



Push-Entwicklung

- Filmempfindlichkeit und Belichtungsmessereinstellung -

Beitrag aus [SCHWARZWEISS Nr. 105](#)
(April/Mai 2015)

(hier mit kleinen Ergänzungen)

Dr. Otto Beyer

Unter einer Push-Entwicklung versteht man eine über das übliche Maß hinaus deutlich verlängerte Filmentwicklung.

Diese verlängerte Entwicklung soll eine bewusst vorgenommene Unterbelichtung des Films zumindest in Teilen kompensieren. Prädestiniert für eine Push-Entwicklung sind Filme mit 400 ASA oder mehr. In diesem Beitrag wird untersucht, welche Auswirkungen eine verlängerte Filmentwicklung bei den heute am Markt erhältlichen 400er Filmen und dem Delta 3200 von Ilford hat und welche Ergebnisse man erwarten kann. Wir geraten da in den Bereich, wo Filmempfindlichkeit und Belichtungsmessereinstellung sehr verschieden sein können.

Mit ausgetesteten Entwicklungszeiten!

In vielen Fällen kann man bei Push 1 (1 Blende Unterbelichtung) den Film normal entwickeln. Das empfiehlt z.B. Kodak für seine 400er Filme (z.B. hier [Tri-X](#), [Tmax400](#)). Daher werden diese Fälle hier nicht betrachtet.

Rufen wir uns ins Gedächtnis: Nur bei einer Normal-Entwicklung oder N-Entwicklung eines Schwarzweißfilms stimmen effektive Filmempfindlichkeit und Belichtungsmessereinstellung überein. Es gibt drei wichtige Bereiche in Verbindung mit verlängerter Filmentwicklung, bei denen die nötige Belichtungsmessereinstellung von der bekannten effektiven Filmempfindlichkeit deutlich abweichen kann.

Ausgehend von einer Normal-Entwicklung sind dies:

1. Aufnahmen bei wenig Licht verbunden mit reduziertem Motivkontrast
2. Aufnahmen bei Flutlicht oder Bühnenbeleuchtung
3. Action-Fotografie (schnelle Bewegungen, Teleobjektiv)

Das Verhalten von Filmen bei verlängerter Entwicklung kann sehr verschieden sein. Eine geeignete Wahl des Films bei den obigen Aufnahmesituationen kann das Bildergebnis merklich verbessern. Bei einer Normal-Entwicklung zeigen die Filme eine nahezu identische charakteristische Kurve, die sehr dicht an der Idealkurve liegt. Bei verlängerter Entwicklung ergeben sich aber gravierende Unterschiede und damit eine unterschiedliche Eignung für die obigen Aufnahmesituationen. Es wird gezeigt, wie man einen Film klassifizieren kann, wie er für verschiedene Aufgaben eingetestet werden kann und wie die geeigneten Belichtungsmessereinstellungen bestimmt werden können. Das Push-Verhalten eines Films ist hauptsächlich eine Eigenschaft der Filmemulsion und weniger eine Eigenschaft der Entwickler. Bildhaft gesprochen: Wenn man bei der Familienkutsche Flugbenzin tankt, darf man nicht erwarten, den Sonntagsausflug durch die Lüfte zu machen. Das geht nur bei Harry Potter und Pippi Langstrumpf. Für die Untersuchungen wird als Entwickler Xtol verwendet, der weit

verbreitet ist und eine im Vergleich zu D76 / ID11 verbesserte Empfindlichkeitsausnutzung hat. Anhand ihrer Schwärzungskurve (Dichtekurve, charakteristische Kurve, Kennlinie) werden praktisch alle am Markt erhältlichen hochempfindlichen Schwarzweiß-Rollfilme untersucht und klassifiziert. Das dazu optimierte Testverfahren wird hier beschrieben [1a].

