

Sensibler Umgang mit archäologischem Kunststoff

Bodenfunde der NS-Zeit aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim: Klärung der Schadensbilder und Evaluierung von Aufbewahrungsmaterialien

Aleksandra Kotuła

Diplomarbeit

Studienrichtung Konservierung und Restaurierung

an der Universität für angewandte Kunst Wien

bei Univ.-Prof. Dr.phil. Mag.art. Martina Griesser-Stermscheg

Wien, 19. Januar 2026

Abstract

Sensibler Umgang mit archäologischem Kunststoff

Bodenfunde der NS-Zeit aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim: Klärung der Schadensbilder und Evaluierung von Aufbewahrungsmaterialien

Im Zuge der archäologischen Ausgrabungen beim Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim, Oberösterreich, wurden in den Jahren 2001 und 2002 über 8.000 Bodenfunde geborgen, darunter zahlreiche Kunststoffobjekte aus dem ehemaligen Besitz von Opfern der NS-Verbrechen (1940-1944). Die Kunststoff-Bodenfunde, die größtenteils aus Cellulosenitrat (CN) bestehen, werden seit vielen Jahren in Polyethylen (PE)-Beuteln aufbewahrt.

Die Klärung der Schadensursachen macht deutlich, dass im Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden Wissenslücken bestehen und nur wenige Handlungsempfehlungen verfügbar sind. Eine Testreihe wird das Schadenspotential der Lagerung von CN in PE-Beuteln untersuchen und mit dem von alternativen Aufbewahrungssystemen vergleichen. Sachgerechte Umgangsstrategien werden entwickelt und in Form eines praxisorientierten Handouts zusammengefasst.

Schlagwörter: Cellulosenitrat, Safe Handling, PE-Beutel, Tyvek, Grabung, Lagerung, Handout

Cautious Handling of Archaeological Plastics

Excavated Plastics from the National Socialism Period at the Memorial Site Hartheim Castle: Analysis of the Degradation Causes and Evaluation of Storage Materials

During the archaeological excavations at the Memorial Site Hartheim Castle, Upper Austria, in 2001 and 2002 over 8,000 artifacts were recovered, including many plastics that once belonged to victims of the Nazi euthanasia and extermination facility at Hartheim (1940-1944). A significant part of the plastics collection, consisting of cellulose nitrate (CN), has been stored for many years in polyethylene (PE)-bags.

Clarifying the causes of damage shows that there are significant gaps in knowledge regarding the handling of archaeological plastics and that only a few practical guidelines are available. A series of tests examines the damage potential of storing CN in PE-bags and compare it with that of alternative storage systems. Appropriate handling strategies will be developed and compiled in the form of a practical handout.

Keywords: cellulose nitrate, safe handling, PE-bags, Tyvek, excavation, storage, handout

Danksagung

Betreuung

Univ.-Prof. Dr.phil. Mag.art. Martina Griesser-Stermscheg

Univ.-Ass. Dr.phil. Mag.art. Eva Lenhart

Sen.Lect. Dr.rer.nat. Marta Anghelone

Sen.Lect. Dr.rer.nat. Chaehoon Lee

Sen.Lect. Dr.rer.nat. Farkas Pintér

Univ.-Ass. Christoph Schießmann BA

Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien

Auftraggeberin

Mag.art. Susanne Feurer -Heimel

OÖ Landes-Kultur GmbH

Weiterer Dank gilt

Mag. Peter Eigelsberger

Mag. Simone Loistl

Mag. Florian Schanninger

Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim

Univ.-Prof. Dr.phil. Friederike Waentig

Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft, Technische Hochschule Köln

Univ.-Prof. Dr.phil. Claudia Theune

Studierenden, die an den *NS-Euthanasieanstalt Hartheim* - Bachelorseminaren beteiligt waren

Institut für Urgeschichte und Historische Archäologie, Universität Wien

Amtsrat Ing. Gerhard Emsenhuber

Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, Universität für Bodenkultur

Persönliche Danksagung

Vielen Dank an meine Familie, KommilitonInnen und Freunde sowie die universitären MitarbeiterInnen, die mich auf vielfältige Weise unterstützt haben, von klärenden Gesprächen über emotionalen Support, gutem Essen bis hin zu wichtigen Ablenkungen. Danke, dass ihr mich nicht nur unterstützt, sondern auch bestens unterhalten habt. Dziękuję wam!

