

SW-Hochauflösungsfotografie - ein Leitfaden

von Heribert Schain

1.) Was ist Hochauflösungsfotografie?

Normalerweise werden Aufnahmen mit hoher Abbildungsqualität und hoher Auflösung durch die Verwendung großer oder sehr großer Aufnahmeformate bzw. bei der Digitalfotografie durch die Verwendung großer und teurer Aufnahmechips erreicht. Entscheidend bei diesen Methoden ist, daß die hohe Auflösung auf dem Print durch einen relativ geringen Vergrößerungsmaßstab erreicht wird, eine hohe Auflösung also nur auf dem Print, nicht jedoch auf dem Großformatnegativ oder dem Aufnahmechip realisiert wird. Die Medien, die hierbei zur Erstspeicherung der fotografischen Aufnahme dienen, verfügen also selbst nicht über eine hohe Auflösung, die gespeicherten Bilder sind somit auch nicht sehr vergrößerungsfähig und können daher eine hohe Auflösung nur über ihre schiere Größe erreichen, was naturgemäß wegen des Umfangs des notwendigen Equipments mit hohen Nachteilen und /oder hohen Kosten verbunden ist.

Die Hochauflösungsfotografie hingegen erzielt hohe Abbildungsqualität und hohe Auflösung bei einem kleinen Aufnahmeformat (in der Regel Kleinbild 24 x 36 mm oder Minoxformat 8 x11 mm), das infolge der Verwendung hochauflösenden Filmmaterials und hervorragender optischer Systeme eine ungewöhnliche Vergrößerungsfähigkeit aufweist. Hier wird die hohe Auflösung bereits auf dem Erstspeicherungsmedium (Hochauflösungsfilm) realisiert, die dann auf den Print mit Hilfe eines sehr viel höheren Vergrößerungsmaßstabes übertragen wird. **Hochauflösungsfotografie gibt es nur auf Filmmaterial, also im sog. „analogen“ Bereich.**

2.) Hochauflösungsfotografie – warum?

Bereits seit Jahrzehnten gibt es mehr oder weniger geglückte Versuche, hochauflösendes SW-Filmmaterial, das normalerweise für Zwecke der Dokumentation und Mikroverfilmung genutzt wird, auch für die bildmäßige Fotografie zu erschließen. Ein Motiv hierfür war der Wunsch, qualitativ hochwertige und hoch vergrößerungsfähige Negative auch mit kleineren Formaten, vor allen Dingen auch mit Hilfe der Kleinbildfotografie zu realisieren. Nur so besteht die Möglichkeit, die Vorteile der KB-Fotografie, die wegen des geringen Gewichts des notwendigen Equipments einerseits und wegen der Verfügbarkeit extremer Brennweiten andererseits im Gegensatz zu größeren Formaten die sog. „dynamische Fotografie“ ermöglicht, für Fotos mit sehr hoher Abbildungsqualität zu nutzen.

Ein allseits bekanntes Beispiel hierfür ist die Verwendung des Technical Pan Films von Kodak, der inzwischen leider als Filmmaterial nicht mehr zur Verfügung steht. Dieses Material verfügte bei einem Kontrastverhältnis von 1,6 : 1 über ein Auflösungsvermögen von ca. 100 LP/mm und bei einem Kontrastverhältnis von 1000 : 1 über eine Auflösung von 320 LP/mm und zeichnete sich zudem bei bildmäßiger Entwicklung zu einem normalen Kontrast durch eine exorbitant hohe Feinkörnigkeit aus (RMS 5, gemessen bei 48 µ Meßblendenöffnung des Mikrodensitometers, bei 12facher Vergrößerung und Dichte 1 der Probe).

3.) Stand der Technik vor Einführung der modernen Hochauflösungsfotografie

Die heutigen besten modernen T-Kristallfilme (ISO 100/21°) lösen bei hohem Kontrast 200 LP/mm und bei niedrigem Kontrast ca. 60 LP/mm auf und verfügen über eine Körnigkeit von ca. RMS 7 bis RMS 8, gemessen bei gleichen Bedingungen. Daraus kann man ersehen, dass auch heute noch dieser Vorsprung des Technical Pan von den besten modernen SW-Filmen nicht eingeholt werden konnte.

Dennoch sind bisher herkömmliche SW-Filme für die meisten bildmäßigen Aufnahmen wesentlich besser geeignet gewesen als hochauflösende Dokumentenfilme. *Dies lag vor allem daran, dass es selbst für den Technical Pan, der als einziger Dokumentenfilm damals über eine ausreichende Empfindlichkeit für bildmäßige Zwecke verfügte, keine fehlerfreien Entwicklungsverfahren für bildmäßige Zwecke gab.*

Die anderen bekannten Dokumentenfilme wie z. B. der Agfa Copex Rapid und der Kodak Imagelink HQ ließen sich schon wegen viel zu geringer ausnutzbarer Empfindlichkeit mit den früheren Entwicklungsverfahren für die bildmäßige Fotografie nicht verwenden.

Beim Einsatz herkömmlicher Entwicklungsverfahren war früher die Verwendung von Dokumentenfilmen für die bildmäßige Fotografie mit folgenden Nachteilen verbunden:

Geringe Empfindlichkeit, schlechte Tonwertwiedergabe, schlechter Belichtungsumfang, eine entwicklungsbedingte Verschmierung des Diffusionslichthofes bei hohem Objekumfang, unsaubere Entwicklung (Schlieren und sonstige Artefakte), mangelnde Reproduzierbarkeit, Unverträglichkeit mit Netzmittelresten, schlechter Schärfeeindruck durch unzureichenden Detailkontrast bei geringen Motivkontrasten und/oder geringen Vergrößerungsmaßstäben, geringer Dichteumfang, der beim Print satte Schwärzen und saubere Weißen nicht zuließ, geringe Haltbarkeit usw. Die meisten dieser Probleme galten bisher als hauptsächlich emulsionsbedingt und daher als durch Entwicklung nicht korrigierbar.

