

Inhalt

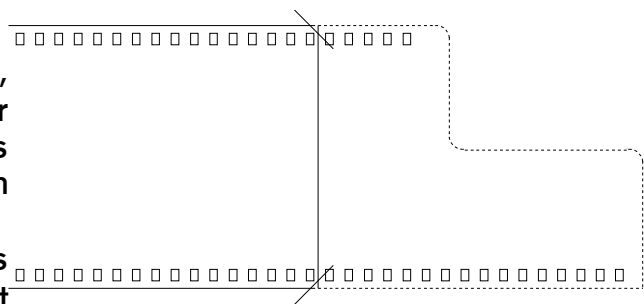
Negative.....	2
Entwicklung.....	2
Aufbau und Eigenschaften von SW-Negativ-Material.....	3
Allgemeine Eigenschaften und Aufbau.....	3
Empfindlichkeit.....	3
Spektral-Empfindlichkeit.....	3
Schwärzungskurve und Kontrast.....	4
Positiventwicklung und Vergrößerung.....	5
Vorgehensweise.....	5
Multigradation-Papier auf Farbvergrößerern.....	7
Fehlersuche.....	7
Aufbau und Eigenschaften von SW-Positivmaterialien.....	8
Sondertechniken/spezielle Verfahren.....	10
Brauntonung.....	10
Abschwächen.....	11
Belichtungsmessung.....	12
Bedeutung der richtigen Messung.....	12
Typen von Belichtungsmessern.....	12
Meßmethoden.....	13
Chemische Grundlagen.....	15
Die lichtempfindliche Schicht.....	15
Belichtung.....	15
Entwicklung.....	15
Stoppbad = Unterbrecher.....	16
Fixierung.....	16
Wässerung.....	16
Funktionstest der Chemikalien.....	16

NEGATIVE

Entwicklung

Vorbereitung:

- Falls das Filmende in der Dose ist, Filmende mit dem Rückholer aus der Patrone holen und das Ende des Films zwischen zwei Perforationen abschneiden und die Ecken leicht anschrägen
- Misslingt das Rückholen des Endes, muss die Dose im völligen Dunkel geknackt werden und dort probiert werden, das Ende zurechtzustutzen
- Im völligen Dunkel (auch kein Rotlicht) den Film in die Spule rollen und dann in die Dose stecken (Röhrchen nicht vergessen!)
- Entwickler:
 Mehrfachentwickler: darauf achten, dass nicht zu viele Filme mit demselben Entwickler entwickelt werden; für jeden Film einen Strich auf der Flasche machen und darauf achten, dass die Maximalzahl (siehe Flasche) nicht überschritten wird
 Einfachentwickler: 20°-Wasser vorbereiten und danach im entsprechenden Verhältnis mit dem Entwicklerkonzentrat mischen (siehe Liste der Entwicklungszeiten); die Entwicklungszeit sollte im Normalfall 15 Minuten nicht überschreiten



Entwickler-Wasser-Verhältnis (nach Liste):

Kleine Dose: 250 ml-DOSE		
Verhältnis	Entwickler	Wasser
1+4	50 ml	200 ml
1+7	31 ml	219 ml
1+9	25 ml	225 ml
1+10	27 ml	227 ml
1+15	16 ml	234 ml
1+20	12 ml	238 ml
1+25	10 ml	240 ml
1+30	8 ml	242 ml
1+50	5 ml	245 ml

Große Dose: 500 ml-DOSE		
Verhältnis	Entwickler	Wasser
1+4	100 ml	400 ml
1+7	63 ml	437 ml
1+9	50 ml	450 ml
1+10	46 ml	460 ml
1+15	31 ml	469 ml
1+20	24 ml	476 ml
1+25	19 ml	481 ml
1+30	17 ml	483 ml
1+50	10 ml	490 ml

Entwickeln nach den Zeiten auf der Liste im Regelfall im 3-sec-Kipprhythmus; nicht vorhandene Zeiten schätzen und bewährte Zeiten in die Liste eintragen.

- Stoppen des Films (1 Minute); Dose hierbei in Bewegung halten
- Fixierung 5-15 Minuten; Dose während des Fixierens einige Male bewegen, höherempfindliche Filme länger als niedrigempfindliche Filme entwickeln - z.B. Für einen 100 ASA-Film etwa 7 min
- Netzmittelbad ca. 1 min, Dose muss nicht bewegt werden.
- Film unter leichtem Druck schräg mit der Abstreifzange abstreifen
- Trocknen entweder im Trockner, oder falls man genug Zeit besser hat an ruhiger Luft

(evtl. im ausgeschalteten Trockenschrank (um Staubpartikel vom Film fernzuhalten))

Aufbau und Eigenschaften von SW-Negativ-Material

Allgemeine Eigenschaften und Aufbau

Der Schichtträger ist heute fast ausschliesslich Kunststoff (Zelluloseacetat, PVC, Polyester). Die Empfindlichkeit wird durch die Verteilung, die Korngröße und die Dicke der Emulsion bestimmt, die aus in Gelatine eingebettetem AgCl und AgBr besteht. Unter dem Schichtträger befindet sich eine Lichthofschicht¹, die das durchgedrungene Licht absorbiert und dadurch eine Totalreflexion verhindert. Eine Schutzschicht auf der Emulsion bietet Schutz vor mechanischen Verletzungen und elektrischen Aufladungen der Schicht. Diese Schicht bleibt im Entwickler zurück



und verursacht dadurch die Färbung des Entwicklers nach dem Verarbeiten des Films.