Ausgangspunkt unserer Untersuchungen ist dabei die Dichtekurve für eine Normal-Entwicklung am Beispiel des Tri-X 400 in Abbildung 1. Die charakteristische Kurve (rot) liegt sehr nahe an der Referenzkurve (blau). In manchen Entwicklern zeigt der Tri-X 400 schon bei einer versuchten Normal-Entwicklung eine mehr oder weniger ausgeprägte Push-Kurve ähnlich wie in Abbildung 2 und damit ein merklich anderes Abbildungsverhalten.

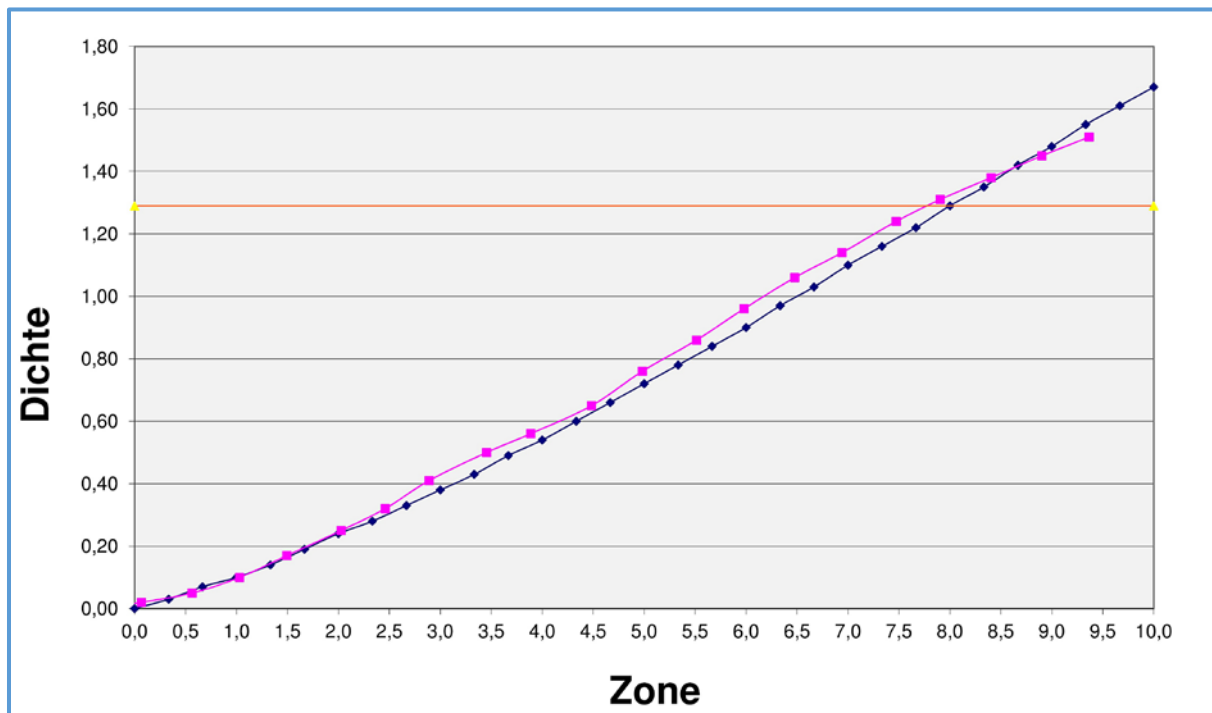


Abbildung 1: Tri-X 400 in Xtol 1+1

Diese Referenzkurve (siehe z.B. [2] und da speziell [>>Hier<<](#) Seite 507) ist in Abbildung 1 und Abbildung 2 in Blau dargestellt. Zur Erinnerung: Dort, wo die Dichte 0,10 beträgt, liegt Zone 1 und bestimmt die effektive Filmeempfindlichkeit ([Speed Point](#)). Die Dichte bei Zone 2 ist durch doppelt so viel Licht wie Zone 1 zustande gekommen (eine Blende mehr Licht) usw. Der auf dem Abzug durchgezeichnete Bereich liegt zwischen Zone 2 und Zone 8 und der voll durchgezeichnete Bereich zwischen etwa Zone 3 und 7. Die Negativedichten außerhalb des durchgezeichneten Bereichs führen