

Methodenentwicklung zur Analyse und Behandlung anthropogen bedingter Zerfallsprozesse naturkundlicher Sammlungen am Beispiel von Säugetierfellen des Museums für Naturkunde Berlin

AZ 33841/01

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Abschlussbericht

Bewilligungsempfänger



Museum für Naturkunde
Dr. Christiane Quaisser
Invalidenstraße 43
10115 Berlin

Tel.: 030 889140 8377
E-Mail: christiane.quaisser@mfk.berlin

Kooperationspartner

ZFB Science

Zentrum für Bucherhaltung GmbH
Dr. Manfred Anders
Bücherstraße 1
04347 Leipzig

Tel: 0341 2598913
E-Mail: anders@zfb.com

Dienstleister



Forschungsinstitut Leder und Kunststoffbahnen gGmbH
Dr.-Ing. Bernhard Trommer
Meißner Ring 1-5
09599 Freiberg

Tel: 03731 366 147
E-Mail: bernhard.trommer@filkfreiberg.de

Projektlaufzeit:

24 Monate + 2 Monate kostenneutrale Verlängerung

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	2
2. Bericht	3
2.1. Anlass und Zielsetzung des Projektes.....	3
2.2. Aufbau des Projektes	4
2.3. Arbeitsschritte	5
2.4. Angewandte Methoden und Ergebnisse	7
2.4.1. Arbeitspaket 1: Analysenentwicklung	7
2.4.2. Arbeitspaket 2: Screening der Sammlung	7
2.4.3. Arbeitspaket 3: Behandlung geschädigter Felle	9
2.4.4. Arbeitspaket 4: Wissenstransfer.....	12
2.5. Diskussion.....	12
2.6. Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen	16
2.7. Fazit	18

1. Zusammenfassung

Zerfallsprozesse spielen in Sammlungen mit biologischen Objekten eine zentrale Rolle. Auch bei größeren Säugetierfellen sind sie eine große Herausforderung, vor allem in umfangreichen Sammlungen. Seit längerem werden Phänomene wie zunehmende Brüchigkeit, Risse und der Zerfall beobachtet. Wissenschaftliche Untersuchungen zu den Hintergründen und Ursachen und möglichen Schutzmaßnahmen fehlen.

Neben einer Analyse der Ursachen, hatte das vorliegende Projekt vor allem die Entwicklung, modellhafte Umsetzung und Vermittlung von Methoden und Verfahren zur Abschätzung, Behandlung und nachhaltigen Sicherung der vom Zerfall bedrohten Säugetierfelle zum Ziel. In vier Teilprojekten wurde folgende Ziele angestrebt:

1. **Analyseentwicklung:** Entwicklung von Analysenverfahren und Methoden zur chemischen und physikalischen Charakterisierung geschädigter Felle und der Identifizierung relevanter schädigender Umwelteinflüsse
2. **Screening der Sammlung:** Auf Basis der Analyseverfahren Entwicklung und modellhafte Anwendung zerstörungsfreier Mess- und Bewertungsmethoden zur effizienten Einschätzung großer Sammlungsbestände (Profiling) und Ableitung von Best Practice für Lagerung und Umgang
3. **Behandlung geschädigter Felle:** Auf Basis der Analysen Entwicklung, modellhafte Erprobung und Bewertung von Behandlungsverfahren zur Rettung und nachhaltigen Stabilisierung geschädigter Felle
4. **Wissenstransfer:** Verfügbarmachung und Weitergabe der Projektergebnisse an eine breite und interdisziplinäre Nutzergemeinschaft

Die Projektziele wurden erreicht. Als Hauptursache für den Zerfall konnte die saure Hydrolyse identifiziert werden, ausgelöst vor allem durch die in Präparation und Gerbung eingebrachten Säuren. Reißfestigkeit und pH-Wert liefern erste Indizien zum Zustand historischer Felle. Eine pH-Justierung über wasserfreie Dispersionen kann geschädigte Häute stabilisieren. Die Ergebnisse liefern gute Grundlagen für weitere Forschungsprojekte und Entwicklungen. Die entwickelten Methoden und Verfahren können als Modelle auch für andere Sammlungen dienen.

Der interdisziplinäre Ansatz unter Einbeziehung von Experten aus Präparation, Gerbung, Leder- und Papierforschung und die anwendungsorientierte Forschung in Kooperation mit dem Zentrum für Bucherhaltung (ZfB) als mittelständisches Unternehmen erwiesen sich als zielführend.

2. Bericht

2.1. Anlass und Zielsetzung des Projektes

Wissenschaftliche Sammlungen in Naturkundemuseen beherbergen eine enorme Anzahl an wertvollen Kulturgütern, darunter z.B. Millionen von Säugetierfellen. Gesammelt in aller Welt während der letzten 250 Jahre sind sie einmalige Nachweise der vergangenen und heutigen Artenvielfalt, Grundlage vielfältiger Forschungen, einzigartiges Kultur- und Naturerbe.

Der dauerhafte Erhalt und die Pflege dieser Objekte gehören zu den Grundaufgaben eines Museums. Diese Aufgabe ist nicht trivial. Biologische Objekte unterliegen natürlichen Abbauprozessen, die durch unterschiedlichste Einflüsse beschleunigt werden können. Erfahrungen aus der Fellsammlung des Museum für Naturkunde Berlin (MfN) zeigen, dass vor allem die Pflege und der Erhalt größerer Säugetierfelle Probleme bereiten. Mit zunehmendem Alter werden sie oft spröde und brüchig und zerfallen bei geringster Berührung. In einigen Fällen sind Teilstücke bereits verloren. Nach ersten Schätzungen sind rund 80 % aller Felle (ca. 24.000 Objekte) betroffen. Ähnliche Anteile bestätigen Kollegen anderer großer Sammlungen wie in Bonn, Frankfurt und Paris. Ohne die Einleitung effektiver Gegenmaßnahmen, gehen wissenschaftlich relevante Informationen unwiederbringlich verloren, und wertvolles nationales Kulturgut ist akut bedroht.

Um den Schutz dieser Kulturgüter gewährleisten zu können, ist es notwendig, den fortlaufenden Zerfall zu stoppen bzw. deutlich zu verlangsamen. Wenig ist jedoch bislang bekannt über die zugrundeliegenden Prozesse und Einflussfaktoren. Man geht davon aus, dass neben den natürlichen Abbauprozessen anthropogene Immissionen, d.h. Industrieabgase, Emissionen aus Heizungsanlagen und andere schädigende Umwelteinflüsse, verursacht z.B. durch den Klimawandel, die chemischen Eigenschaften in den Sammlungsobjekten derart verändern, dass ihr langsamer, aber stetiger Zerfall beschleunigt wird. Behandlungsmaßnahmen zum Erhalt geschädigter Felle gibt es bislang nicht.

