

Die Bedeutung der physikalischen Chemie für die Photoindustrie*).

Von Prof. Dr. J. EGGERT, Leipzig.

(Eingeg. 17. Juli 1935.)

Das mir in der vorliegenden Vortragsreihe zugedachte Thema ist insofern dankbar, als auf die verschiedenste Weise leicht nachzuweisen ist, daß die Phototechnik zu den unmittelbarsten Anwendungszweigen der physikalischen Chemie zu zählen ist. Abgesehen davon, daß die Photochemie selbst ein wichtiges Teilgebiet unserer Disziplin ist, das sich immer enger mit ihren tiefsten Wurzeln verbindet, kann man an allen Einzelaufgaben der Phototechnik die Bedeutung der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise verfolgen. Dies offenbart sich an der apparativen Ausgestaltung der Aufnahme- und Wiedergabegeräte für Licht-, Röntgenstrahl- und Schallaufzeichnung in optischer, mechanischer, photoelektrischer und photochemischer Hinsicht. Es wird klar an der großtechnischen Behandlung von Problemen wie der Herstellung photographischer Emulsionen, Filme, Platten und Papiere sowie der Fabrikation hierzu geeigneter Gelatine und anderer Rohstoffe, ferner an der serienmäßigen Verarbeitung von Negativen und Kopien in den Großkopieranstalten der Kinotechnik oder in reproduktionstechnischen Betrieben. Unter dieser Fülle von Beispielen können wir heute erklärlicherweise nur einen ganz geringen Bruchteil betrachten und wenden uns nachfolgend drei Teilthemen zu, von denen das erste dem physikalischen Rüstzeug, das zweite der engeren physikalisch-chemischen Betrachtungsweise und das dritte vorzugsweise dem organisch-chemischen Arbeitsgebiet der Phototechnik entlehnt ist.

In diesem Sinne wollen wir, als physikalisches Teilthema, einen Blick auf die in der Phototechnik verwendeten **Lichtquellen** werfen. Als internationaler Standard dient eine geradfäidige Metalldrahtlampe von 2360° absoluter Farbtemperatur in Verbindung mit zwei beständigen Flüssigkeitsfiltern aus CuSO_4 - und CoSO_4 -Lösungen nach

Davis und *Gibson*. Diese Lichtquelle findet Verwendung in dem vom Deutschen Normenausschuß empfohlenen Verfahren zur Prüfung von Negativmaterial für bildmäßige Aufnahmen, wie es in dem Normblatt DIN 4512¹⁾ eingehend beschrieben ist. Die spektrale Zusammensetzung der Lichtquelle (mit Filter) ist der des mittleren Mittagssonnenlichtes nachgearbeitet (vgl. Abb. 1).

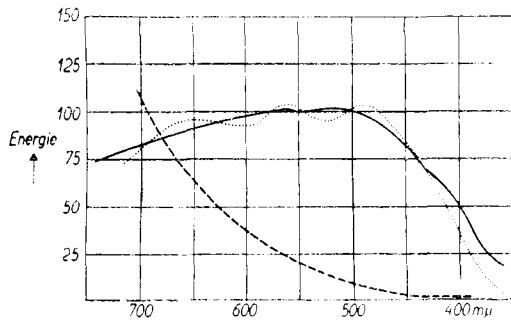


Abb. 1. Spektrale Energieverteilung verschiedener Lichtquellen.
 — Sonnenlicht
 DIN-Beleuchtung
 - - - Hefner-Lampe

setzung der Lichtquelle (mit Filter) ist der des mittleren Mittagssonnenlichtes nachgearbeitet (vgl. Abb. 1).

Wie sich diese Lichtquelle aktinisch zu einigen anderen Kunstlichtquellen verhält, zeigt Tabelle 1 (nach *O. Reeb*²⁾.

*.) Vorgetragen anlässlich der 40. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie am 30. Mai 1935 zu Berlin.