ohne besondere Maßnahmen wie z.B. Abwedeln oder Nachbelichten zu keiner Zeichnung auf dem Abzug. Die waagerechte orangefarbene Linie zeigt die Dichte von Zone 8. Durch die Verwendung von sehr weichen Papieren kann man die obere Grenze des durchgezeichneten Bereichs (orangefarbene Linie) etwas zu den höheren Dichten hinauschieben; man handelt sich damit aber andere Nachteile ein. Alle untersuchten 400er Filme liefern bei einer N-Entwicklung Dichtekurven nahe der Referenzkurve.

Die klassische Push-Entwicklung

Werfen wir jetzt einen Blick auf die Dichtekurve des Tri-X bei einer Push-Entwicklung um zwei Stufen. Das bedeutet, der Film wird so entwickelt, dass man mit zwei Blenden weniger Licht belichten kann. Bei der Push-Entwicklung wird Xtol in der Verdünnung 1+1 verwendet. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis. Alle anderen 400er Filme zeigen ganz ähnliche Dichtekurven. Die einzige Ausnahme ist der T-MAX 400 (TMY-2).

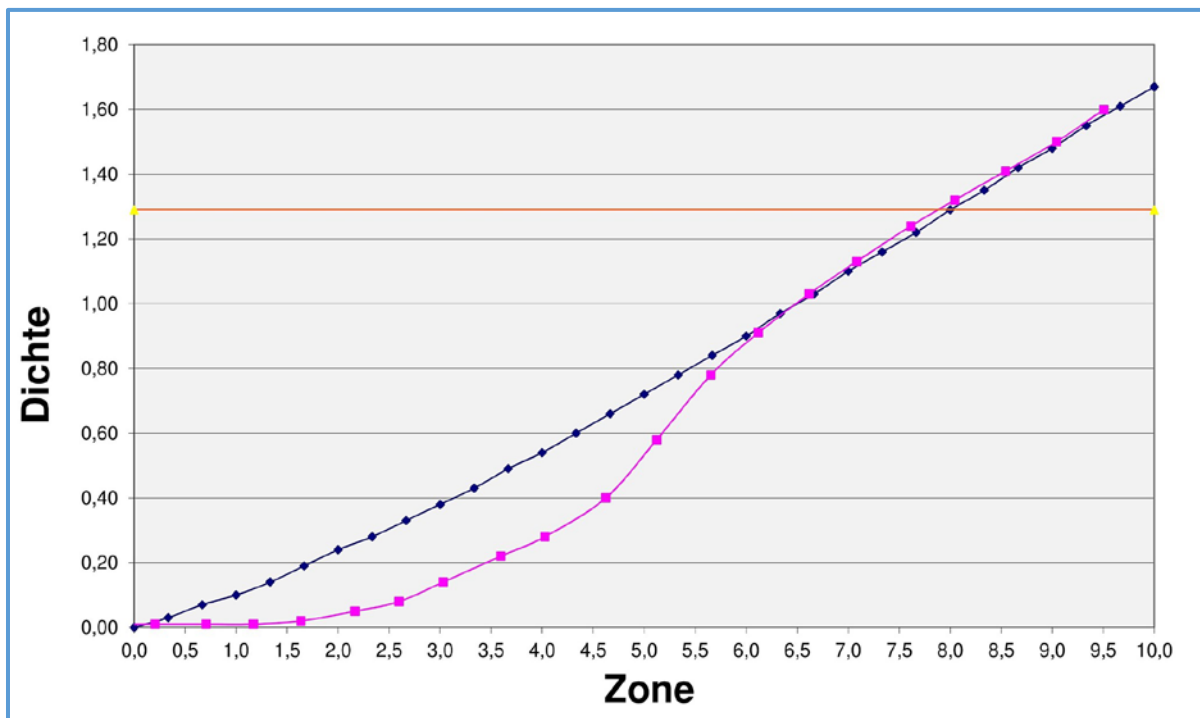


Abbildung 2: Dichtekurve für den Tri-X nach einer Push-Entwicklung um zwei Stufen, Referenzkurve in Blau

