

**TERRY SCHAEVEN**

**WEGE ZUM PERFEKTEN**

**NEGATIV**

Überarbeitete und erweiterte Auflage April 2008

## Geleitwort

"Fotografieren" kann heute jeder. Mit Hilfe der heute hochentwickelten Technik "gute" Bilder zu machen, gelingt wohl jedem. Doch wir wollen auch nicht vergessen, dass darüber hinaus das analoge Fotografieren eine Kunst bleibt und eine Wissenschaft für sich ist, die heute kein Gelehrter in allen ihren Phasen meistert.

Nur ein "LICHTBILDNER", der seine Aufnahme mit Licht gestaltet und der in der Lage ist Licht zu beurteilen, kann als Künstler bezeichnet werden. Dies schließt aus, dass ein digitaler Knipser, der erst am PC sein Bild gestaltet ein Künstler ist oder den Anspruch erheben kann ein Lichtbildner zu sein. Alleine deshalb wird der in Zukunft vielleicht kleine Kreis von analogen Fotografen eine elitäre Klasse von Fotokünstlern sein und umso mehr als bildschaffender Künstler anerkannt werden.

Alle Materialien werden jetzt selbst verarbeitet. Doch dazu braucht man Anweisungen und auch Vorschriften, und mit jeder dann selbsterarbeiteten Erfahrung steigert sich auch wieder die Begeisterung für die Lichtbildkunst. Nur wer so von Grund auf lernt, schafft einmal Größeres! Die Ausführungen in dieser Ausarbeitung sollen helfen als ersten Schritt die optimale Ausarbeitung des Negativmaterials zu beherrschen.

Und wie wenig ist für diesen Anfang nötig! Eine kleine Ecke im verdunkelten Badezimmer oder auch nur ein lichtdichter Wechselsack sowie eine Entwicklungsdose, ein paar Messuren und Flaschen und ein Thermometer sowie Chemie reichen schon aus, um seine Filme selber zu entwickeln.

Die Selbstverarbeitung hat bleibend seine Vorteile: denn nur so erlernt man das Handwerksmäßige dieser Kunst. Nur Übung macht den Meister! Dabei schadet es durchaus nicht, sich auch mit den chemischen Umsetzungen der einzelnen fotografischen Prozesse zu befassen und einmal ein Lehrbuch zur Hand zu nehmen. Die Ausarbeitung von S/W-Materialien durch Großlabore führt nicht zu optimalen Ergebnissen.

Die Gestaltung einer Bildidee ist nur möglich, wenn handwerkliches Können vorhanden ist.

Diese Fähigkeit setzt aber wiederum eine gute Materialkenntnis voraus, zu der wesentlich die fotografische Chemie und das verwendete Aufnahmematerial zählen. Der Einfluss fotochemischer Lösungen auf das Bildergebnis ist jedem Praktiker bekannt, jedoch nicht immer wissenschaftlich erklärlich.

Die vorliegende Schrift soll uns nun bei allen anfangs auftretenden Fragen ein Ratgeber sein; denn die Freude am geschaffenen Werk ist ja größer, wenn man von vornherein möglichst viele Fehler ausschaltet und so schneller zum Ziele kommt.

Ich darf hier einmal Andreas Weidner zitieren, der zutreffend in seinem Buch: "Perspektive Fine-Art" sagt: ".....wer es analog nicht schafft, wird es digital auch nicht schaffen....wer es analog geschafft hat, brauch es digital nicht zu versuchen...".

## Inhalt

<b>1</b>	<b>DIE RICHTIGE BELICHTUNG DES FILMS BEI DER AUFNAHME</b>	<b>6</b>
1.1	Filmempfindlichkeit	6
1.2	Die Belichtungsmessung	7
1.3	Über- und Unterbelichtung	8
1.4	Das Zonensystem	8
1.5	Allgemeine Begriffsbestimmungen zur Interpretation von Schwärzungskurven	11
<b>2</b>	<b>DER SCHWARZWEIßFILM / DAS NEGATIV</b>	<b>12</b>
2.1	Schichtaufbau der Aufnahmematerialien	12
2.2	Allgemeine Eigenschaften der Aufnahmematerialien und ihre Beeinflussung	13
2.2.1	Empfindlichkeit	13
2.2.2	Gradation und Kontrast	14
2.2.3	Körnigkeit	15
2.2.4	Auflösungsvermögen und Konturenschärfe	15
2.2.4.1	Auflösungsvermögen	15
2.2.4.2	Konturenschärfe	16
2.2.4.3	Die Modulationsübertragungsfunktion ( MTF)	17
2.3	Allgemeine Anforderungen an ein Negativ	17
2.3.1	Optimaler Schwärzungsumfang.	18
2.3.2	Gute Lichter- und Schattenzeichnung	18
2.3.3	Möglichst geringes Korn	19
2.3.4	Hohe Schärfe im bildwichtigen Detail	19
2.3.5	Fehlerfreiheit	20
2.3.6	Fazit	20
2.4	Gebräuchliche Aufnahmematerialien und ihre Eigenschaften	20
2.4.1	Wo liegen die Vor- und Nachteile von Flachkristallfilmen ?	22
2.5	Lagerung von Filmen	23
<b>3</b>	<b>DER NEGATIVENTWICKLUNGSPROZESS</b>	<b>24</b>
3.1	Entwickler und ihre Bestandteile	24
3.1.1	Wahl des Entwicklers	25
3.2	Faktoren, die den Entwicklungsprozess beeinflussen	27
3.2.1	Konzentration des Entwicklers	27
3.2.2	Temperatur des Entwicklers	27
3.2.3	Bewegung der Filme im Entwickler	28
3.2.4	Rotationsentwicklung	29
3.2.5	Entwicklungsdauer	29
3.3	Entwicklungsarten und ihre Anwendung	30
3.3.1	Normalentwicklung	30
3.3.2	Ausgleichsentwicklung	31
3.3.3	Kontrastentwicklung	31

<b>3.4</b>	<b>Das Unterbrecherbad</b>	<b>31</b>
<b>3.5</b>	<b>Fixieren der Negative</b>	<b>32</b>
3.5.1	Die Bestandteile des Fixierbads und ihre Aufgaben	32
3.5.2	Fixierdauer	33
3.5.3	Ausnutzbarkeit des Fixierbads	34
<b>3.6</b>	<b>Nachbehandlung und Wässerung der Negative</b>	<b>34</b>
3.6.1	Behandlung der Negative vor dem Trocknen	35
<b>3.7</b>	<b>Trocknung</b>	<b>35</b>
<b>3.8</b>	<b>Archivierung / Lagerung der Filme</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>NACHBEHANDLUNG VON NEGATIVEN</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Entfernen von Kalkflecken und Kalkschlieren</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Säubern von trockenen Negativen und Diapositiven</b>	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>Abschwächen von zu dichten, überbelichteten Negativen</b>	<b>37</b>
<b>4.4</b>	<b>Umentwickeln von zu harten Negativen</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>Verstärken von zu dünnen und flauen Negativen</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>HERSTELLUNG UND MISCHUNG VON BEHANDLUNGSLÖSUNGEN</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Gesundheitsschutz beim Umgang mit Fotochemikalien</b>	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Ansetzen von konfektionierten Packungen nach Vorschrift</b>	<b>42</b>
<b>5.3</b>	<b>Verdünnen von konfektionierten Lösungen nach Mischungsanteilen</b>	<b>42</b>
<b>5.4</b>	<b>Ansetzen nach Rezept</b>	<b>43</b>
<b>5.5</b>	<b>Ansetzen nach Prozentgehalt</b>	<b>44</b>
<b>5.6</b>	<b>Verdünnen nach Prozentgehalt</b>	<b>44</b>
<b>5.7</b>	<b>Säubern von Gerätschaften</b>	<b>45</b>
5.7.1	Die Entfernung von Entwicklerflecken auf Kleidungsstücke	45
5.7.2	Die Entfernung von Fixierbadflecken	45
<b>6</b>	<b>AUSGETESTETE ENTWICKLUNGSZEITEN</b>	<b>46</b>
<b>6.1</b>	<b>RODINAL</b>	<b>46</b>
<b>6.2</b>	<b>CALBE A 49</b>	<b>47</b>
<b>6.3</b>	<b>CG 512</b>	<b>48</b>
<b>6.4</b>	<b>Zweibad-Ausgleichsentwickler</b>	<b>48</b>
<b>6.5</b>	<b>Entwicklungsdaten-/ Zeiten</b>	<b>49</b>
<b>6.6</b>	<b>Densitometerauswertungs-Datenblatt für Film: Test-Datum:</b>	<b>52</b>

<b>6.7</b>	<b>Zeit-/Temperatur Umrechnung bei Abweichung von 20°C /</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>FARBNEGATIVE / CHROMOGENE S/W-NEGATIVE</b>	<b>53</b>
<b>7.1</b>	<b>Chromogene S/W-Filme</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>LIEFERNACHWEISE</b>	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
<b>9</b>	<b>LITERATUREMPFEHLUNGEN</b>	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

## 1 Die richtige Belichtung des Films bei der Aufnahme

Die Qualität eines guten Bildes hängt von vielen Einzelfaktoren in der Kette von Aufnahme, Entwicklung, Nachbehandlung ab. Ausschlaggebend für ein gutes Bild ist jedoch primär zunächst die Aufnahme. Hier entscheidet sich schon wesentlich die Qualität des fertigen Fotos. Alle nachträglichen Manipulationen im Entwicklungs- und Vergrößerungsprozess sind einer hohen Bildqualität nicht förderlich.

Deshalb muss der Fotograf schon bei der Aufnahme die relevanten Kriterien überprüfen um eine Belichtung zu realisieren, die sich dann in den Negativ- und Positivbearbeitungsprozessen entsprechend steuern und optimal verarbeiten lässt.

Hält man sich bei der Belichtung und Entwicklung an die von den Herstellern empfohlenen Daten bzgl. Empfindlichkeit und Entwicklungsdauer und verlässt man sich auf die Integral- oder Mehrfeldmessung der Kamera, dann erhält man vielleicht ein sogenanntes "korrektes" Negativ, welches sich dann jedoch oft nicht in ein brauchbares, gutes Positiv umsetzen lässt.

Was sind die Hauptkriterien, die es zu beachten gilt?

### 1.1 Filmempfindlichkeit

Die Filmhersteller haben alle einen hohen Aufwand betrieben, um die Filmempfindlichkeit und die empfohlene Entwicklungsdauer für ihre Produkte zu dokumentieren. Da die Hersteller jedoch nicht die spezifischen Gegebenheiten kennen, unter denen wir fotografieren, können deshalb deren Angaben nur Richtwerte darstellen. Die Hersteller haben sich überwiegend auf den ISO-Standard 6-1993 geeinigt was die Empfindlichkeitsangabe anbetrifft. Entsprechend dem Standard wird der Film so belichtet und entwickelt, dass eine logarithmische Belichtungsdichte von 1,30 erreicht wird bei einer Transmissionsdichte von 0,80, resultierend in einem durchschnittlichen Gamma-Wert von 0,615. Hierbei wird dann die Filmempfindlichkeit bestimmt durch die Belichtung, welche eine Schattendichte von 0,10 über Grundscheier bei einem gewählten Entwickler ergibt. Dieser Wert kann aber schon bei einem anderen Entwickler ganz anders ausfallen.

Ein Fine-Art Fotograf erwartet durchgezeichnete, feine Schattendetails und hat oft mit Beleuchtungsumfängen zu tun, welche wesentlich kleiner oder größer sind als die normalen 7 Stufen, beginnend bei Zone II bis zum Ende von Zone VIII. Zusätzlich beeinflussen einige zusätzlichen Gerätschaften wie der Typ des Vergrößerungsgerätes, die Lichtbrechung der Objektive und viele anderen Faktoren den Kurvenverlauf und den Gammawert.

Der ISO-Standard legt zum Beispiel eine obere Negativ-Dichte von 1,30 bei einem Gammawert von 0,615 fest, ein Vergrößerungsgerät mit diffusem Licht sollte jedoch typischerweise Negative mit einer Dichte von 1,20 und einem Gammawert von 0,57 nutzen und ein Kondensatorvergrößerungsgerät sogar nur eine Dichte von 0,90 bei einem Gamma von 0,43.

Das Zonensystem ist dazu da, all diese Variablen durch eine richtige Belichtung und Entwicklung zu kontrollieren. Dies erfordert eine Anpassung der vom Hersteller empfohlenen Empfindlichkeit.

Generell kann man die Aussage treffen, dass die Empfindlichkeitsangaben der Hersteller alle zu optimistisch sind und andererseits auch, dass die empfohlenen Entwicklungszeiten zu lang sind um ausgewogene Negative zu erhalten. Alleine durch die notwendige Verkürzung der Entwicklungszeit ergibt sich deshalb auch eine Reduktion der Empfindlichkeit.

Um nun die reale Empfindlichkeit passend zu den eigenen Erfordernissen zu ermitteln, sind Tests sehr sinnvoll. Ideal wäre es, wenn hierzu ein Densitometer zur Verfügung stehen würde.

Als Faustregel kann man aber zunächst von folgendem ausgehen:

Bei Motiven mit einem normalen Kontrast, angenommen an einen sonnigen, aber bewölkten Tag, ist die ISO-Empfindlichkeit um 2/3 Stufen zu reduzieren, also z.B. ein ISO-400/27 Film ist wie ISO 250/25 zu belichten und die empfohlene Entwicklungszeit ist um 15-20% zu reduzieren.

Die stärkere Belichtung wird dadurch die Schattendetails besser durchzeichnen und die reduzierte Entwicklungszeit wird sicherstellen, dass die Lichter nicht ausbrennen.

An einem Tag mit reinem Sonnenschein und Motiven mit starken Schatten und Lichtern ist die Belichtung nochmals um 2/3 Stufen zu verlängern (also wird der ISO 400/27 Film dann wie ISO 160/23 belichtet) und die Entwicklungszeit um etwa 30% verkürzt.

Bei Aufnahmen an einem trüben Tag mit wenig Kontrast, kann dann der Standard-ISO-Wert genommen werden und die Entwicklungszeit nach Empfehlung genommen werden.

Negative, die wie vorstehend beschrieben belichtet wurden, werden sich in den meisten Fällen problemlos mit einem Diffusor-Vergrößerer auf Gradation 2,5 oder 3,0 vergrößern lassen.

## 1.2 Die Belichtungsmessung

Seit über 100 Jahren empfehlen uns erfahrende Fotografen auf die Schatten zu belichten und auf die Spitzlichter hin zu entwickeln.

Trotz der hervorragenden Präzision der heutigen Belichtungsmesser kann die "ideale" Belichtung stets nur durch eine persönliche Beurteilung erreicht werden.

Ein Belichtungsmesser kann nur bei einer Integral- oder Mehrfeldmessung den Durchschnitt oder auch einen gewichteten Durchschnitt aller erfassten Helligkeitsumfänge messen, aber sehr oft entspricht das keineswegs der optimalen Belichtung. Gleiches gilt für eine einzelne Spotmessung, die dann nur den Helligkeitswert der angemessenen Stelle in einen mittleren Grauton umsetzt.

Alle Belichtungsmesser sind auf einen mittleren Grauwert mit 18% Reflektion geeicht. Dies ist der Mittelpunkt einer geometrischen Reihe von schwarz nach weiß, bzw. im Zonensystem der Zone V in der Skala von Zone 0 bis X. Der Belichtungsmesser will also diesen mittleren Grauton reproduzieren.

Für bestimmte Belichtungsmessungen ist deshalb die Verwendung einer Graukarte (Kodak), die im Handel erhältlich ist, sehr sinnvoll.

Man muss wissen, dass der Belichtungsmesser darauf geeicht ist, **alle** angemessenen Punkte in einen Graumittelwert umzusetzen, egal ob der angemessene Punkt in Wirklichkeit weiß oder schwarz ist. Messen wir eine schwarze Fläche an (Kohlenhaufen), so dürfen wir im Positiv kein Schwarz, sondern Mittelgrau erwarten.

Gleiches gilt für angemessene weiße Flächen (Schnee).

Bei Motiven mit einer unregelmäßigen Hell-Dunkel-Verteilung führt eine Integralmessung unweigerlich zu einer fehlerhaften Belichtung. Typisches Beispiel ist eine Portraitaufnahme im Gegenlicht. Auch wenn die Belichtungsmesser moderner Kameras mittels Mehrfeldmessung bestimmte Gewichtungen vornehmen, so sind diese sicherlich nicht für alle Motive und Gegebenheiten richtig.

Wir können die Belichtungsgenauigkeit schon deutlich verbessern, wenn wir mit einer Spotmessung eine mittlere Helligkeit im Motiv anmessen, die dann vom Belichtungsmesser als "Mittelwert" verstanden wird. Ist der Motivkontrast jedoch hoch, müssen Kontrollmessungen auf die bildwichtigen Schatten- und Lichterpartien erfolgen.

Hierbei ist zu verinnerlichen, dass im späteren Bild dann nur Zeichnung in den Schatten und Lichtern erfolgt (richtige "Normalentwicklung" vorausgesetzt), wenn die gemessenen Lichtwerte der Schatten und Lichter nicht mehr als 3 LW vom Mittelwert abweichen, da ja nur ins-

gesamt 7 LW im normal kopierbaren Bereich liegen. Ansonsten ist eine entsprechende Ausgleichsentwicklung notwendig oder es sind bei der Aufnahme durch den Einsatz von Filtern oder Grauverlaufsfiltern die Kontrastumfänge zu reduzieren.

Die alte "Fotografenregel", nämlich auf die Schatten zu belichten und auf die Lichter zu entwickeln, führt auf das Gleiche hinaus. Wir messen den dunkelsten bildwichtigen Bereich an und legen ihn in Zone II oder III, je nach gewünschter Durchzeichnung. Dies bedeutet, dass wir, wenn wir ihn in Zone III zum Beispiel legen wollen, ihn zwei LW unter dem mittleren Grauwert der Zone V platzieren wollen. Deshalb ist dann folgende Belichtungskorrektur vorzunehmen: 2 LW (Blenden oder Zeit) kürzer belichten als der Belichtungsmesser für den angemessenen Punkt anzeigt. Bei modernen Kameras ist also mit der Spoteinstellung dieser Punkt anzumessen und der ermittelte Belichtungswert um + 2 LW zu korrigieren.

### 1.3 Über- und Unterbelichtung

Die Begriffe Überbelichtung und Unterbelichtung charakterisieren Fehler in der Belichtungsmessung. Deshalb kann man eine "bewusste" Belichtungszonenschiebung nicht so charakterisieren. Wir sollten deshalb bei einer gezielten Belichtungskorrektur von "verstärkter" oder "verminderter" Belichtung sprechen.

Die wirkliche Unterbelichtung ist bei weitem der gefährlichste Fehler, den man bei einer Aufnahme machen kann, denn bei unterbelichteten Motiven werden die Schattenpartien auf dem Film nicht mehr in der notwendigen Weise durchgezeichnet. Hier helfen dann auch keine Entwicklungstricks oder Entwicklungsverstärkungen mehr was. Details, die nicht im Negativ vorhanden sind, kann man weder nachträglich hervorzaubern und verstärken, noch aufs Positiv bringen.

Die Überbelichtung dagegen führt üblicherweise zu größerem Korn, Schärfeverlust und fehlender Tontrennung in den Spitzlichtern. Hier kann man meistens zumindest die Tontrennung durch Negativnachbehandlung und / oder Positivbehandlung (Nachbelichten, Einblitzen etc.) noch halbwegs erreichen.

Deshalb folgen die meisten Fotografen im Zweifelsfall der Regel: leichte Überbelichtung ist besser als Unterbelichtung.

Eine Kompensation von fehlerhaften Belichtungen im Positivprozess durch Gradationsanpassung sind Kompromisslösungen, die eindeutig Qualitätseinbußen nach sich ziehen. Nur mit einer "normalen" Gradation, d.h. Gradation 2,5 und 3,0 kann man die besten "Grautöne" erreichen.

Je härter die Papiergradation gewählt werden muss, je schwieriger wird es, die feinen Graustufen in den Schatten und Lichtern noch zu beherrschen und hervorzurufen. Weiche Gradationen hingegen lassen oft den Lokalkontrast in den mittleren Graustufen verflachen.

### 1.4 Das Zonensystem

Ich will hier nicht all das wiederholen, was in diversen Fachbüchern zu diesem Thema ausführlichst erläutert wird. Hier möchte ich insbesondere auf das bekannte Buch "Das Negativ" von Ansel Adams hinweisen.

Über folgendes sollten wir uns jedoch im Klaren sein:

Wie wir im vorstehenden Kapitel erfahren haben, unterteilt das Zonensystem den Tonumfang von ganz schwarz bis reinweiß in 10 Zonen. Jeder Zonenschritt entspricht zugleich einer Lichtwert- bzw. Blenden- oder Zeitwertstufe. Der Mittelwert dieser 10 Zonen (von 0 bis X) ist die Zone V, auf die alle Belichtungsmesser geeicht sind.

Messen wir ein Fläche oder einen Punkt mit dem Belichtungsmesser an und vermindern die Belichtung um eine Blende, so erhalten wir statt Zone V die Zone IV, diese Fläche wird dann statt "mittelgrau" dunkler wiedergegeben. Vermindern wir die Belichtung um zwei Blenden, dann erhalten wir "dunkelgrau" etc.

Wenn wir die Blende z.B. um einen Blendenwert öffnen, so erhält der angemessene Punkt, die Zone VI, also ein "hellgrau" etc. Die Verlagerung der gemessenen Belichtung in Zone VI ist z.B. grundsätzlich bei Portrait-Aufnahmen von Personen mit "normaler" Gesichtsfarbe zu empfehlen. Bei dunkelbraun gebrannten Personen kann hingegen die Zone V als Standardwert genommen werden, wenn man den Hautton wirklichkeitsnah wiedergeben will. Üblicherweise wird aber bei uns der Hautton auf Zone VI gelegt. Dies bedeutet, dass alle Portrait- oder Aktaufnahmen um einen Blendenwert "überbelichtet" werden sollten.

Bei Aufnahmeserien mit Spotmessung im Gesicht kann dies über den Belichtungskorrekturhebel angepasst werden mit Einstellung "+1" oder durch Reduzierung der ISO-Einstellung z.B. von 100 auf 50, was ebenfalls einer Lichtwertstufe entspricht.

Speziell in der Studio-Fotografie wird deshalb üblicherweise statt mit einer Objektmessung mit der Lichtmessung gearbeitet, so kommen alle Hauttöne und sonstigen Grauwerte automatisch in der richtigen Tonzuordnung. Bei Outdoor - Portraitaufnahmen kann man diese Methode auch problemlos verwenden, wenn der Umgebungskontrast im üblichen Rahmen liegt.

Wie schon ausgeführt, können ein normal entwickeltes Negativ und schon gar nicht ein normales Positiv-Papier den vollen Grauwertumfang der 10 Zonen wiedergeben. Deshalb folgende **grundsätzliche Fakten**:

- Die Zonen 0 bis X = der Helligkeitsumfang von tiefschwarz bis papierweiß. Hierbei ist die Zone V der Mittelwert, auf den der Belichtungsmesser ge-  
eicht ist.
- Die Zonen I bis IX = der kopierfähige Bereich, der im Negativ und Positiv wiederge-  
geben werden kann.
- Die Zonen II bis VIII = der Bereich, der im Positiv durchgezeichnet wiedergegeben wer-  
den kann.

#### **Tabelle 1: Die Zonen**

Solange also der gemessene Kontrastumfang zwischen der gemessenen dunkelsten Stelle, die noch etwas Zeichnung haben soll, und der hellsten Stelle mit gewünschter Zeichnung innerhalb dieser vorgenannten Zonen II bis VIII liegt, also innerhalb von 7 Lichtwerten und wir beim Belichten hieraus den Mittelwert als Belichtung nehmen, erhalten wir gute Negative und letztendlich auch gute Positive.

