

32 Thesen zu der Habilitationsschrift
(Dissertation im Rahmen des Promotionsverfahrens B)

Thema: **Analytische Darstellung der Kinetik des Keimaufbaus
beim photographischen Prozeß**

Gutachter: Prof. Dr. R. Reuther
Prof. Dr. E. Lau
Prof. Dr. J. Thomas († 7. 8. 1970)¹
Prof. Dr. F.-J. Schütte

1. Die von SILBERSTEIN vertretene und bislang allgemein als gültig angesehene Interpretation der mittleren Entwicklungskeimbesetzungszahl \bar{z} in der SVEDBERG'schen Schwärzungsformel

$$S = S_0(1 - e^{-\bar{z}})$$

als lineare Funktion der Quantentrefferzahl eines Silberhalogenidkornes kann vom Standpunkt der von GURNEY, MOTT und MITCHELL begründeten Keimstufentheorie nicht mehr aufrechterhalten werden.

2. Eine physikalisch begründete Interpretation der mittleren Entwicklungskeimbesetzungszahl muß die reaktionskinetischen Vorgänge im Kristallgitter des Silberhalogenids berücksichtigen, die durch die Belichtung ausgelöst werden.
3. Die reaktionsbestimmende Größe für den Keimaufbau ist die Konzentration der freien Elektronen im Kristallgitter des Silberhalogenids.
4. Die freien Elektronen treten infolge des Photoeffektes aus dem Valenzband in das Leitfähigkeitsband über und verlassen es wieder auf Grund des Einfangens in Fallen oder Rekombination mit Defektelektronen.
5. Im Verlaufe einer Belichtung stellt sich im Kristallgitter eine Sättigungskonzentration der freien Elektronen ein, die bei niedrigen Intensitäten der Belichtung der Lichtintensität direkt proportional und bei hohen Intensitäten der Quadratwurzel der Lichtintensität proportional ist.
6. Die Kenntnis der Sättigungselektronenkonzentration genügt für viele Berechnungen des Keimaufbaus, insbesondere im Bereich der Normalbelichtung.
7. Für Untersuchungen des Keimaufbaus im Bereich kurzer Belichtungen ist der zeitliche Verlauf der Elektronenkonzentration nicht zu vernachlässigen.
8. Die Elektronenkonzentration steigt während der Belichtung bis auf den Sättigungswert an und klingt in der nach der Belichtung folgenden Dunkelperiode allmählich ab.
9. Der Keimaufbau findet statt, solange noch freie Elektronen im Kristallgitter diffundieren.

¹Anmerkung (2013): Prof. Thomas verstarb während des laufenden Promotionsverfahrens.
An seiner Stelle trat Prof. Schütte in das Verfahren als Gutachter ein.

10. Die Belichtungswirkung ist von dem Zeitintegral der Elektronenkonzentration abhängig.
11. Die Untersuchung des Zeitintegrals der Elektronenkonzentration ergibt einige wichtige Aufschlüsse über das Reziprozitätsverhalten photographischer Schichten im Bereich kurzer bis extrem kurzer Belichtungen.
12. Die theoretische Behandlung der Kinetik des Keimaufbaus beruht auf der Keimstufenhypothese, wonach die Keime auf Grund der mittelbaren Einwirkung des Lichtes auf den Silberhalogenidkristall eine Reihe von unterschiedlichen Zuständen (Stufen) durchlaufen, ehe sie von einer bestimmten Stufe an entwicklungsfähig werden.
13. Die Übergänge zwischen den einzelnen Keimzuständen erfolgen im allgemeinen in beiden Reaktionsrichtungen, wobei die Hinreaktionen von der Konzentration der freien Elektronen im Kristallgitter und die Rückreaktionen vom Photoeffekt sowie der thermischen und chemischen Dissoziation der schon gebildeten Keime bestimmt werden.
14. Der Zustand des Reaktionsgleichgewichtes der Gleichgewichtsreaktion läßt sich auf elementarem Wege berechnen, wobei die Stufenzahl der Reaktionskette die Reaktionsordnung angibt.
15. Die Zeitfunktionen der Keimkonzentrationen der einzelnen Reaktionsstufen ergeben sich aus der Lösung des Differentialgleichungssystems der kinetischen Reaktionen der Reaktionskette.
16. Das lineare Differentialgleichungssystem 1. Ordnung mit konstanten Koeffizienten der mehrstufigen kinetischen Gleichgewichtsreaktion läßt sich mit Hilfe der LAPLACE-Transformation in Form einer Matrizengleichung als Ganzes lösen.
17. Die Lösung des Reaktionsgleichungssystems ergibt eine Transformationsgleichung für die Keimzustände

$$\mathbf{c} = \mathbf{B}\mathbf{c}_a ,$$

in der \mathbf{c}_a der Vektor der Anfangsbedingungen, \mathbf{c} der Vektor der durch die Belichtung erzielten Endbedingungen und \mathbf{B} die Transformationsmatrix ist, in der die Abhängigkeit von den Parametern der Belichtung enthalten ist.