¹⁾ R. Luther u. H. Staude, Photographische Ind. **32**, 1139, 1216 [1934]; Z. wiss. Photogr. **34**, 40 [1935]; Photogr. Korresp. **70**, Beil. S. 53 [1934]; M. Biltz, diese Ztschr. **47**, 67 [1934].

²⁾ O. Reeb, Z. wiss. Photogr., **34**, 81, 86 [1935]; vgl. a. diese Ztschr. **48**, 81 [1935].

Hierbei bedeutet die Aktinität *a* diejenige Zahl, die angibt, um wieviel größer oder kleiner die Helligkeit der Prüflampe

Tabelle 1.
Aktinität verschiedener Lichtquellen.

Lichtquelle	vorwiegend blau-empfindliche Schicht	Aktinität <i>a</i>	panchromatische Schicht	
			orthochromatische Schicht	—
Sensitometer-Normallampe	1	1	1	1
Vakuum-Glühlampe	0,3	0,4	0,8	—
Gasgefüllte Glühlampe	0,6	0,6	1,0	—
Dauerbrand-Bogenlampe	8	6,3	—	—
Hg-Niederdrucklampe	3	2	1,5	—
Hg-Hochdrucklampe	2	1,4	1,3	—
Na-Lampe	—	—	0,5	—
Blitzlichtpulver	—	0,5	—	—
Vacublitz	—	0,7	—	—

sein muß als die der Normallampe (Spalte 1), damit auf der verwendeten photographischen Schicht die gleiche photographische Wirkung erzeugt wird. In der Aktinität *a* sind also die Wirksamkeit der verglichenen Lichtquellen auf das Auge (photometrischer Vergleich) und die Wirksamkeit derselben Lichtquellen auf die jeweilige photographische Schicht (gleiche Schwärzung) zueinander in Beziehung gesetzt. Man entnimmt aus Tabelle 1 z. B., daß elektrische Glühlampen eine um etwa 60 bis 40% geringere Aktinität, die Bogenlampen eine etwa 6fach höhere Aktinität bei Verwendung von orthochromatischem Material besitzen als die Sensitometer-Normallampe³⁾.

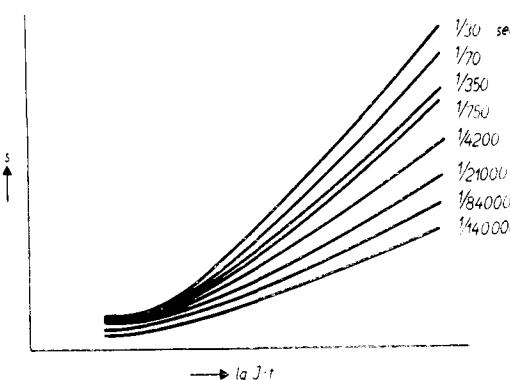


Abb. 2. Schwärzungskurven von Agfa-Positivfilm für gleiche Lichtenergie bei immer kürzerer Belichtungszeit bzw. immer größerer Lichtintensität („Ultra-Kurzzeit-Effekt“).

Mit den letzten Werten von Tabelle 1 gelangen wir zu den photographischen **Blitzlichtquellen**, bei denen uns außer der Aktinität *a* vor allem die Brenndauer interessiert. Diese beträgt bei den (klassischen) Blitzlichtpulvern 0,03 bis 0,1 s, bei den in Glaskolben, unter geringem Sauerstoffdruck abbrennenden dünnen Metallfolien 0,01 s⁴⁾. Für diesen Fall läßt sich die kurze Brenndauer des Blitzen mit folgender von *O. Reeb* angegebenen Einrichtung zeigen. Man ordnet etwa 10 solcher Glaskolben (Osram-Vacublitz⁵⁾ neben-

³⁾ Ein Normblatt über die Definition und die Bestimmung der Aktinität befindet sich in Vorbereitung.

⁴⁾ A. Fröhlich, Veröff. Agfa Bd. III, Leipzig 1933, S. 305; Photographische Ind. **31**, 1066 [1933].

