oberguß (blauempfindliche Schicht). Im Mittelguß wirkt sich die Verminderung der Lichtstreuung in der Schicht auch noch aus, im Unterguß sind beide Materialien gleich.

6. Physikalisch-mechanische Eigenschaften

Durch Anwendung eines neuen Härtingsprinzips und durch dünnere Schichten sind die physikalisch-mechanischen Eigenschaften wie Quellung, Naßfestigkeit und Trockendauer gegenüber NC 1 verbessert worden.

Runzelpunkt sowie Ablöse- und Schmelzpunkt liegen über 90°C . Diese Eigenschaften garantieren eine gute Planlage, Maßhaltigkeit und Flexibilität sowie eine gute Gleitfähigkeit.

7. Verarbeitung

7.1. Verarbeitungsvorschrift

Im Sinne einer einheitlichen Color-Kinefilm-Verarbeitung wurde die Verarbeitung des NC 3 weitgehendst an die des NC 1 angepaßt. Neu gegenüber NC 1 sind die verlängerte Entwicklungszeit sowie die Anwendung des Bleichbades OC 55 mit einem pH-Wert von 5,0 bis 5,5. Die verlängerte Entwicklungszeit wirkt sich günstig auf die Verhinderung des sogenannten „Vertikalen Eberhard-Effektes“ aus, welcher zur Saumbildung bei hohen Dichteunterschieden, begünstigt durch kurze Entwicklungszeiten, führt [10] [11].

Das Bleichbad OC 55 ist zur optimalen Einstellung der Maskierung notwendig. Jede Verarbeitungsmaschine muß so eingestellt sein, daß die in der ORWO-Verarbeitungsvorschrift 5186 [12] vorgegebenen Kenndaten, u. a. die Entwicklungszeit von 6 bis 7 Minuten, eingehalten werden (Tabelle 3).

Tabelle 3: ORWO-Verarbeitungsvorschrift 5186

Badbezeichnung	Zeit (min)	Bad nach Rezept	Temperatur ($^\circ\text{C}$)
1* Farbentwickeln	6-7	ORWO-COLOR 11	$20 \pm 1/4$
2* Sprühwässern	15	—	12-15
3* Bleichen	5	ORWO-COLOR 55	19-21
4 Sprühwässern	5	—	12-15
5 Fixieren	8	ORWO-COLOR 73	19-21
6 Sprühwässern	15	—	12-15

* Dunkelteil der Verarbeitung

Besonders zu achten ist auf eine genügende Turbulenz und ausreichende Sprühwässerung. Die Regenerierung ist je nach Betriebsbedingungen so vorzu-

nehmen, daß das Gleichgewicht der Bänder mit den Rezeptwerten übereinstimmt. Unter Berücksichtigung der aufgeführten Gesichtspunkte werden stets optimale Verarbeitungsergebnisse erzielt. Das Bleichbad OC 55 ist für die Verarbeitung von NC 1 ohne Einschränkung anwendbar.

7.2. Dunkelkammerbeleuchtung

Für die Bearbeitung ist eine kurzzeitige indirekte Beleuchtung durch eine Dunkelkammerlampe (15 Watt) mit ORWO-Dunkelkammerschutzfilter Nr. 170 möglich.

7.3. Lagerungsbedingungen

Das unbelichtete Material soll bei möglichst konstantem Klima gelagert werden. Die Einwirkung von Wärme und Feuchtigkeit begünstigt die Erhöhung des Schleiers und den Rückgang der Empfindlichkeit. Bei einer Lagerung bis zu 3 Monaten sind Lagerungsbedingungen bei 18°C und 50–70% relativer Luftfeuchtigkeit zulässig (Originalverpackung). Die Lagerung über 3 Monate hinaus bis zum Ablauf der Garanzzeit ist bei 4°C durchzuführen. Letztere Bedingung gilt auch für das belichtete Filmmaterial. Bei der Entnahme des Materials aus dem Kühllager ist auf eine ausreichende Akklimationisierung der Filmbüchsen zu achten, um Feuchtigkeitsniederschläge zu verhindern.

Bei der Lagerung des entwickelten Materials sollten hohe Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen vermieden werden. Die Klimaschwankungen für Lagerräume und Archive sollten nach letzten Erkenntnissen für alle Colormaterialien – 5 bis – 8°C und 20–30% relative Luftfeuchtigkeit betragen. Eine relative Luftfeuchtigkeit von über 40% führt zu einem schnelleren Abbau der Bildfarbstoffe, eine Lagerung unter 15% relative Luftfeuchtigkeit führt zu irreversiblen Polygonalwicklungen [13].

8. Anwendung

Der ORWOCOLOR-Negativfilm NC 3 wird den Colornegativfilm NC 1 ablösen. Hauptanwendungsgebiete werden der Kinefilmsektor und das Farbfernsehen sein.

In den Bereichen Spielfilm, Dokumentarfilm, Industriefilm und wissenschaftlicher Film ergibt sich durch die doppelte Lichtempfindlichkeit des NC 3 gegenüber NC 1 eine bessere Ausnutzung der Beleuchtungskapazität in den Studios. Es wird außerdem ein geringerer Beleuchtungspark bei Aufnahmen außerhalb der Studios ermöglicht.

Zur Herstellung von Massenkopien ne-

ben der Möglichkeit der direkten Kopie auf ORWOCOLOR-Positivfilm PC 7 oder ein anderes Positivmaterial kann der Weg über verschiedene Zwischenstufen gegangen werden. Von NC 3-35-mm-Original-Negativen werden Duplikatnegative über ein Musterpositiv (ORWOCOLOR-Dup-Negativfilm DC 6 [6]) oder direkt Umkehrnegative (ORWOCOLOR-Dup-Umkehrnegativfilm DC 2) hergestellt.

Der NC 3 ist als Farbfernseh-Aufnahmefilm im 35-mm- und 16-mm-Format sehr gut geeignet, letzteres Format im System mit einem Colorpositivfilm hoher Schärfeeigenschaften. Im Zusammenhang mit dem Farbfernsehen wird das NC 3-Material von großer Bedeutung für das Filmwesen im Bildungsbereich und auf wissenschaftlichem Gebiet sein.

Literatur

- [1] K. Meyer, BILD UND TON 13, 6–8, 37–39, 68–70, 105–109, 140–142, 166–168, 205–206 (1960)
- [2] W.-D. Sende, Veröff. wiss. Phot.-Lab. Wolfen 10, 237 (1965)
- [3] B. Morcher, Photo-Technik und -Wirtschaft 1966, 348
- [4] W. Behrendt, Veröff. wiss. Photo-Lab. 7, 8 (1951)
- [5] TGL 143-405 Bl. 3, Oktober 1965
- [6] W.-D. Sende, Kinetische Mitteilungen VEB Filmfabrik Wolfen Heft 10/11, 63
- [7] E. Zeitler, Mitteil. Agfa Leverkusen-München II, 217 (1958)
- [8] TGL 143-407, Februar 1966
- [9] H. Frieser, Mitteil. Agfa Leverkusen-München I, 129 (1955)
- [10] W. Behrendt, Veröff. wiss. Photo-Lab. Agfa 7, 29 (1951)
- [11] W.-D. Sende, Veröff. wiss. Photo-Labor. Agfa 9, 150 (1961)
- [12] F. Lühr, G. Hübner, ORWO-Rezepte, Vorschriften zur Behandlung fotografischer Materialien 1971
- [13] H. Pietrzok, Vortrag UNIATEC-Kongreß Berlin September 1972