



Internationale Arbeitsgemeinschaft  
der Archiv-, Bibliotheks- und Graphikrestauratoren

22

DR. KLAUS B. HENDRIKS

ÜBER DIE CHEMISCHE WIEDERHERSTELLUNG DES  
SILBERBILDES VERGILBTER ODER VERFÄRBTER  
PHOTOGRAPHIEN

The Public Archives of Canada  
395 Wellington Street  
Ottawa (Ontario)  
K 1 A ON 3

Canada

ÜBER DIE CHEMISCHE WIEDERHERSTELLUNG DES SILBERBILDES  
VERGILBTER ODER VERFÄRBTER PHOTOGRAPHIEN.

Klaus B. Hendriks  
National Archives of Canada  
Ottawa, Ontario, Kanada

Die Wiederherstellung, oder Restaurierung von Photographien, die Schaden erlitten haben, kann allgemein auf drei verschiedene Weisen erfolgen. Eine dieser Methoden hat ihren Ursprung im photographischen Handwerk und besteht in der Regel aus einer Anwendung der Retusche. Die kommerzielle Seite solcher Tätigkeit ist anschaulich in einer Veröffentlichung der American Photograph Corporation aus dem Jahre 1944 beschrieben worden (American Photograph Corporation, 1944). Dabei wird nicht die originale Photographie selbst retuschiert, sondern ein zu diesem Zweck angefertigtes Repro-Negativ, von dem dann ein in kosmetischer Hinsicht verbesserter Abzug hergestellt wird. Der Kunde erhält sowohl die unveränderte Original-Photographie als auch die verschönte Kopie zurück. Dies Verfahren ist kürzlich wieder mit einigem Pathos im British Journal of Photography beschrieben worden (Gnugnoli, 1982).

Eine zweite Arbeitsweise bedient sich der Methoden der traditionellen Papierrestaurierung wie sie für Drucke und Aquarelle angewendet werden. Hierbei kann man aufgerollte Photographien wieder entspannen, fehlende Teile durch neues Papier ersetzen, eingerissene Abzüge wieder zusammenfügen usw. Oft wird auch hier zum Schluss noch eine Retusche durchgeführt, das fertige photographische Bild auf Karton aufgezo-gen und mit einem Passepartout versehen. Solche Arbeiten werden heutzutage viel in der Praxis ausgeführt,

sowohl von freiberuflichen Restauratoren, als auch in den Ateliers grosser Kunstmuseen und Archive.

Eine dritte Möglichkeit vergilbte oder verblichene Photographien wiederherzustellen besteht in deren Behandlung in chemischen Lösungen. Dabei wird das Bildsilber in irgendeiner Weise manipuliert, das heisst chemisch direkt beeinflusst. Photographien stellen die einzige Bildform dar, die eine derartige Behandlung erlaubt, denn chemische Behandlungen der Bildsubstanz von Ölgemälden, Aquarellen oder Zeichnungen sind meines Wissens nur in ganz seltenen Fällen beschrieben worden.

Chemische Nachbehandlungen von Photographien sind fast so alt wie die Photographie selbst. Behandlungen in chemischen Lösungen zur Wiederherstellung verfärbter photographischer Bilder sind in deutscher Sprache wohl zum erstenmal von E. Stenger gesammelt worden (Stenger, 1920). Kürzlich hat Hansch noch einmal viele dieser Methoden beschrieben und nützliche Hinweise auf deren Anwendung gegeben (Hansch, 1985).

Man kann nun chemische Nachbehandlungen wieder in verschiedene Untergruppen einteilen. Am bekanntesten sind wohl die Verfahren zur Verstärkung unterbelichteter oder unterentwickelter Negative und solche die der Abschwächung von zu stark geschwärzten Negativen dienen. Diese Verfahren sind von E. J. Wall vor fünfzig Jahren zusammengestellt und eingehend beschrieben worden (Wall, 1927). Dabei wird in den meisten Fällen entweder zusätzliches Silber dem bestehenden Bildsilber hinzugefügt um die Schwärzung zu erhöhen, oder

Bildsilber wird teilweise und proportional der ursprünglich vorhandenen Menge chemisch herausgelöst. Alle Anzeichen in der Literatur deuten darauf hin, dass es sich hier um Verfahren handelt welche dem Photographen, also dem Schöpfer des Bildes, ein Mittel zur Hand geben um Fehler bei der Belichtung oder Verarbeitung auszugleichen. Dennoch werden diese beiden Verfahren immer wieder als mögliche Wege zur Restaurierung verblichener Photographien erwähnt.