Wenn nun der gemessene Kontrastumfang wesentlich kleiner als 7 Lichtwerte ist, so wird der mögliche Belichtungsumfang nicht ausgenutzt und eine Normalbelichtung mit Normalentwicklung führt zu kontrastarmen Negativen und Positiven. Hier wäre dann eine Vergrößerung auf "hartem" Papier notwendig. Dies kann man im gewissen Umfang tun, besser ist jedoch dann eine "N+" Behandlung. Dies bedeutet, dass etwas knapper belichtet werden muss und dafür dann länger /stärker entwickelt wird um die Filmgradation im Bereich von Zone II bis Zone VIII dem Normalumfang anzupassen. Wenn also z.B. der gemessene Kontrastumfang nur 5 Lichtwerten entspricht, ist eine Entwicklung nach N+2 erforderlich um den vollen Kontrastumfang auszunutzen und auf Normalgradation zu vergrößern.

Wie an anderer Stelle erwähnt, sollte man bei Kleinbild- und Mittelformatnegativen jedoch nicht über eine N+1-Entwicklung hinausgehen um nicht Probleme mit dem Korn zu bekommen. Hier ist dann eine Kompromisslösung sinnvoll, also z.B. Entwicklung N+1 und Wahl von Gradation 4 beim Vergrößern.

Wenn der Kontrastumfang jedoch größer als 7 Lichtwerte beträgt, haben wir unsere Probleme. Bei Normalbelichtung und Normalentwicklung werden dann nicht alle gewünschten Details wiedergegeben. Je nach dem, wo der Mittelwert hingelegt wird, "saufen" die Schatten ab und die Lichter "brennen" aus, oder beides.

Um dies zu vermeiden ist dann eine "N-Minus" - Belichtung und Entwicklung notwendig.

Da dies zumindest in der Landschaftsfotografie und bei Outdoor -Motiven generell der häufigere Fall ist, empfehle ich –wie auch an anderer Stelle erwähnt-, dass Kleinbildfotografen eine Belichtung und Entwicklung nach "N-1" als "Standard" verwenden und Mittelformatfotografen eine Belichtung und Entwicklung nach "N-0,5" oder auch nach "N-1". Damit wäre dann schon ein Lichtwert "gewonnen", d.h., es können nicht 7 sondern 8 Lichtwerte im kopierbaren Bereich des Negativs wiedergegeben werden.

Bei einem Belichtungsumfang von Größer 8 Lichtwerten ist dann eine gezielte N-2 oder gar N-3 Belichtung/Entwicklung notwendig um letztendlich ein Positiv zu erhalten, welches den gesamten gewünschten Kontrastumfang wiedergibt. Hier ist dann ggf. ein halber Film zu opfern um ihn für die gewünschten Aufnahmen entsprechend belichten und entwickeln zu können.

Eine Ausnahme bilden "LOW KEY" und "HIGH KEY" Aufnahmen. Hier wird praktisch bewusst Unter- bzw. Überbelichtet.

Low Key Bilder sind Fotos mit tiefen, schwarzen Tönen, bei denen gezielt bildunwichtige Teile in schwarz "ersaufen" und selbst die bildwichtigen Teile (Gesicht) üblicherweise etwa 1 Stufe "unterbelichtet", d.h. in Zone IV bis V wiedergegeben werden.

High Key Bilder sind Aufnahmen, die nur von hellen und weißen Tönen leben. Hierbei wird auch sehr häufig ein Weichzeichner eingesetzt, der die Lichter überstrahlen lässt und die Gesichtsfarbe wird hier meistens in Zone VI ½ bis VII gelegt.

Optimale Low- und High-Key Aufnahmen zeigen in ihrem begrenzten Kontrastumfang von 2 bis 3 Zonen zarteste Tonalität.

Die totale Tonalität meint die sanften Abstufungen im gesamten Kontrastumfang, also in 7 bis 8 Zonen. Dies ist vom Können des Fotografen, des verwendeten Filmmaterials, vom Können des Laboranten, des verwendeten Films und Papiermaterials und der Fotochemie abhängig. Im Idealfall passt das Negativ genau zur Normal-Gradation des Papiers, abgestimmt auf die Lichtführung des Vergrößerungsgerätes.

Gute Negative decken mit ihrem vollen Belichtungsumfang den ganzen Kopierumfang eines Fotopapiers normaler Gradation ab. Typische oft zu sehende Beispiele wo dies nicht der Fall ist sind z.B.:

- Blondes Modell mit dunklem Pullover. Die Haare müssen durchgezeichnet sein und ebenfalls der Pullover. Meistens "säuft" der Pullover jedoch ins reine schwarz ab.
- Helles Haus neben Sträuchern und Bäumen. Die Hauswand zeigt auf dem Bild keine Durchzeichnung mehr und sieht aus wie eine weiße Fläche, der Himmel zeigt keine Wolken und in den Büschen und Baumrinden sind die Schatten nur schwarz.

Die Ausrede der Fotografen dabei ist dann, dass man nur das "Wesentliche" des Bildes zeigen will. Meine Meinung dazu ist jedoch, dass bei diesen Aussagen mangelnde Technik zu Grunde liegt. Der "Fine-Art-Photograf" kann beides und wendet seine Technik gezielt an.

Ein häufig anzutreffendes anderes Beispiel: Das Negativ ist bestens durchgezeichnet. Das Bild von diesem Negativ auf normalem Papier verarbeitet, ist jedoch flau.

Sicherlich könnte man hartes Papier nehmen, aber das Ergebnis wird nie so perfekt sein, wie bei optimaler Belichtung und Entwicklung des Negativs. Auch hat man keine Möglichkeit, das Bild durch Nachbearbeitung, wie Abwedeln etc., geringfügig, aber wirkungsvoll zu beeinflussen. In diesem Fall war das Negativ nicht richtig entwickelt. Der Belichtungsspielraum wurde nicht voll genutzt. Es hätte eine N+ Entwicklung erfolgen müssen.

Durchgezeichnete Lichter und Schatten vom reinsten Weiß bis zum tiefsten Schwarz streben all diejenigen an, die sich mit der anspruchsvollen Schwarzweiß-Fotografie befassen.

Nicht jeder Fotograf hat den Anspruch, eine Tonalität wie Adams, Weston oder Weidner zu erreichen. Kleinbildfilme lassen so etwas sowieso kaum zu, mit Rollfilmen nähert man sich dem Ziel zumindest. Eine totale Tonalität im Mikro- und im Partiellen Kontrast ist praktisch nur mit der Großbildkamera und Negativen ab 13x18 cm zu erreichen.

## 1.5 Allgemeine Begriffsbestimmungen zur Interpretation von Schwärzungskurven

Eine zunehmende Belichtung verursacht zunehmende Schwärzung der fotografischen Schichten.

- Belichtung = Beleuchtungsstärke (lux) x Belichtungszeit (t) = lxt
- Schwärzung wird in Dichteinheiten gemessen.

Die Abhängigkeit der SCHWÄRZUNG von der BELICHTUNG lässt sich in einer SCHWÄRZUNGSKURVE darstellen.

Sowohl die Belichtung als auch die Schwärzung werden in logarithmischen Einheiten gemessen. In der graphischen Darstellung werden die Belichtung auf der waagerechten und die Schwärzung (D) auf der senkrechten Koordinate dargestellt.

Die Schwärzungskurve wird in folgende Teilabschnitte unterteilt:

- **Schleier** oder Negativdichte. Der nichtbelichtete, transparente Filmteil zeigt nach der Entwicklung eine geringe Grundschrärzung. Dies ist der sogenannte Schleier. Er liegt bei Kleinbildfilmen üblicherweise immer wesentlich höher als bei Rollfilmen. Typischerweise z.B. bei 0,25 log Dichte bzw. bei Rollfilmen bei 0,12 log Dichte.
- **Schwelle**. Dies ist der Punkt der ersten merklichen Schwärzung durch Lichteinwirkung. **Schwellenwert = Minimaldichte = Dmin**
- **Geradliniger Teil**
- **Scheitel**. **Scheitelwert = Maximaldichte = Dmax**.

0,3 log Belichtung entspricht der Differenz von 1 Blende. 1 Blende = 3 DIN

Die Differenz zwischen der maximalen und minimalen Schwärzung nennen wir den **Schwärzungsumfang** oder **Dichteumfang**.

Der **Objektumfang** ist die Differenz zwischen der Helligkeit des hellsten und dunkelsten Gegenstandspunktes. Man nenne ihn auch den **KONTRAST** (Motiv- oder Objektkontrast). Der Objektkontrast wird durch den fotografischen Prozess auf fotografisches Material übertragen.

Die Steilheit der Schwärzungskurve bezeichnet man als **GRADATION**.

Das Verhältnis **DICHTEUMFANG : OBJEKTUMFANG** ist der GRADIENT, der in **GAMMA-WERTEN** ausgedrückt wird.

Was können wir hiermit anfangen? Ein praktisches Zahlenbeispiel:

Wir messen die Belichtungsdifferenz zwischen der dunkelsten und hellsten Stelle eines Motivs und erhalten eine Differenz von 5 Blendenstufen. Als Belichtungszeit / Blendenkombination wählen wir die Zeit/Blende, die bei der durchschnittlichen Blendenzahl von 2,5 Blenden angegeben wird.

Ein Motivkontrast von 1:2 entspricht einer Differenz von 1 Blende. Dann entspricht eine Blendendifferenz von 5 einem Kontrast von  $1:2^5 = 1:32$ . Der Logarithmus von 32 ist 1,5.

Diesen Wert können wir als Objektumfang in unsere Graphik einzeichnen. Da 0,1 log Belichtung 1 DIN entspricht, entsprechen 0,3 Einheiten 3 DIN und damit 1 Blende. Wir können unsere Rechnung überprüfen, indem wir unsere 1,5 log Einheiten durch 0,3 teilen; wir erhalten

dann wieder 5 als 5 Blendenstufen. Wir beabsichtigen jedoch von dem Negativ ein Bild herzustellen, in dem unser Motivkontrast von 1: 32 **vollständig** wiedergegeben wird.

Vorab müssen wir jedoch wissen, welchen **KOPIERUMFANG** unser Fotopapier hat. Ein Fotopapier der Gradation 2 hat einen Kopierumfang von ca. 1,0. Dann ergibt sich für unser Negativ ein Gamma von:

$$\frac{\text{Dichtumfang}}{\text{Objektumfang}} = \frac{1,0}{1,5} = 0,66$$

Wir müssen also für das Beispiel eine verlängerte Entwicklung nehmen um einen Kurvenanstieg mit einem Gammawert von 0,66 zu erreichen um keine "flauen" Vergrößerung zu bekommen.

Dieses praktische Beispiel hat uns gezeigt, wie wir mit den Zahlen, Begriffen und unsere Schwärzungskurven umgehen lernen.

## 2 Der Schwarzweißfilm / Das Negativ

### 2.1 Schichtaufbau der Aufnahmematerialien

Alle S/W-Filme die auf Silbersalztechnologie beruhen, haben im Prinzip einen ähnlichen Schichtaufbau. Auf einem durchsichtigen Schichtträger, meistens Polyester oder Azetylzellulose (Acetat) oder Estar sitzt die lichtempfindliche Schicht, Emulsion genannt. Diese wird durch eine darüber liegende Schutzschicht vor schädlichen Einflüssen geschützt. Auf der Rückseite des Schichtträgers befindet sich bei Roll- und Planfilmen noch die NC-Schicht (Non curling = nicht rollend), die ein zu starkes Durchwölben des Filmes verhindern soll. Um die Bildung von Reflexionshöfen zu vermeiden, ist die NC-Schicht entsprechend eingefärbt. Bei einzelnen, modernen Materialien ist auch zwischen Schichtträger und Emulsion eine besondere Lichthofschutzschicht angeordnet. ( AHU-Schicht = Anti-halo-layer). Die Dicke des Schichtträgers ist verschieden, bei Rollfilmen beträgt sie etwa 0,09mm, bei Kleinbildfilmen 0,12mm und bei Planfilmen 0,2mm.

Die Emulsion ist die wichtigste Schicht und besteht aus Gelatine, in die die lichtempfindlichen Silbersalze (Silberbromid, Silberchlorid und Silberjodid) in Form kleiner Körnchen eingebettet sind. Diese Körnchen haben einen Durchmesser zwischen 0,2 und 5 Mikrometer. Jedes enthält zwischen 100 Millionen und 1 Milliarde Moleküle, die ein würfelförmiges Kristallgitter bilden. ( Ausnahme: T-/Delta-/Sigma- Flachkristalle ).

In diesen Silbersalzen werden durch die Belichtung chemische und physikalische Veränderungen hervorgerufen, die ein unsichtbares (latentes) Bild ergeben. Das latente Bild wird dann durch die Entwicklung millionenfach verstärkt und damit sichtbar gemacht. Von der Durchschnittsgröße der Silbersalzkörnchen sind wesentliche Eigenschaften der Emulsion abhängig, vor allem Lichtempfindlichkeit und Körnigkeit. Je größer das Durchschnittskorn, umso empfindlicher ist die Emulsion, aber umso grobkörniger arbeitet sie.

Die Dicke der Emulsion liegt im trockenen Zustand, je nach Filmart, zwischen 5 und 25 Mikrometer. Je dünner die Emulsion ist, umso geringer ist die Gefahr der Diffusionslichthofbildung. Hierunter ist eine unerwünschte Lichtstreuung innerhalb der Emulsion während der Belichtung in der Kamera zu verstehen. Im fertigen Negativ oder Positiv wirkt sich der Diffusionslichthof als Unschärfe aus. Daraus erklärt sich übrigens auch, dass überbelichtete Aufnahmen nicht so scharf wie richtig belichtete Aufnahmen sind.

Außer der Gelatine und den Silbersalzen enthält die Emulsion noch einige Zusätze, durch die besondere Eigenschaften erzielt werden. Dazu gehören Sensibilisatoren, um die Silbersalze farbempfindlich zu machen, Goldverbindungen zur Erhöhung der Lichtempfindlichkeit, Farbstoffe zur Verringerung des Diffusionslichthofs, Stabilisatoren zur Verbesserung der Haltbarkeit, Härtemittel zur Verbesserung der Wärmebeständigkeit und der mechanischen Festigkeit der Gelatine sowie Konservierungsmittel zum Schutz der Gelatine vor Bakterien.

Die inzwischen allgemein übliche Bezeichnung "Emulsion" ist fachlich ein falscher Ausdruck; denn in einer Emulsion ist eine Flüssigkeit in Form feiner Tröpfchen in einer nicht mit ihr mischbaren anderen Flüssigkeit verteilt. Beim Film handelt es sich vielmehr um eine Suspension, einer Mischung aus festen und flüssigen Bestandteilen.

## 2.2 Allgemeine Eigenschaften der Aufnahmematerialien und ihre Beeinflussung

### 2.2.1 Empfindlichkeit

Die Lichtempfindlichkeit wird nach ISO-Standards festgelegt. Allgemein lässt sich sagen: die Empfindlichkeit wird durch die Lichtmenge bestimmt, welche auf einer Schicht die erste, für einen bestimmten Zweck gerade ausreichende Schwärzung hervorruft.

Wenn nun ein Negativ kopierfähig sein soll, dann müssen die hellsten Partien (die Schatten) wenigstens die Dichte 0,1 über dem Schleier besitzen.

Die Lichtempfindlichkeit wird heute nach ISO angegeben als eine Kombinationsbezeichnung aus der alten DIN und der amerikanischen ASA -Bezeichnung. Bei der DIN ist eine Erhöhung um 3 Stufen eine Verdopplung der Lichtempfindlichkeit, also ist z.B. ein DIN 18 Film doppelt so empfindlich als ein DIN 15 Film. Nach ASA wird der Zahlenwert linear verdoppelt. 15 DIN entsprechen 25 ASA und 18 DIN entsprechen 50 ASA. Entsprechend ist die ISO-Bezeichnung 15/25° bzw. 18/50°.

Man muss sich die Potenzierung der Lichtempfindlichkeit verdeutlichen. Ein Film mit einer Empfindlichkeit von 27DIN/400 ASA ist 16-fach empfindlicher als ein Film mit 15DIN/25ASA. Z.B: bei vorgegebenem identischem Blendenwert muss für eine Aufnahme, wo eine Belichtungszeit von 1/250 Sekunde bei einem 27/400er Film erforderlich ist bei einem 15/25er Film mit 1/15 Sekunde belichtet werden.

Manche Entwickler nutzen die Lichtempfindlichkeit der Aufnahmematerialien besser aus, andere weniger gut. (Siehe Kapitel Entwickler).

Durch Überentwicklung (Pushen) wird die Lichtempfindlichkeit eines Aufnahmematerials ebenfalls besser ausgenutzt. Eine Überentwicklung wirkt sich jedoch sehr nachteilig auf andere Eigenschaften, insbesondere Gradation und Körnigkeit aus. Aus diesem Grunde ist es ein großer Irrtum, wenn wir glauben, aus unterbelichteten Aufnahmen durch eine Überentwicklung noch gute Negative machen zu können.

Durch Unterentwicklung wird die Lichtempfindlichkeit der Aufnahmematerialien nicht voll genutzt. Das bedeutet, dass eine knappe Entwicklung, wie sie manchmal notwendig ist, um zu hohe Schwärzungsunterschiede im Negativ zu vermeiden, durch reichlichere Belichtung kompensiert werden muss. Geschieht das nicht, dann fallen die Negative zu dünn aus und lassen sich kaum vergrößern.

Über die Steuerung der Belichtung und Entwicklung wird im speziellen Kapitel noch eingegangen.

### 2.2.2 Gradation und Kontrast

Unter Gradation verstehen wir die Art und Weise, wie das Aufnahmematerial die Helligkeitswerte des Objekts in Grauwerte umwandelt. Dieses Kontrastwiedergabevermögen ist eine wesentliche Eigenschaft der Aufnahmematerialien.

Das offizielle Maß für die Gradation ist der Gammawert. Der Gammawert ist die Steigung des geraden Kurvenstücks ( $\text{Gamma} = \text{Tang. Alpha}$ ). Je steiler die Gradationskurve, d.h., je höher der Gammawert, um so härter arbeitet das Material.

Durch die Entwicklung kann die Gradation eines Aufnahmematerials in weiten Grenzen beeinflusst werden. Unterentwicklung bewirkt eine flachere Gradationskurve, während durch Überentwicklung ein höherer Gammawert erreicht wird. Darauf wird im Abschnitt "Entwicklung" noch näher eingegangen.

Man unterscheidet drei Arten des Kontrastes: den MAKRO- Kontrast, den LOKALEN - Kontrast und den MIKRO- Kontrast. Der Kontrast, den wir mit einem Densitometer messen oder der in den Kurven der Hersteller wiedergegeben wird, ist der Makro-Kontrast.

Er gibt den Kontrast in großen Flächen des Negativs wieder. Üblicherweise werden zur Messung hier 2,8mm<sup>2</sup> Fläche des Negativs herangezogen. Der Mikro-Kontrast wird über eine vielfach kleinere Fläche gemessen. Seine Kurve ist immer wesentlich steiler. Der Tonwertumfang in einem kleinen Bereich wird immer höher ausfallen als in einer größeren Fläche. Deshalb ist die Fläche eines Mikro-Kontrastes in einem Kleinbildnegativ schon ein Makro-Kontrast in einem 18x24cm Negativ bei der gleichen Detailwiedergabe. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass Großformatnegative und -Bilder bessere Reproduktionen der Mikro-Details wiedergeben. Der Mikro-Kontrast kann wesentlich durch die Wahl des Entwicklers und durch die Bewegung während der Entwicklung beeinflusst werden.

Der Mikro-Kontrast erklärt auch, weshalb wir Probleme bei der Vergrößerung von Flachkristallfilmen im Lichtbereich haben. Auch wenn diese Emulsionen ein feineres Korn und ein höheres Auflösungsvermögen haben, haben diese Filme einen zu hohen Mikro-Kontrast in den Lichtern. Der Grund hierfür ist, dass die laterale Dimension der Flachkristalle (die dem Licht ausgesetzt sind) erheblich größer als konventionelle Silberkristalle sind. Weil diese Flachkristalle das Licht nicht so zerstreuen wie konventionelle Kristalle bei einem abrupten Wechsel in der Belichtungsintensität, ergibt sich die Tendenz zu einem extrem hohen Kontrast in den Mikro-Zonen.

Der Makro-Kontrast zeigt die großen Kontrastunterschiede und wird herangezogen um z.B. die Papiergradation zu bestimmen.

Der Lokale Kontrast ist ein Synonym für die Gradation. Wir verwenden diesen Begriff jedoch meistens nur für einen "Ausschnitt" aus der Gradationskurve. Zum Beispiel, wenn wir uns über die Mitteltöne in den Zonen zwischen III und VI unterhalten. Der lokale Kontrast wird wesentlich vom gewählten Entwickler beeinflusst. Manche Entwickler "steilen" die mittleren Graustufen auf und separieren hier besser, haben dann aber meist eine "flache" Grauwertwiedergabe in den Schatten. Andere Entwickler komprimieren den Grauwertumfang in den Mitteltönen oder haben eine flache Schulter in den Spitzlichtern. Statt "Lokaler Kontrast" wird auch häufig der Begriff "Partieller Kontrast" verwendet.

In der bildmäßigen Fotografie bei der Verwendung von Vergrößerungsgeräten mit diffusem Licht werden im allgemeinen Negative mit einem Gammawert von 0,5 bis 0,7 angestrebt. Ist der Gammawert niedriger als 0,5, dann können die Negative sogar für extrahartes Fotopapier zu flau sein. Ist der Gammawert höher als 0,7, dann sind die Negative unter Umständen sogar für weich arbeitendes Fotopapier zu hart.

Die meisten Filmhersteller empfehlen heute ein mittleres Gamma von 0,65 für die modernen Vergrößerungsgeräte mit diffusem Licht, was eindeutig zu hoch ist.

Da der Schwärzungsumfang des Negativs vom Helligkeitsumfang des Aufnahmeobjekts und vom Gammawert des Negativs abhängig ist, wäre es ideal, wenn jedes Negativ einzeln so entwickelt würde, dass der richtige Schwärzungsumfang erreicht wird. Leider ist dies bei Roll- und Kleinbildfilmen nicht möglich.

Die Negativqualität wird insbesondere durch die beiden Parameter "Schärfe" und "Feinkörnigkeit" charakterisiert. Um diese Parameter zu erreichen muss das Negativ einen niedrigen Dichteumfang haben. Die maximale Dichte solle nicht über 0,9 oberhalb des Grundschleiers bei Kleinbildnegativen liegen und nicht über 1,2 bei großen Negativen. Hieraus ergibt sich im Idealfall, dass Kleinbildnegative auf Gradation 3 und Großnegative auf Gradation 2 vergrößert werden sollen/können. Auf diese Problematik wird später noch eingegangen.

### 2.2.3 Körnigkeit

Wie bereits ausgeführt, gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen der Lichtempfindlichkeit einer Emulsion und der Durchschnittsgröße der in ihr enthaltenen Silbersalzkörnchen. Je größer das Durchschnittskorn ist, umso höher ist die Lichtempfindlichkeit der Emulsion. Das bedeutet, dass hochempfindliche Aufnahmematerialien grobkörnigere Negative als niedrigempfindlichere ergeben.

Die Körnung ist jedoch nicht nur vom Aufbau der Emulsion abhängig, auch die Verarbeitung (Belichtung und Entwicklung) spielt eine große Rolle. Bei Unterbelichtung erhalten lediglich die empfindlichsten (größten) Silberkörnchen genügend Licht, um entwickelt werden zu können. Die Folge davon ist, dass unterbelichtete Negative bei gleicher Entwicklung grobkörniger als richtig belichtete sind. Bei der Entwicklung kann es vorkommen, dass durch Anwendung eines ungeeigneten Entwicklers oder durch Überentwicklung Kornzusammenballungen entstehen. Die Körnigkeit des Aufnahmematerials kann also auch durch unsachgemäße Entwicklung sehr nachteilig beeinflusst werden. Im fertigen Bild äußert sich die Körnigkeit dadurch, dass Flächen, die eigentlich gleichmäßig grau sein müssten, zerrissen wirken. Im Allgemeinen wird in der Fototechnik ein möglichst feines Korn angestrebt, weil der Informationsgehalt eines Bildes durch grobes Korn verringert wird. In einigen Fällen wird jedoch aus gestalterischen Gründen, um unwesentliche Details zu unterdrücken, grobes Korn gewünscht. Die Körnigkeit kann also auch bewusst als Gestaltungsmittel eingesetzt werden.

Die Körnigkeit wird von den meisten Herstellern als "RMS-Wert" angegeben. (RMS=Route Mean Square). Einige Werte zur Info: Technical - Pan = 5, TMX = 8, APX 100= 9, TMY = 10. TRI-X = 16.

