

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 91 (2000)

**Heft:** 9

**Artikel:** Restaurieren mit dem Computer

**Autor:** Gschwund, Rudolf

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-855540>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Restaurieren mit dem Computer

## Restaurierung und Archivierung ausgebleichter Farbfotografien

Fotomaterialien – vor allem die Farbstoffe in modernen Farbfilmern – sind instabil und werden durch verschiedene Umwelteinflüsse angegriffen. Im Verlauf einiger Jahrzehnte verbleichen daher die Bilder, oder sie bekommen einen störenden Farbstich. Bei bekanntem Alterungsverhalten kann der Originalzustand der Bilder mit Hilfe digitaler Restaurierungsmethoden wiederhergestellt werden.

Moderne Farbfilme, wie sie seit 1935 eingesetzt werden, besitzen drei farbeempfindliche Schichten, die für den blauen, den grünen oder den roten Teil des Lichtspektrums empfindlich sind. Diese Schichten erzeugen durch subtraktive Farbmischung die drei subtraktiven Grundfarben Gelb, Purpur (Magenta) und Blaugrün (Cyan). Die Stabilität der Farbstoffe in den Farbmaterialien ist relativ gering. Verschiedene Umwelteinflüsse wie Lichteinwirkung, Hitze und Feuchtigkeit, aber auch eine unkorrekte Verarbeitung oder Lagerung führen dazu, dass die Bilder mit der Zeit ausbleichen und

### Adresse de Auteurs

PD Dr. Rudolf Gschwind, Institut für Physikalische Chemie, Universität Basel  
4056 Basel

sich verfärben. Beim Bleichvorgang werden die Farbstoffe zerstört, und es entstehen unter Umständen neue farbige Spaltprodukte, die zu einer unrealistischen Farbwiedergabe führen (Bild 1). Die Lebensdauer von fotografischem Material liegt in der Grössenordnung von Jahren bis zu einigen Jahrzehnten. Eine Lagerung an einem kühlen, trockenen Ort kann die Lebensdauer erheblich verlängern. Will man Farbmateriale jedoch über einen längeren Zeitraum aufbewahren, so bleibt einzig die Lagerung bei tiefen Temperaturen. Das Ausbleichen der Farbstoffe ist ein irreversibler Prozess. Hat der Ausbleichprozess einmal begonnen, so ist er bei Farbmateriale – anders als bei Schwarzweissfilmen – mit chemischen Methoden nicht mehr rückgängig zu machen. Eine fotografische Restaurierung mittels einer Reproduktion über Farbauszüge ist sehr aufwendig und bringt nur in beschränktem Umfang gute Resultate. Hier bietet sich nun die Bild-

verarbeitung an, um eine Restaurierung mit Hilfe eines Computers auf digitalem Wege durchzuführen.

### Digitaltechnik bringt Farben zurück

Falls das Bild sowohl in ungebleichtem wie auch in gebleichtem Zustand vorhanden ist, stellt die Restaurierung kein Problem dar. Man kann für jede Farbe genau untersuchen, wie sie sich im Laufe der Zeit verändert hat, und kennt so die Zusammenhänge des Ausbleichvorganges. Meistens ist aber nur das ausgebleichte Bild übrig geblieben, und man besitzt keine genauen Kenntnisse über dessen Ausbleichung. Für eine Restaurierung muss man deshalb auf Modellvorstellungen des Bleichprozesses aus im Labor durchgeführten Ausbleichversuchen zurückgreifen. Von Bildern neueren

Datums ist es möglich, genauere Daten über die Materialien zu erhalten. Sind aber die Bilder schon sehr alt oder von Firmen hergestellt worden, die heute gar nicht mehr existieren (wie zum Beispiel der Firma Ansco), so ist es kaum mehr möglich, Informationen über ein Material aufzutreiben. Im Weiteren darf das Problem der Farbstoff-Nebenabsorptionen keinesfalls vernachlässigt werden. Korrigiert man einfach in den drei Farbbereichen Rot, Grün und Blau, so wird das korrigierte Bild unseren Ansprüchen nicht genügen. Es wird nämlich wegen der Nebenabsorption der Farbstoffe auch in Bereichen korrigiert, in denen keine oder eine geringere Veränderung stattgefunden hat. Als Resultat erhält man ein Bild, das nicht die ursprünglichen satten, sondern schmutzige Farben zeigt (Bild 2).