Oft besteht die Notwendigkeit störende Flecke zu entfernen, die sowohl auf der Oberfläche einer Photographie als auch innerhalb der Bildschicht angesiedelt sein können. Dafür gibt es wieder zahlreiche Vorschläge. So hat man z. B. über Jahrzehnte hinweg angelaufene Silberflecken auf Daguerreotypien mit einer Kaliumzyanidlösung entfernt. Später, in den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts, wurde für denselben Zweck eine phosphorsaure Thioharnstofflösung vorgeschlagen. Der bläulich reflektierende Silberspiegel, der sich oft auf Gelatinetrockenplatten findet, kann, nach einem Vorschlag von E. Weyde (1972), in eleganter Weise mit einer 0.5 %igen Jodlösung in trockenem (!) Alkohol entfernt werden.

Schliesslich kann das Bildsilber einer Schwarzweiss-photographie vollständig wieder in ein Silberhalogenid übergeführt werden, welches dann in einer anschliessenden Behandlung chemisch zu reinem Bildsilber reduziert werden kann. Dieses Verfahren wird oft als Umentwicklung bezeichnet. Dabei ändert sich in der Regel die Feinstruktur des Bildsilbers. Deshalb liegt auch gar kein Grund vor eine derartige Behandlung an einer Photographie durchzuführen, die sich noch in einem ursprünglichen und unveränderten Zustand

befindet. Eine chemische Behandlung ist nur sinnvoll wenn sich in einer verfärbten Photographie neben unverändertem Bildsilber auch Reaktionsprodukte desselben vorliegen, z. B. Silbersalze oder kolloidales Silber.

An Formeln und Rezepten für derartige Methoden der Umentwicklung, wie auch für die Verstärkung und Abschwächung von Schwarzweissnegativen, ist traditionsgemäss kein Mangel. Was fehlt sind genaue Angaben von Versuchsbedingungen und experimentelle Ergebnisse, die aufzeigen welche Vorschriften für welche Film- und Papiertypen am geeignetsten sind. Von den wenigen bekannten Ausnahmen wären vor allem einige Arbeiten zu nennen, die von Mitarbeitern der Eastman Kodak Co. in Rochester, N.Y., in den Vereinigten Staaten, vor einigen Jahren veröffentlicht wurden (Nietz und Huse, 1918; Perrin und Altman, 1952). In den sechziger Jahren schlug Pollakowski die chemische Restaurierung von vergilbten Silberfilmen mit stark salzsaurer Kaliumdichromatlösung als Bleichmittel vor, ein Verfahren, auf das sogar ein Patent erteilt wurde (Keiler und Pollakowski, 1965; Pollakowski, 1966). Kürzlich hat Johnsen genaue experimentelle Angaben über die chemische Restaurierung von Schwarzweissnegativen gemacht (Johnsen, 1985).

Unser Laboratorium im kanadischen Nationalarchiv hat sich in den letzten Jahren intensiv mit Verfahren der Umentwicklung zur Restaurierung vergilbter oder verblichener Schwarzweissphotographien auf Papier befasst. Dabei gab es einige Schwierigkeiten zu überwinden die zu interessanten Beobachtungen führten. Dazu gehören unter anderem:

1. Die Wahl des Bleichmittels (d. h. des chemischen Oxidationsmittels um Bildsilber und Silbersalze gleichförmig in ein Silberhalogenid überzuführen).
2. Die Kontrolle der Schichtdicke, und damit der Festigkeit der Gelatineschicht.
3. Die Erhaltung der sensitometrischen Eigenschaften (Tonalitäten) des photographischen Bildes.
4. Die Erhaltung der Feinstruktur des Bildsilbers.
5. Die Haltbarkeit des restaurierten Bildes, die ja nicht geringer als die des unbehandelten Bildes sein sollte.