Empfindlichkeit

(Stufen des Zeitfaktors 2 bzw. einer Blendenstufe)

DIN (Differenz 3)	15	18	21	24	27	30
ASA (Faktor 2)	25	50	100	200	400	800
Schichtdicke	dünner		dicker ²			
Körnigkeit	fein		grob			
Auflösungsvermögen	höher		geringer			
Kontrast	härter		weicher			
Konturenschärfe	besser		schlechter			
Diffusionslichthof ³	kleiner		größer			

Die Empfindlichkeiten der Filme sind meistens auf den Filmdosen kodiert; sie kann allerdings durch entsprechende Entwicklung erhöht (gepusht) oder verringert (gepullt) werden.

Während hochempfindliche Filme für schwaches Licht verwendet werden, grobkörnig und somit nur zu wenigen Zwecken vergrößerungsfähig sind, finden niederempfindliche Filme eher in der Reprötechnik und Wissenschaft und als Mikrofilme Verwendung. Die meistens genutzten Filme haben eine Empfindlichkeit von 100 ASA (21 DIN) und sind "Universalfilme", d.h. sie können für die meisten Zwecke problemlos genutzt werden.

Spektral-Empfindlichkeit

Um die gleiche Spektralempfindlichkeit wie beim Auge zu bekommen (damit ein realistischer Eindruck entsteht), müssen der Emulsion Farbstoffe beigemischt werden. Die

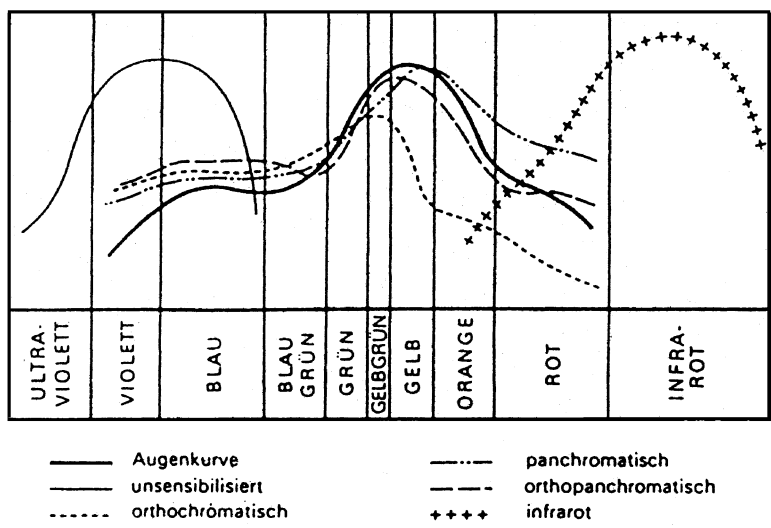
¹ Siehe auch Belichtungsmessung

² Filme mit dickerer Schicht müssen entsprechend auch länger in den Chemikalien sein; beim Entwickler ist dies schon in der Zeit auf der Liste einbezogen.

³ Siehe auch Belichtungsmessung

Ag-Halogenide an sich sind fast ausschliesslich im Bereich höherenergetischen Lichts empfindlich. Die Farbstoffe "verschieben" diese Empfindlichkeit. Daraus ergeben sich folgende Filmtypen:

- unsensibilisiert (ohne Farbstoffe; auf UV&blau empfindlich; Reprofilm)
- orthochromatisch (alle Farben außer Rot; Reprofilm, Planfilm)
- orthopanchromatisch (Universalfilm)
- Infrarot (v.a. im Farbbereich können erstaunliche Bilder gemacht werden!)

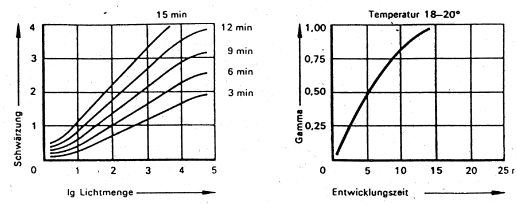
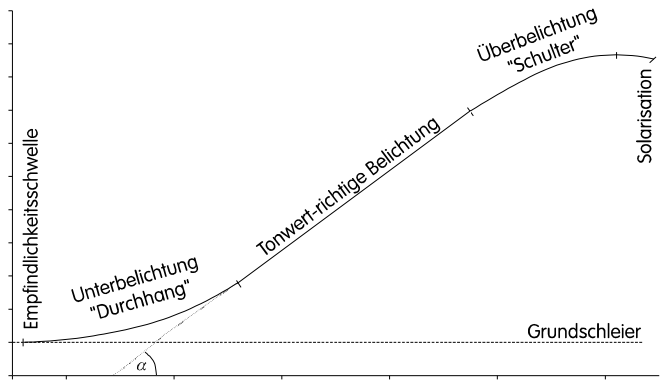


Schwärzungskurve und Kontrast

Die Steigung der geraden Strecke der Schwärzungskurve ist der Kontrast, der durch den Winkel α festgelegt wird. Der Wert wird als γ -Wert bezeichnet und ist der Tangens des Winkels α .

