

Kippentwicklung – Keine Gleichmäßigkeit

Bei der Filmentwicklung will man gleichmäßige Ergebnisse erzielen. Die Kippentwicklung¹ wurde ab 1954 flächendeckend in Deutschland mit dem Entwickler Neofin eingeführt und ist neben der Rotationsmethode die gängigste Art Schwarzweiß-Filmmaterialien im Kleinlabor zu entwickeln. Gegenüber der Rotationsmethode wird die Kippmethode wegen des sogenannten Kanteneffekts² von vielen Anwendern bevorzugt. Bei dieser Methode ist man zwischen zwei Parametern gefangen, die einer gleichmäßigen Entwicklung entgegenstehen:

Keine Agitation oder Bewegung im Entwicklungstank führt dazu, dass verbrauchter Entwickler von den Stellen hoher Aktivität absinkt und an den weniger entwickelten Stellen des Filmes die Entwicklung partiell blockiert. Dadurch entstehen helle Fahnen, die in der Literatur hinreichend beschrieben sind und als „Bromidablauf“ bezeichnet werden³. Umgekehrt kann unverbrauchter Entwickler von Stellen geringer Aktivität absinken und in den darunterliegenden Negativbereichen zu größerer Schwärzung führen.

Zu viel Agitation oder Bewegung im Entwicklungstank führt zu Streifenbildung um oder von den Perforationslöchern ausgehend zur Filmmitte hin⁴. Durch Strömungsgeschwindigkeiten um Hindernisse herum werden partielle Stellen des Films mit mehr frischem Entwickler versorgt und mehr geschwärzt als andere.

Aus diesen Erkenntnissen hat sich für die Kippentwicklung mit Entwicklerdosen eine mehr oder weniger allgemeingültige Verfahrensweise des Prozedere entwickelt, wobei die Verfahrensweisen durch konstante Einhaltung aller Parameter versuchen, gleichmäßige Ergebnisse zu reproduzieren.

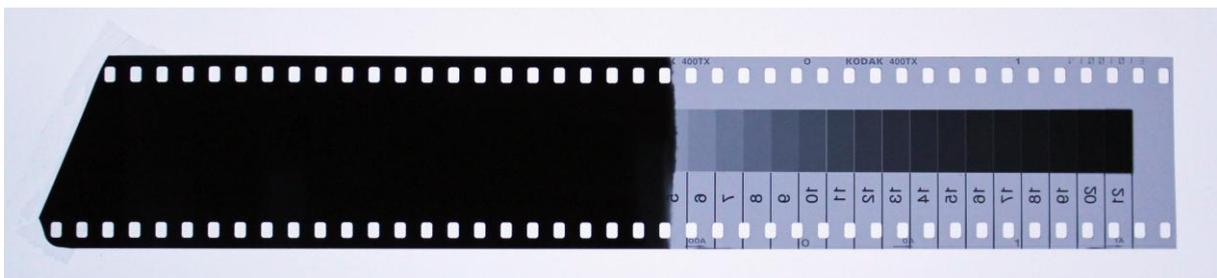
1. Einfüllen der Flüssigkeiten in die Dose in möglichst kurzer Zeit
2. Aufstoßen zum Lösen von Luftblasen auf der Schicht
3. Kontinuierliche Kipp-Bewegung während der ersten 30 Sekunden
4. Wiederholte mehrfache Kipp-/Rotationsbewegung in 30/60 Sekundenintervallen

Wie im Einzelnen dieses Prozedere gestaltet wird, ob man alle 30 Sekunden für 10 Sekunden zwei- oder dreimal kippt bei gleichzeitiger Rotation oder alle 60 Sekunden für 15 Sekunden mehrmals kippt, das muss ausgetestet und bei zufriedenstellenden Ergebnissen dann entsprechend genau immer wiederholt werden.

Zur Perfektion der Methode kann man die Dose auch in ein Mantelwasserbad stellen, um eine konstante Prozesstemperatur zu erhalten. Je größer das Mantelbad, um so stabiler wird die Temperatur sein. Reproduzierbare Bewegungsmuster der Dose erreicht man auch durch einen programmierbaren TAS-Prozessor, der das Kippen und Rotieren der Dose übernimmt.