⁵⁾ Ich danke der Osramgesellschaft und Herrn Dr. Reeb nochmals für die Bereitstellung der Blitze für diesen Versuch.

einander in Abständen von etwa 1 cm an und versieht den ersten mit einer elektrischen Zündvorrichtung. Tritt sie in Tätigkeit, so werden die nebenstehenden Kolben lediglich durch den Strahlungsstoß gezündet, brennen also alle der Reihe nach ab. Der letzte Kolben flammt daher mit einer Verzögerung von etwa $10 \times 0,01 = 0,1$ s auf, was man leicht beobachten kann, wenn man vor den ersten Kolben ein grünes, vor den letzten ein rotes Glasfenster setzt und die dazwischenliegenden Kolben verdeckt. Das Aufleuchten des grünen und 0,1 s später das des roten Feldes ist deutlich zu beobachten.

Noch kürzere Belichtungszeiten kommen bei der photographischen Schallaufzeichnung (**Tonfilm**) zur Anwendung. Dieser „Ultra-Kurzzeit-Effekt“ wirkt sich photographisch in sehr charakteristischer Weise aus, wie man an Abb. 2 erkennt. Hier ist eine Anzahl von Schwärzungskurven aufgezeichnet, die unter Benutzung der gleichen Lichtenergie, aber mit immer kürzeren Belichtungszeiten (von $1/30$ s bis $1/140\,000$ s abnehmend) und mit jeweils entsprechend vergrößerter Lichtintensität gewonnen wurden. Man sieht, daß die Neigung der Kurven ständig sinkt, und es leuchtet ein, daß diese dem Schwarzschildeffekt verwandte Erscheinung bei der technischen Verwendung der Tonphotographie eingehend untersucht werden mußte⁷⁾.

Die kürzesten Belichtungszeiten sind bisher mit den

Lichtquellen erreicht worden, die **Cranz** und seine Mitarbeiter zum Studium ballistischer Vorgänge entwickelten. Hier werden **Funkentrecken** benutzt, die mit Hilfe einer geeigneten Verzögerungsschaltung kurzzeitig nacheinander arbeiten, so daß auf jedes der (etwa 10) Reihenbilder die Belichtungsdauer von etwa 10^{-5} s entfällt⁸⁾. Zur Ergänzung sei erwähnt, daß sich in Hochleistungsszillographen Schreibgeschwindigkeiten erzielen ließen, die sogar eine photographische Registrierung von 10^{-9} s erlaubten⁹⁾.

Abb. 3. Röntgenröhre mit Drehanode⁶⁾.

geschnelligkeiten erzielen ließen, die sogar eine photographische Registrierung von 10^{-9} s erlaubten⁹⁾.

Auch die Technik der **Röntgenröhren** ist in der Weiterentwicklung jetzt zu Hochleistungsgeräten gelangt, die die Herstellung von Kurzzeitaufnahmen (0,02 s) für medizinische Zwecke gestatten. Dies wurde durch die Anwendung von Drehanoden erreicht, die im Innern des Hochvakuumrohres unter der Wirkung eines außen angelegten magnetischen Drehfeldes rotieren (Abb. 3).

In ganz anderer Richtung liegen die Probleme der **Dunkelkammerbeleuchtung**. Hier gilt es, Lichtquellen zu verwenden, bei denen das Auge möglichst gut sehen kann, die photographische Schicht aber bei Herstellung und

⁶⁾ Die Abbildung stellt die Rotalix-Röhre der C. H. F. Müller A.-G. dar; eine ähnliche Röhre bringen die Siemens-Reiniger-Werke als Pantix-Röhre in den Handel.

⁷⁾ J. Eggert u. R. Schmidt, Einf. Tonphotogr., Leipzig 1932, S. 79.

⁸⁾ Cranz u. Schardin, Z. Physik 56, 147 [1929].

⁹⁾ W. Krug, Ber. VIII. Int. Kongr. Photogr. Dresden 1931, Leipzig 1932, S. 346.

