

**N**itrofilme stellen aufgrund ihrer hohen Brandgefahr eine der größten Bedrohungen für bibliothekarische Sammlungen dar. Dies gilt insbesondere dann, wenn sie verstreut zum Beispiel in Nachlässen und fotografischen Beständen vorliegen. Die Bayerische Staatsbibliothek hat ein innovatives Verfahren zur schnellen, aufwandsarmen und verlässlichen Detektion von Nitrofilm entwickelt. Der Beitrag stellt dieses leicht nachnutzbare Verfahren vor und beschreibt den gesamten Workflow der Identifizierung, Separierung, Digitalisierung und Kassation von Nitrofilmen an der Bayerischen Staatsbibliothek. Zudem wird das Für und Wider der Vernichtung der gefährlichen Nitrofilm-originales bei Vorliegen der digitalen Sekundärform diskutiert. Es wird deutlich, dass das Ziel eines vollständig nitrofilmfreien Bestandes einen wesentlichen Baustein präventiven konservatorischen Handelns in Bibliotheken darstellen sollte.

**N**itrate films constitute one of the greatest threats to library collections due to the high fire risk they pose. This is especially true if they are scattered throughout different estate holdings and photographic collections, for example. The Bavarian State Library has developed an innovative method for the fast, uncomplicated and reliable detection of nitrate film. The article presents this readily deployable procedure and describes the entire workflow, including the identification, separation, digitisation and destruction of nitrate films at the Bavarian State Library. Also discussed are the pros and cons of destroying the hazardous nitrate film originals once the digital secondary form has been created. The objective of ensuring that collections are completely free of all nitrate films clearly emerges as an essential component of preventive conservation in libraries.

IRMHILD CEYNOWA, DIEGO ESTUPIÑÁN MÉNDEZ, THORSTEN ALLSCHER

# Risiko Nitrofilm

## Identifizierung, Digitalisierung und Vernichtung am Beispiel der Bayerischen Staatsbibliothek

**F**otografische Planfilme oder Rollfilme in verschiedenen Formaten wie etwa Schwarzweißnegativ, Diapositiv, Röntgenfilm und Kinefilme mit einer Trägerschicht auf der Basis von Cellulosenitrat sind eine akute Brandgefahr für Gedächtnisinstitutionen, und in besonderem Maße dann, wenn die umgangssprachlich »Nitrofilm« genannten Filme unerkannt inmitten von Sammlungen aufbewahrt werden.

Die transparenten, flexiblen und formbeständigen Filme kamen als fotografisches Material 1889 auf den Markt und lösten die schweren, leicht zerbrechlichen Glasplattenegative ab. Die Filme aus dem weltweit ersten Kunststoff aus Cellulosenitrat und Kampher erleichterten die Reisefotografie und brachten als Rollfilm die Bilder im Kino zum Laufen. Allerdings zeigte sich Nitrofilm schon bald als höchst feuergefährlich und löste zahlreiche Kinobrüände aus (vgl. Abb. 1). Dennoch dauerte es einige Jahrzehnte, bis der Sicherheitsfilm/Safetyfilm zur Produktionsreife gebracht war und ab den frühen 1950er-Jahren von den Rohfilmherstellern wie der US-amerikanischen Eastman Kodak Corporation als Marktführer und der deutschen Aktiengesellschaft für Anilin-Fabrikation (Agfa) angeboten wurde.<sup>1,2</sup>

Die Verwendung von Nitrofilm wurde in der Bundesrepublik Deutschland mit dem Sicherheitsfilmgesetz

von 1957 verboten. In der DDR hat der VEB Filmfabrik Agfa Wolfen Nitrocellulose als Unterlage für den Kinefilm noch bis in die 1960er-Jahre hergestellt.<sup>3,4</sup>

### Nitrofilm und sein langer Schatten

Mit dem Vorkommen von Nitrofilm ist demnach in Beständen zu rechnen, die fotografische Filme oder Kinefilme aus dem Produktions- bzw. Verwendungszeitraum von etwa 70 Jahren enthalten. Addiert man den Aufbewahrungszeitraum an Gedächtnisinstitutionen hinzu, haben die frühesten Nitrofilme mittlerweile ein Alter von etwa 130 Jahren erreicht. Abhängig von den herstellungsbedingten individuellen Eigenschaften und den jeweiligen Aufbewahrungsbedingungen altern Nitrofilme bereits ab ihrer Herstellung, dies zwar mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, jedoch steigt grundsätzlich mit der Zeit das Brandrisiko des chemisch instabilen und dem exponentiellen Abbau unterliegenden Cellulosenitrats. Säurekatalysierte Abspaltung der Nitrogruppen, thermische Spaltung und UV-induzierte Zersetzung wurden als die primären Abbaumechanismen bei Cellulosenitrat identifiziert.<sup>5</sup> Maßgeblich verantwortlich für die Geschwindigkeit der Filmalterung sind dabei weniger die Umgebungsbedingungen bei der Filmlagerung, sondern die Herstellungsbedingungen des

Filmmaterialien,<sup>6,7</sup> die nachträglich nicht mehr beeinflusst werden können. Schlecht produzierter Nitrofilm unterliegt in besonderem Maß dem säurekatalysierten Abbau und setzt schnell korrosive und hochgiftige Abbauprodukte, nitrose Gase, frei, die zusätzlich den Abbau des Filmmaterials beschleunigen. Diese Gase müssen zwingend permanent abgelüftet werden, um die Abbaugeschwindigkeit des Nitrofilms unter Kontrolle halten zu können. Im umgekehrten Fall, bei kompakt in nahezu luftdichten Metall Dosen gelagertem Nitrofilm, führt die ansteigende Konzentration der Gase zu noch stärker beschleunigtem Abbau bis zur Selbstentzündung. Schon leicht erhöhte Raumtemperaturen reichen dann für eine Havarie aus. Nitrofilm brennt explosionsartig ab, setzt weitere hochgiftige nitrose Gase frei und ist kaum mehr löslichbar. Unabhängig vom Alterungsgrad stellt Nitrofilm zu jeder Zeit eine erhebliche Brandlast dar, da bei einer externen Zündquelle der Abbaugrad des Filmmaterials keine Rolle mehr spielt; gut erhaltener Nitrofilm brennt dann sogar noch besser, da noch mehr energie tragende Nitrogruppen vorhanden sind.

Schon in den frühen Laboratorien, in Kinos, in den Film lagern von Filmproduktionsunternehmen und dann auch in Gedächtnisinstitutionen in zahlreichen Ländern kam es manchmal sogar wiederholt und bis heute zu teils verheerenden Bränden, die von Nitrofilmen ausgelöst wurden oder an denen Nitrofilme beteiligt waren. Eini-

ge Beispiele: 20<sup>th</sup> Century-Fox Film Corporation (1937), Metro-Goldwyn-Mayer Pictures (1940, 1942, 1995) und Universal Studios (1987, 1990, 1992, 2008), das im Salzbergwerk Grasleben ausgelagerte Reichsfilmarchiv 1944, das 1934 von den Nationalsozialisten gegründet worden war. Größere Mengen an Kinefilmen verbrannten 1977 und 1978 an den National Archives in Suitland, Maryland,<sup>8</sup> und im Jahr 1988 am Bundesfilmarchiv, damals auf der Burg Ehrenbreitstein bei Koblenz.<sup>9</sup> Übersichten über Filmbrände wurden immer wieder erstellt.<sup>10,11</sup> Die Liste von Nitrofilmbränden ließe sich leicht fortsetzen, zumal sich Meldungen dazu oftmals in der Tagespresse finden. Die New York Times berichtete am 18. August 2003 von einem Brand an der New-York Historical Society,<sup>12</sup> bei dem auch Filme beschädigt wurden, und widmete 2018 ein New York Times Magazine dem Brand in den Universal Studios am 1. Juni 2008, der hauptsächlich historische Musikaufnahmen vernichtete. Die La Repubblica informierte am 18. Juli 1987 über einen erneuten Nitrofilmbrand in der Cinecittà, Rom,<sup>13</sup> sowie am 4. Juli 2018 über einen Brand im Nitrofilm lager der Cineteca di Bologna in Sasso Marconi.<sup>14</sup> In »Cinema Paradiso« (1988) von Giuseppe Tornatore, und »Inglourious Basterds« (2009) von Quentin Tarantino sind durch Nitrofilm verursachte Kinobrände selbst Teil des filmischen Geschehens.



## Nitrofilm

- ist hochentzündlich
- brennt schnell intensiv und erzeugt giftige Gase
- Nitrofilmbrände sind fast unmöglich zu löschen
- zersetzt sich autokatalytisch
- baut unter warmen und feuchten Bedingungen schnell ab und setzt nitrose Gase frei
- Abbauprodukte beschleunigen die Zersetzung benachbarter Filme und verursachen korrosive Schäden an Materialien in ihrer Umgebung

Von den Bränden in Filmarchiven war in der Hauptsache das filmische Erbe betroffen, und zahlreiche unikale Kinefilme aus der Zeit, als die Bilder laufen lernten, wurden vernichtet. Zu den Brandursachen zählen Selbstentzündung, defekte Klimaanlage, Kurzschlüsse in Elektrokabeln und Hitzeeinwirkung durch Bauarbeiten, oftmals blieben die Auslöser aber unbestimmt. Wenn Nitrofilme nicht selbst Brandverursacher sind, so bilden sie dennoch eine erhebliche Brandlast in Gebäuden.

### **Nitrofilm im Sprengstoffgesetz**

Die Gefährdung durch Cellulosenitrat hat zur Aufnahme des Stoffes in das Sprengstoffgesetz (SprengG) mit seinen Verordnungen und Ausführungsbestimmungen geführt. Cellulosenitrat ist als explosionsgefährlicher Stoff unter der Rahmenezusammensetzung 13 (»Nitrofilm«) in der Stoffgruppe C, dritter Teil, der Bekanntmachung der explosionsgefährlichen Stoffe im Bundesanzeiger von 1987 gelistet.<sup>15</sup> Der fotografische und kinematografische Nitrofilm unterliegt somit den Verordnungen für den Umgang mit solchen Stoffen, wie der Deutsche Bundestag 2016 in einer Stellungnahme bestätigt hat.<sup>16</sup> Daher müssen hohe sicherheitstechnische Standards bei der Lagerung und Bearbeitung von Nitrofilmen eingehalten werden.<sup>17</sup> Für den Transport von Nitrofilm gilt die Gefahrgutverordnung Straße.