Aus diesen Gründen muss eine Restaurierung unter visueller Kontrolle vorgenommen werden und kann nicht automatisch berechnet werden. Bei der Restaurierung handelt es sich um eine Methode elektronischer Farbbildverarbeitung. Der eingesetzte Computer muss in der Lage sein, sehr grosse Datenmengen zu verarbeiten: dreimal mehr als bei einem Schwarzweissbild. Dabei stellt sich oft das Problem, dass einerseits die Farben korrigiert, andererseits die übrigen Qualitätsmerkmale der Aufnahme wie Auflösung und Kontrastumfang aber erhalten

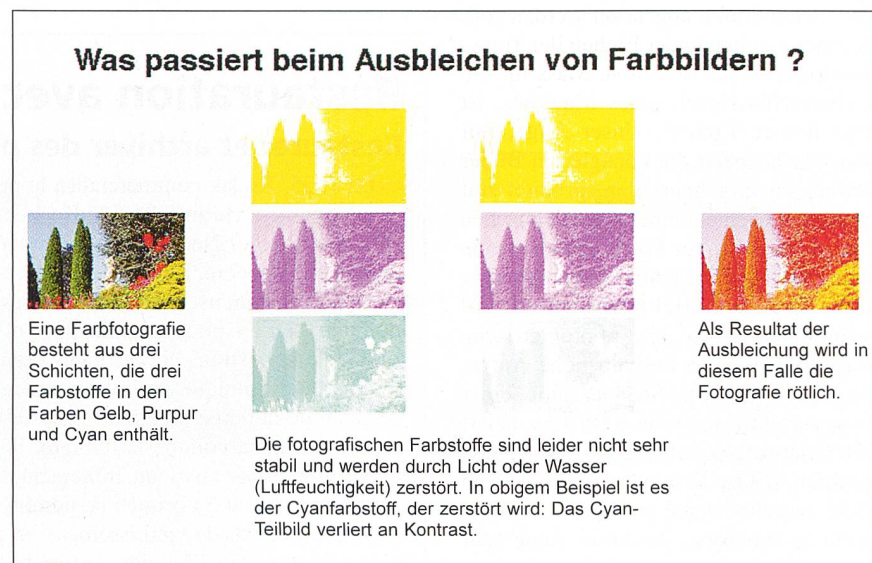
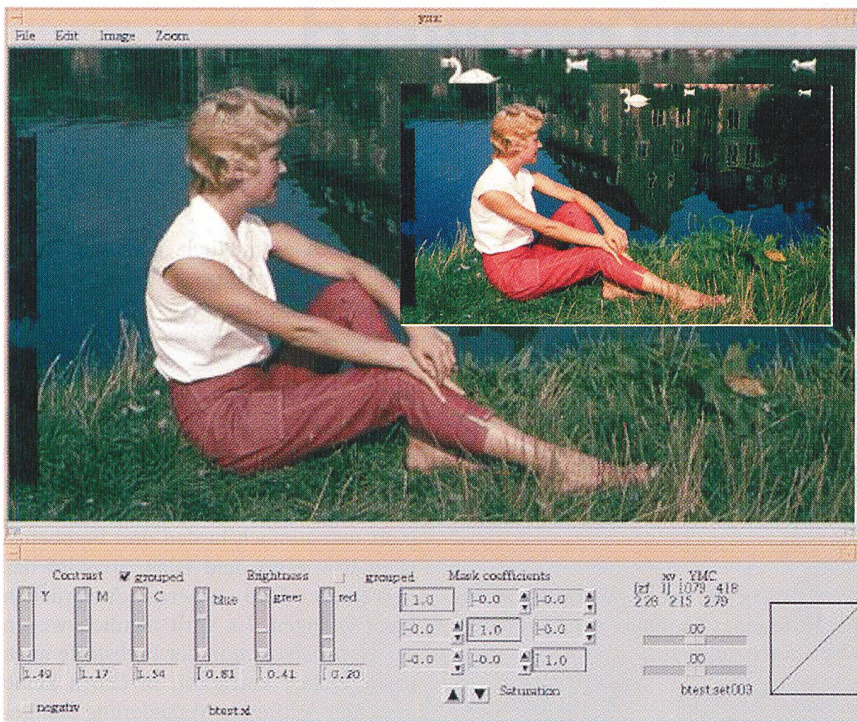