Verarbeitung möglichst wenig aktinisch belichtet wird; die Aktinität a dieser Lichtquellen muß also so niedrig wie möglich gehalten werden. Wie dieses Ziel im Falle unsensibilisierter photographischer Schichten erreicht wurde, zeigt Abb. 4. In früheren Zeiten sorgte man lediglich dafür, daß die spektrale Lichtverteilung der Dunkelkammerlampe möglichst in das Rot gelegt wurde, vergaß aber darauf zu achten, daß eine gewisse Empfindlichkeit der Schicht auch für das äußerste Rot und Ultrarot besteht, für das das Auge praktisch blind ist. Die spektrale Verteilung einer solchen Lichtquelle geht aus der gestrichelten Kurve von Abb. 4 hervor. Wesentlich günstiger im Sinne

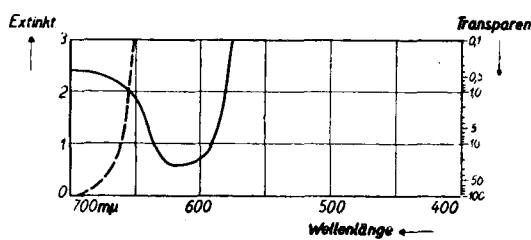


Abb. 4. Extinktionskurven von Dunkelkammerfiltern für unsensibilisierte Schichten.

— Modernes Filter — — — Früheres Filter

der genannten Aufgabenstellung ist eine Lichtquelle entsprechend der ausgezogenen Kurve, bei der das Auge nichts nützende, der photographischen Schicht dagegen nur schädliche langwellige Spektralgebiet ausgeschaltet und dafür Anteile aus dem Orange hinzugezogen sind, so daß eine Beleuchtung resultiert, die bei gleicher photographischer Wirkung — man sagt auch gleicher Sicherheit — für das Auge um ein Vielfaches heller erscheint. Es erübrigt sich, näher auszuführen, daß sich diese Betrachtungsweise in ähnlicher Form für ortho- und panchromatische Schichten durchführen läßt wie für die besprochenen unsensibilisierten Schichten¹⁰⁾.

Das Gegenstück zu dieser Art von Lichtquellen bilden solche, bei denen die umgekehrte Aufgabe gestellt ist, daß nur die photographische Schicht reagiert, während das Auge keinerlei Strahlung wahrnimmt. Im Gegensatz zu den Dunkelkammerlampen, deren Aktinität a möglichst klein sein muß, ist für diese Lichtquellen, die zur **Photographie in der Finsternis** dienen sollen, eine möglichst hohe, ja unendlich große Aktinität a erforderlich. Auch hier werden geeignete Filter mit normalen Lichtquellen zusammengeschaltet, und zwar Nickeloxydglasfilter in Verbindung mit Quecksilberlampen zur Herstellung möglichst reiner UV-Strahlung, und andererseits Gelatine-Farbstoff-Filter in Verbindung mit gasgefüllten Metalldrähtlampen zur Erzielung von Ultrarotstrahlung. Daß es möglich ist, in diesem Falle bei Verwendung geeigneter Farbstoffe den Ultrarotbereich sehr weitgehend abzustufen, zeigen die Extinktionskurven einer Filterreihe in Abb. 5¹¹⁾.

¹⁰⁾ H. Arens, Z. wiss. Photogr. 24, 229 [1926].

¹¹⁾ H. K. Weichmann, ebenda 34, 136 [1935]; Veröff. Agfa Bd. IV, Leipzig 1935, S. 88.