### 2.2.4 Auflösungsvermögen und Konturenschärfe

Diese beiden Eigenschaften geben gemeinsam darüber Auskunft, wie das Aufnahmematerial in der Lage ist, kleinste Details noch gut erkennbar wiederzugeben. Aus dem vorhergehenden Abschnitt können wir schlussfolgern, dass beide Eigenschaften weitgehend von der Körnigkeit abhängen. Sie können demzufolge ebenfalls durch die Belichtung und Entwicklung beeinflusst werden. Bei falscher Belichtung oder Entwicklung verringern sich das Auflösungsvermögen und die Konturenschärfe eines Materials beträchtlich.

#### 2.2.4.1 Auflösungsvermögen

Das Auflösungsvermögen gibt an, wie viel einzelne Linien ein Millimeter der Emulsion noch getrennt scharf wiedergeben kann. Je mehr Linien das sind, umso besser ist das Auflösungsvermögen der Schicht, umso größer ist der mögliche Informationsgehalt des Aufnahmematerials. Ein Paradebeispiel für einen Film mit extrem hoher Auflösung ist der Kodak TMX und der FUJI ACROS. (Abgesehen von Sonderfilmen wie AGFA-COPEX und Technical Pan). Nachfolgend die Auflösungswerte der bekanntesten Filme in absteigender Reihenfolge.

Auflösung von Linien pro mm bei einem Kontrastumfang von 1000:1

Film	L / mm
AGFA-Copex / Gigabit etc.	= 600
Technical Pan	= 320
APX 25 (nicht mehr lieferbar)	= 200
TMX 100	= 200
FUJI ACROS 100	= 200
Delta 100	= 160
Pan F	= 150
APX 100	= 150
BW400CN	= 150
Delta 400	= 145
TMY 400	= 125
EFKE KB 25	= 125
Plus X	= 125
FP4 Plus	= 110
APX 400	= 110
Efke KB 50	= 105
HP5	= 100
TRI-X	= 100

**Tabelle 2: Auflösungsvermögen von SW-Filmen**

In der Praxis fotografieren wir natürlich nur äußerst selten Gegenstände mit schwarzen oder weißen Linien, und auch die übrigen Bedingungen unserer praktischen Aufnahmen, beispielsweise der Kontrast, die Beleuchtung und auch die Art der Auswertung der Ergebnisse, sind andere als die zur Messung des Auflösungsvermögens. Es nimmt also kein Wunder, dass man bestrebt ist, einen anderen Begriff zu finden, der den praktischen Bedingungen näher wäre. Als solcher wird meistens der Begriff **Schärfe** angeführt, denn es ist gerade die Bildschärfe, die uns bei der Beurteilung eines Negatives oder des vergrößerten Bildes interessiert. Jedes Mal, wenn wir von der Schärfe sprechen, muss es uns klar sein, dass dieser Begriff eine größere Reichweite als das Auflösungsvermögen hat. Der weitere Unterschied besteht darin, dass **die Schärfe eine subjektive Größe ist**; ein bestimmtes Bild hat nach persönlicher Beurteilung ein schärferes Aussehen als ein anderes.

#### 2.2.4.2 Konturenschärfe

Die Konturenschärfe gibt ebenfalls Auskunft über die Schärfeleistung fotografischer Materialien. Während das Auflösungsvermögen die Anzahl der Details angibt, die auf einem Millimeter der Schicht erkennbar wiedergegeben werden können, sagt die Konturenschärfe etwas darüber aus, wie scharf die Konturen dieses Details sind. Die Konturenschärfe ist umso besser, je besser der Lichthofschutz des Materials ist. Die modernen Aufnahmematerialien zeichnen sich unter anderem durch einen besonders wirksamen Lichthofschutz aus.

Dieser wird durch Einfärben der Emulsion und durch Verlegen der Lichthofschutzschicht zwischen Emulsion und Schichtträger erreicht. Ein Paradebeispiel für einen Film mit extrem hoher Konturenschärfe ist der AGFA APX 100, der eine besondere AHU-Zwischenschicht hat, sowie ein spezielles Soforthärtungsverfahren integriert hat.

International wird für die Konturenschärfe der Begriff "Acutance" meistens verwendet. Wenn eine möglichst große Konturenschärfe erreicht werden soll, muss man darauf achten, dass die in die Schichten eindringenden Lichtstrahlen durch Beugung an den Silberbromidkriställchen nicht in die nebenliegenden Schattenpartien des Bildes überspiegelt werden. Wir müs-

sen deshalb Emulsionen mit kleinen Mikrokristallen anwenden, die Schicht selbst muss möglichst dünn und wenig lichtdurchlässig sein. Ein Graufärben des Schichtträgers und außerdem eine hochwirksame Lichthofschutzschicht sind darüber hinaus erforderlich. Die Rückschicht des Filmes wird bei der Verarbeitung entfärbt.

Die zweite Gruppe der die Schärfe beeinflussenden Faktoren steht mit dem Kontrast im Zusammenhang. Es ist vor allem der Kontrast oder besser gesagt die Steilheit der eigentlichen lichtempfindlichen Schichten; dazu kommt der Helligkeitskontrast des Aufnahmegegenstandes, der Beleuchtungskontrast und der Entwicklungskontrast. Je größer diese Kontraste sind, desto besser ist die Konturenschärfe. Unter dem Mikroskop können wir dann genau feststellen, wie steil der Übergang der lichten Fläche in die dunkle auf dem Negativ oder Positiv verläuft. Ein Material mit kleiner Schärfe wird einen allmählichen Übergang aufweisen, wogegen für große Schärfe ein plötzlicher Übergang charakteristisch ist.

### 2.2.4.3 Die Modulationsübertragungsfunktion ( MTF)

Dieser Begriff ist uns primär aus den Datenblättern der Objektivhersteller bekannt. Er wird aber auch immer häufiger für die Kontrastwiedergabe bei Negativen in Abhängigkeit vom Spektralbereich verwendet. Die obigen Werte für das Auflösungsvermögen sind nämlich reine Theorie, da im fotografischen Alltag man kaum mit einem vorhandenen Kontrast von 1000:1 konfrontiert wird und das Auflösungsvermögen bei geringerem Kontrast drastisch absinkt. Namhafte Objektivhersteller wie ZEISS und SCHNEIDER liefern zu all ihren Objektiven MTF-Kurven, aus denen die Modulationsübertragung bei bestimmten Ortsfrequenzen angegeben wird.

Ideale Objektive und Filme haben die Aufgabe, alle in einem Objekt vorkommenden groben und feinen Strukturen wirklichkeitsgetreu abzubilden. Dies bedeutet, dass die im Objekt vorgegebenen Helligkeitsunterschiede sich unverändert im Bild wiederfinden, und zwar für die unterschiedlichsten Strukturen gleichermaßen. Diese Forderung ist schon aus physikalischen Gründen nicht streng erfüllbar. Es treten im gesamten Bereich, von den groben bis zu den feinsten Strukturen, mehr oder weniger große Kontrastverluste auf. Dieser gesamte Strukturbereich wird nun zahlenmäßig erfasst durch die Anzahl von Linienpaaren pro Millimeter.

Die **MTF** beschreibt den in der Bildebene, also auf dem Negativ noch auftretenden Kontrast in Abhängigkeit von der Anzahl der Linienpaare pro Millimeter. Die Abkürzung MTF drückt diesen Sachverhalt aus, sie kommt aus dem englischen **M**odulation **T**ransfer **F**unction ( Modulations- oder Kontrastübertragungsfunktion).

Die Modulationswiedergabe für feinere Strukturen wird immer schlechter mit zunehmender Ortsfrequenz in Linienpaaren pro mm und sinkt für eine bestimmte Anzahl von Linienpaaren pro Millimeter auf Null. Für den "Schärfeeindruck" ist also nicht die höchste Ortsfrequenz maßgebend, sondern eine möglichst hohe Kontrastwiedergabe über den gesamten Ortsfrequenzbereich, bis zu einer vom Anwendungsfall abhängigen höchsten Ortsfrequenz. Dies ist der "Knackpunkt". Die Flachkristallfilme mit sehr hoher Auflösung pro mm bei einem Kontrast von 1000:1 können bei Betrachtung der MTF-Kurven bei bestimmten Ortsfrequenzen den herkömmlichen Silberkristallfilmen weit unterlegen sein. Ein Film mit einer hervorragenden MTF-Kurve kann jedoch nur die feinen Strukturen wirklichkeitsgetreu wiedergeben, die ihm vom Objektiv geliefert werden. Deshalb sind gute Objektive Voraussetzung für Negative mit großem Mikrokontrast.

## 2.3 Allgemeine Anforderungen an ein Negativ

Negative sollen sich ohne besonderen Aufwand vergrößern lassen und dabei brillante Positive mit guter Lichter- und Schattenzeichnung sowie hoher Schärfe im bildwichtigen Detail ergeben. Um diese Anforderungen zu erfüllen, sind folgende Voraussetzungen notwendig:

### 2.3.1 Optimaler Schwärzungsumfang.

Da die Fotopapiere nur einen begrenzten Kontrastumfang wiedergeben können, dürfen die Negative weder zu hohe noch zu geringe Schwärzungsunterschiede aufweisen.

Negative mit zu hohem Schwärzungsumfang werden als "harte Negative" bezeichnet. Sind die Negative zu hart, kann das Fotopapier entweder nur die Schatten gut wiedergeben, und die Lichter bleiben kreidig weiß, oder die Lichter sind gut durchgezeichnet, während die Schatten rußig schwarz zulaufen. Häufig können wir zwar in solchen Fällen durch Abwedeln und Nachbelichten beim Vergrößern Abhilfe schaffen, einwandfreie Negative erfordern keinen derartigen zusätzlichen Aufwand.

Ist der Schwärzungsumfang des Negativs zu gering, dann kann auch mit hart arbeitendem Fotopapier kein brillantes Positiv erzielt werden.

Je nach Belichtung werden im Positiv entweder die tiefsten Schatten nicht schwarz, sondern nur dunkelgrau, oder die hellsten Lichter bleiben nicht weiß, sie erhalten einen grauen Bildton. In beiden Fällen wirken die Bilder kraftlos, sie sind "flau".

Der Schwärzungsumfang des Negativs ist zwar in erster Linie vom Kontrast des Aufnahmeobjekts und von der Gradation des Aufnahmematerials abhängig, er kann jedoch durch die Entwicklung in weiten Grenzen beeinflusst werden. Es ist sowohl eine Kontraststeigerung als auch eine Kontrastverringerng möglich. ( Siehe Entwicklung).

### 2.3.2 Gute Lichter- und Schattzeichnung

Grundsätzlich handelt es sich hier um das alte Problem des Kontrastausgleiches, welches wir jetzt etwas eingehender behandeln wollen. Die Aufnahmeobjekte haben verschiedenes Lichtreflexionsvermögen und abweichende Lichtdurchlässigkeit. Manche reflektieren das auffallende Licht gut und erscheinen hell, andere werfen nur wenig Licht zurück oder lassen nur wenig Licht durchdringen und sind dann dunkel. Die größten Helligkeitsunterschiede entsprechen in der Praxis dem Verhältnis von etwa 1:40. Dies gilt für den Fall, dass der ganze Gegenstand ganz gleichmäßig beleuchtet ist. Bei ungleichmäßiger Beleuchtung vergrößert sich dieses Verhältnis. Scharfe, konzentrierte und einseitige Beleuchtung bildet Stellen mit großer und kleiner Beleuchtungsintensität, welche auf dem Bild als **Lichter und Schatten** bezeichnet werden. Unter diesen Bedingungen können die Helligkeitsunterschiede zwischen den am meisten und wenigsten belichteten Stellen, welche wir als Kontraste des Aufnahmegegenstandes bezeichnen, einem Verhältnis von bis 1:1000 und mehr entsprechen, wie wir aus folgender Zusammenstellung ersehen können:

Objekt	Kontrastumfang	Ig
Druckvorlage bei flacher Beleuchtung	1: 32	1,5
Porträt mit flauer Beleuchtung	1: 40	1,6
Landschaft im Nebel	1:20	1,3
Offene Landschaft im Sonnenlicht	1:50 bis 1:100	1,7-2,0
Landschaft mit dunklem Vordergrund	1: 300	2,5
Landschaft mit dunklem Vordergrund im Gegenlicht	1:500 bis 1:1000	2,7-3,0
Innenaufnahme mit Durchblick aus dem Fenster	1:1000 bis 1:5000	3,0-3,7
Nachtaufnahmen bei Straßenbeleuchtung	1:500 bis 1:10000	2,7-4,0

**Tabelle 3: Kontrastumfang verschiedene Motive**

Dieses Verhältnis der Helligkeitsunterschiede entspricht bei der Aufnahme direkt den Belichtungsunterschieden auf verschiedenen Stellen des Negativs. Das Verhältnis dieser verschiedenen Helligkeitsunterschiede, mit anderen Worten der Kontrastumfang, wird gewöhnlich in

logarithmischen Werten ausgedrückt (lg). Im besten Falle kann das Papierbild die Kontraste von etwa 1:40 wiedergeben, denn das Reflexionsvermögen der hellsten Papierpartien ist ungefähr 40mal so groß wie das der dunkelsten Stellen. Falls wir diesen Unterschied durch die logarithmischen Einheiten der optischen Dichte, d.h. die Schwärzung ausdrücken, kommen wir zum Werte von 1,6 bis 1,7.

Wenn wir diese beschränkte Schwärzungsskala des Papierbildes ganz ausnutzen wollen, müssen wir sie mit den Kontrasten des Aufnahmeobjektes oder mit anderen Worten mit dem Belichtungsumfang des Negativen in Einklang bringen. Falls der logarithmische Belichtungsumfang kleiner als 1,6 ist, ergeben sich bei der Wiedergabe keine Schwierigkeiten. Solche Fälle sind aber im Allgemeinen sehr selten; öfter macht sich ein wesentlich größerer Belichtungsumfang geltend. Bis zu einer gewissen Grenze, welche unter normalen Bedingungen bei 2,5 bis 3,0 liegt, können diese Belichtungsunterschiede durch Anwendung geeigneter Papiergradationen und Entwicklungsverfahren bewältigt werden. Dies gilt allerdings nur dann, wenn die Belichtung richtig war, d.h., wenn der ganze Helligkeitsumfang im Bereich der charakteristischen Schwärzungskurve liegt und dabei der sog. Gamma-Wert des Negativs optimal ist, also etwa bei 0,7 liegt. Bei ungenauer Belichtung oder bei Material mit einer zu steilen ansteigenden Schwärzungskurve kann es vorkommen, dass der Belichtungsumfang größer ist, als das Material verarbeiten kann. Die Folge ist dann, dass Einzelheiten in den hellen der dunklen Teiles des Aufnahmeobjektes verloren gehen.

Das Positiv kann nur dann sowohl die Lichter als auch die Schatten gut durchgezeichnet wiedergeben, wenn diese bereits im Negativ in entsprechender Weise enthalten sind. Das hängt vor allem von der Belichtung des Aufnahmematerials in der Kamera ab. Die Entwicklung hat hierbei weniger Einfluss. Unterbelichtete Negative zeigen zwar eine gute Wiedergabe der Lichterpartien, jedoch keine Tontrennung in den Schattenpartien.

Bei Überbelichtung werden die Schattenpartien des Objekts in der Regel gut wiedergegeben, die Lichter zeigen jedoch Überstrahlungserscheinungen und heben sich nicht mehr voneinander ab. Sie erscheinen im Positiv als gleichmäßige weiße Fläche.

Das ideale Negativ muss auch in den tiefsten bildwichtigen Schattenpartien einen gerade noch kopierbaren Grauwert aufweisen. Das setzt eine exakte Belichtung des Aufnahmematerials in der Kamera voraus. Darüber hinaus eine dem Entwickler und dem Entwicklungsprozess angepasste ISO-Einstellung. Man muss sich darüber im Klaren sein, dass bei den meisten Film-/Entwicklerkombinationen zur Erreichung einer Schwärzung von 0,1 Dichte über dem Schwellenwert grundsätzlich eine geringere ISO-Einstellung an der Kamera bzw. am Belichtungsmesser notwendig ist, als die vom Hersteller vorgegebene Klassifizierung.

Werden Entwickler verwendet, die die Lichtempfindlichkeit nicht voll ausnutzen, dann muss noch reichlicher belichtet werden. Wird das nicht berücksichtigt, fehlt im Negativ die Schattenzeichnung. Andererseits muss meistens zur Kompensation der leichten "Überbelichtung" und zur Erzielung einer guten Lichterwiedergabe die Entwicklungszeit verkürzt werden.

### 2.3.3 Möglichst geringes Korn

In der Regel werden kornlose Bilder angestrebt. Nur in der ästhetisch-künstlerischen Fotografie wird manchmal das Korn als Gestaltungsmittel bewusst angewandt.

Die Körnigkeit hängt zwar in erster Linie vom Aufnahmematerial ab, sie kann jedoch durch die Belichtung und Entwicklung wesentlich beeinflusst werden. Selbstverständlich spielt dabei auch der erforderliche Vergrößerungsmaßstab eine entscheidende Rolle. Nur bei starker Vergrößerung macht sich das Korn im Positiv störend bemerkbar.

### 2.3.4 Hohe Schärfe im bildwichtigen Detail

Die Schärfe des Bildes ist zwar vor allem von der Qualität des Aufnahmeobjektivs und von der genauen Scharfeinstellung bei der Aufnahme sowie einer verwacklungsfreien Aufnahme(Stativ!) abhängig, großen Einfluss hat jedoch auch die Belichtung.

Bei Überbelichtung entstehen größere Diffusionslichthöfe oder sogar Reflexionslichthöfe, welche sich sehr nachteilig auf die Bildschärfe auswirken.

Bei Unterbelichtung werden die Negative wesentlich grobkörniger, wodurch sich die Bildschärfe ebenfalls verschlechtert. Da die verschiedenen Entwickler bzw. Entwicklungsmethoden die Lichtempfindlichkeit der Aufnahmematerialien unterschiedlich ausnutzen, ist die optimale Belichtung in besonderen Fällen sogar von der geplanten Entwicklung abhängig. Auch das durch falsche Entwicklung entstehende gröbere Korn kann die Bildschärfe sehr nachteilig beeinflussen.

### 2.3.5 Fehlerfreiheit

Alle Fehler im Negativ verlangen umständliche zusätzlich Nacharbeiten, wenn sie sich nicht im Positiv nachteilig auswirken sollen. In vielen Fällen ist es nicht einmal möglich, die Bilder durch nachträgliche Arbeiten zu retten. Es ist deshalb notwendig bei der Lagerung, Nutzung und Verarbeitung besonders sorgfältig zu sein.

Hierzu zählen z.B.: kühle und trockene Lagerung der Filme, Einlegen und Entnahme der Filme bei der Kamera im "Schatten", richtige Belichtung, saubere, staubfreie Laborbedingungen. Ein durch falsche Belichtung, Entwicklung oder unsachgemäße Behandlung verdorbenes Negativ ist meist unwiederbringlich verloren.

### 2.3.6 Fazit

Das ideale Negativ entsteht durch Verwendung des am besten geeigneten Aufnahmematerials, durch exakte angepasste Belichtung, durch optimale Entwicklung und durch größte Sorgfalt bei der gesamten Bearbeitung. Dabei kommt es besonders darauf an, Belichtung und Entwicklung genau aufeinander abzustimmen.

## 2.4 Gebräuchliche Aufnahmematerialien und ihre Eigenschaften

Der Markt bietet (noch) eine Vielzahl von S/W-Filmen an. Die angebotenen Markenfilmtypen und Konfektionierungen werden jedoch von der Industrie langsam reduziert, so sind einige Filme ganz vom Markt verschwunden und anderen werden nur noch als 135er und 120er Filme angeboten. Es gibt z.B. nur noch den TRI-X 320 in 220er Konfektion. Der Plus-X als 220er ist nur noch in den USA lieferbar. Ilford hat die Produktion der 220er FP4 und HP5 Filme eingestellt.

An Stelle der herkömmlichen Silberhalogenid - Filme treten im Angebot der Hersteller immer mehr die chromogen zu entwickelnden Filme. Insbesondere sind hier die Filme ILFORD XP2 und Kodak BW 400CN zu nennen.

Diese sind aber trotz wesentlichen Verbesserungen in den letzten Jahren noch nicht über Jahrzehnte archivfest und alterungsbeständig. Ferner können diese Filme, speziell der Kodak-Film, Probleme bedingt durch die Maskierungseinfärbung und die hohe Grunddichte beim Vergrößern auf kontrastvariables Papier bereiten.

Alle lieferbaren S/W-Negativfilme kann man in sechs Gruppen einordnen:

- konventionelle S/W-Negativfilme (Panchromatische Filme)
- Flachkristallfilme (Panchromatische Filme)
- Chromogene Filme (Panchromatische Filme auf Colortechnologie basierend)
- Dokumentenfilme
- Infrarotfilme
- Orthochromatische Filme und Pan-Orthochromatische Filme
- S/W-Dia-Filme

Hier wollen wir jedoch nur die beiden ersten Gruppen im Detail behandeln.

Ich habe praktisch alle lieferbaren Filme getestet, sowohl in der praktischen Anwendung, als auch densitometrisch mit der entsprechenden Gradations- und Gammakurvenauswertungen unter Verwendung unterschiedlicher Entwickler.

Ich kann hier den Kleinbild- und Mittelformatfotografen nur dringend empfehlen, Filme einer der vier "großen" Marken AGFA, FUJI, ILFORD oder KODAK zu verwenden. Der APX von Agfa ist nur noch aus Restbeständen als Kleinbildfilm derzeit auf dem Markt.

Alle getesteten "Exoten" haben zwar ihren Reiz, aber auch ihre Grenzen, sei es grobes Korn, geringe Kantenschärfe oder Auflösung, schlechter Partial- und Mikrokontrast, ungünstige Gradationskurve etc. Darüber hinaus sind einige dieser Filme auch extrem verarbeitungs-empfindlich.

Dies betrifft auch die extrem hochauflösenden Filme auf Basis des AGFA-COPEX sowie den Kodak Technical-Pan (nicht mehr in Produktion), der z.B. aufgrund seiner hohen Rotempfindlichkeit mit einem permanent vorgeschaltetem Grünfilter verwendet werden sollte, um mit ihm panchromatische Farbwiedergabe halbwegs zu realisieren.

Ich kann hier nur folgende Empfehlungen aussprechen:

### **Empfindlichkeitsklasse bis ISO125 /22°**

AGFA APX 100 (Leider nur noch als 135-36er Film erhältlich)  
 Ilford FP4  
 Kodak PanX 125

-----  
 Ilford Delta 100  
 Kodak TMX

### **Empfindlichkeitsklasse bis ISO 400/27°**

AGFA APX 400 (Nur noch begrenzt als 135-36er Film erhältlich)  
 FUJI Neopan 400  
 Kodak TRI-X-Professional 320 ( Nur Rollfilm lieferbar)  
 Kodak TRI-X-400

-----  
 Ilford Delta 400  
 Kodak TMY

Die jeweils unter dem Trennstrich letztgenannten in obigen Klassen sind Flachkristallfilme.

Der Fuji Neopan ACROS 100 hat die gleiche hohe Auflösung wie der Kodak TMX, zudem weist er bei Langzeitbelichtungen bis etwa 10 Sekunden keinen Schwarzschildeffekt auf. Aber die Grauwerte dieses Films wirken sehr schlecht und „synthetisch“. Deshalb kann ich ihn nicht empfehlen.

Der Ilford PAN-F ist ein veralteter Film. Die meisten der obigen ISO 100/125er Filme sind ihm bereits im Punkt Feinkörnigkeit und Auflösung überlegen. Außerdem haben sie eine günstigere Gradationskurve ohne die ausgeprägten Fuß – und Schulterabflachungen.

Der Ilford HP5 hat für das KB/MF-Format ein zu grobes Korn um als generelle Empfehlung genannt werden zu können.

Ein „Flop“ sind die von verschiedenen „Kleinherstellern“ angebotenen Filme auf klarem Träger. Zum einen lassen sich diese Filme aufgrund ihrer Sprödigkeit oft nicht vom Kameramotor richtig transportieren, zum anderen ist der Lichthofschutz miserabel.