Bei aller Genauigkeit ist der Glaube an eine gleichmäßige Entwicklung eine Illusion. Sicher werden bei der vorher beschriebenen Vorgehensweise grobe Entwicklungsfehler wie Fahnen und Schleier nicht mehr auftreten. Aber was mit dem Auge als zufriedenstellend gleichmäßige Ergebnisse wahrgenommen wird, ist messtechnisch nicht haltbar.

Seit 2006 belichte ich auf jeden Film an den Anfang mit einem Sensitometer einen 21 Graustufenkeil als Referenz auf. Zur Entwicklung verwende ich eine Jobo RO4314 Tank mit Platz für 10 x 35mm Spiralen und um den Ansatz von 1 Liter Entwicklerlösung + 1 Liter Wasser = 2 Liter Gebrauchslösung nutzen zu können, bestücke ich die Dose mit nur 8 Spiralen, die von den 2 Litern Entwicklerflüssigkeit gut bedeckt werden und oben für eine Durchmischung der Flüssigkeit im Kippverfahren auch entsprechenden Platz lassen. Die Filme nummeriere ich jeweils von 1 bis 8 durch und kann nachträglich feststellen, welcher Film in welcher Spirale und Position in der Entwicklerdose war.



Am Filmanfang aufbelichteter Graustufenkeil

Anlässlich der Verwendung eines TAS-Prozessors kam die Frage nach der Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Dose auf. Ich habe daraufhin mehrere Filmsätze aus den letzten Jahren mit einem TDR-2 Densitometer ausgemessen, um festzustellen, wie gleichmäßig die Entwicklung des Graustufenkeils

war. Die jeweils verwendeten Tri-X Filme entstammten alle einer größeren Charge gleicher Filme. Gemessen wurde die Stufe 10 des Graukeils. Hier drei Beispiele, die sich ähnlich immer wiederholen. (Der auffällige Dichteunterschied zwischen den einzelnen Proben erklärt sich wahrscheinlich durch X-Ray Kontrolle bei Auslandsreisen)

Tabelle 1

Film A	Stufe 20
01	1,29
02	1,28
03	1,29
04	1,31
05	1,31
06	1,33
07	1,36
08	1,38

Film B	Stufe 20
01	1,28
02	1,27
03	1,27
04	1,30
05	1,29
06	1,34
07	1,37
08	1,38

Film C	Stufe 20
01	1,37
02	1,36
03	1,40
04	1,40
05	1,39
06	1,46
07	1,53
08	1,50



Jobo RO4314 Tank für 10 x 35mm Spulen



Kuntze Sensitometer RS601 mit 21 Stufen
Graukeil 0.15 D

Auffallend ist, dass die Dichte der gleichen Graustufe des Graustufenkeils in der Abfolge der Filmspiralen im Tank von unten nach oben hin zunimmt. Da alle Graustufenkeile sich jeweils am Anfang des Films befinden, sind sie in der Dose nah zum Achsrohr hin platziert. Das bedeutet, dass in einer großen Entwicklerdose bei Anwendung der Kippmethode der Entwickler ein gleich belichtetes Filmstück unterschiedlich entwickelt, und zwar entsprechend seiner Position vom Boden hin zum Deckel mit kontinuierlich steigender Dichte. Um zu überprüfen, wie sich die Strömungen innerhalb der Dose auf die Gleichmäßigkeit auswirkt, habe ich eine 120 Meter Rolle Orwo NP Kinofilm mit einer Arriflex 435 Filmkamera gleichmäßig auf Grau belichtet daraus 8 Film-längen geschnitten und in der Dose bei gleicher Methode entwickelt. Auch hier war festzustellen, dass von einer Gleichmäßigkeit der Entwicklung nicht gesprochen werden kann.

