

RESTAURO

Zeitschrift für Restaurierung, Denkmalpflege und Museumstechnik

PRESSBROKAT: FEINE MUSTER AUS GOLD
DIE RESTAURIERUNG VON ARCHIVMASSEN
ENTRESTAURIERUNG EINES STEINGEFÄSSES



IM FOKUS: KUNST UND
KULTURGÜTER REINIGEN

www.restauro.de

2

März 2013

Mandy Rohde und Dirk Lichtblau

Papier mittels Nahinfrarot zerstörungsfrei untersuchen

Wissenschaftliche Gutachten mit dem SurveNIR-System

Archive und Bibliotheken verwalten oft große Bestände. Hier gilt es den Überblick zu bewahren, denn nicht jedes Sammlungsstück kann einzeln begutachtet und konservatorisch erfasst werden. Ein System verspricht hier Abhilfe, indem es Stichproben zerstörungsfrei untersucht.



Foto © Lichtblau e. K.

1

Heute stellt man Papier in der Regel aus Zellstoff her. Altpapier bildet dafür mittlerweile die wichtigste Rohstoffquelle in Europa. Bis in das 19. Jahrhundert hinein waren Leinentextilien, sog. Hadern, das Ausgangsmaterial, danach Holzschliff. Diese Vielzahl an unterschiedlichen Ausgangsmaterialien lässt Papiere verschieden stark altern.

Die Ausgangssituation

Ein Restaurator braucht Daten, um fundierte Entscheidungen darüber zu treffen, ob und wie ein Buch oder Manuskript zu behandeln ist oder ob es ausgestellt werden kann. Ein Sammlungsverantwortlicher muss wissen, welcher Teil einer Sammlung sich wahrscheinlich schneller abbaut oder welcher Teil für die Öffentlichkeit unzugänglich bleiben muss aufgrund der geringen mechanischen Stabilität des Papiers. Geldgeber wiederum benötigen Prognosen, um Budgets zu planen. Zusammenfassend ist es wichtig, die allgemeine Situation sowie den jeweiligen Zustand eines einzelnen Objektes zu kennen. Die Frage stellt sich, wie sich in Sammlungen von mehreren Millionen Werken diese Informationen sammeln lassen und wie zuverlässig diese Daten sind.

Papier ist nicht gleich Papier

Papier wurde im Laufe der Jahrhunderte aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien hergestellt: aus Lumpen, Stroh, Baumwolle, Zellstoff, Holzschliff und gebleichter Zellulose. Lange Zeit wurden Papiere von Hand gemacht. Diese Rezepturen sind im Einzelnen nicht nachzuvollziehen. Auch im industriellen Zeitalter besitzt jeder Hersteller seine eigenen, oft geheimen Rezepturen. Dazu kommt, dass sich die Technik der Papierherstellung im Laufe der Jahre ständig verändert hat. Zum Beispiel diente als Leimungsmittel zuerst überwiegend Gelatine, später hauptsächlich Kolophonium. Und seit zwei Jahrzehnten sind dies nahezu ausschließlich synthetische Stoffe. Es gab und gibt also verschiedene Papiere für verschiedene Zwe-

cke. Und selbst innerhalb einer Papiersorte ergeben sich schon alleine durch die Biodiversität der Ausgangsmaterialien Variationen.

Die starke Varianz bei der Zusammensetzung von Papier lässt es im Laufe der Zeit unterschiedlich altern. (Abb. 1) Bei diesen natürlichen Alterungsprozessen spielen auch die Lager- und Umgebungsbedingungen sowie die objektabhängige Nutzungsintensität eine Rolle. Möchte man also den Zustand einer Sammlung oder eines Bestandes analysieren, stellt dies eine enorme Herausforderung dar.

Bisherige Verfahren zur Zustandsanalyse

Bisher dienten vor allem destruktive Methoden dazu, den Zustand des Papiers zu untersuchen. Diese Verfahren sind zwar sehr zuverlässig, haben jedoch auch Nachteile: Zunächst braucht es naturwissenschaftliche Kenntnisse und die entsprechende technische Ausrüstung. Die Probenaufbereitung ist mühselig, oft sehr zeitaufwendig und die Kosten, um ein Objekt zu analysieren, sind hoch. Viele Archive und Bibliotheken behelfen sich daher im Alltag mit einigen einfachen Techniken, um den Zustand ihrer Sammlungen beurteilen.