Er lässt sich durch die Entwicklung in folgenden Beziehungen steuern:

- Art des Entwicklers
- Konzentration (höhere K. -> höherer K.)
- Dauer (länger -> höherer K.)
jedoch auch erhöhung des Grundscheilers!
- Temperatur (höher -> höherer K.)



Links: Die Abhängigkeit des Gamma-Wertes von der Entwicklungszeit. — Rechts: Gamma-Z kurve für einen gegebenen Entwickler.

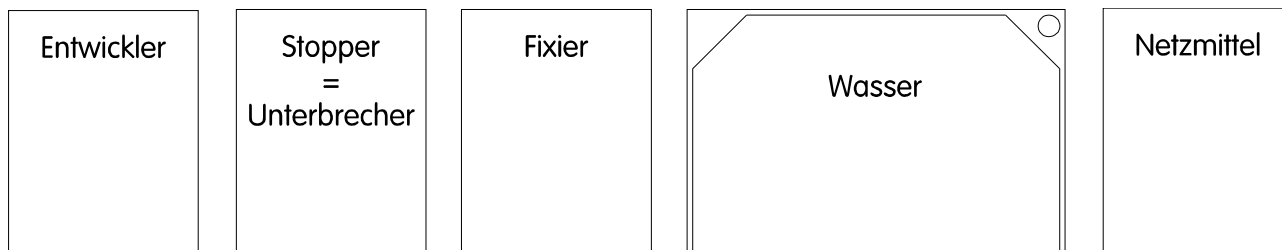
POSITIVENTWICKLUNG UND VERGRÖßERUNG

Vorgehensweise

Vergößerern:

- Schalter der Zeitschaltuhr auf Dauerlicht
- Graufilter (Multigrade-Vergrößerer) bzw. Magenta-Filter (Farbvergrößerer) auf 0-Stellung
- offene Blende
- Filter auf "off" (Multigrade-Mischkopf) oder auf "White light" (Farbmischkopf); bei einem SW-Vergrößerer evtl. den Multigrade-Filter deherausnehmen
- Negativ auf dem Kopf stehend in die Kassette einlegen
- Format einstellen
- Mit dem Scharfsteller den Focus überprüfen und ggf. korrigieren
- Mit Schnipseln eine geeignete Belichtung herausfinden:
- Blende 8 und 5-10 Sekunden als Ausgangswert
- Bei eingeklapptem Rotfilter den Schnipsel auf eine geeignete Stelle legen
- Dauerlicht abschalten; Rotfilter rausklappen; Filter über den Filterschalter wieder einschalten
- Belichtungsdaten, Bild- und Filmnummer hinten auf dem Fotopapier mit einem Kugelschreiber oder einem weichen Bleistift vermerken (sie können evtl. Später als Anhlatswerte dienen)
Reihenfolge: Filmnummer<Bildnummer>Blende/Zeit/Kontrast (z.B. 11<12A>8/10/2,5)

Entwicklungsvorgang:



Wenn man keine Veränderung mehr sieht noch 1 min., damit die Grautöne sich voll entfalten können.

Barytpapier etwa 2 Minuten länger als PE-P.

10-30 Sekunden, je nachdem, wie "frisch" (niedriger pH: 3) der Stopper noch ist. Bei Barytpapier etwa 1 Minute

Normaler Fixierer:

5-10 min

Schnellfixierer: etwa 3 min.

Barytpapier mindestens 10 Minuten

5 - 10 min, bei kaltem oder stehendem Wasser länger

Barytpapier muss mindestens 30 Minuten gewässert werden.

nur kurz durchziehen,

bei Antibakteriellem Netzmittel etwa 1 min.

Fotos können länger in den Bädern gelassen werden; sie müssen dann aber auch länger gewässert werden. Ausserdem lösen sich mit der Zeit in den Flüssigkeiten auch die

Schichten des Papiers voneinander.

Multigradation-Papier auf Farbvergrößerern

Blue wird immer auf 0 gelassen, Yellow und Magenta werden je nach Bedarf eingestellt:

Härtegrad	Yellow	Magenta
0,0	92	16
0,5	74	22
1,0	56	28
1,5	46	37
2,0	36	46
2,5	28	53
3,0	26	75
3,5	12	90
4,0	04	90
4,5	00	130
5,0	00	170

Es sind auch Zwischenwerte bei der Gradation möglich, man muss dann die Farbwerte schätzen.