Im Kontext der Diskussion um die Kassationspraxis des Bundesarchivs bei Kinefilm auf Cellulosenitrat wird die Kassation weiterhin nicht gesetzlich verpflichtend gemacht. Damit bleibt die Entscheidung zwischen Aufbewahrung oder Kassation in der Verantwortung von besitzenden Einrichtungen. Ohne eine rechtliche Bindung macht die DIN 15551-3:2013 unter Abschnitt 10 die Vernichtung von Nitrofilm nach dem Umkopieren jedoch zur normativen Vorgabe.

### **Nitrofilm-Strategie der Bayerischen Staatsbibliothek**

An der Bayerischen Staatsbibliothek und den zehn regionalen Staatlichen Bibliotheken im Freistaat Bayern wird daher gemäß einer Strategievorgabe der Generaldirektion seit August 2016 eine umfassende und systematische Prüfung aller Sammlungen und Bestände an sämtlichen Standorten mit dem Ziel durchgeführt, Nitrofilme zu identifizieren, zu digitalisieren und ausnahmslos zu kassieren, um Benutzer\*innen, Beschäftigte und Bestände vor einer möglichen Brandgefahr und Brandlast zu schützen. Zur Anwendung kommt eine innovative Untersuchungsmethode zur sekundenschnellen Materialprüfung mittels Infrarotspektroskopie, die am Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung (IBR) der Bayerischen Staatsbibliothek entwickelt wurde, um große Mengen an Filmen sicher und zugleich ressourceneffizient prüfen zu können.

Am Ende des Workflows folgt auf die Digitalisierung als letzter Schritt die Kassation der Nitrofilme und ihre fachgerechte Entsorgung. Ganz im Unterschied zum

frühen Kinefilm mit seinen filmischen Kunsteffekten durch manuelles Nachbearbeiten kann beim fotografischen Nitrofilm die Ersatzform des Digitalisats alle dokumentarischen Informationen der Bildvorlage liefern. Gegenüber der Bildinformation tritt das Trägermaterial des fotografischen Films in den Hintergrund und wird für die Rezeption des Bildinhalts verzichtbar. Falls die ursprüngliche Überlieferungsform »Film« in speziellen Kontexten wieder erforderlich wäre, könnte das Digitalisat auf einen Film ausbelichtet werden, dann auf den dauerhaften Polyesterfilm. Diese Option ist allerdings aufgrund der veränderten Marktsituation durch den weitgehenden Rückgang der analogen Filmindustrie seit den 1990er-Jahren heute nur noch eingeschränkt verfügbar.

Um der Tatsache im größtmöglichen Umfang gerecht zu werden, dass vor der Kassation letztmalig die Möglichkeit besteht, bestimmte Merkmale der Filme zu bestimmen und als Metadaten zu dokumentieren, wurde gemeinsam von den Abteilungen Digitale Bibliothek und Bavarica (DBB), Karten und Bilder (KB) und Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung (IBR) der Bayerischen Staatsbibliothek ein Fachkonzept »Nitrofilm-Digitalisierung« mit spezifischen Vorgaben zu den Digitalisierungsparametern und zur Metadatenerfassung für die Langzeitarchivierung erarbeitet.

### **Relevanter Zeitraum plus Sicherheitspuffer**

Am Projektbeginn stand die Festlegung des Zeitraumes, der für die Prüfung von Filmen relevant ist. Während man in einem Projekt mit Druckschriften das Erscheinungsjahr als klare Grenze definieren kann, das für jede einzelne Druckschrift vorhanden ist, richtet sich in diesem Projekt das Zeitfenster indirekt nach den sieben Jahrzehnten der Herstellung und potenziellen Verwendung von Nitrofilmen durch Fotograf\*innen. Mit dem hauptsächlichen Vorkommen von Nitrofilmen ist dementsprechend von etwa 1890 bis in die Mitte der 1950er-Jahre zu rechnen. Um etwaige Filmvorräte einzelner Fotograf\*innen zu berücksichtigen und einen Sicherheitspuffer von etwa einem Jahrzehnt einzubauen, werden die Filme bis zum Verwendungsjahr 1970 geprüft. Bei Fotoarchiven einzelner Fotograf\*innen oder bei Nachlässen kann der Prüfzeitraum noch etwas über die Jahresgrenze reichen, um solche Einheiten als vollständig geprüft abschließen zu können. Filme, die überhaupt nicht zeitlich einzuordnen sind, werden grundsätzlich geprüft. Dieses Zeitfenster ist speziell auf die fotografischen Sammlungen der Bayerischen Staatsbibliothek zugeschnitten, die im relevanten Zeitraum nahezu ausschließlich im deutschen Sprachraum entstandene Amateur- und Pressefotografie beinhalten.<sup>18</sup> Daher sollte es nicht ungeprüft auf Sammlungen übertragen werden, die sich aufgrund ihres individuellen Profils ganz anders zusammensetzen können.

## Workflow des Nitrofilmprojekts

Das Nitrofilmprojekt folgt einem dreistufigen Workflow. Der Prozess beginnt mit der Dokumentation der Filmbestände und ihrer zeitlichen Einordnung durch die hierfür verantwortlichen Abteilungen und geht dann weiter zur Bestimmung des Trägermaterials am IBR. Die als Nitrofilm identifizierten Filme werden von ihrer Sammlung separiert und in einen Kühlraum umgelagert, falls sie als Bestandteil eines Fotoarchivs nicht schon dort aufbewahrt werden. Nach ihrer Digitalisierung werden die Nitrofilme kassiert und vernichtet (vgl. Abb. 2).

### Stufe 1: Filme dokumentieren und datieren

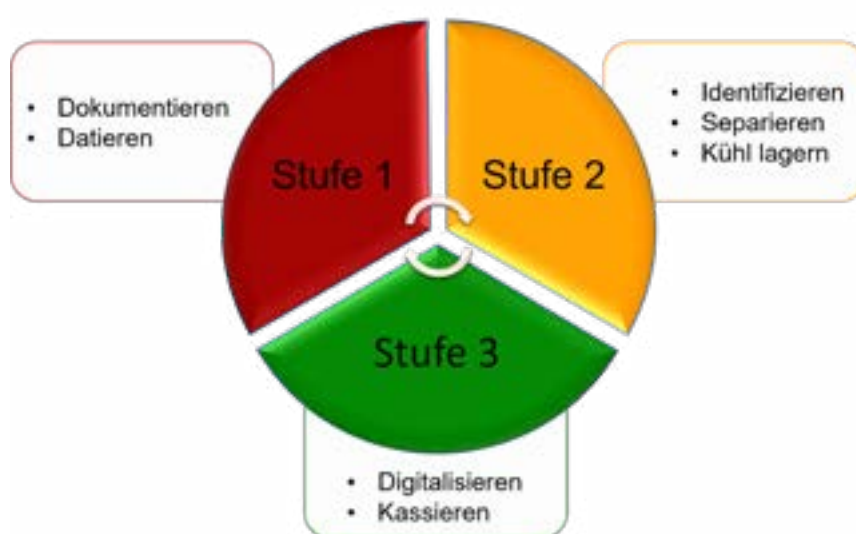
An der Bayerischen Staatsbibliothek werden Filme als integraler Bestandteil der gewachsenen Sammlungen in drei verschiedenen und durch unterschiedliche Abteilungszugehörigkeit räumlich und organisatorisch getrennten Magazinbereichen aufbewahrt: im Bildarchiv mit den kompakt aufgestellten Fotoarchiven einzelner Fotograf\*innen in Kühlräumen, in Mikroformbeständen an verschiedenen Magazinstandorten und in der Sammlung von Nachlässen im Handschriftenmagazin.

Für eine umfassende retrospektive Prüfung aller vorhandenen Filmbestände an sämtlichen Standorten der Bibliothek haben in einem ersten Schritt alle bestandsverantwortlichen Abteilungen, aber auch die administrativen und technischen Abteilungen wie etwa die IT nach Filmmaterial in ihrem Bereich recherchiert. Die gemäß definiertem Zeitfenster relevanten Filmbestände wurden dem IBR zur Materialbestimmung gemeldet. In einzelnen, potenziell kritischen Filmbeständen außerhalb des Zeitfensters wurde eine Stichprobenprüfung durchgeführt. Die zeitliche Einordnung von Filmmaterial und damit die Entscheidung über die Notwendigkeit

der Identifizierung des Bildträgermaterials liegt bei den bestandsverantwortlichen Stellen des Hauses. Zu Projektbeginn wurde auch festgelegt, dass neu erworbene Fotoarchive oder Nachlässe mit Filmanteilen künftig direkt beim Zugang ausnahmslos auf Nitrofilm geprüft werden, um die Bestände der Bayerischen Staatsbibliothek dauerhaft frei von Nitrofilm zu halten.

Prioritär wurden die Filmbestände an raumklimatisch ungekühlten Standorten geprüft, bevor die in den Kühlräumen aufgestellten Fotoarchive an die Reihe kamen, deren Prüfung bis heute noch andauert. Lässt man in einer Zwischenbilanz die Fotoarchive als originäre Orte von Nitrofilm beiseite, dann entfiel nur ein Viertel der Nitrofilmfunde auf die Mikroformbestände, während auf die Nachlässe Dreiviertel kamen. In der über 1.000 Nachlässe umfassenden Sammlung enthielten 87 Nachlässe Filme, und in 28 dieser Nachlässe wurden Nitrofilme gefunden, die dort heterogen verteilt waren, von einem einzigen Nitrofilm als Planfilm oder Rollfilm bis zu über 100 Nitrofilmen (vgl. Abb. 3).

Erwartungsgemäß erweist sich das Bildarchiv der Bayerischen Staatsbibliothek mit den in Kühlräumen aufgestellten größeren und kleineren Fotoarchiven einzelner Fotograf\*innen als Hotspot für Nitrofilmfunde. Das Bildarchiv wurde seit den 1990er-Jahren mit dem Erwerb mehrerer bedeutender Fotoarchive entsprechend dem Sammlungsprofil des Hauses gezielt ausgebaut. Seit der Übernahme des *stern*-Fotoarchivs 2019 mit 15 Millionen Negativen, Abzügen und Dias aus der Zeit von 1948 bis 2001 als Schenkung des Hamburger Verlags Gruner + Jahr besitzt die Bayerische Staatsbibliothek mit aktuell rund 18 Millionen Bildern die größte zeitgeschichtliche Fotosammlung in öffentlicher Trägerschaft in Deutschland.<sup>19</sup>



2 Dreistufiger Projekt-Workflow an der Bayerischen Staatsbibliothek

Abb.: BSB / IBR



### Stufe 2: Nitrofilme identifizieren, separieren und kühl lagern

Die Identifizierung des Filmmaterials erfolgt am Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung der Bayerischen Staatsbibliothek mittels Infrarotspektroskopie. Für dieses Projekt wurde ein neues Messverfahren entwickelt, das unten kurz vorgestellt wird, und das detailliert in dem renommierten Journal *Polymers* im Open Access beschrieben wurde.