## Eine Kurzcharakterisierung der empfehlenswerten Filme:

**AGFA APX 100** ist ein hervorragender Film der Klasse bis 125 mit hohem Auflösungsvermögen, der wohl besten Konturenschärfe und einer sehr schönen Gradation bei allen Entwicklern. (Leider wird er nicht mehr hergestellt.)

**AGFA APX 400** hat den schönsten Gradationsverlauf aller hochempfindlichen Filme und gibt die Grautöne phantastisch wieder. Er hat zudem das "schönste" Korn. (Leider wird er nicht mehr hergestellt.)

**ILFORD FP4plus** ist ein wirklich universell einsetzbarer Film, der gut steuerbar und sehr gutmütig ist und bei entsprechenden Entwicklern eine sehr schöne Gradationskurve hat. Er harmonisiert jedoch nicht mit allen Entwicklern.

**KODAK PAN-X125** ist ein sehr scharfer Film, für Landschaftsaufnahmen empfehlenswert.

**KODAK TRI-X 320 Professional** ist ein Film den es bereits seit 1954 gibt, aber im Laufe der Jahre einige Modifikationen in der Emulsionstechnologie erlebt hat. Er ist "der" klassische Film schlechthin mit guten Steuerungseigenschaften und einer großen "Gutmütigkeit". Er lässt sich auch hervorragend pushen. Er bringt ganz hervorragende Grauwerte und Detailkontraste (Der TRI-X-Amateurfilm mit 400 ASA hat eine andere Gradationskurve). Außerdem ist er der einzige in Deutschland noch lieferbare 220er Film.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf die Untersuchungen von ZEISS hinweisen, wo die Planlage und damit die Bildschärfe speziell von Rollfilmen in Mittelformatkameras überprüft wurden mit z.T. erschreckenden Ergebnissen. ZEISS empfiehlt deshalb möglichst 220er Filme zu verwenden, da diese eine wesentlich bessere Planlage haben. Nur Mittelformatkameras mit nicht umgelenkter Filmführung ( PENTAX 67, Fujica 670/690, Mamiya 7) und mit einem Vakuumsaugsystem ( CONTAX 645) gewährleisten immer eine gute Planlage von 120er Rollfilmen und damit durchgehende Schärfe.

Auf höchstempfindliche Filme von ISO 800/1600/3200 möchte ich hier nicht eingehen, da diese nur für bestimmte Anwendungen einsetzbar sind und ein sehr grobes Korn haben. Ebenso sollen hier die lieferbaren Infrarotfilme von Kodak und MACO nicht behandelt werden, da sie nur für Sonderanwendungen interessant sind.

Die oben genannten Filme lassen sich in zwei Kategorien bzgl. ihrer Silberhalogenidkristallen einteilen, zum Einen die Filme mit klassischen Silberkristallen und zum Anderen die Filme TMX/TMY mit T-Kristallen und die Delta 100/400 mit Delta-Kristallen sowie FUJI ACROS mit SIGMA-Kristallen, jeweils als "Flachkristalle".

### 2.4.1 Wo liegen die Vor- und Nachteile von Flachkristallfilmen ?

Bis 1988 gab es nur Filme mit herkömmlichen Silberkristallen. Es gab "alte" Dickschichtfilme wie den bekannten Kodak Super XX und die neueren Dünnschichtfilme, die auf dem ADOX KB 14/ KB 17 von 1952 basieren, welche die ersten Dünnschichtfilme waren und für ihre Zeit eine exzellente Schärfe hatte. Die von EFKE erhältlichen Nachfolger der ADOX-Filme (Siehe Tabelle Auflösungsvermögen) entsprechen einfach nicht mehr dem Stand der heutigen Technik und verursachen erhebliche Probleme bei der Gradationssteuerung und der Verarbeitung.

Der Vorteil der Flachkristallfilme besteht darin, dass diese Filme ein höheres Auflösungsvermögen (Linien pro mm) haben als herkömmliche Filme gleicher Empfindlichkeit, wobei hier der Kodak TMX und der FUJI ACROS die höchste Auflösung mit 200 Linien/mm haben.

Ferner sind diese Filme extrem feinkörnig. Sie weisen bei den meisten Entwicklern eine fast gerade verlaufende Gradationskurve auf, die allerdings auch in den Lichtern bei den meisten Entwicklern weiter gerade verläuft, was Probleme mit der Wiedergabe von Spitzlichtern bringen kann. Diese Filme haben in etwa nur 1/3 der Silbermenge in der Emulsion als vergleichbare Standardfilme, was die Hersteller bei meist sogar noch höheren Preisen erfreut und deren Profit erhöht.

Die Flachkristalle sind wesentlich größer als alle herkömmlichen Silberkristalle und haben ein ganz bestimmtes Ausdehnungs-/Höhenverhältnis. Es beträgt bei den Kodak T-Kristall-Filmen etwa 1:8 und bei den Ilford Delta-Kristallfilmen etwa 1:5. Die Delta-Kristalle sind also kleiner in der Fläche und höher. Weil die Körnchen in Delta-Filmen kleiner sind, trennen diese Filme die Spitzlichter besser, sind aber andererseits etwas grobkörniger.

Diese Filme stellen m.E. keinen Ersatz für herkömmliche Emulsionen dar, sondern nur eine Ergänzung für ganz bestimmte Aufgabenstellungen.

Der fotografische Nachteil besteht darin, dass der Partial- und Mikrokontrast meist schlechter ausfällt und, wie erwähnt, die Spitzlichter oft "ausbrennen". Ferner, dass bei starker Vergrößerung, wo das Korn sichtbar wird, dieses wesentlich unschöner wirkt als ein herkömmliches Korn.

Die Flachkristallfilme arbeiten relativ steil und sind zumindest als KB- und Mittelformatfilme schlecht entwicklungsstechnisch steuerbar. Der Belichtungsspielraum ist sehr eng gefasst und erfordert äußerst präzise Belichtung um eine gut zu vergrößernde Gradation zu erhalten.

Ferner sind sie sehr empfindlich bzgl. veränderten Entwicklungstemperaturen und anderen Entwicklungsbedingungen. Schon geringste Abweichungen hierbei führen zu drastischen Änderungen der Dichtekurven. Zum Beispiel: Um eine deutliche Dichtebeeinflussung bei einem konventionellen Film von etwa 1 Zone zu erreichen, ist eine Entwicklungsverlängerung von etwa 30% notwendig. Bei den Flachkristallfilmen wird dies jedoch bereits bei etwa 10% erreicht. Deshalb können geringfügigste Änderungen in Temperatur, Bewegung, Entwicklerkonzentration und -zeit schon ungewollt drastisch veränderte Negative hervorrufen.

Das Auflösungsvermögen ist zwar sehr hoch, jedoch nicht die Kantenschärfe und auch nicht der visuelle Schärfeeindruck. Eine sanfte Gradation mit vielen Details in den Lichtern kann man mit diesen Filmen nur schwer erreichen. (Deshalb hatte Kodak auch bei seinem Vario-kontrastpapier die Gradationskurve für die Lichter bewusst gegenüber den alten Papieren abflachen lassen um hier eine Kompensation zu erzielen).

Ich verwende deshalb fast ausschließlich Filme mit herkömmlicher Technologie und zwar bevorzugt den APX 100 und den TRI-X-320 Prof. sowie den APX 400, je nach Aufgabenstellung. Nur für besondere Anforderungen an die Auflösung greife ich auf den TMX zurück.

Bei Großformatnegativen sieht es anders aus, da dort der Mikrokontrast (bezogen auf KB/MF) nicht relevant ist. Deshalb sind TMX/TMY-Filme für das Großformat bestens geeignet und werden von vielen bekannten Fine-Art-Fotografen dort genutzt.

Der gerade (Anfang 2008) auf den Markt gekommene neue Kodak-TMY-neu weist ganz wesentliche Verbesserungen gegenüber dem „alten“ TMY dar. Er ist noch wesentlich feinkörniger und hat eine bessere Gradationskurve und lässt sich zudem optimal einscannen. Meine Tests sind hier derzeit noch nicht abgeschlossen, aber er könnte mein bevorzugter 400er Film werden.

## 2.5 Lagerung von Filmen

Die angegebenen Verfallsdaten der Hersteller sind sehr unterschiedlich. AGFA-Filme haben eine wesentlich längere Haltbarkeitsangabe als z.B. Kodak-Filme. Dies liegt u.A. an den eingegossenen Stabilisatoren in der Emulsion. Die Angaben schwanken in etwa zwischen 2 und 6 Jahren. Voraussetzung ist jedoch eine kühle Lagerung, vorzugsweise im Kühlschrank.

Für eine Lagerdauer bis zu 8 Wochen sollten 22°C nicht überschritten werden. Bei längerer Lagerung sollten Filme bei 10°C oder kühler gelagert werden. Man sollte die Filme nur mit unversehrter Packung in den Kühlschrank legen, weil dort die relative Feuchte üblicherweise sehr hoch ist. Die Filme werden zum Schutz vor Feuchtigkeit entweder in dampfdichten Folien eingeschweißt oder in dichten Dosen geliefert.

Aus dem Kühlschrank entnommene Filme müssen sich erst der Raum-/ Umgebungstemperatur anpassen, ehe man sie der Packung entnimmt. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Feuchtigkeit auf dem kalten Film kondensiert. Sechs Stunden sind empfehlenswert. Im Tiefkühlfach eingefrorene Filme benötigen mindestens 24 Stunden "Auftauzeit".

Ich persönlich verwahre meine S/W-Filme im Kühlschrank bei etwa 8 °C auf. Meine Farbfilme jedoch lagere ich im Tiefkühlfach, da diese wesentlich temperatursensibler sind.

Bei der Beschaffung von Filmen sollte man nicht nur auf das Haltbarkeitsdatum achten, sondern auch möglichst größere Filmmengen mit gleicher Emulsions-Nummer kaufen. Ich habe immer wieder festgestellt, dass trotz modernsten Fabrikationsmethoden oft kleine Unterschiede in den einzelnen Chargen bestehen. Der Kauf beim "Händler um die Ecke" ist oft kritisch. Dort werden die Filme z.T. im Laden ungekühlt mehrere Monate gelagert und im Sommer oft wochenlang Temperaturen von über 22 °C ausgesetzt.

Belichtete S/W-Filme sollten möglichst innerhalb von 72 Stunden entwickelt werden, wenn die Umgebungstemperatur über 24 °C liegt oder die Luftfeuchtigkeit über 50% beträgt. Kann man den Film nicht innerhalb von 72 Stunden entwickeln, sollte man ihn luftdicht und kühl aufbewahren.

### 3 Der Negativentwicklungsprozess

Nach dem Belichten in der Kamera werden die S/W-Aufnahmematerialien im Labor weiterverarbeitet. Dabei unterscheiden wir grundsätzlich zwischen zwei verschiedene Verfahren, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen: Negativherstellung und Umkehrverarbeitung. Auf die Umkehrverarbeitung wollen wir hier jedoch nicht eingehen.

Bei der Negativherstellung sind folgende Arbeitsgänge erforderlich:

1. Entwickeln
2. Zwischenwässern
3. Fixieren
4. Schlusswässern
5. Trocknen.

Die fertigen Negative zeigen die Helligkeitswerte des Objekts in umgekehrter Reihenfolge. Mit Hilfe eines Negativs können dann auf einem anderen Fotomaterial beliebig viele Positive erzeugt werden. Positive geben die Helligkeitswerte des Objekts richtig wieder.

Wie wir wissen, entsteht bei der Belichtung des Negativmaterials zunächst ein "latentes" Bild, das erst durch ein Reduktionsmittel, dem sogenannten "Entwickler", in ein sichtbares umgewandelt wird. Dabei werden an den vom Licht beeinflussten Stellen, je nach Intensität der eingestrahlten Energie, mehr oder weniger viele der lichtempfindlichen Silbersalze der Emulsion befähigt, sich in schwarzes Silber zu verwandeln. Das nach der Entwicklung erhaltene Bild ist ein Negativ, d.h., die Lichte des aufgenommenen Gegenstandes erscheinen schwarz, die Schatten dagegen hell. Dieses Negativ ist aber noch nicht haltbar, da es ja neben dem durch die Entwicklung entstandenen metallischen Silber einen erheblich großen Anteil von unverändertem, lichtempfindlichem Bromsilber enthält. Erst durch den anschließenden Fixierprozess wird dieses aus der Schicht herausgelöst. Durchschnittlich wird nur etwa 1/5 der vorhandenen Menge des Silbersalzes durch Reduktion zu metallischem Silber verwandelt.

#### 3.1 Entwickler und ihre Bestandteile

In den Entwicklern sind mehrere Substanzen wesentlich und wichtig. Das Aufbauschema eines üblichen Entwicklers zeigt uns neben der Entwicklersubstanz weitere drei Bestandteile,

deren Zusammenwirken den zu entwickelnden Schichten den jeweils gewünschten Charakter erteilt:

### **Entwicklungs-substanz plus Beschleuniger – Verzögerer - Schutzsub-stanz.**

**Entwicklersubstanz** ist ein Sammelbegriff für eine Reihe organisch-chemischer Substanzen von bestimmtem Aufbau, die das belichtete Silberhalogenid in metallisches Silber verwandeln können.

Hierzu zählen in erster Linie: Amidol, Brenzkatechin, Glycin, Hydrochinon, 1-Hydroxy-2,4-diaminobenzolhydrochlorid, Metol, Monomethyl-p-aminophenolsulfat, Paraminophenol, Para-Hydroxyphenylglycin, Paraphenylendiamin, Hydroxiethyl-o-Aminophenol, Hydroxymethyl-methyl-phenidon, p-Aminophenol, p-Phenylendiamin, o-Phenylendiamin, Phenidon, Paraphenylendiamin, Pyrogallol. Neuerdings auch Ascorbinsäure ( Vitamin "C"). Ferner Bestandteile aus Farbenentwicklern. (Typ 1 bis 4).

**Beschleuniger** ist eine Gruppe anorganischer Stoffe, unter dem Namen Alkali zusammengefasst, die die Entwicklersubstanz zu obiger Reaktion befähigen und den Reaktionsverlauf beschleunigen. Dies kann z.B. Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Kaliumkarbonat (Pottasche), Natriumkarbonat (Soda) oder Natriumborat (Borax) sein.

**Verzögerer** dienen zur Steuerung der Reaktion im gegenläufigen Sinne, wobei sich der Einfluss mehr auf die unbelichteten Silberhalogenidpartikel beschränkt, also zur Zurückhaltung eines Schleiers. Diese Aufgabe wird üblicherweise von Kaliumbromid übernommen.

**Schutzsubstanz** dient zur Vermeidung der Wirkungen des Luftsauerstoffes auf die leicht oxidierbaren Entwicklersubstanzen. Hierfür werden üblicherweise Sulfite wie Natriumsulfit oder neutralisiertes Bisulfit genommen.

Außer den vorgenannten Grundsubstanzen kann ein Entwickler zur Erreichung besonderer Wirkungen (Härtung der Schicht, Größe und Färbung des Silberkornes, Vermeidung von Kalkausscheidungen bei hartem Wasser etc.) noch weitere Chemikalien enthalten. Alle heutigen konfektionierten Entwickler haben oft noch eine Vielzahl von weiteren Zusätzen. Hierzu zählen dann auch die sogenannten "Superadditive" sowie "Komplexierungsmittel".

**Komplexierungsmittel** dienen in erster Linie dazu, Metalle wie Calcium, Magnesium, Eisen, Kupfer etc. die im Wasser enthalten sind, als Katalysatoren zu deaktivieren und wasserlösliche Verbindungen zu bilden, die auch in alkalischen Lösungen stabil bleiben.

Zu den bekanntesten Komplexierungsmitteln gehören: CALGON, EDTA-Verbindungen, HYDROXYETHYLIDENDIPHOSPHONSÄURE.

Dieser großen Zahl möglicher Entwickler entspricht auch die Vielfältigkeit der Wirkungen, die es gestattet, an den photographischen Schichten den Übergang vom Silberhalogenid zum metallischen Silber so zu leiten, dass diese jeweils verschieden ausgebildeten Silberteilchen wunschgemäß die beste Ausnutzung der Empfindlichkeit, den größten Kontrast, die zarteste Abstufung oder das feinste Korn ergeben.

#### **3.1.1 Wahl des Entwicklers**

Ich habe im Laufe der Jahre fast alle konfektionierten Entwickler getestet als auch eine Reihe von Entwicklern nach Rezept selbst angesetzt. Für die Entwicklung von Großformatnegativen kann man hier auf eine ganze Reihe von interessanten Rezepturen zurückgreifen. Ich habe die Zusammensetzungsformeln von etwa 150 verschiedenen Negativentwicklern gesammelt und davon etwa 25 getestet.

Für die Entwicklung von Kleinbild- und Rollfilmen bringen diese Rezepte keine Vorteile, sondern meistens Nachteile gegenüber konfektionierten Entwicklern. Deshalb möchte ich hier nicht weiter darauf eingehen. Meine Rezeptsammlung kann aber gerne Interessenten zur Verfügung gestellt werden.

Grundsätzlich kann man die konfektionierten Entwickler nach verschiedenen Kriterien einstufen, wie z.B. nach:

- Normalentwickler
- Ausgleichsentwickler
- Kontrastentwickler
- Feinkornentwickler
- Feinstkornentwickler
- High Definition-/ High Acutance Entwickler
- Monobadentwickler
- Entwickler mit besonders guter Empfindlichkeitsausnutzung
- Dokumentenfilm - / Lithografische Entwickler

oder auch nach "Oberflächenentwickler", "Tiefenentwickler", "Zweibadentwickler" oder vielen anderen Pauschalbegriffen wie "Schnellentwickler", "Entwickler für höhere Temperaturen", "Empfindlichkeitssteigernde Entwickler" etc.

Viele der konfektionierten Entwickler stellen in der Praxis oft ein Kompromiss verschiedener Eigenschaften dar und sind somit "Universalentwickler". Hierzu zählen z.B. Kodak D76/ Ilford ID11, Kodak XTOL, AGFA Rodinal-Spezial. Diese Entwickler sind eine Kombination aus Ausgleichs- und Feinkornentwickler und lassen sich durch Verdünnung noch sehr gut steuern.

Eine Sonderstellung nimmt das über 100 Jahre alte Agfa Rodinal bzw. ORWO/Calbe R-09 ein. Dies ist ein Entwickler mit einer sehr hohen Kantenschärfe auf Basis von p-Aminophenol und wird allgemein als grobkörnig entwickelnd eingestuft. Dies ist aber nur die halbe Wahrheit. In höheren Verdünnungen wie z.B. 1+75 und 1+100 arbeitet Rodinal relativ feinkörnig und liefert Negative mit phantastischer Gradation. Darüber hinaus lässt Rodinal sich außer mit der Verdünnung auch sehr gut über die Entwicklungsbewegung bei hohen Verdünnungen beeinflussen, von Negativen mit "normaler" Gradation bis zu Negativen mit flacher, also weicher Gradation als auch sogar in hoher Konzentration für steile Gradation.

Der "Nachteil" von Rodinal ist, dass die Filmempfindlichkeit nicht sehr gut ausgenutzt wird. Ähnliche Eigenschaften hat übrigens der KODAK HC 110, der jedoch noch wesentlich grobkörniger entwickelt.

Eine weitere Sonderstellung nimmt der A49 von Calbe ein. Dieser Entwickler hat gerade für den Kleinbild- und Mittelformatfotografen herausragende Eigenschaften. Er zählt zu den echten Feinstkornentwicklern, hat aber nicht deren "schlechte" Eigenschaft, die Filmempfindlichkeit herunterzusetzen oder zur Unschärfe zu neigen.

Eine der letzten Entwicklungen stellt Kodak XTOL dar, der auf einer neuen Technologie beruht und u.A. Ascorbinsäure als Entwicklersubstanz verwendet. XTOL hat einen PH-Wert von unter 8,2. Ascorbinsäure wird als sehr "scharf" wirkende Entwicklungssubstanz charakterisiert und in Verbindung mit dem niedrigen PH-Wert ergeben sich Negative mit guter Empfindlichkeitsausnutzung, feinem Korn, hoher Schärfe.

Ich kann aufgrund meiner Erfahrungen deshalb die drei nachfolgenden Entwickler für die Kleinbild- und Mittelformatfotografen empfehlen:

A49            Je nach gewünschtem Kontrast unverdünnt, verdünnt 1+1 oder 1+2. A 49 nutzt die Filmempfindlichkeit bei den meisten Filmen bei "Normalentwicklung" weitestgehend aus. A 49 harmonisiert mit praktisch allen Filmen. Wie alle Feinstkornentwickler wirkt das Filmkorn etwas verwaschen bei konventionellen Emulsionen. Deshalb verwende ich A49 in 1+1 Verdünnung überwiegend

für Portrait-/ Aktaufnahmen. Bei Flachkristallfilmen arbeitet A49 hervorragend und ohne Nachteile.

- XTOL In Verdünnungen 1+1 bis 1+3, je nach gewünschtem Kontrast. XTOL nutzt die Empfindlichkeit nicht ganz so gut wie A49 aus, ist aber etwas konturenschärfer und entwickelt nicht ganz so feinkörnig.
- CG 512 Für mich ist dieser Entwickler der beste Entwickler auf dem Markt. Er entwickelt extrem scharf und relativ feinkörnig. Die Empfindlichkeitsausnutzung ist jedoch schlechter als bei XTOL und A49.  
Der CG 512 wird auch unter verschiedenen Handelsnamen, u.A. als ROLLEI-Low-Speed oder LP Cube XS vertrieben.

Vom Gebrauch von so genannten „High Accutance“-Entwicklern rate ich ab. Alle diesbezüglich von mir getesteten Entwickler wie: FX39, HRX, TFX2 etc. haben keine schöne Grauwertwiedergabe.

### 3.2 Faktoren, die den Entwicklungsprozess beeinflussen

Der Ablauf des Entwicklungsprozesses ist nicht nur von der Zusammensetzung und der Konzentration des Entwicklers abhängig, auch äußere Faktoren wie: Temperatur, Zeitdauer der Einwirkung und Bewegung des Materials im Entwickler, spielen eine Rolle.

#### 3.2.1 Konzentration des Entwicklers

Die Entwicklerkonzentration hat sehr großen Einfluss. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass verdünnte Entwickler nicht nur langsamer, sondern auch ausgleichender arbeiten, während stärker konzentrierte Entwickler zügiger und kontrastreicher entwickeln. Wir können also bereits durch Veränderung der Konzentration weitgehend die Arbeitsweise verändern. Ein Musterbeispiel dafür ist RODINAL. In Verdünnungen von 1+10 bis 1+15 eignet er sich zur Kontrastentwicklung von Strichreproduktionen. In Verdünnung 1+25 dient er als Normalentwickler für größere Negative. In Verdünnung 1+50 und bei Zugabe von 70g Natriumsulfit pro Liter kann er sogar als Universaltankentwickler eingesetzt werden.

In Verdünnung 1+40 bis 1+200 ergibt RODINAL einen guten Feinkorn-Ausgleichsentwickler für Kleinbild- und Rollfilme. Bei RODINAL ergibt sich mit zunehmender Verdünnung sowohl ein weiterer Schärfegewinn als auch ein feineres Korn. Um jedoch eine homogene Entwicklung zu gewährleisten, sind Mindestmengen an Entwicklerkonzentrationen pro Film erforderlich. Diese betragen bei Rodinal 4ml, bei A49 und bei XTOL 120ml **je Film**.

Bei allen mir bekannten Entwicklern –außer RODINAL- ergibt sich mit zunehmender Verdünnung eine bessere Schärfe aber eine leichte Zunahme der Körnigkeit. Dies trifft insbesondere auf die bekannten Standardentwickler wie D76 / A 49 / XTOL etc. zu. Deshalb sollten diese sogenannten Feinkornausgleichsentwickler nicht höher als 1+2 verdünnt werden.

#### 3.2.2 Temperatur des Entwicklers

Wie bei allen chemischen Reaktionen, so ist die Temperatur auch bei der Entwicklung von Bedeutung. Je wärmer der Entwickler ist, umso schneller verläuft der Entwicklungsprozess und umgekehrt.