Das geplante Vorhaben zielte auf die Entwicklung, modellhafte Umsetzung und Vermittlung von innovativen Methoden, Verfahren und Best Practice zur Abschätzung, Behandlung und nachhaltigen Sicherung der vom Zerfall bedrohten Säugetierfelle.

2.2. Aufbau des Projektes

Das Projekt gliederte sich in vier Teilprojekte/Arbeitspakete:

1. **Analysenentwicklung:** Entwicklung von Analyseverfahren und Methoden zur chemischen und physikalischen Charakterisierung geschädigter Felle und der Identifizierung relevanter schädigender Umwelteinflüsse
2. **Screening der Sammlung:** Auf Basis der Analyseverfahren Entwicklung und modellhafte Anwendung zerstörungsfreier Mess- und Bewertungsmethoden zur effizienten Einschätzung großer Sammlungsbestände (Profiling) und Ableitung von Best Practice für Lagerung und Umgang
3. **Behandlung geschädigter Felle:** Auf Basis der Analysen Entwicklung, modellhafte Erprobung und Bewertung von Behandlungsverfahren zur Rettung und nachhaltigen Stabilisierung geschädigter Felle
4. **Wissenstransfer:** Verfügbarmachung und Weitergabe der Projektergebnisse an eine breite und interdisziplinäre Nutzergemeinschaft

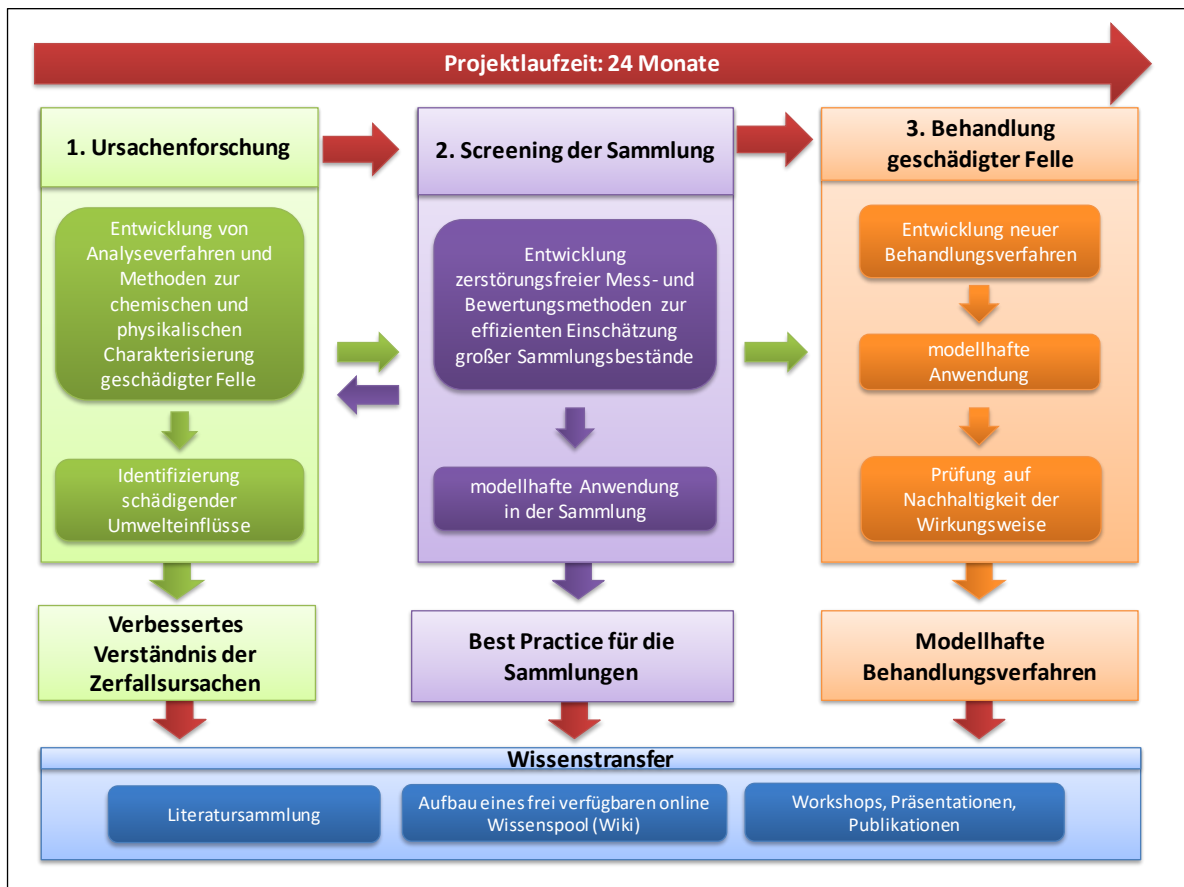


Abbildung 1: Projektaufbau, Verbindung und Interaktion der einzelnen Arbeitspakete.

Die entwickelten Methoden und Verfahren sollen als Modelle auch anderen natur- und kulturwissenschaftlichen Sammlungen mit gefährdeten Objekten, wie Vogel- oder ethnologischen Sammlungen, zur Verfügung stehen.

Das Vorhaben verfolgte einen interdisziplinären Ansatz und eine unmittelbar anwendungsorientierte Forschung in Kooperation mit einem mittelständischen Unternehmen (Zentrum für Bucherhaltung Leipzig, ZFB). Der hinzugezogene Dienstleister (Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen Freiberg, FILK) besitzt eine ausgewiesene Fachexpertise auf dem Gebiet der Lederforschung. Daneben profitierte das Projekt von dem zahlreichen Input nationaler und internationaler Experten auf den Gebieten der Präparation, Gerbung und Leder- und Fellforschung.

2.3. Arbeitsschritte

Die Arbeitspakete 1 bis 3 besaßen eine logische zeitliche Abfolge mit Überlappung und Interaktionen wie in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt. Abb. 2 zeigt zudem wie die Arbeiten über die Projektpartner und den Dienstleister verteilt waren.

Sämtliche Arbeitsschritte konnten im Rahmen der Projektlaufzeit erfolgreich abgeschlossen werden.