Sämtliche geprüften Filme werden mit einer fortlaufenden Nummer in einer Liste verzeichnet und auf der Steckhülle, Filmtasche oder der sonstigen Schutzhülle gekennzeichnet, damit am Film selbst erkennbar ist, dass er geprüft wurde. Cellulosenitrat-Funde werden unmittelbar von der jeweiligen Sammlung separiert, und die Entnahme unter Angabe der Prüfnummer auf einem Stellvertreter vermerkt. Die Nitrofilme werden unter kontrollierten Bedingungen in einem Kühlraum bis zur Kassation zwischengelagert (7°C und 35 % rF, jährliche Schwankung  $\pm 1^\circ\text{C}$  bzw.  $\pm 5\%$  rF, gemäß DIN ISO 18934:2019).

### Stufe 3: Nitrofilme digitalisieren und kassieren

Die in Kühlräumen zwischengelagerten Nitrofilme werden von Spezialdienstleistern gemäß dem Fach-

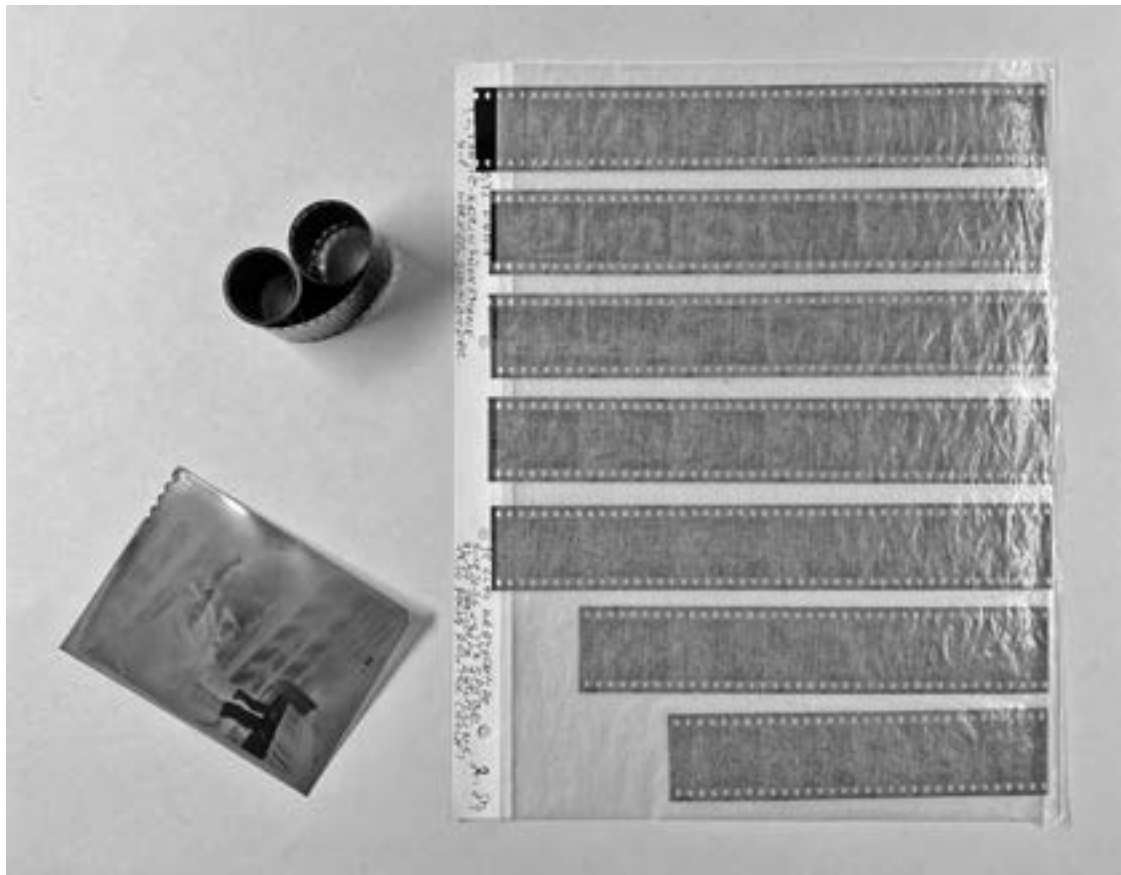
konzept für Nitrofilm-Digitalisierung digitalisiert. Ab dem Zeitpunkt der Trägerbestimmung als Nitrofilm liegt die Steuerung des gefahrstoffgerechten »Objekt-flow Nitrofilm« beim IBR, angefangen bei der endgültigen Separierung vom Bestand und dem Transport zur Zwischenlagerung in dem dafür festgelegten Kühlraum mit kontinuierlich überwachtem Klima, über die Auftragsvergabe für die Digitalisierung durch spezialisierte Dienstleister, bis hin zur Kassation der Nitrofilme und ihrer Übergabe an Dienstleister für Chemikalienentsorgung.

### Methoden zur Identifizierung des Bildträgermaterials

Um ein sachgerechtes Aufbewahrungs- und Risikomanagement für Fotosammlungen entwickeln zu können, ist es erforderlich, die chemische Identität der Filmmaterialien zu kennen. Traditionell wurde die Bestimmung von Bildträgern durch kontextuelle Information (Filmbezeichnung, Filmmarkierung, Datierung) oder eine Sichtprüfung vorgenommen.

### Einfache Sichtprüfung

Filmhersteller produzierten und vermarkteten Filme mit oder ohne eine Kennzeichnung am Filmrand. Planfilme blieben ohne Perforation und damit ohne definier-



3 Verschiedene Formen von Nitrofilm in Fotoarchiven: Rollfilm, Planfilm oder Filmabschnitte in Negativhüllen

Abb.: BSB / IBR

ten Rand, sodass Rohfilmhersteller bestimmte Muster aus Kerben und Löchern am Rand als Merkmal für ein bestimmtes Filmmaterial angebracht haben: V-förmige und u-förmige Kerbungen deuten in der Regel auf Nitro- bzw. Acetatfilme hin.<sup>20</sup> Da diese Kerbmuster jedoch nicht einheitlich eingesetzt wurden und sich zum Verwechseln ähnlich sein können, scheiden diese für eine sichere Identifizierung von Bildträgermaterial aus (vgl. Abb. 4).

Bei Kleinbildfilmen mit Perforation wurde neben der Filmbezeichnung in der Regel die Bezeichnung *Safety Film / Sicherheitsfilm* aufgedruckt, um solche Filme auf dem Markt eindeutig als Celluloseacetat und damit als unbedenklich auszuweisen.<sup>20,21</sup>

Andere Eigenschaften wie die Verfärbung des Filmtägers (bräunlich-gelb bzw. violett) oder stechender Geruch (nitrose Gase bzw. Essig) könnten auf Nitrat- bzw. Acetatfilme hinweisen, sind jedoch zu unspezifisch, um sich bei einer Materialidentifizierung auf sie verlassen zu dürfen.

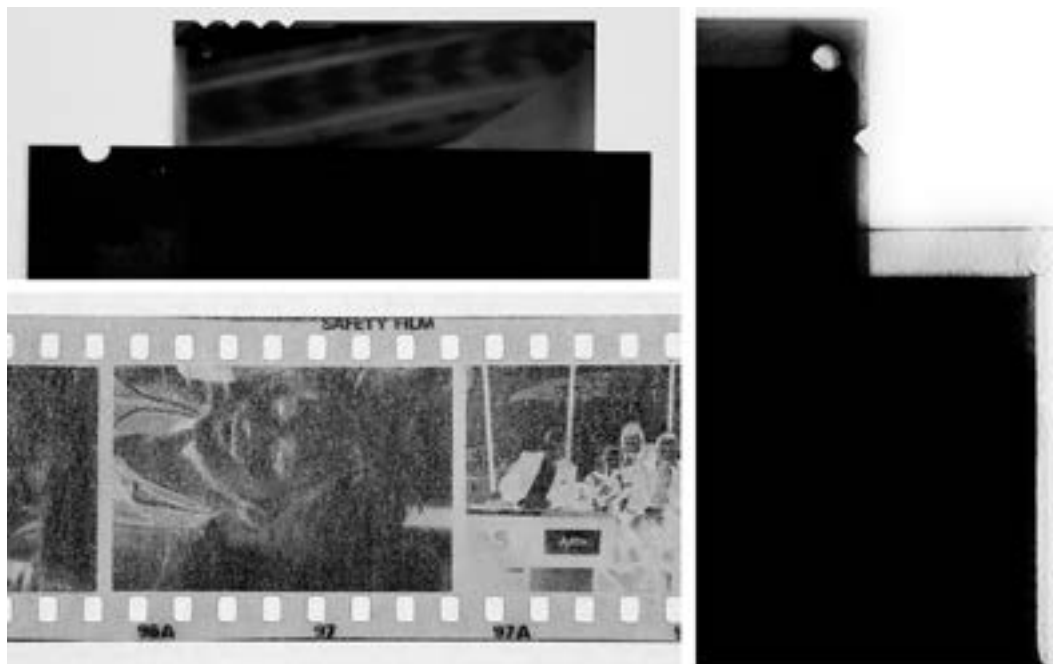
Eine schnelle und zuverlässige Methode, um visuell zwischen Bildträgern auf Cellulose- und Polyesterbasis zu unterscheiden, stellt der Polarisations-test dar. Hierzu nimmt man zwei lineare Polarisationsfilter, deren Polarisationsrichtung senkrecht zueinandersteht, sodass sie dunkel werden. Wenn man zwischen diese beiden Filter einen Film aus Polyester legt, zeigen sich die charakteristischen Interferenzstreifen in unbelichteten Berei-

chen. Im Gegensatz dazu bleiben Filme aus Cellulose-nitrat bzw. -acetat visuell unverändert<sup>21</sup> (vgl. Abb. 5).