Ich möchte mich persönlich bei Sophia Wurzer und Valentina Stoits bedanken, die mein Handout *Umgang mit archäologischen Kunststoffen* praktisch erprobt und damit wesentlich zu dessen Weiterentwicklung beigetragen haben.

Großer Dank gilt auch Paul Feistel, der meine Arbeit korrigiert hat.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1. Steigendes Interesse: Konservierung von Kunststoffen	3
2. Herausforderungen bei der Lagerung von Kunststoffen	4
3. Bergung und Lagerung im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim	8
3.1. Identifikation der Kunststoffe und Suche nach Schadensursachen	16
3.1.1. Identifikation und Beschreibung der vertretenen Kunststoffe.....	17
3.1.2. Deduktive Ermittlung der Schadensursachen	23
3.2. Präventive Konservierung im Einsatz: Mögliche Lagerungsoptimierungen.....	27
4. Sensibler Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden	31
4.1. Kunststoffe bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts.....	32
4.1.1. Literaturempfehlung und Online-Sammlungen als visuelle Hilfsmittel	33
4.1.2. Aufbau und Einteilung von Kunststoffen.....	34
4.1.3. Kunststoffe als Imitationsstoffe	34
4.1.4. Kunststoffe als Ersatzstoffe.....	36
4.2. Unterscheidung der Kunststoffe von anderen Materialien	38
4.3. Safe Handling von archäologischen Kunststoffen + Handout	39
5. Messung des Schadenspotentials der PE-Beutel und Suche nach Alternativen	46
5.1. Methodisches Vorgehen	46
5.1.1. Degradation von Cellulosenitrat	46
5.1.2. Probekörper und ihre Vorbereitung	49
5.1.3. Auswahl der Materialien und Aufbewahrungssysteme	50
5.1.4. Bewitterung und Lagerung der Probekörper	51
5.1.5. Wahl der Untersuchungsmethoden.....	52
5.2. Ergebnisse der Testreihe	55
5.3. Fazit der Testreihe	61
Conclusio	63
Literaturverzeichnis.....	65
Abbildungsverzeichnis.....	71
Tabellenverzeichnis.....	73
Anhang I Übersicht der 39 Objekte aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim.	74
Anhang II Produktdatenblätter.....	114

Einleitung

Als im Jahr 2001 im Garten des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim archäologische Grabungen durchgeführt wurden, traten rund 8.000 Bodenfunde zutage. Die Bergung umfasst überwiegend persönliche Gegenstände von Menschen, die zwischen 1941 und 1944 Opfer der nationalsozialistischen Verbrechen im Schloss Hartheim wurden. Ein Teil dieser Funde besteht aus Kunststoff und befand sich zum Zeitpunkt der Bergung noch in einem vergleichsweise stabilen Zustand. Im Laufe der Depotlagerung zeigte sich jedoch, dass viele der Kunststoffobjekte zunehmend degradierten.

Diese Entwicklung wirft grundlegende Fragen auf: Welche Faktoren haben den Degradationsprozess beschleunigt? Welche Rolle spielt die gewählte Verpackung? Und vor allem, wie können diese materiellen Zeugnisse der Geschichte langfristig erhalten bleiben?

Im Verlauf der Recherche wurde deutlich, dass zu Kunststoff-Bodenfunden bislang kaum systematische, wissenschaftliche Grundlagen vorliegen. Während sich die aktuelle Forschung weitgehend mit ökologischen Auswirkungen von Kunststoffen beschäftigt, ist weitgehend ungeklärt, wie sich der Boden auf die Kunststoffe auswirkt und welche Veränderungen im Material auftreten können.

Seit den 1990er-Jahren hat sich im Bereich der Konservierung und Restaurierung ein umfangreiches Forschungsfeld etabliert. Die Arbeiten von Yvonne Shashoua, Thea B. van Oosten, Friederike Waentig und weiteren AutorInnen schafften mit ihren wertvollen Erkenntnissen zu Alterungsprozessen, Degradationsursachen und geeigneten konservatorischen Maßnahmen ohne Zweifel eine wichtige Basis. Dieses Wissen bildet einen wesentlichen Grundbaustein für Kunststoff-Bodenfunde. Dennoch ist bislang unklar, inwiefern sich archäologische von nicht-archäologischen Kunststoffen unterscheiden.