Da die bisherigen Entwicklungsverfahren für Dokumentenfilme die vielfältigen Probleme nicht lösen konnten, waren beim Einsatz hochauflösenden Materials trotz der hohen Auflösung keine reproduzierbaren Ergebnisse mit konstant gleicher Qualität möglich. Obwohl im Einzelfall durchaus hervorragende Ergebnisse erzielt wurden, waren viele Anwender enttäuscht und wandten sich von der Hochauflösungsfotografie ab.

4.) Heutige SW-Filmmaterialien für die Hochauflösung

Als Filmmaterialien für hochauflösende Zwecke dienen heute Filme, die über eine bessere Auflösung verfügen als selbst hochwertigste Aufnahmeobjektive. Dies war beim Kodak Technical Pan mit seinen maximal 320 LP/mm noch nicht der Fall. Es handelt sich hierbei um sogenannte Dokumentenfilme, die eigentlich für Zwecke der Mikroverfilmung hergestellt werden, infolge der monodispersen Kornverteilung über eine sehr hohe Auflösung verfügen, aber aus dem gleichen Grund bei Verwendung normaler fotografischer Entwickler für bildmäßige Fotografie nicht geeignet sind, da sie neben den anderen o. a. Problemen bei viel zu geringer ausnutzbarer Empfindlichkeit keine abgestuften Grauwerte wiedergeben können, sondern wegen der für bildmäßigen Zwecke wesentlich zu steilen Gradation nur Schwarz und Weiß wiedergeben. Diese Materialien sind daher nur einsetzbar in Verbindung mit einem speziellen Entwicklungsverfahren, das die fehlerlose Verwendung für bildmäßige Fotografie ermöglicht.

5.) SPUR –Hochauflösungssysteme – historisch

Die Firma **SPUR Photochemie** hat nach langjähriger Forschungsarbeit zum ersten Mal im **Jahre 2001** als neues Entwicklungsverfahren für den Kodak Technical Pan das **SPUR Dokuspeed Professional** Verfahren vorgestellt, das die bisherigen Probleme und Schwierigkeiten bei der Entwicklung dieses Dokumentenfilms völlig beseitigte und eine einwandfreie bildmäßige Entwicklung bei einer Empfindlichkeit von ISO 50/18° ermöglichte.

In den **Jahren 2002 und 2003** folgten dann neue Entwicklungsverfahren für die extrem hochauflösenden Filme Agfa Copex Rapid (600 Lp/mm bei einem Kontrastverhältnis von 1 : 1000) und Kodak Imagelink HQ (800 Lp/mm bei einem Kontrastverhältnis von 1 : 1000). Mit Hilfe dieser Entwicklungsverfahren (**SPUR Nanospeed Professional für den Agfa Copex Rapid, SPUR Imagespeed Professional für den Kodak Imagelink HQ**) ließen sich die genannten Filme völlig ohne Probleme und unter voller Nutzung der erzielbaren Qualität verarbeiten.

Siehe hierzu neben anderen Veröffentlichungen insbesondere „Photo Technik International“ Ausgabe 2/2003 (März/April), Seiten 36 bis 39, „Fine Art Photo“, Ausgabe 1/2005, Seite 50 bis 54, „Fine Art Photo“, Ausgabe 3/2005, Seite 26 bis 30 u. „Black & White Photography“, October 2005, Seite 68 bis 71, „Fine Art Photo“, Ausgabe 3/2006, Seite 42 bis 44.

Im Jahre 2006 kam das damals weltweit hochauflösendste Verfahren SPUR Orthopan UR Film + SPUR Nanospeed UR Entwickler auf dem Markt.

Mit Hilfe dieses Verfahrens wurde zum ersten Mal die theoretische Beugungsgrenze auf einem bildmäßig entwickelten Aufnahme­film sichtbar gemacht. Dieses hat die Firma Carl Zeiss in Oberkochen unter Verwendung des Zeiss Biogon T* 2,8/25 ZM erstmalig erreicht.

Dazu schrieb Zeiss in der „Camera Lens News“ vom 24.02.06: "Der hochauflösende Film unserer Wahl war ein SPUR Orthopan UR, geliefert und verarbeitet von der Firma SPUR. Das Ergebnis: überwältigende 400 Linienpaare pro Millimeter, erzielt mit dem Biogon 25 bei Blende 4 in der Bildmitte. 400 Lp/mm bedeutet die theoretisch höchste erzielbare Auflösung bei dieser Blende, es ist die „Beugungsgrenze“ bei Blende 4."

Weitere Informationen zu diesem Verfahren waren nachzulesen unter der Überschrift: "Der schärfste Film der Welt" in der Photo International 5/2006, Seite 70 u. 71.

Im **Jahre 2010** wurden den bislang nur im Kleinbildformat erhältlichen Dokumentenfilmen Rollfilme und sogar ein 4x5" Planfilm der Firma ADOX (ADOX CMS 20) an die Seite gestellt. Durch diesen Umstand erwies sich ein neues Entwicklungsverfahren als notwendig, da die ohnehin schwierige Entwicklungsdynamik der Hochauflösungsfilme formatabhängig ist und bei größeren Formaten noch schwieriger wird. Daher wurden die bisherigen SPUR Entwicklungsverfahren für Dokumentenfilme durch das **SPUR Modular UR Entwicklungsverfahren** ersetzt, das in der Art eines Entwicklungsbaukastens aufgebaut war und mit dem auch die Rollfilme SPUR DSX/Agfa Copex Rapid und SPUR Orthopan UR problemlos verarbeitet werden konnten. Allerdings war es notwendig, sich bei der Entwicklung größerer Formate als KB sehr genau an die Empfehlungen im Datenblatt zu halten.