Die Auswertung der „verbogenen“ Dichtekurven bei einer Push-Entwicklung muss ganz anders erfolgen als bei einer Normalentwicklung. Wir sehen sofort, dass der Begriff der effektiven Filmeempfindlichkeit verbunden mit der Dichte von Zone 1 in die Irre führt. Eine Dichte von 0,10 wird erst bei etwa Zone 3 erreicht, was ziemlich genau zwei Blenden Unterbelichtung entspricht. Damit wird sofort klar, dass eine verlängerte Entwicklung zu keiner über das normale Maß hinausgehenden Empfindlichkeit führt. Aber bei Dichten oberhalb von etwa Zone 6 wird die Referenzkurve gut getroffen und wir haben damit einen Teilerfolg erzielt. Für die Ermittlung der Belichtungsmessereinstellung wird daher üblicherweise die Zone 6,5 dorthin gelegt, wo die Dichte 1,00 beträgt (z.B. Karl Neumeier [\[1b\]](#)). Das ist ungefähr die Dichte, die das Gesicht eines hellhäutigen Mitteleuropäers bei richtiger Belichtung und Entwicklung auf einem SW-Negativ erzeugt. Jetzt ist sofort klar, dass mit dieser Belichtungsmessereinstellung Gesichter bei einer Push-Entwicklung, wie sonst auch, tonwertrichtig abgebildet werden. Allerdings können wir auch sofort erkennen, dass Schatten unterhalb von etwa Zone 4 ohne Zeichnung sind.

Der interessante Teil der Dichtekurve bei einer Push-Entwicklung ist allerdings der mittlere Bereich von etwa Zone 4 bis Zone 6. Dieser Kurventeil ist deutlich steiler als die Referenzkurve und führt damit dort zu einer härteren Wiedergabe. Hier stecken kreative Möglichkeiten bei dieser Art der Entwicklung. Aufgrund der komplexeren Form der Dichtekurve ist klar, dass man beim Eintesten merklich mehr Messpunkte benötigt, als im Normalfall bei einer fast geraden Kurve. Mit den 21 Messpunkten des gewählten Verfahrens für Rollfilme erhält man zuverlässige Aussagen.

Dieses Verhalten gilt in der Form für alle untersuchten 400er Filme mit Ausnahme des T-MAX 400 und des Ilford Delta 3200. Der T-MAX 400 wird unten noch genauer betrachtet. Der Delta 3200 ist für die Push-Entwicklung optimiert. Er zeigt schon bei der im Datenblatt genannten Empfindlichkeit nach DIN von 800 bis 1.000 ASA (je nach verwendetem Entwickler) eine leichte Push-Kurve. Nach so ausführlicher Diskussion der Dichtekurven wollen wir sehen, was das in der Praxis bedeutet. Wie wichtig der Hautton bei diesen Überlegungen ist, haben wir schon beschrieben. Für Testaufnahmen suchen wir sehr

geduldige Modelle und machen dann Aufnahmen bei stabilen, reproduzierbaren Lichtverhältnissen. Die Wahl fiel daher auf Ausstellungsstücke des Hessischen Puppenmuseums in Hanau. Geduldigere Modelle lassen sich wohl schwer finden.