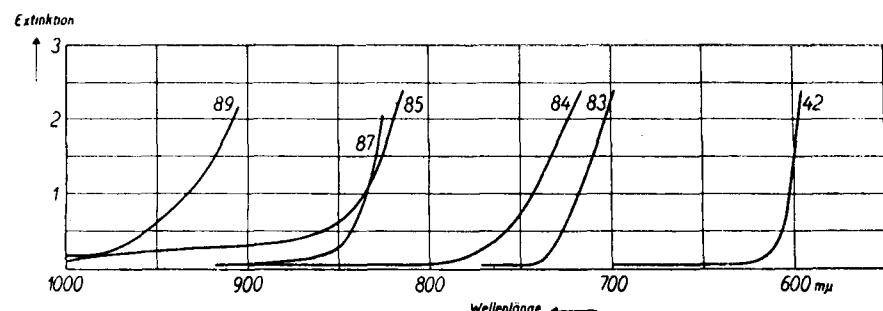


Abb. 5. Extinktionskurven der Agfa-Schwarzfilter für Infrarot-Photographie.

Schließlich sei als Kuriosum eine Lichtquelle erwähnt, die zwar bisher keine technische Verwendung besitzt, die aber in ihrer Art eine überraschend hohe Leistung liefert: Die unter kräftiger **Chemiluminescenz** verlaufende Oxydation von N,N'-Dimethyl-diacridyliumnitrat durch Wasserstoffperoxyd in ammoniakalischer Lösung (Gleu und Petsch¹²). Wie zu erwarten, läßt sich die Strahlung dieser Lichtquelle ohne weiteres zur Herstellung von photographischen Aufnahmen benutzen¹³.

Unser zweites Teilgebiet¹⁴) entnehmen wir dem engeren Forschungsbereich der Physikalischen Chemie und betrachten die Primär- und Sekundärvorgänge verschiedener phototechnisch wichtiger Prozesse (Tab. 2). Folgende **Schichtarten** finden ausgedehnte Verwendung: Chlorsilber¹⁵) ist der wesentliche Bestandteil der Auskopierschichten (a); Bromsilber¹⁶) ist in allen Negativmaterialien und hochempfindlichen Entwicklungspapieren enthalten (b); Diazoiumsalze¹⁷) werden für die Diazotypie (z. B. für das Ozalidverfahren) benutzt (c), und der Gelatinechromatprozeß¹⁸) findet in den verschiedensten Formen und Arten in der Reproduktionstechnik Verwendung (d).

Die Quantenausbeute φ der primären Belichtungsvorgänge an diesen Schichten liegt, wie Tabelle 2 zeigt, in

Tabelle 2.
Reaktionsfolgen und Quantenausbeuten der wichtigsten phototechnischen Schichten.

Schichtarten	Reaktionsmechanismus	Quantenausbeute
a) Chlor-silber-gelatine ¹⁵)	$\text{Cl}^- + h\nu = \text{Cl} + \ominus$ $\ominus + \text{Ag}^+ = \text{Ag}$ $\text{AgCl} + h\nu = \text{Ag} + \text{Cl}$	$\varphi = 1$
b) Brom-silber-gelatine ¹⁶)	$\text{Br}^- + h\nu = \text{Br} + \ominus$ $\ominus + \text{Ag}^+ = \text{Ag}$ $\text{AgBr} + h\nu = \text{Ag} + \text{Br}$	$\varphi = 1$
c) Diazo-verbindungen ¹⁷)	$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{NH}\cdot\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{N} \equiv \text{N} + \text{H}_2\text{O}$ SO_4H $+ h\nu = \text{N}_2 + \text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{NH}\cdot\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{OH}$ $+ \text{H}_2\text{SO}_4$	$\varphi = 0,5$
d) Chromat-gelatine ¹⁸)	1. $3(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 + 6\text{H}$ (aus Gelatine) $+ 6h\nu = (\text{CrO})_3\text{CrO}_4 + 6\text{NH}_4\text{OH}$ 2. $(\text{CrO})_3\text{CrO}_4 + 2$ Gelatine \rightarrow Adsorptionsverbindung	$\varphi_{\text{Or}} = 0,5$ $\varphi_{\text{Gel}} = 0,3$

gleicher Größenordnung, und zwar besitzt die Größe φ etwa den Wert 1. Während an den Vorgang b zur praktischen Auswertung stets der Entwicklungsprozeß angeschlossen wird, um die Lichtwirkung um ein Vielfaches zu erhöhen, werden die anderen drei Reaktionen ohne eine solche Verstärkung benutzt: Beim Auskopieren (a) dient das direkt abgeschiedene Silber unmittelbar zum Bildaufbau (von Tonungs- und ähnlichen Vorgängen abgesehen); bei der Diazotypie (c) nach dem Ozalidverfahren wird die unzersetzt gebliebene Diazoerbindung in feuchtem Ammoniakgas mit einer gleichfalls anwesenden Komponente

¹²) Gleu u. Petsch, diese Ztschr. 48, 57 [1935].