Ein Beispiel dafür ist die visuelle Beurteilung. Häufig wird nach Vergilbung gesucht. Dabei stellt sich aber die Frage, wie sich diese definieren lässt, wenn das Papier selbst gefärbt ist. Fraglich ist zudem, ob das menschliche Auge in der Lage ist, objektive und genaue Beobachtungen unter verschiedenen Lichtquellen durchzuführen.

Der Säuregehalt des Papiers lässt sich mit pH-Elektroden oder Säure-Basen-Farbindikatoren ermitteln. In Zusammenspiel mit dem Erscheinungsdatum des Schriftstücks gibt er einen Hinweis auf den Papierzustand. Doch führen diese Techniken zu Flecken oder farbigen Markierungen auf dem Objekt. Auch sollte allein aufgrund der pH-Messung keine Entscheidung beispielsweise über die Dringlichkeit einer Entsäuerung fallen.

Informationen über die mechanischen Eigenschaften des Papiers liefert die Doppelfalz-Methode. Man falzt eine Ecke einer Seite so oft, bis sie abbricht. Das Falzen ist jedoch zerstörend und eignet sich nicht für wertvolle Objekte. Allgemein gilt, dass zerstörende Analysen nicht akzeptabel sind, um unser kulturelles Erbe zu bewahren.

Bewahren und Erhalten

Bibliotheken, Archive und Museen haben die Aufgabe, auch für zukünftige Generationen die Überlieferung des Kulturguts, unseres kulturellen und wissenschaftlichen »Bestands«, sicherzustellen. Da dieser Bestand aus unterschiedlichen Gründen mitunter massiven Schädigungen ausgesetzt ist, schenken diese Einrichtungen der Bestandserhaltung in den letzten Jahren zunehmend mehr Beachtung. Die »Bestandserhaltung« umfasst dabei alle Maßnahmen von der Einzelrestaurierung über die Digitalisierung bis hin zur Entsäuerung vom Zerfall bedrohter Objekte. Hinzu kommen Aufgaben für oder zur Überwachung, Planung, Organisation- und Management, die übergreifend koordiniert werden müssen. Im Zentrum aller Bemühungen steht aber zunächst eine umfassende Zustandsanalyse. Daraus lassen sich Prioritäten ableiten und so aus den bestehenden Möglichkeiten die effizienteste Maßnahme auswählen. Hier setzt das System »SurveNIR« an. (Tabelle 1)

Das SurveNIR-System

SurveNIR ist ein Werkzeug für die Zustandsanalyse von Papier. Es besteht aus einem Spektrometer, einem Computer und einer Software zur Auswertung. (Abb. 2)

Eine Untersuchung mit SurveNIR unterstützt die Erreichung der folgenden Ziele:

- den ausgewählten Bestand hinsichtlich seiner Zusammensetzung beschreiben,
- den Alterungszustand des Informationsträgers Papier reproduzierbar analysieren,
- die Notwendigkeit einer Massenentsäuerung für den ausgewählten Bestand prüfen,
- die Dringlichkeit der Maßnahmen anhand von repräsentativen Kriterien bewerten und
- Parameter eruieren, die für die kaufmännische Betrachtung der einzelnen Maßnahmen relevant sind.

Das System arbeitet reagenzien- und zerstörungsfrei, denn es basiert auf der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR). Es nutzt dabei die Individualität eines jeden Papiers, welche sich in den NIR-Spektren widerspiegelt. Denn je nachdem, welche Eigenschaften ein Papier besitzt, werden unterschiedliche Anteile des Lichts absorbiert.

Die Arbeitsweise

Die NIR-Spektroskopie ist hauptsächlich für Materialien auf Kohlenstoffbasis geeignet, anorganische Additive lassen sich zumeist nicht untersuchen. Bei der NIR-Spektroskopie regt das Licht die Moleküle im Material an. Ein Teil der Energie wird dabei vom Material absorbiert, der restliche Anteil reflektiert. Diesen reflektierten Anteil fängt das SurveNIR-System wieder auf und bestimmt daraus die Materialeigenschaften.