Eine Vielzahl von Bleichmitteln ist im Laufe der Zeit zum Zweck der Überführung des Bildsilbers in Halogenide vorgeschlagen worden. Wir haben ursprünglich mit sechs verschiedenen Verbindungen experimentiert und drei davon näher untersucht. Eine saure Kaliumpermanganatlösung ist am wirkungsvollsten, da sie ein kräftiges Oxidationsmittel darstellt. Leider beeinträchtigt sie in manchen Fällen die Stabilität der Gelatineschicht in nachteiliger Weise. Das kann man experimentell auf verschiedene Weise aufzeigen. S. E. Sheppard beschrieb das Verhalten von Gelatine in Wasser oder wässrigen Lösungen folgendermassen:

"Legt man ein Stück Gelatine bei gemässiger Temperatur in Wasser, z. B. bei 15 °C, dann schwillt sie bis zu einem gewissen Grad, wie gezeigt wurde. Lässt man jedoch die

Temperatur über diesen Wert ansteigen, dann wird die Gelatine weiter anschwellen ohne Begrenzung, und sie wird letzten Endes alles vorhandene Wasser aufnehmen, um schliesslich in sehr kleine Teilchen zu zerfallen." (Sheppard, 1927).

Dieser Tendenz aufzuquellen kann durch die Verwendung von Härtungsbädern engegengewirkt werden. Die Wirkung von Härtemitteln, die ganz allgemein entweder aus Aldehyden und deren Derivaten oder aus Salzen von dreiwertigen Metallen zusammengesetzt sind, kann man quantitativ durch die Bestimmung des Schmelzpunktes der Gelatine erfassen oder auch durch eine Messung des An- und Abschwellens der Gelatineschicht. Der Schmelzpunkt einer photographischen Gelatineschicht ist -- anders als der Schmelzpunkt einer reinen chemischen Verbindung -- definiert als die Temperatur bei welcher die in eine genau vorgeschriebene alkalische Salzlösung eingetauchte Schicht von der Unterlage abschwimmt und in Lösung geht. Dieser Schmelzpunkt liegt bei älteren Materialien um 80 bis 90 °C, bei moderneren Photographien oft um 100 °C. Der Zusatz von Härtemitteln während der Verarbeitung oder während einer chemischen Behandlung hat eine Erhöhung des Schmelzpunktes zur Folge. Das An- und Abschwellen der Gelatineschicht in wässrigen Lösungen, das stark vom pH-Wert und von der Gegenwart von Salzen abhängt, kann bequem mit einem Instrument gemessen werden, das A. Green und G. I. P. Levenson im Jahre 1972 beschrieben haben (Green und Levenson, 1972). Gelatine quillt stark in alkalischen Lösungen auf und zieht sich in sauren Salzlösungen wieder etwas zusammen. Unsere Beobachtungen lehrten uns, dass die Gelatineschicht umso schwächer wird je höher sie anschwillt, was ja auch aus Sheppard's Beschreibung

hervorgeht. Wir versuchten daher, durch Auswahl geeigneter Härtemittel und deren selektive Anwendung zum richtigen Zeitpunkt das Anschwellen der Gelatine in den Griff zu bekommen. Das Verfolgen des Zustandes der Gelatine während der Restaurierungsreaktion zeigte uns, dass Kaliumpermanganat als Bleichmittel ungeeignet ist, da es die Gelatine beim Übergang vom stark sauren Bleichmittel zum alkalischen Entwickler zu stark in Mitleidenschaft zog. Eine Zeitlang experimentierten wir mit Kaliumdichromat in stark salzsaurer Lösung und begegneten Schwierigkeiten bei der Entfernung überschüssigen Bleichmittels nach der Oxidationsreaktion. Das allgemein empfohlene Natriumbisulfit reduziert wohl sechswertiges Chrom zu dreiwertigem, das dann mit Gelatine reagieren und sie mit einem grünen Farbton anzufärben vermag. Wir haben daher eine bis zu 30 Minuten dauernde Wässerung angewandt um das überschüssige Dichromat ohne Anwendung von Natriumbisulfit so restlos wie möglich zu entfernen. Das ging wiederum auf Kosten der Stabilität der Gelatine. Darum begannen wir mit Kupferchlorid als Bleichmittel zu experimentieren. Diese Verbindung ist sehr häufig vorgeschlagen und ist erst kürzlich wieder von Drago empfohlen worden (Drago, 1981). Experimentelle Einzelheiten über unsere Arbeiten zur Stabilität der Gelatineschicht und den Verlauf der Restaurierungsreaktionen sind bereits anderweitig veröffentlicht worden (Hendriks, Lesser, Stewart und Nishimura, 1984a; Hendriks et al., 1984b; Hendriks 1985).