Abschlussbericht AZ 33841/01

Methodenentwicklung zur Analyse und Behandlung anthropogen bedingter Zerfallsprozesse naturkundlicher Sammlungen am Beispiel von Säugetierfellen des Museums für Naturkunde Berlin

		2018												2019						2020									
		Monat 1	Monat 2	Monat 3	Monat 4	Monat 5	Monat 6	Monat 7	Monat 8	Monat 9	Monat 10	Monat 11	Monat 12	Monat 13	Monat 14	Monat 15	Monat 16	Monat 17	Monat 18	Monat 19	Monat 20	Monat 21	Monat 22	Monat 23	Monat 24	Monat 25	Monat 26		
MfN Berlin																													
ZfB Leipzig																													
FILK Freiberg																													
AP1 Analysen- entwicklung		Recherchen am MfN																											
		chemische Analysen der historischen Fellproben																											
		chemische Analysen der historischen Fellproben																											
AP2 Screening der Sammlung																													
		Entwicklung geeigneter Screening-Methoden																											
		Ankauf der Füchse, Hautgewinnung, Konservierung																											
AP3 Behandlung geschädigter Felle																													
		chemische Analysen der Proben von frisch zugerichteten, künstlich gealterten und behandelten Fuchsfellen																											
AP4 Wissenstransfer		Planung von Workshops, Präsentationen, Publikationen, Öffentlichkeitsarbeit, Literaturübersichten																											
Meilensteine: Projekttreffen, Workshops, Zwischen- berichte		Kick-Off-Meeting Freiberg																											
		Internationaler Workshop Freiberg																											
		1. Zwischenbericht																											
		Projekttreffen Leipzig																											
		Projekttreffen Berlin																											
		2. Zwischenbericht																											
		Projekttreffen Berlin																											
		3. Zwischenbericht																											
		Projekttreffen Leipzig																											
		4. Zwischenbericht																											
		Abschlussworkshop Berlin																											

Abbildung 2: Realer zeitlicher Ablauf des Projektes mit Arbeitsschritten und Verantwortlichkeiten unter Berücksichtigung der kostenneutralen Verlängerung.

2.4. Angewandte Methoden und Ergebnisse

2.4.1. Arbeitspaket 1: Analysenentwicklung

Aus der Sammlung des MfN wurden vier historische Fuchsfelle ausgewählt, die den Kriterien zur Untersuchung entsprachen: gute Dokumentation, stark unterschiedlicher Erhaltungszustand. Für die Auswahl der Felle wurde zusätzlich in handgeschriebenen Bestandskatalogen und historischen Notizbüchern der Präparationswerkstatt des MfN nach applizierten Präparationsverfahren recherchiert. Proben der Felle wurden unter Beachtung der Kennzeichnung und einer Handlungsanweisung zum Arbeiten mit Biozid-kontaminiertem Sammlungsmaterial an das ZFB und FILK versandt. Die Analysen umfassten: Röntgenfluoreszenzanalyse, mikroskopische Untersuchungen, Spektralphotometrische Messungen, mikrobiologische Untersuchungen (Biolumineszenz-Messung), Prüfung der mechanischen Eigenschaften (Zugversuch), pH-Wertmessung auf Oberflächen und aus Extrakt, Säuregehalt, Differenzzahlbestimmung, Bestimmung der Schrumpfungstemperatur mittels DSC und Denaturierungsenthalpie.

Die Analysen bestätigten die Hypothese, dass vor allem die saure Hydrolyse an den Zerfallsprozessen beteiligt ist. Die konkreten Quellen der Säuren konnten im Einzelnen nicht nachgewiesen werden. Vertiefte und umfassende Recherchen in der historischen Schriftgutsammlung des MfN (Schriftstücke ausgewählter Sammler zwischen 1890 und 1930: Reisetagebücher, Korrespondenzen zwischen den Sammlern und dem Museum, Verkaufslisten, Abrechnungen, Reiseequipment-Listen, Gerber-Dokumente) untermauerten die Ergebnisse der Analysen und zeigten, dass vor allem stark saure Substanzen wie Kalialaunsalze zum Haltbarmachen verwendet wurden. Diese Präparationsverfahren können als eine Hauptquelle der schädigenden Säuren festgemacht werden.

Methodik und erste Analyseergebnisse wurden in einem internationalen Expertenworkshop vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse der Analysen dienten, wie geplant, für die Auswahl und Entwicklung von Screeningmethoden im Arbeitspaket 2 (AP2) und für die Entwicklung und Anwendung von Behandlungsverfahren bereits geschädigter Felle im Arbeitspaket 3 (AP3).

2.4.2. Arbeitspaket 2: Screening der Sammlung

Auf der Basis der Ergebnisse aus dem AP1 wurden in Zusammenarbeit der Projektpartner mit dem Dienstleister FILK minimal-invasive, kostengünstige und praktikable Screening-Methoden zur Schnelleinschätzung des Zustandes einer großen Fellsammlung entwickelt.

Das trifft vor allem zu für die durch das ZFB entwickelte Methode zur Messung der Reißfestigkeit bzw. Durchstichwiderstandes. Bei diesem innovativen wie pragmatischen Verfahren wird mittels Handhebel eine Durchstichspitze durch das Fell gestochen und die dafür benötigte Kraft gemessen und aufgezeichnet. Die entstandenen Durchstichlöcher sind kaum sichtbar und die Apparatur ist verhältnismäßig leicht und mobil. Zu der maschinellen Messung der Durchstichfestigkeit wird ergänzend noch die manuelle Reißfestigkeit nach objektiven Kriterien herangezogen, um die Aussagekraft beider Verfahren gegenüberstellen zu können.

Bei den Messparametern insgesamt handelte es sich sowohl um subjektiv und objektiv gemessene Verfahren:

- *subjektiv*: Handgetestete Reißfestigkeit, Flexibilität, Haarlässigkeit nach Kategorien
- *objektiv*: Oberflächen-pH, Hautdicke, Durchstichwiderstandskraft, handgehaltene Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF).

Der Zustand jedes vermessenen Felles wurde zudem fotodokumentarisch erfasst. Weiterhin wurden die klimatischen Lagerungsbedingungen wie die Raumlufttemperatur und die relative Luftfeuchte während der Messungen dokumentiert. Für die Protokollierung aller Messergebnisse wurde eine Profiling-Datenbank angelegt.

Von allen untersuchten Fellen wurden die vorhandenen, historischen Informationen (Sammler, Sammeljahr, Fundort, Sammeldatum, etc.) aus Einträgen in den Sammlungskatalogen und der digitalen Datenbank entnommen und mit der Profiling-Datenbank verknüpft.

Die Auswahl der zu testenden Felle erfolgte anhand tiergruppenspezifischer Fell- bzw. Hauteigenschaften. Ausgewählt wurden sehr fragile Felle, wie die von Hasenartigen (Lagomorpha), sowie diverse stabilere Felle von Raubtieren (Carnivora). Um einen Eindruck von der Spannbreite der Daten zu erhalten, wurden Vertreter verschiedener Arten vermessen. Um Messwertschwankungen innerhalb einer Tiergruppe darstellen zu können, wurden exemplarisch die kompletten Sammlungen von zwei auch in Sammlungen häufigen Arten durchgemessen: Europäischer Feldhase (*Lepus europaeus*, n=115) und Rotfuchs (*Vulpes vulpes*, n=132). Insgesamt gingen 371 Felle und Häute von 18 verschiedenen Arten in das Profiling ein. Die Arbeiten wurden durch einen eigens dafür angestellten Praktikanten unterstützt.