Solch eine Analyse basiert auf dem statistischen Vergleich von Daten und Spektren eines Referenzprobensatzes. Für diesen wurden mehr als 1000 Proben historischer und moderner Papiere aus europäischen Archiven und Bibliotheken untersucht. Man nahm dabei die NIR-Spektren auf und führte zerstörende Analysen, wie pH-Messungen und Zugkraftprüfungen, durch, um alle Informationen anschließend zusammenzuführen. Diese Kombination wird als ein LEARNSET bezeichnet und enthält alle verfügbaren Referenzdatensätze sowie die erfassten Spektren eines Parameters, wie pH-Wert oder Bruchkraft. Um die Informationsvielfalt von mehreren hundert Datenpunkten pro Spektrum beherrschen zu können, bedient man sich der Chemometrie, der multivariaten Datenanalyse. Hierbei werden die komplexen Zusammenhänge in den Spektren durch Datenreduzierung auf wenige spezifische Grundmuster zurückgeführt, die es sowohl dem Betrachter möglich machen, Tendenzen und Relationen in den Spektren qualitativ zu erkennen, als auch der Software erlauben, nahezu den gesamten Informationsgehalt dieser Spektren für quantitative Auswertungen zu nutzen. Diese chemometrischen Modelle sind in der Lage, aus den NIR-Spektren eines neu zu bewertenden Objektes die notwendigen Daten zerstörungsfrei zu extrahieren. Letztendlich ist das System also in der Lage, sichere Messdaten aus den Spektren eines unbekanntes Objektes zu prognostizieren.

2

SurveNIR besteht aus einem Spektrometer, einem Computer und einer Software zur Auswertung. Damit lassen sich die Sorte und andere chemisch-physikalischen Eigenschaften des Papiers bestimmen.

Tabelle 1

SurveNIR führt verschiedene Informationen zusammen. Neben der spektralen Analyse lassen sich – da man das Objekt ja schon »in der Hand hat« – noch optische Merkmale und andere Informationen erfassen. Anschließend wertet die Software diese Daten und Messgrößen statistisch aus.

Tab. 1

Die Möglichkeiten mit SurveNIR		
Spektrale Erkennung	Visuelle Erfassung	Chronologische Eckdaten
Papiersorte	Format	Herkunftsregion
Säuregehalt	Einbandmaterialien	Fasersorten
Mechanische Eigenschaften	Schäden	Leimung
Additive	Biologischer Befall	Epochen

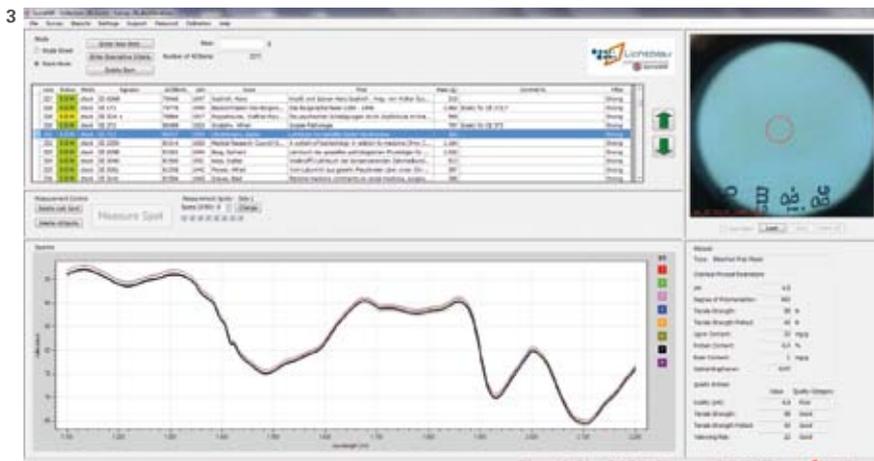


Foto © Lichtblau e.K.

Foto © Lichtblau e.K.