Dass archäologische Kunststoffobjekte eine zukünftige konservatorische Herausforderung darstellen und an Bedeutung gewinnen werden, wurde bereits in den frühesten dokumentierten Auseinandersetzungen im Jahr 2017 im Rahmen der Tagung *FUTURE TALKS* (Brandt und Albert 2017) und im Jahr 2019 im Zuge der Tagung *Präventiv?! Die Präventive Konservierung im archäologischen Fachbereich* (Donner 2019) thematisiert. Seither sind einzelne Beiträge erschienen, die sich mit der Dokumentation von Kunststoff-Bodenfunden befassen wie *Plastic Artefacts from Archaeological Investigations Carried out at the Auschwitz-Birkenau Camp Complex in 2015-2022* (Tabaszewski und Peschel 2023). Trotz dieser Entwicklungen ist das Forschungsfeld zum Umgang mit archäologischen Kunststoffen lückenhaft und eine systematische Untersuchung zum sicheren Handling und zur Erstversorgung weiterhin selten. Ein zunehmendes Interesse lässt sich jedoch in den letzten Jahren erkennen, unter anderem mit Veröffentlichungen wie *The Routledge Handbook of Archaeology and Plastics* (Godin u. a. 2024), das sich mit der Relation zwischen Archäologie und Kunststoff auseinandersetzt. Im September 2024 veröffentlichte das Bundesdenkmalamt

den Standard *Konservatorische Behandlung von archäologischen Funden*, in dem Kunststoff-Bodenfunde erstmals thematisiert werden (Hebert u. a. 2025). Beide Publikationen weisen ausdrücklich auf die Unvollständigkeit der vorliegenden Informationen hin und betonen, dass diese als Ausgangspunkt für weiterführende Forschung dienen sollen.

Mit diesem Wissen und den erkennbaren Forschungslücken ergaben sich zwei Schwerpunkte in der vorliegenden Arbeit.

Die Arbeit untersucht wie der praktische Umgang mit archäologischen Kunststoffen in Gedenkstätten und im archäologischen Arbeitsalltag tatsächlich ist. Die Auseinandersetzung mit der Objektgeschichte der Kunststoff-Bodenfunde des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim und Gespräche mit Fachpersonen sollen dabei helfen, besser zu verstehen, welche Herausforderungen und Unsicherheiten es beim Umgang mit diesem Material gibt.

Mehr als die Hälfte der Kunststoffobjekte, die in dieser Arbeit untersucht wurden, bestehen aus Cellulosenitrat und wurden seit Jahren unbeaufsichtigt in PE-Beuteln gelagert. Die Verwendung von PE-Beuteln wird in dieser Arbeit kritisch hinterfragt. Trotz ihrer praktischen und weit verbreiteten Anwendung in der Archäologie können dichte PE-Beutel bei empfindlichen Kunststoffen wie Cellulosenitrat erhebliche Schäden verursachen. Um das Schadenspotential dieser Lagerungsmethode zu definieren und mögliche Alternativen zu identifizieren, wurde eine Testreihe mit Cellulosenitrat-Proben durchgeführt.

Die inhaltliche Ausrichtung der Arbeit wurde vor allem durch konservatorische Standardwerke geprägt, darunter *Caring for Plastics in Collections* (Coughlin 2025), *Properties of Plastics: A Guide for Conservators* (Oosten u. a. 2022) und *Kunststoffe in der Kunst: eine Studie unter konservatorischen Gesichtspunkten* (Waentig 2004). Eine zentrale Rolle bei der Konzeption der Testreihe spielte das Forschungsprojekt *Kaltlagerung von musealen, anthropogenen Objekten auf der Basis von Cellulosenitrat* (Elsässer u. a. 2022).

1. Steigendes Interesse: Konservierung von Kunststoffen

Die Alterung von Kunststoffen kann äußerst unterschiedlich verlaufen und hängt von vielen Faktoren ab. Während manche Polymere vergleichsweise hohe Stabilität aufweisen, altern andere, insbesondere Celluloseester, Polyurethane (PUR) sowie weichmacherhaltige Polyvinylchloride (PVC-P), in kurzer Zeit und zeigen Schadensbilder wie Verfärbungen, Risse, Versprödung, Deformationen oder unangenehme Gerüche. Dennoch muss die Langlebigkeit der stabilen Polymere ebenfalls weiterhin grundsätzlich hinterfragt werden, da viele Kunststofftypen noch nicht lange genug existieren, um ihre langfristige Beständigkeit beurteilen zu können (Madden und Learner 2014, 5).