Fehlersuche

Bild Unscharf	<ul style="list-style-type: none"> wenn Korn sichtbar: das Negativ ist unscharf ansonsten: Vergrößerer nicht genau eingestellt (z.B. Wenn man mit Rotlicht scharfgestellt hat) >> Mit weißem Licht und Lupe scharfstellen
Bild Seitenverkehrt	<ul style="list-style-type: none"> >> Negativ andersherum (obere Seite nach unten) in die Bildbühne tun
ganzes Bild zeigt Doppelkonturen	<ul style="list-style-type: none"> Fotopapier ist während der Belichtung verrutscht >> auf ein neues Fotopapier erneut belichten
Flauer Kontrast, "neblig"	<ul style="list-style-type: none"> Entwickler erschöpft >> neuen Entwickler ansetzen Kontrast zu schwach gewählt >> am Vergrößerer höheren Kontrast einstellen (Liste am Vergrößerer) bzw. Papier mit stärkerem Kontrast verwenden Filterscheibe vergessen oder Ausgeschwenkt bei alten Vergrößerern >> Filterscheibe korrekt "einstellen"
Bild ganz schwarz	<ul style="list-style-type: none"> Belichtungszeit viel zu lang >> an der Zeitschaltuhr eine um ein vielfaches kürzere Zeit einstellen Fotopapier wurde vorher versehentlich bei weißem Licht geöffnet >> neues Fotopapier verwenden

Bild Unscharf	<ul style="list-style-type: none"> • wenn Korn sichtbar: das Negativ ist unscharf • ansonsten: Vergrößerer nicht genau eingestellt (z.B. Wenn man mit Rotlicht scharfgestellt hat) >> Mit weißem Licht und Lupe scharfstellen
Bild ganz weiß	<ul style="list-style-type: none"> • Falsche Chemikalie verwendet >> sicherstellen, dass das Bild zuerst in den Entwickler kommt • mit Rotfilter belichtet >> Rotfilter auswaschen
keine gute Schwärzung	<ul style="list-style-type: none"> • Entwickler erschöpft >> neuen Entwickler ansetzen
Violette Färbung	<ul style="list-style-type: none"> • Fixierer erschöpft >> neuen Fixierer ansetzen • zu kurze Fixierzeit >> Foto bei frischem Fixierer mindestens fünf Minuten fixieren, bei älterem bis zu 15 Minuten
Weißer fuschiger Flecken auf dem Foto	<ul style="list-style-type: none"> • Negativ verschmutzt >> Negativ vorsichtig (z.B. Mit einem Brillenreinigungstuch) abwischen
Weißer spritziger Flecken	<ul style="list-style-type: none"> • Vor der Entwicklung waren Fixierflecken auf dem Papier
Weißer Fingerabdrücke	<ul style="list-style-type: none"> • Vor der Entwicklung wurde das Bild mit fixierverschmutzten Händen angefasst >> Bild nur mit sauberen, trockenen Händen anfassen
Grauer Fahrer	<ul style="list-style-type: none"> • Während der Entwicklung wurde mit der Zunge auf dem Bild herumgekratzt

Aufbau und Eigenschaften von SW-Positivmaterialien

Alle Photopapiere bestehen aus einer (meist weißen) Unterlage aus hochwertigem Papier- oder Kartonmaterial. Die Emulsion (lichtempfindliche Schicht) ist äußerst feinkörnig und weniger empfindlich als Filmmaterial und gegenüber Duka-Licht (rot oder bei Papier mit fester Gradation auch gelbgrün) quasi unempfindlich (bei normalem Abstand und Belichtungsdauer). Obwohl eine Schutzschicht aus besonders fester Gelatine gegen mechanische Verletzungen des Fotopapiers recht gut schützt, ist die Emulsion im geschwollenen Zustand in den Bädern noch sehr empfindlich.

Die Emulsion kann jedoch auch auf andere Materialien wie Holz, Porzellan, Glas, Aluminium oder Leinen aufgetragen werden.

Neben den wirklichen Positivmaterialien gibt es auch noch spezielles Filmmaterial, dass sich in der Dunkelkammer wie Fotopapier verarbeiten lässt.

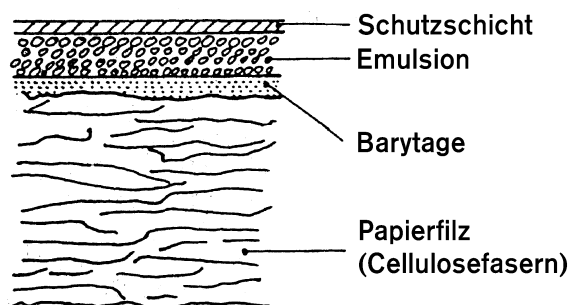
Man unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Grundtypen von Fotopapier:

Barytpapier

Das ursprüngliche Fotopapier, heute noch in der Kunstfotografie genutzt.

Auf der Papierunterlage befindet sich eine Barytschicht (BaSO_4), die einen sehr weissen Hintergrund gibt, und verhindert, dass die Emulsion in die Papierschicht sinkt. Diese Schicht beeinflusst den Oberflächencharakter und damit den Farbton und die Struktur des Papiers.

