

VERSAMMLUNGSBERICHTE

Preußische Akademie der Wissenschaften

Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse.

Berlin, 12. Juni 1941.

Prof. Dr. Max Bodenstein, Berlin: *Die Entstehung des latenten Bildes und die Entwicklung desselben in der Photographie.*

Das latente Bild der photographischen Platte wird seit der Jahrhundertwende aufgefaßt als bestehend aus Silberkeimen. Diese sollen sich durch Zersetzung des Silberbromids durch das Licht bilden, durch Übergang des Elektrons vom Silberion (Ag^+) zum Bromion (Br^-), durch Bildung eines Silberatoms und eines Bromatoms in einem „inneren Photoeffekt“. Eine Berechnung der hierfür nötigen Energie aus thermochemischen Daten zeigt aber, daß die Energie der Quanten des sichtbaren Lichts längst nicht ausreicht. Tatsächlich ist auch der erste Akt des Vorgangs ein ganz anderer. Das Bromion verliert sein Elektron, das durch die von Gudden und Pohl vor Jahren beobachtete beim Belichten entstehende Leitfähigkeit sich erkennbar macht¹⁾.

Dann bleibt die energetische Unmöglichkeit, daß das Elektron vom Silberion aufgenommen wird, um dieses in ein Atom zu verwandeln. Diese Unmöglichkeit entfällt, wenn das entstehende Atom nicht frei sein soll, sondern wenn es im Augenblick seiner Entstehung in den Gitterverband bereits vorhandener „Vorkeime“ von festem Silber aufgenommen werden kann, wodurch die Sublimationswärme des Silbers als zusätzliche Energie gewonnen wird.

Tatsächlich ist die photographische Schicht nur dann hochempfindlich, wenn in ihr durch den Prozeß der Reifung solche „Vorkeime“ in Gestalt des sogenannten Reifsilbers erzeugt werden sind, oder wenn, was die Entwicklung der modernen gleichzeitig hochempfindlichen und feinkörnigen Emulsionen ermöglicht hat, statt dieser „Vorkeime“ von festem Silber solche von Schwefelsilber gebildet worden sind, das auch die Fähigkeit hat, Silberatome in sein Kristallgitter einzubauen.

Die Vorstellung, daß das Elektron zunächst im Bromsilberkristall vagabundieren muß, um ein dem „Vorkeim“ benachbartes Silberion zu finden, läßt die als Koagulationstheorie des latenten Bildes zusammengefaßten Erscheinungen verstehen, wonach Silberkeime immer nur an bevorzugten Stellen und hier in größeren Aggregaten sich bilden, und ebenso manche anderen Erfahrungen der photographischen Technik.

Genau so ist die Tatsache zu erklären, daß die Reduktion des Silberbromids durch den Entwickler nur an den Bromsilberkörnern stattfindet, die einen Keim festen Silbers tragen, denn sie ist auch nichts anderes als die Aufnahme eines Elektrons aus der Entwicklerlösung in das Silberion, das dadurch zu metallischem Silber wird. Auch diese bisher nur durch wenig befriedigende Vorstellung gedeutete Katalyse der Silberbildung wird so geklärt.

Wendet man statt sichtbaren Lichts energiereichere Strahlen an, insbesondere schnell bewegte Elektronen, so ist von einem solchen Energiemangel natürlich nicht mehr die Rede. Aufnahmen mittels des Elektronenmikroskops, die kürzlich v. Ardenne veröffentlicht hat²⁾, zeigen dementsprechend ein gänzlich abweichendes Bild: Die Silberatome, die sich hier direkt bilden können, sind vom ursprünglichen Ort der Silberionen im früheren Bromsilberkorn weggedampft und haben sich außerhalb desselben zu knolligen Auswüchsen niedergeschlagen.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik

Sitzung am Mittwoch, dem 18. Juni 1941,
im Physikalischen Institut der Universität Berlin.