Die Überprüfung dieser Merkmale von Filmen kann für die Unterscheidung zwischen Nitrofilm, Acetatfilm und Polyesterfilm allerdings nur eine erste Information liefern, sie erlaubt keine abgesicherte Materialbestimmung. Zudem belegen seltene Beispiele, dass ursprünglich auf einem ausgewiesenen Sicherheitsfilm aufgenommene Bilder auf einen Nitrofilm dupliziert wurden. Die dabei auf den Nitrofilm übertragene Bezeichnung »Sicherheitsfilm« führt dann in die Irre, sodass selbst bei diesem Merkmal keine absolute Sicherheit besteht.<sup>21</sup>

#### Physikalisch-chemische Methoden

Physikalisch-chemische Methoden zur Bestimmung des Filmmaterials wie der Diphenylamin-Test,<sup>22</sup> der Trichlorethylen-Schwebe-Test<sup>20,21</sup> und der Verbrennungstest<sup>21</sup> sind zwar meistens zuverlässig, aber invasiv und destruktiv, denn es erfolgt in jedem Fall die Entnahme und Zerstörung einer Materialprobe. Auch wenn diese Methoden inzwischen minimalinvasiv durchgeführt werden können,<sup>23</sup> erfordern sie den Umgang mit gefährlichen Chemikalien, die in den sammlungshaltenden Einrichtungen normalerweise nicht vorhanden sind. Darüber hinaus können Schwierigkeiten bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Tests auftreten, wenn sich die analysierten Materialien in einem späten Stadium der Zersetzung befinden.



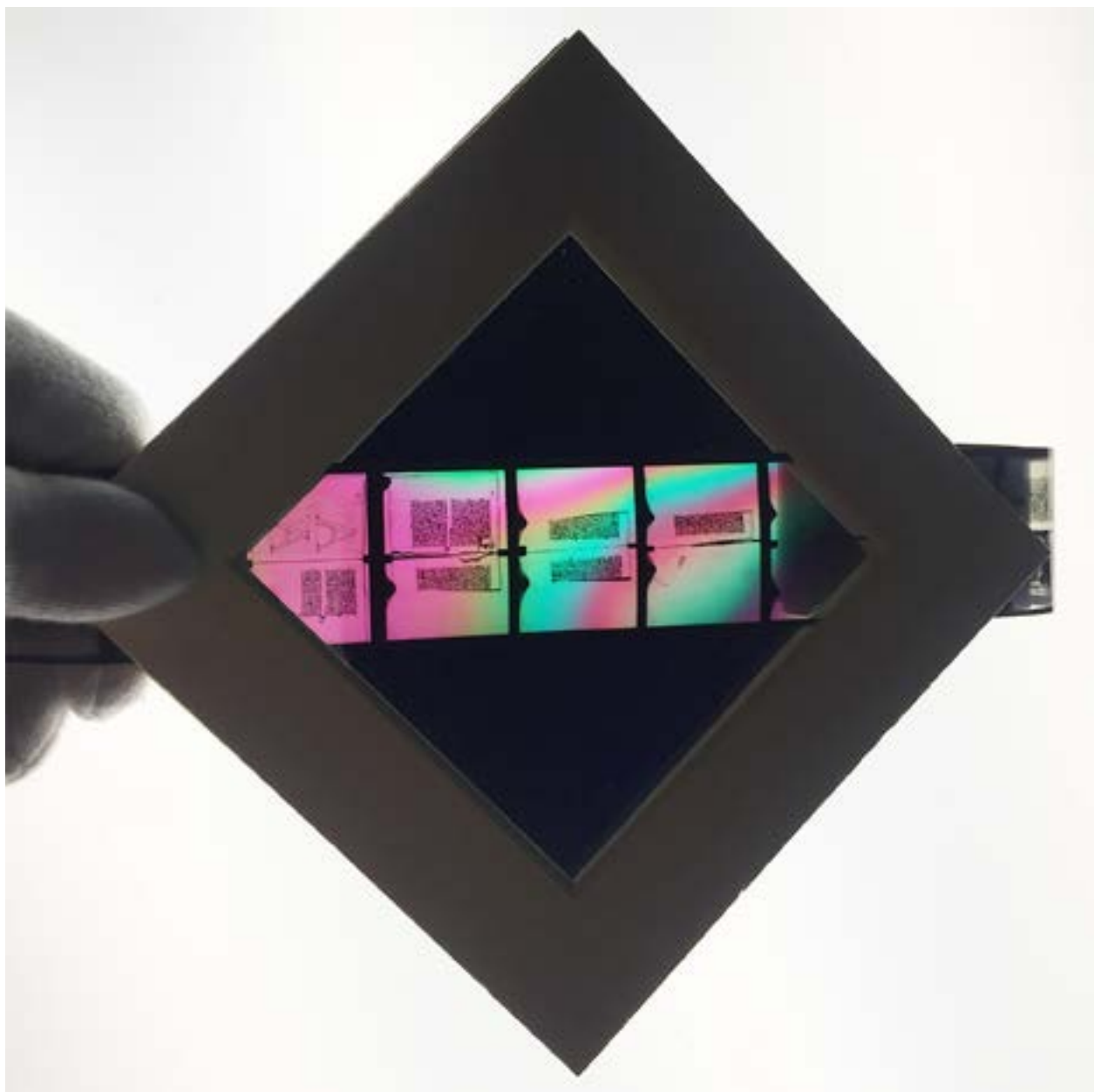
4 Filmkennzeichnungen von Plan- und Rollfilmen: v- oder u-förmige Kerbungen für Nitro- oder Acetatfilm (oben links), kombiniertes Kennzeichen (kreis- und v-förmige Kerbung) sowohl für Nitro- wie für Acetatfilm (rechts) und Kennzeichnung Safety Film auf Kleinbildfilm (unten links)

Abb.: BSB / IBR

### Spektroskopische Methoden

Im Gegensatz dazu stellen spektroskopische Verfahren sichere, leistungsfähige und zerstörungsfreie Alternativen zur Materialidentifizierung dar. In den letzten Jahren hat sich die Infrarotspektroskopie im Bereich der Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaften als robuste und zugängliche Technologie etabliert, nicht zuletzt dank der zunehmenden kommerziellen Verfügbarkeit von kompakten, tragbaren und kostengünstigen Spektrometern. Mit Infrarotstrahlung werden definierte Molekülschwingungen angeregt, deren charakteristische Frequenzen von der Molekülstruktur abhängen. Die Zusammensetzung dieser Frequenzen – das sogenannte Spektrum – liefert die Information, um Materialien iden-

tifizieren zu können. Verschiedene Messverfahren wie zum Beispiel die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS),<sup>24</sup> die abgeschwächte Totalreflexion (ATR)<sup>25</sup> und die Reflexion<sup>26,27</sup> wurden bereits erfolgreich zur Identifizierung des Bildträgermaterials in fotografischen Sammlungen eingesetzt.<sup>24,28,29</sup> Während die Ergebnisse der Nahinfrarotspektroskopie mit statistischen Verfahren ausgewertet werden müssen, liefern die abgeschwächte Totalreflexion und die Reflexion Spektren, die direkt interpretiert werden können. Die unterschiedlichen Eindringtiefen der Infrarotstrahlung dieser beiden Verfahren reichen aber nicht in jedem Fall aus, um den Filmträger eindeutig zu bestimmen.



5 Positiver Polarisationstest, der Polyesterfilme anhand der farbigen Interferenzstreifen identifiziert

Abb.: BSB / IBR

## Messung an der Filmoberfläche

ATR ist eine gut etablierte und weit verbreitete Methode zur Charakterisierung von Polymerproben. Mit dieser Technik können detaillierte Informationen der Materialoberfläche, wie etwa der Degradationszustand von Filmen auf Cellulosebasis, bestimmt werden.<sup>25</sup> Dafür ist allerdings ein enger Kontakt zwischen Probe und ATR-Kristall erforderlich, um Spektren mit guter Auflösung zu erhalten. Die Proben müssen dafür mit Druck auf den Kristall gepresst werden, was nachteilig für die Analyse fragiler Objekte ist. Zudem ist die Eindringtiefe der Infrarotstrahlung in das Filmmaterial bei dieser Messmethode begrenzt. Fotografische Filme sind aber strukturierte Materialien aus mehreren Schichten. Schon einfache Schwarzweiß-Materialien bestehen aus einer lichtempfindlichen Gelatineschicht (Bildschicht), der Trägerschicht und einer weiteren Gelatineschicht (Antirollbeschichtung) (vgl. Abb. 6).

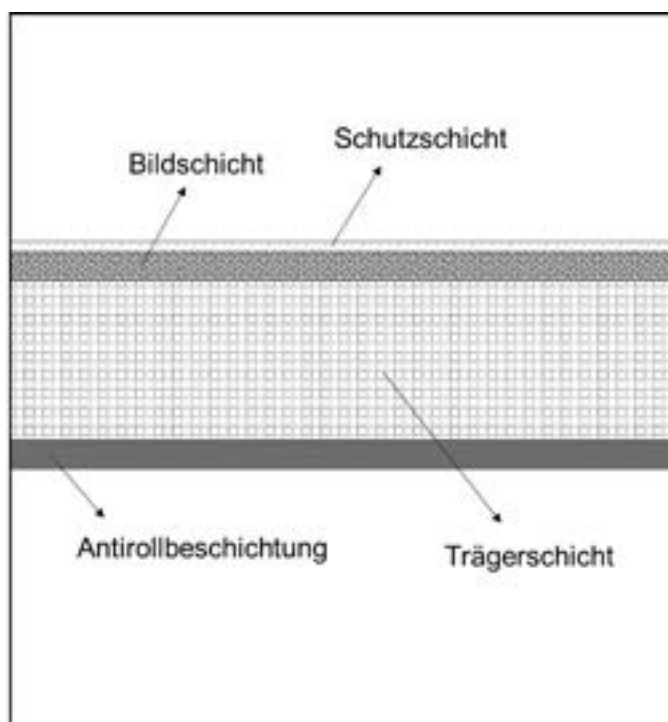
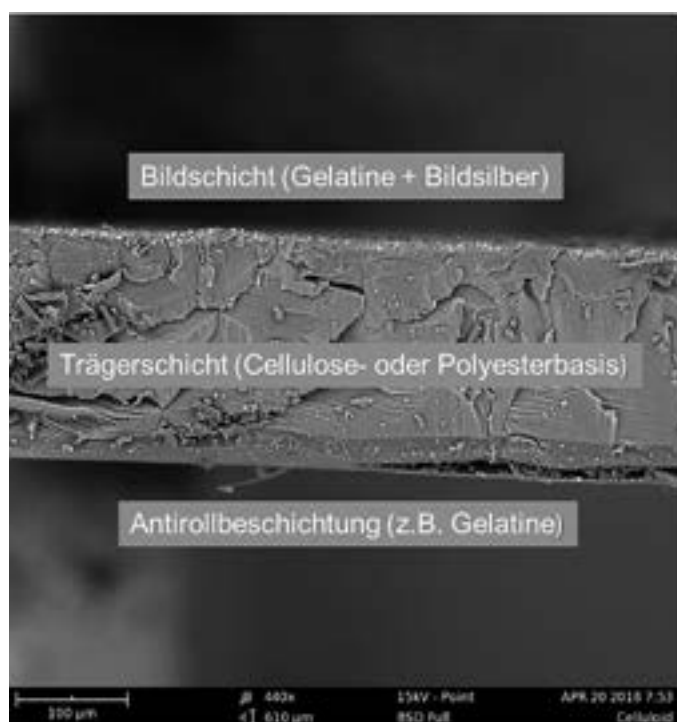
Daher könnte die Eindringtiefe einer ATR-Messung bei Filmproben mit dicken Gelatineschichten nicht ausreichen, um den Träger zuverlässig zu analysieren.<sup>26,30</sup> Messungen in Reflexion haben gegenüber ATR den Vorteil, dass die Probe nahezu kontaktlos analysiert werden kann. Die Filmproben werden einfach vor die Messöffnung des Instruments gehalten und direkt analysiert. Leider sind die Spektren, die aus konventionellen Reflexionsmessungen gewonnen werden, in der Regel sehr komplex und schwer zu interpretieren. Je nach Bre-

chungsindex und optischer Dichte der Probe erscheinen einige Signale verzerrt und müssen mit Datenverarbeitungsalgorithmen aufwendig nachbearbeitet werden.<sup>26,30</sup>