3 Mit Nahinfrarot wird das Papier zerstörungsfrei analysiert. Jede Einzelmessung an einem bestimmten Punkt liefert beispielsweise den Ligningehalt oder den pH-Wert an dieser Stelle.

4 Die Daten der Einzelmessungen lassen sich in der Auswertung in verschiedene Kriterien einteilen und zusammenfassend darstellen. So erhält man einen Überblick über den Zustand einer Sammlung.

Mit diesen reproduzierbaren Ergebnissen lässt sich der Zustand eines Objektes oder auch einer ganzen Sammlung beschreiben. Die ermittelnden Klassifizierungen der Papiertypen sowie die Bestimmung von zahlreichen chemisch-physikalischen Parametern ermöglichen eine detaillierte Bewertung des Alterungszustandes mit daraus abgeleiteten Empfehlungen zum Bestandserhaltungsbedarf.

Die Ergebnisse

Das SurveNIR-System kann die in Archiven und Bibliotheken am häufigsten vorkommenden Papiersorten bestimmen. Daneben können die folgenden chemisch-physikalischen Größen berechnet werden (Abb. 3):

- Säuregehalt (pH)
- Durchschnittlicher Polymerisationsgrad (Anzahl der Zuckermoleküle in den Zelluloseketten)
- Bruchkraft F_{\max}
- Bruchkraft F_{\max} (nach Falzung, Bansa-Hofer-Methode)
- Ligningehalt
- Proteingehalt (Gelatine)
- Kolophoniumgehalt
- Anwesenheit optischer Aufheller

Schon geringe Abweichungen in der Zusammensetzung und im Herstellungsprozess führen dazu, dass die zu untersuchenden Materialien sehr individuell sind, beispielsweise bei Papier die Faserzusammensetzung und Lagerung. Später kommen noch weitere Faktoren hinzu. So nimmt auch der Benutzungsgrad Einfluss darauf, in welchem Zustand ein Papier oder Buch vorliegt.

Der statistische Ansatz

Wie schon erwähnt, umfassen Sammlungen und Archivbestände manchmal mehrere Tausend Exemplare. Natürlich ist es möglich, alle Objekte aufwändig einzeln zu untersuchen, um den Zustand der Sammlung zu erfassen. Zur Bewertung größerer Bestände reicht es jedoch auch aus, eine bestimmte Auswahl von Objekten zu untersuchen. Um zu berechnen, wie viele Objekte dies im Einzelfall sein müssen, bedient man sich eines statistischen Modells.

Der Bestimmung des Stichprobenumfangs kommt eine besondere Bedeutung zu. Denn zu wenige Stichproben liefern kein repräsentatives Ergebnis, zu viele Stichproben bedeuten unnötigen Mehraufwand.

Einfache statistische Ansätze beginnen grundsätzlich mit 300 Objekten. Dies entspricht der Mindestanzahl, da die Ergebnisse ansonsten keine Aussagekraft besitzen. Die repräsentative Darstellung von Detailinformationen und die Angabe einer statistischen Genauigkeit erfordert eine größere Stichprobe.

Generell ist davon auszugehen, dass die Dokumente in einem Bestand sowohl untereinander (zwischen den Objekten) als auch in sich (innerhalb eines Objektes) heterogen sind. Die Heterogenität zwischen den Objekten wird in der Berechnung des Stichprobenumfangs berücksichtigt. Der Heterogenität innerhalb eines Objektes tragen mehrere Messungen an verschiedenen Stellen desselben Objekts Rechnung.

In diesem Zusammenhang ist eine Unterscheidung in Bücher, Akten oder andere Typen vorzunehmen. Je mehr Typen vorliegen, desto größer muss der Stichprobenumfang sein. Grob gesagt, es muss sichergestellt werden, dass von jedem Typ genügend viele Objekte in die Stichprobe gelangen. Verfügt man über keine weitergehenden Informationen über den zu untersuchenden Bestand, so gilt dieser als heterogen und die »einfache Zufallsauswahl« als das sinnvollste Instrument.

Das Statistische Modell wurde von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der Firma Lichtblau e.K. erarbeitet. Es ist degressiv, das heißt, die Stichprobenmenge steigt nicht proportional zur Menge der Einzelobjekte in großen Beständen. Ab ca. 500 000 Objekten ist die Stichprobenmenge mit etwa 3400 Objekten nahezu konstant.