Bild 1 Selektives Ausbleichen eines Farbstoffes



**Bild 2** Schmutzige Farben durch fehlerhafte Korrektur

Durch Berücksichtigung der Nebenabsorption (Inset) können die Originalfarben wiederhergestellt werden.

werden müssen. Kaum jemand wird mit einem Ergebnis zufrieden sein, das beispielsweise bezüglich der Schärfe schlechter ist als das ausgebleichte Original. Die Auflösung muss deshalb bei einem Kleinbild dia mindestens  $2000 \times 1400$  Pixel (2,8 Megapixel) betragen, so dass das korrigierte Bild etwa der Qualität einer Postkarte entspricht.

### Kleinarbeit am Bildschirm

In einem ersten Schritt wird die ausgebleichte Vorlage gescannt. Dabei stellt sich die Frage, in welcher Einheit und in wie vielen Stufen abgetastet werden soll. Scanner arbeiten in der Einheit der Transmission. Die Transmission, Mass für die Lichtdurchlässigkeit eines Materials, ist eine lineare Einheit. Unser Auge, mit dem wir ja später die korrigierten Bilder betrachten und beurteilen, arbeitet mit optischen Dichten, einer logarithmischen Einheit. Das hat zur Folge, dass wir eine Verdopplung der Lichtintensität als sehr viel kleineren Helligkeitsunterschied wahrnehmen. An die photometrische Auflösung werden deshalb hohe Anforderungen gestellt. Scanner mit einer Grauwertauflösung von 8 Bit (das heisst 256 Graustufen) sind ungenügend. In den dunklen Bildstellen würden in diesem Falle zwischen den einzelnen Graustufen Sprünge entstehen, die unser Auge sehr gut erkennen kann. Deshalb muss der eingesetzte Scanner in der Lage sein, mit

12 Bit (4096 Graustufen) zu arbeiten. Ist das Dia punktwise und für jeden Farbbereich im Bildspeicher vorhanden, so kann es auf dem Monitor betrachtet werden. Jedes Bild muss nun einzeln so lange ausgewertet und korrigiert werden, bis man visuell einen guten, dem ursprünglichen Original entsprechenden Farbeindruck erhält. Dies wird durch Verändern von Farbkontrast, Helligkeit und Farbsättigung erreicht. Ist die Korrektur abgeschlossen, werden die Daten mit einem Filmrecorder auf ein modernes Filmmaterial aufbelichtet. Die Restaurierung erfolgt visuell und ist somit subjektiv. Es

stellt sich daher die Frage, nach welchen Kriterien restauriert werden soll. Sollen die ursprünglichen Farben des Originals wieder erreicht werden? Soll eine optimale Übereinstimmung der Farben, also eine objektiv tadellose Farbwiedergabe, angestrebt werden? Soll man das Bild so korrigieren, wie man es in Erinnerung hat, oder wählt man eine Farbwiedergabe, die einem ganz einfach am besten gefällt?

