



# Charakteristische Kurve

Auszug aus dem Testbericht von Dr. WAHL vom 29. November 2000

## Zur Ermittlung der charakteristischen Kurve

Um Gradationsverlauf und Empfindlichkeit einer Film-Entwickler-Kombination einschätzen zu können, ermittle ich die charakteristische Kurve auf folgende Weise mit „Bordmitteln“:

### Meßmethode:

#### • Sensitometrie:

Hier muß die Kamera als Sensitometer mit Zeitskala genügen: von einer unscharf fokussierten (unendlich) und gleichmäßig mit Tageslicht ausgeleuchteten, farblich neutralen Fläche wird eine Belichtungsreihe  $1 \cdot 1/1000$  Sek. aufgenommen. Der praxisnähere Ansatz wäre natürlich die Intensitätsskala; im konkreten Fall der Zeiten und Beleuchtungsstärken treten aber bei üblichem Aufnahmematerial keine relevanten Reziprozitätsfehler auf. Für Gigabitfilm habe ich dies allerdings noch nicht gecheckt, und oft verhält sich niedrigempfindliches Material in dieser Hinsicht kritisch. Die Blende wird so eingestellt, daß der Belichtungsmesser (kalibriert)  $1/30$  anzeigt, so daß die Zeitenreihe von  $1 \dots 1/1000$  Sek. eine Spanne von  $\pm 5$  Blenden relativ zur Belichtung für mittleres Grau ( $H_m$ ) abdeckt. Der Verschuß der Leica hat gewiß seine Stärken, falls man ihn als Sensitometer mißbraucht, sollte man ihm aber einfach einen Fehler von  $\pm 1/3$  Blende, d.h.  $\pm 1$  DIN, zugestehen.

#### • Entwicklung:

Der Film wurde nach Vorschrift in Gigabit-Chemie (Testfilm-Chemie Sommer 2000) entwickelt (bei  $20^\circ\text{C}$ , 6 Min., 1x kippen / 20 Sek.)

#### • Densitometrie:

Die Dichten werden unter realen, „vergrößerungsnahen“ Bedingungen wie folgt bestimmt: der Negativstreifen wird in den Vergrößerer eingelegt und bei 10-facher Vergrößerung auf dem Grundbrett in Bildmitte die Beleuchtungsstärke mittels einer GaP-Photodiode (Hamamatsu G1962) mit spektraler Empfindlichkeit (190–550 nm: also etwa entsprechend der heutiger Positivemulsionen) und logarithmierendem Meßverstärker (BurrBrown LOG100) bestimmt. Gemessen wurde so für jedes Negativ des Streifens die relative logarithmische Dichte ( $D$ ) bezogen auf die des unbelichteten Films. D.h. zunächst wird auf unbelichteten Film genullt, und dann direkt für jedes Negativ die „effektive“ Dichte bzgl. des zum Vergrößern (bei Arbeitsblende) verwendeten Strahlengangs (CALLIER-Effekt etc.) im relevanten spektralen Bereich des Photopapiers gemessen.

### Messungen:

Die charakteristische Kurve wurde für zwei Filme (Film 1 + 2, jeweils am Filmanfang) aufgenommen: bei Film 1 betrug die Einstellung an der Kamera 17 DIN bei Film 2 15 DIN. Für Film 2 ergaben sich für Belichtung rel. zu  $H_m$  ( $H$ ) [ $\log_2$ ] und Dichte über Schleier ( $D$ ) [ $\lg$ ] folgende Meßwerte:

H	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
D	0,00	0,03	0,13	0,28	0,42	0,60	0,75	0,92	1,06	1,18	1,34

**Anmerkung Gigabitfilm:** Es dürfte den Leser interessieren, wie die Dichtewerte der Belichtungsreihe mit einem üblichen Densitometer aussehen:

H	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
D	0,00	0,02	0,08	0,2	0,32	0,46	0,58	0,72	0,84	0,94	1,06

Zur Erläuterung der unterschiedlichen Dichten sind zwei Artikel nachzulesen: Siehe Anwendung/Wissenschaft/Optik/ CALLIER-Effekt und Sensitometrie und Die Meßgeometrie bei der Schwärzungsmessung von Durchsichtsvorlagen.