## Messung durch alle Filmschichten hindurch

Um diesen Nachteilen zu begegnen, wurde in der Bayerischen Staatsbibliothek eigens eine modifizierte Version der Reflexionsmessungen entwickelt, bei der die Filme zwischen dem Spektrometer und einer Aluminiumfolie positioniert werden.<sup>30</sup> Die Aluminiumoberfläche wirkt als Reflektor, sodass die IR-Strahlung zunächst durch den Film hindurchgeht, dann von der Metalloberfläche reflektiert wird, um erneut durch die Probe zu strahlen. Dieses physikalische Phänomen wird als Transflexion<sup>30,31</sup> bezeichnet und ermöglicht die Erfassung gut definierter Messsignale für transparente Materialien, ohne dass nachträgliche mathematische Korrekturen erforderlich sind (vgl. Abb. 7).

Die Transflexionsspektren von Filmen aus Cellulosenitrat, Celluloseacetat und Polyester zeigen markante Unterschiede und erlauben somit die schnelle Identifizierung des Trägermaterials durch eine visuelle Inspektion der Signale, besonders in den Bereichen zwischen 2400–2800 und 4000–4700 cm<sup>-1</sup>, vorausgesetzt, dass eine möglichst durchsichtige Stelle im Film analysiert wird, die unbelichtet und damit ohne Bild geblieben ist (vgl. Abb. 8).



6 Die verschiedenen Schichten eines Schwarzweißnegativs im Querschnitt, Aufnahme im Rasterelektronenmikroskop (links) und schematischer Aufbau (rechts)

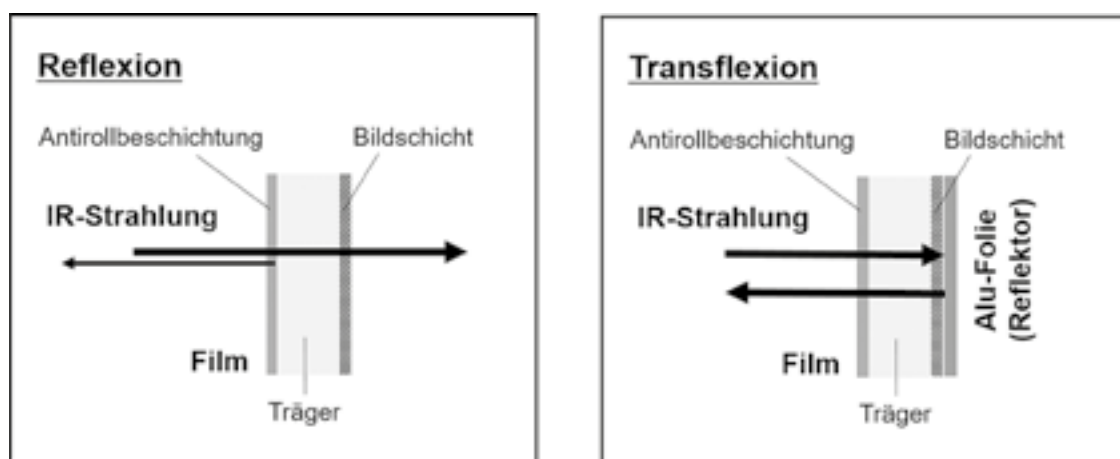
Abb.: BSB / IBR



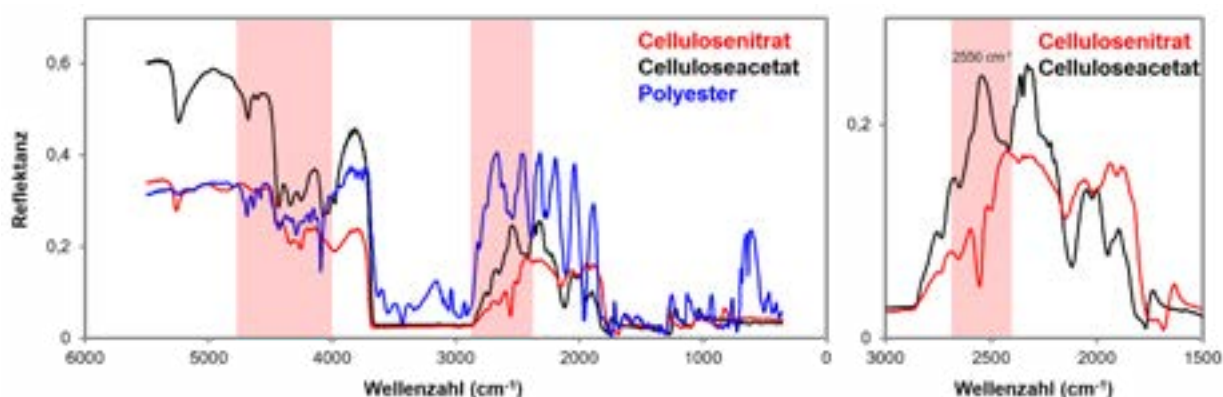
Die Aussagefähigkeit der Transflexionsspektren für Nitro-, Acetat- und Polyester-Filme wurde mit Musterproben durch Gegenprüfung mittels Verbrennungs- und Polarisations-test bestätigt. Da bei der Transflexionstechnik Spektren mit sehr guter Auflösung aufgenommen werden können, ist im Regelfall nur ein einziger Scan erforderlich (Messdauer < 2 Sekunden), um die Filmzusammensetzung präzise und ohne jegliche Datenbearbeitung zu bestimmen.<sup>30</sup> Die Form des Spektrums bei ca. 2550 cm<sup>-1</sup> lässt sofort erkennen, dass Cellulosenitrat eine Senke zeigt, während Celluloseacetat einen Peak, und Polyester zwei Peaks aufweist (vgl. Abb. 8, rechts). Diese Eigenschaft erlaubt ein schnelles und direktes Ja/Nein-Identifizierungsverfahren. In seltenen Ausnahmefällen wird jedoch die Auflösung der Transflexionsspektren und damit die Zuverlässigkeit der Analyse beeinträchtigt. Filme mit erhöhten Silberanteilen in der Bildschicht, Oxidationsflecken oder verdickten Ge-

latineschichten verhindern die Transmission der infraroten Strahlung durch den Film und machen die sonst charakteristischen Signale ununterscheidbar. In gleicher Weise wird das Transflexionsphänomen beeinträchtigt, wenn der Film keinerlei transparente Stellen zum Messen aufweist.<sup>30</sup> Die wenigen Fälle, die keine eindeutige spektroskopische Auswertung erlauben, können durch destruktive Identifikationsmethoden ergänzt werden, wenn eine Probeentnahme für das jeweilige Objekt infrage kommt.

In den allerwenigsten Fällen gelang es nicht, eine eindeutige Identifizierung des Bildträgers mithilfe von Transflexionsmessungen zu erhalten: Von den bis heute gemessenen 533.000 Filmen (Plan- oder Rollfilme) bzw. Filmstreifen waren weniger als 1.000 (etwa 0,2 Prozent) zu dicht bzw. zu stark entwickelt oder hatten keine durchsichtigen Stellen und mussten daher mittels Polarisations- oder Verbrennungstests identifiziert werden.



7 Prinzip der von der Bayerischen Staatsbibliothek entwickelten innovativen Methode zur Analyse der Bildträgerschicht mittels Infrarotspektroskopie bei Reflexion bzw. Transflexion  
Abb.: BSB / IBR



8 Vergleich typischer Transflexionsspektren für Filme aus Cellulosenitrat (Rot), Celluloseacetat (Schwarz) und Polyester (Blau). Links: vollständiges Spektrum, rechts: Ausschnitt der Region von 1500–3000 cm<sup>-1</sup>. Der rot hinterlegte Bereich markiert die eindeutigen Unterschiede in den Spektren  
Abb.: BSB / IBR

## Ordnungssystem eines Fotoarchivs und Prüfaufwand

Für die Filmprüfung spielt die Ordnung eines Fotoarchivs die zentrale Rolle. Fotograf\*innen können ihr Archiv chronologisch abgelegt oder inhaltlich strukturiert haben. Wenn ein chronologisch geordnetes Archiv übernommen wird, kann sich die Prüfung auf den nitrorelevanten Zeitraum beschränken. Ist ein Archiv inhaltlich strukturiert, verteilen sich die nitrorelevanten Anteile über den Gesamtbestand, und in der Folge muss das Archiv vollständig überprüft werden. Das ist ebenso der Fall, wenn eine ursprünglich chronologische Reihenfolge auch nur in Teilen verändert wird.

Die beiden folgenden Beispiele zeigen, dass sich das Ordnungssystem eines Fotoarchivs auf die Zahl der zu prüfenden Filme erheblich auswirkt. In dem 2019 angekauften Fotoarchiv des Luftbildfotografen Max Prugger (1918–2003), der ab den 1950er-Jahren in ca. 60.000 Luft- und Bodenaufnahmen vor allem Motive im bayerischen und österreichischen Alpenraum im Bild festgehalten hat, sind die Negative von Prugger selbst chronologisch sortiert. Dies ergab sich schon thematisch durch seine Reportagen etwa über die Stadtentwicklung Münchens in Aufnahmen vom Flugzeug aus, die er in Abständen wiederholte. Die Nitrofilmprüfung konnte sich daher auf den frühen Bestand vor 1970 mit ca. 7.400 Negativen beschränken, von denen 20 als Nitrofilm identifiziert wurden (ca. 0,3 Prozent).