### Probleme am Rande

Es zeigen sich jedoch noch eine ganze Reihe zusätzlicher Probleme. Da ist zunächst das Ausgangsmaterial: Nicht nur Farbdias verändern sich im Laufe der Zeit, sondern auch Papierkopien. In diesem Falle hat man es mit Reflexionsdensitometrie zu tun, die durch Nichtlinearitäten gekennzeichnet ist und die daher viel kompliziertere Behandlungen erfordert. Falls die Ausbleichung schon so weit fortgeschritten ist, dass der Farbstoff vollständig zerstört ist, kann natürlich auch nichts mehr restauriert werden. Dieser Fall tritt besonders häufig ein, wenn die Bilder dauernder Lichtstrahlung ausgesetzt waren. Ist die Farbstoffveränderung inhomogen, das heisst, hat es zusätzlich noch Flecken (wie z.B. Bakterienfrass, orange Spots von schlecht geglachten Dias, Staub und Kratzer), so werden diese durch die Korrekturmaßnahmen häufig sogar noch verstärkt. Solche Fehlstellen können mit der vorgestellten globalen Restaurierungsmethode daher nicht korrigiert werden, sondern verlangen zusätzliche Methoden, wie zum Beispiel die elektronische Retusche.

Nach erfolgter Restaurierung stellt sich die Frage, wie die korrigierten Bilder archivfest aufbewahrt werden sollen,

## Restauration avec l'ordinateur

### Restaurer et archiver des photos couleurs décolorées

En 1935, Kodak commercialisa le premier film inversible de type soustratif à développement chromogène: le Kodachrome. Une année plus tard, Agfa introduisit son Agfacolor Neu. Ce fut la naissance de la photographie couleurs moderne. Aujourd'hui encore, les films couleurs sont produits d'après les mêmes principes de base. Malheureusement, ce fut un pas en arrière, la durabilité et la stabilité étant moindres qu'en photographie noir et blanc. Dans la photographie couleurs, l'image est constituée de colorants organiques et non plus par l'argent. L'instabilité thermodynamique et photochimique des colorants a mené à une réduction importante de la durée de vie du matériel photographique couleurs. Les méfaits de l'environnement comme la lumière, la pollution, la température, l'humidité, les moisissures, mais aussi un traitement incorrect ou de mauvaises conditions de conservation sont à l'origine de nombreuses altérations et de la décoloration.

Si le processus de vieillissement est connu, il est possible de remettre les photos en l'état original à l'aide des méthodes de restauration numériques.

wobei als «archivfest» eine Lebensdauer von mehr als 100 Jahren bezeichnet wird. Für die Zukunft wird dies die Speicherung der Daten in digitaler Form sein, z.B. als CD-ROM. Auch wenn es bis jetzt noch kein Speichermedium gibt, das eine Speicherzeit von mehr als zehn bis zwanzig Jahren garantiert, so hat die digitale Speicherung den grossen Vorteil, dass die Information ohne Verlust kopiert werden kann. So gesehen erhält man bei regelmässigem Umkopieren theoretisch eine unbegrenzte Lebensdauer. Bei digitalen Daten kann man die Vorteile von Datenbanken und Netzwerken ausnutzen; man

kann mit der Bildinformation arbeiten, ohne direkt auf die fotografischen Originale zugreifen zu müssen.

### Anwendungsgebiete

Der grösste Nutzen der Restaurierung ausgebleichter und verfärbter Farbbilder liegt im Grunde genommen nicht im wissenschaftlich-technischen Bereich, sondern im Erhalt des Kulturgutes Fotografie und in der Sicherung der Bildinformation.

Die Fotografie spielt als Dokument, Erinnerungsbild, Informationsträger,

künstlerisches Medium in unserem Leben eine grosse Rolle, sie ist ein Kulturgut. Die digitale Restaurierung kann in den verschiedensten Gebieten zum Einsatz kommen, in erster Linie für Bildarchive und Bildagenturen, Sammlungen und Dokumentationen aller Art. Dabei kann es sich um Sammlungen von Museen und Archiven, um Diaserien zu Vorträgen oder aber auch um persönliche Erinnerungsbilder von besonderem Wert handeln. In jedem dieser Fälle muss freilich abgewogen werden, ob sich eine Bildverarbeitung mit kostspieligen Computerstunden lohnt.

## Wie stark ist das Immunsystem Ihrer Informationstechnologie?

Auch auf dem Gebiet der IT handeln wir nach den Massstäben unseres Konzeptes TSM® Total Security Management.