Auch solche, etwas größere Stichproben lassen sich mit SurveNIR in einem vertretbaren Zeitrahmen bearbeiten. Durchschnittlich kann eine Person am Tag 80 bis 100 Objekte untersuchen. Dabei beträgt die effektive Messzeit pro Objekt nur ca. eine Minute. Viel mehr Einfluss nehmen hier die



Eingabe der Daten (Alter, Erscheinungsjahr, Gewicht, andere visuelle Merkmale) und das sichere Handling der Objekte. Kann man die Daten via Excel importieren, beispielsweise aus einer bereits bestehenden Datenbank, lässt sich der Vorgang um einiges beschleunigen. Auch eine zweite Person bei der Messung ist lohnenswert. So lässt sich ein Durchsatz von bis zu 200 Objekten pro Tag erreichen.

Die Auswertung

Die Software übernimmt die Auswertung der Untersuchungen. (Abb. 4)

Für jedes Objekt werden bei der Messung der Spektren (bei denen sich die acht chemisch-physikalischen Parameter ergeben) gleichzeitig alle Objektdaten festgehalten (s. Abschnitt oben). Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich in vier benutzerdefinierte Kategorien (GOOD, FAIR, POOR und CRITICAL) einstufen und dann mit den restlichen Objektdaten zusammenfassend anzeigen. Für die Ausgabe der Ergebnisse sind ebenfalls mehrere Funktionen vorhanden. Unter anderem ist es möglich, die Ergebnisse für jedes einzelne Objekt separat als Protokoll auszudrucken.

Besonders häufig hilft SurveNIR zu klären, ob eine Massenentsäuerung (ME) notwendig ist. Dafür leitet SurveNIR aus allen einzelnen Messwerten eine automatische Aussage zum Gesamtzustand des Papiers ab. Dieser sogenannte »SurveNIR-ME-Indikator« basiert auf einem Berechnungsalgorithmus, der in Zusammenarbeit mit der Nationalbibliothek in Bern erarbeitet wurde.

Dieser Algorithmus teilt die Werte der einzelnen Messgrößen in die vier Kategorien ein. (Nicht berücksichtigt wird hier der durchschnittliche Polymerisationsgrad, da Holzstoffe nicht polymerisieren.) In der Berechnung wird jede Messgröße entsprechend ihrer Bedeutung für die Entsäuerung mit einem Faktor gewichtet. Das Ergebnis erhält dann wiederum eine der vier Kategorien GOOD, FAIR, POOR oder CRITICAL und wird mit einer Handlungsempfehlung versehen.

Ein Beispiel

Der Einsatz von SurveNIR lässt sich am besten an einem fiktiven Beispiel erläutern. Bei diesem ist der Zustand einer Sammlung zu analysieren. Dieser Bestand umfasst verschiedene Bücher, Zeitungen und andere Archivalien der letzten dreihundert Jahre. Insgesamt sind es 1 075 000 Sammlungstücke. Im Ergebnis der Untersuchung erwartet die beauftragende Institution aussagekräftige Daten über die Beschaffenheit und den konservatorischen Zustand ihrer Sammlung, um ihre Strategie bei der Bestandserhaltung weiterzuentwickeln.

Zunächst stellt sich die Frage, wie viele Einzelobjekte zu untersuchen sind. Den Stichprobenumfang liefert das oben beschriebene statistische Modell. Basis der Berechnung ist ein Bestand von 1 075 000 Archiveinheiten (= Grundgesamtheit). Bei einem Konfidenzniveau von 90 % (auch Sicherheitswahrscheinlichkeit genannt, d.h. 90 % der Objekte werden richtig bewertet) und unter Berücksichtigung weiterer Faktoren wie Archiveinheiten pro lfd. Meter ergab sich ein Stichprobenumfang von 3372 zu messenden Objekten.