H. Paetow: *Die Feldelektronenemission bei elektrischen Entladungen.*

Nach der Wellenmechanik sollte ein elektrisches Feld der Größenordnung $30 \cdot 10^6 \text{ V/cm}$ imstande sein auch aus kalten Metallen Elektronen herauszuholen; man bezeichnet dies als Feldelektronenemission. Die Elektronen sind wegen ihrer Wellennatur in der Lage, einen vorhandenen aber bei so hohen Feldern sehr schmalen Potentialberg an der Metalloberfläche zu durchdringen (Tunneleffekt). Der Emissionsstrom sollte in ganz bestimmter Weise von der elektrischen Feldstärke abhängen. Die quantitative Untersuchung dieses Effekts und damit die Prüfung der wellenmechanischen Formel machte lange Zeit große Schwierigkeiten, da die Feldelektronenemission immer von Spitzen und anderen Unebenheiten der Metalloberfläche ausgeht, die wirkliche Feldstärke an solchen Spitzen ist immer um einen sogenannten Grob-Fein-Faktor größer als die angelegte Feldstärke. Durch eine elektrooptische Untersuchung ist es Haefer³⁾ gelungen, die Form der emittierenden Spitzen zu ermitteln

und daraus die an ihnen wirksame Feldstärke zu berechnen. Die Messungen bestätigen die wellenmechanischen Ergebnisse in jeder Hinsicht. — Die für die Feldelektronenemission erforderlichen Feldstärken kommen auch dann zustande, wenn die Kathode teilweise mit einem positiv aufgeladenen Isolator bedeckt ist. Die positive Aufladung kann erzeugt werden 1. durch auftreffende positive Ionen, 2. durch Auflösung von Sekundärelektronen (dazu muß der Sekundärelektronenemissionsfaktor größer als Eins sein, d. h. für jedes auftreffende Elektron muß mehr als ein Elektron wieder weggehen, 3. durch Photoeffekt. Auch der Vorstrom einer Gasentladung kann schon ausreichende Isolatoraufladung für die Feldelektronenemission geben. Dadurch wird die Zündspannung herabgesetzt; es genügt schon, wenn nur ein einziges Stauteilchen auf der Kathode sitzt. Sehr unliebsam macht sich die Feldelektronenemission an der Grenze Leiter-Isolator beim Vakuumdurchschlag bemerkbar. Absichtlich herbeigeführt wird sie bei der Spritzentladung, beim *Malter-Effekt* und bei der Pulverschichtkathode. Bei der Spritzentladung ist die Kathode mit einer dünnen Körnchenschicht (etwa 10^{-4} cm Dicke), z. B. aus Aluminiumoxyd, oder mit einer elektrolytisch erzeugten Oxydschicht bedeckt. Fast der ganze Spannungsabfall der Entladung liegt in dieser Schicht. Die Elektronen können also gleich nach der Kathode ionisieren. Die Spritzentladung brennt bis zu Drucken von etwa 10^{-2} Torr . Eine Art Spritzentladung kann bis zu Drucken von etwa 10^{-5} Torr mit der Anordnung von *Malter* aufrechterhalten werden; auf der Aluminiumkathode wird eine Aluminiumoxydschicht niedergeschlagen, dann Caesium aufgedampft und dieses im Sauerstoffstrom teilweise oxydiert. Die besondere Wirksamkeit dieser Anordnung röhrt vom hohen Sekundärelektronenemissionskoeffizienten des Caesiums her. Bei der Pulverschichtkathode^{3a)} wird auf die Kathode ein Häufchen Isolatorpulver gebracht. Bei starker Spannung tritt ein starker Strom auf, das Pulver wird positiv aufgeladen und fliegt wegen der elektrostatischen Abstoßung auseinander. Es wird dann, auch wegen seiner positiven Ladung, auf die Kathode zurückgeführt und bildet dort eine gleichmäßige Schicht mit ähnlichen Eigenschaften wie die *Malter-Schicht*. Die Pulverschichtkathode zeigt Niederspannungs- und Hochspannungs-emission. Bei der ersten ist die Emission flächenhaft verteilt; sie hat sehr steile Kennlinien und brennt mit niedrigen Spannungen. Bei Erlöschen einiger Gebiete der Kathode durch inneren Durchschlag kann die Entladung in die Hochspannungsform umschlagen, die aber langsam wieder in die Niederspannungsform zurückgeht. — Auch die Nachentladungsströme von Gasentladungen beruhen auf Feldelektronenemission durch die kurzweligen Photonen der vorhergehenden Gasentladung; sie haben ihren Ursprung ebenfalls in isolierenden Oberflächenanlagerungen der Elektroden. Von Bedeutung ist diese Erscheinung für die Zündverzüge neuer Gasentladungen bei vorhergegangenen ausgeschalteten Entladungen und für die sogenannte Eigen- oder Selbsterregung von Zählrohren⁴⁾. — Man kann an diesen verschiedenen Erscheinungen die Feldelektronenemission über einen Stromstärkenbereich von 20 Zehnerpotenzen, von der Größenordnung eines Ampere bei Gasentladungen bis zu einzelnen Elektronen herab beim Zählrohr, verfolgen.