Um eine vernünftige Entscheidung zwischen den vorhandenen Bleichmitteln zu treffen, untersuchten wir die Feinstruktur der Silberkörner in frisch hergestellten, unbeschädigten Photographien bzw. diejenige des Gemisches aus



Silber und Silbersalzen von auf natürliche Weise gealterten und vergilbten Photographien mit Hilfe des Transmissions-Elektronenmikroskopes. Solche Untersuchungen sind zuerst von v. Ardenne im Jahre 1940 beschrieben worden (von Ardenne, 1940), und anschliessend sowohl von Mees als auch von Hall und Schoen (Mees, 1941; Hall und Schoen, 1941). In den fünfziger Jahren haben mehrere Autoren die Feinstruktur von verarbeiteten Silberkörnern und deren Einfluss auf bildwichtige Eigenschaften untersucht und beschrieben (Koerber, 1958; Weyde, 1962; van Veelen, 1965). Es hat uns einige Mühe und Anstrengungen gekostet die Herstellung der Präparate zu erlernen, denn die photographische Industrie war in diesem Falle nicht besonders hilfreich. Danach fingen wir an die Silberkörner in modernen Photopapieren zu untersuchen und ihre Form und Grösse mit denen von Abzügen, die chemisch behandelt worden waren, zu vergleichen. Dabei machten wir eine überraschende Beobachtung, die das Abwandern von Silberteilchen, d. h. von Silberionen, aus chemisch angegriffenen entwickelten Silberkörnern aufs schönste bestätigt. Das Wandern von Silberionen, die durch Oxidation vom Bildsilber mit Wasserstoffperoxid oder anderen Oxidationsmitteln entsteht, ist schon seit langem empirisch beobachtet worden. Der früher erwähnte bläulich schimmernde Silberspiegel der sich oft auf der Oberfläche von älteren Gelatine-Photographien findet, ist von zur Oberfläche gewanderten Silberionen gebildet worden, die durch geeignete aggressive Chemikalien oxidiert wurden. Ein anderes Beispiel ist das Entstehen eines Übertragungsbildes aus Silbersulfid in der Barytschicht eines Photopapiers. Auch hier sind zunächst lösliche Silbersalze entstanden, die dann bildmässig auf die Barytschicht zugewandert sind und sich dort als

Silbersulfid niedergeschlagen haben. Das ist zum erstenmal von E. Weyde gezeigt worden (Weyde, 1955). Im Jahre 1984 veröffentlichten Torigoe, Ohmura, Yagami und Iwano eine schematische Darstellung der Reaktionsschritte, die sich bei der Oxidierung des Bildsilbers und nachfolgender Abwanderung von Silberionen abspielen (Torigoe et al., 1984). Obwohl die japanischen Autoren keine experimentellen Beweise für ihre Darstellung angeben, darf man wohl annehmen, dass sie auf experimentellen Daten beruht. Wir haben nun Silberkörner von 50 Jahre alten vergilbten Photographien unter dem Elektronenmikroskop beobachtet, die von zahlreichen, viel kleineren Silberteilen umgeben sind. Diese ganz kleinen Silberteilen sind offenbar von dem grossen Korn abgewandert, ganz wie Torigoe et al. angegeben haben. Das erschwert natürlich die chemische Restaurierung, da bei der Vergilbung einer Photographie nicht nur Bildsilber in Silbersalze übergeht, sondern diese Silbersalze nun obendrein noch wegwandern und so die Integrität des ursprünglichen Silberkorns zerstückeln können. Dennoch glauben wir aufgrund unserer Untersuchungen am Elektronenmikroskop feststellen zu können, dass die vorgeschlagene chemische Restaurierung durchaus vertretbar ist, da einmal die vom zentralen Silberkorn abgewanderte Silbermenge sehr gering ist, und zum anderen diese kleinen Silberteilen im Laufe der Restaurierung ja nicht verloren gehen, sondern sozusagen mitrestauriert werden.

Das Abwandern von kleinsten Silberteilen von einem viel grösseren zentralen Silberkorn kann auch im Laboratoriumsversuch hervorgerufen und beobachtet werden. Präparate von einem modernen Abzug auf Azo-Papier,

(hergestellt von Eastman Kodak Co.), das für 24 Stunden einer Wasserstoffperoxidatmosphäre ausgesetzt wurde, zeigen unter dem Elektronenmikroskop zahlreiche kleine Silberteilchen, die vom normal entwickelten Silberkorn weggewandert sind.