Wir dürfen die Entwicklertemperatur jedoch nicht beliebig wählen. Der günstigste Temperaturbereich liegt zwischen 18 und 22 °C. In diesem Bereich verläuft die Reaktion zügig, ohne dass die Gelatine zu stark aufquillt. Der übliche Temperaturwert, der auch als Basis von Zeitangaben dient, ist deshalb 20 °C. (Ausnahme: CG512, welcher bei 24 °C verarbeitet werden sollte.)

Kann dieser Temperaturwert nicht eingehalten werden, so sind entsprechende Korrekturen erforderlich. Bei höheren Temperaturen ist die Entwicklungszeit prozentual zu verkürzen, bei niedrigeren Temperaturen ist sie zu verlängern. Da die verschiedenen Entwickler unterschiedlich auf Temperaturabweichungen reagieren, gibt es für jeden Entwickler eine spezielle Umrechnungstabelle.

Wie schon erwähnt, wirken sich Änderungen im Prozess bei Flachkristallen wesentlich stärker aus als bei herkömmlichen Silberkristallen. Die Temperaturänderungen wirken sich bei herkömmlichen Filmen in etwa wie folgt aus:

bei 18°C = Notwendige Entwicklungsverlängerung um 25%

bei 22°C = Notwendige Entwicklungsverkürzung um 20%

Bei Flachkristallfilmen liegen die vorgenannten Werte etwa bei 15 bzw. 12%

Thermometer dienen in erster Linie zur Prüfung der Temperatur der Bäder, aber auch zur Messung der Temperatur des Arbeitsraumes, denn nach dieser richtet es sich, ob die Lösungen gegebenenfalls 1 bis 2°C wärmer oder kälter als vorgeschrieben eingestellt werden, um zu verhüten, dass während der Arbeitsdauer die Temperatur zu stark absinkt oder ansteigt.

Die üblichen im Fotofachhandel erhältlichen Laborthermometer reichen nur bis 50°C. Deshalb ist darauf zu achten, dass diese Thermometer nicht in wärmere Lösungen eingetaucht werden, ansonsten besteht die Gefahr, dass das Kapillarrohr platzt. Die Füllung der Thermometer besteht aus gefärbtem Alkohol oder Quecksilber. Alkoholthermometer, wie sie im Fotofachhandel üblicherweise angeboten werden, brauchen 1 bis 2 min, ehe sie, in eine Flüssigkeit getaucht, deren Temperatur **richtig** anzeigen.

Dagegen ist der gefärbte Alkoholfaden in der Dunkelkammer besser zu erkennen als der des Quecksilbers, doch wird man meist die Temperatur der Lösungen noch bei hellem Licht einstellen und auch überwachen können. Ein Quecksilberthermometer hat den Vorteil, dass es viel schneller die Temperatur richtig anzeigt.

Ich empfehle deshalb ein Thermometer aus Laborbedarfshandlungen zu erwerben mit Quecksilberfaden und 1/10° Grad-Einteilung, welches bis mindestens 50°C, besser bis 100°C skaliert ist. Beim Zerschneiden dieser Thermometer ist die gesundheitsschädliche Wirkung von Quecksilberdampf zu beachten! Ideal ist ein digitales Thermometer, welches innerhalb einer Sekunde die exakte Zeit anzeigt. Solche Thermometer sind mit 1/10°C-Genauigkeit für etwa € 55,- zu bekommen.

### 3.2.3 Bewegung der Filme im Entwickler

Während der Entwicklung muss dafür gesorgt werden, dass der verbrauchte Entwickler an der Schichtoberfläche der Materialien durch frischen Entwickler ersetzt werden kann. Ohne Bewegung würde dieser Austausch zu langsam vor sich gehen, und es käme zu Entwicklungsfehlern. Diese Fehler äußern sich in Bromidabläufen oder in "Rauchfahnen". Bei den Bromidabläufen sinkt der verbrauchte Entwickler von den stark geschwärzten Stellen des Negativs nach unten und bewirkt dicht unterhalb dieser Stellen eine partielle Unterentwicklung.

Bei den Rauchfahnen sinkt der unverbrauchte Entwickler von den unbelichteten Stellen des Negativs nach unten und lässt dort eine partielle Überentwicklung entstehen. Beide Fehler lassen sich nachträglich nicht beheben und führen zu unbrauchbaren Negativen. Auch eine ständige gleichförmige Bewegung der Materialien während der Entwicklung kann ähnliche Fehlerscheinungen hervorrufen.

Es empfiehlt sich deshalb, die Materialien im Entwickler in Intervallen von nur etwa alle 30 Sekunden bis maximal 2 Minuten jeweils kurze Zeit kräftig zu bewegen. Besonders wichtig ist die Bewegung zu Beginn des Entwicklungsvorgangs, um zu verhindern, dass sich auf der Schichtoberfläche der Filme Luftblasen festsetzen. Diese schirmen die Emulsion vor dem

Entwickler ab und ergeben im fertigen Negativ glasklare runde oder ovale Punkte. Auch hier handelt es sich um einen Fehler, der sich nachträglich nicht beheben lässt. Es ist deshalb notwendig, den Film während der ersten 30 Sekunden bis zu 1 Minute ständig zu bewegen.

Der Abstand der Bewegungsintervalle wirkt sich auch auf die Gradation und den Gesamtschwärzungsgrad aus. Ein Film, der alle 30 Sekunden bewegt wird hat schneller seine maximale Schwärzung in den Lichtern erreicht als ein Film der nur alle 60 Sekunden bewegt wird. Deshalb kann der Kipp-/ Bewegungsrhythmus auch zur Gradationssteuerung eingesetzt werden. Um jedoch gleiche maximale Schwärzungen zu erreichen ist eine Entwicklungsverlängerung notwendig, wenn das Kipp-/rhythmusintervall größer gewählt wird.

Ich empfehle hier folgenden Agitationsrhythmus:

Bei Entwicklungszeiten von kleiner 5 Minuten= Alle 30 Sekunden

Bei Entwicklungszeiten zwischen 5 und 10 Minuten= Alle 60 Sekunden

Bei Entwicklungszeiten über 10 Minuten= Die ersten 10 Minuten alle 60 Sekunden, dann alle 120 Sekunden.

Am Beginn der Entwicklung sollte 30 Sekunden lang ständig bewegt werden.

Ein 30 Sek. Kipp-/rhythmus sollte jeweils etwa 5-7 Sekunden dauern und dabei die Entwicklungsdose 3x gekippt und gleichzeitig im Handgelenk um ca.  $\frac{1}{4}$  Umdrehung gedreht werden. Ein 60 Sek. Rhythmus sollte etwa 10 Sekunden dauern bei 5maligem Kippen.

### 3.2.4 Rotationsentwicklung

S/W-Entwicklungen in Rotationsmaschinen sind nur bei einer N/N oder N+1-Entwicklung zu empfehlen, weil die Gradationskurve durch die ständige Bewegung steiler wird. Die Entwicklungszeit verkürzt sich und die Schattenzeichnungen bleiben zurück. Ferner leidet die Konturenschärfe bei der Rotationsentwicklung.

Die Filmempfindlichkeit wird bei der Rotationsentwicklung nicht so gut ausgenutzt, wie bei der konventionellen Kippentwicklung. Dies rührt daher, dass die sich ergebenden Entwicklungszeiten durch die permanente Rotation verkürzt werden und somit die Dichte in den Lichtern schneller erreicht werden als bei der herkömmlichen Kippentwicklung. Dabei bleibt die Schattenzeichnung zurück, was durch eine niedriger zu wählende Filmempfindlichkeit kompensiert werden muss.

Dies betrifft sowohl Filme mit kubischen Silberkörnern als auch Flachkristallversionen.

Bei der Entwicklung konventionellen Filme in der Rotation kommt insbesondere ein weiterer Nachteil hinzu: die Konturenschärfe leidet extrem bei der Rotationsentwicklung. Dies ist oft schon mit bloßem Auge sichtbar, insbesondere aber bei einer Mikroskopbetrachtung.

Speziell Entwickler die eine hohe Kantenschärfe erzielen, verlieren beim Einsatz in der Rotation all ihre diesbezüglichen Vorteile. ( Beispiel Rodinal).

**Fazit:** Eine Rotationsentwicklung empfiehlt sich ausschließlich für Flachkristallfilme und dort sinnvollerweise auch nur für das Mittelformat und für Planfilme.

### 3.2.5 Entwicklungsdauer

Die Entwicklungsdauer ist von ausschlaggebender Bedeutung. Mit zunehmender Entwicklungsdauer nehmen zunächst auch Schwärzung, Kontrast und Körnigkeit immer mehr zu. Wird jedoch wesentlich zu lange entwickelt, dann bleibt die Schwärzung konstant, während nur noch Schleier und Körnigkeit zunehmen. Durch den Grauschleier in den unbelichteten Teilen des Negativs kommt es wieder zu einer Kontrastminderung.

Aus Kapitel 2.3 geht hervor, dass das ideale Negativ bestimmten Anforderungen bezüglich Dichte, Schwärzungsumfang und Körnigkeit genügen muss. Sollen all diese Forderungen erfüllt werden, dann dürfen die Materialien nur eine ganz bestimmte Zeit entwickelt werden.

Zu kurz entwickelte Negative sind zwar feinkörniger, meist aber auch zu dünn und zu flau. Überentwickelte Negative sind in der Regel zu dicht, zu hart und sehr grobkörnig.

Grundsätzlich müssen grobkörnige (= hochempfindliche) Aufnahmematerialien länger entwickelt werden als feinkörnige (= niedrigempfindliche). Das liegt daran, dass bei gleicher Gesamtmasse große Körner dem Entwickler weniger Angriffsfläche bieten als kleine Körner.

Die optimale Entwicklungszeit ist von vielen Faktoren abhängig. Helligkeitsumfang des Aufnahmeobjekts, Art des Aufnahmematerials, Zusammensetzung, Konzentration und Temperatur des Entwicklers sowie Bewegung des Materials während der Entwicklung spielen eine Rolle. Um zu gleichbleibenden und wiederholbaren Ergebnissen zu kommen, sollte man in der Praxis nur mit der Entwicklungszeit variieren und die anderen Faktoren möglichst konstant halten.

Bei kontrastreichen Motiven und bei niedrigempfindlichen Aufnahmematerialien soll kürzer, bei kontrastarmen Motiven und hochempfindlichen Aufnahmematerialien muss länger entwickelt werden.

Werden mehrere Einflussfaktoren gleichzeitig verändert, dann ist es kaum möglich, die Ergebnisse in Form der fertigen Negative exakt auszuwerten und Schlussfolgerungen zu ziehen. Um beispielsweise den Schwärzungsumfang im Negativ bei Gegenlichttaufnahmen nicht zu groß werden zu lassen, benötigen wir nicht unbedingt verdünnte Entwickler oder andere Kipprhythmen, es genügt, wenn wir etwas kürzer als normalerweise entwickeln.

Hier müssen Erfahrungswerte gesammelt werden oder mittels Densitometer die Gradationskurven für unterschiedliche Entwicklungszeiten ausgetestet werden. Bei sehr kontrastreichen Objekten kann es erforderlich sein, die Entwicklungszeiten bis zu 50% zu unterschreiten, um den Kontrast auszugleichen. Selbstverständlich müssen solche Aufnahmen reichlicher belichtet werden, da sonst die Zeichnung in den Schatten verloren geht.

### 3.3 Entwicklungsarten und ihre Anwendung

#### 3.3.1 Normalentwicklung

Unter Normalentwicklung verstehen wir eine Entwicklung, die für Aufnahmeobjekte mit "normalem" Kontrast geeignet ist. Dies entspricht einer Gradationskurve die über acht logarithmische Dichtestufen einen Schwärzungsumfang von 0,10 bis 1,3 über dem Grundschiefer wiedergibt. Nach Zonenwertbezeichnung also N-N = Normalentwicklung. Diese Normalentwicklung kann angewandt werden für Aufnahmen, deren Kontrastumfang im normalen Bereich liegt. Die Gradationskurve dieser Normalentwicklung hat etwa ein Gamma von 0,61 bis 0,65.

Für Großformatnegative kann und sollte diese Normalentwicklung im wahrsten Sinne des Wortes die Normentwicklung darstellen. Für Kleinbild- und teilweise auch für Mittelformatnegative ist sie nicht empfehlenswert, da der Mikrokontrast dabei sehr hoch liegt.

Ich empfehle deshalb alle Kleinbildnegative weicher zu entwickeln, entsprechend der Zonenbezeichnung N-1, bzw. zu einer Dichte von etwa 1,1 über dem Grundschiefer in Zone VIII. Bei Mittelformatnegativen sollte ein Zwischenwert gewählt werden, also praktisch N-0,5 mit einer Dichte von etwa 1,18-1,20 in der Zone VIII.

Aufnahmen mit einem normalen Kontrastumfang können dementsprechend anschließend bei Großformatnegativen auf der Papiergradation 2, bei Mittelformatnegativen auf der Gradation 2,5 und bei Kleinbildnegativen auf der Gradation 3 optimal wiedergegeben werden.

Die verkürzte Entwicklungszeit zur Erreichung der niedrigen Dichte muss bei den meisten Film-/ Entwicklerkombinationen durch Verlängerung der Belichtungszeit bzw. durch Korrektur der ISO-Werte am Belichtungsmesser nach unten korrigiert werden. Z.B. von ISO 100/21 auf ISO 80/20.

### 3.3.2 Ausgleichsentwicklung

Die Ausgleichsentwicklung ist immer dann notwendig, wenn der Kontrastumfang der Aufnahme über dem reproduzierbaren Bereich eines Normalnegativs hinausgeht. Entsprechend muss dann die Gradationskurve flacher verlaufen um den Kontrastumfang der Aufnahme in dem reproduzierbaren Bereich des Negativs wiedergeben zu können. Andernfalls brennen einem dann beim Positiv die Lichter aus oder die Schatten laufen komplett zu oder beides. Da hilft dann auch oft nicht mehr die Verwendung einer extra weichen Papiergradation, die dann auch zur Folge hätte, dass die mittleren Grauwerte "suppig" würden. Auch abwedeln oder Nachbelichten ist nicht immer mit Erfolg möglich.

Die Zonenfotografen sprechen hier dann von einer N-1 oder N-2 oder gar N-3 Entwicklung. Die Dichte in Zone VIII bei einer N-1 Entwicklung (siehe Normalentwicklung) sollte dann etwa 1,10 über Grundscheier, bei einer N-2 Entwicklung bei etwa 0,90 und bei N-3 Entwicklung bei etwa 0,76 liegen. Entsprechend der verkürzten Belichtungszeit ist dann allerdings erforderlich, dass bereits bei der Aufnahme dies berücksichtigt wurde und entsprechend reichlicher belichtet wurde um die Schattenpartien (Zonen I-III) noch ausreichend durchzuzeichnen.

Dies kann zur Folge haben, dass etwa je reduzierter Zone eine ISO-Anpassung von etwa 1 Stufe erforderlich ist, also ein Film, der bei Normalentwicklung mit ISO 100 belichtet werden kann, bei einer Entwicklung nach N-3 dann wie ISO 50 belichtet werden muss.

Kleinbild – und Mittelformatfotografen, die ja immer einen ganzen Film mit z.T. unterschiedlichen Motivkontrastumfängen haben, sollten deshalb entweder wirklich den Film wechseln bei wesentlich veränderten Motiven oder einen Kompromiss eingehen. Gerade bei der Landschaftsfotografie, wo häufig große Kontrastumfänge zu bewältigen sind, sollte man, wenn man den Aufwand von unterschiedlichen Entwicklungen umgehen will, sich deshalb einen Standard wie oben unter Normalentwicklung empfohlen von N-0,5 bis N-1 als "Normalentwicklung" zu Eigen machen. Die Kontrastumfänge kann man dann vor Ort noch zusätzlich durch den Einsatz von Filtern oft kompensieren, indem man den hellen Himmel z.B. durch den Einsatz von Gelb-/Orangefiltern in seinem Kontrast runtersetzt oder einen Filterhalter einsetzt, in welchem man Verlaufsfilter Scheiben einschiebt. Die Verlaufsfilter können entweder z.B. Gelb- oder Orangefilter sein oder auch die lieferbaren ND-Grauverlaufsfilter in unterschiedlichen Dichten.

Ich verwende hier sehr häufig ein Kompendium mit passenden 100x150mm Verlaufsfilter Scheiben womit man durch Schieben und auch durch Drehen des Kompendiums den Übergangsbereich exakt definieren kann.

### 3.3.3 Kontrastentwicklung

Die Kontrastentwicklung erfordert eine verlängerte Entwicklungszeit bei gleichzeitig reduzierter Belichtung. Also praktisch genau umgekehrt zur Ausgleichsentwicklung.

Die Kontrastentwicklung für die bildmäßige Fotografie von Kleinbild- und Mittelformatnegativen sollte jedoch nicht über eine Zonenstufe hinaus erfolgen, da hierbei sonst das Korn zu stark hervortritt. Also eine Entwicklung nach Zonensystem von N+1 sollte die obere Grenze für kleinere Negative sein. Hierbei wird dann in Zone VIII eine Dichte von 1,45 angestrebt.

Die ISO-Einstellung kann entsprechend um eine Stufe erhöht werden, also z.B. von ISO 100 auf ISO 125. Die Kontrastentwicklung ist dann sinnvoll und erforderlich, wenn der Kontrastumfang geringer als 6 Zonen ist. Typisches Beispiel ist die Wiedergabe von reinen Felsstrukturen mit geringem Kontrastunterschied an einem bewölkten Tag.

## 3.4 Das Unterbrecherbad

Wenn der Entwicklungsvorgang beendet ist und damit die Negative die nötige Dichte und den richtigen Schwärzungsumfang erreicht haben, werden die Filme mit Wasser gründlich abgespült, bevor sie in das Fixierbad kommen.

Das ist notwendig, damit die Entwicklung unterbrochen wird und möglichst kein basischer Entwickler in das saure Fixierbad gelangt. In der Entwicklungsdose sollte das Wasser mindestens zweimal gewechselt werden oder besser fließend 30 Sekunden gespült werden.

Wirksamer als einfaches Abspülen mit Wasser ist die Verwendung von sauren Unterbrecherbädern, wie sie in der Positivtechnik üblich sind. Diese Unterbrecherbäder werden auch als Stoppbäder bezeichnet. Sie können bei entsprechender Zusammensetzung gleichzeitig eine Härtung der Gelatineschichten bewirken und diese somit widerstandsfähiger gegen mechanische Beanspruchungen machen.

Die Behandlungsdauer beträgt in nicht härtenden Unterbrecherbädern 30 Sekunden bis 1 Minute, in härtenden Bädern 2 bis 3 Minuten.

Als Stoppbäder können verschiedene Rezepturen verwendet werden, üblicherweise ein 2%iges Essigsäurebad oder eine 4%ige Kaliumdisulfatlösung. Auch Zitronensäurebäder können Verwendung finden. Die Essigsäurebäder sollten nicht in einer höheren Konzentration als 2%ig angesetzt werden, da sich nach meiner Erfahrung bei einigen Film-/ Entwicklerkombinationen sonst Probleme mit der Emulsion ergeben können.

Essigsäurestoppbäder sind dann erschöpft, wenn eine Riechprobe keinen stechenden Essiggeruch mehr erkennen lässt, ansonsten ist mit einem Indikatorpapier festzustellen, ob das Bad noch sauer reagiert. In jedem Fall sollte das Essigsäurestopbad aber nach dem Durchsatz von 50 Filmen gewechselt werden. ( bei 1 Liter-Vorrat).

Ein härtendes Unterbrecherbad kann z.B. nach folgendem Rezept hergestellt werden:

Wasser 750 ml, hierin Kaliumchromium (III)-sulfat krist. 15g lösen und 7ml Essigsäure konz. zugeben. Dann auf 1 Liter mit Wasser auffüllen.

### 3.5 Fixieren der Negative

Durch den Entwicklungsvorgang werden nur etwa 25% der in der Emulsion enthaltenen lichtempfindlichen Silbersalze in Bildsilber überführt. Die verbleibenden 75% müssen durch den Fixierprozess in lösliche Verbindungen umgewandelt werden, damit sie aus der Schicht entfernt werden können.

Geschieht das nicht, dann würden diese Salze unter Einwirkung von Licht und atmosphärischen Einflüssen in Silber und Silbersulfid umgewandelt. Ohne den Fixierprozess wären fotografische Bilder somit nicht haltbar. Der Begriff "fixieren" kommt von dem lateinischen Wort *fixus* (fest) und bedeutet so viel wie haltbar machen (hier: lichtfest machen) der Negative und Positive.

#### 3.5.1 Die Bestandteile des Fixierbads und ihre Aufgaben

Ein Fixierbad ist eine 10-30%ige Lösung eines Fixiermittels in Wasser, die noch besondere Zusätze enthalten kann. Als Fixiermittel werden heute fast ausschließlich Natriumthiosulfat für normale Fixierbäder und Ammoniumthiosulfat für Schnellfixierbäder verwendet. Als Zusatz wird Kaliumdisulfat eingesetzt, um das Fixierbad anzusäuern. Dadurch arbeitet es auch bei intensiver Ausnutzung noch schnell und zuverlässig.

Außerdem werden durch die Ansäuerung des Fixierbads die Lichthofschutzfarbstoffe zerstört. Eine kräftige Verfärbung der fixierten Negative ist stets auf ungenügende Ansäuerung des Fixierbads zurückzuführen. (Speziell bei den KODAK T-MAX- Filmen ein Problem).

Ammoniumchlorid als Zusatz beschleunigt den Fixiervorgang bei Natriumthiosulfat-Fixierbädern beträchtlich und macht somit aus einem normal arbeitenden Fixierbad ein Schnellfixierbad.

Nachfolgend vier übliche Rezepte:

### Einfaches Fixierbad

Wasser	750 ml
Natriumthiosulfat krist.	300g
Kaliumdisulfit	20g
Wasser auf	1 Liter

### Schnellfixierbad

Wasser	750 ml
Natriumthiosulfat krist.	250g
Kaliumdisulfit	20g
Ammoniumchlorid	25g
Wasser auf	1 Liter

### Schnellfixierbad mit Ammoniumthiosulfat

Wasser	750 ml
Ammoniumthiosulfat	150g
Kaliumdisulfit	15g
Wasser auf	1 Liter

### Härtefixierbad

Wasser	750 ml
Natriumthiosulfat sicc	125g
Natriumsulfit	20g
Essigsäure konz.	15 ml
Kaliumaluminiumsulfat krist.	10g
Wasser auf	1 Liter.

Da fertig konfektionierte Fixierbäder recht preisgünstig sind, sollten diese möglichst Verwendung finden. Z.B. AGFA AGEFIX in Verdünnung 1+7. Hierbei sollte dann bei einer 1+7 Verdünnung etwa 7 Minuten fixiert werden bzw. 5 Minuten bei einer 1+4 Verdünnung, jeweils bei 30 Sekunden Kipprhythmen (wie beim Entwicklungsprozess) und die ersten 30 Sekunden ständig gekippt werden.

#### 3.5.2 Fixierdauer

Der Fixierprozess ist kein einfacher Lösungsvorgang. Dabei finden komplizierte chemische Reaktionen statt. Es genügt nicht so lange zu fixieren, bis die Materialien nicht mehr milchig-trübe sind. Dann haben sich erst schwer lösliche Komplexsalze gebildet. Diese schwer löslichen Komplexe müssen nochmals mit dem Fixiermittel reagieren, damit leicht lösliche Komplexe entstehen. Erst die leicht löslichen Komplexe können völlig aus der Schicht ausgewässert werden.

Damit sich die leicht löslichen Komplexe bilden können, muss mindestens noch einmal so lange fixiert werden, wie das Material braucht, um klar und durchsichtig zu werden. Die Fixierregel lautet deshalb:

#### **Fixierzeit = doppelte Klärzeit**

Länger als die doppelte Klärzeit zu fixieren, ist nicht nötig. Eine Ausnahme bilden dabei die Härtefixierbäder. Damit die Gelatineschichten ausreichend gehärtet werden, sollte die Fixierzeit hier mindestens 10 Minuten betragen.

Auch beim Fixierprozess wirken sich Temperatur und Bewegung stark aus. Die Temperatur des Fixierbads sollte deshalb nicht unter 17°C liegen, weil die Reaktionen sonst sehr verlangsamt werden. Eine kräftige Bewegung ist besonders beim Einbringen wichtig.



also ggf. ist die Filmspirale in ein größeres Gefäß zu legen. Dieser 5minütige Wechsel ist dann mindestens 12x vorzunehmen und die Spirale laufend zu bewegen.