Nach den statistischen Auswertungen und einer Hauptkomponenten-Analyse zeigten sich deutliche Zusammenhänge zwischen objektiv und subjektiv gemessenen Parametern. Die handgetestete Reißfestigkeit, die Dicke der Haut und die Durchstichwiderstandskraft

korrelieren positiv miteinander. Dementsprechend wurde weiterführend ein Dickenkorrekturfaktor hinzugezogen. Das Alter der Objekte korrelierte positiv mit der handgetesteten Reißfestigkeit. Je älter ein Objekt war, desto geringer war die Reißfestigkeit. Insgesamt wiesen 75% der getesteten Felle eine geringe Reißfestigkeit auf. Ebenfalls gab es eine positive Korrelation zwischen dem pH-Wert und der Flexibilität. Dieser Effekt lässt sich wahrscheinlich auf die präparatorische Behandlung und Gerbung zurückführen. Die eingesetzten Substanzen (auch Säuren) sorgen zielgemäß für einen Aufschluss des Kollagens und damit zu einer größeren Flexibilität vor allem im Gegensatz zu luft- oder salzgetrockneten Fellen, die mit der Trocknung versteifen. Mit der spektroskopischen Analyse durch XRF sollte auf Rückstände von Konservierungsmitteln getestet werden, die in der Vergangenheit zur Fixierung verwendet, jedoch nicht dokumentiert wurden. Hier konnte gezeigt werden, dass das Vorhandensein von Aluminium und gleichzeitig Kalium ein Indiz für die Verwendung von Alaunsalzen ist. Ebenfalls konnte darüber die Belastung durch Arsen bei einigen Objekten ermittelt werden.

2.4.3. Arbeitspaket 3: Behandlung geschädigter Felle

Zur modelhaften Erprobung und Bewertung von Behandlungsverfahren für geschädigte Felle wurde im AP3, wie im Projektantrag beschrieben, eine Versuchsreihe angelegt. Als Versuchsobjekt wurde der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) gewählt. Felle vom Rotfuchs waren bereits in Vorstudien verwendet worden und dienten als Grundlage für den Projektantrag. Die Daten aus diesen Studien konnten damit als Vergleichswerte in die Untersuchungen einfließen. Felle von Rotfüchsen finden sich zahlreich in naturwissenschaftlichen Sammlungen. Die Ergebnisse sind damit auch anwendbar auf andere Sammlungen. Für die Beschaffung neuer Felle war entscheidend, dass der Rotfuchs eine häufig vorkommende, jagdbare Tierart ist. Von Jägern einer Region in Deutschland wurden frisch geschossene und tiefgefrorene Rotfüchse nach einheitlichen Parametern ausgewählt (gleicher Zeitraum, Winterfell, adult, intakte Haut, tiefgefroren geliefert, gut dokumentiert u.a.) und mit eigenen Mitteln angekauft. Die Felle wurden durch einen fachkundigen Säugetierpräparator unter gleichbleibenden Bedingungen abgezogen und für die weitere Bearbeitung und Haltbarmachung vorbereitet.

Wie im Antrag ausführlich dargestellt, wurden für die Konservierung zwei typische historische Methoden gewählt: Alaungerbung (Behandlung mit Kalialaun, „Weißgerbung“) und Leipziger Zurichtung (Schwefelsäure-Pickel). Die exakten Rezepturen und Anleitungen dieser gängigen Methoden sind erstaunlich wenig dokumentiert. Es waren umfangreiche

Recherchen in Archiven und Interviews mit Präparatoren und Gerbern notwendig. Nach Abstimmung mit Präparatoren wurden mehrere historisch belegte Rezepte an den frischen Fuchsfellen nachgestellt, getestet und zwei Konservierungsverfahren für die weiteren Versuche ausgewählt. Dabei wurden je 6 Felle mit Kalialaun („Weißgerbung“) und Schwefelsäure-Pickel („Leipziger Zurichtung“) behandelt und 4 Felle als Referenzobjekte unbehandelt luftgetrocknet. Jeweils 3 Felle (insgesamt 9) gingen in die Untersuchungen ein. Alle übrigen Felle wurden als Vergleichsobjekte für eine Langzeitstudie in die wissenschaftliche Sammlung des MfN aufgenommen.

Auf der Grundlage der im AP1 entwickelten Analyseverfahren erfolgte die Charakterisierung der frischkonservierten Proben am ZfB und FILK durch Messungen der Säure/Alkalimenge mittels Titration, des Extrakt pH-Wertes, der Warm- und Kaltwasserlöslichkeit (WWL, KWL), des Feuchtegehalts, der Schrumpfungstemperatur (DSC) und der Denaturierungsenthalpie. Die erhaltenen Werte dienten als Referenz in den weiteren Untersuchungen.

Die Alterung der Felle in den Sammlungen wurde durch eine definierte Wärmeanwendung simuliert. Ist die Methode der künstlichen Alterung auch generell ein gängiges Verfahren, bedurfte sie im Projektfall zahlreichen Vorstudien und Anpassungen, um ein passgenaues und einheitliches Verfahren für alle Konservierungsverfahren zu erreichen. Das ZfB hat im Rahmen des Projektes eine spezifische Methode mit Fokus auf die Simulation der Hydrolysereaktionen entwickeln können. Zur Bewertung der Wirksamkeit der Behandlungsmittel wurde ein zweistufiger Prozess der beschleunigten künstlichen Alterung aufgestellt: Die erste Stufe der Alterung diente dazu, Abbaumechanismen in den natürlich gealterten Fellen nachzustellen. Die zweite Stufe diente der Überprüfung der Wirksamkeit des Behandlungsmittels und damit Nachhaltigkeit der Behandlung durch einen Vergleich behandelter und nicht behandelter Proben in dieser Alterungsstufe.

Auf der Basis von Erfahrungen aus der Entsäuerung von Papier und Leder und der Erkenntnisse aus dem Verhalten der konservierten historischen und frischen Fuchsfelle entwickelte das ZfB Alternativmethoden zur Behandlung der stark sauren, geschädigten Präparate. Ziel war eine pH-Justierung. Einen wissenschaftlich untermauerten Zielwert gibt es dafür noch nicht. Deshalb wurde als Richtwert aus Erfahrungen mit Hautoberflächen ein schwach saures Milieu (ca. pH 5,0 – 6,5) angestrebt. Angewendet wurden drei Behandlungsdispersionen in Isopropanol, die sich in ihrer Wirkungsstärke unterschieden: mild: CaCO_3 , mittelstark: MgO (ZFB:2) und stark: Ca(OH)_2 . Basierend auf der Erkenntnis

aus AP1, dass sich die Säuren in der Haut anreichern, während die Haare selbst nur wenig betroffen sind, erfolgte die Applikation nur auf der Hautseite.