Als nächste Stufe habe ich eine 17m Rolle HP5 mit dem Sensitometer (Kunze) in gleichen Abschnitten belichtet, und zwar ein 1.60 Meter Stück mit 7 Graustufenkeilen und das 8 mal. Entwickelt und ausgemessen ergab sich folgende Dichteverteilung:

Tabelle 2

Film	Streifen 1	Streifen 2	Streifen 3	Streifen 4	Streifen 5	Streifen 6	Streifen 7	
01	1.07	1.05	1.03	1.03	1.03	1.04	1.05	unten
02	1.09	1.05	1.03	1.03	1.02	1.03	1.07	
03	1.10	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.08	
04	1.10	1.08	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	
05	1.11	1.08	1.08	1.09	1.11	1.12	1.11	
06	1.14	1.12	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13	
07	1.15	1.12	1.10	1.12	1.11	1.12	1.12	
08	1.16	1.14	1.12	1.11	1.12	1.11	1.13	oben
	innen						außen	

zunehmende Dichte
abnehmende Dichte

Den gleichen Versuch habe ich mit 17m Orwo NP27 Material wiederholt, diesmal mit einem EG&G Sensitometer Mark VI mit einem Kodak-

Graustufenkeil No.2 (0.5 bis 3.05 Dichte) und 10^{-4} Belichtungszeit.



EG&G Sensitometer Mark VI mit Tageslicht-Blitzlichtquelle

Tabelle 3

Film	Streifen 1	Streifen 2	Streifen 3	Streifen 4	Streifen 5	Streifen 6	Streifen 7	
01	1.19	1.15	1.17	1.14	1.10	1.11	1.08	unten
02	1.13	1.13	1.11	1.10	1.11	1.11	1.12	
03	1.11	1.11	1.12	1.08	1.06	1.10	1.12	
04	1.15	1.15	1.12	1.10	1.11	1.13	1.08	
05	1.14	1.15	1.15	1.14	1.13	1.14	1.12	
06	1.18	1.15	1.14	1.13	1.11	1.16	1.10	
07	1.18	1.15	1.14	1.14	1.16	1.17	1.15	
08	1.16	1.13	1.15	1.14	1.14	1.14	1.15	oben
	innen						außen	

zunehmende Dichte
abnehmende Dichte



Kodak No. 2 Graustufenkeil mit D 0.5 bis 5.05

Beobachtung:

Im Entwicklungstank gibt es bei beschriebener Entwicklungsmethode bezüglich der Ungleichmäßigkeit in der Dichte der Negative kein eindeutig nachvollziehbares Muster. Sicher ist nur, daß die Dichte der entwickelten Negativfilme vom Boden zum Deckel hin zunimmt. Der Dichteunterschied liegt in der Größenordnung von 0,1 .

Erklärung:

Eine der Ursachen für die ungleichen Ergebnisse wird die Konzentration verbrauchten

Entwicklers sein. Wahrscheinlich sinkt der mit Bromid angereicherte verbrauchte Entwickler in den unteren Dosenteil und führt über die Dauer der Entwicklungszeit zu einer kontinuierlich abnehmenden Dichte der Negative. Selbst ein alle 30 Sekunden stattfindendes Durchmischen kann das Konzentrationsgefälle innerhalb der Entwicklerdose nicht verhindern. Vielleicht sind ähnliche Resultate auch bei der Rotationsentwicklung zu beobachten, wobei sich dort das Konzentrationsgefälle nur auf einen Raum zwischen Achsrohr und Dosenwand beschränkt.

Lösungsmöglichkeit

Geht man von einem kontinuierlichen Konzentrationsverlauf des Entwicklers aus, der sich vom Boden hin zu Deckel der Entwicklerdose erstreckt, wobei am Dosenboden der Entwickler stark verbraucht und im oberen Bereich der Entwicklerdose wenig verbraucht ist, dann würde eine alternierende Positionierung der Entwicklerdose während der Ruhephase auf dem Boden oder Deckel zu gleichmäßigeren Ergebnissen führen.