Das von 1989 bis 2003 erworbene Fotoarchiv der Münchener Fotografin Felicitas Timpe (1923–2006), die Themen zum gesellschaftlichen und kulturellen Leben in der bayerischen Landeshauptstadt im Fokus hatte, umfasst aus ihrer aktiven Zeit als freiberufliche Bildjournalistin zwischen 1950 und 2002 etwa 1,3 Millionen Negative, davon ein geringer Anteil von ca. 15.000 Bildern auf Filmstreifen, und ca. 140.000 Abzüge. Das Timpe-Archiv war nach Ereignissen und Personen und damit grob chronologisch geordnet und wurde nach der Übernahme in Teilen umsortiert und nach Schwarzweiß- und Farbnegativen und Abzügen auf Papier getrennt. Da keine stringente chronologische Ordnung gegeben war, musste das S/W-Archiv vollständig geprüft werden. Der Anteil an Nitrofilm betrug nur 0,36 Prozent (940 Filmstreifen), der Löwenanteil der Negative wurde demnach »umsonst« geprüft. Der jüngste Nitrofilm stammt von 1956, was das definierte Zeitfenster bestätigt.

Bei den *stern*-Fotograf\*innen muss für die Nitrofilmprüfung zwischen den Aufnahmen des als Ganzes von der Bayerischen Staatsbibliothek im Jahr 2019 übernommenen *stern*-Fotoarchivs des Verlags Gruner + Jahr und den gegebenenfalls zusätzlichen privaten Archiven einzelner Fotograf\*innen unterschieden werden. Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass die Wochenzeitschrift *stern* 1948 gegründet wurde und in den 1960er- und 1970er-Jahren zu einer der weltweit bedeutendsten Zeitschriften für den internationalen Fotojournalismus

aufstieg. Neben dem eigentlichen Verlagsarchiv sind daher vor allem die ergänzenden Fotoarchive der frühen *stern*-Fotograf\*innen mit den zeitbedingt jedoch überschaubaren Zahlen an Negativen für die Nitrofilmprüfung relevant. Besonders in den Fällen, in denen Fotograf\*innen ihr privates Fotoarchiv für die Geschlossenheit ihres fotografischen Werkes zusätzlich an die Bayerische Staatsbibliothek gegeben haben, besteht ein begründeter Verdacht auf einen deutlichen Anteil von Nitrofilmen, sofern die Fotos aus der Zeit vor 1970 datieren. Zum Beispiel war der 1967 und 1980 mit dem World Press Photo Award ausgezeichnete *stern*-Fotograf Fred Ihr (1918–2005), bevor er ab 1960 für etwa 30 Jahre als Fotoreporter beim *stern* angestellt war, ab 1945 als Reporter für das United States Army Signal Corps, von 1948 bis 1951 als Fotograf für die Rhein-Neckar-Zeitung in Heidelberg und anschließend für die Illustrierte Quick tätig. Die Prüfung des Privatarchivs von Ihr mit knapp 5.000 (4.948) in Ordern abgelegten Filmstreifen ergab einen Anteil an Nitrofilm von 9 % (445 Filmstreifen). In den Privatarchiven der beiden *stern*-Fotografen Mihály Moldvay (\*1938) und Jürgen Gebhardt (\*1942) aus der Zeit vor ihrer Anstellung beim *stern* wurde dagegen kein Nitrofilm gefunden.

## Nitrofilm: Digitalisierungsparameter und Metadaten für die Langzeitarchivierung

Der Digitalisierung von Nitrofilmen vor der Kassation kommt ein besonders hoher Stellenwert zu, da das Original danach für erneute Reproduktionen oder zur Erhebung von Metainformationen nicht mehr zur Verfügung steht. Es gilt daher, das Original nach dem Stand der Technik in der bestmöglichen Qualität zu digitalisieren und langzeitzuarchivieren.<sup>32</sup> Das abteilungsübergreifend erarbeitete Fachkonzept umfasst alle inhaltlichen und technischen Aspekte dieser Stufe des Workflows.

Für ein digitales Bild gelten andere Qualitätskriterien als für ein analoges Filmbild, da das digital erzeugte Bild nicht mehr aus in einer Emulsion eingebetteten Silberpartikeln besteht, sondern aus einer Matrix von Bildpunkten, den sogenannten Pixel. Folgende vier Parameter sind im Digitalen bestimmend:

- *die Auflösung*: angegeben in Pixel per Inch (ppi) bzw. Bildpunkte pro Zoll (2,54 cm), misst die Feinheit eines Bildes;
- *die Größe*: die einen Einfluss auf die Wahl der Auflösung hat. Die Größe wird in der Regel in Pixel, Millimetern oder Zentimetern angegeben;
- *die Abtastung*: die, ausgedrückt in Anzahl Bits, für die gute Farbwiedergabe verantwortlich ist. Ein Bit entspricht zwei Farbtönen, 8 Bits entsprechen 256 Farbtönen, und 16 Bits dann 65.536 Farbtönen;
- *der Farbmodus*: Das aus Licht zusammengesetzte Bild (additive Farben) verlangt die drei Farben Rot, Grün und Blau (RGB-Modus). Das aus Farbtönen

zusammengesetzte Bild (subtraktive Farben) hingegen, wie es für den Druck verwendet wird, erfordert vier Farben: Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz (CMYK-Farbmodus).

Die Auflösung von analogem Negativ- und Filmmaterial wird über die Filmkörnigkeit bestimmt, den kleinsten Strukturen des entwickelten Films, die erst bei sehr starker Vergrößerung sichtbar werden. Fotochemisch handelt es sich dabei um Zusammenballungen von feinst verteilten Silberpartikeln. Die Fein- oder Grobkörnigkeit eines Films und damit seine Auflösung ist sowohl vom Filmtyp, aber auch von den Entwicklungsbedingungen abhängig. Filme mit niedriger Lichtempfindlichkeit sind in der Regel sehr viel feinkörniger als stark lichtempfindliche Filme. Auch die Farbtintensität, der mögliche Kontrastumfang und die maximale Dichte hochempfindlicher Filme weichen von Filmen mit niedriger oder mittlerer Empfindlichkeit sichtbar ab. Dieser Zusammenhang war bei Filmmaterialien in den 1960/1970-Jahren allerdings deutlicher ausgeprägt als bei Filmmaterial der 1980er- und 1990er Jahre. Die Qualität einer Fotografie entsteht jedoch nicht ausschließlich über das Aufzeichnungsmedium Film, sondern immer in Kombination mit der Abbildungsqualität eines Objektivs. Ein moderner, sehr feinkörniger Film kann theoretisch auf der Fläche eines Kleinbildes 40–60 Millionen Punkte unterscheiden. Die tatsächliche Belichtung der einzelnen Punkte ist jedoch von der verwendeten Kamera und dem Objektiv abhängig. Im Allgemeinen rechnet man bei Standard-Objektiven nur mit einer Auflösung von etwa 10 Millionen Bildpunkten (entspricht etwa 2.800 ppi) für ein Kleinbild-Dia, hochwertige oder Festbrennweiten-Objektive erreichen etwa 20 Millionen Punkte (entspricht etwa 4.000 ppi).<sup>33</sup>

Für die Ermittlung der optimalen Auflösung bei der Digitalisierung kann der heute weit verbreitete Richtwert von 300 ppi für die Druckauflösung, der sich aus dem Auflösungsvermögen des menschlichen Auges ableiten lässt, herangezogen werden. Bei einem Raster von 60 Linien pro cm und bei 20 cm Betrachtungsabstand werden die einzelnen Linien nicht mehr getrennt wahrgenommen, und das Bild wird in kontinuierlichen Farb- und Tonabstufungen gesehen. Daraus resultiert die Berechnung, dass 60 Linien/cm mindestens 120 Pixel zur Darstellung benötigen. Bei 120 Pixel/cm mit 2,54 cm/inch benötigt man 304,8 ppi, also rund 300 ppi.

Um daraus abgeleitet den Anforderungen aller Filmtypen und -formate Rechnung zu tragen, kann für Filmmaterial ein durchschnittliches Auflösungsvermögen von 80 Linien/mm als Grundlage zur Berechnung der Mindestauflösung bei der Digitalisierung gewählt werden.<sup>34</sup> Das entspricht der Auflösung eines modernen feinkörnigen Diapositivfilms. Es ergibt sich daraus ein Wert für die Scanauflösung von mindestens 4.000 ppi, mit dem die Detailwiedergabe sowohl von historischen

Aufnahmen als auch von Aufnahmen auf neueren Filmen im Digitalisat sichergestellt ist. Bei Mittel- oder Großformatfilmen kann die Scanauflösung dagegen kleiner gewählt werden, da bei diesen Filmen die Abbildungsleistung eines Objektivs schlechter und die Auflösung des Films entsprechend niedriger war. Auch wenn aufgrund der intrinsischen Filmauflösung eine niedrigere Scanauflösung ausreichen würde, verringert eine höhere Scanauflösung Störeffekte wie Aliasing (Signalüberlappung) oder Interferenzen. Diese resultieren aus der Zwischenwirkung von verwendeter Scanauflösung und tatsächlicher Bildauflösung. Je höher die Scanauflösung gewählt wird, desto geringer sind derartige Störeffekte.

Es wurden daher für die verschiedenen Formate bei Negativen Richtwerte für die Auflösung bei der Digitalisierung entwickelt,<sup>35,36</sup> die im Fachkonzept der Bayerischen Staatsbibliothek nochmals an die in den Sammlungen vorgefundenen Plan- und Rollfilmformate angepasst und entsprechend den aktuellen technischen Möglichkeiten der Digitalisierung erhöht wurden.

Auch bei der Abtastung der Farbzusammensetzung sind verschiedene Aspekte zu beachten. Schwarzweißnegative setzen sich in Wirklichkeit aus verschiedenen Grautönen zusammen. Das menschliche Auge kann nicht mehr als 100 Graustufen unterscheiden. Dennoch muss die Präzision der Abtastung optimal sein, um ein Maximum an Informationen zu erhalten.

