

Thema der Dissertation:

**Eine einfache Methode der Sensitometrie mit Hilfe der Äquidensiten und ihre Anwendung insbesondere für Probleme der Doppelbelichtung**

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Behandlung des gestellten Themas erfordert eine Neufassung und Systematisierung sensitometrischer Grundbegriffe. So werden vor allem die Begriffe „Schwärzung“, „Schwärzungskurve“ und „Schwärzungsfläche“ einer Kritik unterzogen. Zusätzlich werden die Begriffe „Schwärzungspunkt“, „Schwärzungslinie“ und „Schwärzungsraum“ eingeführt.

Es wird gezeigt, daß mit Hilfe der „Äqui-Densitometrie“ in besonders einfacher Weise unter definierten und daher für alle Messungen einheitlichen geometrischen Bedingungen mit einer Schwärzungsskala (Graukeil) gemessen wird - und nicht über den Umweg eines logarithmischen Intensitätsverhältnisses.

Die so gemessene Schwärzung unterscheidet sich um einen konstanten Faktor von der „doppelt-diffusen Schwärzung“, die hier als *N o r m a l s c h w ä r z u n g* herausgestellt wird.

Zur analytischen Beschreibung der Wirkung von Doppelbelichtungen muß von der analytischen Darstellung der Schwärzung als Funktion der Belichtung ausgegangen werden. Da die dem Verfasser bekannte Literatur hierfür keine geeigneten Grundlagen bot, wurde der Versuch unternommen, eine physikalisch begründete Formulierung des Zusammenhanges zwischen Belichtung und Schwärzung zu finden, die auch für praktische Berechnungen brauchbar ist.

Die Ableitung gründet sich auf die Deutung des SCHWARZSCHILD-Effektes (SCHWARZSCHILD [87]). Unter der Annahme, daß sich der Keimaufbau über eine Kette von Gleichgewichtsreaktionen vollziehe, deren Hinreaktionen durch die lichtelektrische Elektronenkonzentration und deren Rückreaktionen durch den unmittelbar auf die schon gebildeten Keime wirkenden Photoeffekt bestimmt werden, erhält man mit einigen Vereinfachungen anstelle der SCHWARZSCHILD-Formel

$$E \cdot t^p = \text{const}$$

die allgemeinere Beziehung

$$(\sqrt{1 + \varepsilon E} - 1)t^{1 - \frac{1}{n}} = \text{const},$$

womit gleichzeitig der normale und der inverse SCHWARZSCHILD-Effekt erfaßt wird. Der Faktor  $\varepsilon$  vor der Lichtintensität  $E$  ist ein Empfindlichkeitskoeffizient. Die Keimordnung  $n$  muß aus Raumgründen mindestens  $n = 4$  betragen, da ein entwicklungsfähiger Keim dem Silberhalogenid-Kristall wie ein Tetraeder aufsitzt und damit die vor dem Zugriff des Entwicklers schützende Schicht von Hydroxylionen durchstößt. Auch kleinere Keimordnungszahlen als  $n = 4$  sind möglich, wenn der Keim durch Vorbelichtung oder Sensibilisierung schon eine höhere Stufe erreicht hat, so daß nur die Differenz bis zur entwicklungsfähigen Keimstufe 4 durchlaufen wird. Dies ist aber mindestens *e i n e* Stufe. Damit liegt die Keimordnung  $n$  zwischen den Grenzen  $1 \leq n \leq 4$ . Der „SCHWARZSCHILD-Exponent“ folgt für Langzeitbelichtung aus  $p = 1 - \frac{1}{n}$  und  $t \rightarrow \infty$  in der Größenordnung  $p = 0.75$ . Für Kurzzeitbelichtung ergibt sich der SCHWARZSCHILD-Exponent aus  $p = 2(1 - \frac{1}{n}) < 2$  und für  $t \rightarrow 0$  zu  $p = 1$ . Der Übergang zwischen beiden Bereichen ist symmetrisch und gleicht einer Kettenlinie (Catenaria - KRON [60]).

Durch Auffüllung der ersten Stufen der Gleichgewichtskette (Sensibilisierung) kann die Keimordnung  $n$  für eine nachfolgende Belichtung effektiv verringert werden. Auf Grund der statistischen Verteilung verschieden sensibilisierter Silberbromidkristalle in der Emulsion können auch gebrochene effektive Keimordnungszahlen vorkommen.

Die Auffassung von BERG und BURTON [12] über die Sub- und Vollkeime erhält so eine anschauliche Bestätigung.

In der hier vorgeschlagenen analytischen Darstellung der Schwärzungskurve ist das Argument der Funktion das SCHWARZSCHILD-Produkt  $E \cdot t^p$  und nicht, wie in der bisher erschienenen Literatur, die Zahl der *e i n z e l n e n* auf das AgBr-Korn auftreffenden Lichtquanten. Das Produkt  $E \cdot t^p$  beschreibt bereits das Ergebnis des photographischen Elementarprozesses im Kristallgitter in Gestalt der mittleren Zellenbesetzungszahl der gebildeten Entwicklungskeime. Aus der analytischen Fassung der  $\lg E$ -Schwärzungskurve folgt die Berechnung des  $\gamma$ -Wertes für verschiedene Schichtdicken, die Schwärzungskurve des SABATTIER-Effektes, der Solarisation und der Doppelbelichtung. Sinngemäß läßt sich diese Darstellung auf alle photographischen Effekte erweitern.