Das Waschwasser sollte nicht über 25°C warm sein, ansonsten wird die Gelatineschicht zu stark aufgequollen und es besteht die Gefahr von Runzelkornbildung.

Die Wässerungszeiten können um etwa 40% dann verkürzt werden, wenn die Filme vor der eigentlichen Wässerung in einem Auswässerungsbeschleunigerbad gebadet werden. Hier bieten sich die konfektionierten Lösungen an, wie z.B. das KODAK-HYPO-CLEARING-AGENT Bad, worin dann der Film nach der Fixage und kurzer Vorwässerung von etwa

2 Minuten weitere 3 Minuten behandelt wird, bevor er in die Wässerung kommt. Falls gewünscht, kann dieses Bad gleichzeitig auch zur Erhöhung der Archivfestigkeit dadurch benutzt werden, indem dem Auswässerungsbeschleunigerbad ein Selentonerzusatz beige-mischt wird, wie z.B. Kodak Rapid Selenium-Toner in einem Verhältnis von 1:20.

**Achtung:** Höhere Selenkonzentrationen und längere Badzeiten als 3min führen zur Gradationsaufsteilung!

### 3.6.1 Behandlung der Negative vor dem Trocknen

Nach dem Wässern enthalten die Filme in den Gelatineschichten noch etwa 1 bis 2g Wasser pro Quadratdezimeter. Außerdem haftet noch Wasser auf der Filmoberfläche und bildet dabei zum Teil Tropfen.

Bevor die Negative weiterverarbeitet oder gelagert werden können, müssen sie völlig trocken sein. Feuchte Gelatineschichten sind sehr empfindlich gegen Verkratzungen und gegen Hitze. Außerdem wird die Gelatine im feuchten Zustand leicht von Bakterien zersetzt.

Es ist besonders bei kalkhaltigem Wasser zweckmäßig, die Wassertropfen auf der Schicht- und auf der Rückseite der Materialien vor dem Trocknen zu entfernen. Dadurch werden Kalkflecken vermieden und der Trocknungsprozess verläuft schneller und gleichmäßiger. Zur Beseitigung von Wassertropfen eignen sich sehr gut die konfektionierten Netzmittel, die mit destilliertem oder entmineralisiertem Wasser ("Bügelwasser") angesetzt werden sollten. Als besonders wirkungsvoll und gut zu handhaben hat sich hier AGFA AGEPON bewährt. Hierin wird der Film dann 1 Minute gebadet.

Anschließend sollte dann das Wasser abgestreift werden. Dafür erhältliche Zangen mit Gummilippen etc. haben sich nicht bewährt, hier besteht immer die Gefahr, dass ein Staubkörnchen an den Gummilippen hängt und dann Kratzer auf dem Film verursacht.

Nach meiner Meinung ist die beste Methode den Film vorsichtig zwischen zwei Fingern abzustreifen, wobei darauf zu achten ist, dass sich kein Ring an einem der Finger befindet, der den Film verkratzen könnte. Ich streife den Film zwischen Zeige- und Mittelfinger ohne Druck ab.

Um den Film besonders archivfest zu machen und gegen schädliche Umwelteinflüsse zusätzlich zu schützen bietet sich AGFA SISTAN an, ein "Silberstabilisationsbad", welches gleichzeitig auch ein Netzmittel ist. Das SISTAN-Bad kann auch zusätzlich zu der im vorigen Kapitel genannter Selentonerung verwendet werden um praktisch eine doppelte Archivsicherheit zu erreichen.

## 3.7 Trocknung

Das in der Schicht befindliche Wasser verdunstet normalerweise an der Luft. Die günstigsten Bedingungen dafür sind: Relative Luftfeuchtigkeit zwischen 30 und 60% und eine Temperatur zwischen 20 und 45°C. (Nur zusätzlich gehärtete Schichten können bei höheren Temperaturen getrocknet werden!)

Das Trocknen der Filme in Trocknungsschränken oder –Vorrichtungen sollte nach meiner Erfahrung nur dann gewählt werden, wenn unbedingt eine schnellste Trocknung notwendig

ist. Trotz eingebauten Filtermatten in den Systemen habe ich immer wieder festgestellt, dass auf den so getrockneten Filmen Staubkörner sind. Ich trockne deshalb meine Filme zwar in einem Trockenschrank, ohne jedoch den Ventilator und die Heizung einzuschalten. Der Trockenschrank dient mir deshalb lediglich als Staubschutz gegenüber dem Raumstaub. Moderne Filme, die mit AGEPON oder SISTAN behandelt wurden, sind bei üblichen Raumtemperaturbedingungen meistens nach 2, spätestens nach 4 Stunden trocken. Diese Zeit sollte man in Kauf nehmen.

Die Filme sollten mit Klammern an beiden Enden zum Trocknen versehen werden damit sie sich nicht aufrollen und ggf. mit benachbart aufgehängten Filmen zusammenkleben. Von der Verwendung von "Schnelltrocknungsmittel" wie Alkohol oder Spiritus oder gar Kaliumcarbonat rate ich dringend ab, da hierdurch die Haltbarkeit der Filme drastisch reduziert wird.

Die HEWES Edelstahl-Filmklammern (Monochrom) haben sich bestens zum Aufhängen von Filmen bewährt.

### 3.8 Archivierung / Lagerung der Filme

Sollen Negative einwandfrei aufbewahrt werden, dann sind vor allem folgende Forderungen zu erfüllen:

- Die Negative müssen vor Staub, Verkratzung, Feuchtigkeit, Licht und schädlichen Gasen und Ausdünstungen geschützt sein.
- Das Negativarchiv soll möglichst wenig Raum beanspruchen.
- Ein bestimmtes Negativ muss in kürzester Zeit herausgesucht und wieder eingeordnet werden können.

Diese Forderungen werden nicht erfüllt, wenn die Negative gerollt aufbewahrt werden. Sehr zweckmäßig sind die im Handel erhältlichen A4 Taschen, in die die Negative eingesteckt und aufbewahrt werden können. Diese Taschen müssen allerdings frei von Lösungsmitteln und Weichmachern sein. Deshalb bieten sich hier ausschließlich Taschen aus Polypropylen und Polyesterfolien wie MYLAR-D und Melinex-O an.

Ideal sind die vorgenannten Taschen auch deshalb, weil sie voll transparent sind und deshalb das Finden von Negativen vereinfachen. Ferner bieten sie den Vorteil, dass man Kontaktkopien problemlos direkt von den Taschen anfertigen kann.

Die Taschen gibt es für Kleinbildfilme um diese z.B. in 6er Streifen aufzubewahren oder für Mittelformatnegative um hierin 4,5x6cm Negative in 4er Streifen bzw. 6x6 und 6x7 cm Negative als 3er Streifen einstecken zu können. Es gibt die Taschen mit seitlicher Öffnung um die Negative einzuschieben oder mit oberer Schlitzöffnung.

Zur Erstellung von Kontaktkopien der transparenten Negativtaschen ist ein Glasvergrößerungsrahmen sehr hilfreich. Es kann aber auch eine Glasplatte genommen werden, die auf das Sandwich von Vergrößerungspapier und Negativ gelegt wird. Ein einwandfreier Kontakt der Negativtaschen mit dem Papier ist notwendig um keine Verzerrungen zu bekommen und um Undeutlichkeiten durch Streulicht zu vermeiden.

Zur Aufbewahrung der Taschen und ggf. zugleich auch der Kontaktkopien gibt es passende Ordner. Aber auch hier ist auf eine geeignete Qualität zu achten, die PH-Wert neutral ist und keine schädlichen Ausdünstungen verursachen kann.

Die MONOGARD-Ringalben haben sich hier sehr bewährt.

Die Filmtaschen und -Ordner können nach zwei verschiedenen Prinzipien geordnet werden:

- Nach der chronologischen Reihenfolge der Aufnahmen
- Nach Motivgebieten.

Es bietet sich natürlich eine Kombination aus diesen beiden Möglichkeiten an. Ich habe mein Archiv nach Hauptmotivgebieten in den Ordnern unterteilt und innerhalb dieser Motivgebiete dann in chronologischer Reihenfolge abgelegt.

Die Filmtaschen und Kontaktabzüge erhalten eine alphanumerische Nummer aus der Sachgebiet, Jahr und fortlaufende Nummer ersichtlich ist. Zum Beispiel: A- 04-3 für: Architekturaufnahme im Jahr 2004, Blatt 3.

Das Finden, Herausnehmen und Wiedereinsortieren dürfte mit diesem System leicht fallen. Man kann natürlich dieses System auch PC-unterstützt detaillierter aufbauen.

## 4 Nachbehandlung von Negativen

Mit dem Wässern und Trocknen ist der Negativprozess normalerweise beendet. Nur in besonderen Fällen sind danach noch Sonderbehandlungen erforderlich. Insbesondere dann, wenn die vorliegenden Ergebnisse nicht den Anforderungen entsprechen, die an ein gutes Negativ gestellt werden.

So können wir z.B. Dichte und Gradation verändern, sowie Schleier, Schlieren und Flecke entfernen. Ferner ist es nach dem Trocknen möglich, Negative durch manuelle Retuschen zu verbessern.

### 4.1 Entfernen von Kalkflecken und Kalkschlieren

Kalkflecken auf den getrockneten Filmen sind Rückstände, die von Wassertropfen herrühren. Um sie zu vermeiden, sind alle Wassertropfen auf der Oberfläche der Aufnahmematerialien vor dem Trocknen zu entfernen.

Wie dies geschieht und wie man sie vermeidet, ist im Kapitel 3.6.1 beschrieben. Sind jedoch solche Kalkflecke vorhanden, dann können wir diese verhältnismäßig leicht mit einem in 5 bis 10%iger Essigsäure angefeuchteten Fensterleder abwischen. Das Polieren der Filmrückseite mit einem trockenen Leinenlappchen oder mit einem Antistatiktuch ist nicht zu empfehlen, weil es nicht so wirksam ist und Verschrämmungen bewirken kann.

### 4.2 Säubern von trockenen Negativen und Diapositiven

Locker sitzende Staubteilchen und Fuseln werden am besten mit Druckluft aus den im Handel erhältlichen **lösungsmittelfreien** Druckluftspraydosen abgeblasen oder mit einem Antistatiktuch abgewischt. Dadurch wird gleichzeitig eine elektrostatische Aufladung verhindert, durch die erneut solche Teilchen angezogen würden. Schmutz, festsitzender Staub und Fettspuren lassen sich von den trockenen Filmen mit Hilfe eines in Tetrachlorkohlenstoff getauchten, sauberen weichen Leinenlappens entfernen. Tetrachlorkohlenstoff lässt die Gelatineschicht nicht aufquellen, so dass diese hart und widerstandsfähig gegen Verkratzungen bleibt. Es muss darauf hingewiesen werden, dass Tetrachlorkohlenstoff ein Gift ist und zu den gesundheitsschädlichen Lösungsmitteln zählt!

Eine andere Möglichkeit ist die, den Film nochmals in Wasser einzuweichen und dann nach einigen Minuten zu versuchen mit einem sauberen Fensterleder die Partikel vorsichtig abzuwischen.

### 4.3 Abschwächen von zu dichten, überbelichteten Negativen

Werden überbelichtete Negativmaterialien entwickelt, dann entstehen sehr dichte Negative, die auch in den tiefsten Schatten einen Grauschleier zeigen, während sich die Lichter durch Überstrahlungserscheinungen nicht voneinander abheben. Diesen Grauschleier können wir, wenn er nicht zu stark ist, durch (ganz vorsichtiges!) Abschwächen mit Farmerschem Abschwächer entfernen. Der Farmersche Abschwächer wird konfektioniert geliefert, er kann jedoch auch nach Rezept angesetzt werden.

**Lösung A**

Kaliumhexacyanoferrat (III)	20g
Wasser auf	250 ml

**Lösung B**

Natriumthiosulfat krist.	240g
Wasser auf	1 Liter.

Zum Gebrauch werden 30ml Lösung A mit 120ml Lösung B und 850 ml Wasser gemischt. Diese Gebrauchslösung ist nur etwa 20 min haltbar. Die beiden Einzellösungen haben eine praktisch unbegrenzte Haltbarkeit. Vor dem Eintauchen in den Abschwächer sind die Negative mindestens 10 Minuten in Wasser einzuweichen.

Es wird stets nach Sicht abgeschwächt. Ist der gewünschte Effekt erreicht, dann muss schnell abgespült werden, damit der Abschwächer nicht nachwirken kann. Die abgeschwächten Materialien sind anschließend 5 Minuten zu fixieren und mindestens 20 min fließend zu wässern, bevor sie getrocknet werden.

Mit dieser Methode ist auch ein partielles Abschwächen möglich, jedoch lässt sich hierbei bei Klein- und auch bei Mittelformatnegativen meist keine erforderliche Genauigkeit erzielen. Beim partiellen Abschwächen werden die abzuschwächenden Stellen des Negativs mit ein getränktem Wattebausch behandelt.

Außer dem Farmerschen Abschwächer gibt es noch zahlreiche weitere Abschwächer, die sehr unterschiedlich arbeiten.

Der **Kaliumpermanganatabschwächer** verringert alle Schwärzungen gleich stark, verändert also nur die Dichte des Negativs, nicht aber seine Gradation. Er ist wie folgt anzusetzen:

Wasser	1000 ml
Kaliumpermanganat	1g
Schwefelsäure konz.	5 ml

Diese Lösung ist zum Gebrauch mit Wasser 1+10 zu verdünnen. Die Materialien müssen vor dem Abschwächen gründlich gewässert werden. Fixiermittelreste in den Gelatineschichten führen zu Fleckenbildung. Nach dem Abschwächen wird die Gelbfärbung der Negative durch eine kurze Nachbehandlung in frischem, saurem Fixierbad beseitigt.

Der **Ammoniumperoxodisulfat-Abschwächer** greift vor allem die starken Schwärzungen (Lichterpartien) im Negativ an, während die hellen Stellen kaum verändert werden. Auf diese Weise können zu hart geratene Negative nachträglich den richtigen Schwärzungsumfang erhalten.

Wasser destilliert	100 ml
Ammoniumperoxodisulfat , rein	12,5g ( = Ammoniumpersulfat)
Schwefelsäure konz.	2-5 Tropfen
Wasser auf	500 ml.

Die Negative müssen auch hier sehr gut gewässert sein und dürfen keinerlei Spuren von Fixiermitteln enthalten. Das Ammoniumperoxodisulfat muss frisch sein, sonst arbeitet der Abschwächer nicht einwandfrei. Frisches Peroxodisulfat erkennen wir daran, dass es beim Auflösen knisternde Geräusche abgibt. Bei in RODINAL /R09 entwickelten Negativen kann es zu Problemen mit diesem Abschwächer kommen.

Beim Abschwächen tritt an den dichten Bildteilen eine weiße Trübung auf. Kurz bevor der gewünschte Abschwächungsgrad erreicht ist, wird das Negativ schnell aus dem Abschwächer genommen und in eine 10%ige Natriumsulfitlösung getaucht.

Dadurch wird der Abschwächungsvorgang sofort unterbrochen. Nach einer gründlichen Wässerung können die Negative getrocknet werden.

#### 4.4 Umentwickeln von zu harten Negativen

Werden **normal belichtete** Negativmaterialien irrtümlich **überentwickelt**, dann entstehen zu dichte und zu harte Negative. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Schwärzungsumfang und die Dichte solcher Negative durch eine chemische Nachbehandlung zu verringern, am besten hat sich jedoch die Umentwicklung bewährt.

Die gut gewässerten Negative werden zunächst in einem Bleichbad behandelt, wodurch das Bildsilber wieder in ein lichtempfindliches und entwickelbares Silbersalz umgewandelt wird.

Fertige Bleichbäder sind im Handel für die Farbfilmverarbeitung erhältlich. Sie können aber auch für die S/W-Bleichung wie folgt angesetzt werden:

##### Bleichbad Rezept 1

Kaliumhexacyanoferrat (III)	10g
Kaliumbromid	12g
Wasser auf	500 ml.

In diesem Bleichbad wird das Bildsilber wieder in Silberbromid umgewandelt.

##### Bleichbad Rezept 2

Kupfer(II)-sulfat	25g
Natriumchlorid	25g
Wasser auf	500 ml

In diesem Bleichbad wird das Bildsilber in Silberchlorid umgewandelt.

Alle Bleichbäder haben eine gute Haltbarkeit und können mehrere Wochen aufbewahrt werden. Die Negative bleiben so lange im Bleichbad, bis das gesamte Bildsilber umgewandelt worden ist. Anschließend werden sie gründlich gewässert, bis die Gelbfärbung (Rezept 1) oder die Blaufärbung (Rezept 2) verschwunden ist. Danach wird bei hellem Licht nach Sicht in einem Feinkorn-Ausgleichentwickler wieder entwickelt. Sind die richtige Dichte und die richtige Gradation erreicht, dann wird kurz abgespült und fixiert. Das Fixieren ist wichtig, damit die nicht wieder reduzierten Silbersalze aus der Schicht entfernt werden. Selbstverständlich müssen die umentwickelten Negative nach dem Fixieren gut gewässert und getrocknet werden.

Zur Beurteilung der Negative während der Wiederentwicklung gehört etwas Erfahrung, weil diese beim Durchleuchten dichter aussehen, als sie nach dem Fixieren sind. Wird die Entwicklung zu früh abgebrochen, dann entstehen zu dünne und zu flau Negative. Wurden die Negative jedoch wieder zu kräftig entwickelt, dann kann die Umentwicklung wiederholt werden.

Bei sehr harten Negativen können wir auf die Wiederentwicklung völlig verzichten. Der gebleichte und gewässerte Film wird bei schwachem Licht getrocknet und kann nun kopiert bzw. vergrößert werden.

Die so entstandenen Positive werden als Holokopien bezeichnet. Sie zeigen eine gute Schattenzeichnung und sind sehr feinkörnig, die Lichterzeichnung ist jedoch relativ flach.

#### 4.5 Verstärken von zu dünnen und flauen Negativen

Werden normal belichtete Negativmaterialien unterentwickelt, dann entstehen sehr dünne Negative, die nur geringe Schwärzungsunterschiede aufweisen. Wir können die Dichte und den Schwärzungsumfang solcher Negative erhöhen, indem wir sie verstärken.

Bei jeder Verstärkung werden an das Bildsilber noch andere Substanzen angelagert, oder das Bildsilber wird durch optisch dichtere Stoffe ersetzt. Das Negativ ist optisch dichter,

wenn es anstelle des neutral-grauen Bildsilbers einen braunen oder roten Bildton hat, denn das Positivmaterial ist für diese Farben nicht empfindlich.

Durch die Verstärkung tritt üblicherweise **stets** eine **Kornvergrößerung** ein, deshalb sind Kleinbildnegative dafür nur bedingt geeignet.

Nur eine Methode ist ohne nennenswerte Kornvergrößerung möglich, hierbei wird aber proportional die Dichte angehoben und die Schatten werden nur gering verbessert. Diese Methode ist jedoch ideal um den Kontrast anzuheben bei Motiven mit geringem Kontrast.

Praktisch wird bei dieser Methode eine Aufsteilung der Gradation um etwa eine Stufe erreicht, also z.B. ein Negativ mit einem N-1 Kontrastumfang zu einem Negativ mit einem normalen Kontrastumfang angehoben.

Diese Methode ist das Baden des Films in einer 1:2 oder gar 1:1 Mischung aus einem Auswässerungsbeschleuniger wie KODAK Hypo Clearing Agent und Kodak Rapid **Selentoner**. Nach etwa 10 Minuten Badezeit wird die Dichte in den Lichtern um etwa 15-20 Einheiten angehoben, also z.B. von 110 auf 125-130 und damit der Gammawert aufgestellt und der Kontrast erhöht. Dies ist die von mir bevorzugte und einfachste Methode um in den Lichtern zu schwache und unterentwickelte Negative zu verstärken bzw. um ein normal entwickeltes Negativ mit einem kontrastarmen Motiv aufzusteilen.

Eine echte Verstärkung ist nur dann zu empfehlen, wenn die Aufnahme nicht wiederholt werden kann.

Dort, wo viel Bildsilber im Negativ vorhanden ist, (in den höchsten Lichtern), kann auch eine große Menge anderer Stoffe angelagert werden. Ist kein Bildsilber vorhanden (in den tiefsten Schatten) kann nichts angelagert werden. Daraus geht hervor, dass die Negative durch eine Verstärkung nicht nur dichter, sondern auch härter werden. Es eignen sich also vor allem zu dünne und zu flau Negative, wie sie durch normale Belichtung und Unterentwicklung entstehen und kaum Negative die unterbelichtet wurden. Unterbelichtete Negative haben zu wenig Zeichnung in den Schattenpartien und sind deshalb durch Verstärken nicht zu verbessern. Die noch bildwichtigen tiefen Schatten bleiben nach wie vor glasklar. Im Handel werden verschiedene konfektionierte Verstärker angeboten: Kupferverstärker, Chromverstärker, Silberverstärker. Deshalb lohnt sich hier der Selbstansatz kaum. Früher wurden auch Uranverstärker eingesetzt.

## 5 Herstellung und Mischung von Behandlungslösungen

Die richtige Zusammensetzung der Behandlungslösungen ist von ausschlaggebender Bedeutung bei der Verarbeitung von fotografischen Materialien. Das gilt ganz besonders für die Entwicklerlösungen. Durch eine falsche Konzentration können Entwicklungsfehler auftreten, die entweder gar nicht oder nur durch umständliche Nachbehandlungsverfahren korrigiert werden können. Nachbehandlungen, wie Umentwickeln, Abschwächen, Verstärken usw., erfordern jedoch nicht nur einen zusätzlichen Arbeitsaufwand, sie führen auch nie zu besseren Ergebnissen, als sie durch eine richtige Belichtung und Entwicklung erreicht werden.

Zum Auflösen und Aufbewahren der Lösungen sollten stets Gefäße und Rührwerkzeuge verwendet werden, die chemisch inert sind. Besonders eignen sich hierzu Glas und Kunststoff. Keinesfalls dürfen zum Ansetzen von Entwicklern Kupfergefäße oder -Geräte eingesetzt werden, die Entwicklerlösungen wären dann völlig unbrauchbar!

Für den Kleinansatz empfehlen sich verschließbare, durchsichtige Glasflaschen, da diese leicht zu schütteln sind. Ein "Zuviel des Guten" ist jedoch zu vermeiden! Bei übermäßigem Schütteln und Rühren gelangt Sauerstoff in die Lösung, so dass eine teilweise Oxidation erfolgen kann. Man gewöhne sich daher besser ein "Schwenken" als ein "Schütteln" an. Bechergläser in denen mit einem Rührstab angerührt wird, ohne zuviel Sauerstoff unterzumischen, sind ebenfalls sehr gut geeignet.

Während des Ansatzes dürfen keine längeren Unterbrechungen auftreten, da hieraus Verfärbungen resultieren können. Es soll also nach dem Lösen des 1. Teils mit der Zugabe der weiteren Teile nicht allzu lange gewartet werden.

Je höher die Temperatur, umso rascher die Auflösung. Bei Entwicklern geht man meist von 30 bis 40°C aus. Höhere Temperaturen beschleunigen zwar die Lösungsgeschwindigkeit, aber auch die Oxidation und führen in manchen Fällen Zersetzungen herbei.

Aus Reinigungsgründen verwende ich ausschließlich nur noch Glasgefäße. Hierbei ist zu beachten, dass insbesondere Entwicklerlösungen in braunen Flaschen gelagert werden und keinem UV-Licht ausgesetzt werden. Sogenannte "Apothekerflaschen" mit Glasstopfen haben sich jedoch nicht bewährt, da sehr häufig die Glasstopfen festkleben und sich nur durch Erwärmung des Flaschenhalses wieder lösen lassen. Ideal sind deshalb Glasflaschen mit einem Kunststoff-Drehdeckel. ( z.B. Schott-DURAN).

Speziell für Entwickler, die alle zur Oxidation neigen, sollte darauf geachtet werden, dass die Flaschen entweder immer voll sind oder bei Teilmengen diese in kleinere Flaschen umgefüllt werden, damit kein Sauerstoff eine Oxidation hervorrufen kann. Ggf. ist mit "Protectan-Spray" (Stickstoff) die Flasche vor dem Verschließen zu füllen.