### Ihr Nutzen:

- Sie besitzen die Gewissheit, dass Ihre Daten und Informationen sicher sind
- Ihr Sicherheitsstandard schafft Vertrauen

- Integrale Sicherheit
- Sicherheitspolitik
- Sicherheitskonzepte
- Audits und Risikoanalysen
- Verfahren/Methoden zur Gewährleistung von Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität
- Internet-Sicherheit und -Recht
- Technische und juristische Expertisen



### Kontaktpersonen:

Andrea Klaes  
Tel. 01 956 13 79  
Fax 01 956 13 08  
andrea.klaes@sev.ch

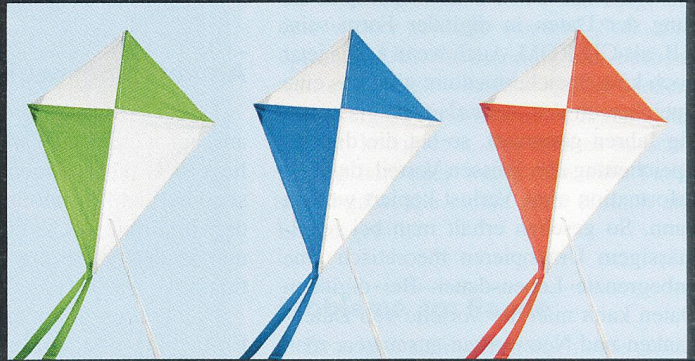
Oliver Bärtsch  
Tel. 01 956 13 80  
Fax 01 956 13 08  
oliver.baertsch@sev.ch

Roland Iseli  
Tel. 01 956 13 31  
Fax 01 956 14 01  
roland.iseli@sev.ch



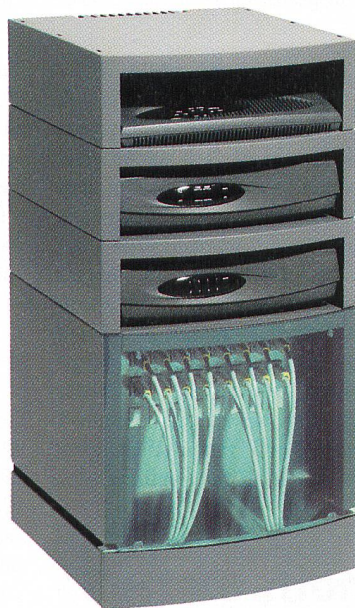
Convincing cabling solutions

# Der kleine Grosse für Grosse und Kleine.



## Flexible Büroverkabelungs-Lösungen im Taschenformat

R&M bietet ab sofort eine neue Verkabelungsgeneration an: die R&M freenet SOHO-Lösung, ein offenes Büroverkabelungssystem im



Taschenformat, welches speziell auf die Bedürfnisse von professionellen Heimanwendern und auf die neuen Anforderungen von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) abgestimmt ist. Mit R&M Small Office und R&M Small Company haben wir ein innovatives Gehäuse-Konzept entwickelt, welches Design und Funktionalität bei grösstmöglicher Flexibilität kombiniert. Herzstück ist eine systemunabhängige Plattform in ansprechendem Design. Ausgelegt für 24 oder 48 Benutzer, enthalten diese platz sparenden Hightech-Gehäuse sowohl die neuste Verkabelungstechnik von R&M wie auch modernste Aktivkomponenten von international führenden Partnern wie Cisco Systems. Der Vielfalt und den Kombinationsmöglichkeiten sind keine Grenzen gesetzt. Ob Sie nun Daten-, Voice-, ISDN-, XDSL- oder

Gigabit Ethernet-Anwendungen wünschen, wir bieten die flexible Lösung für alle Büroverkabelungs-Bedürfnisse bis hin zur Erweiterung des tertiären Verkabelungsbereichs in bestehenden Unternehmensnetzwerken. Die Zukunft liegt in solch flexiblen Kommunikationslösungen. Interessiert? Dann rufen Sie uns doch einfach an!

**R&M** *freenet*

The SOHO solution

Reichle & De-Massari AG  
Binzstrasse 31  
CH-8622 Wetzikon  
Telefon +41 1 931 97 77  
Telefax +41 1 931 93 29  
[www.rdm.ch](http://www.rdm.ch)



**Info 01 931 97 77**