Der wohl wichtigste Zweck dieser Restaurierungsversuche ist die Verbesserung des Tonumfangs der Photographie. In der Praxis heisst das, dass ein gelbes, braunes oder verblichenes photographisches Bild wieder in neutral schwarz-weiße Töne überführt wird. Das kann man am besten beurteilen wenn man anstelle von Bildproben sogenannte Grauskalen verwendet, die seit Jahrzehnten von der photographischen Industrie als Prüflinge benutzt werden. Wenn die Lichtmenge bekannt ist, die nötig war um die verschiedenen Schwärzungen der einzelnen Stufen eines Graukeils zu erzeugen, kann man die Schwärzungen gegen die zugehörige Lichtmenge auftragen und erhält so die charakteristische Kurve, oder Schwärzungskurve eines Films oder Photopapiers. Wenn man nun die Schwärzungskurve eines Prüflings zusammen mit derjenigen einer Probe, die chemisch irgendwie behandelt wurde, aufträgt, dann sieht man, dass jede auch noch so geringfügig erscheinende Behandlung den Tonumfang des Originals verändert. Schon eine ganz kurze erneute Wässerung bewirkt geringfügige Änderungen in der Schwärzungskurve, die ja ein sehr empfindliches Kontrollmittel darstellt. Gleiche Beobachtungen macht man auch nach dem einfachen Nachfixieren von Abzügen. Dennoch sind die von den Schwärzungskurven angezeigten Änderungen mit dem Auge kaum wahrnehmbar. Vom ästhetischen Standpunkt kann man deshalb durchaus von einer echten Restaurierung, d. h. Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes sprechen. Im

Gegensatz zur Retusche von Ölgemälden und Aquarellen werden bei der chemischen Restaurierung einer Photographie dem Bild keine zusätzlichen Stoffe zugeführt. Die hier beschriebenen Verfahren haben nichts mit der eingangs erwähnten Verstärkung zu tun, bei der ja Bildsubstanz hinzugefügt wird, oder die ursprüngliche Bildsubstanz chemisch verändert wird.

Unser abschliessendes Kriterium ist die Haltbarkeit der restaurierten Photographien. Das Elektronenmikroskop hat bewiesen, dass die Feinstruktur der Silberkörner einer frisch her erstellten unbeschadeten Photographie durch den chemischen Restaurierungsvorgang teilweise zerstört wird. In natürlich ealterten verfärbten Photographien ist als Folge der Schädigung die Feinstruktur des Originals bereits auf natürliche Weise beeinträchtigt. Hier richtet die chemische Restaurierung keine weitere Zerstörung an, kann aber andererseits nicht die ursprüngliche Struktur wiederherstellen. Deshalb werden die chemisch behandelten Silberbilder in einem Selenionbad gebadet, um deren Haltbarkeit zu erhöhen. Die ausserordentlich günstige Auswirkung einer derartigen Behandlung auf die Haltbarkeit von photographischen Bildern ist in den letzten Jahren wieder in einer Reihe von Arbeiten eindeutig bestätigt worden (Drago und Lee, 1984; Lee, Wood und Drago, 1984; Drago und Lee, 1986). Unsere eigenen Versuche zur künstlichen Alterung der chemisch behandelten Photographien unter den Bedingungen einer Norm des American National Standards Institute (ANSI PH 1.28-1984 : 60 °C / 70 % rel. LF / 30 Tage) haben diese erhöhte Haltbarkeit der restaurierten und selengetonten photographischen Bilder bestätigt. (American National Standards Institute, 1984).

Die hier beschriebenen Arbeiten sind bis heute im Stadium von Laborversuchen geblieben mit dem Zweck die mögliche Anwendung chemischer Restaurierung zu untersuchen. Diese Verfahren werden bis jetzt nicht an Photographien aus der historischen Sammlung des kanadischen Nationalarchivs angewendet. Sie sind aus naheliegenden Gründen nur auf ausentwickelte photographische Abzüge anwendbar, nicht auf Auskopierpapiere. Eine genaue Bestimmung der Klasse der zu behandelnden Photographie ist unerlässlich. Ursprung und Eigenschaften historischer Photographien in Archiven lassen solche Bilder geeignet erscheinen um chemisch behandelt zu werden. Im Gegensatz dazu werden Photographien in Kunstmuseen und -galerien gemeinhin in ausgezeichnetem Zustand und in kleiner Anzahl erworben. Eine chemische Restaurierung solcher Bilder wird sich in den meisten Fällen als nicht notwendig erweisen. Das Experimentieren, mit dem Ziel herauszufinden was technisch auf dem Gebiet der chemischen Restaurierung möglich ist, entbehrt jedoch nicht eines gewissen intellektuellen Reizes.