Fotografische Lösungen sollten möglichst außerhalb der Dunkelkammer angesetzt werden, eine gegenseitige Verunreinigung von Bädern durch Verstäuben sowie Ablagerungen von Feinststäuben in Raum wird damit vermieden.

Vor dem Gebrauch der Lösungen ist stets darauf zu achten, dass sie gut homogenisiert sind. Das heißt, alle Chemikalien müssen restlos gelöst und innerhalb der Lösung gleichmäßig verteilt sein. **Deshalb empfiehlt es sich, frisch angesetzte Behandlungslösungen nicht sofort zu verwenden, sondern sie erst einige Stunden stehen zu lassen.**

Ich verwende pulverförmige Entwickler wie z.B. A49 oder XTOL grundsätzlich erst am nächsten Tag nach dem Ansatz um eine vollkommene Auflösung und Homogenisierung aller Substanzen zu erreichen.

Dieses Verfahren hat folgende Vorteile:

1. Etwa noch ungelöste Substanzen lösen sich in dieser Zeit völlig auf. Der Sauerstoff der eingeschlossenen Luft wirkt sein Oxidationsvermögen aus und wird aufgebraucht. Hierdurch werden dann gleichmäßigere Entwicklungsergebnisse erzielt als wenn einmal mit frischem und zum anderen mit gelagertem Entwickler gearbeitet wird. Nicht aufgelöste kleine Kristalle können Flecken (Punkte) auf den Negativen hervorrufen.
2. Temperaturunterschiede verschwinden, die Lösungen gleichen sich der Raumtemperatur an.

Keine Regel ohne Ausnahme: Stark verdünnte Lösungen dürfen wegen der erhöhten Oxidierbarkeit erst kurz vor Gebrauch angesetzt werden. Dies gilt insbesondere für RODINAL in höheren Verdünnungen und für die meisten Verstärker und Abschwächer.

Beim Ansatz der Behandlungslösungen aus konfektionierten Packungen oder nach Rezept können sehr unterschiedliche Forderungen zu erfüllen sein. Bevor die verschiedenen Möglichkeiten näher behandelt werden, ist zunächst grundsätzlich etwas über den Umgang mit Fotochemikalien zu sagen.

## 5.1 Gesundheitsschutz beim Umgang mit Fotochemikalien

Auch wenn die meisten der im Fotolabor verwendeten Chemikalien nicht zu den Giften gezählt werden und als harmlos gelten, sollte man nicht zu sorglos damit umgehen. So können beispielsweise bestimmte Entwicklersubstanzen Hautallergien auslösen. In besonderen Fällen drohen auch Gefahren durch giftige Chemikalien, ätzende Stoffe oder gesundheitsschädliche Dämpfe.

Als Gifte werden die nachfolgenden Chemikalien eingestuft, die teilweise bei Behandlungslösungen eingesetzt werden können:

- Ammoniaklösungen mit mehr als 10%
- Essigsäure mit mehr als 80%
- Formaldehydlösung
- Kaliumdichromat
- Kalilauge mit mehr als 5%
- Kupfersulfat
- Methanol
- Natronlauge mit mehr als 5%
- Salzsäure mit mehr als 15%
- Schwefelsäure mit mehr als 15%
- Silbernitrat
- Tetrachlorkohlenstoff

Einige dieser vorgenannten giftigen Chemikalien sind übrigens auch in konfektionierten Packungen enthalten (z.B. Kaliumdichromat in Umkehrbädern oder Kupfersulfat in Kupferverstärker sowie häufig Formalin in Schlussbädern).

Giftige Dämpfe entstehen vor allem durch Verdunsten von organischen Lösungsmitteln. Diese werden entsprechend der Arbeitsschutzverordnung in verschiedenen Gruppen eingeteilt.

Zu der gefährlichsten Gruppe zählen: Dämpfe von Methylalkohol, Tetrachlorkohlenstoff, Quecksilber.

Befinden sich Schadstoffe in Form von giftigen Dämpfen in der Luft, dann dürfen bestimmte Konzentrationen nicht überschritten werden. Diese "Maximal zulässige Arbeitsplatzkonzentrationen" (MAK-Werte) werden von der Berufsgenossenschaft festgelegt.

## 5.2 Ansetzen von konfektionierten Packungen nach Vorschrift

Diese Methode wird in der Praxis am häufigsten angewendet. Die einzelnen Bestandteile der Packung sind in einer vorgeschriebenen Reihenfolge meist in einer geringen Wassermenge aufzulösen, anschließend wird mit Wasser auf das geforderte Endvolumen aufgefüllt.

Manchmal ist es auch notwendig, die einzelnen Bestandteile getrennt zu lösen, die Lösungen anschließend in einer bestimmten Reihenfolge zusammenzugießen und dann mit Wasser auf das erforderliche Endvolumen aufzufüllen.

In jedem Fall ist die jeweilige Lösungsvorschrift genau einzuhalten. Lösungsvorschriften liegen den Packungen bei.

## 5.3 Verdünnen von konfektionierten Lösungen nach Mischungsanteilen

Konfektionierte Lösungen sind in der Regel stark konzentriert. Sie benötigen weniger Verpackungsmaterial und Transportraum und haben außerdem eine wesentlich bessere Haltbarkeit.

Zum Gebrauch werden sie in einem bestimmten Mischungsverhältnis mit Wasser verdünnt. Diese Verdünnungsvorschrift ist unbedingt einzuhalten! Das Mischungsverhältnis gibt zuerst stets den Anteil der konzentrierten Lösung an. So bedeutet z.B. eine Entwicklerlösung 1:50, dass eine Mischungseinheit (Volumeneinheit) konzentrierte Entwicklerlösung mit 50 Mischungseinheiten Wasser zu mischen ist. Anstelle des Mischungsverhältnisses (1:50) wird heute auch oft die Summe der Mischungseinheiten (1+50) angegeben.

Soll eine bestimmte Menge Gebrauchslösung hergestellt werden, dann gehen wir folgendermaßen vor:

$$\text{Menge der konzentrierten Lösung} = \frac{\text{Menge der Gebrauchslösung}}{\text{Summe der Mischungseinheiten}}$$

Sollen also z.B. 800 ml RODINAL-Entwickler im Mischungsverhältnis 1+50 hergestellt werden, müssten wir eigentlich rechnen:

$$\text{Rodinal - konz} = \frac{800\text{ml}}{1+50} = \frac{800\text{ml}}{51} = 15,68\text{ml}$$

Es wären also 15,68 ml Rodinal abzumessen und anschließend müsste mit Wasser auf 800 ml aufgefüllt werden. In der Regel runden wir in diesem Fall jedoch auf 16ml auf und geben die fünfzigfache Menge Wasser zu. (= 16 + 800 = 816ml total). Wir erhalten dann zwar etwas mehr Gebrauchslösung als erforderlich ist, das geforderte Mischungsverhältnis wurde jedoch exakt eingehalten, und das ist schließlich entscheidend. Ggf. kann das Endvolumen dann durch Wegkippen von 16ml wieder auf das Volumen von 800ml reduziert werden.

#### 5.4 Ansetzen nach Rezept

Das Ansetzen nach Rezept entspricht im Prinzip dem Ansetzen von konfektionierten Packungen nach Vorschrift, die einzelnen Chemikalien müssen jedoch erst vorher abgewogen werden.

Hierzu wird eine mechanische Laborwaage mit entsprechenden Gewichten (Apothekerbalckenwaage) oder eine elektronische Laborwaage benötigt. Oft reicht aber auch eine gute Briefwaage bei kleineren Chemikalienmengen aus.

Vor dem Abwiegen muss berücksichtigt werden, dass die Chemikalien nicht immer in der Form zur Verfügung stehen, wie sie im Rezept gefordert werden. Oft verlangen die Rezepte kristallwasserfreie Substanzen (z.B. Natriumcarbonat sicc. (siccum = trocken, wasserfrei)) es stehen jedoch nur kristallwasserhaltige Substanzen (z.B. Natriumcarbonat krist.) zur Verfügung. Auch der umgekehrte Fall ist möglich. In solchen Situationen müssen wir äquivalente Mengen verwenden, d.h., wir müssen vorher berechnen, wie viel Gramm Salz krist. die laut Rezept erforderliche Menge wasserfreies Salz ersetzen können oder umgekehrt. Dazu ist es notwendig, folgende Umrechnungstabelle zu verwenden:

Substanz	wasserfrei	kristallwasserhaltig
Kaliumcarbonat	1 0,61	1,65 1
Kupfersulfat	1 0,64	1,56 1
Natrimcarbonat	1 0,37	2,7 1
Natriumthiosulfat	1 0,44	2,27 1
Natriumsulfit	1 0,5	2 1
Natriumtetraborat	1 0,53	1,9 1
Natriumsulfat	1 0,64	1,57 1

Werden z.B. in einem Entwicklerrezept 8g Natriumcarbonat wasserfrei gefordert, und es steht nur Natriumcarbonat krist. zur Verfügung, dann müssen  $2,7 \times 8g = 21,6g$  Natriumcarbonat krist. abgewogen werden. Fordert ein Fixierbad 300g Natriumthiosulfat krist. und ist nur Natriumthiosulfat wasserfrei vorhanden, dann sind davon  $300g \times 0,64 = 192g$  zu verwenden.

Beachten wir diese Umrechnungsfaktoren nicht, dann stimmt die Konzentration der Lösungen nicht, und das macht sich besonders bei den Entwicklern sehr unangenehm bemerkbar. Es können dadurch unter Umständen völlig unbrauchbare Negative entstehen. Wir umgehen diese Schwierigkeit, wenn wir nur konfektionierte Chemikalien benutzen.

## 5.5 Ansetzen nach Prozentgehalt

Es muss grundsätzlich zwischen Gewichtsprozenten und Volumenprozenten unterschieden werden. In der Fotochemie wird fast ausschließlich mit Gewichtsprozenten gerechnet, deshalb soll nur diese Möglichkeit näher erläutert werden.

Besonders in älteren Rezepten werden häufig Lösungen mit einem bestimmten Prozentgehalt verlangt, z.B. 10prozentige Kaliumbromidlösung. Wie sind solche Lösungen herzustellen?

Eine x-prozentige Lösung enthält x-g Salz sicc. in 100g fertiger Lösung.

Eine 10prozentige Kaliumbromidlösung besteht demzufolge aus 10g Kaliumbromid und 90 ml Wasser (1ml Wasser entspricht 1g). Sollen 2500g 4%iges Unterbrecherbad aus Kaliumdisulfid hergestellt werden, dann müssen wir folgendermaßen rechnen:

Für 100g bzw. 100 ml Lösung werden 4g Kaliumdisulfid und 96ml Wasser benötigt. Zur Herstellung von 2500 g Lösung sind die 25-fachen Mengen, also 100g Kaliumdisulfid und 2400 cm<sup>3</sup> Wasser erforderlich.

## 5.6 Verdünnen nach Prozentgehalt

Ab und zu ist es notwendig, stark konzentrierte Lösungen mit Wasser auf einen bestimmten Prozentgehalt zu verdünnen. Das ist z.B. der Fall, wenn aus einer 60%igen Essigsäure ein 2%iges Unterbrecherbad hergestellt werden soll. Das dazu erforderliche Mischungsverhältnis ermitteln wir folgendermaßen:

Mischungsverhältnis (**MV**) = gewünschter Prozentgehalt (**P**): Prozentgehalt der konzentrierten Lösung (**P1**) minus gewünschter Prozentgehalt (**P**)

$$MV = \frac{P}{P1 - P}$$

Auf unser Beispiel bezogen, erhalten wir somit:

$$MV = \frac{2}{60 - 2} = \frac{2}{58} = \frac{1}{29}$$

Das Mischungsverhältnis beträgt also 1:29. Soll nun eine bestimmte Menge verdünnter Lösung hergestellt werden, dann wird zunächst das Mischungsverhältnis wie oben ermittelt. Ist dieses dann bekannt, dann können wir wie im Abschnitt 5.3 beschrieben weiter verfahren.

Entsprechend sind dann zur Herstellung von 1 Liter 2%igem Unterbrecherbad rund 33,5 ml 60%iger Essigsäure auf 1 Liter mit Wasser aufzufüllen.

Die Oberfläche der in Messzylindern und Messuren eingegossenen benetzenden Flüssigkeit (Wasser, Lösungen) ist gekrümmt. Sie steigt am Rande etwas hoch und bildet einen Meniskus. Es können für eine genaue Abmessung Zweifel auftreten, ob der obere oder untere Rand des Meniskus mit der in Augenhöhe gehaltenen Marke auf dem Zylinder in Einklang zu

bringen ist. **Grundsätzlich** sind alle Messgefäße auf den **unteren Meniskusrand** justiert. Also liegt der äußere Rand deutlich oberhalb der Markierung.

## 5.7 Säubern von Gerätschaften

Die Säuberung der Gerätschaften soll möglichst im Anschluss an die Benutzung geschehen, wobei oft schon ein Ausspülen mit Wasser und die mechanische Reinigung mit Bürste und Lappen genügen. Für schwer entfernbaren Belag kommen mehrere Hilfsmittel, Säuren und oxidierend wirkende Salze in Frage. Die im Fotohandel angebotenen Reiniger sind oft nicht sehr wirkungsvoll. Deshalb empfiehlt sich hier ein Selbstansatz, insbesondere um Ablagerungen von Entwicklern und Tonerbäder in Schalen oder in Filmspulen zu entfernen.

1. **Salzsäure** : Konzentrierte Salzsäure ist auf das 5-10fache zu verdünnen. Nach Verwendung gut mit Wasser spülen.
2. **Bichromat-Schwefelsäure**: Auf ein Liter Wasser 50g Kaliumbichromat oder 10g techn. reines Natriumbichromat (dies ist billiger als Kaliumbichromat) lösen und vorsichtig 100ccm konzentrierte Schwefelsäure in kleinen Anteilen unter gutem Rühren zufügen. Nach Verwendung gut mit Wasser spülen.
3. **Kaliumpermanganat-Schwefelsäure**: Nach Auflösung von 20g Kaliumpermanganat in 20 Liter Wasser sind vorsichtig 20ccm konzentrierte Schwefelsäure zuzugeben. Die behandelten Geräte werden anschließend mit 5-10%iger Natrium- oder Kaliumbisulfit-Lösung und darauf mit Wasser gespült.

Insbesondere mit vorstehender Rezeptur Bichromat-Schwefelsäure habe ich sehr gute Erfahrungen gemacht. Die braunen Ausscheidungen unserer Entwicklerlösungen, Oxidationsprodukte unserer Entwicklungssubstanzen, die sich in den Entwicklungsschalen oder in den Flaschen festsetzen, so dass sie nur schwer, besonders aus den Rillen am Boden, entfernbar sind, lösen sich leicht in einer sauren Bichromatlösung, wie sie in der obigen Vorschrift zusammengestellt ist.

Man gießt nur wenige Milliliter in die Schale oder in die Flasche und lässt die Lösung durch langsames Schwenken des Gefäßes überall herumwandern. Der Erfolg ist verblüffend. Nach der Säuberung spült man reichlich mit Wasser nach, da sowohl die Säure wie auch das Bichromat restlos wieder entfernen sein müssen, denn sie verderben auch schon in ganz kleinen Teilen unsere verschiedenen fotografischen Ansätze.

Bei der Verwendung starker Säuren sei auf deren Gefährlichkeit besonders hingewiesen. Vor allem darf niemals eine wässrige Lösung zu konzentrierter Schwefelsäure gegeben werden. Immer muss man die Schwefelsäure vorsichtig in kleinen Anteilen den vorgeschriebenen Mengen an wässriger Lösung zufügen.

### 5.7.1 Die Entfernung von Entwicklerflecken auf Kleidungsstücke

Diese braunschwarzen Färbungen unserer Finger oder die braunen Flecke auf Kleidungsstücken und Wäsche, die durch Entwicklerspritzer verursacht sind, werden mit 3%iger Jodtinktur betupft, die man einige Minuten einziehen lässt. Dann werden die durch das ausgeschiedene Jod jetzt noch dunkler, fast schwarz gefärbten Flecke in einer 10%igen Lösung von Natriumthiosulfat ausgespült, bis die dunkle Färbung wieder völlig verschwunden ist.

Nach dieser Behandlung wird gut in Wasser gespült; Kleidungsstücke sind am besten im Ganzen gründlich zu wässern. Dieses Verfahren kann man auch wiederholen, wenn die Flecke einmal noch nicht ganz verschwunden sein sollten. Frische Flecke sind natürlich leichter zu entfernen als alte eingetrocknete oder gar schon einmal ausgekochte.

### 5.7.2 Die Entfernung von Fixierbadflecken

Spritzer von mit Silbersalzen angereicherten, also von gebrauchten Fixierbädern geben auf der Haut und auch auf unserer Kleidung schwarze Flecke. Es sind dies Silberflecke, die an-

fangs nicht sichtbar sind, und die sich langsam über braun bis nach schwarz hin erst verfärben, wenn sie längere Zeit hellem Licht ausgesetzt wurden. Man entfernt sie durch Abreiben mit einer konzentrierten Jodkaliumlösung. Aus dem schwarzen Silber bildet sich jetzt ein gelber Fleck von Jodsilber, den man weiter dann nur noch auszufixieren hat. Zum Schluss wäscht man gut mit Wasser nach. Man nehme aber zum Fixieren eine reine, frisch angesetzte Natriumthiosulfatlösung und nicht etwa ein gebrauchte Fixierbad!

## 6 Ausgetestete Entwicklungszeiten

Die nachfolgenden Angaben können nur als Richtwerte dienen, da erfahrungsgemäß die individuellen Gegebenheiten zu leichten Abweichungen führen können. Die nachfolgenden Werte wurden in JOBO- Entwicklungsdosen der 1500er Reihe im Kipprhythmus ermittelt, wobei die Dosen mit 480 und 970ml Volumen verwendet wurden.

**Achtung**, wenn Dosen aus der JOBO 2500er Serie verwendet werden, verändern sich erfahrungsgemäß die Zeiten, da in diesen Dosen scheinbar eine stärkere Bewegung / Verwirbelung beim Kippen erfolgt und mehr Entwicklerlösung zur Verfügung steht. Die Entwicklungszeiten werden entsprechend etwas kürzer.

Nachstehend die Werte für die von mir am häufigsten verwendeten Entwickler.

Alle Zeitwerte beziehen sich auf 20°C Entwicklertemperatur (Ausnahme CG 512 mit 24°C).

Es ist erforderlich, vor und während der Entwicklung laufend die Temperatur zu überwachen, insbesondere dann, wenn die Raumtemperatur höher als 20°C liegt. Dann sollte schon die Entwicklerlösung etwa mit 18°C angesetzt werden, da sie sich in der warmen Dose sehr schnell erwärmt. Ein großer Ansatzbecher mit Eiswasser sollte bereit stehen, um ggf. die Dose während der Entwicklung darin abzukühlen.

Alle Filme werden die ersten 30 Sekunden ständig bewegt, dann bei den 30 Sek.- Rhythmen 3x gekippt und bei den 60 Sek.- Rhythmen 5x gekippt. (Siehe Ausnahmen in der Tabelle, insbesondere beim CG 512).

Es ist oft festzustellen, dass die Filmhersteller ohne besondere Ankündigung und ohne besonderen Hinweis auf den Packungen die Materialeigenschaften verändern. Der erfahrene Fotograf ist schon vorgewarnt, wenn er auf dem Beipackzettel oder in dem Innenkarton Hinweise auf veränderte Verarbeitungsbedingungen liest (wenn er dies überhaupt liest!)

Diese Unart der Industrie hat auch mir in der Vergangenheit manch böse Erfahrung eingebracht, und ich kann deshalb nur dringend dazu raten die ausgetesteten Zeiten regelmäßig zu prüfen.

### 6.1 RODINAL

Rodinal hat Eigenschaften, die faktisch kein anderer Entwickler hat. In hoher Konzentration ist Rodinal für eine steile Entwicklung von grafischen Materialien geeigneter Entwickler, in Konzentrationen von 1+25 bis 1+50 als Normalentwickler einsetzbar und in Konzentrationen 1+75 bis 1+200 als extrem kantenscharfer Zonenentwickler. Rodinal lässt sich problemlos zur Entwicklung aller traditionellen Filmemulsionen verwenden. Seine Vorteile kann er jedoch nicht mit Flachkristallfilmen ausspielen und sollte deshalb hierfür nicht verwendet werden.

Eine weitere Besonderheit ist, dass mit höherer Verdünnung und reduzierter Agitation die Empfindlichkeitsausnutzung ansteigt. Typisch ist z.B., dass ein 100 ASA-Film bei einer Verdünnung von 1+25 nur etwa 50 ASA Arbeitsempfindlichkeit hat, bei 1+50 etwa 64 ASA und bei 1+100 werden die vollen 100 ASA erreicht, wenn auf eine Normale Dichte hin entwickelt wird. In hoher Konzentration eignet sich Rodinal insbesondere für eine Zonenentwicklung von -1 bis -3 bei reduzierter Zeit und Agitation. Mit der Verdünnung 1+25 lässt sich problemlos eine Zonenentwicklung von N+1 verwirklichen.

Der Wermutstropfen beim Einsatz von Rodinal ist die relative Grobkörnigkeit, die sich insbesondere bei Kleinbildaufnahmen störend bemerkbar machen kann. Im Mittelformat sind jedoch problemlos kornlose Vergrößerungen bis 30x40cm von 6x7cm Negativen realisierbar.

Beim Austesten von Entwicklungszeiten in RODINAL kann man nach meinen Erfahrungen von linearen Veränderungszeiten gegenüber der Standard-Verdünnung von 1:50 ausgehen bei gleicher Agitation und gleichem resultierendem Gammawert. Daraus ergeben sich folgende Faktoren:

Verdünnung 1+25 = Faktor 0,5

Verdünnung 1+50 = Faktor 1,0

Verdünnung 1+75 = Faktor 1,5

Verdünnung 1+100 = Faktor 2,0

Verdünnung 1+200 = Faktor 4,0

Wenn also bei einer Verdünnung von 1+50 sich eine ermittelte Entwicklungszeit von z.B. 12,0 Minuten ergeben hat kann mit einer Verdünnung von 1+100 mit einer Entwicklungszeit von 24,0 Minuten gerechnet werden, wenn man eine ähnliche Gradationskurve haben will.

Für die obigen Entwicklungsdosen ergeben sich folgende **gerundete** Ansatzmischungen:

Dose 480ml bei 1+50 = 9,5 ml Rodinal + 470,5 ml Wasser = 480 ml

Dose 480ml bei 1+75 = 6,5 ml Rodinal + 473,5 ml Wasser = 480 ml

Dose 970ml bei 1+50 = 19,0 ml Rodinal + 951,0 ml Wasser = 970 ml

Dose 970ml bei 1+75 = 13,0 ml Rodinal + 957,0 ml Wasser = 970 ml

Dose 970ml bei 1+100 = 10,0 ml Rodinal + 960,0 ml Wasser = 970 ml

Weniger als **4,0 ml Rodinal-Stammlösung pro Film kann zu ungleichmäßigen Entwicklungsergebnissen führen**, insbesondere dann, wenn im gleichen Mischungsverhältnis und in gleicher Menge einmal 1 und ein anderes Mal 2 Filme entwickelt werden. Deshalb sollte eine Entwicklung mit Verdünnung 1+100 immer in einer großen Dose erfolgen.

## 6.2 CALBE A 49

Der A49-Entwickler lässt sich auch hervorragend über unterschiedliche Verdünnungen steuern und für die Zonenentwicklung bestens einsetzen. Er entwickelt extrem feinkörnig, in Verdünnung sehr ausgleichend und erreicht eine exzellente Empfindlichkeitsausnutzung. Ebenso sind die Schärfe-/Kantenwerte noch gut, insbesondere bei Verdünnung. Der A49 wurde nach der Trennung von AGFA-Leverkusen und AGFA-Wolfen (dann ORWO) aus dem bekannten ATOMAL weiterentwickelt, wobei man jedoch die Hauptentwicklersubstanz des ATOMAL, nämlich Hydroxiethyl-O-Aminophenol bzw. Oxyäthyl-Orthoaminophenol durch ein P - Phenylendiaminderivat ersetzte. Ferner wurden verschiedene Superadditive aus Farbentwicklern zugefügt. Der A49 ist wirklich der einzige mir bekannte Entwickler, der mit allen Filmen harmonisiert und schöne Grauwerte hervorruft.