Der Aufbau der Versuchsreihe ist in Abbildung 3 dargestellt. Alle Proben wurden einer ersten künstlichen Alterung unterzogen (Stufe I) und im Anschluss analog zu den Ausgangsproben analysiert. Ein Teil der Proben wurde nun mit den Dispersionen behandelt und der pH-Wert justiert. Es folgten für alle Proben eine weitere künstliche Alterung (Stufe II) und eine abschließende Analyse der Proben. Zur Auswertung des Behandlungseffektes (Nachhaltigkeit) wurden die Ergebnisse beider Reihen miteinander verglichen. Eine Nachhaltigkeit der Behandlung sollte sich durch eine Stabilität der eingestellten pH-Werte sowie der WWL/KWL zeigen.

Auffällige Proben wurden zudem nach der Alterung Stufe I sowie nach der Behandlung und Alterung Stufe II einer Aminosäureanalyse unterzogen.

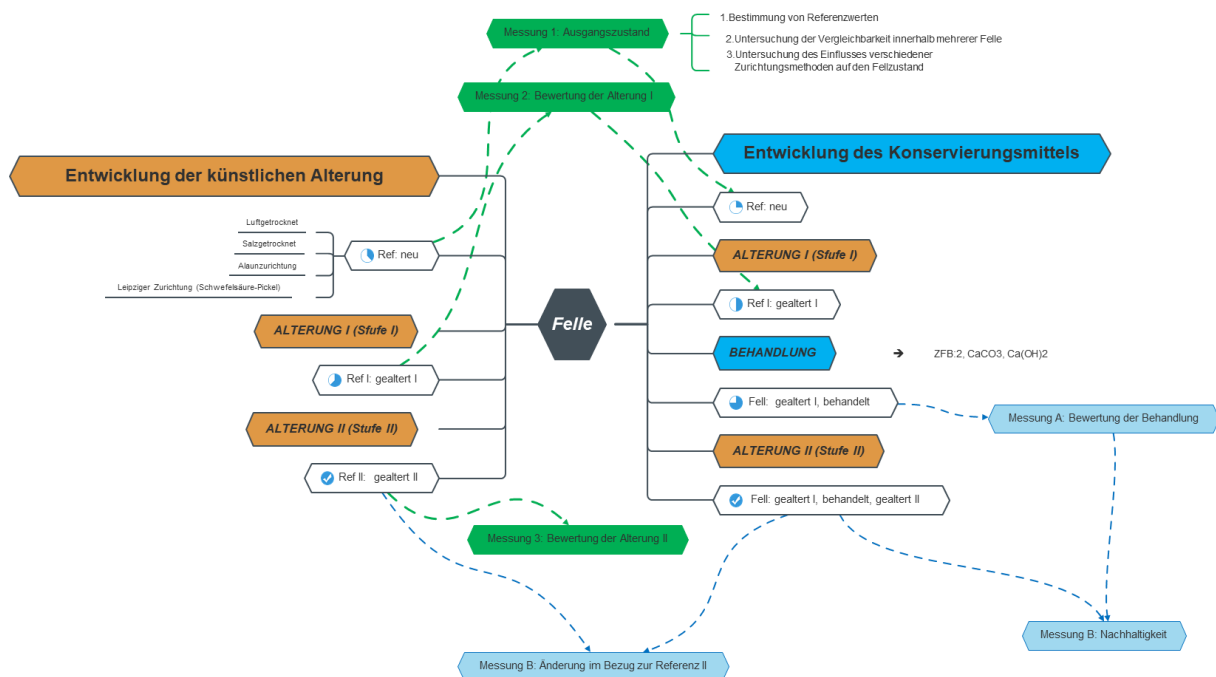


Abbildung 3: Versuchsschema zur Untersuchung der Auswirkungen von künstlicher Alterung und Behandlung auf die konservierten Fuchsfelle (luftgetrocknet, Alaungerbung, Schwefelsäure-Pickel).

Nach Konservierung und mit zunehmender Alterung zeigten sich die erwarteten chemisch/strukturellen Veränderungen in den Versuchsfellen. Die mit Alaun und Schwefelsäure-Pickel konservierten Felle beinhalteten bereits sofort mit der Konservierung große Säuremengen, die sie durch die Versuchsreihen mitführten. Sie wiesen einen sehr geringen pH-Wert sowie eine erhöhte Warmwasserlöslichkeit (WWL) und Kaltwasserlöslichkeit (KWL) auf, während sich das luftgetrocknete Vergleichsfell bei geringer Säuremenge im neutralen Bereich befand und deutlich bessere (d.h. niedrigere) WWL und KWL besaß. Die künstliche Alterung führte bei allen Fellen zu einer Verschlechterung in den gemessenen Parametern, bei den konservierten Fellen (Alaun Gerbung, Leipziger Zurichtung) waren die negativen Veränderungen jedoch weitaus stärker. Die pH-Justierung nach der ersten künstlichen Alterung neutralisierte nicht nur die Säuremenge, sondern verminderte gegenüber der unbehandelten Vergleichsprobe deutlich den weiteren Abbauprozess. Dabei wirkten alle drei Behandlungssuspensionen stabilisierend.

Detaillierte Darstellungen der entwickelten Methoden und der Ergebnisse sind für wissenschaftliche Publikationen vorgesehen.

2.4.4. Arbeitspaket 4: Wissenstransfer

Thema und Projekt wurden während der gesamten Projektlaufzeit für unterschiedlichste Nutzergruppen präsentiert und mit ihnen diskutiert. Sie fanden Eingang in die Aktivitäten der Leibniz Gemeinschaft zum Europäischen Kulturerbejahr 2018. Eine ausführliche Darstellung findet sich im Kapitel 2.6. Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen. Das Projekt wurde in die Wiki Seiten des Museum für Naturkunde eingestellt, eine umfangreiche Literaturliste zum Thema angelegt.

2.5. Diskussion

Die angestrebten Ziele des Projektes wurden erreicht. In AP3 war eine methodische Anpassung im Sinne der Zielerreichung notwendig.

AP 1 Analysenentwicklung:

Ziel: Entwicklung von Analyseverfahren und Methoden zur chemischen und physikalischen Charakterisierung geschädigter Felle und der Identifizierung relevanter schädigender Umwelteinflüsse

Die entwickelten und verwendeten Analysenverfahren ermöglichten eine umfassende und detaillierte chemisch-strukturelle Charakterisierung der untersuchten Felle. Dabei bestätigte sich die Hypothese, dass die Schäden zum überwiegenden Teil auf eine säurebedingte Hydrolyse zurückzuführen sind und der Anteil oxidativer Abbauprozesse im Vergleich dazu deutlich geringer ausfällt.

Als Hauptquelle für die Säuren wurde die Hautkonservierung identifiziert. Mit der Alaun-Gerbung und der Leipziger Zurichtung unter Verwendung von Schwefelsäure-Pickel bestätigten Recherchen und Interviews zwei gängige Konservierungsverfahren, die den massiven Einsatz von Säuren (Schwefelsäure) bei der Konservierung beinhalten.