Physikalisches Institut der Universität Berlin

Colloquium am 2. Mai 1941.

Prof. G. Hettner: *Die Leistungsgrenze thermischer Strahlungsmeßinstrumente.*

Einen Teil der thermischen Strahlungsmeßinstrumente kann man als Wärmekraftmaschinen auffassen (z. B. das Thermoelement). In einem absorbierenden Körper, dem Empfangssystem des Instruments, wird die Strahlung in Wärme verwandelt und bewirkt eine Temperaturerhöhung gegen die Umgebung; sie wird zum Teil in Ausschlagsarbeit des beweglichen Systems im Meßinstrument umgesetzt, zum Teil geht sie in Wärme von der Temperatur der Umgebung über. Den Wirkungsgrad kann man durch Vergleich mit einem *Carnot-Prozeß* abschätzen. Die Empfindlichkeitsgrenze bei den besten Instrumenten dieser Art ist dadurch gegeben, daß der Ausschlag nicht von der Brownschen Molekularbewegung des beweglichen Systems (ein Freiheitsgrad) mit einer mittleren potentiellen Energie von i. allg. $kT/2$ ($\approx 2 \cdot 10^{-14} \text{ erg}$ bei Zimmertemperatur) verdeckt werden darf. Dagegen stellt z. B. das Bolometer keine Wärmekraftmaschine dar; die Ausschlagsarbeit wird bei ihm von der Stromquelle geliefert, die Temperaturerhöhung seines Empfangssystems wirkt nur auslösend; man möchte daher erwarten, daß man seine Empfindlichkeit durch Anwendung hinreichend hoher Spannungen beliebig weit steigern kann. Trotz des ganz anderen Mechanismus ist aber die Empfindlichkeit der besten Bolometer ungefähr gleich der der besten Strahlungsmeßinstrumente vom Typ der Wärmekraftmaschinen. Für diese Tatsache geben Dahlke u. Hettner⁵⁾ eine theoretische Erklärung. Sie beruht darauf, daß neben den mechanischen Schwankungen des beweglichen Systems auch Energie- bzw. Temperaturschwankungen des Empfangssystems auftreten, die die Meßgenauigkeit begrenzen können; eine Energie-

¹⁾ Vgl. dazu die Aufsätze und Versammlungsberichte von Pohl, Hilsch und Mollwo in dieser Zeitschr. z. B. 51, 339 [1938].

²⁾ Z. angew. Photogr. Wiss. Techn. 2, 14 [1940].

³⁾ Z. Physik 116, 604 [1940].

^{3a)} H. Paetow, ebenda 117, 399 [1941].

⁴⁾ H. Paetow, Z. Physik 111, 770 [1939].

⁵⁾ Ebenda 117, 74 [1941].