In der digitalen Fotografie können zwei Zustände, Schwarz/Weiß oder Dunkel/Hell, auf dem lichtempfindlichen Sensor erzeugt und als binärer Code (Bit) gespeichert werden. Farben werden über die Belichtung durch drei Farbfilter, Rot, Grün und Blau (RGB), erfasst. Die Farbtiefe bestimmt also die Differenzierung der Helligkeits- und Farbwerte in einem Digitalisat aus einer Kombination mehrerer Paare. Bei einer Farbtiefe von 8 Bit pro Kanal sind es  $2^8 = 256$  Helligkeitsstufen von Hell nach Dunkel, bei einer Farbtiefe von 16 Bit pro Kanal sind es  $2^{16} = 65.536$  Helligkeitsstufen pro Kanal. Schwarzweißbilder in Graustufen mit nur einem Kanal für die Helligkeit können somit eine Farbtiefe von 8 oder 16 Bit haben. Farbige Bilder im RGB-Modus mit je einem Farbkanal für Rot, Grün und Blau können eine Farbtiefe von  $3 \times 8 \text{ Bit} = 24 \text{ Bit}$  oder  $3 \times 16 \text{ Bit} = 48 \text{ Bit}$  aufweisen.

Zur verlustfreien Farb- und Tonwertkorrektur sollte die Bilddatei in der maximal möglichen Abtastung vorliegen, besonders wenn die originale Vorlage Alterungserscheinungen aufweist, die für weitere Derivate korrigiert werden sollen. An der Bayerischen Staatsbibliothek wurden daher die in Tabelle 2 angegebenen Abstraten gewählt.

Abweichend von der Tabelle werden allerdings auch S/W-Vorlagen mit 48 Bit digitalisiert, wenn im Negativ bereits farbliche Veränderungen sichtbar sind, damit für spätere Bearbeitungen des Digitalisats Informationen zu dem Medium in Farbe vorliegen.

Aufnahmeformat	Originalformat Negativ	Minimale Auflösung
Kleinbild	24 x 36 mm	4.800 ppi
Mittelformat	ab 4,5 x 6 cm	2.800 ppi
	6 x 6 cm	2.800 ppi
	bis 6 x 9 cm	2.800 ppi
Großformat	ab 9 x 12 cm	1.500 ppi
	10 x 15 cm	1.500 bis 1.200 ppi
	bis 13 x 18 cm	1.200 ppi
	18 x 24 cm und größer	600 ppi

**Tabelle 1** Formate und minimale Auflösung bei der Digitalisierung

	Modus	Abtastung
S/W-Negativ	Graustufen	16 Bit Schwarz/Weiß
Farbnegativ	RGB	3 Kanäle, 48 Bit, 16 Bit pro Kanal
Glasplatte	Graustufen	16 Bit Schwarz/Weiß
Diapositiv	RGB	3 Kanäle, 48 Bit, 16 Bit pro Kanal

**Tabelle 2** Aufnahme der Farbtiefe bei der Digitalisierung

Planfilme in allen Formaten werden vollständig aufgenommen, bei Rollfilmen bzw. Kleinbilddfilmen nur die einzelne Bildinformation ohne den perforierten Rand. Grund für die Unterscheidung von Plan- und Rollfilmen ist die in der Regel unterschiedliche Belichtung nacheinander folgender Aufnahmen auf einem Rollfilm oder Filmstreifen. Ein vermeintlich vollständiger Scan der Filmeinheit, zum Beispiel eines Filmstreifens, erhält zwar im Digitalisat die vollständige Information zu Bildreihenfolge und ggf. Filmbeschriftung. Allerdings sind die Verluste bei der Auflösung sowie der Abtastung bei Ausnutzung des vollen Farbumfangs später auch durch digitale Nachbearbeitung nicht mehr auszugleichen. Der Verzicht auf die im Digitalisat erhaltenen Metainformationen zum Filmträger oder der Bildreihenfolge zugunsten der maximalen Auflösung beim einzelnen Bild hat zur Folge, dass diese Metadaten zum Digitalisat gemäß dem Fachkonzept erfasst werden müssen.

Für eine kontinuierliche Qualitätskontrolle der Digitalisierung und spätere Farbreferenzierung kommen ein Schärfe- und mehrere Farbtargets zum Einsatz, die pro Digitalisierungsserie und Format mitdigitalisiert werden. Für die Schärfe hat sich das USAF Resolution Target (U.S. Air Force MIL-STD-150A) von 1951 etabliert, das beim 35mm-Film für Scanner bis zu einer Auflösung von 10.000 ppi eingesetzt werden kann. Für andere Rollfilmgrößen oder Planfilme stehen entsprechend passende Targetgrößen zur Verfügung.

Für die Referenzierung der Farbe definiert die ISO 12641-2:2019 Durchlicht- und Auflichttargets für die Scannerkalibrierung, um auszugleichen, dass Scanner Farben produktions-, alterungs- oder umgebungsbedingt unterschiedlich wahrnehmen. Mithilfe sogenannter IT8-Targets, einer Art Farb-Messtafel, kann ein Farbprofil erstellt werden, das den Farbraum des Gerätes charakterisiert und dabei mögliche individuelle Abweichungen berücksichtigt. IT8 bezeichnet eine Zusammenfassung mehrerer ANSI-Standards zur Farbkontrolle, die 1993 vom IT8 Committee definiert wurden und seither in der Zuständigkeit des Committee for Graphic Arts Technologies Standards CGATS liegen. Nach diesen Standards werden noch heute Scanner, Digitalkameras, Monitore und Drucker kalibriert, um Farbverbindlichkeit gewährleisten zu können. Auch die IT8-Farbtargets können in verschiedenen Größen korrespondierend zur Filmgröße gewählt werden.

Das in der Langzeitarchivierung von Bilddateien etablierte *tagged image file format*, kurz TIF-Format, wird auch im Fachkonzept für die Überführung der analogen Bilder in ein digitales Format verwendet. Im Gegensatz zu anderen etablierten Dateiformaten wie JPEG können die digitalen Bilder unkomprimiert gespeichert werden und eignen sich somit für die Langzeitarchivierung. Beim TIF-Format handelt es sich um ein komplexes Dateikonstrukt, das eine Vielzahl von Informationen speichern kann. Nicht alle Möglichkeiten, die das Format bietet, können für die Langzeitarchivierung sinnvoll



genutzt werden. Es ist daher wichtig, vor der Verwendung des Datenformates genau zu definieren, wie die TIF-Datei aufgebaut sein muss. Die Bayerische Staatsbibliothek hat dafür eine eigene TIFF-Policy für Anforderungen an digitale Master-TIFFs entwickelt. Neben den digitalisierten Bildern werden Metainformationen zum Bild, zur Sammlung, zum Filmmaterial sowie zu technischen Parametern der Digitalisierung erfasst und zusammen gespeichert. Für die Sicherung der Daten ist die Langzeitarchivierung nach dem Open Archival Information System (OAIS) nach ISO-Standard 14721:2012 organisiert.

### Fazit und Ausblick

Die Identifizierung des Filmträgermaterials in den Fotoarchiven des Bildarchivs dauert derzeit noch an, so dass dieser Beitrag keine finalen statistischen Ergebnisse liefern kann. Zum jetzigen Zeitpunkt können jedoch bestimmte Aussagen zum laufenden Projekt gemacht werden, die für die Konzeptionierung von Nitrofilmprojekten an anderen Einrichtungen ausgewertet werden können. An die Seite der retrospektiven Prüfung des Bildarchivs ist von Beginn an die routinemäßige Prüfung neuerwerbener Nachlässe und Fotoarchive getreten, die sich als neuer Baustein der Präventiven Bestandserhaltung in der Bayerischen Staatsbibliothek etabliert hat und dauerhaft weitergeführt wird. Mit dieser Vorgehensweise ist sichergestellt, dass die Bestände nach Projektabschluss nitrofrei sein werden und es auch langfristig bleiben.

Das hier vorgestellte Messverfahren erlaubt die zuverlässige Bestimmung von Filmträgermaterial. Die Methode ist einfach nachnutzbar und kann leicht in bestehende Workflows der Bestandserhaltung integriert werden. Die Messgenauigkeit und extrem kurze Messdauer, die mit dem neu entwickelten Transflexionsverfahren erreicht werden, bieten optimale Rahmenbedingungen für die effiziente Prüfung auch umfangreicher Filmbestände. Es fallen weder vorbereitende Arbeiten noch ein Postprocessing nach dem Messen an. Bislang wurden rund 533.000 Filme (Plan- oder Rollfilme) bzw. Filmstreifen mithilfe der Transflexionsspektroskopie geprüft, von denen ca. 9.400 (ca. 2 %) als Cellulosenitrat, ca. 514.000 (ca. 96 %) als Celluloseacetat und ca. 9.600 (ca. 2 %) als Polyester eindeutig identifiziert werden konnten. Damit ist der Anteil an Nitrofilmen zwar sehr gering, seine Verteilung über die verschiedenen Sammlungen allerdings heterogen. Wenn auch der Löwenanteil der Nitrofilmfunde auf die Fotoarchive in den Kühlräumen entfällt, sind dennoch die Funde in den regulären Magazinen und ihre Entnahme aus den Sammlungen mit Blick auf die Risiken umso wichtiger. Die Materialanalyse liefert neben der Identifizierung von Nitrofilm zugleich die Unterscheidung von Celluloseacetat und Polyester. Auch diese Ergebnisse werden festgehalten,

da dem Acetatfilm eine nur geringe Dauerhaftigkeit von wenigen Jahrzehnten attestiert wird. Zu einem späteren Zeitpunkt kann gezielt dieses Segment der Fotoarchive in den Blick genommen werden, auch wenn eine optimale Lagerung die Alterung verlangsamt. Je differenzierter die Kenntnis von der Zusammensetzung eines Filmbestands hinsichtlich seiner Materialität ist, umso besser lassen sich Bestandserhaltungsmaßnahmen priorisieren, planen und durchführen.

Das Projektziel ist erreicht, wenn sämtliche Nitrofilme aus den Sammlungen der Bayerischen Staatsbibliothek entfernt und nach der Kassation entsorgt sind. Die Vernichtung der Originale nach ihrer Transformation ins Digitale mag in bibliothekarischen Arbeitszusammenhängen ungewöhnlich erscheinen. Doch die mit dem Nitrofilm verbundenen Risiken, die mit der weiteren Alterung des Materials größer werden, machen die Kassation unausweichlich, es sei denn, dass die anspruchsvollen gesetzlichen Vorgaben zur baulichen Lagerung vollumfänglich erfüllt werden können. Hinzu kommt, dass man den autokatalytischen Zersetzungsprozess von Cellulosenitrat selbst unter den bestmöglichen Lagerungsbedingungen nur verlangsamen, aber nicht beenden kann, und Nitrofilme daher ab einem nicht vorhersagbaren Zeitpunkt ihre Bildinformation ohnehin restlos verlieren. Der chemisch instabile und bereits ab seiner Herstellung alternde Nitrofilm entzieht sich durch diesen unaufhaltsamen Prozess seiner dauerhaften Aufbewahrung an Gedächtnisinstitutionen.