Die Bandbreite der Ergebnisse ist jedoch enorm. Jedes historische Fell hat durch seine eigene Geschichte eine andere Konstellation. Korrelationen mit Umwelteinflüssen und unterschiedlichen Lagerbedingungen sind zu diesem Stadium der Untersuchungen nicht möglich.

AP2 Screening der Sammlung:

Ziel: Auf Basis der Analyseverfahren Entwicklung und modellhafte Anwendung zerstörungsfreier Mess- und Bewertungsmethoden zur effizienten Einschätzung großer Sammlungsbestände (Profiling) und Ableitung von Best Practice für Lagerung und Umgang

Die entwickelten und testweise angewandten minimal-invasiven Mess- und Bewertungsmethoden können aufwendige Laboranalysen nicht ersetzen. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass bereits einfache Tests, wie handgetestete Reißfestigkeit, Flexibilität, Oberflächen pH-Wert und Durchstichwiderstand, einen raschen Überblick über große Sammlungsbestände und deren Kategorisierung in „generell stabil“ und „geschädigt“ ermöglichen. In der untersuchten Stichprobe liegt der Anteil geschädigter Felle mit 75% im Bereich der Schätzungen aus Vorstudien (80%). Ebenso bestätigte sich die positive Korrelation zwischen Alter und Reißfestigkeit. Die Kombination von Parametern wie pH-Wert und Flexibilität lassen Rückschlüsse auf Präparation und Lagerung zu. Ein sehr geringer pH-Wert deutet dabei auf den Einsatz von Säuren im Präparations- bzw. Konservierungsprozess. Die zerstörungsfreie Methode der XRF-Messungen kann zusätzlich wertvolle Informationen zur Geschichte einzelner Objekte liefern und sollte weiterverfolgt werden.

Die Ergebnisse des gesamten Projektes unterstreichen die zentrale Bedeutung einer lückenlosen, soliden Dokumentation aller Arbeiten an und mit einem Sammlungsobjekt und

den dabei verwendeten Materialien und Substanzen: angefangen von den Fang- und Tötungsbedingungen, über Präparations- und Konservierungsmethoden (einschließlich verwendeter Mittel und Rezepturen) bis hin zu nachfolgenden Behandlungs- und Konservierungsmaßnahmen. In dieser Beziehung stehen die naturwissenschaftlichen Sammlungen im Kontrast zu Kultureinrichtungen. Sammlungsspezifische Richtlinien zur Dokumentation sollten in dringend erstellt und international eingeführt werden.

AP3 Behandlung geschädigter Felle:

Ziel: Auf Basis der Analysen Entwicklung, modellhafte Erprobung und Bewertung von Behandlungsverfahren zur Rettung und nachhaltigen Stabilisierung geschädigter Felle

Die modellhafte Versuchsreihe zur Simulation der realen Situation der historischen Felle in der Sammlung war erfolgreich. Die historischen Zurichtungsmethoden (Alaun Gerbung und Leipziger Zurichtung) sorgen für einen Eintrag großer Säuremengen in die so behandelten Felle. Die Werte der gemessenen Parameter (pH-Wert, Säuremenge, WWL, KWL, DSC) beschreiben im Verlauf des Versuches (vor/nach der künstlichen Alterung) Zustände, wie sie auch bei historischen Fellen zu finden sind. Die Versuche bestätigen die Hypothese, dass bereits die Präparationsmethoden Zerfallsprozesse (säurebedingte Hydrolyse) auslösen. Die Justierung des pH-Wertes durch eine Oberflächenbehandlung war erfolgreich. Der pH-Wert konnte wie gewünscht eingestellt werden. Die Justierung zeigte zudem eine stabilisierende Wirkung und verminderte den weiteren Substanzabbau in Stufe II der künstlichen Alterung. Die eingestellten pH-Werte blieben stabil. Die Behandlung erwies sich damit als nachhaltig. Das Ziel des AP3 (Entwicklung, modellhafte Erprobung und Bewertung von Behandlungsverfahren zur Rettung und nachhaltigen Stabilisierung geschädigter Felle) konnte damit erfolgreich erreicht werden. Die Versuchsergebnisse zeigen jedoch nur erste Trends und Tendenzen und sind nicht statistisch abgesichert. Weitere Untersuchungen und Tests müssen folgen. Die Ergebnisse aus diesem Projekt liefern eine solide Basis dafür. Als weiterführendes Untersuchungsmaterial wurden parallel zu den Versuchsreihen Vergleichsfelle aller Zurichts- und Konservierungsmethoden (Alaun-Gerbung, Leipziger Zurichtung und luftgetrocknete Felle) direkt nach der Konservierung in die Forschungssammlung überführt. In einer Langzeitstudie soll die weitere Entwicklung dieser Felle begleitet und analysiert werden.

Anpassung im Projektplan

Laut Projektantrag war für die Entwicklung der Behandlungsmethoden in AP3 sowohl die Zurichtung, Behandlung, künstliche Alterung und Analyse von frischen Tierfellen als auch eine analoge Behandlung und Betrachtung von Gelatine vorgesehen. An letzterer sollte insbesondere der Denaturierungsgrad mittels chromatografischer Methoden (GPC, SEC) untersucht werden. Zudem sollten durch die parallele Betrachtung von Gelatineproben die Einflüsse der Inhomogenität der Felle sowie die Problematik einer vollständigen Diffusion der Behandlungsmittel in die Felle ausgeklammert und somit besser vergleichbare Versuche ermöglicht werden. Problematisch an dieser Herangehensweise ist jedoch, dass mittels chromatografischer Methoden lediglich die extrahierbaren Bestandteile der Proben analysiert werden können.

Im Rahmen der Analysen zu AP1 erweisen sich andere Methoden als aussagekräftiger. So gibt die Warmwasserlöslichkeit (60°C, 120 min) direkten Aufschluss darüber, welcher Massenanteil einer Fellprobe hydrolysiert oder gelatiniert vorliegt. In Ergänzung dazu kann mittels DSC oder als vereinfachte Methode mittels Heizmikroskop die Schrumpfungstemperatur des Kollagens bestimmt werden, welche ebenfalls Aufschluss über den Denaturierungsgrad der Proben liefert.

Eine weitere Überlegung bestand darin, die an Gelatine geplanten Untersuchungen an Freiburger Hautpulver vorzunehmen. Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit dem Kollagen in der Fell-Matrix ist jedoch eher fraglich, da das Hautpulver im Gegensatz zu den Häuten kein Keratin enthält und zur Konservierung eine leichte Chrom-Gerbung erhalten hat.