### Auswertung:

In Abbildung 1 wurde ein Polynom 3. Grades an die Meßwerte angepaßt: der Anstieg wird gut beschrieben, aber der lineare Bereich der Kurve ist offensichtlich länger als der Belichtungsbereich, wodurch der Fit eine Schulter „ahnt“, ohne zwingende Evidenz aus den Daten.

In Abbildung 2 wird den Daten im Bereich  $-4 \leq H \leq 5$  eine Gerade angepaßt, was zumindest den Bereich der Dichten über 0,1 perfekt beschreibt.

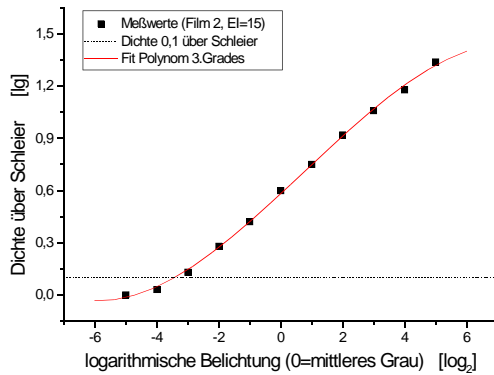


Abbildung 1

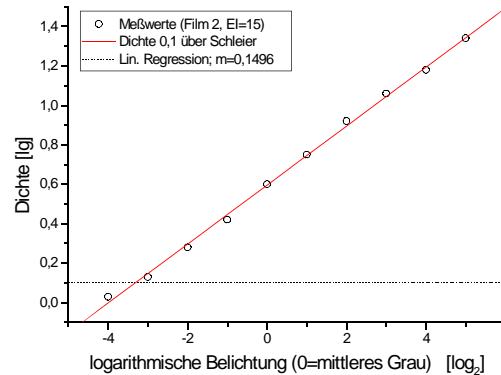


Abbildung 2

#### • Kurvenverlauf:

Für  $D \geq 0,1$  verläuft die Gamma-Kurve im Rahmen der Meßgenauigkeit absolut linear mit  $\gamma = 0,5$  ( $0,1496/\lg 2$ ). Dabei erfolgt der Übergang vom horizontalen (unbelichteten) Abschnitt zum linearen innerhalb weniger als einer Blende nahezu knickartig. Dies verspricht gleichmäßige Differenzierung der Tonwerte von den tiefen Schatten bis in die hohen Lichter. Dies erklärt auch die ausgesprochen gutmütige Vergrößerbarkeit der Negative: falls der Motivumfang im wahrlich riesigen linearen Bereich liegt, wirkt sich die Belichtung nicht auf die Grauwertabstufung aus. Unterbelichtung wirkt sich allerdings negativ aus: es gibt keinen allmählichen Kurvenauslauf über 2-3 Blenden zu  $D = 0$ , der im Notfall die tiefen Schatten vor völligem Absaufen bewahrt. Mögen auch durchhängende, s-förmige oder aufgewölbte Kurven für spezielle Motive oder Bildabsichten ihre Vorzüge haben: ein linearer Film scheint mir das vornehmste, weil unaufdringlichste Angebot.

#### • Empfindlichkeit:

Allgemein üblich als Schwellwert für den Beginn einer auswertbaren Schwärzung ist das Überschreiten einer Dichte von 0,1 über Schleier. Nach DIN<sup>1</sup> soll dieser Wert bei  $-3\frac{1}{3}$  Blenden unter der Belichtung für den mittleren Grauwert erreicht werden, beim Zonensystem 4 Blenden darunter. Ein alternatives, praxisnahe Kriterium für den Schwellwert der auswertbaren Schwärzung wäre das Erreichen von z. B. des 0,7-fachen der Steigung des linearen Bereichs der charakteristischen Kurve: da die Gigabitfilm-Kurve keinen merklichen Durchhang am Fuß aufweist, würde dies die Empfindlichkeit um ca. 2 EI erhöhen. Aber Vorsicht, es gibt dann (siehe oben) keinerlei Belichtungsspielraum nach unten.

#### • Fazit:

Gigabitfilm liefert – nach Vorschrift entwickelt – eine praktisch lineare charakteristische Kurve bei einem Gamma von 0,5 eine Empfindlichkeit von EI 15.

*Goldene Regel: belichte knapp, aber auf gar keinen Fall zu knapp!*

1 Von DIN-Empfindlichkeit sollte man bei Gigabitfilm nicht sprechen, da deren Ermittlung eine Entwicklung vorschreibt, die ihm wahrscheinlich nicht gut täte.