schwankung im Empfangssystem überträgt sich ebenso auf das bewegliche System wie Absorption von Strahlung beim eigentlichen Meßvorgang. Für den mittleren Fehler einer Energiemessung kann man als untere Grenze der Größenordnung nach den Ausdruck $\sqrt{CkT^2}$ angeben (C = Wärmekapazität des Empfangssystems). Sie kann nur dann erreicht werden, wenn die Schwankungen des beweglichen Systems infolge Brownscher Bewegung kleiner sind als die durch die Energieschwankungen des Empfangssystems verursachten. Eine Spannungserhöhung am Bolometer kann daher dieses Instrument nur so lange leistungsfähiger machen, bis die thermisch bedingten Schwankungen an die Größe der Brownschen Bewegung herankommen; bei weiterer Erhöhung der Spannung würde das Bolometer nur als „Verstärker“ der Energieschwankungen im Widerstand wirken. — Eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Strahlungsmeßinstrumenten erreicht man durch Verringerung des mittleren Fehlers einer Energiemessung, nach der obigen Formel also durch Herabsetzung der Temperatur und der Wärmekapazität des Empfangssystems. Der erste Weg wird meist auf praktische Schwierigkeiten stoßen; auch der zweite ist nicht beliebig weit gangbar. Das Empfangssystem besitzt immer ein gewisses Wärmeabgabevermögen λ je Sekunde und je Grad Temperaturerhöhung; die Zeittdauer t_m einer Messung darf also höchstens von der Größenordnung C/λ sein, wenn die Wärmeabgabe nicht wesentlich stören soll. Mit abnehmendem C müßte daher auch t_m immer kleiner gemacht werden, und damit würde auch die Energie, die ja in der Regel als Energiestrom S (erg je Sekunde) vorliegt, immer kleiner werden. Als Maß für die Leistungsfähigkeit L eines Strahlungsmeßinstruments wird der Ausdruck

$$L = \frac{1}{S} \cdot \frac{\text{Meßausschlag}}{\text{Schwankungsausschlag}} \cdot \frac{1}{\sqrt{t_m}}$$

vorgeschlagen. Als größte erreichbare Leistungsfähigkeit ergibt sich $L = 1/\sqrt{2k\lambda T^2}$; sie kann also grundsätzlich durch beste Wärmeisolation gesteigert werden, jedoch nicht beliebig weit, da ein Teil der Wärmeverluste immer unvermeidlich ist.

C. Weiß: Künstliche Erzeugung von UY, AcC'', RaE, Po⁶.

In den letzten Jahren gelang es in verschiedenen Fällen, radioaktive Elemente, die in der Natur vorkommen, auch durch Kernumwandlung aus schweren Elementen künstlich zu erzeugen. So gibt die Beschießung von ²³²Thorium mit Neutronen neben anderen Umwandlungsprodukten Uran Y nach der Reaktionsgleichung $^{230}_{90}\text{Th} + ^1\text{n} \rightarrow ^{230}_{90}\text{UY} + 2^1\text{n}$ ⁷). Identifiziert wurde dieses Umwandlungsprodukt durch chemische Abtrennung und durch die beobachtete Halbwertszeit von 24,5 h, die mit der des natürlichen UY (24,6 h) innerhalb der Fehlergrenzen übereinstimmt; auch die beobachtete β -Aktivität des künstlichen UY verhält sich wie die des natürlichen. — Beschießung von Blei mit schnellen Neutronen liefert u. a. AcC'' (= ²⁰⁷Tl) nach der Reaktionsgleichung $^{207}_{82}\text{Pb} + ^1\text{n} \rightarrow ^{207}_{81}\text{Tl} + ^1\text{p}$ ⁸). Die entsprechende Umwandlung der Blei-Isotopen ²⁰⁸Pb und ²⁰⁶Pb würde auf ThC'' bzw. ²⁰⁷Tl führen. Alle drei Prozesse dürften relativ selten sein, da das zu emittierende Proton bei der hohen Kernladung eine sehr hohe Potentialschwelle zu überwinden hat, wenn es aus dem Kern austreten soll. Der Nachweis des Umwandlungsproduktes AcC'' erfolgte, indem einige mg Tl dem zu bestrahlenden Pb(NO₃)₂ beigegeben und dann chemisch wieder abgetrennt wurden. Dabei wird das erzeugte radioaktive Element mit abgetrennt; es ist also ein Isotop des Tl. Die Halbwertszeit ergab sich zu 4,6 min, während AcC'' eine solche von 4,7 min hat. Eine gefundene Halbwertszeit von 4,1 min bei Bestrahlung mit langsamem Neutronen dürfte der bekannten 4,1 min-Aktivität des ²⁰⁴Tl zuzuschreiben sein. — Eine ausführlichere Untersuchung haben die Umwandlungen erfahren, die bei Beschießung von Wismut mit schnellen Deuteronen aus dem Cyclotron (Energien bis 8,7 Mio. V) auftreten⁹). Es entstehen RaE durch einen sog. (d, p)- und Po durch einen (d, n)-Prozeß nach den Reaktionsgleichungen $^{209}_{83}\text{Bi} + ^2\text{d} \rightarrow ^{209}_{82}\text{RaE} + ^1\text{p}$; $^{209}_{83}\text{Bi} + ^2\text{d} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Po} + ^1\text{n}$. RaE zerfällt seinerseits wieder in Po gemäß $^{209}_{82}\text{RaE} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Po} + \beta$ mit einer Halbwertszeit von 5,0 Tagen. Die Mengen Po, die direkt sowie indirekt auf dem Weg über das zerfallende RaE entstehen, können aus dem zeitlichen Verlauf der α -Aktivität des Po erschlossen werden; damit gewinnt man Aufschluß über die relativen Ausbeuten des (d, n)- und des (d, p)-Prozesses. Sie verhalten sich im Energiebereich 6,2—8,7 Mio. V der Deuteronen wie 1 zu 6—4. Da es für Protonen wegen der hohen Potentialschwelle von 9,7 Mio. V kaum möglich ist, den Kern zu verlassen, aber trotzdem der (d, p)-Prozeß der häufigere ist, wird man ihn so zu deuten haben, daß das Deuteron beim Auftreffen auf die Kernoberfläche in dem starken Kraftfeld des Kerns in ein Proton und ein Neutron dissoziert; das erstere fliegt weg, ohne in den Kern einzudringen, das letztere wird vom Kern absorbiert. Dringt dagegen das Neutron als ganzes in den Kern ein, so wird man in den meisten Fällen den (d, n)-Prozeß erwarten; das Proton hat wegen der hohen Potentialschwelle eine so geringe Austrittswahrscheinlichkeit gegenüber dem elektrisch neutralen Neutron, daß fast immer die Emission

