

Dirk Lichtblau, Alice Tran und Michael Rothe

DIE RÖNTGENBILDER DER DISPLACED PERSONS

Eine Zustandsuntersuchung der Filmträger mit dem SurveNIR System

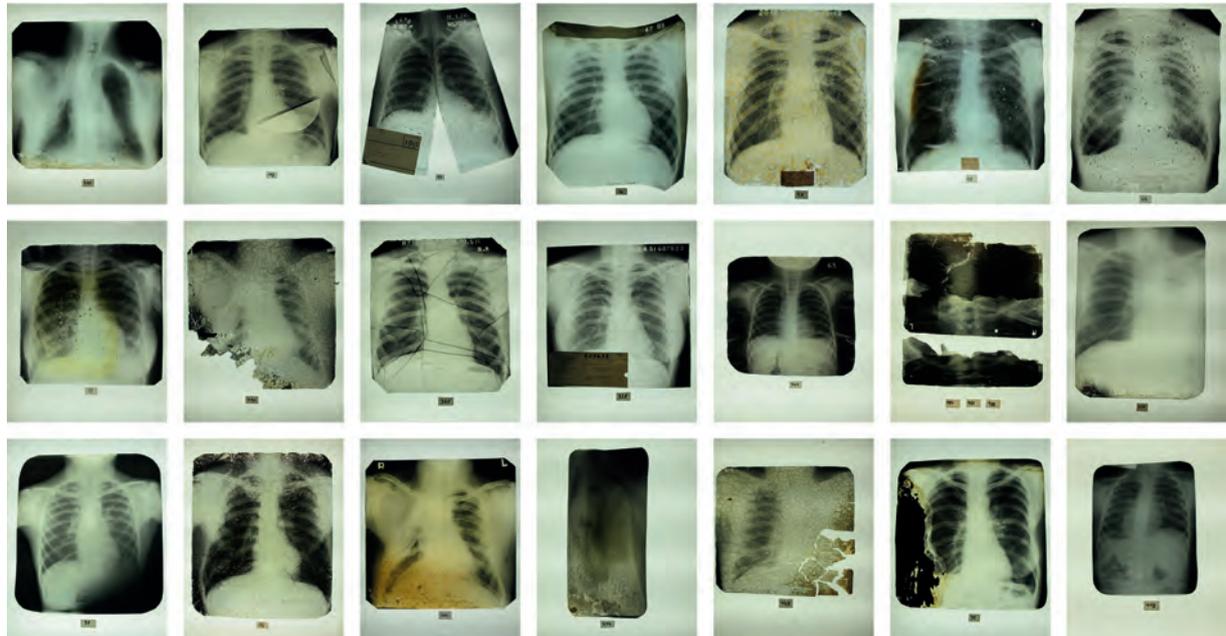


Abb. 1 – Röntgenbilder aus dem Bestand der Displaced Persons-Krankenunterlagen, 1948–1952.

Mit der Zustandsuntersuchung der Röntgenbilder von im Nationalsozialismus Zwangsverschleppten, sogenannten Displaced Persons, soll auf einen Bestand aufmerksam gemacht werden, dessen Bedeutung im historischen, gesellschaftlichen und medizinischen Kontext herausragend ist. Das Leid der Displaced Persons dauerte auch über das Kriegsende hinaus fort. Unterernährt und krank harreten sie noch mehrere Jahre in Lagern aus. Die Krankenunterlagen der Displaced Persons dokumentieren diese Zeit und können auch heute noch zu einem besseren Verständnis von Infektionskrankheiten wie Tuberkulose beitragen. Unter Verwendung des nicht-invasiven SurveNIR Systems wurde eine Materialidentifikation (Cellulosenitrat / Celluloseacetat) und eine Zustandsuntersuchung der zwischen 1948 und 1952 entstandenen röntgenfotografischen Aufnahmen vorgenommen. Zugleich wurde im Rahmen einer systematischen visuellen Erfassung ein Schadenskatalog erarbeitet.

The X-Ray Images of Displaced Persons: A Condition Examination of the Film Bases with the SurveNIR System

With the condition examination of the X-rays of the so-called displaced persons forcibly moved by National Socialism, attention is drawn to a collection with exceptional significance in a historic, social and medical context. The suffering of displaced persons also continued beyond the war. Malnourished and ill, they held out in camps for several years. The medical records of the displaced persons document this time and can still contribute to a better understanding of infectious diseases such as tuberculosis. A material identification (nitrocellulose / cellulose acetate) and an examination of the condition of the photographic X-ray images between 1948 and 1952 were conducted using the non-invasive SurveNIR system. At the same time, a catalogue of damage was compiled as part of a systematic visual logging.

Der Zweite Weltkrieg riss Millionen Menschen aus ihrer vertrauten Umgebung. Zwangsarbeiter, Kriegsgefangene, Zwangsverschleppte der nationalsozialistischen Herrschaft, aber auch ehemalige Konzentrationslagerhäftlinge, die sich nach Kriegsende bis zur ihrer Rückführung in Deutschland aufhielten, wurden von den Westalliierten als „Displaced Persons (DPs)“, von der Sowjetunion als „Repatrianten“ und von deutschen Behörden als „heimatlose Ausländer“ bezeichnet [1]. Auch nach Kriegsende lebten zahlreiche Displaced Persons – oft unterernährt und krank – in speziell für sie errichteten Lagern. Wegen Pogromen und Morden in Mitteleuropa wurde die anfängliche Zwangsrepatriierung im Februar 1946 ausgesetzt. Juden waren besonders betroffen. Ihre Situation verbesserte sich erst ab Mai 1948 mit der Gründung Israels und der damit möglichen, ungehinderten Einwanderung. Dennoch bestand das letzte Lager jüdischer Displaced Persons in Deutschland bis 1957.

Die Überlebenden der NS-Verfolgung waren vielfach körperlich gezeichnet, häufig schwer krank und bedurften medizinischer Versorgung – oft über Jahre hinweg. Deshalb richteten die Alliierten im Umkreis dieser Lager spezielle Krankenhäuser ein. Die Krankenunterlagen dieser Displaced Persons enthalten Befunde, Entlassungsberichte und Röntgenaufnahmen der meist wegen – oder zumindest wegen des Verdachts auf – Tuberkulose behandelten Personen.

Seit 1946 sind die Archive des International Tracing Service (ITS) mit Sitz in der nordhessischen Stadt Bad Arolsen (Deutschland) ein Zentrum für Dokumentation, Information und Forschung über die nationalsozialistische Verfolgung, NS-Zwangsarbeit sowie den Holocaust. Hauptaufgaben des ITS sind die Klärung des Schicksals von Verfolgten des NS-Regimes und die Suche nach Familienangehörigen, Erteilung von Auskünften an Überlebende und Familienangehörige von NS-Opfern, Forschung, Pädagogik und Erinnerung sowie die Aufbewahrung, Konservierung und Erschließung von Dokumenten [2]. Auch die Krankenunterlagen der Displaced Persons wurden nach Auflösung der Lager in den 1950er Jahren vom ITS übernommen und bilden einen wichtigen Bestand.

Viele Dokumente des ITS waren als Arbeitsmittel zur Beantwortung der Suchanfragen über Jahrzehnte hinweg tagtäglich im Gebrauch. Durch die intensive Nutzung sind die Schadensbilder oft schwerwiegender als in anderen Archiven. Auch wurden die Bestände lange Zeit nicht als historisch schützenswertes Archivgut verstanden: Erst seit dem Jahr 2000 werden Maßnahmen der Bestandserhaltung durchgeführt, seit 2007 ist das Archiv für alle Interessierten geöffnet. Mit der Aufnahme der rund 30 Millionen Originaldokumente in das UNESCO-Weltdokumentenerbe *Memory of the World* im Oktober 2013 erfuhren die Bestände die ihnen angemessene Wertschätzung. Auch die bisherige Lagerung in konservatorisch nur bedingt als Archiv geeigneten Gebäuden soll mit der Errichtung eines neuen Archivbaus verbessert werden.