- + Tiefere schwärzen und hellere Weißen durch dickere Silberschicht und Barytschicht
- + mehr Grauwerte möglich
- lange Verarbeitungszeiten
- für Hochglanz Trockenpresse notwendig

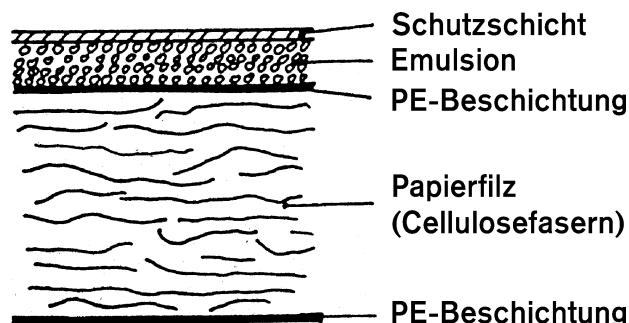


PE-Papier (ResinCoated-Papier)

Durch die Kunststoffbeschichtung festeres und schneller verarbeitbares Fotopapier.

Chemikalien können nur an den Schnittstellen des kunststoffummantelten Papierträgers in diesen eintreten. Die Emulsion ist direkt auf den Kunststoff aufgetragen und enthält meist Entwicklersubstanzen, um den Entwicklungsvorgang zu beschleunigen.

- + bessere Planage beim Belichten
- + kürzere Verarbeitungszeit
- + einfache Trocknung (auch Hochglanz)
- geringer Tonumfang
- Kunststoff versprödet mit der Zeit



Andere Unterscheidungsmerkmale von Fotopapieren:

Format	Rollenpapiere für Entwicklungsautomaten Postkartenpapiere Standard-Formate: 9x13, 10x15, 13x18, 18x24, 20x30, 30x40, 40x50
Oberfläche	Hochglanz, seidenmatt, halbmatt, perl
Dicke	papier- oder karton-stark
Gradation	extraweich (0), weich (1), spezial (2), normal (3), hart (4), extrahart (5), ultrahart (-)
Bildton	entweder mit fester Gradation (mit den entsprechenden Bezeichnungen) oder Gradationswandelpapier mit Kontrast von 0 - 5 je nach Belichtungsfarbton kalt (blauschwarz) bis warm (braunschwarz)
Hintergrund	von Emulsion und Entwickler abhängig reinweiß, elfenbein, getönt

Sondertechniken/spezielle Verfahren

Brauntonung

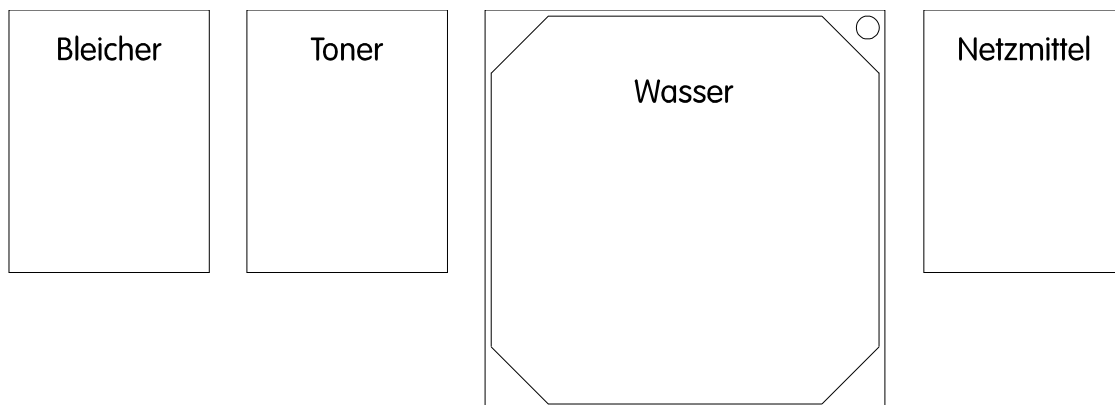
Es gibt drei Möglichkeiten der Brauntonung:

- Tönen des ganzen Bildes in Wannern
- partielles Tönen in Wannern mit Lack
- partielles Tönen mit dem Pinsel

Vorgehensweise:

Beim Tönen in Wannern:

1. bei partiellem Tönen Lack auftragen, ansonsten mit Schritt 2 beginnen
2. Bleichen
bis die Schwarz/Grau-Töne komplett in ein gelbliches, kaum sichtbares Bild übergegangen sind
3. gründlich Wässern
es darf kein Bleicher in den Toner gelangen, sonst wird der Toner in Wirkung stark geschwächt
4. Tönen
wie das Entwickeln von Postiven: nachdem man keine Veränderung mehr sieht lässt man das Bild noch etwa eine halbe bis eine Minute im Tonungsbad
5. Wässern
ca. 5 Minuten, bei Schwefeltoner solange bis der Geruch verschwindet
6. Netzmittel
7. Trocknen



Bei partiellem Tönen mit einem Pinsel:

1. Bild trocknen,
es lässt sich nur auf trockenem Fotopapier der Bleicher genau auftragen
2. Mit dem Pinsel dort bleicher auftragen, wo das Bild getont werden soll
3. gründlich Wässern
es darf kein Bleicher in den Toner gelangen, sonst wird der Toner in Wirkung stark geschwächt
4. In eine Wanne mit Tonungsbad legen,
es wird nur an den gebleichten Stellen getont, der Rest bleibt unberührt
5. Wässern

ca. 5 Minuten, bei Schwefeltoner solange bis der Geruch verschwindet
6. Netzmittel -> Trocknen

Abschwächen

Vorbereitung:

Zuerst müssen die zwei Abschächerstammlösungen mit einem der folgenden Verhältnisse gemischt werden:

Geschwindigkeit	A	B	H ₂ O
Schnell	1	1	0
Mittelschnell	1	1	1
Langsam	1	1	4
(zum Klären von Positiven)	1	1	50

Die Gebrauchslösung ist nur etwa 30 Minuten haltbar, deshalb bitte erst kurz vor dem Gebrauch anmischen!

Vorgehensweise:

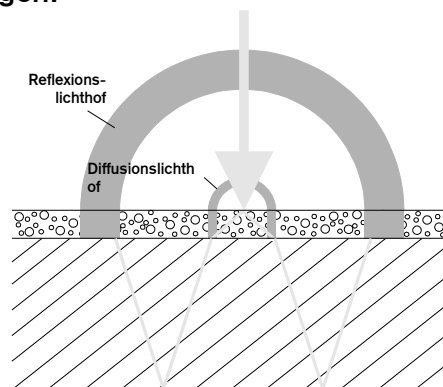
Papier gut trocknen, da die Abschwächerflüssigkeit auf nassem Papier schnell verwischt. Bei Bedarf können die Teile des Bildes, die bestehen bleiben sollen, lackiert werden, danach mit einem Pinsel Abschwächer auf die Teile des Papiers auftragen, die Abgeschwächt werden sollen. Danach die Bilder gut wässern, damit die Chemikalien ausgewaschen werden.

BELICHTUNGSMESSUNG

Bedeutung der richtigen Messung

Um ein gutes Resultat zu bekommen, müssen alle Tonwerte im geraden Teil der Schwärzungskurve liegen, sie werden nur so richtig wiedergegeben. Die lichtempfindliche Emulsion hat im Gegensatz zum Auge kein Adaptionsvermögen.

Bei Unterbelichtung findet keine Differenzierung in den Schatten statt, während bei Überbelichtung vermindern Diffusions- und Reflexionslichthöfe die Schärfe, und ausserdem die Lichter ausgefressen sind. Bei manchen Situationen kann auch der Objekumfang zu groß für den Belichtungsspielraum sein, d.h. die Lichtmengen sind so unterschiedlich, dass der belichtete Teil nie ganz in den geraden Teil der Schwärzungskurve fallen kann. In solchen Fällen muss der dunkle Teil zusätzlich aufgehellt werden, um das Motiv gut ablichten zu können.

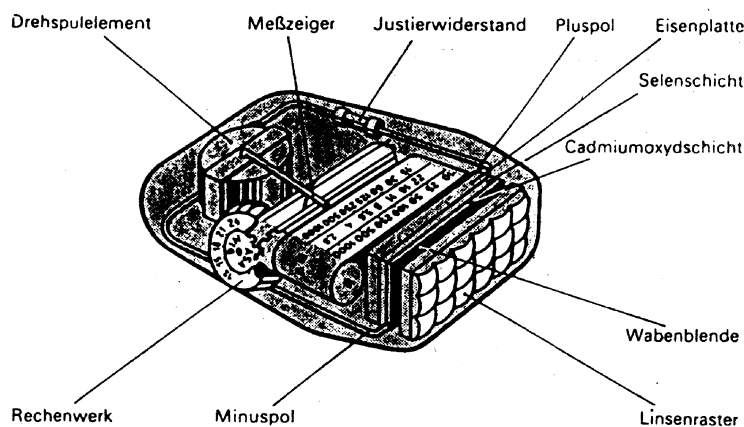


Motiv	Objektumfang	±Blende
Landschaft im Nebel	1:2	1
Winterlandschaft	1:5	2,3
Luftbild (Schrägaufnahme)	1:10	3,3
Reproduktion	1:30	4,9
Offene Landschaft im Sonnenlicht	1:50	5,7
Kunstlichtportrait	1:100	6,7
Landschaft m. schattigem Vordergrund	1:200	7,7
Nachtaufnahme	1:500	8,9
Innenaufnahme mit hellem Ausblick	1:1000	9,9
Gegenlichtaufnahme aus dem Dunklen ins Helle	1:10000	13,3

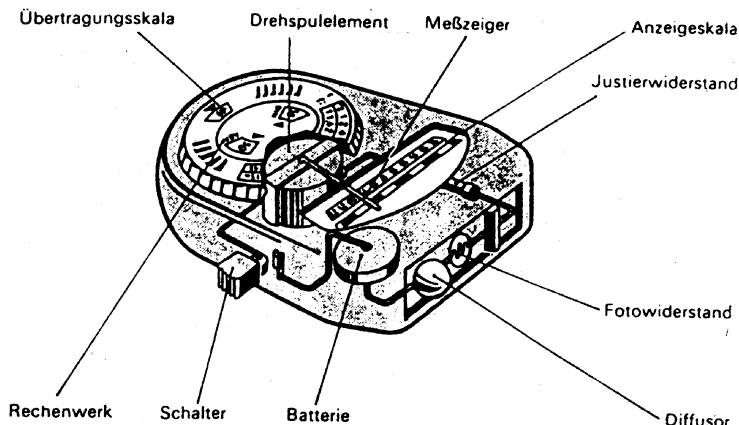
Mit dem Belichtungsmesser kann man den Kontrastumfang ermitteln, indem man die Dunklen und die Hellen stellen getrennt ausmisst.