⁸) Vgl. hierzu Straßmann, „Über die Spaltung schwerer Kerne“, diese Ztschr. **54**, 249 [1941].
⁹) F. Nishina, T. Yasaki, K. Kimura, M. Ikawa, Nature **142**, 874 [1938].

¹⁰) E. Bretscher u. L. G. Cook, ebenda **146**, 431 [1940].

¹¹) D. G. Hurst, R. Latham u. W. B. Lewis, Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **174**, 126 [1940].

des Neutrons erfolgt. Die Prozesse, die bei der Beschießung des ²⁰⁹Bi mit Deuteronen auftreten, sind besonders interessant, weil die Endprodukte der (d, p)- und der (d, n)-Reaktion sich wegen ihrer verschiedenen Art der Radioaktivität (β - bzw. α -Aktivität) experimentell besonders leicht analysieren lassen. Bei (d, p)- und (d, n)-Reaktionen an anderen Elementen ist i. allg. nur eines der Endprodukte instabil, und in den seltenen Fällen, wobei die instabil sind, sind die Aktivitäten gewöhnlich von der gleichen Art und daher nicht einfach zu trennen.

Chemisch-Physikalische Gesellschaft in Wien

(gemeinsam mit dem Gauverein Ostmark
der Deutschen physikalischen Gesellschaft)

Sitzung am 30. April 1941.

Prof. Dr. W. Heisenberg, Leipzig: *Die durchdringende Komponente der Höhenstrahlung*.

Vortr. gibt zuerst einen kurzen Überblick über die verwickelten Prozesse, die sich als Folge der aus dem Weltraum eindringenden Strahlung in der Atmosphäre abspielen, behandelt die Zerlegung der kosmischen Strahlung in die verschiedenen Komponenten und geht dann auf die Prozesse ein, durch welche die Mesonen in der Atmosphäre absorbiert werden, und auf die Vorgänge, bei denen die Mesonen in der Atmosphäre entstehen. Es wird die Ansicht vertreten, daß die von Blau u. Wambacher beobachteten Kernzertrümmerungen zugleich die Entstehungsprozesse der Mesonen und der Protonen und Neutronen seien und daß diese Kernzertrümmerungen in erster Linie von den Lichtstrahlen der primären Ultrastrahlung ausgelöst werden¹⁰).