### Anmerkungen

- 1 EASTMAN KODAK COMPANY, *Chronology of Film: History of Film from 1889 to present* [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.kodak.com/en/motion/page/chronology-of-film>
- 2 EASTMAN KODAK COMPANY (Hrsg.), *Conservation of Photographs*. Kodak Publication No. F-40. Rochester, NY., 1985, S. 25–34.
- 3 BUNDESARCHIV, *Aus unserer Arbeit: Nitrozellulosefilm. Auf dem Pulverfass* [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundesarchiv.de/>
- 4 FENGLER, Silke, *Entwickelt und fixiert: Zur Unternehmens- und Technikgeschichte der deutschen Fotoindustrie, dargestellt am Beispiel der Agfa AG Leverkusen und des VEB Filmfabrik Wolfen (1945–1995)*, Bochumer Schriften zur Unternehmens- und Industriegeschichte Bd. 18, 1. Aufl. Essen: Klartext Verlag, 2009, S. 35, 76–77.
- 5 SELWITZ, Charles M., *Research in conservation: Cellulose nitrate in conservation*. Marina del Rey, CA: Getty Conservation Institute, 1988.
- 6 ADELSTEIN, Peter Z., James M. REILLY, Douglas W. NISHIMURA und Catherine J. ERBLAND, *Stability of Cellulose Ester Base Photographic Film: Part IV – Behavior of Nitrate Base Film*. In: *Society of Motion Picture and Television Engineers Journal*. 1995, 104v(6), S. 359–369.

- 7 QUYE, Anita, *Quality Matters for Historical Plastics: The Past-Making of Cellulose Nitrates for Future Preservation*. Cahiers François Viète, 2017, série III (2), S. 45–65.
- 8 National Archives and Records Service Film-Vault Fire at Suitland, MD, *Hearings before a Subcommittee of the Committee on Government Operations House of Representatives, Ninety-Sixth Congress, June 19 and 21, 1979*. Washington DC, U.S. Government Printing Office, 1. Januar 1979 [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://archive.org/details/nationalarchives00unitrich>
- 9 ABRESCH, Rolf W., Dienstag, 26.1.1988: Ein schwarzer Tag für das Bundesarchiv. In: *Mitteilungen aus dem Bundesarchiv* [online]. Heft 1/2008, S. 11–14 [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundesarchiv.de/>
- 10 SLIDE, Anthony, *The New Historical Dictionary of the American Film Industry*, Lanham, Md. [u. a.]: Scarecrow Press, 1998, S. 76 f.
- 11 SMITHER, Roger, Catherine A. SUROWIEC, A Calender of Film Fires. In: SMITHER, Roger, Catherine A. SUROWIEC (Hrsg.) *This Film Is Dangerous: A Celebration of Nitrate Film*, 1. Aufl. Brüssel: FIAF, 2002, S. 429–453
- 12 BARRON, James, *Historical Society Collection is Slightly Damaged in a Fire*. New York Times, 2003, Aug 18, S. B3. ROSEN, Jody, *The Day the Music Burned*. The New York Times Magazine, 11.06.2019 [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.nytimes.com/2019/06/11/magazine/universal-fire-master-recordings.html>
- 13 MARRONI, Stefano, *Ancora un incendio a »Cinecitta«, distrutti nel rogo settanta vecchi*. La Repubblica, Edizione Roma, 18.07.1987 [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://ricerca.repubblica.it/>
- 14 GIAMPAOLI, Emanuela, *Rogo nell'archivio storico della Cineteca di Bologna, danni*. La Repubblica, Edizione Bologna, 04.07.2018 [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://bologna.repubblica.it/>. Siehe auch [http://fondazione.cinetecadibologna.it/news/n\\_175](http://fondazione.cinetecadibologna.it/news/n_175)
- 15 Liste der explosionsgefährlichen Stoffe nach § 2 Abs. 6 Satz 2 SprengG (Altstoffliste) [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://archive.org/>
- 16 DEUTSCHER BUNDESTAG – WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE, 2016. *Der Umgang mit Filmen auf Nitrozellulosebasis im internationalen Vergleich*. Sachstand WD 10 - 3000 - 020/16, 18.04.2016. [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/>
- 17 Siehe hierzu die *Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz* (2. SprengV), Nr. 3.3.2, Absätze 15 & 16.
- 18 JAHN, Cornelia. Das Bildarchiv der Bayerischen Staatsbibliothek. In: *München. Schau her! Fotografien 1839–1979*. München, 2020, S. 13–23.
- 19 CEYNOWA, Klaus, 15 Millionen Bilder für die »Ewigkeit« – Das stern-Fotoarchiv an der Bayerischen Staatsbibliothek. In: *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie*. 2019, (66)6, S. 271–279. CEYNOWA, Klaus, Cornelia JAHN, Eva KRAUS und Regina RETTER. Wie digitalisiert man 15 Millionen Pressefotos? Das analoge stern-Fotoarchiv der Bayerischen Staatsbibliothek und seine digitale Transformation. In: *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliografie*. 2021, 68(6), S. 328–337.
- 20 KRAMER, Klaus, *Nitratfilme identifizieren und aussondern*. Fotorestaurierung, 2009. [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <http://www.klauskramer.de/>
- 21 EASTMAN KODAK COMPANY (Hrsg.), *Conservation of Photographs*. Kodak Publication No. F-40. Rochester, NY., 1985, S. 89.
- 22 WILLIAMS, R. Scott, The Diphenylamine Spot Test for Cellulose Nitrate in Museum Objects. In: *Canadian Conservation Institute (CCI) Notes*. 1994, 17(2).
- 23 LAVEDRINE, Bertrand, A Fast and Safe Method for the Identification of Cellulose Nitrate Film in Collections. In: *Journal of Paper Conservation*. 2018, 19(4), S. 154–155.
- 24 TEWELEIT, Antonia, Jens DANNEBERG, Elke LEINENWEBER, Klaus NIPPERT und Dirk LICHTBLAU, Auf den Träger kommt es an: Zerstörungsfreie Identifikation von Negativen aus Cellulosenitrat, Celluloseacetat und Polyester. In: *Rundbrief Fotografie*. 2017, 24(1, N.F. 93), S. 22–30.
- 25 NUNES Sofia, Francesca RAMACCIOTTI, Artur NEVES, Eva M. ANGELIN, Ana M. RAMOS, Élia ROLDÃO, Nadja WALLASZKOVITS, Alfonso A. ARMIJO und Maria J. MELO, A Diagnostic Tool for Assessing the Conservation Condition of Cellulose Nitrate and Acetate in Heritage Collections: Quantifying the Degree of Substitution by Infrared Spectroscopy. In: *Heritage Science*. 2020, 8 (33).
- 26 CARTER Elizabeth A., Brad SWARBRICK, Thérèse M. HARRISON und Lucilla RONAI, Rapid Identification of Cellulose Nitrate and Cellulose Acetate Film in Historic Photograph Collections. In: *Heritage Science*. 2020, 8 (51).
- 27 ANGELIN Eva M., Susana F. DE SÁ, Inês SOARES, Maria E. CALLAPEZ, Joana L. FERREIRA, Maria J. MELO, Mauro BACCI, Marcello PICOLLO, Application of Infrared Reflectance Spectroscopy on Plastics in Cultural Heritage Collections: A Comparative Assessment of Two Portable Mid-Fourier Transform Infrared Reflection Devices. In: *Applied Spectroscopy*. 2021, 75(7), S. 818–833.
- 28 BRÜHL, Roland. Spiel mit dem Feuer. Nitrozellulosenegative in Fotosammlungen. In: *Rundbrief Fotografie*. 2005, 12 (3), S. 5–10.
- 29 CILIBERTO, Enrico, Pietro GEMMELLARO, Veronica IANNUSO, Salvatore LA DELFA, Riccardo Giovanni URSO und Ezio VISCUSO, Characterization and Weathering of Motion-picture Films with Support of Cellulose Nitrate, Cellulose Acetate and Polyester. In: *Procedia Chemistry*. 2013, 8, S. 175–184.
- 30 ESTUPIÑÁN MÉNDEZ Diego, Thorsten ALLSCHER, Advantages of External Reflection and Transflection over ATR in the Rapid Material Characterization of Negatives and Films via FTIR Spectroscopy. In: *Polymers*. 2022, 14, S. 808.
- 31 ALLEN, T. J., Paint Sample Presentation for Fourier Transform Infrared Microscopy. In: *Vibrational Spectroscopy*. 1992, 3(3), S. 217–237.
- 32 NEUROTH, H., A. OßWALD, R. SCHEFFEL, S. STRATHMANN, K. HUTH (Hrsg.) *nestor Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung* [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.langzeitarchivierung.de>
- 33 WAGNER, Patrick, *Messung der Auflösung von Scannern* [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.filmscanner.info/Aufloesung.html>
- 34 WALTHER, Werner, *Fotografische Verfahren mit Silberhalogeniden*, 1. Aufl. Leipzig: VEB Fotokinoverlag, 1983, S. 225.
- 35 vgl. DFG-Vordruck 12.151 – 12/16 – Praxisregeln »Digitalisierung«, S. 15 [Zugriff am: 29.04.2022]. Verfügbar unter: <https://www.dfg.de/formulare>
- 36 SCHMIDT, Marjen, mit einem Beitrag von Ed GARTNER, *Fotografien – erkennen, bewahren, ausstellen*. München: Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen in Bayern beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege. 2018, S. 140–155.

## Verfasser\*innen



Dr. Irmhild Ceynowa, Leiterin der Abteilung  
Institut für Bestandserhaltung und  
Restaurierung (IBR), Bayerische Staatsbibliothek,  
Ludwigstraße 16, 80539 München,  
[irmhild.ceynowa@bsb-muenchen.de](mailto:irmhild.ceynowa@bsb-muenchen.de)

Foto: BSB / M. McKee



Dr. Diego Estupiñán Méndez, Leiter des Referats  
Restaurierung und Bestandserhaltung,  
Abteilung IBR, Bayerische Staatsbibliothek,  
Ludwigstraße 16, 80539 München,  
[diego.mendez@bsb-muenchen.de](mailto:diego.mendez@bsb-muenchen.de)

Foto: BSB / M. McKee



Dr. Thorsten Allscher, Stellvertreter der  
Abteilungsleitung IBR und Leiter des Referats  
für Materialwissenschaft und Kunsttechnologie,  
Bayerische Staatsbibliothek, Ludwigstraße 16,  
80539 München,  
[thorsten.allscher@bsb-muenchen.de](mailto:thorsten.allscher@bsb-muenchen.de)

Foto: Sedan Sieben GmbH