Mit diesem System wurden erstmalig Fortschritte bezüglich der Haltbarkeit der Entwicklungskonzentrate erzielt, die bei den bisherigen Entwicklungsverfahren für Dokumentenfilme noch problematisch war. Allerdings betrug die Haltbarkeit des Modular Entwicklers lediglich 12 bis 15 Monate, die Arbeitslösung war nur 1 bis 2 Tage haltbar.

6.) SPUR – Hochauflösungssysteme – aktuell

a.) SPUR DSX/Agfa Copex Rapid + SPUR Dokuspeed SL

SPUR Dokuspeed SL ist ein neuer Spezial-Entwickler für die bildmäßige Entwicklung des hochauflösenden SPUR DSX/Agfa Copex Rapid Films und ersetzt damit für diesen Dokumentenfilm das bisherige SPUR Modular UR Verfahren.

SPUR Dokuspeed SL ermöglicht ein absolut vereinfachtes Handling bei der Entwicklung, so dass die Hochauflösungsfotografie nunmehr auch von Anfängern problemlos bewältigt wird. Die bisher so schwierige Entwicklungsdynamik bei größeren Formaten entfällt, da **SPUR Dokuspeed SL** sehr gutmütig ist und eine sehr hohe Fehlertoleranz aufweist.

SPUR Dokuspeed SL ist in jeder Hinsicht eine Verbesserung des bisherigen Entwicklers. So wird mit diesem neuen Verfahren ein wesentlich besserer Detailkontrast entwickelt, was zu einer bisher unübertroffenen Schärfe und Schattendifferenzierung führt, wie sie von anderen analogen Verfahren und auch von der Digitalfotografie nicht erreicht wird. Durch den hohen Belichtungsumfang werden selbst sehr hohe Kontraste bewältigt sowie eine Tonwertdifferenzierung erreicht, die andere Verfahren nicht bieten.

Der entscheidende Fortschritt liegt jedoch in der sehr langen Haltbarkeit des neuen Entwicklers, die zwischen 3 und 4 Jahren liegt. Selbst nach dieser Zeit werden die gleichen Entwicklungsergebnisse ohne jeden Abstrich an Kontrast und Empfindlichkeit erreicht. Im Gegensatz zu den älteren Verfahren ist auch die Arbeitslösung äußerst haltbar (in vollgefüllter Flasche 4 bis 6 Wochen)

SPUR Dokuspeed SL kann zudem sehr viel kostengünstiger hergestellt werden als das bisherige Modular-Verfahren. Diese Kostenersparnis geben wir an die Anwender weiter. Daher sinkt der Preis je Filmentwicklung erheblich.

SPUR DSX/Agfa Copex Rapid verfügt bei einem Kontrastverhältnis von 1000 : 1 über eine Auflösung von 600 LP/mm. Die Körnigkeit als RMS-Wert beträgt 9. Diese Werte sind dem Original Agfa Datenblatt entnommen und gelten für die Entwicklung mit herkömmlicher Mikrofilmchemie. Bei bildmäßiger Entwicklung mit SPUR Dokuspeed SL zu einem normalen bildmäßigen Kontrast ist die Körnigkeit geringer und liegt bei ca. RMS 7 bis 8. Dies sind geschätzte Werte. Der Belichtungsspielraum ist exorbitant hoch und beträgt bei normalem bildmäßigen Kontrast ca. 12 bis 14 Blenden.

Daher eignet sich diese Kombination sehr gut für absolut problemloses Fotografieren hinsichtlich verschiedenster Motivkontraste, die vom Belichtungsspielraum spielend bewältigt werden. In Kombination mit dem neuen Entwickler SPUR Dokuspeed SL können wahlweise alle Empfindlichkeiten zwischen ISO 25/15° und ISO 50/18° eingestellt werden. Unabhängig vom Motivkontrast kann jedes entwickelte Negativ problemlos mit den gewünschten Tonwerten geprintet werden. Schärfe, Detailkontrast und Auflösung sind wesentlich besser als beim früheren Kodak Technical Pan, die Körnigkeit allerdings ist etwas höher.

b.) SPUR Orthopan UR + SPUR Nanospeed SL

SPUR Nanospeed SL ist ein neuer Spezial-Entwickler für die bildmäßige Entwicklung des höchstauflösenden SPUR Orthopan UR Films und ersetzt damit für diesen Dokumentenfilm das bisherige SPUR Modular UR Verfahren. Das Verfahren wird angeboten als Nanospeed SL 135 für die bildmäßige Entwicklung des SPUR Orthopan UR Kleinbildfilms und als Nanospeed SL 120 für die bildmäßige Entwicklung des SPUR Orthopan UR Rollfilms. Auch die ADOX CMS 20 Filme können problemlos mit SPUR Nanospeed SL 120 entwickelt werden.

SPUR Nanospeed SL ermöglicht ein absolut vereinfachtes Handling bei der Entwicklung, so dass die Hochauflösungsfotografie nunmehr auch von Anfängern problemlos bewältigt wird. Die bisher so schwierige Entwicklungsdynamik entfällt, da **SPUR Nanospeed SL** sehr gutmütig ist und eine sehr hohe Fehlertoleranz aufweist.

SPUR Nanospeed SL ist in jeder Hinsicht eine Verbesserung des bisherigen Modular Entwicklers. So wird mit diesem neuen Verfahren ein wesentlich besserer Detailkontrast entwickelt, was zu einer bisher unübertroffenen Auflösung und Schärfe führt, wie sie von anderen analogen Verfahren und auch von der Digitalfotografie nicht erreicht wird. Durch den hohen Belichtungsumfang werden selbst sehr hohe Kontraste bewältigt sowie eine Tonwertdifferenzierung erreicht, die andere Verfahren nicht bieten.