Kunststoffe bilden in all ihren unterschiedlichen Ausformungen eine schnell wachsende Materialgruppe, deren Nachfrage im letzten Jahrhundert, aber vor allem in den vergangenen Jahrzehnten, kontinuierlich zugenommen hat (Madden und Learner 2014, 6-7). Der hohe Bedarf lässt sich auch an der weltweiten Kunststoffproduktion ablesen, die seit den 1950er-Jahren von 500.000 Tonnen auf 366.9 Millionen Tonnen im Jahr 2020 gestiegen ist (Fath 2019, 8; Dokl u. a. 2024, 510).

Die Vielfältigkeit und die schnelle Entwicklung von Kunststoffen stellen eine Herausforderung dar, da es an langfristigen Erfahrungs- und Forschungsdaten mangelt. Es gibt Hunderte von Kunststofftypen, die vielfältig modifiziert werden können. Zahlreiche Zusatzmittel können hinzugefügt werden, um die Eigenschaften wie Flexibilität, Farbe oder Textur zu verändern. Diese beeinflussen nicht nur die Materialeigenschaften, sondern auch die Stabilität des Endprodukts. Kunststoff-Herstellungsfirmen können Zusatzmittel beliebig durch andere ersetzen, ohne den Handelsnamen des Endproduktes zu ändern. Dies kann zu abweichenden Alterungserscheinungen führen und erschwert die Forschung, weil die Eigenschaften hier vorgeblich gleicher Produkte nicht eindeutig vergleichbar sind. Deshalb ist auch eine kontinuierliche Beobachtung sowohl stabiler als auch instabiler Kunststoffobjekte erforderlich (Madden und Learner 2014, 5-6).

Die Auseinandersetzung mit der Konservierung von Kunststoffen begann ab den 1960er-Jahren, als erste Artikel veröffentlicht wurden, die sich mit der Konservierung von modernen Materialien und deren Degradation befassten. In den 1990er-Jahren wurde die Notwendigkeit von Forschung und Ausbildung im Bereich der Konservierung und Restaurierung von Kunststoffen mit Konferenzen wie *Saving the Twentieth Century* (1993) und *Modern Art: Who Cares?* (1999) vorangetrieben (Van Oosten u. a. 2022, 11). Seit Anfang der 2000er-Jahre konnten durch internationale Kolloquien und Kongresse bedeutende Fortschritte bei der Identifizierung, Erhaltung und Konservierung von Kunststoffen gemacht werden. Mehrere Universitäten erweiterten seit Ende der 1990er-Jahre ihre Spezialisierungen, um moderne und zeitgenössische Kunst mehr einzubeziehen. Dies ermöglichte gezielte Forschungsprojekte, um bestehende Wissenslücken zu schließen (Cannon u. a. 2023, 25; Van Oosten u. a. 2022,

12). In den 2000er-Jahren wurden auch Standardwerke für die Kunststoff-Konservierung publiziert, wie etwa *Conservation of Plastics: Material science, degradation and preservation* (Shashoua 2008) und *Kunststoffe in der Kunst: eine Studie unter konservatorischen Gesichtspunkten* (Waentig 2004).

Das in den letzten Jahrzehnten gewonnene theoretische Wissen bildete eine Grundlage für neue praxisorientierte Studien sowie für Fortbildungsworkshops wie *Conservation of Plastics in Museum Collections* (Getty Conservation Institute 2013) und *Conservation of Plastics* (Canadian Conservation Institute 2018) (Van Oosten u. a. 2022, 12). Bis heute ist die Forschung zur präventiven Konservierung ein wesentlicher Bestandteil der Erhaltung von Kunststoff-Kulturgut. Der Fokus liegt dabei auf der Langzeitlagerung (Brzezinski 2023, 4).