Man entschied sich hier für die Zufallsauswahl: Aus den insgesamt 37,6 lfd. Kilometern wählte man alle 11,2 Meter ein Objekt aus. Auch die Auswahl der Messpunkte innerhalb eines Objektes erfolgt prinzipiell zufällig. Allerdings können in einer Archiveinheit verschiedene Papiere vorkommen. Diese Heterogenität ließ sich aber vorab abschätzen. Man maß daher an Archivalien mehrfach, an Büchern dagegen nur einmal. So ließ sich dies kompensieren. Für detaillierte Aussagen kam zudem bei Archiveinheiten die Messung im Einzelblattmodus mit einem Backreflektor zum Einsatz (Abb. 5), während bei Büchern in den Buchblock hineingemessen wird. (Abb. 6) Der Backreflektor ist für das verbesserte Signal-Rausch-Verhältnis im Einzelblattmodus zwingend notwendig. Das Licht würde das Einzelblatt durchdringen und verloren gehen. Durch den Backreflektor wird es wieder zurück durch das Blatt geschickt und die Signalqualität erhöht.

Im Detail lief die Messung einer Archiveinheit wie folgt ab: Da eine hohe Heterogenität vorlag,

5 Erfolgt die Messung an einem Einzelblatt, ist der Einsatz eines Backreflektors sinnvoll. Ohne diesen würde zu viel Infrarotstrahlung durch das Blatt hindurch dringen und verloren gehen.

6 Natürlich lassen sich auch Bücher analysieren. Bei allen Analysen ist darauf zu achten, dass die Messungen in unbedruckten bzw. unbeschrifteten Bereichen erfolgen.

Zu den Autoren**Mandy Rohde**

war nach ihrem Studium der Erziehungswissenschaften mehrere Jahre im pädagogischen Bereich tätig. Nach dem Quereinstieg in den Bereich Marketing/Vertrieb vor sieben Jahren ist sie seit 2012 Bereichsleiterin Marketing/Vertrieb bei der Firma Lichtblau e. K.

Dirk Andreas Lichtblau

war nach Chemiestudium, Dissertation und Auslandsaufenthalt als Leiter F&E am Zentrum für Bucherhaltung GmbH in Leipzig tätig. Nach der erfolgreichen Durchführung von EU-Projekten wie InkCor und SurveNIR gründete er 2009 die Firma Lichtblau e. K.

Kontakt:

Mandy Rohde, Lichtblau e.K.,
Loschwitzer Straße 15A,
01309 Dresden, mrohde@
lichtblau-germany.com,
www.lichtblau-germany.com

entschied man sich für eine Dreifachmessung. Dazu wurde jede Archiveinheit je einmal im vorderen, im mittleren und im hinteren Bereich aufgeschlagen und mit SurveNIR gemessen. Jede Messung setzt sich aus üblicherweise acht Messpunkten im nicht bedruckten Bereich zusammen. Mehrere Messpunkte und die anschließende Filterung reduzieren verschiedene Fehlerquellen wie Wolkigkeit, Holzanteile oder auch Bedienfehler erheblich. Manuelle Korrekturen entfallen damit zumeist, was wiederum der Messgeschwindigkeit zugute kommt.

Parallel zu den NIR-Messungen wurden noch weitere Eigenschaften der Archiveinheit erfasst. Damit sich die Messgeschwindigkeit nicht zu sehr reduziert, sollte man sich auf maximal zehn Eigenschaften beschränken und natürlich nur solche Eigenschaften extra erfassen, die sich durch die NIR-Messung nicht abbilden lassen. In unserem Beispiel wurden fünf Eigenschaften aufgenommen: das Erscheinungsjahr, das Gewicht, das Einbandmaterial, die Art und der Erhaltungszustand der Heftung sowie die Tatsache dass bzw. ob biologischer Befall vorlag. Mit SurveNIR ließ sich dies alles in einem Arbeitsschritt erledigen.

Der Untersuchungsbericht zeigte nicht nur die Resultate der Stichprobe, auch für den gesamten untersuchten Bestand wurden die Ergebnisse hochgerechnet. Die Auswertung zeigte dann für unser Beispiel dieses Resultat:

Der Gesamtbestand setzt sich zu 21,8 % aus Hadernpapieren, zu 42,9 % aus Zellstoff, zu 31,7 % aus Holzstoff und zu 3,6 % aus gestrichenen Papieren zusammen. Die Sammlung war besonders zwischen 1870–1890 und 1960–1980 gewachsen. Eine Archiveinheit wiegt durchschnittlich 985 g, der Gesamtbestand umfasst somit 1059 t.