Der entscheidende Fortschritt liegt jedoch in der sehr langen Haltbarkeit des neuen Entwicklers, die bei ca. 3 Jahren liegt. Selbst nach dieser Zeit werden die gleichen Entwicklungsergebnisse ohne jeden Abstrich an Kontrast und Empfindlichkeit erreicht. Auch hier ist im Gegensatz zu den älteren Verfahren auch die Arbeitslösung äußerst haltbar (in vollgefüllter Flasche 4 bis 6 Wochen)

SPUR Nanospeed SL kann zudem sehr viel kostengünstiger hergestellt werden als das bisherige Modular-Verfahren. Diese Kostenersparnis geben wir an die Anwender weiter. Daher sinkt der Preis je Filmentwicklung erheblich, um ca. 50 %.

SPUR Orthopan UR ist ein orthopanchromatischer Dokumentenfilm. Mit dem auf diesen Film abgestimmten Entwicklungsverfahren **SPUR Nanospeed SL** lässt er sich problemlos bildmäßig entwickeln. Die Empfindlichkeit beträgt je nach bei der Entwicklung eingestelltem Kontrast ISO 6/9° bis ISO 12/12°. Bei geringen Motivkontrasten sowie bei Verzicht auf Schattendetails können ISO 20/14° eingestellt werden.

Die theoretische Auflösung beträgt 800 LP/mm bei einem Kontrast von 1000 : 1. Das Korn ist noch feiner als bei allen anderen o. a. Dokumentenfilmen, trotzdem wird wegen des hohen entwicklungspezifischen Detailkontrastes hohe Schärfe erreicht. Der Belichtungsspielraum ist sehr hoch (mehr als 10 Blenden) und macht auch bei hohen Motivkontrasten problemloses Fotografieren möglich.

7.) Hochauflösung in der Praxis

Was bedeutet das für die fotografische Praxis? Es besteht vielfach der Irrglaube, dass diese nunmehr erreichbare hohe Auflösung in der normalen fotografischen Praxis keine Rolle spielen, weil sie nicht genutzt werden könne. Wann schon sind denn die Bedingungen für das Erreichen solcher technischer Grenzen im fotografischen Alltag gegeben, wird man sich fragen. Dies ist jedoch eine falsche Herangehensweise an diese Frage.

Vereinfacht ausgedrückt, besteht folgender Unterschied zwischen normalem Aufnahme film und einem Material hoher Auflösung wie **SPUR Orthopan UR**: Ein hochklassiges Objektiv wie z. B. das für den Auflösungsrekord benutzte Zeiss Biogon T* 2,8/25 ZM besitzt ca. die doppelte Auflösung eines (sehr guten!) normalen SW-Films. **SPUR Orthopan UR** hingegen besitzt ca. das doppelte Auflösungsvermögen eines solch hochwertigen Objektivs.

Ginge es nur um die theoretischen Auflösungswerte der Dokumentenfilme bei hohem Kontrast 1000 : 1, würde der Einsatz von hochauflösenden Dokumentenfilmen für die bildmäßige Fotografie ohnehin keinen Sinn ergeben. Da selbst die besten Objektive wegen der physikalischen Begrenzung durch die Beugung das Auflösungsvermögen dieser Filme nicht ausnutzen können, würde man bei hohem Kontrast 1000 : 1 statt der 200 Lp/mm, die heute bei den besten konventionellen SW-Filmen erreichbar sind, bestenfalls 400 Lp/mm auflösen können. Außerdem wären bei dieser Betrachtungsweise die Ergebnisse der heutigen Hochauflösungsfilme fast mit den Ergebnissen identisch, die mit dem Kodak Technical Pan erzielt werden konnten, der bei hohem Kontrast 1000 : 1 immerhin 320 Lp/mm auflösen konnte.

Diese Betrachtungsweise kann den tatsächlich exorbitanten Qualitätsvorteil, die hochauflösende Dokumentenfilme gegenüber konventionellen SW-Filmen aufweisen, nicht erklären, weil sie unvollständig ist. Bei der bildmäßigen Fotografie hat man es nämlich normalerweise eben nicht mit hohen Kontrasten zu tun, sondern mit mittleren bis niedrigen Kontrasten. Bei diesen Kontrasten von ca. 64 : 1 bis hinunter zu 1,6 : 1 zeigt der konventionelle Film bei schwachem Detailkontrast eine so geringe Auflösung, dass er die Objektivleistung bei weitem nicht abbilden kann. Das hat zur Folge, dass gerade im Bereich mittlerer und geringer Kontraste ein enormer Qualitätsunterschied zugunsten des Hochauflösungsfilms sichtbar wird. Dadurch wird erst deutlich, was im Objektiv an Leistungsreserven schlummert, die man bisher nicht nutzen konnte.

In Zahlen: Die besten konventionellen SW-Filme lösen bei einem Motivkontrast von 1,6 : 1 höchstens 60 LP/mm auf, wobei der Detailkontrast in diesem Bereich äußerst schwach und daher die Schärfe schlecht ist. Die Fotografen haben sich an diese Qualität so gewöhnt, dass sie diese für normal halten.

SPUR Orthopan UR in Verbindung mit SPUR Nanospeed SL hingegen löst bei dem gleichen Motivkontrast 1,6 : 1 gewaltige 250 Lp/mm auf. Dies ist mehr, als selbst die besten herkömmlichen SW-Filme bei hohem Kontrast 1000 : 1 auflösen können. Zudem sind auch bei diesem geringen Kontrast der Detailkontrast und daraus folgend die Schärfe exorbitant hoch. Daher rufen hoch vergrößerte Bilder von Hochauflösungsnegativen beim Betrachter, der diese Technik noch nicht kennt, absolutes Staunen hervor.