2. Herausforderungen bei der Lagerung von Kunststoffen

Kunststoffe sind grundsätzlich instabile Materialien. Bei der Planung der Lagerung von Kunststoffen und ihrem Monitoring ist ihre vorherige Identifikation maßgeblich (Costello u. a. 2023, 47; Hendrickx, Van Der Velde, und Kockelkoren 2023, 16). Bei der Forschung zur präventiven Konservierung stehen oft Celluloseester, PUR sowie PVC-P aufgrund ihrer Instabilität im Vordergrund und werden am häufigsten untersucht und dokumentiert. Das regelmäßige Monitoring ist bei ihnen besonders wichtig, da sich ihr Zustand oft in wenigen Monaten drastisch verändern kann. Die Degradation kann nicht nur dem Objekt selbst schaden, sondern auch den Objekten, die sich in dessen unmittelbarer Umgebung befinden. Kunststofftypen wie Celluloseester emittieren während ihres Degradationsprozesses saure Gase, die die Alterung anderer Materialien fördern und auch Metalle korrodieren können. Im September 2023 veröffentlichte die Bizot Group ein Update des *Bizot Green Protocol*, welches sich mit nachhaltigen Maßnahmen im Museumsbereich befasst. Die darin enthaltenen neuen Empfehlungen für die klimatischen Rahmenbedingungen, insbesondere für Objektarten mit hygroskopischen Materialien werden ausdrücklich vom American Institute for Conservation (AIC) unterstützt. Die empfohlenen Klimawerte lauten:

- Relative Luftfeuchtigkeit (RH): 40-60 %
- Temperatur: 16-25 °C
- Tägliche Schwankungen: maximal ± 10 %

Für besonders empfindliche Materialien wird weiterhin eine präzise Kontrolle der Umgebungsbedingungen empfohlen (American Institute for Conservation 2024; Bizot Group 2023). Ein Vergleich der am häufigsten verwendeten Kunststofftypen und ihrer Hauptdegradationsfaktoren zeigt, dass die meisten Kunststoffe empfindlich auf Licht, UV-Strahlung und Sauerstoff reagieren, gefolgt von schwankender RH und Temperatur (Van Oosten u. a. 2022, 169-283). Während allgemeine Klimaempfehlungen wie die des *Bizot*

Green Protocol für viele Materialien geeignet sind, erfordern Kunststoffe aufgrund ihrer Vielfalt spezifischere Strategien.

Mit jeder Erhöhung der Temperatur um 7,8 °C verdoppelt sich die Reaktionsgeschwindigkeit, weshalb eine Temperatursenkung ein wirksames Mittel ist, um den chemischen Zerfall bei Kunststoffen zu hemmen. Manche Kunststofftypen sind selbst bei Raumtemperatur anfällig für thermische Oxidation. Daher kann die Empfehlung des Museum of Design in Plastics, synthetische Textilien unter 20 °C zu lagern, auch ein allgemeiner Richtwert für die Aufbewahrung anderer Kunststofftypen dienen (Coughlin 2025, 74-75).

Hydrolyseempfindliche Kunststoffe stellen eine besondere Herausforderung dar: Während des Abbaus kann der Kunststoff Risse entwickeln, sich verformen oder brechen. Um den Zerfall in ihre jeweiligen Monomere zu verhindern, sollte eine RH von 50 % nicht überschritten und möglichst stabil gehalten werden. Bei einigen Kunststoffen kann jedoch auch eine zu niedrige RH Schäden verursachen. Schwankungen der RH führen durch das wiederholte Aufnehmen und Abgeben von Wasser zu inneren Spannungen, die wiederum Rissbildung und Verformung begünstigen (Coughlin 2025, 80). So sollte beispielsweise Polyester (PET) in einer niedrigen RH gelagert werden, um die Degradation aufgrund der Hydrolyse zu minimieren, während Casein-Formaldehyd (CSF) eher in einer höheren RH aufbewahrt werden sollte, um Trockenrisse zu vermeiden (Shashoua 2014, 13).

Unter konservatorischen und nachhaltigkeitsorientierten Gesichtspunkten ist daher empfehlenswert, innerhalb der allgemeinen Museumsstandards einen möglichst konstanten RH-Wert zu wählen, der sich langfristig zuverlässig einhalten lässt (Coughlin 2025, 80).

Was kann passieren, wenn Kunststoffe unter den für andere Objekte üblichen musealen Klimabedingungen, wie im *Bizot Green Protocol* erklärt, gelagert werden? Während des Fortbildungsworkshops *Plastification: the Plastics Identification Tool* (Van Aubel u. a. 2023) wurde die Aufbewahrungskiste der Kunststoff-Vase, *Zachte vaas 'Urn'* (1993) von Hella Jongerius geöffnet. In der Kiste waren statt einer Vase nur noch Bruchstücke zu sehen. Laut des Museumspersonals in Utrecht war die Vase ein Jahr zuvor noch in einem guten Zustand gewesen, weshalb nicht abzusehen war, die Vase in diesem fortgeschrittenen Stadium der Degradation vorzufinden (Abb. 1).