Zahlreiche Mitarbeiter -- oft waren sie Studenten, Praktikanten und Voluntäre -- haben zu den Ergebnissen dieser Arbeiten beigetragen, deren letzter Stand erst kürzlich veröffentlicht worden ist (Hendriks und Ross, 1987). Den Löwenanteil der Versuche hat jedoch während der letzten drei Jahre Herr Lincoln Ross in ausgezeichneter Weise durchgeführt. Ich möchte ihm an dieser Stelle herzlich danken. Ich danke Herrn Sebastian Dobrusskin für wertvolle Hilfe bei der Textverarbeitung des auf Deutsch verfassten Manuskripts.

**Kurzfassung:**

Versuche zur chemischen Restaurierung von vergilbten und verfärbten Photographien, die in den letzten Jahren im kanadischen Nationalarchiv ausgeführt wurden, werden beschrieben. Dabei wurde grösster Wert auf die Kontrolle der Einwirkung der verschiedenen Chemikalien auf die Bestandteile der Photographie gelegt. Der Einfluss solcher Verfahren zur chemischen Restaurierung auf die Feinstruktur des Bildsilbers wurde ebenfalls untersucht. Dank eines abschliessenden Selentonbades weisen die behandelten Kopien eine erhöhte Haltbarkeit auf. Da das Verfahren nicht universell auf alle photographischen Abzüge anwendbar ist, ist es notwendig seine Einschränkungen klar zu erkennen.

**Abstracts:**

This paper describes experiments on the restoration of discolored photographic prints which were carried out during the last few years at the National Archives of Canada. Emphasis was placed on careful monitoring of the effect of the various chemical reagents on the components of the photograph. The effect of chemical treatments on the morphology of the image silver was also investigated. Restored photographic prints display improved stability characteristics because of the final treatment step in a selenium toning bath. The described procedure is not universally applicable to all paper prints. Its restrictions should therefore be clearly understood.

ZITIERTE LITERATUR

American National Standards Institute. 1984. American National Standard for Photography (Film) - Archival Records, Silver-Gelatin Type, on Cellulose Ester Base. ANSI/ASC PH1.28-1984. New York, NY: American National Standards Institute.

American Photograph Corporation. 1944. An Old Pictures to Mend? New York: American Photograph Corporation.

Drago, F.J., and W.E. Lee. 1984. Stability and Restoration of Images on KODAK Professional B/W Duplicating Film/4168. Journal of Imaging Technology 10(3): 113-118.

Drago, F.J., and W.E. Lee. 1986. Review of the Effects of Processing on the Image Stability of Black-and-White Silver Materials. Journal of Imaging Technology 12(1): 57-65.

Drago, F.J. 1981. Methods for Restoring Deteriorated Photographic Elements. RD 20806. Research Disclosure (August): 303.

Gnugnoli, Alberta. 1982. The Restoration of Photographs. British Journal of Photography (June 11): 623-625.

Green, A. and G.I.P. Levenson. 1972. A Practical Swellmeter. Journal of Photographic Science 20:205-210.

Hall, C.E., and A.L. Schoen. 1941. Application of the Electron Microscope to the Study of Photographic Phenomena. Journal of the Optical Society of America 31(4): 281-285.

Hansch, Martin. 1985. Frühe Photographien - ihre Technik und Restaurierung. Überherrn (Saar): Kabinett Verlag Uwe Scheid.

Hendriks, K.B., Brian Lesser, Jon Stewart, and Doug Nishimura. 1984a. Properties and Stability of Gelatin Layers in Photographic Materials. In American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works Preprints of Papers Presented at the Twelfth Annual Meeting, Los Angeles, California, 15-20 May, 1984, 52-62. Washington, DC: AIC.

Hendriks, K.B., B.L. Tom, C. Sergeant, C. Evans, J. Melnick, P. Poitras, and D. Nishimura. 1984b. Experiments on the Restoration of Discoloured Black-and-White Photographs in Chemical Solutions. In ICOM Committee for Conservation, 7th Triennial Meeting, Copenhagen, 10-14 September 1984, Preprints, v.2: 84.14.34-84.14.37. Paris: International Council of Museums.