¹³) B. Wendt, Photograph. Ind. 33 [1935] im Druck.

¹⁴) Über dieses Teilgebiet wurde bereits früher (J. Eggert, Z. techn. Physik 15, 436 [1934]) ausführlicher vorgetragen, so daß wir uns hier kurz fassen können.

¹⁵) Vgl. neuerdings besonders P. Feldmann u. A. Stern, Z. physik. Chem. Abt. B. 12, 467 [1931], 16, 45 [1934]. P. Feldmann, Naturwiss. 16, 530 [1928]; Z. physik. Chem. Abt. B. 12, 449 [1931].

¹⁶) Vgl. neuerdings besonders R. Hilsch u. R. W. Pohl, Ber. VIII. Int. Kongr. Photogr. Dresden 1931, Leipzig 1932, S. 29.

¹⁷) J. Eggert u. W. Schröter, Z. Elektrochem. angew. physik. Chem. 34, 602 [1928]; Z. wiss. Photogr. 28, 1 [1930].

¹⁸) M. Biltz u. J. Eggert, Veröff. Agfa Bd. III, Leipzig 1933, S. 294.

zu einem Azofarbstoff gekuppelt (die Methode liefert also Positivkopien oder -pausen nach Positivvorlagen); beim Gelatinechromat- oder Lichthärtungsprozeß (d) benutzt man die verminderte Quellfähigkeit oder die verringerte Löslichkeit der im Licht entstandenen Adsorptionsverbindung aus Gelatine und dreiwertigem Chrom, um Anfärbungsdifferenzen mit wasserlöslichen oder Pigmentfarbstoffen zu erzeugen (Quell- oder Auswaschreliefs für Druck-, Pigment-, Ätzverfahren u. ä.).

Betrachtet man den photographischen Prozeß an der Bromsilbergelatineschicht (b) unter Hinzunahme des Entwicklungsvorganges, so ergibt sich für die Quantenausbeute einschließlich dieser „Verstärkung“ ein wesentlich

Tabelle 3.
Mittlere Kornmassen und Entwicklungsfaktoren einiger photographischer Schichten.

Schichtart	Kornmasse g	Entwicklungs-faktor
Hochempfindliche Schicht	$6 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^8$
Phototechnische Schicht	$1 \cdot 10^{-12}$	10^7
Lippmann-Schicht ¹⁹)	$1 \cdot 10^{-16}$	10^3

höherer Wert. Das Verhältnis der nach der Entwicklung vorliegenden Silbermenge zu der durch den Primärprozeß in der Schicht gebildeten („latenten“) Silbermenge sei Entwicklungsfaktor genannt. Diese Größe nimmt ab mit verminderter Korngröße der verwendeten Schicht und besitzt für geringe Schwärzungen Werte, wie sie in Tabelle 3 zusammengestellt sind. Die Verschiedenheit der Entwicklungsverfahren ist mit ein Grund für den Empfindlichkeitsunterschied der verschiedenen Schichten des Handels, deren Schwärzungskurven in Abb. 6 wiedergegeben sind.

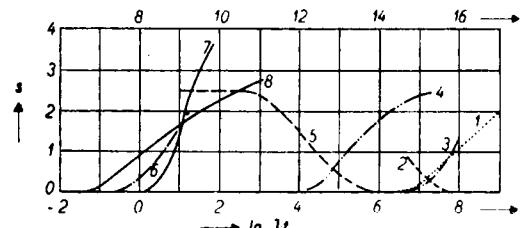


Abb. 6. Schwärzungskurven einiger phototechnischer Filme. Ordinate: Schwärzung; Abszisse: Energien in 10^n Luxsec (1000-Watt-Kineprojektionslampe) bzw. in 10^P $h\nu$ absorbiert.