Aus diesen Gründen wurde beschlossen, diese Versuchsreihe aus dem Versuchsplan zu nehmen. Die freigewordenen Ressourcen wurden für weitere Analysen in Zusammenarbeit mit dem FILK eingesetzt, um mehr Klarheit über die Auswirkungen der Konservierungsverfahren und Erfolge der Behandlungsmaßnahmen zu erreichen. Diese Anpassung sicherte das Erreichen der Projektziele im zeitlichen wie finanziellen Rahmen.

AP 4 Wissenstransfer:

Ziel: Verfügbarmachung und Weitergabe der Projektergebnisse an eine breite und interdisziplinäre Nutzergemeinschaft

Das Projektziel wurde übertroffen. Durch die Aufnahme des Themas und des Projektes in den Wissenstransfer des Museum für Naturkunde und des Verbundes der Leibniz Forschungsmuseen erfolgte die Verfügbarmachung und Weitergabe der Ergebnisse nicht nur im Rahmen wissenschaftlicher Veranstaltungen, sondern auf vielfältigste Art auch für eine

breite Öffentlichkeit. Thema und Projekt begeisterten Publikum und Presse. Das zeigte einmal mehr, dass die öffentliche Präsentation von bislang eher verborgenen Kernthemen naturwissenschaftlicher Sammlungen und Museen, wie der Sammlungserhalt und der Konservierungsforschung, nicht nur zum Verständnis der Arbeitsweise solcher Institutionen beitragen, sondern auch sehr attraktive Magneten der Wissensvermittlung sein können.

Kooperationspartner, Projektstruktur und Arbeitsweise

Kooperationspartner und Expertengremium waren in Vorarbeiten und Recherchen zum Projekt identifiziert und ausgewählt worden. Die interdisziplinäre Zusammensetzung des Projektteams und die Einbeziehung von nationalen und internationalen Experten aus verwandten Bereichen der Lederforschung, der zoologischen Präparation und von kommerziellen Gerbereien erwiesen sich als Schlüsselfaktor für den Erfolg des Projektes. Die weitgehend reibungslose Umsetzung des Projektes bestätigte die Projektstruktur und den zeitlichen Ablauf. Die leichten, notwendigen Anpassungen schärfen den Fokus und ermöglichten die Zielerreichung in allen vier Arbeitspaketen.

2.6. Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen

Über die gesamte Laufzeit wurde das Projekt proaktiv und prominent dem Fachpublikum und der interessierten Öffentlichkeit präsentiert und mit ihnen diskutiert. Das Projekt hat am Museum für Naturkunde, national und international eine große Strahlkraft entwickelt. Am Museum für Naturkunde war es nicht nur Thema beim wissenschaftlichen Beirat, sondern auch prominentes Beispiel für den wissenschaftlichen Ansatz in der Sammlungsentwicklung am MfN bei der erfolgreichen Evaluierung des Hauses und des Forschungsbereichs durch die Leibniz-Gemeinschaft.

Das Projekt im Europäischen Kulturerbejahr 2018

Besonders hervorzuheben sind die umfangreichen Aktionen und Veranstaltungen im Europäischen Kulturerbejahr 2018. Das Museum für Naturkunde hatte das Projekt als sein Beispiel laufender Forschungsprojekte auf vielfältige Art in die Aktivitäten der Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft eingebracht. Dazu gehören neben den u.g. Vorträgen auch die Broschüre „Bewahren für die Zukunft“ (www.leibniz-gemeinschaft.de/institute-museen/forschungsmuseen/aktionsplan-leibniz-forschungsmuseen/kulturerbejahr) und Themenwochen mit einer Sonderausstellung, Spezialführungen und einer Abendveranstaltung zu den Themen Zerfallsprozesse, langfristiger Erhalt von

Sammlungsmaterial am Beispiel wertvoller Felle und der Einfluss von Umweltfaktoren (<https://www.museumfuernaturkunde.berlin/de/museum/veranstaltungen/date-expert>)

Vorträge, Projektworkshops, Veröffentlichungen

Neben zwei Projektworkshops wurden Thema und Projekt auf nationalen und internationalen Fachtagungen präsentiert und diskutiert und in einem Weiterbildungsworkshop Kolleg*innen anderer Naturkundemuseen vermittelt. Publikationen in Fachzeitschriften und populärwissenschaftlichen Werken befinden sich teilweise im Druck, zum überwiegenden Teil jedoch noch in der Vorbereitung.

Internationaler Expertenworkshop: Brittle and crumble - interdisciplinary workshop about degrading flat study skins from natural history collections and what our chemical analyses expose to light. Freiberg, 2018

Quaisser, C., Bock, S., Anders, M., Trommer, B.: Uncover the invisible: What do we know about deterioration processes in mammal skins and hides? – Vortrag, Preventive Conservation. Leibniz Workshop zum Europäischen Kulturerbejahr, Berlin, 2018

Bock, S.: Study skins and hides in natural history collections - Understanding and protecting fragile specimens. – Session, Basic Collection Techniques, International Training Workshop, Berlin, 2019 (<https://www.museumfuernaturkunde.berlin/de/museum/veranstaltungen/workshop-basic-collection-techniques>)

Bock, S., Quaisser, C., Anders, M., Schuhmann, K., Trommer, B.: The Berlin skin collection is under observation – testing handheld XRF and other cost-efficient methods for profiling a large collection. – Vortrag, 34. Annual Meeting of the Society for Preservation of Natural History Collections, Chicago, 2019

Bock, S., Quaisser, C., Anders, M., Marcula, K., Schuhmann, K., Trommer, B.: Preserving our cultural and natural heritage – the Berlin skin collection is under observation. – Vortrag, 11. Interim-Meeting of the ICOM-CC Leather and Related Materials Working Group, Paris, 2019

Bock, S., Quaisser, C., Anders, M., Schuhmann, K., Trommer, B.: Massenerfall in der Fellsammlung – Methodenentwicklung zur Zustandsbewertung. – Vortrag, Konservierung im Fokus: Praxis und öffentliche Vermittlung. Leibniz Workshop, Berlin, 2019 (<https://www.museumfuernaturkunde.berlin/de/museum/veranstaltungen/workshop-konservierung-im-fokus-praxis-und-oeffentliche-vermittlung>).

Abschluss-Workshop: Methodenentwicklung zur Analyse und Behandlung anthropogen bedingter Zerfallsprozesse am Beispiel von Säugetierfellen. Berlin, 2020

Bock, S., Quaisser, C. (in press): Analyzing Deterioration Processes in Mammal Skins: The Role of Interdisciplinary Cooperation. Extended Abstract. Fur & Skin. Proceedings of the 11th interim meeting of the ICOM-CC leather and Related Materials Working Group.

Bock, S., Quaisser, C. (accepted): Tear and crumble: deterioration processes in skins and hides in mammal collections. Collection Forum

Quaisser, C., Bock, S. (angenommen): Ein Fuchs für alle Felle. – In: Hermannstädter, A., Heumann, I. (Hrsg.): Wissensdinge - Geschichten aus dem Naturkundemuseum. 2. Auflage. Berlin

Öffentlichkeitsarbeit, Presse, Medien

Neben den o.g. Aktivitäten zum Kulturerbejahr fanden Thema und Projekt Eingang in Presse und Medien.