Manche Anwender, die die moderne Hochauflösungsfotografie selbst noch nicht ausprobiert haben, sind zudem der irrigen Meinung, dass die Hochauflösungsfotografie wegen der Tonwerte für Studioaufnahmen und für Landschaftsfotografie nicht geeignet sei, sondern lediglich für Architekturfotografie.

Diese Meinung repräsentiert jedoch einen Wissensstand von vor 20 Jahren und bezieht sich auf die damaligen ungeeigneten Entwicklungsverfahren für Dokumentenfilme wie z. B. das vormalige Gigabit-Verfahren.

Die moderne Hochauflösungsfotografie bietet heute im Gegensatz zu dieser Annahme bessere Tonwerte und einen höheren Belichtungsspielraum als konventionelle SW-Filme. Mit den neuen SPUR Dokuspeed SL und SPUR Nanospeed SL Verfahren kann zudem der Kontrast bei der Entwicklung perfekt an den Motivkontrast angepasst werden.

Für Landschaftsfotografie sind die hochauflösenden Dokumentenfilme schon wegen ihrer orthopanchromatischen Sensibilisierung besser geeignet als herkömmliche SW-Filme. Grün und Rot werden auch ohne Filter sauber in verschiedene Grautöne übersetzt, Vegetationsgrün kommt wesentlich besser als mit herkömmlichen SW-Filmen. Die Wiedergabe bei dieser Art der Sensibilisierung, die den Gebrauch eines Gelbfilters unnötig macht, nennt man auch „tonwertrichtige Wiedergabe“.

Daher bleibt letztlich nur die relativ geringe Empfindlichkeit der Hochauflösungsfilme als einzige Einschränkung übrig. Aber auch hier kann man bei Verwendung der neuen SPUR Verfahren beim SPUR DSX/Agfa Copex Rapid ohne Probleme mit ISO 50/18° arbeiten.

8.) Hochauflösung und Digitaltechnik (Analog-Digital-Schnittstelle)

Möchte man zusätzlich zur analogen Weiterverarbeitung (Anfertigen einer photochemischen Vergrößerung im herkömmlichen Fotolabor) die digitale Option nutzen, um bei der Bildbearbeitung alle Möglichkeiten der modernen Computertechnik zur Verfügung zu haben, sollte man immer dann Hochauflösungsfilm verwenden, wenn die geringe Filmempfindlichkeit dies zulässt. Aufgrund der sehr viel geringeren Schichtdicke und der monodispersen Kornverteilung lassen sich Hochauflösungsfilme weitaus problemloser einscannen als herkömmliche SW-Filme, deren Korn infolge der wesentlich dickeren Schicht und der anderen Kornverteilung das Scannerlicht streut und daher nur unter Qualitätsminderung eingescannt werden kann.

Hochauflösungsfilme hingegen lassen sich völlig problemlos ohne Qualitätsminderung (hier den Colorfilmen vergleichbar) einscannen. Da sie von Hause aus über eine höhere Auflösung als normale SW-Filme, Colorfilme oder Digitalfotos verfügen, lassen sich so in Abhängigkeit von der Scannerauflösung Bilddateien von exorbitant hoher Qualität anlegen, die nach der Bearbeitung in Relation zum Aufnahmeformat Großdrucke von bisher nicht bekannter Qualität ermöglichen.

Die so erzeugten digitalen Prints erreichen jedoch nicht die Qualität von photochemisch erzeugten Prints, denn die Auflösung selbst der besten heutigen Hochleistungsscanner reicht bei weitem nicht aus, um die Auflösungsreserven der Hochauflösungsfilme auszunutzen. Daher ist die Qualität des Scans sehr viel besser, wenn man nicht das Negativ, sondern einen photochemisch erzeugten DIN A4 Print mit einem Flachbettscanner einscannet, obwohl man bei dieser Methode eine weitere Optik zwischenschalten muss.

9.) Kameras und optische Systeme für die Hochauflösung

Für Zwecke der Hochauflösung können nur absolut hochwertige Kameras und Objektive wie z. B. die Aufnahmesysteme von Zeiss eingesetzt werden. Da Hochauflösungsfilme, wie oben bereits dargelegt, über eine wesentlich höhere Auflösung verfügen als selbst hochwertige Aufnahmeobjektive, werden hier die Unterschiede deutlich sichtbar. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Verwendung abgestimmter Kamerasysteme, die durch ein Fokusbracketing auf Fokusdifferenzen überprüft wurden. Bei Spiegelreflexsystemen ist auf korrekte Spiegeljustierung zu achten. Es sollten nur absolut hochwertige Objektive verwendet werden, die zudem über eine hohe Lichtstärke verfügen.

10.) Aufnahmetechnik

Bei der Aufnahme ist zu beachten, dass Verwacklungen ausgeschlossen werden. Dies gilt zwar universell, ist aber bei der Hochauflösungsfotografie besonders wichtig, weil hier bereits geringste Verwacklungen die Auflösung merklich minimieren. Da z. B. der höchstaflösende SPUR Orthopan UR über eine relativ geringe Empfindlichkeit verfügt, ist bei diesem Film die Verwendung eines Stativs ratsam. Bei hellem Licht kann jedoch auch noch aus der Hand gearbeitet werden, wenn man möglichst kurze Verschlusszeiten bei relativ hohen Blendenöffnungen wählt.