Am 15. Oktober 2015 wurde zwischen dem International Tracing Service und einer Arbeitsgemeinschaft privater Dienst-

leister (ARGE Bestandserhaltung) ein Kooperationsvertrag geschlossen, um wichtige Teilbestände des ITS mittels Fundraising zu untersuchen, zu restaurieren, zu digitalisieren und zu sichern [3]. Das Vorhaben wurde im Jahresbericht 2015 wie

„Es geht um rund 250 000 Dokumente, die restauriert, konserviert und teilweise digitalisiert werden sollen.“

folgt vorgestellt [4]: „Der [...] neu gegründete Verein ‚PRO ITS Bad Arolsen‘ will den ITS durch die Restaurierung von fünf existenziell bedrohten Beständen unterstützen. Es geht um rund 250 000 Dokumente, die restauriert, konserviert und teilweise digitalisiert werden sollen. Sie stammen aus Beständen, die in gewisser Weise ‚untypisch‘ für das Archiv sind, aber einen besonderen Wert haben. [...] Deshalb ist für den ITS die Restaurierung der genannten Bestände zeitnah nicht zu realisieren. Der Verein möchte für die Sicherung dieser Bestände die Akquise von Spendengeldern übernehmen; ausgewiesene Spezialisten auf dem Gebiet der Konservierung und Restaurierung von Kulturgut auf Papier sollen die Arbeiten ausführen. In einem ersten Schritt wurde eine Broschüre erstellt, die über die gefährdeten Bestände und die Ziele des Vereins informiert.“ [5]

Das Gesamtvorhaben umfasste fünf Bestände:

- Krankenunterlagen mit Röntgenbildern ehemals NS-Verfolgter (Displaced Persons) aus den Krankenhäusern der DP-Lager in der Zeit nach 1945
 - Krankenunterlagen Österreich – 124 Boxen
 - Krankenunterlagen München – 46 Boxen
 - Krankenunterlagen Luttensee – 33 Boxen
- Handgezeichnete Karten von Todesmärschen und handgezeichnete Friedhofspläne zu nicht aus Deutschland stammenden NS-Opfern
 - 828 Karten unterschiedlicher Beschaffenheit
 - 50 Boxen mit circa 6 600 Friedhofsplänen
- Gefangenenbücher des Strafgefängnisses Magdeburg über die von der Gestapo inhaftierten Zwangsarbeiter und politisch Verfolgten
 - 3 Bücher
- Rekonstruierte Transportlisten der Deportation aus dem französischen Durchgangslager Drancy in das Konzentrationslager Auschwitz
 - 5 Ordner
- Verwaltungsbücher aus den frühen Jahren des ITS zur Dokumentation über Zu- und Abgang der als Korrespondenzakten bezeichneten Suchanfragen
 - 14 großformatige Bücher unterschiedlicher Stärke



Abb. 3 – 42 Röntgenbilder mit teilweise mikrobiellem Befall aus dem Umschlag P-27 der Box Luttensee.

Für die Bearbeitung der circa 250 000 Einzeldokumente wurde ein Arbeitsvolumen von etwa 22 500 Arbeitsstunden angenommen. Die Kosten für die Bestandsanalyse, die Restaurierung, die Digitalisierung, die Entsäuerung, den Ankauf von Schutzbehältnissen und die Logistik wurden mit rund 2,8 Millionen Euro kalkuliert. Diese Mittel sollten weltweit eingeworben werden. Bei einem kontinuierlichen Spendeneingang war

„Im März 2016 war die Proberestaurierung abgeschlossen, die Objekte befinden sich jedoch bis heute bei einem Unternehmen der ARGE Bestandserhaltung in der Schweiz.“

eine Bearbeitungszeit von sieben Jahren vorgesehen, das heißt der Abschluss des Vorhabens war für 2022 geplant. Mit dem Direktoriumswechsel Anfang 2016 wurde der Projektstart zunächst mit der Bitte um Zeit zur Einarbeitung verschoben und schließlich wegen „juristischer Bedenken“ und „aus wichtigem Grund“ im Juli 2016 überraschend gekündigt [6].

Abb. 2 – Röntgenbilder und Krankenunterlagen mit oben auf liegendem Entlassungsbericht wegen Schließung des Lagers Luttensee (Box Luttensee, Umschlag P-10).



Die in dieser Untersuchung betrachteten Röntgenbilder entstammen dem Bestand der Krankenunterlagen und wurden zusammen mit Objekten anderer Bestände im Herbst 2015 nach der Unterzeichnung des Kooperationsvertrages an die ARGE Bestandserhaltung zur Proberestaurierung übergeben (Abb. 1). Im März 2016 war die Proberestaurierung abgeschlossen, die Objekte befinden sich jedoch bis heute bei einem Unternehmen der ARGE Bestandserhaltung in der Schweiz.

Trotz intensiver Kommunikation, die auch einen Besuch der Direktorin des ITS in Bern im November 2016 beinhaltete, wurden bislang keine Aktivitäten zur zollrelevanten Rückholung nach Bad Arolsen initiiert. Mit der Veröffentlichung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Röntgenbilder aus dem Konvolut der Proberestaurierung möchten die Autorin und Autoren auf den kritischen Zustand dieser vergessenen Dokumente aufmerksam machen.

Das Untersuchungsmaterial

Die namentlich geordneten Krankenunterlagen enthalten neben Röntgenbildern auch Berichte und Formulare (Abb. 2). Die Unterlagen werden in säurehaltigen Umschlägen aufbewahrt, mehrere Umschläge wiederum sind zusammen in Graukarton-Schachteln (hier Boxen genannt) untergebracht.

Die im Rahmen der Proberestaurierung untersuchte Menge der Krankenunterlagen besteht aus drei Boxen, je eine aus den drei Teilbeständen Österreich, München und Luttensee. Während die Boxen München und Luttensee auf konkrete

Krankenhäuser verweisen, wurden in der Box Österreich die Unterlagen aus verschiedenen Krankenhäusern zusammengefasst, beispielsweise aus Asten, Salzburg und Wien. Insgesamt enthalten die drei Boxen 141 Umschläge, die meisten davon sind personenbezogen, einige enthalten auch Unterlagen von Ehepaaren beziehungsweise Familien mit Kindern. Nur 15 Umschläge (11 %) enthielten keine Röntgenbilder, die Mehrheit von 82 Umschlägen (58 %) enthielt je 1 Bild. Weitere 17 Umschläge enthielten je 2 (12 %) und nochmals 19 Umschläge enthielten je 3 Bilder (14 %). Insgesamt 18 Umschläge (13 %) enthielten mehr als 3 Röntgenaufnahmen, sechs davon sogar mehr als 10 Aufnahmen (11 / 13 / 19 / 25 / 42 / 45) (Abb. 3). Eine Hochrechnung auf der Basis dieser 3 Boxen ist zwar ungenau, verdeutlicht mit circa 25 000 Filmen in 203 Boxen jedoch den beträchtlichen Umfang dieses Bestandes.

Der überwiegende Teil der 371 untersuchten Röntgenbilder sind Thoraxaufnahmen, nur 6 Filme zeigen Gelenke. Die Formate sind sehr unterschiedlich, die bei Röntgenbildern typischerweise nicht vorhandenen Ecken sind mal gerade, mal rund und wurden zum Teil auch händisch beschnitten. Durch die fehlenden Ecken und die durch Schrumpfung eingezogenen Kanten lassen sich die verwendeten Formate nicht mehr genau bestimmen. Neben kleinen (ca. 13 × 18 cm) und mittelgroßen (ca. 18 × 24 cm) sowie diversen länglichen Filmen überwiegen aber die für Lungenaufnahmen typischen Formate von ca. 35 × 35 cm und 35 × 43 cm.

Zusätzlich zu den Röntgenfilmen gibt es in der Box Österreich 17 Kleinbildnegative (35 mm-Film) und 3 Negative im 9 × 9 cm Bildformat mit beidseitiger Perforierung der Ränder für den Filmtransport. Sie zeigen ebenfalls Thoraxaufnahmen, sind aber vermutlich durch das Abfotografieren von Röntgenschirmen entstanden. Diese 20 Celluloseacetate werden in der hier beschriebenen Untersuchung nicht berücksichtigt.

Auf 99 (27 %) der 371 Röntgenaufnahmen wurde eine Herstellerangabe gefunden. Von den fünf identifizierten Herstellern waren nur Kodak und Dupont in allen drei Boxen vertreten (Tab. 1). Die meisten Angaben stammen von Kodak, hier

wurde nach den Spezifizierungen nicht vorhanden (n. v.), -1, 2 (ohne minus), -2 und -3 aufgeschlüsselt. Die für Kodak-Kleinbildfilme bekannte Codierung durch einen Punkt im Wort „SAFETY“ konnte für die Röntgenfilme nicht festgestellt werden. Für Gevaert wurden die Bezeichnungen „Safety“ und „Safety Film“ gefunden. Bei den beiden Eastman- und den meisten Dupontfilmen finden sich zudem Emulsionsnummern, auf deren Angabe wurde verzichtet.

Alle Röntgenbilder wurden zwischen 1948 und 1952 aufgenommen und sind damit nahezu gleich alt. Auch wenn die hier betrachteten Boxen Unterlagen verschiedener Krankenhäuser enthalten, so ist davon auszugehen, dass diese seit

„Auch wenn die Mehrheit der Filme als Celluloseacetate identifiziert wurde, enthält der Bestand der Krankenhausunterlagen auch Röntgenaufnahmen aus Cellulosenitrat.“

Übergabe im Laufe der 1950er Jahre an den ITS den gleichen Klimabedingungen ausgesetzt waren. Im Übergabeprotokoll an die ARGE Bestandserhaltung ist vermerkt, dass alle drei Boxen über längere Zeit feucht gelagert wurden, aber nur bei der Box Luttensee ist der Wasserschaden offensichtlich und von großem Ausmaß. Eine Ecke der Box ist zerstört und viele Röntgenbilder weisen in diesem Bereich einen starken mikrobiellen Befall auf (Abb. 4). Zudem sind einige dieser Röntgenbilder miteinander verklebt und konnten nur eingeschränkt untersucht werden.

Tab. 1 – Herstellerangaben auf den Röntgenbildern.