1 Chromatgelatine (gefärbt)	5 Direkt-Duplikat-Film
2 Ozalid-Papier	6 Bromsilber-Papier
3 Celloidin-Papier	7 Phototechnischer Film
4 Lippmann-Platte	8 Hochempfindlicher Negativfilm

Man sieht an den Kurven 1, 2 und 3 nochmals die ganz unempfindlichen Schichtarten (d, c, a). In gestuften Abständen, die etwa den Entwicklungsfaktoren entsprechen, folgen die mit Entwicklung benutzten Schichten 4, 6, 7 und 8. Hinzuweisen ist schließlich auf die Kurve 5, die der sogenannten Direkt-Duplikat-Schicht²⁰) angehört. Bei diesem Material ist allein der Solarisationszweig der Schwärzungskurve ausgebildet, der sonst möglichst vermieden wird (Versuch).

Das dritte Teilgebiet entnehmen wir dem ausgesprochen organisch-chemischen Arbeitsbereich der Phototechnik und betrachten einige Gruppen photographischer Farbstoffe. Hierher gehören zunächst die **Filterfarbstoffe**, von denen wir einige Vertreter bereits in Abb. 5 kennengelernt haben. — Ein anderes Beispiel knüpfen wir an die bekannte Tatsache an, daß Blaufilter in der Regel eine gewisse Rotdurchlässigkeit besitzen, wie dies z. B. aus der

¹⁹) H. Tollert, Z. physik. Chem. Abt. A 140, 355 [1929].

²⁰) H. Arens u. J. Eggert, Veröff. Agfa Bd. III, Leipzig 1933, S. 166.

Tabelle 4. Verschiebung des Sensibilisierungsmaximums von Polymethinfarbstoffen mit wachsender Länge der Polymethinkette.

Zahl der Ketten-glieder	Konstitutionsformel	Bezeichnung	Sens.-Maxi-mum*)	$\Delta\lambda$ je $-\text{CH}=\text{CH}-$ μ
1	$\text{A}-\text{CH}=\text{B}$	Thiocyanin	450	
3	$\text{A}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{B}$	Thiocarbocyanin	595	145
5	$\text{A}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{B}$	Penta-Thiocarbocyanin	695	100
7	$\text{A}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}=\text{CH}=\text{B}$	Hepta-Thiocarbocyanin	810	115
9	$\text{A}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{B}$	Nona-Thiocarbocyanin (Oxacetyl)	915	105
11	$\text{A}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}=\text{B}$	Undeka-Thiocarbocyanin (Oxacetyl)	1020	105

*) Die Lage des Maximums gilt nur für die speziell angeführte Konstitution von A und B und verschiebt sich für andere Heterocyclen.

gestrichelten Kurve von Abb. 7 hervorgeht. Die ausgezogene Kurve hingegen, die einem neuerdings hergestellten²¹) Blaufilter zukommt, zeigt diese Eigentümlichkeit nicht, wie sich leicht durch Einschalten eines Rotfilters prüfen läßt, hinter dem das neue Filter völlig schwarz, das alte dagegen merklich rot erscheint.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Forschung auf dem Gebiete der **Sensibilisatoren**²²). In Tabelle 4 ist eine Reihe

Art, wie sie von *Luther* und *Sohilow* u. a. an zahlreichen Systemen anderer Zusammensetzung studiert worden sind; auch fehlt es nicht an Versuchen, dieses Silber-Farb-Bleichverfahren für die Farbenphotographie nutzbar zu machen²³).