Es sollte nur der mittlere Blendenbereich von ca. Blende 2,8/4 bis Blende 8 (bei KB, bei größeren Formaten können kleinere Blenden gewählt werden!) benutzt werden. Bei größeren Blenden erhält man zwar theoretisch eine höhere Auflösung, die jedoch durch die höheren Abbildungsfehler (z. B. sphärische Aberration) in diesem Bereich negativ überkompensiert wird. Kleinere Blenden als Blende 8 minimieren wegen der Beugung dann schon merklich die erzielbare Auflösung. Ist aus bildgestalterischen Gründen eine hohe Schärfentiefe erforderlich, sollte allerdings um mindestens eine Stufe weiter abgeblendet werden als gewohnt, da bei der Hochauflösungsfotografie andere Anforderungen an den Zerstreuungskreisdurchmesser gestellt werden. Zwar ist bei der Verwendung kleiner Blenden die erzielbare Auflösung bereits merklich geringer, aber immer noch wesentlich höher als bei herkömmlichem Filmmaterial.

11.) Entwicklung

Bei der Entwicklung sind die **SPUR Datenblätter** zu beachten!

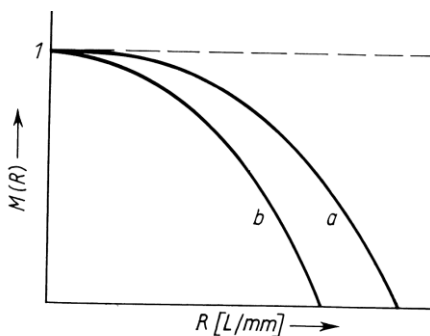
Anhang

1.) Auflösung:

Unter der Auflösung eines fotografischen Systems versteht man dessen Fähigkeit, bei einem bestimmten Kontrastverhältnis (Objektkontrast, Motivkontrast) eine bestimmte Anzahl von Linienpaaren noch als solche getrennt darzustellen bzw. „aufzulösen“.

Als Methode, die Auflösung eines solchen Systems zu messen, hat sich die sogenannte Modulationsübertragungsfunktion (MTF) bewährt. **Die MTF misst den resultierenden Kontrast oder auch Kontrastverlust des Systems in Abhängigkeit von der Auflösung.** Hierbei wird die Auflösung in Linienpaaren je mm (LP/mm) gemessen. Je höher die Auflösung (hohe Ortsfrequenzen), desto geringer wird der Kontrast, der irgendwann auf Null abfällt. Umgekehrt resultiert der höchste Kontrast bei der geringsten Auflösung (Ortsfrequenz).

Zur Veranschaulichung diene folgende Zeichnung, die die MTF zweier verschiedener Fotomaterialien beschreibt:



Quelle: W. Krug u. H.-G. Weide
Wissenschaftliche Photographie in der
Anwendung
2. Auflage Leipzig 1976

a = höher auflösendes Material
b = geringer auflösendes Material

Entscheidend bei der Beurteilung der Auflösung eines fotografischen Systems ist die Überlegung, dass ein solches System aus einer Reihe von Einzelkomponenten besteht, die jede einen Einfluss auf die erzielte und/oder erzielbare Auflösung ausübt. Hierbei begrenzt das schwächste Glied der Kette dieses sog. „fotografischen Übertragungskanal“ die erzielbare Auflösung.

2.) Nutzbare Auflösung.

Beim Vergleich von Dokumentenfilmen mit konventionellen SW-Filmen muss grundsätzlich der Unterschied zwischen möglicher und nutzbarer Auflösung berücksichtigt werden. **Die nutzbare Auflösung ist um so höher, je geringer der Abbildungsmaßstab bei der Aufnahme und je höher der Vergrößerungsmaßstab des Prints ist.**

Ganz allgemein werden die **Unterschiede in der Auflösung zweier Materialien** um so besser wahrgenommen, **je geringer der Abbildungsmaßstab bei der Aufnahme und je höher der Vergrößerungsmaßstab beim Print ist.** Umgekehrt sagt der **Schärfeeindruck bei hohem Abbildungsmaßstab und relativ geringem Vergrößerungsmaßstab** noch nichts über die **Auflösung eines Materials oder Verfahrens** aus.

Wird jedoch ein geringer Abbildungsmaßstab mit einem hohen Vergrößerungsmaßstab kombiniert, gibt es für einen Hochauflösungsfilm (richtige Entwicklung vorausgesetzt) keinerlei Konkurrenz.

Beim Vergleich **fotografischer Vergrößerungen hinsichtlich der Auflösung des Aufnahmematerials** spielt der gewählte Vergrößerungsmaßstab in Verbindung mit der Auflösung des Fotopapiers eine ganz entscheidende Rolle. Ein Unterschied in der Auflösung wird vom menschlichen Auge nur dann wahrgenommen, **wenn der Vergrößerungsmaßstab so hoch ist, dass die Auflösung des Fotopapiers höher ist als die Auflösung des auf dem Grundbrett wiedergegebenen Bilddetails** (je auflösender der Film, desto höher ist der hierfür notwendige „Grenzvergrößerungsmaßstab“)! Ist der Vergrößerungsmaßstab jedoch geringer, kann durchaus der Fall eintreten, dass ein geringer aufgelöstes Negativ als Print schärfer erscheint, da der **Schärfeeindruck nicht allein aus der Auflösung resultiert**, sondern zusätzlich aus Detailkontrast und Konturenschärfe, die sowohl emulsionstechnisch als auch entwicklungs kinetisch bedingt sind.

3.) Schärfe

Im Rahmen der Abbildungsqualität spielt der Begriff der „**Schärfe**“ eine entscheidende Rolle. Die Schärfe ist im Wesentlichen ein subjektiver Bildeindruck, der zwar im Einzelnen durchaus aus messbaren Parametern zusammengesetzt ist, aber insgesamt als Summe dieser Parameter nicht messbar ist. Auch eine Unterteilung in einzelne messbare Faktoren führt nur zu einer fraktalen Zerlegung, deren Gewichtung quantitativ nicht bestimmbar und daher zur Beurteilung nicht dienlich ist. Schärfe ist ein äußerst komplexer Begriff, der sich nicht einheitlich definieren oder messen lässt (**Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile**).