	München	Österreich	Luttensee	Gesamt
Röntgenbilder	99	125	149	371
Herstellerangaben	41	38	21	99
Agfa DIN Sicherheitsfilm Safety	–	–	4	4
Dupont Safety Film	10	3	4	17
Eastman Fine Grain	2	–	–	2
Gevaert [Safety / Safety Film]	4 / 0	4 / 19	–	28
Kodak Safety [n.v. / -1 / 2 / -2 / -3]	2 / 9 / 0 / 5 / 8	0 / 2 / 7 / 0 / 3	0 / 7 / 0 / 3 / 3	49



Abb. 4 – Wasser-/ Schimmelschaden an der Box Luttensee.

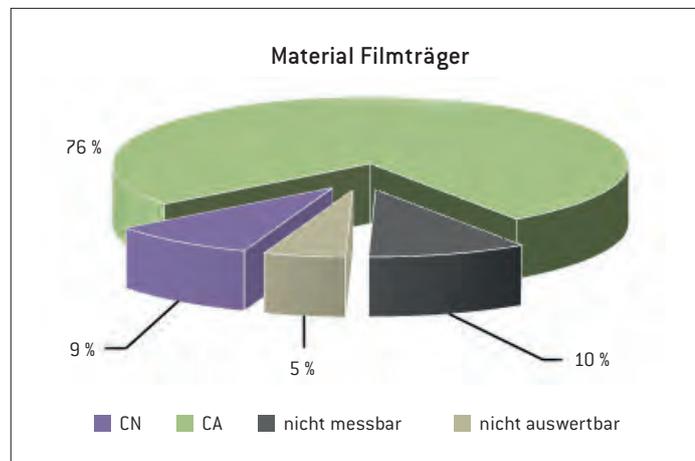


Abb. 5 – Anteilige Verteilung der durch SurveNIR ermittelten Materialarten der Filmträger (CN = Cellulosenitrat, CA = Celluloseacetat).

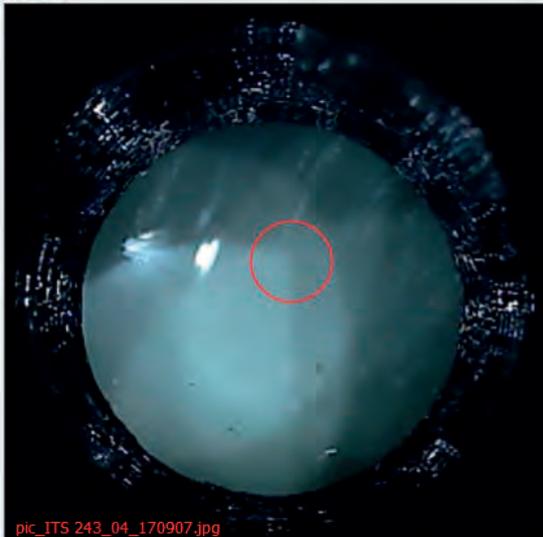
Die Identifikation der Filmträgermaterialien

In dem betrachteten Zeitraum wurden Filmträger sowohl aus Cellulosenitrat als auch aus Celluloseacetat hergestellt [7]. Deshalb ist eine Identifizierung der Materialien für die Bewertung der Schäden und der konservatorischen Maßnahmen notwendig. Mit dem mobilen SurveNIR System der Firma Lichtblau e.K. Dresden steht seit 2017 eine zerstörungsfreie Identifikationsmethode für Filmträger zur Verfügung [8]. Mit diesem, für den Alterungszustand von Papier entwickelten Messverfahren [9] können mittels Nah-Infrarotspektroskopie auch die Materialarten der Filmträger zweifelsfrei identifiziert werden [10]. Eine Probenvorbereitung beziehungsweise -entnahme ist nicht notwendig. Die Messung ist nicht invasiv und dauert nur wenige Sekunden. Der Zeitaufwand wird daher vom konservatorisch sicheren Handling bestimmt, wobei für stark abgebaute Objekte zur Vermeidung weiterer Schäden mehr Zeit aufgewendet werden muss. Für Röntgenfilme, deren Filmträger zu mehr als einem Drittel abgebaut waren, betrug die

Bearbeitungszeit durchschnittlich circa 6 Minuten pro Bild. Darin enthalten waren neben der eigentlichen Messung die Entnahme aus den Umschlägen sowie die Rückführung. Auch die visuelle Begutachtung wurde innerhalb dieser Zeit absolviert. Zusätzlich zum dokumentierten Zeitaufwand wurden Fotoaufnahmen im Durchlicht angefertigt, diese ermöglichten die Zuordnung der nicht nummerierten Röntgenbilder.

In der wassergeschädigten Box Luttensee waren 19 Röntgenbilder aus fünf Umschlägen (5 %) miteinander verklebt und konnten nicht mit SurveNIR gemessen werden. Weitere 37 Röntgenbilder (10 %) konnten gemessen, aber aufgrund der niedrigen Intensität der NIR-Spektren nur manuell ausgewertet werden. Ursachen für niedrige Intensität können schwarze Bereiche, ein ausgeprägter Silberspiegel oder abgehobene Fotoschichten sein. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde wegen der Brüchigkeit vieler Filme im einfacher zugänglichen, allerdings bei Röntgenbildern auch häufig schwarzen Randbereich gemessen und damit eine höhere Anzahl an nicht routinemäßig auswertbaren Spektren akzeptiert. Besonders betrof-

Live View



pic_ITS 243_04_170907.jpg

On/Off

Material

Film Base:

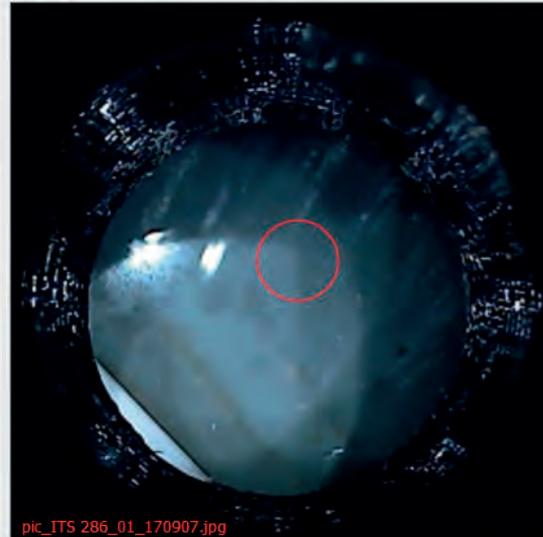
Subtype:

Chemical Physical Parameters

Degree of Substitution (v.ß):

Deterioration Level:

Live View



pic_ITS 286_01_170907.jpg

On/Off

Material

Film Base:

Subtype:

Chemical Physical Parameters

Degree of Substitution (v.ß):

Deterioration Level:

Live View



pic_ITS 257_04_170907.jpg

On/Off

Material

Film Base:

Subtype:

Chemical Physical Parameters

Degree of Substitution (v.ß):

Deterioration Level:

Live View



pic_ITS 017_03_170831.jpg

On/Off

Material

Film Base:

Subtype:

Chemical Physical Parameters

Degree of Substitution (v.ß):

Deterioration Level:

Abb. 6 – SurveNIR Messbilder (Messfleck = roter Kreis) und Ergebnisse.

fen war die Box München mit 30 Filmen, während von der Box Luttensee sechs Röntgenbilder und von der Box Österreich nur ein Bild nicht auswertbar waren.

Auch wenn die Mehrheit der Filme als Celluloseacetate identifiziert wurde, enthält der Bestand der Krankenhausunterlagen auch Röntgenaufnahmen aus Cellulosenitrat (Abb. 5). In der Stichprobe von 371 Röntgenbildern aus drei Boxen wurden 34 Nitratfilme (9 %) identifiziert. Aufgrund der geringen

„Für den Substitutionsgrad der Cellulosenitrate ist mit SurveNIR derzeit eine dreistufige, semi-quantitative Bewertung des Stickstoffgehaltes möglich, die Einteilung erfolgt in: NORMAL, REDUCED oder LOW.“

Größe der Stichprobe kann der prozentuale Anteil noch variieren, die Hochrechnung für den Bestand von rund 25 000 Röntgenbildern ergibt jedoch die nicht unerhebliche Menge von etwa 2 300 Nitratfilmen mit einem geschätzten Gewicht von circa 69 kg (bei 30 g pro Film).

Die Bewertung des Alterungszustandes

Neben der Identifikation des Trägermaterials kann mit SurveNIR auch der Alterungszustand der Filmträger bestimmt werden. Durch visuelle Begutachtungen konnten auch bisher Einteilungen in Schadensgruppen vorgenommen und Schadensmerkmale subjektiv bewertet werden [11]. Die chemischen Prozesse, die den Schadensmerkmalen zugrunde liegen, ließen sich jedoch nicht analysieren. Zudem konnten nur bereits vorhandene Schäden bewertet werden. Eine Einschätzung des Materialzustandes vor offensichtlicher Veränderung, die präventive Maßnahmen ermöglicht, war bisher ebenfalls nicht möglich. Diese Lücke wird mit SurveNIR durch die Messung des Substitutionsgrades (DS, degree of substitution) geschlossen.