Damit wollen wir unseren kurzen Rundblick in einige wichtige Teilgebiete der Phototechnik beschließen. Wenn auch die Probleme der Photoindustrie keineswegs vorwiegend durch die akademische physikalische Chemie gelöst wurden, sondern ein guter Teil Empirie die Entwicklung vorwärts gebracht hat, so ist doch sicher, daß der systematischen Versuchsführung bei Fortschrittsarbeiten und bei Prüfmethoden im Sinne der physikalisch-chemischen Forschungsverfahren Erhebliches zu verdanken ist. Vor allem ist die Physikalische Chemie insofern vorbildlich,

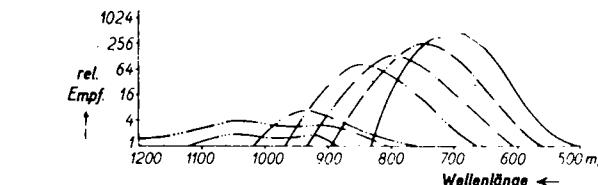


Abb. 7. Extinktionskurven von Blaufiltern.
— Neues Filter
- - - - Altes Filter

ein weiteres Glied — bei Erhaltung der endständigen Reste — das Sensibilisationsmaximum in gleicher Weise in das Ultrarot vorrückt, wie sich das Absorptionsmaximum ähnlicher Verbindungen verlagert²⁴). In welcher Weise sich diese Erkenntnisse für die Spektroskopie fruchtbar machen ließen, zeigt Abb. 8, in der die (schematischen) spektralen Empfindlichkeitskurven einer Reihe solcher Schichtarten wiedergegeben sind^{25,26}.

Schließlich sei eine interessante Farbstoffreaktion gezeigt, die darauf beruht, daß gewisse Farbstoffe, besonders Azofarbstoffe — in sauren Lösungen von Silberkomplexbildnern — bei Gegenwart von Silber ausbleichen, das hierbei gleichfalls in Lösung geht. Dieser Vorgang ist als eine „gekoppelte Reaktion“ anzusprechen, etwa von der

Abb. 8. Relative photographische Empfindlichkeit einiger für Ultrarot empfindlicher photographischer Schichten (schematisch).

Agfa-Infrarotplatte	„700“
Agfa-Infrarotplatte	„750“
Agfa-Infrarotplatte	„800“
Agfa-Infrarotplatte	„850“
Agfa-Infrarotplatte	„950“
Agfa-Infrarotplatte	„1050“
Agfa-Infrarotplatte	„1050“ (10fache Belichtung)

als sie als eine der ersten „Grenzwissenschaften“ der Naturforschung den Grundsatz verfolgt, daß nicht die reinen Stammdisziplinen, wie in unserem Falle die Optik, Mechanik, Röntgenphysik, Elektroakustik, Beleuchtungstechnik als physikalische Teilgebiete und ferner namentlich die organische und die Kolloidchemie als chemische Disziplinen, allein und gesondert nebeneinander arbeiten sollen, sondern daß der Natur ihre Hilfskräfte nur dann erfolgreich entlockt werden können, wenn alle Teile gemeinsam am Ganzen arbeiten und zum gemeinsamen Ziele streben. [A. 95.]

²¹) W. Dieterle, Veröff. Agfa Bd. IV, Leipzig 1935, S. 95; Z. wiss. Photogr. 1935, im Druck.

²²) Über die Chemie der Sensibilisatoren, vgl. König, diese Ztschr. 48, 79 [1935].

²³) W. Dieterle u. W. Zeh, Ber. IX. Int. Kongr. Photogr. Paris 1935, im Druck; Z. wiss. Photogr. [1935], im Druck.

²⁴) K. W. Haußer, Z. techn. Physik 15, 10 [1934].

²⁵) H. K. Weichmann, Z. wiss. Photogr. 34, 136 [1935].

²⁶) J. Eggert, Veröff. Agfa Bd. IV, Leipzig 1935, S. 101.

²⁷) B. Gaspar, Z. wiss. Photogr. 34, 119 [1935]. G. Heymer, Veröff. Agfa Bd. IV, Leipzig 1935, S. 177.