Dennoch müssen einige wesentlichen Parameter der „**Schärfe**“ als solche definiert werden, um mittels einer **qualitativen** Bestimmung von einzelnen Faktoren zu einer Aussage zu gelangen, die eine vernünftige Beurteilung der Abbildungsqualität erlaubt.

Die Auflösung allein ist in diesem Zusammenhang kein Kriterium für Schärfe. Sie gibt lediglich an, wieviel Linienpaare pro mm der Film noch als solche „sehen“ bzw. auflösen kann. Auch Vergrößerungen von hochempfindlichen und daher wenig auflösenden Filme können, z. B. bei geringem Vergrößerungsmaßstab, eine hohe Bildschärfe aufweisen, wie jeder Fotoamateur weiß! Eine hohe Auflösung allein schafft lediglich die Möglichkeit, auch bei **sehr großen Vergrößerungsmaßstäben** noch eine **hohe Abbildungsqualität** zu realisieren, **wenn die anderen Bedingungen hierfür gegeben sind!**

Entscheidend für einen guten Schärfeeindruck ist in erster Linie der Bildkontrast! Zwischen dem Auflösungsvermögen und dem Kontrast besteht eine Beziehung, die in der oben schon erwähnten Modulationsübertragungsfunktion zum Ausdruck kommt. **Diese beschreibt den Kontrast in Abhängigkeit von der Auflösung (s. o.).** Da der **Großflächenkontrast** durch die Gradationskurve gegeben ist und (abhängig vom Motivkontrast) nur in geringen Grenzen durch die Entwicklung variiert werden kann, da sonst eine bildmäßige Abbildung mit vernünftigem Tonwertreichtum nicht gegeben ist, kommt es hier in erster Linie auf den **Detailkontrast** an. Eine Abbildung wirkt umso schärfer, **je höher bei gleichem Großflächenkontrast der Detailkontrast ist.** Hierbei ist ebenfalls von großer Bedeutung, in welchen Ortsfrequenzbereichen ein hoher Detailkontrast noch gegeben ist. Ist der Detailkontrast auch in sehr hohen Ortsfrequenzbereichen noch hoch, wird die Abbildung sehr scharf wirken.

Dies bedeutet, daß erst ein hoher Detailkontrast in Verbindung mit hoher Auflösung eine hohe Bildschärfe bewirkt. Entscheidend in diesem Zusammenhang ist hier die sog. „**Konturenschärfe**“. Diese ist ein Maß für die Verwaschung, die durch den **Diffusionslichthof**, also die Lichtstreuung in der Schicht, an einer aufbelichteten scharfen Kante entsteht. Eine hohe Verwaschung (= geringe Konturenschärfe) **vermindert den Detailkontrast entscheidend** und trägt so zu einem schlechten Schärfeeindruck bei!

Die Konturenschärfe darf nicht mit sog. Kanteneffekten wie dem Nachbareffekt bzw. dem Eberhard-Effekt verwechselt werden. Die genannten Effekte sind Entwicklungseffekte, die zwar schärfesteigernd wirken können, aber in Ortsfrequenzbereichen stattfinden, die noch nicht zur Hochauflösung zählen (ca. im Bereich von 60 bis 80 Lp/mm). Diese sind daher bei der Hochauflösung **nicht** anzustreben!

Die **Konturenschärfe** kann durch die **Entwicklung** nur über den Umweg der entwicklungs kinetischen **Maximierung oder Minimierung des Diffusionslichthofes** beeinflusst werden. Wesentliche Bedingungen für eine **hohe Bildschärfe** sind daher **eine hohe Konturenschärfe und daraus resultierend ein hoher Detailkontrast in den hohen Ortsfrequenzbereichen.**

4.) Probleme der monodispersen Kornverteilung bei Dokumentenfilmen

Die hauptsächlichsten Unterschiede zwischen einem hochauflösenden Dokumentenfilm und normalem SW-Filmmaterial sind durch **eine wesentlich andere Gauß-Korngrößenverteilung in Verbindung mit einer wesentlich dünneren Schichtdicke gegeben.** So verfügen hochauflösende Dokumentenfilme über **eine monodisperse Korngrößenverteilung**, d. h. die Schicht besteht aus Silberkristallen **gleicher Größe**, die zudem viel kleiner sind als bei herkömmlichen SW-Filmen. Zudem ist die Schichtdicke (ca. 5 μ oder geringer) wesentlich geringer als die der normalen SW-Filme. Diese Emulsionen bestehen ihrerseits aus **unterschiedlich großen Körnern**, wobei die Größenunterschiede umso deutlicher sind, je empfindlicher das Material ist. Die Schichtdicke dieser Materialien ist wesentlich höher und beträgt im Normalfall ca. 8 bis 15 μ .

Aus der anderen Korngrößenverteilung resultiert nicht nur die wesentlich **höhere Auflösung** der hochauflösenden Dokumentenfilme, sondern diese bedingt auch **andere Unterschiede** zu normalen Materialien, die nicht allgemein bekannt sind und daher im folgenden näher ausgeführt werden.

Zum einen müssen wegen der monodispersen Kornverteilung für die bildmäßige Entwicklung **spezielle gradationsbeugende Entwicklungsverfahren** benutzt werden, da die Anwendung normaler Negativentwickler keine bildmäßige, sondern eine wesentliche steilere Gradation ergibt, die über Beta 1,0 liegt. Der Versuch, beim Einsatz normaler Negativentwickler durch starke Unterentwicklung eine bildmäßige Gradation zu erreichen, führt zu einer viel zu geringen ausnutzbaren Filmempfindlichkeit und zu Schlieren, die besonders bei größeren geschlossenen Graufächen und bei Grauverläufen auftreten.