Typen von Belichtungsmessern

- Selen-Fotoelement:**
 ein ohne Fremdstrom arbeitendes Element, bei dem unter Lichteinfall Elektronen frei werden. Der Winkel von Normalobjektiven wird durch Wabenfenster begrenzt, die Spektralempfindlichkeit ist ähnlich der der gängigen Filme; um hochenergetischen Bereich übersteigt sie die des Auges, was meist jedoch kaum Auswirkungen zeigt. Selen-Fotoelemente sind äußerst Hitzeempfindlich, Temperaturen über 80°C führen zur Zerstörung. Bei andauernder Aussetzung an Licht treten Alters- und Ermüdungserscheinungen auf, die sich aber schnell wieder erholen, wenn das Element im Dunklen gelagert wird.



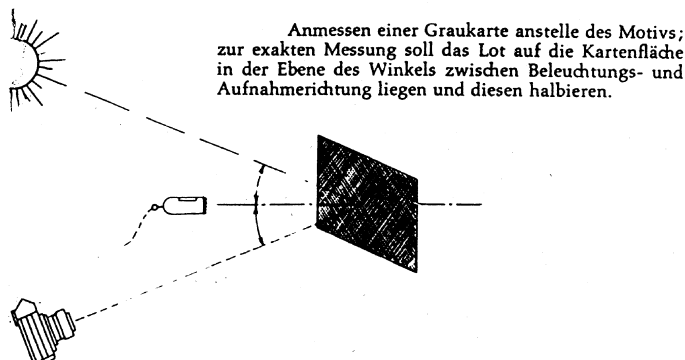
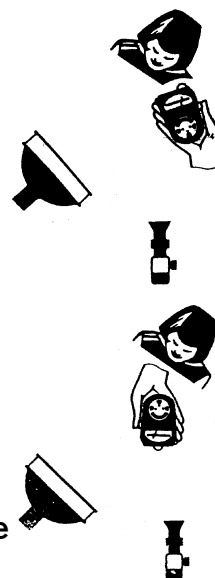
- **Cadmiumsulfid-Fotowiderstand:**
 Der Lichteinfall regelt die Stromdurchlässigkeit; es wird Fremdstrom benötigt, wobei die Empfindlichkeit ca. 100X größer ist als die von Selen-Fotoelementen. Die Spektralempfindlichkeit entspricht auch hier etwa der des Filmmaterials, der Fotowiderstand ist jedoch im Gegensatz zum Selen-Fotoelement sehr Temperaturunempfindlich. Der Nachteil des CdS-Widerstandes ist, dass er wie auch das Auge eine Adaptionszeit benötigt. Bei Bedarf kann der Meßwinkel durch die extrem kleine Zelle sehr klein gehalten werden.



- **Silizium-Diode:**
 äußerst schnell reagierendes Element, das auf Fremdstrom angewiesen ist.

Meßmethoden

- **Objektmessung:**
 Bei der Objektmessung wird von der Kamera aus gemessen, man misst also das reflektierte Licht. Meistens wird ohne Kalotte (=Diffusor) gemessen, also ist das Ergebnis hauptsächlich vom bildwichtigsten Teil bestimmt. Bei hohem Objektumfang werden die Lichter und Schatten einzeln gemessen und daraus ein Mittelwert gebildet.
- **Lichtmessung:**
 Die Lichtmessung erfolgt immer mit einem Diffusor, da hier die allgemeine Helligkeit gemessen wird, das Reflexionsvermögen wird nicht gemessen. Mit dieser Methode können größere Szenen gemessen werden, da der Meßwinkel 180° mit Kalotte beträgt.
- **Graukartenmessung:**
 Anstelle das eigentliche Objekt zu Messen, wird hier eine Norm-Graukarte gemessen, die ein Reflexionsvermögen von 16% hat (entspricht dem Reflexionsvermögen eines durchschnittlichen Motivs). Die Graukarte wird in die Ebene des Motivs gehalten und vom Kamerastandpunkt aus ohne Diffusor gemessen.