Problematisch ist in diesem Zusammenhang der Deckelraum der Entwicklerdose, der zum Eingießen benötigt wird und beim Kippen der Dose für die notwendige Durchmischung sorgt. Stellt man die Dose auf den Kopf, dann sind

die Filme in den Spiralen am Dosenboden nicht mehr mit Entwickler bedeckt.

In der oben beschriebenen Dose bei der Verwendung von nur 8 Spiralen bleibt ein Freiraum von 500ccm über den Spiralen und in der Trichteröffnung der Entwicklerdose. Diese 500ccm Volumen im Deckelbereich lassen beim Umkehren der Dose die untersten beiden Filmspiralen ohne Entwicklerflüssigkeit.

Für einen Test habe ich von den 8 Spiralen 6 Spiralen mit Trix-Filmen befüllt, auf die in regelmäßigen Abständen je 7 Graustufenkeile mit 21 Stufen aufbelichtet waren. Gemäß den oberen Tabellen ergab sich bei diesem Test die folgende Dichteverteilung. Gemessen wurde die 15 Stufe des Graukeils:

Tabelle 4

Film	Streifen 1	Streifen 2	Streifen 3	Streifen 4	Streifen 5	Streifen 6	Streifen 7	
01	leer	unten						
02	leer							
03	1.33	1.31	1.30	1.32	1.32	1.32	1.35	
04	1.30	1.32	1.33	1.33	1.34	1.32	1.33	
05	1.28	1.31	1.31	1.33	1.33	1.33	1.34	
06	1.31	1.32	1.33	1.34	1.34	1.34	1.35	
07	1.28	1.31	1.30	1.31	1.33	1.34	1.33	
08	1.33	1.34	1.34	1.34	1.34	1.35	1.35	oben
	innen						außen	
zunehmende Dichte								
abnehmende Dichte								

Fazit:

Wird eine Entwicklerdose während der Kippentwicklung abwechselnd auf dem Boden und dem Deckel abgestellt, kann man die Gleichmäßigkeit der Entwicklung in gewissen Grenzen steigern. Dieser Zugewinn wird durch höheren Chemikalienverbrauch bei gleichzeitig

sinkendem Filmdurchsatz erreicht. Idealerweise wäre eine neue Art von Entwicklungstank notwendig, bei der die Filmspiralen beweglich gelagert sind, so daß sie unabhängig von der Stellung der Dose auf Boden oder Deckel hinreichend mit Entwicklerflüssigkeit bedeckt sind.

¹ 1954 wurde der Neofinentwickler nach Willi Beutler von Tetenal eingeführt. Schlieren bei der Dreh-Agitation führten zur Entwicklung des Neofin-Tanks von Jobo und zum Durchbruch der Kippentwicklung.

² Der Kanteneffekt, Nachbareffekt, Saum-Effekt, Rand-Effekt, Eberhard-Effekt (Dr. G. Eberhard Gotha 1912). Wo im Negativ stark belichtete Stellen auf unbelichtete Stellen treffen, spricht der unverbrauchte bzw. verbrauchte Entwickler über und verstärkt die Kante. In der Fernsehtechnik entspricht das in etwa dem *Peaking*. Der Effekt ist in seinen verschiedenen Erscheinungsformen in der einschlägigen Literatur beschrieben. In wie weit er bei modernen Dünnschichtfilmen auftritt, ist nicht hinreichend untersucht.

Dr. Erwin Mutter, Die wissenschaftliche und angewandte Photographie, Bd 5 die Technik der Negativ- und Positivverfahren, Wien 1955, S123ff
Ulrich Clamor Schmidt-Ploch, Das Negativ in der Schwarzweißfotografie, Freiburg 2004 S171ff

Gerhard Vieth, Meßverfahren der Photographie, London 1974, S262

Gerhard Teicher, Handbuch der Fototechnik, Leipzig 1977 S78

Dr. Erwin Mutter, Kompendium der Photographie, Band I, Berlin 1957 S221

³ Dr. Erwin Mutter, Kompendium der Photographie, Band II, Berlin 1962 S188ff/S202ff

⁴ ebenda Band II, Berlin 1962 S206