Abbildung 3: Puppe, Tri-X, Normal-Entwicklung



Abbildung 4: Puppe, Tri-X, Push 2-Entwicklung

Im ersten Fall wurde ein Motiv gewählt, bei dem Schatten keine Rolle spielen. Die tiefen Schatten fehlen einfach (Puppe, Abbildung 3 und Abbildung 4). Die Negative wurden beim Vergrößern mit dem Heiland Splitgrade-Controller an denselben Stellen ausgemessen und dann mit den ermittelten Belichtungsparametern abgezogen. Wir sehen, dass der zweite Abzug merklich anders geworden ist. Die Lichter sind nahezu unverändert (Kleid) während die mittleren Grauwerte (Gesicht) härter wiedergegeben werden. Wir wissen aus der Dichtekurve, dass sich durch Änderung der Belichtungszeit und der Gradation beim Vergrößern das Ergebnis nicht so korrigieren lässt, dass sich visuell sehr ähnliche Abzüge ergeben.

Für den zweiten Vergleich wählen wir jetzt ein Motiv mit tiefen Schatten (Waldfee, Abbildung 5 und Abbildung 6). Dabei wurde der Print in beiden Fällen mit derselben Gradation abgezogen, damit die Unterschiede in der Darstellung besser hervortreten.



Hier sind die Unterschiede noch viel augenfälliger. Durch die Push-Entwicklung werden die Schatten stark abgedunkelt und haben keine Zeichnung mehr (z.B. Halsband). Hier gilt in verstärktem Maße, dass sich visuell auch dann keine sehr ähnlichen Abzüge anfertigen lassen, wenn man Belichtungszeit und Gradation beim Vergrößern variiert. Die zugrundeliegenden Dichtekurven der Negative sind einfach zu verschieden. Diese Tatsache kann man nun gezielt nutzen, um bei einem gegebenen Motiv durch unterschiedliche Filmentwicklung das Verhältnis der Tonwerte zueinander in einem Bild gezielt zu beeinflussen. Wenn jemand den Bildeindruck einer Push-Entwicklung attraktiv findet und gezielt herbeiführen möchte, sind eigene Tests unabdingbar. Im Zeitalter der digitalen Fotografie steht die erhöhte einstellbare Empfindlichkeit nicht mehr im Vordergrund. Hier sind entsprechende Digitalkameras deutlich leistungsfähiger.

Die folgende Tabelle 1 zeigt eine Entwicklungstabelle für im Handel erhältliche, hochempfindliche SW-Filme mit dem Entwickler Xtol. Kodak empfiehlt, bei einer Blende Unterbelichtung die normale Entwicklungszeit zu nehmen. Als Einmalentwickler in der Verdünnung 1+3 erreicht man i.a. eine etwas bessere Empfindlichkeitsausnutzung (bis zu 2 DIN). Man „spart“ aber keinen Entwickler, da pro Film mindestens 100 ml Entwickler in der Arbeitslösung enthalten sein müssen; genauso wie bei der Verdünnung 1+1. Eine Verarbeitungstemperatur von 24 °C verkürzt die Entwicklungszeit auf sonst übliche Zeiten. Ein Vorwässern mit 24 °C erleichtert die Temperierung. Bitte beachten Sie, dass bei 400er-Filmen die Alterung schneller voranschreitet als bei niedriger empfindlichen Filmen. Ältere Filme zeigen eine merklich verringerte Empfindlichkeit und die Entwicklungszeit muss verlängert werden. Auch können die Streuungen der verschiedenen Filmchargen merklich sein.

Normal-Entwicklung

Film	Abkürzung	Verdünnung	Temperatur	Kipp	Entwicklungszeit	Empfindlichkeit
Ilford DELTA 400	D400	1+3	24°C	15/30/1x	11:30	26 DIN
Ilford HP5 Plus	HP5	1+3	24°C	15/30/1x	13:00	27 DIN
Kodak T-MAX 400	TMY-2	1+3	24°C	15/30/3x	10:45	27 DIN
Kodak TRI-X 400	400TX	1+1	20°C	15/30/3x	9:15	26 DIN
Kodak TRI-X 400	400TX	1+3	24°C	15/30/3x	10:30	26 DIN
Rollei RPX 400	RPX400	1+3	24°C	15/30/1x	13:00	27 DIN