Kurz zusammengefasst, Cellulose besteht aus aneinandergereihten Glucoseringen mit je drei funktionellen Hydroxygruppen (-OH) pro Ring. Für die Verwendung als Trägermaterial werden diese Hydroxygruppen zu Cellulosenitrat beziehungsweise -acetat verestert (mit Nitriersäure beziehungsweise Essigsäure / Essigsäureanhydrid). Bei einer vollständigen Veresterung beträgt der maximale Substitutionsgrad 3,0 (Cellulosetriacetat), der Wert 0,0 entspricht der unveränderten Cellulose. Im Gegensatz zu den Acetaten werden bei den Nitraten

nur geringer substituierte Dinitrate (Kollodiumwolle) verarbeitet, die Trinitrate (Schießbaumwolle) werden ausschließlich als Sprengstoffe verwendet. Altert der Filmträger, dann können Nitrate und Acetate wieder abgespalten werden. Bei dieser Verseifung beziehungsweise auch Hydrolyse genannten Reaktion wird die Säure wieder freigesetzt und die Materialeigenschaften des Filmträgers werden verändert. Letztlich lassen sich die meisten Schäden des alternden Filmträgers auf zwei Ursachen zurückführen: den sinkenden Substitutionsgrad und den hier nicht im Detail betrachteten Weichmacheranteil.

Für den Substitutionsgrad der Cellulosenitrate ist mit SurveNIR derzeit eine dreistufige, semi-quantitative Bewertung des Stickstoffgehaltes möglich, die Einteilung erfolgt in: NORMAL, REDUCED oder LOW. Die 34 in den Boxen identifizierten Nitratfilme haben alle einen normalen Stickstoffgehalt, das heißt, das Trägermaterial ist in einem guten Zustand. Tendenziell zeigen 27 der 34 NIR-Spektren (79 %) zwar einen beginnenden Abbau in Richtung der Kategorie REDUCED, dieser Abbau ist aber noch nicht weit fortgeschritten.

Für Celluloseacetat kann der Substitutionsgrad mit SurveNIR bereits quantitativ in Schritten von 0,1 gemessen werden. Dadurch ist eine detailliertere Auswertung möglich (Abb. 6). Der Substitutionsgrad basiert referenzanalytisch auf einer vollständigen Verseifung (Abspaltung) der im Celluloseacetat gebundenen Essigsäure. Die Menge der freigesetzten Säure wird durch die Zugabe eines äquivalenten Volumens an Natronlauge bestimmt (Farbumschlag, pH-Indikator). Aus diesen Volumina und der um den Feuchtegehalt korrigierten Einwaage wird der Substitutionsgrad berechnet. Durch Korrelation von NIR-Spektren und Daten wurde anschließend mittels statistischer Verfahren die NIR-Methode angelehrt, der Methodenfehler ist kleiner 0,1.

Für eine benutzerfreundliche Aussage wurde der DS-Bereich von 3,0 bis 0,0 in die vier SurveNIR Kategorien GOOD, FAIR, POOR und CRITICAL unterteilt. Die vorläufige Einteilung erfolgte anhand chemischer Zuordnungen (Tri-, Di-, Monoacetat) und industriell üblicher Verwendungszwecke, wobei das Triacetat den besten Zustand kennzeichnet. Eine Justierung der Bereichsgrenzen bezüglich konservatorischer Belange ist in Arbeit. Die Kategorien haben die folgende Bedeutung:

GOOD	stabil	guter Zustand	kein Handeln notwendig
FAIR	akzeptabel	leichte Schäden	regelmäßige Beobachtung
POOR	geschwächt	sichtbare Schäden	Handeln erforderlich
CRITICAL	sehr instabil	extremer Abbau	erheblicher Informationsverlust

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Substitutionsgraduntersuchungen für die Celluloseacetatfilme eingehender

Abb. 7 – SurveNIR
basierte DS-Werte
mit farblicher
Visualisierung.

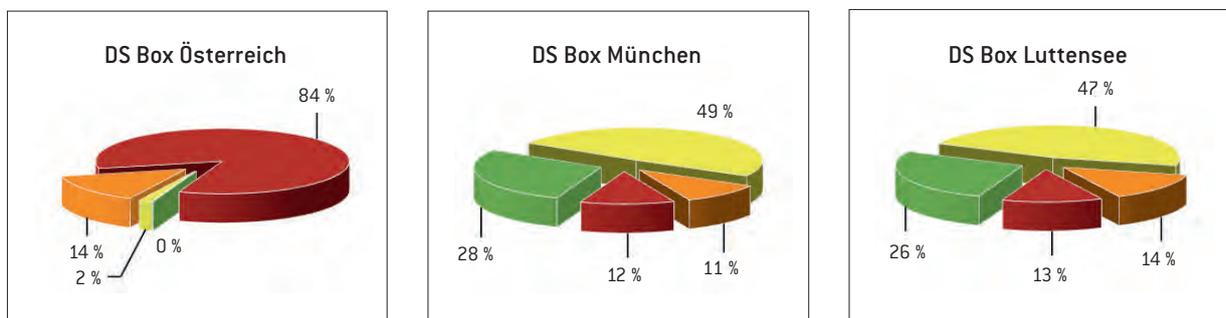
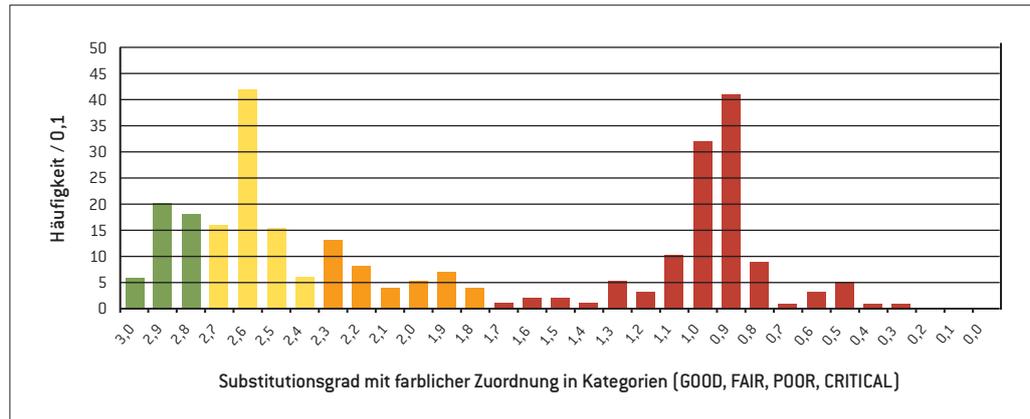


Abb. 8a-c – Verhältnis der ermittelten Alterungszustände innerhalb der drei Boxen
(Grün = GOOD, Gelb = FAIR, Orange = POOR und Rot = CRITICAL).

betrachtet. Nicht untersucht werden konnte der Substitutionsgrad der 19 wegen Verklebung nicht messbaren und der 37 wegen geringer NIR-Intensität nicht auswertbaren Filme. Die NIR-Messungen wurden nicht im Bereich des mikrobiellen Befalls durchgeführt (Box Luttensee). Im Ergebnis wurden die DS-Werte von 281 Celluloseacetaten ausgewertet. Nach der Messung mit SurveNIR wurden Filme mit gleichem DS (Schrittweite 0,1) als Häufigkeit zusammengefasst und der Zustand wurde in den vier Kategorien farblich visualisiert (Abb. 7).

Es zeigte sich, dass trotz der gemeinsamen Lagerung und der sehr starken Essigsäurebelastung in den Boxen nicht alle Filme gleichermaßen gealtert sind. Eingedenk der klimatisch unkontrollierten und feuchten Lagerung ist es daher bemerkenswert, dass von den 281 mit SurveNIR gemessenen, bis zu 70 Jahre alten Acetatfilmen immerhin noch 44 (16 %) den besten Zustand GOOD aufweisen. Diese Filme sind demnach nahezu unveränderte Triacetate. Weitere 79 Filme (28 %) sind im Zustand FAIR und haben einen nur leicht verringerten Substitutionsgrad. Fasst man GOOD und FAIR zusammen, so befinden sich noch 44 % der Filme in angemessenem Zustand und wurden bislang nicht bis leicht durch die hohe Säurekonzentration in den geschlossenen Boxen beeinträchtigt.

Nur 37 und damit verhältnismäßig wenige Filme (13 %) wurden im Zustand POOR angetroffen, allerdings haben 121 Röntgenbilder (43 %) bereits den schlechtesten Zustand CRITICAL erreicht und bilden damit die am stärksten besetzte Kategorie. Die mit diesem Zustand einhergehenden potenziellen und oftmals vollständigen Informationsverluste betreffen in dem Bestand der Krankenhausunterlagen auf Basis der Hochrechnung demnach mehr als 11 000 Röntgenbilder. Hier herrscht akuter Handlungsbedarf, der eine Trennung der Röntgenbilder nach Materialtyp und Schadensklasse, eine ausreichende Belüftung zur Abführung der Essigsäure bei kühler Lagerung und eine zumindest partielle Digitalisierung beinhalten könnte.