Bei den Sammlungsstücken, die seit den 1950ern entstanden sind, treten vermehrt optische Aufheller auf. Auch sind hier die meisten der gestrichenen Papiere zu finden. In den Archivalien aus den

1980ern oder später ist der Anteil an Holzstoffen stark rückläufig, die überwiegende Menge basiert hier auf Zellstoff.

Die Auswertung des pH-Wertes weist auf eine Gefährdung von 61 % des Gesamtbestandes hin, denn dieser Teil besitzt einen pH-Wert 6,0 oder weniger. Auch wenn der pH-Wert nicht als alleinige Größe für den momentanen Zustand eines Objektes herangezogen werden sollte, bildet er die zu erwartende Geschwindigkeit des zukünftigen Abbaus sehr gut ab.

Zusammen mit der Papiersorte, dem Erscheinungsjahr und den mechanischen Eigenschaften ließen sich so Handlungsempfehlungen für unsere fiktive Sammlung ableiten. Die abschließende Beurteilung kam so zu folgendem Fazit:

- Der Erhaltungszustand der Sammlung ist zum größten Teil gut, da der Anteil an alterungsstabilerem Zellstoffpapier und Hadernpapier ca. 65 % beträgt.
- Durch die Korrelation von Erscheinungsjahr und Papierqualität zeigte sich besonders in den Jahren 1880–1900 und 1950–1970 ein unterdurchschnittlicher Erhaltungszustand.
- Ein biologischer Befall lag nur an einem kleineren Teil vor und betrifft voraussichtlich nur einen bestimmten Magazinbereich.
- Der Erhaltungszustand der Einbände und Heftungen war gut. Hier besteht wenig Handlungsbedarf.
- Zum Teil wurden starke Verschmutzungen auf und in Akten beobachtet. Eine Grundreinigung ist daher empfehlenswert.
- Zahlreiche Objekte sind unzureichend oder gar nicht verpackt. Dieser Zustand sollte behoben werden.
- Knapp 61 % des Gesamtbestandes wiesen einen pH-Wert von 6,0 oder weniger (Kategorie POOR) auf, was konservierende Maßnahmen wie die Massenentsäuerung nahelegt.
- Diese konservierenden Maßnahmen sollten mittelfristig (innerhalb der nächsten 10–20 Jahre) umgesetzt werden. Eine akute Gefährdung droht nicht: die Sammlungsstücke besaßen allgemein gute mechanische Stabilität und erhielten nur in einem geringen Anteil von 1,5 % die Kategorie CRITICAL.
- Die Objekte aus Zellstoff wiesen einen besseren Erhaltungszustand auf als die aus Holzstoffen, so dass die Behandlung letzterer Priorität haben sollte. Dies erscheint auch wegen dem niedrigeren pH-Niveau sinnvoll, der sich bei diesen Papieren zeigte.

Die Ergebnisse der Untersuchung bildeten anschließend die Grundlage bei der Budgetplanung der Bestandserhaltungsstrategie. Aufgrund der Analyse ließen sich die Kosten für konservierende Maßnahmen langfristige und objektiv berechnen.

Abstract**The SurveNIR System****Non-destructive Examination of Paper Using Near Infrared**

Many methods of analyzing paper yield precise results. However, they are not non-destructive. Moreover, they are unable to process large amounts of archive material. This is where the SurveNIR system comes in. A spectrometer examines the paper using near infrared spectrometry. A computer compares this spectrum with a reference database and is able to draw from this conclusion about the mechanical and chemical properties of the paper, for instance the pH-value. A statistic model that calculated the type and number of random samples was employed in order to be able to process large amounts of paper. A software permitted evaluating and classifying the results, which in turn enabled obtaining an overview of the collection and introducing appropriate measures in a short time.

Keywords: Paper conservation, mass deacidification, analysis of the condition, near infrared spectrometry, SurveNIR, non-destructive