Deutsche Gesellschaft für photographische Forschung

10. Tagung, 9. Mai 1941 in Berlin (Haus der Technik).

Prof. Dr. J. Eggert, Leipzig: *Sensitometrischer Jahresbericht*.

Es wird über die Tätigkeit des Ausschusses für Sensitometrie der Gesellschaft berichtet. Der Ausschuß hat die auf der letzten Tagung in München¹¹) von englischer und amerikanischer Seite gemachten Vorschläge auf ihre Leistungsfähigkeit sowohl an sich als auch im Vergleich zum DIN-System untersucht. In Betracht gezogen wurden: 1. Das Entwicklungsverfahren von Rawling (reproduzierbare Zeit-Temperatur-Entwicklung); 2. Der Vorschlag von Jones; 3. Der Vorschlag der Amer. Standard Association. Dieser enthält die Rawling-Entwicklung und das Jones-Kriterium, verlangt aber überdies noch eine Beschränkung auf eine bestimmte Neigung der S-Kurve. Diese bestimmte Neigung der S-Kurve soll der Arbeitsweise der amerikanischen Photohändler (Photofinisher) angepaßt sein, da diese angeblich weitgehend einheitlich bis zu einer bestimmten Neigung entwickeln. Dies trifft jedoch in keiner Weise für deutsche Verhältnisse zu, wie umfangreiche Versuche bzw. Erhebungen bei deutschen Photohändlern ergaben. Es wurden bei gleichen Filmtypen an verschiedenen Stellen γ -Werte festgestellt, die sich maximal um den Faktor 4 unterscheiden. — Die Vergleiche sind noch nicht endgültig abgeschlossen. Sie lassen jedoch bereits erkennen, daß die Vorschläge gegenüber dem DIN-System hinsichtlich der Erfassung der praktischen Empfindlichkeit, der Reproduzierbarkeit der Messwerte und der Einfachheit der Ausführung der Messungen in keiner Weise grundlegende Verbesserungen darstellen.

Reg.-Rat. Dr. H. Korte, Berlin, P. T. R.: *Die neue Kerze und ihre Auswirkung auf die Sensitometrie*.

Die Entwicklung der Normallichtquellen bis zu dem kürzlich neu eingeführten schwarzen Körper von 1768¹² (erstarrendes Platin)¹³) wird an Hand von z. T. historischen Modellen (Öl-Lampe, Pentan-Lampe u. a.) gezeigt. Das neue Normal ist wesentlich genauer reproduzierbar als das vorhergehende, die Hefner-Kerze. Die DIN-Sensitometrie wird durch die „Neue Kerze“ nur durch den Umrechnungsfaktor 1,14 (1,14 H.-K. = 1 Neue Kerze für 2360° K) beeinflußt.

Oberstabsing. Dr. C. Aschenbrenner, Berlin: *Probleme und Erfolge der Luftbildtechnik beim Kriegseinsatz*.

Einleitend wird ein Überblick über den Unterschied zwischen Erd- und Luftbild in der Aufgabenstellung und in den Aufnahmeverhältnissen, besonders im Kriege, gegeben. Bei dem Aufnahmegerät ist das schwierigste Problem der Ausgleich zwischen Leistung, einfacher Bedienung und geringem Gewicht. Die größte Bedeutung für die Erfolge auf dem Gebiet des Luftbildes im gegenwärtigen Kriege ist der Einführung des Großformates 30 × 30 cm (Kamera als Reihenbildner ausgebildet) zuzusprechen. Für die Bildbearbeitung

¹⁰) Vgl. hierzu Heisenberg, Das schwere Elektron (Mesotron) und seine Rolle in der Höhenstrahlung, diese Ztschr. **52**, 41 [1939]; Wambacher, Mehrfachzertrümmerung v. Atomkernen durch kosmische Strahlung, ebenda S. 117; Euler, Ausgedehnte Schauer der Ultrastrahlung in der Luft, ebenda S. 702.

¹¹) Vgl. diese Ztschr. **52**, 212 [1939].