Bei referenzanalytischen Untersuchungen fiel bereits vorher auf, dass der Substitutionsgrad auch bei zersetzten Filmen den Wert von 0,5 nicht unterschreitet. Das liegt vermutlich daran, dass noch geringere DS-Werte den Filmträger praktisch zerfallen lassen. Dass einige wenige Röntgenbilder dennoch Werte von 0,3 und 0,4 aufweisen, kann damit erklärt werden, dass die beidseitige fotografische Beschichtung, die für Röntgenfilme typisch ist, den Zusammenhalt des Filmträgers unterstützt.

Vergleichende Untersuchung des Alterungsverhaltens

Während der Alterungszustand der Röntgenaufnahmen in den Boxen Luttensee und München vergleichbar ist und überwiegend mit FAIR bewertet wurde, musste der Inhalt der Box Österreich größtenteils mit CRITICAL bewertet werden (Abb. 8a-c). Im Folgenden soll daher der Versuch unternommen werden, das jeweilige Alterungsverhalten mit den bekannten Modellen, aber auch unter Einbeziehung weiterer Aspekte zu analysieren.

Neben gleicher Entstehungszeit, Verpackungsform und Lagerungsbedingungen haben alle drei Boxen auch eine subjektiv sehr starke Säurebelastung. Ein Arbeiten mit den Filmen war

„Neuere Untersuchungen gehen davon aus, dass die Autokatalyse bereits mit Beginn der Alterung startet und nicht erst, wie lange Zeit angenommen, ab einer bestimmten Säurekonzentration.“

nur bei sehr guter Raumentlüftung möglich. Die Box Luttensee unterscheidet sich durch die fehlende Ecke nach Wasserschaden, mikrobiellen Befall und durch einen vergleichsweise höheren Anteil an Filmen aus Cellulosenitrat.

Der kritische Alterungszustand in der Box Österreich unterstützt das Modell des autokatalytischen, das heißt sich selbst beschleunigenden Säureabbaus: Kommt es bei der Alterung von Celluloseacetaten zur Freisetzung von Essigsäure, so wird die Alterung der Celluloseacetate durch die steigende Konzentration der Säure immer mehr beschleunigt und kann ein Mehrfaches der ursprünglichen Abbaugeschwindigkeit annehmen. Neuere Untersuchungen gehen davon aus, dass die Autokatalyse bereits mit Beginn der Alterung startet und nicht erst, wie lange Zeit angenommen, ab einer bestimmten Säurekonzentration [12]. Damit wird die Notwendigkeit einer frühzeitigen Abführung der Essigsäure erhöht und eine Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahmen verstärkt.

Für den schlechten Zustand in der Box Österreich ist die Frage eines autokatalytischen Startpunktes nicht relevant, da der Zustand bereits als Endstadium anzusehen ist. Für die Autokatalyse spricht, dass sich die Filmträger dieser Box in einem nahezu gleichen Zustand befinden. Auch in den Boxen Luttensee und München produziert die Alterung Essigsäure

und einige Filme sind bereits im Zustand POOR und CRITICAL. Andere hingegen werden als GOOD oder zumindest FAIR bewertet, in Verbindung mit der hohen Säurekonzentration sollte eine autokatalytische Alterung jedoch gleichmäßiger und vermutlich auch weiter fortgeschritten sein.

Der Zustand POOR kommt in allen drei Boxen nur wenig vor und unterstützt die Aussage, dass der einmal gestartete Abbau mit zunehmender Säurekonzentration autokatalytisch beschleunigt wird. Es wird aber darauf hingewiesen, dass die vorliegenden Ergebnisse eine Momentaufnahme nach 70 Jahren Alterung sind und nicht zeigen können, wie lange der Übergang von FAIR über POOR zu CRITICAL gedauert hat. Zudem gibt es noch keine statistische Relevanz, da vorerst nur dieser eine Bestand untersucht wurde.

Warum in diesem Mikroklima nicht alle Filme gleichermaßen betroffen sind, lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht beschreiben. Herstellungsbedingte Zusammensetzungen, unterschiedliche Kettenlängen der verwendeten polymeren Celluloseacetate, die Filmdicke beziehungsweise Unterschiede in der fotografischen Schicht sowie die verwendeten Weichmacher und deren prozentuale Anteile beeinflussen die Alterungsgeschwindigkeit. Trotzdem wäre zu erwarten, dass sich der Zustand GOOD nicht mehr und der Zustand POOR deutlich öfter nachweisen ließe.

Die Auswertung der Anzahl an Filmen pro Umschlag liefert keinen Anhaltspunkt. Während sich in der Box Österreich durchschnittlich 1,9 Röntgenaufnahmen pro Umschlag befanden (Umschläge ohne Röntgenbilder wurden nicht betrachtet), lag dieser Wert bei der Box München bei 1,7 und bei der Box Luttensee wegen der Akten mit 25, 42 und 45 Filmen deutlich darüber bei 13,3. Es wird jedoch vermutet, dass Röntgenfilme wegen der beidseitigen fotografischen Emulsion langsamer auf Essigsäure in der Umgebung reagieren und dass die Essigsäurekonzentration innerhalb des Filmträgers ausschlaggebend für die Alterung ist. Demnach müsste die Autokatalyse für jeden einzelnen Filmträger und nicht pro Box betrachtet werden.

Auch die Häufung bei einem DS von 1,0-0,9 ist ungewöhnlich. Zwar kann die Reaktionsgeschwindigkeit mit sinkender Konzentration der Ausgangsstoffe abnehmen, die sich verringernde Anzahl der an die Cellulose gebundenen Acetate würde diesen aber nicht stoppen. Der beschleunigte Abbau sollte deshalb bis zum vollständigen Zerfall führen. Der schmale, scharfe Peak bei 1,0-0,9 lässt sich jedoch eher als Stoppsignal und nicht als kontinuierlicher Abbau interpretieren.

Die Kettenglieder der Cellulose werden von Glucoseringen aus fünf Kohlenstoff- (C^1 bis C^5) und einem Sauerstoffatom gebildet, ein sechstes Kohlenstoffatom C^6 ist als Methylengruppe ($-CH_2-$) an C^5 vorhanden. Von den insgesamt drei, für die Acetatbildung zur Verfügung stehenden Hydroxygruppen ($-OH$) sind nur zwei über C^2 und C^3 direkt mit dem Glucosering verbunden. Die dritte Hydroxygruppe befindet sich etwas weiter entfernt vom Ring an der Methylengruppe C^6 und hat damit eine andere chemische Umgebung. Zudem sind die Glucoseringe nicht planar, sondern als sogenannter Sessel angeordnet.

Durch diese räumliche Ausrichtung unterscheiden sich, chemisch gesehen, auch die Hydroxygruppen C² und C³. Dies hat Auswirkungen auf die Reaktionsfreudigkeit der drei Hydroxygruppen, das heißt auch auf die Bereitschaft zur Hydrolyse und auf deren Geschwindigkeit.

In einer 1991 veröffentlichten Untersuchung der Substituentenverteilung an partiell substituiertem Celluloseacetat wurde mit Hilfe der ¹H NMR-Spektroskopie herausgefunden, dass bei saurer Verseifung die Acetate an C³ am schnellsten hydrolysiert werden, das heißt im Mittel schneller als die an C² und C⁶. Darüber hinaus werden bis zu einem Substitutionsgrad von 2,2 die Acetate an C² und C⁶ ungefähr gleich schnell abgespalten [13]. Bei kleinerem DS erfolgt die Hydrolyse an C² jedoch deutlich schneller. Damit sind die Acetylgruppen an C⁶ am stabilsten gegenüber der sauren Verseifung. Demnach würde der Abbau ab einem bestimmten Punkt nur noch sehr langsam erfolgen, weil nur noch überwiegend stabilere C⁶-Acetate vorhanden sind. Diese unterschiedliche Reaktionsfreudigkeit der Acetate kann die beobachtete Häufung bei einem DS von 1,0-0,9 möglicherweise erklären. Es muss aber auch klargestellt werden, dass sich die Filmträger dann bereits in einem kritischen Zustand befinden.

Die visuelle Schadenserfassung

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war die Erfassung von visuellen Schadensmerkmalen. Dabei sollten diese in ihrer Vielfältigkeit und Häufigkeit dokumentiert werden (vgl. Abb. 1). Eine anteilige Erfassung pro Röntgenbild, zum Beispiel für den

*„In 46 Fällen wurden
verschiedenfarbige Blasen
auf einem Film identifiziert
(meist blaue und dunkle).
Kristalle, Blasen und Spots
treten auf beiden Seiten
der Röntgenfilme auf.“*

Flächenanteil eines mikrobiologischen Befalls, erfolgte nicht. Der Fokus lag auf der Erfassung von Merkmalen als Grundlage für einen allgemeingültigen Schadenskatalog. Dieser soll auch für zukünftige Untersuchungen von Filmträgern Verwendung finden. Die angewendeten Schadensmerkmale beziehen sich deshalb auf Schadenskataloge für Papier [14], für Kunststoffe [15] und für Filmträger [16] und wurden mit den Merkmalen einer derzeit am Schwedischen Nationalarchiv laufenden Untersuchung von Filmträgern abgeglichen. Daraus ergaben sich

acht Schadensgruppen mit jeweils mehreren Schadensmerkmalen. Nicht alle Schadensmerkmale dieses Schadenskataloges treffen auf Röntgenbilder zu oder konnten im Rahmen dieser Untersuchung erfasst werden. Die bei vielen Filmen beobachtete Schrumpfung des Materials wurde zum Beispiel nicht beschrieben. Das Vorhandensein verschiedener und nicht genau definierter Formate hätte einen überdimensionalen Arbeitsaufwand bedeutet.