Es stellte sich heraus, dass der Künstler bei der Prototyp-Vase PUR von Smooth-On® verwendete. Da PUR-Ester selbst bei normalen Museumsbedingungen stark degradieren können, zeigt dieser Fall exemplarisch, wie

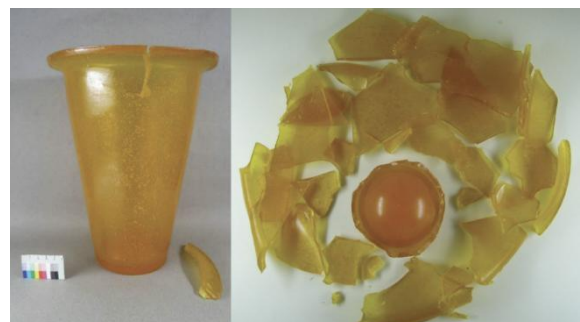


Abb. 1: Zachte vaas 'Urn' von Hella Jongerius, links: Zustand vor einem Jahr, rechts: Zerfall nach der Lagerung

entscheidend die Identifikation der Kunststofftypen ist, um geeignete Lagerungsstrategien wählen zu können (Van Aubel u. a. 2023, 9-10).

Das Canadian Conservation Institute empfiehlt für die Erhaltung von gemischten Kunststoff-Sammlungen nach der Identifikation der Kunststoffe eine Entfernung der schädlichen Kunststoffe sowie die Überprüfung der unbeschädigten Kunststoffe auf saure Emissionen. Da es keine offiziellen, einheitlichen Klimaempfehlungen für alle Kunststofftypen gibt, sind solche Maßnahmen besonders wichtig (Urbanova u. a. 2024, 904-905; Shashoua 2008, 177).

Für die Langzeitlagerung der Kunststoffe achten die meisten Institutionen darauf, dass eine niedrige Temperatur, eine niedrige, kontante RH und ein niedriger Sauerstoffgehalt eingehalten werden. Lichteinwirkungen werden nur zwischen 50 und 100 lux empfohlen. UV-Strahlung sollte aber grundsätzlich vermieden werden (Shashoua 2014, 13; Waentig 2004, 170).

Eine wirksame Anpassung der Lagerungsbedingungen ist nur durch kontinuierliche Überwachung möglich, um gezielt Risikominderungsmaßnahmen umzusetzen (Coughlin 2025, 91). In diesem Zusammenhang werden zur Optimierung der Lagerungsbedingungen für einzelne Kunststoffobjekte häufig Ad- und Absorber eingesetzt (Waentig 2004, 170). Zu den am häufigsten verwendeten Materialien für Klimaoptimierungen zählen Aktivkohle, Zeolithe, Kieselgele und Sauerstoffabsorber. Aktivkohle und Zeolithe sind Adsorptionsmittel, an deren Oberfläche Schadstoffe sowie Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft haften bleiben (Urbanova u. a. 2024, 905; Mortimer 2015, 263). Für die Senkung der RH werden Kieselgele wie Art-SorbTM verwendet. Viele Kunststofftypen wie PUR und PVC-P, die anfälliger auf Oxidation sind, werden mit Sauerstoffabsorbern wie AgelessTM oder AtcoTM luftdicht gelagert (Urbanova u. a. 2024, 905).

Neben der allgemeinen Lagerung von Kunststoffen stellen Objekte aus verschiedenen Kunststofftypen eine weitere Herausforderung dar, mit der sich KonservatorInnen auseinandersetzen müssen. Die verschiedenen Arten verlangen oftmals unterschiedliche und teils widersprüchliche Anforderungen, was eine einheitliche und zugleich materialgerechte Klimaführung erschwert. Mit diesem Ansatz hat das *Plastics Identification Tool* vier mögliche Strategien aufgelistet, die sich dem Problem stellen (Coughlin 2025, 91).

1. Kompromiss: Ein Kompromiss zwischen den Lagerungsempfehlungen wird gewählt.
2. Überleben des Schwächsten: Die Empfehlung orientiert sich am empfindlichsten Material.
3. Mehrheitsprinzip: Das am häufigsten vorkommende Material bestimmt die Bedingungen.
4. Wertbasierter Ansatz: Das charakterprägende Material des Objekts, das maßgeblich für Erscheinungsbild oder Wert des Objekts verantwortlich ist, setzt die Lagerungsbedingungen fest.