2018:

- Problematik und Projekt wurden am 27. März 2018 im Tagesspiegel beworben (<https://zeitungen.ink/der-tagesspiegel/der-tagesspiegel-27-marz-2018>),
- Ein Interview im Rahmen des Europäischen Kulturerbejahres und dem Thema Erhalt von wertvollem Kulturgut am Beispiel von Säugetierfellen führte Inforadio (<https://www.inforadio.de/programm/schema/sendungen/wissenswertes/201810/30/276330.html>).

2019:

- Im rbb Kultur wurde die Geschichte von Alexander von Humboldt gezeigt und welche aktuellen Forschungsprojekte zum Erhalt dieser wertvollen Objekte einhergehen (https://www.rbb-online.de/rbbkultur/dasmagazin/archiv/20190914_1830.html).
- In der Berliner Morgenpost wurde das Projekt auf der Titelseite beworben (<https://www.morgenpost.de/kultur/article227086953/Die-verborgenen-Schaetze-der-Berliner-Museen.html>).
- Im Rahmen von „Jugend forscht“ wurde interessierten Schüler*innen der 5. und 6. Klassen Fragen rund um den wissenschaftlichen Alltag beantwortet und Einblicke in die wissenschaftlichen Sammlungen gewährt.

2.7. Fazit

Die Ergebnisse des Projektes bestätigen unsere Hypothesen. Die saure Hydrolyse ist Hauptursache für die beobachteten Zerfallsprozesse und Schäden. Das konnte durch chemische und physikalische Analysen von historischen Fellen als auch der Versuchsreihe auf der Basis von frischen Fellen nachgewiesen werden. Auslöser sind mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit die während der Präparation und Gerbung eingebrachten Säuren (vor allem Schwefelsäure). Oxidative Prozesse spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle.

Um eine erste grobe Abschätzung der Schäden in großen Sammlungen vornehmen zu können, bieten handgetestete Reißfestigkeit, Flexibilität, Oberflächen pH-Wert und Durchstichwiderstand eine gute Basis.

Umwelteinflüsse (Umweltschadstoffe, ungünstige klimatische und Lagerbedingungen) können alle Abbauprozesse katalysieren. Die Analysen historischer Felle lassen dahingehend jedoch keine Rückschlüsse zu. Sie zeigen eine große Variabilität der Messwerte, die auf die individuelle Objekthistorie zurückzuführen ist. Diese ist jedoch nicht dokumentiert. Um hier detailliertere Aussagen treffen zu können, sind vertiefte Recherchen zu den individuellen Vergangenheiten inklusive Behandlungen notwendig. Neben Archivrecherchen könnten XRF-Untersuchungen hier weitere Aufschlüsse liefern. Weitere, spezifische Versuchsreihen können helfen die Wirkung einzelner Parameter abzuschätzen.

Die eingesetzten modelhaften Behandlungsverfahren zeigten Wirkung. Der weitere Substanzabbau wurde durch die pH-Justierung verlangsamt, der pH-Wert blieb bei erneuter künstlicher Alterung stabil. Die Methode bietet einen guten Ansatz für die Entwicklung eines Behandlungsverfahren zur Rettung und nachhaltigen Stabilisierung geschädigter Felle.

Thema und Projekt fanden eine breite Resonanz, sowohl im Fachpublikum als auch in der breiten Öffentlichkeit. Die Anwendung der Projektergebnisse und entwickelten Methoden sind nicht auf Felle begrenzt, sondern stehen Modell für vergleichbare Sammlungen. Die Veröffentlichung der Ergebnisse läuft.

Die Projektziele wurden vollständig erreicht. Projektansatz und die Fokussierung im Projektverlauf haben sich bewährt. Expertise und Zusammenarbeit der beteiligten Partner und Experten passten sehr gut zu den gestellten Herausforderungen. Der interdisziplinäre Ansatz war der Schlüssel zum Erfolg. Weiterführende Forschungsprojekte in interdisziplinärer Expertise und Kooperation und Einbeziehung weiterer Sammlungen sind geplant.

Aus dem Projekt ergeben sich konkrete Themen für Folgeschritte und zukünftige Arbeiten:

1. Entwicklung einer nachhaltigen Konservierungsmethode für Felle

Die langfristige Sicherung von zukünftigem Sammlungsmaterial beginnt in der Präparation. Angestrebt werden sollten säurearme bzw. säurefreie Verfahren. Dabei ist der Erhalt der genetischen und chemischen Information essentiell, weiterer Materialeigenschaften, wie die Handhabbarkeit durch Präparatoren und Nutzer und Lagerfähigkeit sehr wichtig.

2. Entwicklung von intelligenten Verpackungs- und Lagersystemen

Die Frage nach einer optimalen Lagerung vor allem großer Sammlungsbestände ist weiterhin offen. Ziel ist die Entwicklung einer Verpackungs- und Lagertechnik, die Abbau- und Alterungsprozesse reduziert, vor allem vor dem Hintergrund der sich wandelnden Klimabedingungen, und zugleich den materialbezogenen Anforderungen der Objekte gerecht wird, Schutz bietet und eine gute Zugänglichkeit bei der Nutzung gewährleistet.

3. Entwicklung von Standards der Dokumentation

Kenngößen und Behandlungen, die Einfluss auf Alterungsprozesse haben, sollten die Erfassung der Grunddaten zum Objekt ergänzen. Alltagstaugliche Standards sind zu entwickeln und international einzuführen und umzusetzen. Standards und Richtlinien in kulturhistorischen Sammlungen können dabei als Grundlage dienen.

4. Weiterentwicklung zerstörungsfreier Prüfmethode

Gerade vor dem Hintergrund einer fehlenden bzw. lückenhaften Dokumentation historischer Sammlungsobjekte ist die Weiterentwicklung zerstörungsfreier Prüfmethode zur Zustandsanalyse wichtig. Die XRF-Methode bietet dafür eine gute Ausgangsbasis. Durch neue Methoden, wie NIR-Spektroskopische Methoden gekoppelt mit Chemometrik, werden sich neue Möglichkeiten eröffnen.

5. Weiterentwicklung einer Behandlungsmethode zur Stabilisierung geschädigter Felle

Der Ansatz der pH-Justierung erwies sich als erfolgreich. Modellhaft wurde er an ausgewählten Fellen im Projekt angewendet. Im nächsten Schritt geht es um eine Absicherung und Überprüfung der Methode an verschiedenen Felldtypen und Objekthistorien. Auszuschließen sind dabei Gefahren und Nebenwirkungen z.B. durch das eingesetzte Dispersionsmittel (Isopropanol), auf die chemischen und molekulargenetischen Objekteigenschaften.