Alle 371 Röntgenbilder wurden visuell bewertet, das heißt neben den Cellulosenitrat- und -acetaten wurden auch die mit SurveNIR routinemäßig nicht auswertbaren Filme und die wegen Verklebung mit SurveNIR nicht gemessenen Röntgenbilder untersucht (soweit die Bewertung bei den Verklebungen möglich war) (Tab. 2). Auf eine Unterscheidung bezüglich des Materials wurde zur Vermeidung einer pauschalisierenden Fehlinterpretation verzichtet, da eine Teilmenge von nur 34 Cellulosenitratfilmen nicht aussagekräftig ist.

Nur drei der 371 Röntgenbilder waren ohne visuelle Schäden, am häufigsten wurden Verfärbungen (53 %), Verformungen (47 %) und Silberspiegel (47 %) beobachtet. Zur Vermeidung abweichender Bewertungen wurde die visuelle Erfassung von nur einer Person (Restauratorin) durchgeführt, trotzdem ist die visuelle Bewertung mangels allgemeingültiger Definitionen und der Einzigartigkeit eines jeden Bestandes immer auch subjektiv. Wichtig ist auch die Balance zwischen dem Nutzen der Information und dem Wunsch nach möglichst hoher Detailtiefe. So wurden zum Beispiel Risse und Brüche zusammen erfasst, auch wenn für abgebrochenes Material ein höheres Verlustrisiko besteht. Weiterhin ist es möglich, die flächigeren Kristallisationen durch Absonderung von Weichmachern mit den ebenfalls kristallinen, punktuellen Spots zusammenzulegen. Kristallisationen, Spots und verschiedene Blasen (Bläschen, Pusteln) erscheinen jedoch so informativ, dass diese für die Röntgenbilder im Einzelnen diskutiert werden sollen.

Besondere Schadensmerkmale

Weichmacher werden Celluloseacetat zugesetzt, um die Eigenschaften des Filmmaterials zu verbessern. Dazu zählen die Verbesserung der Verarbeitbarkeit, der Flexibilität und der Zerreißfestigkeit. Die eingesetzten Weichmacher und deren Anteile können variieren und sind selten bekannt [18]. Durch Alterung migriert der im Filmträger enthaltene Weichmacher wie auch die entstehende Essigsäure an die Oberfläche der polymeren Matrix. Bei fotografischem Material kann die Gelatineschicht der Fotosuspension den Weitertransport zumindest vorläufig verhindern. Für die Filmträger resultieren daraus verschiedene Schadensbilder. Da die Gelatineschicht eine Barriere darstellt, können Weichmacher und Essigsäure zwischen Träger und Gelatineschicht eingelagert werden. Dabei kann es zur Ausbildung von Kristallen, bei flüssigen Anteilen auch von Blasen mit einem Durchmesser von einem bis wenigen Millimetern kommen. Teilweise sind diese Blasen bei den Röntgenfilmen bereits kollabiert beziehungsweise ge-

platzt, wobei intakte und kollabierte Blasen nebeneinander vorkommen. Eine Untersuchung der Bläscheninhalte erfolgte nicht, diese könnten neben Weichmachern aber auch Essigsäure enthalten.

Die punktuellen, im Folgenden Spots genannten Kristallisationen wurden nach Farben erfasst (farblos, blau, pink und grün) und für die Auswertung zusammengeführt. Die Farbige deutet auf ein als Anti-Halation beschriebenes Schadensmerkmal hin, bei der es zu einem Farbstoffaustritt aus der bei

einigen Herstellern verwendeten Beschichtung zur Vermeidung von Lichthöfen kommt (zum Beispiel blau bei Agfa und pink bei Kodak) (Abb. 9a-c) [18]. Allerdings tritt diese Färbung bei den untersuchten Röntgenbildern nicht flächig, sondern nur in den Blasen und Spots auf und wird deshalb nicht in der Schadensgruppe der Farbveränderungen beschrieben. Es ist nicht gesichert, dass es sich bei den Färbungen der Spots um Farbstoffe einer Lichthofschicht handelt und ob eine solche bei den Röntgenfilmen überhaupt zum Einsatz kam. Während

	Schadensmerkmal	Kommentar	Anzahl	Prozent
1. Formveränderungen	• Verformungen	verschiedene, zusammengefasst	175	47 %
	• Delamination (Fotoschicht)	abgehobene Fotoschicht	146	39 %
	• Kanalbildung (Fotoschicht)	aufgeworfene Fotoschicht	53	14 %
	• Schrumpfung	vorhanden, nicht dokumentiert	–	-
	• Abdrücke	vorhanden, nicht dokumentiert	–	-
	• Kratzer		56	15 %
	• Risse / Brüche	ingerissen bzw. durchgebrochen	56	15 %
	• Einschnitte	nicht betrachtet	–	-
	• Haarrisse	feine Risse am Rand und in der Fläche	4	1 %
	• Löcher	hier nur Einstichlöcher	18	5 %
	• Fehlstellen	nicht mehr vorhandene Teile	42	11 %
	• Abrieb	nicht betrachtet	–	-
	• Knicke / Falten		15	4 %
2. Versprödung / Brüchigkeit	• brüchig	SurveNIR Alterungszustand POOR	s. Abb. 7	s. Abb. 7
	• zerbröckelt	SurveNIR Alterungszustand CRITICAL	s. Abb. 7	s. Abb. 7
3. Absonderung von Weichmachern	• Kristalle, flächig	Kristallisation über größere Bereiche	33	9 %
	• Kristalle, punktuell (Spots)	teils farbig, nicht immer eindeutig	133	36 %
	• Blasen, intakt	kleine Blasen, vermutlich gefüllt	17	5 %
	• Blasen, kollabiert	kleine Blasen, ohne Inhalt	77	21 %
	• Blasen, kollabiert (Sonderform)	kleine Blasen, mit Strahlenkranz	77	21 %
	• Austretende Flüssigkeit	Feuchtigkeit auf / zwischen Filmen	14	4 %
4. Farbveränderungen	• Farbstoffaustritt Lichthofschicht	nicht betrachtet	–	–
	• Ausbleichung / Verblassung	nicht betrachtet	–	–
	• Vergilbung / Verfärbungen	allgemein als Verfärbungen erfasst	198	53 %
	• Silberspiegel	unterschiedliche Ausprägung	176	47 %
	• Silberkorrosion		0	0 %
	• Redoxflecken		0	0 %
5. Ablagerungen / Anhaftungen	• Oberflächenschmutz / Flecken	verschiedene, zusammengefasst	126	34 %
	• Fingerabdrücke	nicht betrachtet	–	–
	• Abklatsch	sichtbare Kontaktschäden	137	37 %
	• Verklebungen	nicht trennbar nach Wasserschaden	38	10 %
	• Klebeband / Klebstoffreste	vorhanden, nicht dokumentiert	–	–
	• Retuschen		–	–
	• Metallteile	vorhanden, nicht dokumentiert	–	–
6. Geruch	• Essigsäure	subjektive Bewertung	extrem	–
7. Biologischer Befall	• Mikroorganismen und Pilze	Schimmel (ohne Typisierung)	136	37 %
	• Insekten		0	0 %
	• Nagetiere		0	0 %
8. Andere	• Wasserschaden	vorhanden, nicht dokumentiert	–	–
	• Brandschaden	Formveränderungen, Brandspuren	0	0 %

Tab. 2 – Auswertung der visuellen Erfassung.

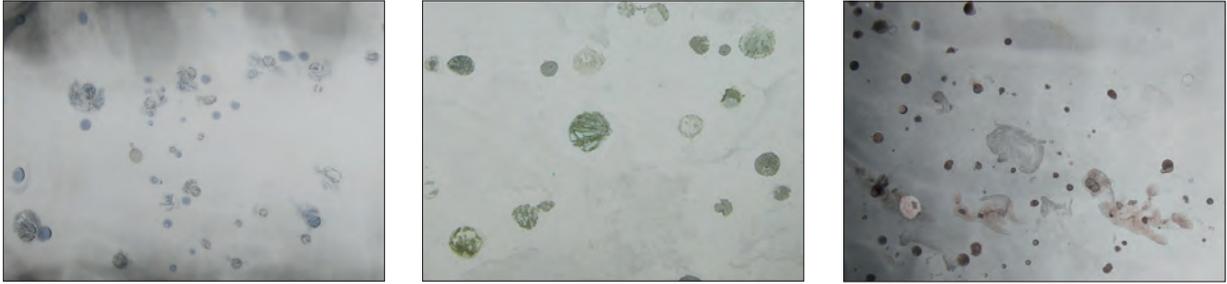


Abb. 9a-c – Verschiedenfarbige Spots (v. l. n. r.: blau, grün, pink).