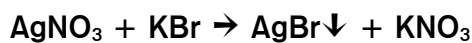
CHEMISCHE GRUNDLAGEN

Die lichtempfindliche Schicht

Die Emulsion ist der wichtige Bestandteil von Film- und Papiermaterial und besteht im Groben aus folgenden Bestandteilen:

- lichtempfindliche Silberhalogenide (AgHal): AgCl, AgBr und AgI
sie sind weiß und schwer löslich, die Lichtempfindlichkeit nimmt mit zunehmender Ordnungszahl des Halogenids zu: $\text{AgCl} < \text{AgBr} < \text{AgI}$
- die Gelatine ist stark quellfähig; in sie sind sie AgHal-Kristalle eingebettet

Das Material wird durch eine Fällungsreaktion aus löslichen Salzen in warmer, flüssiger Gelatine wie z.B.:



Durch die Korngröße der Kristalle kann man die Empfindlichkeit steuern; die Empfindlichkeit von Positivmaterialien ist gering, das Material ist äußerst feinkörnig.

Störstellen im Kristallgitter, die durch Reifungsprozesse der Emulsion entstehen, lassen die Lichtempfindlichkeit der Emulsion um den Faktor 10^5 steigen und heißen Empfindlichkeitskeime.

Belichtung

erzeugt das latente, entwicklungsfähige Bild, wobei folgendes abläuft:

- Bromid-Ionen werden von Lichtquanten getroffen und spalten Elektronen ab; das entstehende Brom wird von der Gelatine gebunden:
 $2 \text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$
- Silber-Ionen fangen auf Umwegen die freigewordenen Elektronen ein (Reduktion):
 $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}$

Es entstehen Latentbildkeime, die jedoch aufgrund der geringen Menge Silber noch nicht sichtbar sind. Die Emulsion hat nun zwei verschiedene Typen von Körnern:

1. Entwickelbaren Körnern mit Latentbildkeimen, die aus der vorgehenden Reaktion stammen und Schleierkörnern
2. nicht entwickelbaren Körnern (unbelichteten Körnern)

Entwicklung

Bei der Entwicklung werden die Körner mit Latentbildkeimen vollständig zu Ag umgewandelt, wobei der Entwickler ein Reduktionsmittel ist:



Das Silber verursacht die Schwärzung (amorphes Ag). Der Entwickler greift zwar auch die unbelichteten Stellen an, jedoch kann er die schon belichteten Körner wesentlich schneller reduzieren. Das latente Bild wird durch den Entwickler um den Faktor 10^8 bis 10^9 verstärkt.

Der Entwickler besteht aus:

- Entwicklersubstanz
(Reduktionsfähige Benzolderivate; z.B. Hydrochinon)
- Base
(erhöht die Reduktionskraft der Entwicklersubstanz; z.B. NaOH; KOH; Na₂CO₃)
- Schutzsubstanz Na₂SO₃
(fängt O₂ ab, da O₂ wie Ag⁺ den Entwickler oxidiert)
- Antischleiermittel KBr
(schützt die unbelichtete Substanz vor einer Entwicklung)

Stopppbad = Unterbrecher

neutralisiert die Basizität des Entwicklers (Abpuffern), um den leicht sauren Charakter des Fixierbades zu erhalten. Stopppbad ist üblicherweise eine 2-3%ige Essigsäure

Fixierung

Die unentwickelten Silberhalogenide müssen aus der Emulsion entfernt werden, damit das Material am Licht nicht nachdunkelt. Die unentwickelten Keime machen noch etwa $\frac{4}{5}$ der Emulsion aus. Dazu werden die unlöslichen Silberhalogenide in eine wasserlösliche Verbindung überführt. Das Fixierbad besteht aus:

- Fixiernatron: Natriumthiosulfat Na₂S₂O₃
oder Schnellfixiersalz: Ammoniumthiosulfat (NH₄)₂S₂O₃
- Säuerungsmittel: Kaliumdisulfit K₂S₂O₅ oder Natriumhydrogensulfit NaHSO₃

Die Fixierung erfolgt in mehreren Schritten über Komplexsalze:

1. AgHal + Na₂S₂O₃ → unlöslich, weiß
2. → unlöslich, klar
3. → löslich, klar

Die Klärzeit (ist bei Filmen gut zu sehen) ist die Zeit bis zur 2. Stufe der Fixierung; es gilt die Faustregel: Fixierzeit ist doppelte Klärzeit. Die dritte Form kann nur entstehen, wenn Na₂S₂O₃ im Überfluss vorhanden ist.

Wässerung

Die gequollene Schicht enthält nach der Behandlung in den Bädern noch viele Chemikalien. Deshalb ist ein gründliches Wässern nötig, bei dem die Chemikalien ins Wasser diffundieren. Erst so werden die Bilder archivfest. Zu langes Wässern sollte jedoch vermieden werden, da sich sonst die Schicht vom Trägermaterial ablöst.

Funktionstest der Chemikalien

Entwickler	Ist verbraucht, wenn trotz langer Belichtung und genügendem Kontrast keine tiefen Schärzen erreicht werden.
Stopppbad	pH-Wert mit Testpapier überprüfen; er sollte unter 6 liegen

Fixierer	Eine Kleine Probe des Fixierers mit 4%iger KI-Lösung versetzen; bei verbrauchtem Fixierbad fällt leicht gelbliches Agl aus, ansonsten bilden sich nur klare Schleier in der Lösung
-----------------	---