Ein allgemeingültiger Standardansatz für eine optimale Lagerung bei gemischten Objekten und Sammlungen lässt sich also nicht festlegen. Diese Problematik unterstreicht die Bedeutung einer präzisen Identifizierung der vorhandenen Kunststoffe, um ihre Anforderungen und Empfindlichkeiten zu ermitteln. In den Entscheidungsprozess fließt zudem der Sammlungskontext des Instituts ein, da dieser ausschlaggebend die Priorität und somit den konservatorischen Eingriff beeinflusst (Coughlin 2025, 91).

Die sachgemäße Lagerung und das kontinuierliche Monitoring stellen selbst für Museen mit eigenen Restaurierwerkstätten eine spürbare Belastung dar. Für Gedenkstätten aus der NS-Zeit, deren Kernaufgabe nicht das Sammeln, sondern das Erinnern an und Dokumentieren von NS-Verbrechen, sowie die Bereitstellung eines Raums für Trauer ist, verschärft sich diese Herausforderung noch mehr (Knoch 2018).

Wie bei anderen Gedenkstätten liegen die Schwerpunkte des Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim auf der historischen Aufarbeitung und der pädagogischen Unterstützung der BesucherInnen.

Für die später hinzugekommene archäologische Sammlung am Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim wurden von Beginn an trotz eingeschränkter Mittel Maßnahmen ergriffen, um eine entsprechende Lagerung der Objekte sicherzustellen. Ohne frühzeitige konservatorische Begleitung und spezielle Expertise zu Kunststoff-Bodenfunden kam es jedoch an Teilen des Bestands zu Degradationsprozessen.

Die Ausgangslage der Bodenfunde aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim wurde zusätzlich durch Eigentumsverhältnisse sowie rechtliche und organisatorische Rahmenbedingungen geprägt. Zum Zeitpunkt der Ausgrabung war die Gesellschaft für Soziale Initiative (GSI) Eigentümer der Liegenschaft. Das Land Oberösterreich finanzierte die Ausgrabung und wurde damit als „Finder“ anerkannt. Daraus ergab sich ein geteiltes Eigentumsrecht zwischen der GSI und dem Land Oberösterreich. Die früh geplante Übernahme durch das Land Oberösterreich führte dazu, dass bereits im Jahr 2016 erste Lagerungsverbesserungen von der OÖ Landes-Kultur GmbH¹ konzipiert wurden. Seit 2022 gibt es eine enge Zusammenarbeit mit der Universität Wien. Noch vor der offiziellen Übernahme der Sammlung im Jahr 2023 begann, insbesondere dank des kontinuierlichen Engagements von Univ.-Prof. Dr.phil. Claudia Theune, Leiterin des Instituts für Urgeschichte und Historische Archäologie der Universität Wien, die schrittweise Erfassung, Inventarisierung, wissenschaftliche Bearbeitung und sachgerechte konservatorische Unterbringung der Funde (Heike Rührig, E-Mail an die Autorin, 29. August 2025).

Der Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim verfügt über begrenzte Mittel. Der Betrieb wird vor allem durch Landesförderungen sowie die Stiftung Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim

¹ Die OÖ Landes-Kultur GmbH ist ab dem 1. April 2020 Rechtsnachfolgerin des OÖ Landesmuseums

finanziert. Es stehen daher nur begrenzte Eigenmittel zur Verfügung, sodass sich die Betreuung der archäologischen Sammlung wesentlich auf externe Kooperationen und das Engagement der beteiligten Personen stützt. Als ortsgebundene Einrichtungen arbeiten Gedenkstätten häufig in historischen Gebäuden, deren oftmals denkmalgeschützte und begrenzte Flächen die Umsetzung konservatorischer Anforderungen auch nur eingeschränkt zulassen.