Er ist inzwischen mein Universalentwickler für Portrait-/Aktaufnahmen sowie für die Entwicklung von 400ASA-Filmen. Er bringt schöne Hauttöne und hervorragende Grautöne bei den 400er Filmen, speziell bei TRI-X und TMY.

Für verdünnten A49 sind folgende verlängerten Entwicklungszeiten in etwa erforderlich:

Bei 1+1 ist die Entwicklungszeit um 50% zu verlängern, bei 1+2 verdoppelt sich die Zeit gegenüber der Stammlösungszeit bzw. verlängert sich um 33% gegenüber der 1+1 Zeit.

Höhere Verdünnungen als 1+2 können nicht empfohlen werden. Mein Standard ist hier grundsätzlich 1+1.

### 6.3 CG 512

Der nur bei "Insidern" bekannte Entwickler ist für mich der beste Universalentwickler auf dem Weltmarkt. Er wurde in den 70er Jahren von Udo Raffay aus Geesthacht als Laborleiter der CG-Fotochemie entwickelt. Leider ist Udo Raffay inzwischen verstorben aber sein Entwickler wird weiterhin von der Firma Fototechnik Suvatlar in Hamburg hergestellt und vertrieben. Ich kenne keinen Entwickler der alle guten Eigenschaften so vereint. Sehr hohe Schärfe, sehr feines Korn, phantastische Grauwertwiedergabe, akzeptable Empfindlichkeitsausnutzung. Inzwischen verwende ich den CG 512 für alle Aufgabengebiete in der Sach- / Landschafts- / Architekturfotografie.

Lediglich bei der People-Fotografie und beim TRI-X verwende ich den A49. Der CG 512 ist ein Flüssigkonzentrat welches 1+4 als Arbeitslösung verdünnt wird und die Entwicklung dann bei 24°C erfolgt. Die Kippbewegungen sind bei diesem Entwickler nur kurz durchzuführen (1x oder 2x kippen alle 30 Sekunden).

### 6.4 Zweibad-Ausgleichsentwickler

Die Zweibad-Entwicklung hat gegenüber der normalen Entwicklung in einem einzigen Bad eine sonst nicht erreichbare Durchzeichnung der Schatten und vermeidet dabei mit Sicherheit eine zu starke Deckung der Lichter. Da die Emulsionsschicht nur eine begrenzte Menge der Entwicklersubstanz aus der ersten Lösung absorbiert, steht für die Schatten stets ein Überschuss an Entwicklersubstanz, für die Lichter dagegen nur eine zur völligen Schwärzung unzureichende Menge zur Verfügung. Hierdurch wird der denkbar beste Ausgleich zwischen Licht und Schatten erreicht, was bei einem weich arbeitenden Einbadentwickler niemals der Fall sein kann, weil zu jeder Zeit des Entwicklungsvorganges eine gleich bleibende Menge Entwicklersubstanz vorhanden ist. Die Kontraste verlaufen bei der Ausgleichsentwicklung in Lichtern flacher als bei der Weichentwicklung. Deshalb muss zwischen beiden Entwicklungsarten ein Unterschied gemacht werden! Es ist ein ganz hervorstechender Vorteil eines Ausgleichentwicklers, dass nicht nur Kontraste innerhalb eines einzelnen Negatives, sondern auch Belichtungsunterschiede innerhalb eines Filmstreifens ausgeglichen werden.

Nun ist es nicht zutreffend, dass Metol die einzige Entwicklersubstanz ist, die eine weiche Tonabstufung und gleichzeitig ein feines Korn ergibt. Man kann auch von den bekannten Methoden der Feinkornentwicklung ausgehen um zum gleichen Ziel zu gelangen. Es lassen sich z.B. auf der Basis Metol- oder Phenidon-Hydrochinon-Borax Zweibad-Entwickler herstellen, die mit niedrigem Sulfitgehalt angesetzt werden können. Insbesondere in Verbindung mit Phenidon zeichnen sich diese Entwickler durch besonders große Haltbarkeit aus und führen zu ausgezeichneten Resultaten.

Folgende Zusammensetzung ist sehr zu empfehlen:

#### Lösung A:

Man löse in 1000ml Wasser

50g Natriumsulfit sicc.  
5g Hydrochinon  
0,3g Phenidon  
0,5 g Bromkalium

#### Lösung B:

Man löse in 1000ml Wasser

20g Borax krist.  
10g Borsäure  
0,5g Bromkalium

Lösung A ist in brauner und gut verschlossener Flasche mindestens ein Jahr haltbar, Lösung B hält sich praktisch unbegrenzt.

Man arbeitet am besten mit zwei Entwicklungsdosen, z.B. 500ml Lösung A in Dose eins und 500ml Lösung B in Dose zwei. Der Film wird zunächst 4 Minuten in der Lösung A behandelt, wobei in bekannter Weise bewegt wird. Dann entnimmt man die Spirale, lässt sie abtropfen und taucht sie 4 Minuten in Lösung B ohne vorher abzuspülen und ohne sie in Lösung B zu bewegen. Danach taucht man sie in 2%iger Essigsäure, spült kurz in Wasser und fixiert wie immer.

Eine leider völlig weitgehend vergessene Entwicklersubstanz ist das Brenzkatechin. Diese Substanz entwickelt ohne (!! ) Sulfit mit Soda oder Pottasche sehr langsam und zart, mit Ätznatron dagegen sehr energisch und ausgleichend, neigt aber als Einbad-Entwickler sehr stark zur Härte. Als Zweibad-Entwickler ist er mit Soda oder Pottasche wegen eines sehr starken Empfindlichkeitsverlustes unbrauchbar, dagegen führt er mit Ätznatron zu ganz hervorragenden Resultaten. Der Sulfitgehalt kann hier so weit herabgesetzt werden, dass er nur noch den Zweck einer Konservierung der Lösung erfüllt. Ich verwende folgende Lösungen:

#### Lösung A:

Man löse in 100 ml Wasser

10 g Brenzkatechin  
2 g Natriumsulfit sicc.  
0,5g Bromkalium

#### Lösung B:

Man löse in 100ml Wasser

10g Ätznatron (Natriumhydroxid)  
0,5 g Bromkalium.

Auch hier arbeitet man am besten mit zwei Dosen und mischt 250ml Wasser mit 20ml der Lösung A und für die zweite Dose 250ml Wasser mit 20ml der Lösung B. (Bzw. mit entsprechenden Mengen bei größeren Dosen). Der Film wird nacheinander –wie vorher beschrieben- zunächst in Verdünnung A, dann in Verdünnung B je 4 Minuten behandelt. Beide verdünnte Lösungen sind nach Gebrauch wegzuschütten. Die Weiterbehandlung erfolgt wie bekannt. Die beiden Stammlösungen halten mindestens etwa 3 Monate.

Während also die zuerst angegebene Phenidon-Hydrochinon-Kombination immer wieder verwendet werden kann, d.h., mindestens für 10 Filme ohne Zeitverlängerung, hat die Rezeptur mit Brenzkatechin den Vorteil eines Einmalentwicklers: stets absolut gleiche Resultate.

Vergleicht man die Ergebnisse beider Entwickler, so lässt sich zunächst sagen, dass beide Entwickler die Empfindlichkeit des Filmes voll ausnutzen. Der Phenidon-Entwickler ergibt graue, der Brenzkatechin-Entwickler bräunliche Negative. Das Korn ist bei beiden Entwicklern ganz außerordentlich fein, beim Phenidon-Entwickler um eine Kleinigkeit feiner. Die Konturenschärfe, die mit dem Brenzkatechin-Entwickler erreicht wird, ist allerdings kaum zu überbieten. Ich ziehe aus diesem Grunde diesen Entwickler vor und arbeite bei notwendiger Ausgleichsentwicklung nur noch damit. Der Entwickler ist übrigens sehr kostengünstig. Der Ansatz für einen Film kostet nicht mehr als etwa 10 Cent.

## 6.5 Entwicklungsdaten-/ Zeiten

Entwickler	Film	ASA effektiv	Zeit in Min.	Kipp-Rhythmus	Kontrast Verdünnung
------------	------	--------------	--------------	---------------	---------------------

Entwickler	Film	ASA effektiv	Zeit in Min.	Kipp-Rhythmus	Verdünnung
A49	APX 100	120	11.00	30/30-3x	1+1
A49	TXP 320	200	12.00	30/30-3x	1+1
A49	X-Pan 125	125	10.30	30/60-3x	1+1
A49	TMX 100	100	13.30	30/30-3x	1+1
A49	TMY 400	320	13.00	30/30-3x	1+1
A49	FP4 plus	125	8.00	30/30-3x	Pur
Rodinal	APX 100	100	13.30 + 5.00 In Selen 1+2	60/30-3x	N+2 1+25
Rodinal	APX 100	100	13.00	60/30-3x	N+1 1+25
<b>Rodinal</b>	<b>APX 100</b>	<b>64</b>	<b>17.00</b>	<b>60/30-3x</b>	<b>Normal 1+50</b>
<b>Rodinal</b>	<b>APX 100</b>	<b>100</b>	<b>34.00</b>	<b>60/120-3x</b>	<b>Normal 1+100</b>
Rodinal	APX 100	64	14.00	60/60-3x	N-0,5 1+50
Rodinal	APX 100	50	13.30	30/60-1x	N-1,5 1+50
Rodinal	APX 100	40	9.00+4.00 Stillstand	30/60-1x	N-2 1+50

Entwickler	Film	ASA effektiv	Zeit in Min.	Kipp-Rhythmus	Verdünnung
D 76	APX 100	80	10.00	30/60-3x	1+1
D 76	X-Pan 125	80	8.00	30/60-3x	1+1
D 76	TXP 320	250	11.30	30/60-3x	1+1
D 76	FP4	80	11.00	30/60-3x	1+1
D 76	ACROS	64	9.00	30/60-3x	1+1

Entwickler	Film	ASA effektiv	Zeit in Min.	Kipp-Rhythmus	Temp. / Verdünnung
CG 512	APX 100	64	12.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	APX 400	125	13.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	TXP 320	160	13.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	TX 400	160	13.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	X-Pan 125PX	64	10.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	FP4 plus	64	12.00	15/30-2x	24°C 1+4
CG 512	Fuji-ACROS	50	12.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	Fuji NP 400	200	11.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	Delta 100	50	12.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	Delta 400	200	15.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	Ilford HP5	200	14.00	15/30-1x	24°C 1+4

CG 512	PAN-F	25	12.00	15/30-2x	24°C 1+4
CG 512	TMX 100	50	12.00	15/30-1x	24°C 1+4
CG 512	TMY 400	200	12.00	15/30-1x	24°C 1+4

Kipprhythmuswerte bedeuten:

1. Zahl: Dauer des permanenten Kippens zu Beginn der Entwicklung.
2. Zahl: Kippintervall ,
3. Zahl: Anzahl der Kippbewegungen.

Alles jeweils in Sekunden. Alle Entwicklungsdauerzeiten beziehen sich auf eine "Normalentwicklung". Lediglich bei Rodinal ist eine Zonenentwicklung in der Spalte Verdünnung aufgeführt.

6.6 Densitometerauswertungs-Datenblatt für Film:

Test-Datum:

<b>IgD</b> Ü.G.										
140										<b>N-N soll N-1</b>
130										
120										
110										
100										
90										
80										
70										
60										
50										
40										
30										
20										
10										
00										
<b>Zone</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>
<b>Soll</b>	011 011	023 022	040 038	059 053	076 068	093 083	110 095	130 110	146 124	<b>N-N N-1</b>
<b>IST</b> Ü.G.										

Grundsleier:

Eingest. Empfindlichkeit:

Entwickler:

Verdünnung: Dose/ml.:

Ständige Bewegung Start:

Kipprhythmus alle

, x kipp/dreh,

Gesamtentwicklungszeit:

Temperatur °C: 20, Fixierbad:

Ergebnis entspricht:...

## 6.7 Zeit-/Temperatur Umrechnung bei Abweichung von 20°C /

### Agitationsumrechnungsfaktoren

Die nachstehenden Umrechnungs-Zeitfaktoren können weitgehend auf alle Negativmaterialien angewendet werden. Bei Flachkristallfilmen können diese minimal abweichen.

Zeit/Temperatur Bei 20°C	Bei 18°C	Bei 19°C	Bei 21°C	Bei 22°C	Bei 24°C
100%	+20%	+10%	- 10%	-20%	-30%

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Umrechnungsfaktoren bei unterschiedlicher Agitation.

Entwicklungszeit bei 30 Sek. Kipprhythmus	Entwicklungszeit bei 60 Sek. Kipprhythmus	Entwicklungszeit bei Rotation	Entwicklungszeit bei 3 Sek. Kipprhythmus
100%	113%	94%	76%

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die effektive Filmempfindlichkeit mit reduzierter Agitation = verlängerte Entwicklung, zunimmt. Die vorstehenden Umrechnungsfaktoren führen lediglich zu einer identischen Dichte in den Lichtern (Zone VIII).

## 7 Farbnegative / Chromogene S/W-Negative

Der Schritt von Schwarzweiß zu Farbe war ein langer Weg mit unterschiedlichen Lösungsansätzen. Wie kann es gelingen, die vielen Millionen Farben, die das Auge unterscheiden kann, auf Fotomaterialien festzuhalten? Nun, glücklicherweise kann man alle Farben durch Mischung von drei Grundfarben darstellen. Am bekanntesten und am verständlichsten ist das RGB-Modell. RGB steht für **R**ot **G**rün **B**lau, die drei benutzten Grundfarben. Man spricht hierbei von additiver Farbmischung, weil die Farben Additiv überlagert werden. Ihr Computermonitor arbeitet auf diese Weise. Bei ihm liegen rote, grüne und blaue Farbsegmente sehr dicht nebeneinander. Durch unterschiedlich helles Aufleuchten werden alle möglichen Farben gebildet. Durch die räumliche Nähe dieser Farbsegmente kann das Auge ab einem bestimmten Mindest-Betrachtungsabstand die drei Segmente nicht mehr auflösen und nimmt stattdessen eine Mischfarbe wahr. Während der Monitor theoretisch beliebig viele Farbnuancen darstellen kann, kann Ihre Graphikkarte nicht jede einzelne Farbe beliebig fein ansteuern, so dass sich je nach Speichergröße eine Limitierung auf 256, etc. Farben ergeben.

Dieses Verfahren hat für Filme den Nachteil, dass man nebeneinander liegende farbige Punkte erzeugen muss. Anstatt die einzelnen Grundfarben zusammzusetzen, kann man aber auch aus weißem Licht, das bekanntlich alle Lichtfarben enthält, die unerwünschten Farben wegfiltern. Wenn man eine der Grundfarben Rot, Grün oder Blau erzeugen will, muss man einfach ein Filter verwenden, das die Komplementärfarbe sperrt. Eine Komplementärfarbe ist übrigens eine Farbe, die alle Farben außer der gewünschten Farbe enthält.

Filter in einer Komplementärfarbe sperren die gewünschte Farbe und lassen nur die Komplementärfarbe durch. Die Komplementärfarben zu Rot, Grün und Blau sind (in dieser Reihenfolge) Zyan bzw. Blaugrün, Magenta bzw. Purpur und Gelb. Im Gegensatz zu RGB, wo die Anfangsbuchstaben von Rot-Grün-Blau dem englischen red-green-blue entsprechen, ist das bei den Komplementärfarben leider nicht so. Im Englischen spricht man von yellow-magenta-cyan, so dass das Farbenmodell als YMC-Modell bekannt ist. Ähnlich wie beim

RGB-Modell, bei dem durch verschieden helles Licht in den Grundfarben eine beliebige Farbe erzeugt wird, kann auch beim YMC-Modell durch Kombination von verschieden starken, hintereinanderliegenden Filtern in den Komplementärfarben jede beliebige Farbe erzeugt werden.

Ein Farbfilm besteht, wie man hieraus ableiten kann, aus drei fotoempfindlichen Schichten. (neuerdings bei FUJI sogar teilweise aus 4 Schichten um noch natürlichere, differenziertere Farben zu realisieren). Ein Farb-Negativfilm ist grundsätzlich so aufgebaut, dass die oberste Schicht aus ganz normalem Silberhalogenid besteht. Silberhalogenid ist nämlich nur für blaues Licht empfindlich (in üblichen S/W-Filmen werden deshalb spezielle Stoffe zugesetzt, die dieses salopp gesagt zusätzlich für grünes und rotes Licht empfindlich machen). Diese Empfindlichkeit nur für blaues Licht wirkt genauso wie ein blaues Filter, ohne aber das Licht selbst zu filtern. Unter dieser Schicht befindet sich zunächst ein Gelbfilter, das alle Lichtfarben außer Blau passieren lässt, denn die erste Farbe hat man mit der obersten Schicht ja bereits bedient.

Darunter befindet sich eine fotoempfindliche Schicht aus Silberhalogenid, das mittels spezieller Sensibilisierungsstoffe nur für grünes Licht empfindlich ist. Hierunter befindet sich nun ein Purpurfilter, das alle Farben außer Grün passieren lässt. An dieser Stelle enthält das Licht aber schon kein Blau mehr, weil dieses durch das weiter oben befindliche Gelbfilter weggefiltert wurde. Damit bleibt hinter dem Purpurfilter nur rotes Licht übrig bleibt. Die darunter liegende Fotoschicht ist folgerichtig für rotes Licht sensibilisiert.

Wie man sich vorstellen kann, taugt ein solcher Film nach Entwicklung in einem ganz normalen S/W-Entwickler nicht zur Farbwiedergabe. Denn die vorhandenen Filter filtern schichtweise hintereinander liegend Blau und Grün heraus und lassen nur rotes Licht durch. In der Durchsicht würde ein in einem S/W-Entwickler entwickeltes Farb-Negativ deshalb theoretisch wie ein rot eingefärbtes S/W-Negativ erscheinen. Der Trick bei der Farbentwicklung ist, dass jede der drei lichtempfindlichen Schichten neben Silberhalogenid auch farblose Farbgrundstoffe enthält. Spezieller Farbentwickler reduziert wie auch S/W-Entwickler das Silberhalogenid zu metallischem Silber. Der Unterschied liegt aber darin, dass der lokal vorhandene, nunmehr oxidierte Entwickler die Farbgrundstoffe in richtige, sichtbare Farbe umwandelt. Je mehr Silberhalogenid reduziert wird, d.h. je intensiver die Belichtung mit der entsprechenden Lichtfarbe, desto intensiver ist die durch diese chemische Reaktion gebildete Farbe. In der für blaues Licht empfindlichen Schicht wird Gelbfarbstoff (Y), in der für grünes Licht empfindlichen Schicht Purpurfarbstoff (M) und in der für rotes Licht empfindlichen Schicht Blaugrünfarbstoff (C) gebildet. Die ursprünglichen Filterfarbstoffe werden aus dem Film entfernt. Wie schon oben erläutert, sind die Farben YMC komplementär zu RGB, so dass sich insgesamt ein Helligkeits- und farbinvertiertes Bild ergibt.

**Zum Verständnis:** Nehmen wir einmal an, Sie fotografieren ein blaues Objekt, das nur aus einer Farbe besteht, aber unterschiedlich helle Stellen besitzt. Während der Entwicklung kann dann nur die blauempfindliche Fotoschicht Farbstoffe bilden, denn die anderen beiden grün- und rotempfindlichen Schichten sind unbelichtet; das Objekt war ja ausschließlich blau.

Dort, wo wenig Licht auftraf, wird wenig gelber Farbstoff gebildet. Dort, wo viel Licht auftraf, wird hingegen viel gelber Farbstoff gebildet. Das Bild ist also Helligkeitsinvertiert. Und weil Gelb die Komplementärfarbe von Blau ist, ist das Bild auch farbinvertiert. Nun hat man zwar einen Film mit negativen Farben, aber die Farben sind durch das gleichzeitig vorhandene schwarze Silber ziemlich "dreckig", nämlich so, als ob man graue Farbe untergemischt hätte. Das Silber stört in einem Farbfilm also und muss folgerichtig entfernt werden. Dies erfolgt in einem sogenannten Bleichbad, das Silber wieder in Silberhalogenid zurückverwandelt, welches dann mittels eines Fixierbads genauso wie bei S/W-Filmen entfernt wird. Nur noch die Fixierbadreste mittels Wässerung entfernen, und fertig ist der Farbnegativfilm.

Beim späteren Vergrößerungsprozess wird mit gleicher Technologie heute überwiegend gearbeitet, hier spricht man dann von Subtraktiver Farbfilterung. Die Additive Farbfilterung ist veraltet und wird bei kaum einem Printprozess noch angewendet.

### 7.1 Chromogene S/W-Filme

Chromogene S/W-Filme sind praktisch Farbfilme, die ähnlich obiger Farbfilme aufgebaut sind, jedoch üblicherweise nur eine farbempfindliche Schicht aufweisen. Das Silberhalogenid wird auch hier anschließend herausgebleicht/-fixiert und nur die Farbkupplersubstanzen bleiben übrig.

Bisher gab es die bekannten chromogenen Filme insbesondere von ILFORD und KODAK, die sich sowohl auf Colorpapier als auch auf herkömmlichen S/W-Papier gut printen ließen, lediglich mit dem Nachteil, dass die Belichtungszeit 2-3fach länger ausfiel als mit herkömmlichem S/W-Filmen, bedingt durch die dichte Maskierung der Filme.

Kodak hat jetzt die beiden bisher lieferbaren Filme aus dem Programm genommen und durch den BW 400 CN ersetzt. Dieser Film ist –siehe Kodak-Datenblatt- dafür optimiert ausschließlich auf Colorpapier geprintet zu werden und Kodak empfiehlt ihn nicht zum printen auf herkömmlichem S/W-Papier.

Damit ist praktisch der ILFORD XP-2 der einzige noch brauchbare chromogene S/W-Film um ihn in bekannter Weise auf S/W-Papier zu vergrößern. Aber seine Einfärbung kann bei Kontrastwandelpapieren zu Problemen führen.

Die Nachteile dieser Filme sind bekannt: wesentlich geringere Haltbarkeit, ca. 10% Dichteverlust in etwa 10-20 Jahren Lagerung.

Alle chromogenen Filme haben eine "weiche" Gradation. Die Dichte in den Lichtern "knickt ab" was manchmal Vorteile bringt und den Himmel nicht "ausbrennen" lässt.

Wenn man den XP-2 im C-41-Prozess nach Standard zusammen mit Colornegativen entwickeln lässt und ihn nach Basisspezifikation mit 400ASA belichtet, hat man in den Schatten die gleichen Probleme wie bei der Standardentwicklung von herkömmlichen S/W Filmen, d.h., die Schatten sind nicht durchgezeichnet. Deshalb muss der XP-2 (genau so wie alle anderen chromogenen Filme) mit etwa 160 ASA belichtet werden um eine äquivalente Schattendurchzeichnung zu erreichen, wie wir es bei den herkömmlichen Filmen anstreben.

Nebenbei sei angemerkt, dass der XP-2 auch mit zunehmender "Überbelichtung" schärfer und feinkörniger wird, jedoch auch wesentlich dichter und somit ergeben sich noch längeren Belichtungszeiten im Positivprozess.

Bei der Selbstverarbeitung von Color- und Chromogenfilmen kann man, was die meisten nicht wissen, auch hier eine Kontrastbeeinflussung durch verlängertes oder verkürztes Entwickeln erreichen, genau wie beim herkömmlichen Film. In der Standardentwicklung entspricht die Gradationskurve bei vorschriftsmäßiger Entwicklung und Belichtung mit etwa 160 ASA (bei 400er Normempfindlichkeit) etwa der N-1 bis N-1,5 Entwicklung. Deshalb muss bei normalem Bildkontrast schon oft auf Gradation 3,5 bis 4,0 beim Vergrößern zurückgegriffen werden. Bei kontrastarmen Motiven ergeben sich somit Probleme. Hier hilft nur eine "Push-Entwicklung", also eine verlängerte Entwicklung zur Erreichung eines guten Kontrasts.

---

### Impressum und Urheberrechte:

Terry Schaeven  
Friedensring 35  
D 50171 Kerpen  
Tel.: 02237-925899  
Telefax: 02237-925898  
Email: h.schaeven@gmx.de