Die anderen wesentlichen Unterschiede zu normalen SW-Materialien ergeben sich hauptsächlich eben durch die notwendige gradationsbeugende Entwicklung in Verbindung mit der monodispersen Kornverteilung.

Von ganz entscheidender Bedeutung für den Detailkontrast und die Konturenschärfe ist in diesem Zusammenhang die **Größe der Körner.** Bei monodisperser Kornverteilung ist die Korngröße ein wesentlicher Faktor zur Erreichung einer hohen Auflösung. Wenn man nur auf die Auflösung abhebt, kann man bei der Emulsionierung durch Verkleinerung der Körner die Auflösung weiter steigern. Damit werden jedoch sowohl die erreichbare Empfindlichkeit wie auch die Bildschärfe in Mitleidenschaft gezogen.

Bei kleiner werdenden Körnern erhöht sich die **Lichtstreuung in der Schicht**, wodurch **Konturenschärfe und Detailkontrast** vermindert werden. Bei zu großen Körnern können **kleine Details allein wegen der Korngröße** nicht mehr aufgelöst werden, dies vermindert **unmittelbar die erreichbare Auflösung.**

Daraus ist zu schließen, dass es, abhängig von der erreichbaren Empfindlichkeit, eine **optimale Korngröße** gibt, die einerseits **eine möglichst hohe unmittelbare Auflösung** gestattet, andererseits durch möglichst **hohe Minimierung des Diffusionslichthofes** für einen möglichst hohen Detailkontrast und hohe Konturenschärfe sorgt.

Da Dokumentenfilme jedoch nicht für die bildmäßige Anwendung, sondern für die Mikroverfilmung hergestellt werden, also für eine Entwicklung mit **wesentlich steilerer Gradation** (höherem Großflächenkontrast) gedacht sind, **erfolgt bei der Herstellung die Optimierung der Korngröße nicht in Bezug auf die Belange der bildmäßigen Fotografie, sondern auf die der Mikroverfilmung.**

Da bei steilerer Gradation **Detailkontrast und Konturenschärfe zunehmen**, kann die Korngröße mit Rücksicht auf die erreichbare Auflösung wesentlich kleiner gehalten werden, als dies für die bildmäßige Anwendung optimal wäre.

Da außerdem im Rahmen der Modulationsübertragungsfunktion der Detailkontrast um so geringer wird, je höhere Werte die Ortsfrequenzen annehmen, **verfügt ein Dokumentenfilm**, wenn er zu bildmäßiger Gradation entwickelt wird, gerade **in den höheren Ortsfrequenzbereichen** wegen der für bildmäßige Anwendung nicht optimierten Korngröße **über eine höhere Lichtstreuung in der Schicht (schlechtere Konturenschärfe) und damit auch über einen wesentlich geringeren Detailkontrast** als bei typgerechter Mikrofilmentwicklung.

Dies kann bei der Verwendung nicht optimierter Entwickler und bei **geringen Motivkontrasten** trotz der hohen Auflösung **zu einem schlechten Schärfeeindruck führen**. Dass die Auflösung dennoch im Vergleich wesentlich besser ist als bei einem normalen SW-Material, merkt man dann erst bei hohen bzw. sehr hohen Vergrößerungsmaßstäben. Die **höhere Lichtstreuung in der Schicht** hingegen führt bei der Verwendung nicht optimierter Entwickler in Zusammenhang mit der monodispersen Kornverteilung bei **hohen Motivkontrasten** im Lichterbereich zu einer **Verschmierung bzw. Verwaschung des Diffusionslichthofes** und damit zu einem **geringen Belichtungsumfang**, der im Lichterbereich eine **geringe Auflösung bewirkt**, die den Möglichkeiten des hochauflösenden Materials bei weitem nicht entspricht.

5.) Anforderung an ein optimiertes Entwicklungsverfahren zur Problemlösung

- 1.) Der Entwickler muss in der Lage sein, eine relativ hohe Empfindlichkeit in Verbindung mit einer bildmäßigen Gradation hervorzurufen.
- 2.) Der Entwickler muss den durch die Gradationsbeugung entstehende Reduzierung des Dichteumfangs kompensieren.
- 3.) Der Entwickler muss entwicklungs kinetisch so konstruiert sein, dass auch bei ungünstigen Umständen keinerlei Schlieren bei größeren geschlossenen Grauf Flächen bzw. bei Grauverläufen entstehen.
- 4.) Der Entwickler muss entwicklungs kinetisch den **Diffusionslichthof so minimieren und den Detailkontrast so maximieren, dass auch bei hohen Motivkontrasten im Lichterbereich keine Verschmierung des Diffusionslichthofes erfolgt und bei geringen Motivkontrasten noch eine gute Schärfe erzielt wird, so dass insgesamt ein hoher Belichtungsumfang resultiert und die materialspezifische Auflösung erhalten bleibt.**
- 5.) Der Entwickler muss entwicklungs kinetisch die **Körnigkeit** so beeinflussen, dass einerseits **bei hohen Vergrößerungsmaßstäben noch eine gute Feinkörnigkeit resultiert**, andererseits jedoch durch die hohe Feinkörnigkeit weder **Detailkontrast noch Konturenschärfe** reduziert werden.

Seit Mitte der Achtziger Jahre erforschen wir die in den vorgenannten 5 Punkten beschriebene Optimierung der SPUR Hochauflösungsentwickler und haben mit der letzten Generation der Dokuspeed SL und Nanospeed SL Entwickler alle Probleme in diesem Bereich gelöst!