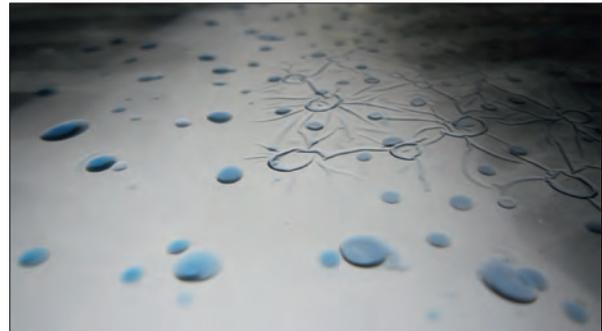
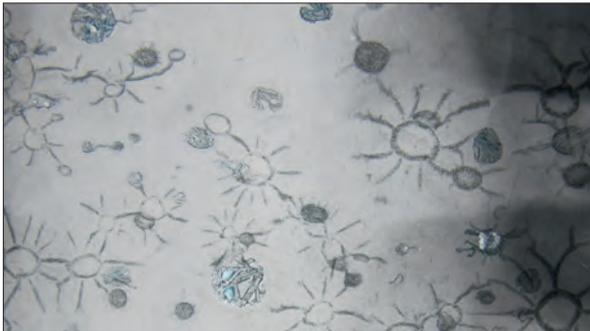


Abb. 10a-d – Kollabierte Blasen mit Strahlenkranz [Kanalbildung] im Durch- und Aufsicht.

pink und grün nur je dreimal beobachtet wurden, kamen blaue Spots wesentlich häufiger und dunkle, zu schwarz tendierende Spots am meisten vor. In 46 Fällen wurden verschiedenfarbige Blasen auf einem Film identifiziert (meist blaue und dunkle). Kristalle, Blasen und Spots treten auf beiden Seiten der Röntgenfilme auf.

Eine Sonderform bilden kollabierte Blasen, bei denen die Mitte eingesunken ist und sich ein leicht erhabener Krater rand ausgebildet hat. Diese kollabierten Blasen haben zudem einen Strahlenkranz aus Kanälen und erinnern damit an skizzierte Sonnen (Abb. 10a-d). Die Kanalbildung kann auch Verzweigungen bilden, die sich zu netzartigen Strukturen erweitern. Auch die Sonnen treten beidseitig auf.

Es ist auffällig, dass bei einigen Röntgenbildern die Schadensmerkmale bevorzugt kreis- beziehungsweise ellipsenförmig auftreten (Abb. 11). Dabei sind die Ecken und Ränder oft ohne Merkmal. Nach einem Ring aus Spots, Blasen oder Sonnen ist ein Bereich wieder schadensfrei oder wird von einem anderen Schadensmerkmal besetzt. Auch kann es vorkommen, dass sich Schadensmerkmale in konzentrischen Ringen abwechseln. Insgesamt wurden rund 40 Fälle mit ringförmigen Schadensbildern gefunden. Dass diese Formen nur in der Box Österreich vorkamen, wird mit deren insgesamt schlechterem Zustand und dem Auftreten dieser Schadensbilder nur bei CRITICAL erklärt. Eventuell gibt es aber auch noch andere, diese Schadensbilder fördernde Parameter.

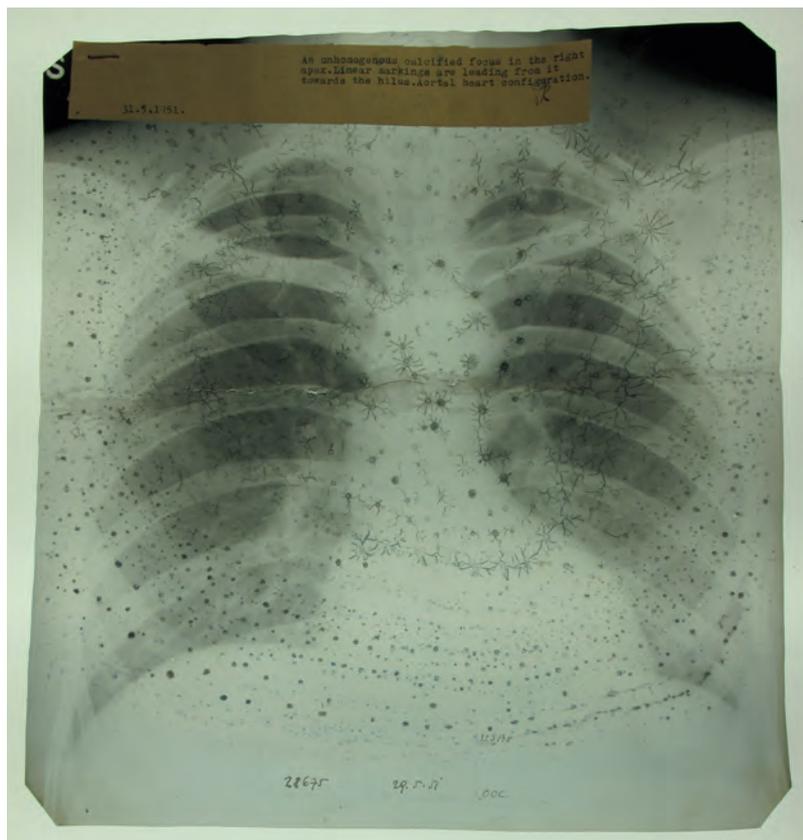


Abb. 11 – Konzentrische Struktur von Schadensmerkmalen.

Instrumentell versus visuell

Der Vergleich des mit SurveNIR bestimmten Alterungszustandes (instrumentelle Analyse) mit den visuell ermittelten Schadensmerkmalen sollte auch zeigen, ob die Ergebnisse miteinander korrelieren und ob die Einteilung der vier SurveNIR-Kategorien bereits aussagekräftig ist. Für diesen Vergleich sind allerdings nur endogene Schadensursachen sinnvoll. Exogene Schadensursachen wie Schimmel oder Knicke können jeden Alterungszustand betreffen. Brüche im Material können durch endogene Alterung oder exogene Benutzung entstanden sein. Dagegen entstehen Merkmale wie Kanalbildung und Blasen nur durch endogene Veränderungen im Material. Diese beiden Merkmale stehen beispielhaft für Formveränderungen und Absonderungen von Weichmachern. Bei den ausgewerteten 281 Celluloseacetatfilmen sind diese Merkmale im Zustand GOOD nicht anzutreffen, im Zustand FAIR kommen kleine Blasen nur einmal vor (Abb. 12). Blasen können durch den Austritt von Weichmachern oder Essigsäure oder durch eine Kombination aus beiden entstehen. Daher wird erwartet, dass die Blasenbildung eher als die Kanalbildung einsetzt und Blasen im Zustand POOR mit einer größeren Häufigkeit anzutreffen sind. Dies stimmt mit der prozentualen Verteilung der SurveNIR-Ergebnisse für die vier Kategorien überein. Es kann daher geschlussfolgert werden, dass diese beiden visuell erfassten Schadensmerkmale sehr gut mit dem SurveNIR basierten Alterungszustand und dessen Einteilung in die vier Kategorien korrelieren.

Delamination, das heißt das Ablösen der Fotoschicht, wurde hingegen in allen Alterungszuständen gefunden. Eine Ursache für die nicht vorhandene Korrelation könnten die Wasserschäden sein, da in den meisten Fällen von Delamination auch Schimmel gefunden wurde. Beim Schadensmerkmal Silberspiegel war die Korrelation gegenläufig, das heißt bei abnehmendem Alterungszustand wurden prozentual weniger oft Silberspiegel beobachtet. Auch Verfärbungen zeigen eine Tendenz zur gegenläufigen Korrelation. Möglicherweise wurden diese beiden Merkmale bei einer steigenden Anzahl weiterer Schäden subjektiv weniger oft wahrgenommen. Es ist zu prüfen, ob die angewendete visuelle Bewertung hier noch verbessert werden muss.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Identifizierung der Materialien mit dem zerstörungsfreien SurveNIR auch bei stark abgebauten Filmträgern erfolgreich ist. Die zeitgleiche Messung des Substitutionsgrades bietet eine einzigartige Möglichkeit zur objektiven Ermittlung des Alterungszustandes von Filmträgern.