Entwicklung Push 2

Film	Abkürzung	Verdünnung	Temperatur	Kipp	Entwicklungszeit	Empfindlichkeit
Ilford DELTA 3200	D3200	1+1	24°C	15/30/1x	13:00	30
Ilford DELTA 3200	D3200	1+1	24°C	15/30/1x	18:00	36
Ilford DELTA 400	D400	1+1	24°C	15/30/1x	14:00	32
Ilford HP5 Plus	HP5	1+1	24°C	15/30/1x	13:00	32
Kodak TRI-X 400	400TX	1+1	24°C	15/30/3x	10:30	32
Rollei RPX 400	RPX400	1+1	24°C	15/30/1x	12:00	33

Tabelle 1: Entwicklungstabelle für Kodak Xtol (als Anhalt für eigene Tests)
 (15/30/1x bedeutet 15 Sek. ankippen, dann alle 30 Sek. 1x kippen; Entwicklungszeit in Minuten:Sekunden)

Verlängerte Entwicklung nach dem Zonensystem

Beim Thema Push-Entwicklung nimmt der TMAX 400 eine Sonderrolle ein. Bei verlängerter Entwicklung zeigt dieser Film ein ganz anderes Verhalten als alle anderen hochempfindlichen SW-Filme (siehe Abbildung 7).