Hendriks, K.B. 1985. Experiments on the Restoration of Discoloured Black-and-White Photographs in Chemical Solutions. In Society of Photographic Scientists and Engineers Second International Symposium: The Stability and Preservation of Photographic Images, Printing of Transcript Summaries; 1985 August 25-28; Ottawa, Canada, 148-163. Springfield, VA: Society of Photographic Scientists and Engineers.

Hendriks, K.B., and Lincoln Ross. 1987. Further Experiments on the Restoration of Discoloured Black-and-White Photographic Prints in Chemical Solutions. In ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney, 7-11 September 1987, Preprints, Paris: International Council of Museums.

Johnsen, Jesper Stub. 1984. Die Restaurierung vergilbter Zellulosenitrat- und Glasplattenegative. Maltechnik Restaura No. 1 (January): 57-72.

Keiler, Johann Albrecht, and Götz Pollakowski. 1965. Verfahren zur Restaurierung des Silberbildes von Schwarz-Weiss-Filmen. DDR Patentschrift 36078. Berlin: Vordruck-Leitverlag Berlin.

Koerber, W. 1958. Über den Zusammenhang zwischen Morphologie und Farbe des entwickelten Silbers in photographischen Schichten. In Wissenschaftliche Photographie: Ergebnisse der internationalen Konferenz für wissenschaftliche Photographie, ed. by Othmar Helwich, 535-538. Darmstadt: Verlag Dr. Othmar Helwich.

Lee, W.E., Beverly Wood, and F.J. Drago. 1984. Toner Treatments for Photographic Images to Enhance Image Stability. Journal of Imaging Technology 10(3): 119-126.

Mees, C.E. Kenneth. 1941. Recent Advances in the Theory of the Photographic Process. Journal of the Society of Motion Picture Engineers 37(July): 10-21.

Nietz, A.H., and K. Huse. 1918. The Sensitometry of Photographic Intensification. Photo ra hic Journal (February): 81-93.

Perrin, Fred H., and J.H. Altman. 1952. Studies in the Resolving Power of Photographic Emulsions. V. The Effect of Reduction and Intensification. Journal of the Optical Society of America 42(7): 462-467.

Pollakowski, Götz. 1966. Einige chemische Aspekte bei der Archivierung von Kinefilm. Bild und Ton 19(2): 52-57.

Sheppard, S.E. 1927. Behavior of Gelatin in the Processing of Motion Picture Film. Transactions of the Society of Motion Picture Engineers 9(32): 707-727.

Stenger, E. 1920. Wiederherstellung alter photographischer Bilder und Reproduktion derselben im ursprünglichen und im neuzeitlichen Verfahren. Enzyklopädie der Photographie, Heft 97. Halle (Saale): Verlag von Wilhelm Knapp.

Torigoe, Masaaki, Kunioki Ohmura, Shunzo Yagami, and Haruhiko Iwano. 1984. Kuroshiro shashin no choki hozonho [Das Problem der Haltbarkeit des photographischen Schwarzweissbildes]. Scientific Publications of the Fuji Photo Film Co. Ltd. No. 29: 31-36.

Veelen, G.F. van. 1965. Morphologie, Farbe und Deckkraft des Silbers des photographischen Bildes. Photochemische Korrespondenz 101(10/11): 149-155; 165-172.

Von Ardenne, Manfred. 1940. Analyse des Feinbaus stark und sehr stark belichteter Bromsilberkörner mit dem Universal-Elektronenmikroskop. Zeitschrift für angewandte Photographie in Wissenschaft und Technik 2(1/2): 14-20.

Wall, E.J. 1927. Intensification and Reduction: A Critical Resumé of All Known Methods. Boston: American Photographic Publishing.

Weyde, Edith. 1955. Das Copyrapid-Verfahren der Agfa. Mitteilungen aus den Forschungslaboratorien der Agfa 1:262-266.

Weyde, Edith. 1962. Grösse und Form des entwickelten Silberkornes und seine Beziehungen zu bildwichtigen Eigenschaften. Photographische Korrespondenz 98(1): 7-12.

Weyde, Edith. 1972. A Simple Test to Identify Gases Which Destroy Silver Images. Photographic Science and Engineering 16(4): 283-286.