Fazit und Ausblick

Bei dem großen Anteil an Röntgenbildern im kritischen Zustand sind sofortige Maßnahmen zur weiteren Untersuchung, zur Separierung, Reinigung, Sicherung und Digitalisierung des Bestandes notwendig. Dass dieser Bestand nicht nur historisch, sondern auch medizinisch von herausragender Bedeutung ist, zeigt eine gemeinsame Anfrage der Universität

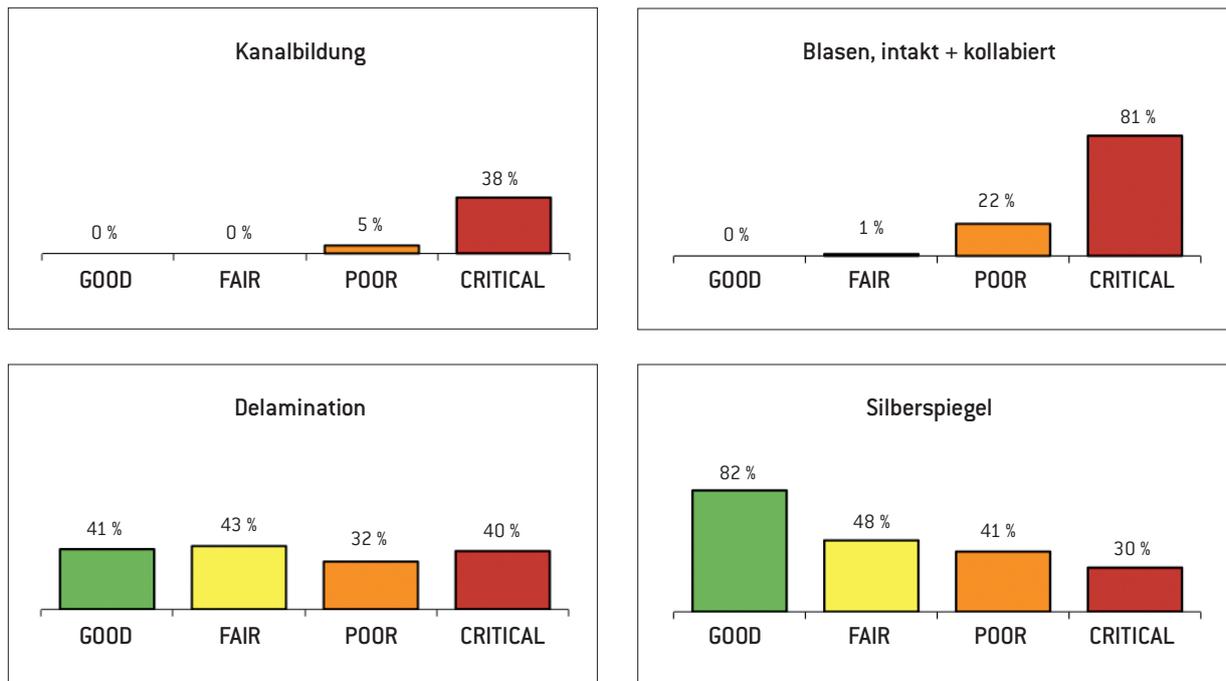


Abb. 12 – Prozentuale Häufigkeit visueller Schadensmerkmale in den vier Kategorien des SurveNIR Alterungszustandes.

Bern, Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM), und des Kantonsspitals St. Gallen. Es besteht das Interesse dieser Einrichtungen, im Rahmen von Masterarbeiten die Krankenunterlagen auszuwerten und die Ergebnisse für die Beforschung der Tuberkulose einzusetzen.

Dank

Die Autoren danken Thea Winther, Restauratorin am Swedish National Archive, für die Unterstützung bei der Strukturierung der visuellen Schadensmerkmale und Nicolas Rothe, Bern, für die Anfertigung der dokumentarischen Fotoserie.

Anmerkungen

- [1] Susanne Urban: „Ein Leben im Transit. Das schwierige Schicksal jüdischer Überlebender unmittelbar nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs“, in: *Neue Zürcher Zeitung*, 3. November 2015, <<https://www.nzz.ch/international/ein-leben-im-transit-1.18640024>> [zuletzt eingesehen am 09.03.2018].
- [2] „Der internationale Suchdienst“, in: *Wikipedia*, <https://de.wikipedia.org/wiki/Internationaler_Suchdienst> [zuletzt eingesehen am 09.03.2018]. Zur Geschichte und Aufgabe des ITS vgl. <www.its-arolsen.org> [zuletzt eingesehen am 19.04.2018].
- [3] Kooperationsvertrag zwischen dem International Tracing Service und der ARGE Bestandserhaltung, Anhang 1, Zu konservierender und restaurierender Bestand, unterzeichnet von Prof. Dr. Rebecca Boehling, Direktorin ITS, 15.10.2015.

- [4] International Tracing Service Bad Arolsen (Hg.): „Jahresbericht 2015“, <https://www.its-arolsen.org/fileadmin/user_upload/Infothek/Ueber ITS und wissenschaftliche Publikationen/ITS_Jahresbericht_2015.pdf> [zuletzt eingesehen am 09.03.2018].
- [5] Verein Pro ITS Bad Arolsen: *Erhalten und Erinnern. Eine Initiative zur Rettung wichtiger Dokumentenbestände über die NS-Zeit und deren Folgen. Restaurierung und Konservierung von Dokumenten aus dem Archiv des International Tracing Service (ITS)*, Broschüre, Ausgabe 12/2015, 16 Seiten.
- [6] Kündigungsschreiben des Kooperationsvertrages, unterzeichnet von Floriane Hohenberg, Direktorin ITS, 7.7.2016.
- [7] Peter Z. Adelstein: „From Metall to Polyester: History of Picture-taking Supports“, in: Eugene Ostroff (Hg.): *Pioneers in Photography. Their Achievements in Science and Technology*, Springfield: Society of Photographic Scientists and Engineers 1987, S. 30–36.
- [8] Das Gerätesystem steht auch als Dienstleistung und zur Vermietung zur Verfügung.
- [9] Dirk Lichtblau, Matija Strlič, Tanja Trafela, Jana Kolar und Manfred Anders: „Determination of Mechanical Properties of Historical Paper Based on NIR Spectroscopy and Chemometrics – A New Instrument“, in: *Applied Physics A*, Vol. 92 (2008), S. 191–195; Mandy Rohde und Dirk Lichtblau: „Papier mittels Nahinfrarot zerstörungsfrei untersuchen – Wissenschaftliche Gutachten mit dem SurveNIR System“, in: *Restaura*, No. 2 (2013), S. 44–48; Barbara Kunze: „Goethebrief und Zeitungsbeilage – Vom Erhalt eines Archivbestan-

des 19. Jahrhunderts. Neue Wege zum wirtschaftlichen Einsatz der begrenzten Ressourcen“, in: *Sächsisches Archivblatt*, No. 2 (2015), S. 16–20.

- [10] Antonia Teweleit, 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*, Vol. 24 (2017), No. 1, N. F. 93, S. 22–30.
- [11] Monique Fischer: „A Short Guide to Film Base Photographic Materials: Identification, Care and Duplication“, <<https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/5-photographs/5.1-a-short-guide-to-film-base-photographic-materials-identification,-care,-and-duplication>> [zuletzt eingesehen am 04.05.2018].
- [12] Barry Knight: „Lack of Evidence for an Autocatalytic Point in the Degradation of Cellulose Acetate“, in: *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 107 (2014), S. 219–222.
- [13] Carsten Deus, Horst Friebolin und Egon Siefert: „Partiell acetylierte Cellulose – Synthese und Bestimmung der Substituentenverteilung mit Hilfe der ¹H NMR-Spektroskopie“, in: *Makromol. Chem.*, No. 192 (1991), S. 75–83.
- [14] Beate Dobrusskin, Kirsten Glaus, Jean F. Rosston und Elke Mentzel: *Katalog der Schadensbilder, Spuren und Phänomene an Kunst und Kulturgut*, Bern: Hochschule der Künste Bern 2012.
- [15] POPART – Preservation Of Plastic ARtefacts in museum collections (Hg.): „Damage Atlas“, <<http://popart-highlights.mnhn.fr/collection-survey/damage-atlas/index.html>> [zuletzt eingesehen am 09.03.2018].

[16] Image Permanence Institute (Hg.): „Visual Decay Guide“, <https://www.filmcare.org/visual_decay> [zuletzt eingesehen am 09.03.2018].

[17] Miriam Truffa Giachet, Michael Schilling, Joy Mazurek, Emma Richardson, Christel Pesme, Herant Khanjian, Tom Learner und Kristen McCormick: „Characterization of Chemical and Physical Properties of Animation Cels from the Walt Disney Animation Research Library“, *ICOM-CC, 17th Triennial Conference Reprints*, Melbourne (2014), <<http://icom-cc-publications-online.org/publicationDetail.aspx?cid=e6181cdb-517d-4c7a-886b-d8f73188d53e>> [zuletzt eingesehen am 07.05.2018]; Miriam Truffa Giachet, Michael Schilling, Kristen McCormick, Joy Mazurek, Emma Richardson, Herant Khanjian und Tom Learner: „Assessment of the Composition and Condition of Animation Cels Made from Cellulose Acetate“, in: *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 107 (2014), S. 223–230; Emma Richardson, Miriam Truffa Giachet, Michael Schilling und Tom Learner: „Assessing the Physical Stability of Archival Cellulose Acetate Films by Monitoring Plasticizer Loss“, in: ebd., S. 231–236.

[18] Vgl. Image Permanence Institute [2018] (wie Anm. 16).

Autorin und Autoren

Dr. Dirk Andreas Lichtblau, Lichtblau e.K., Loschwiter Str. 15a, 01309 Dresden, Germany, Tel. +49-351-65615901, mail@lichtblau-germany.com

Michael Rothe und Alice Tran, Atelier Michael Rothe GmbH, Ostermundigerstr. 60, 3006 Bern, Switzerland, Tel. +41-31-9184090, mail@atelier-rothe.ch