Zur photographischen Erfassung der Eigenschaften des Photomaterials mit Hilfe von Äquidensiten werden zunächst die gebräuchlichsten Verfahren der Äquidensitentransformation (Streulichtäquidensiten) einer ergänzenden Behandlung unterzogen. Als ein neues Verfahren wird die CLAYDEN-Äquidensitentransformation genannt.

Die photographische Aufnahme von Schwärzungskurven nach der Graukeilmethode geht zurück auf LUTHER, GOLDBERG und WEIGERT [72]. Mit Hilfe der Graukeilmethode werden die Schwärzungskurven bei Variation der verschiedenen Belichtungs- und Entwicklungs- (bzw. Verarbeitungs-)Parameter gewonnen.

Besonders ausführlich werden die Schwärzungskurven der photographischen Effekte behandelt, die in ihrer Mehrzahl auf Doppelbelichtungen beruhen.

Es wird gezeigt, daß die Äquidensitenmethode der Sensitometrie in wenig aufwendiger Weise umfangreiches Material für die Weiterentwicklung der Theorie des photographischen Prozesses liefern kann. Darüber hinaus werden einige Beispiele für die Anwendung der Graukeilmethode in der Kernstrahlungsmeßtechnik erwähnt.

Die Wirkung der Doppelbelichtung läßt sich sehr vorteilhaft mit zweiparametrischen Schwärzungsflächen erfassen, da alle Variationskombinationen beider Belichtungen in der Schwärzungsfläche enthalten sind.

Es werden eine Reihe von Verfahren zur Analyse zweiparametrischer Schwärzungsflächen angegeben, in denen das Zeilenraster- und das stereoskopische Verfahren sowie die Methode der sukzessiven Anwendung des SABATTIER-Effektes („SABATTIER-Sukzession“) neu sind.

An Hand von Beispielen für zweiparametrische Schwärzungsflächen, die insbesondere zur Untersuchung photographischer Effekte dienen, wird die Nützlichkeit der Äquidensitometrie nach LAU und KRUG [69] für die Beschaffung von empirischem Material zur Prüfung der Theorie des photographischen Prozesses unter Beweis gestellt. Eine Reihe von theoretischen Schlußfolgerungen werden bereits aus dem in dieser Arbeit vorliegenden Material gezogen.

Es wird darauf hingewiesen, daß die äquidensitometrische Aufnahme und Auswertung von Schwärzungsflächen und Schwärzungskurven wegen der einfachen Arbeitsbedingungen und der - im Gegensatz zu den in der Praxis verwendeten Photometriereinrichtungen - stets reproduzierbaren und vergleichbaren Meßbedingungen für die photographische Praxis von großem Nutzen sein kann.

Zum Schluß werden die Wirkungen von Doppelbelichtungen, wie sie in der photographischen Praxis vorkommen, formelmäßig erfaßt. Diese Formeln stehen im Einklang mit den äquidensitometrisch gefundenen Schwärzungsergebnissen.

Für einen „SCHWARZSCHILD-Bereich“ mit  $p < 1$  wurde ein Rechenschieber entwickelt, der es dem Praktiker ermöglicht, ohne Kenntnis der komplizierten Zusammenhänge der Doppel- und Mehrfachbelichtung (z.B. bei der Filmüberblendung) diese Belichtungen richtig durchzuführen.

Anmerkung des Verfassers im Februar 2007:

Die **Zusammenfassung** als Auszug aus der Dissertation des Doktoranden Ewald Gerth wurde nach dem Original wiedergegeben. Die Zitate beziehen sich auf das Literaturverzeichnis in der Dissertation.

## Literatur

- [1] [87] Schwarzschild K.: Über Abweichungen vom Reziprozitätsgesetz für Bromsilbergelatine.  
Phot. Korr. 36(1899)109;  
On the deviations from the law of reciprocity for bromide of silver gelatine.  
Astroph. J. 11(1900)117
- [2] [60] Kron E.: Über das Schwärzungsgesetz photographischer Platten.  
Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam 22(1913) No 67;  
Annalen der Physik 41(1913)751
- [3] [12] Berg W. F., Burton P.C.: Study of latent-image formation by a double exposure technique.  
II Internal Image: Phot. J. 86B(1946)2, 86B(1946)62, 88B(1948)13, 88B(1948)84
- [4] [72] Luther R.: Automatic method of obtaining the characteristic curve of a plate.  
B.J.P. 57(1910)664;  
Goldberg E., Luther R., Weigert F.: Über die automatische Herstellung der charakteristischen Kurve.  
Ztschr. wiss. Phot. 9(1911)323
- [5] [69] Lau E., Krug W.: Die Äquidensitometrie, Grundlagen, Verfahren und Anwendungsgebiete.  
Akademie-Verlag, Berlin 1957