18. Die Transformationsmatrix \mathbf{B} , die im Hinblick auf ihre spezielle Bedeutung beim photographischen Prozeß als „Belichtungsmatrix“ bezeichnet wird, ist gleichbedeutend mit der Transitionsmatrix einer MARKOVschen Kette.
19. Die Belichtung eines photographischen Materials entspricht einer linksseitigen Multiplikation des Keimzustandsvektors mit der Belichtungsmatrix.
20. Die resultierende Belichtungsmatrix einer Doppelbelichtung ergibt sich als Produkt der Belichtungsmatrizen der einzelnen Belichtungen, wobei die Reihenfolge der Faktoren im allgemeinen nicht kommutativ ist.
21. Die Struktur der Belichtungsmatrix wird mit Hilfe der LAPLACE-Transformation, Eigenwertbestimmung und Matrizeninversion ermittelt.

22. Durch Umwandlung der Gleichgewichtsreaktionen in Folgereaktionen lassen sich die Belichtungsmatrizen wesentlich vereinfachen, da dann die Hauptdiagonalelemente der Koeffizientenmatrix gleich den charakteristischen Wurzeln (Eigenwerten) sind.
23. Mit Hilfe der reziproken Belichtungsmatrix, die eine Zeitspiegelung bewirkt, kann man von einem durch die Belichtung erhaltenen Endzustand auf den Anfangszustand rückschließen.
24. Belichtungsmatrizen lassen sich für beliebige Arten der Belichtung angeben, z.B. auch für die Fälle des Reaktionsgleichgewichtes oder zeitlich veränderlicher Übergangskoeffizienten.
25. Eine Belichtungsmatrix mit zeitlich veränderlichen Übergangskoeffizienten kann als ein unendliches Produkt infinitesimaler Belichtungsmatrizen aufgefasst werden.
26. Die (skalare) Entwicklungskeimkonzentration c_e folgt aus dem Vektor der Anfangsbedingungen \mathbf{c}_a durch eine linksseitige Multiplikation mit der quadratischen Belichtungsmatrix \mathbf{B} und der zeilenförmigen Entwicklungswahrscheinlichkeitsmatrix \mathbf{w} ,

$$c_e = \mathbf{w}\mathbf{B}\mathbf{c}_a .$$
27. Mit Hilfe der Theorie der Belichtungsmatrizen lassen sich eine Anzahl photographischer Effekte erklären und analytisch beschreiben.
28. Der SCHWARZSCHILD-Effekt folgt aus der Belichtungsmatrix, wenn in der ersten Reaktionsstufe ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist, für die anderen Stufen aber näherungsweise Folgereaktionen mit noch nicht eingetretener Sättigung angenommen werden können.
29. Der Intermittenzeffekt wird durch eine Vielfachmultiplikation der Belichtungsmatrizen für die einzelnen Teilbelichtungen und Dunkelpausen analytisch beschrieben.
30. Die Tatsache, daß beim WEINLAND-Effekt, beim CLAYDEN-Effekt, beim VILLARD-Effekt, beim physikalischen SABATTIER-Partialeffekt und beim HERSCHEL-Effekt die Vertauschung der Reihenfolge der Belichtungen zu unterschiedlichen Schwärzungen führt, wird durch die Nichtkommutativität der Matrizenmultiplikation erklärt.
31. Zur analytischen Beschreibung des Solarisationseffektes wird eine vielreihige Belichtungsmatrix linksseitig mit einer in Richtung höherer Stufen gegen Null konvergierenden Entwicklungswahrscheinlichkeitsmatrix multipliziert.
32. Beim HERSCHEL-Effekt und beim Regressionseffekt überwiegen in der Belichtungsmatrix (Transitionsmatrix) die Rückreaktionen.

Anmerkung im Februar 2007:

Die Thesen zu der Dissertation des Doktoranden Ewald Gerth wurden nach den originalen Vorlagen unverändert wiedergegeben.

Anmerkung im Januar 2012:

Die Dissertation B wurde unter der Adresse

www.ewald-gerth.de/40dissertation-b.pdf

in das Internet eingestellt.