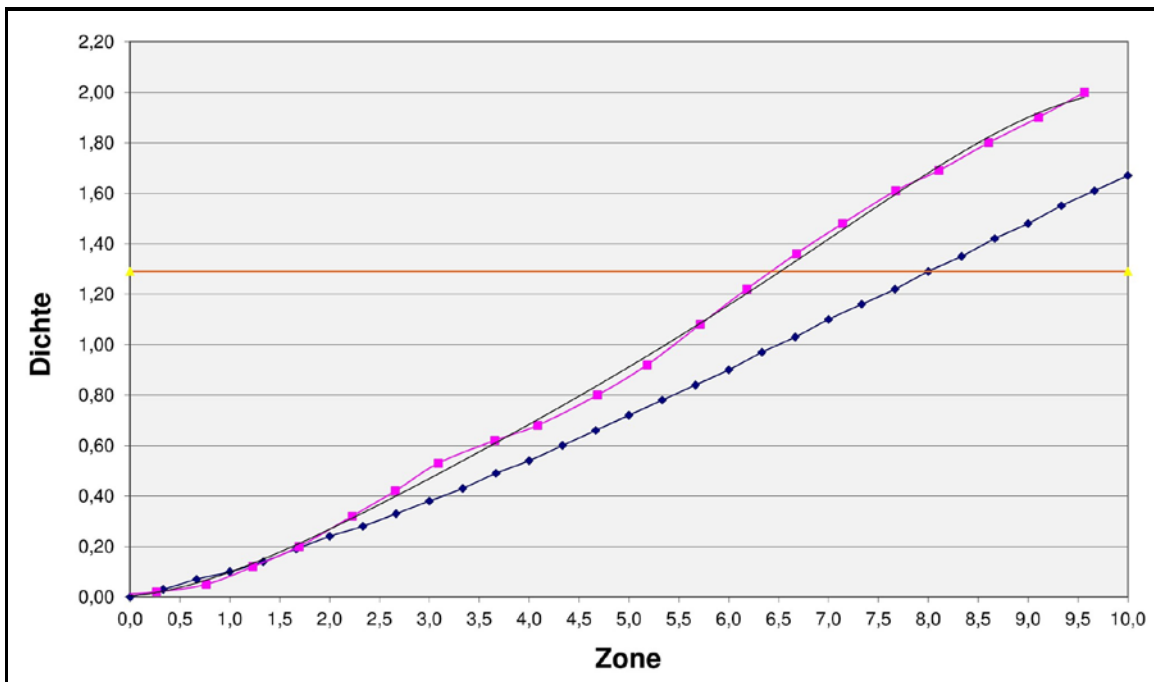


Abbildung 7: Dichtekurve des T-MAX 400 bei verlängerter Entwicklung

Auch hier erhöht eine verlängerte Entwicklung nicht die effektive Filmempfindlichkeit (Speed Point, Dichte = 0,10). Die Kurve bleibt schnurgerade wie bei einer Normal- oder N-Entwicklung. Nur wird die Kurve steiler. Die Dichtekurve in Abbildung 7 erreicht die Dichte von Zone 8 (=1,29) schon bei Zone 6,5. In der Terminologie des Zonensystems liegt somit eine N+1,5-Entwicklung vor (8 - 6,5 = +1,5). Das ist eine kontraststeigernde Entwicklung, die man typischerweise bei Motiven mit reduziertem Kontrast einsetzt, wie z.B.

Nebellandschaften. Eine ausführliche Beschreibung der kontrastangepassten Filmentwicklung (Zonensystem) ist im Buch "Belichtung und Filmentwicklung" zu finden [\[3\]](#).

Damit ist sofort klar, warum der T-MAX 400 der Liebling der Zonensystem-Fotografen ist. Hier ist man immer auf der Suche nach Filmen, die auch bei verkürzter oder verlängerter Entwicklungszeit eine möglichst gerade Dichtekurve haben. Auch in diesem Falle „gewinnt“ man Filmempfindlichkeit.

Ein Belichtungsmesser ist auf Zone 5 kalibriert und die Dichte von Zone 5 (Mitte des durchgezeichneten Bereichs) wird in unserem Beispiel jetzt etwa 0,8 Zonen früher erreicht. Dies ergibt in unserem Falle eine um 0,8 Blenden höhere Empfindlichkeitseinstellung am Belichtungsmesser, ohne dass sich die Filmempfindlichkeit geändert hätte. Charakteristisch für diese Art der Arbeitsweise ist, dass von den Schatten bis zu den Lichtern im Print alles Zeichnung hat. Allerdings setzt die Lichterzeichnung früher aus als bei einer N-Entwicklung. Oberhalb der waagerechten Linie in Orange (= Dichte von Zone 8) gibt es im nicht manipulierten Print keine Lichterzeichnung mehr. Unterhalb der Dichte 0,24 setzt die Schattenzeichnung aus.

Vergleich der Ergebnisse

Die entscheidenden Unterschiede zwischen einer Push 2 Entwicklung und einer N+2 Entwicklung sind:

Fall 1: Push 2 (alle 400er Filme mit Ausnahme des TMax400)

Man erhält einen scheinbaren Empfindlichkeitsgewinn von bis zu 2 Blendenstufen (siehe Tabelle 1). Die Schatten fehlen, die mittleren Grauwerte sind deutlich härter und die Lichter werden normal wiedergegeben (siehe Abbildung 2). Die fehlenden Schatten führen zu Qualitätseinbußen und die restliche Schwärzungskurve bewirkt eine veränderte Wiedergabe der Grauwerte.

Fall 2: N+2 (nur TMax400)

Der scheinbarere Empfindlichkeitsgewinn beträgt etwa [eine Blendenstufe](#). Es fehlt ein Teil der Lichter aber die gesamten restlichen Grauwerte sind vorhanden, werden aber härter wiedergegeben (siehe Abbildung 7). Für flauere Motive ergeben sich keinerlei Qualitätseinbußen. Ansonsten lassen sich mit einem sehr weichen Papier oder mit kontrastreduzierenden Methoden beim Vergrößern ein Teil der Lichter wieder retten.

Konsequenzen

Kommen wir jetzt auf unsere grundlegende Fragestellung in Verbindung mit schlechten Lichtverhältnissen oder verlängerter Filmentwicklung zurück. Mit einer Normal-Entwicklung können wir bei schlechten Lichtverhältnissen mit einer Langzeitbelichtung unter Berücksichtigung des Schwarzschildeffekts zu technisch hochwertigen Ergebnissen kommen. Die Auswirkungen des Schwarzschildeffekts sind bei den Flachkristallfilmen deutlich geringer als bei den klassischen Emulsionen und diese sind daher hier zu bevorzugen (siehe Abbildung 8). Sarkophag und unterer Altenteil wurden mit einer Taschenlampe zusätzlich beleuchtet (Wanderlicht).



Abbildung 8: Basilika Ilbenstadt, Langzeitbelichtung mit T-MAX 400

Bei niedrigem Motivkontrast können wir auf der Basis des Zonensystems zu einer verlängerten N+2-Entwicklung greifen und die Belichtungsmessereinstellung um typischerweise eine Blende erhöhen. In diesem Fall haben wir auch keine Qualitätseinbußen bei der Abbildung zu fürchten. Bei den hochempfindlichen Filmen ist hier der T-MAX 400 unsere Wahl.

Die speziellen Beleuchtungsverhältnisse bei Bühnen- oder Flutlicht sind gekennzeichnet durch hohe Kontraste und sehr helle Personen oder Gesichter (vgl. Abbildung 9). Viele in die Kameras eingebaute Belichtungsmesser führen zu einer deutlichen Überbelichtung der agierenden Personen. Aufgrund von empirischen Werten wird jetzt die Belichtungsmessereinstellung zu höheren Empfindlichkeiten hin korrigiert. Die Alternative ist hier Spotmessung auf die Gesichter und manuelle Belichtungseinstellung. Eine Unterbelichtung und N-Entwicklung oder eine moderate Push-Entwicklung kann die Bildergebnisse verbessern, indem die agierenden Personen dadurch besser vom Hintergrund gelöst werden. Die Struktur des dunklen Hintergrundvorhangs muss ja nicht mehr erkennbar sein. Für diese Aufnahmesituation sind Filme mit einer klassischen Push-Kurve besonders geeignet.



Abbildung 9: Gitarrensolo, Delta 3200

Die Action-Fotografie, speziell mit langen Brennweiten, wie wir sie bei Sportaufnahmen kennen, war früher eine Domäne der Push-Entwicklung. Tri-X und HP5 waren hier erste Wahl. Es war die einzige Möglichkeit, in diesen Situationen zu verwertbaren Aufnahmen zu gelangen. In dieser Anwendung hat die digitale Fotografie den Film praktisch vollständig verdrängt.

Die klassische Push-Entwicklung ist heute in erster Linie ein Gestaltungsmittel, um einen besonderen „Guck“ zu erzeugen. Das hat z.B. auch die Firma Spur erkannt und bietet spezialisierte Entwickler an. Zu nennen sind hier der Ultraspeed Vario und der SLD mit Push-Master. Im ersten Falle wird mit einer Zweibad-Entwicklung gearbeitet, so wie man das bei der Papierentwicklung aus der Dunkelkammer kennt. Damit kann man die vom Filmhersteller mitgegebene Dichtekurve „verbiegen“.

Für den SLD mit Push-Master wird eine Einfülltemperatur von 24° C angegeben. Wenn man während der Entwicklungszeit durch ein Wasserbad diese Temperatur halten kann, erreicht man auch höhere Push-Stufen als angegeben. Mit einer höheren Push-Stufe als 2 dehnt sich, wie bei anderen Entwicklern auch, der Schattenbereich ohne Zeichnung weiter nach rechts aus, die Dichtekurve in den mittleren Grauwerten wird noch steiler und die Lichterkurve verläuft oberhalb und parallel zur Referenzkurve.

Referenzen

- [1] www.fotografie-in-schwarz-weiss.de
 - a) [Eintesten von SW-Filmen \(Rollfilm\)](#)
 - b) [Pushentwickler](#)
- [2] Ralph W. Lambrecht, Chris Woodhouse: Way Beyond Monochrome, 2003, ISBN 0863433545, www.waybeyondmonochrome.com
- [3] Otto Beyer: Belichtung und Filmentwicklung in der Schwarz-Weiß-Fotografie, 2014, ISBN 978-3-7357-2008-5