Der Fall des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim verweist auf ein strukturelles Problem, das sich auch bei anderen Gedenkstätten wie Mauthausen widerspiegelt (Yvonne Burger, Gespräch mit der Autorin im Depot der KZ-Gedenkstätte Mauthausen, 06. Februar 2025): Mit jeder neuen Grabung wächst der Bestand archäologischer Kunststoffobjekte. Gleichzeitig setzt sich bei den bereits geborgenen Kunststoff-Bodenfunden der Degradationsprozess fort, während die dafür notwendige, konservatorische Expertise nur begrenzt zur Verfügung steht. Die frühesten dokumentierten Auseinandersetzungen mit Kunststoff-Bodenfunden fand im Jahr 2017 im Rahmen der Tagung *FUTURE TALKS* und 2019 im Rahmen der Tagung *Präventiv?! Die Präventive Konservierung im archäologischen Fachbereich* statt. Da wurde bereits anerkannt, dass die zunehmende Menge an Kunststoff-Bodenfunden eine zukünftige konservatorische Herausforderung darstellt und an Bedeutung gewinnen wird (Brandt und Albert 2017; Donner 2019). Um Forschungen an archäologischen Kunststoffobjekten, wie etwa im Beitrag *Plastic Artefacts from Archaeological Investigations Carried out at the Auschwitz-Birkenau Camp Complex in 2015-2022* (Tabaszewski und Peschel 2023), auch in Zukunft zu ermöglichen, ist es daher besonders wichtig, geeignete Strategien für den Umgang und die Erhaltung dieser Objekte zu entwickeln. Erforderlich sind praxistaugliche, finanzierbare Lösungen von standardisierten Monitorings, gezielten Schulungen und Workshops sowie weitere Forschung in diesem Bereich.

3. Bergung und Lagerung im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim

Schloss Hartheim, das im 17. Jahrhundert erbaut wurde, war von 1893 bis 1939 eine Einrichtung, in der Menschen mit körperlichen und geistigen Beeinträchtigungen betreut und gepflegt wurden. Mit der nationalsozialistischen Machtübernahme und der Einführung der "Aktion T4" wurde Schloss Hartheim, einst ein Ort der Fürsorge, 1940 in eine Tötungsanstalt umfunktioniert (Quindeus 2002, 16, 19).

Die offiziell geheime Aktion T4, die am 01. September 1939 in Kraft trat, diente einer systematischen Ermordung von „geistig und körperlich minderwertigen“ Menschen und wurde offiziell 1941 eingestellt. Die Nutzung der Tötungsanstalt Schloss Hartheim wurde jedoch insgeheim unter der „Aktion 14f13“ zur Ermordung von arbeitsunfähigen Häftlingen aus Konzentrationslagern fortgeführt. Insgesamt wurden in Schloss Hartheim rund 30.000

Menschen ermordet, zwischen 1940 und 1941 waren es 18.000 und zwischen 1941 und 1944 12.000 Menschen (Quindeus 2002, 5, 19, 37).

Die Abläufe in der Tötungsanstalt unterlagen einer umfassenden organisatorischen Struktur, an der 60 bis 70 Personen aus dem medizinischen und verwaltungstechnischen Bereich beteiligt waren. Nach der Verbrennung der Opfer wurden die Asche und die zerkleinerten Knochenreste zunächst in Säcke verpackt und vom Personal in der Donau entsorgt. Aufgrund des „verdächtigen Verhaltens“ des Personals sowie der auf dem Entsorgungsweg verloren gegangenen Asche- und Knochenreste wuchsen das Misstrauen und die Beunruhigung in der Bevölkerung, weshalb die Entsorgung in der Donau eingestellt wurde (Schwanninger und Wegscheider 2012, 30; Quindeus 2002, 20-21). Die mit Asche und Knochenresten gefüllten Säcke wurden vorübergehend am Dachboden untergebracht, bis sie schlussendlich in Gruben im Schlossgarten verteilt und vergraben wurden (Schwanninger und Wegscheider 2012, 30). Mehrere dieser Gruben wurden im Herbst 2001 bei der Verlegung von Fernwärmeleitungen entdeckt. Bis Frühling 2002 konnten bei der Ausgrabungskampagne über 8.000 Gegenstände, die unter der rezenten Humusschicht vergraben waren, geborgen werden (Eigelsberger u. a. 2023, 8; Klimesch 2002, 417, 429). Durch die Analyse des Schichtenaufbaus der Grubenfüllung und der großen Akkumulation von gleichartigen Gegenständen wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Gegenstände in Lagerräumen gesammelt wurden. Diese Lagerräume könnten sich in zwei Holzschuppen befunden haben, die damals genau über den Gruben platziert waren (Eigelsberger u. a. 2023, 4). Die Objekte, unter anderem medizinische, Alltags- sowie religiöse Gegenstände, wurden bis auf die aus der Grube G mit Asche und Knochenresten vermischt und vergraben. Nur in der Grube G bildeten die Gegenstände die oberste Schicht und waren nicht mit der Asche vermischt. Heiße Krematoriumsschlacke wurde in der Grube F vergraben, was zur teilweisen Schmelzung der umliegenden Gegenstände führte und den sandigen Lehm rötlich verfärbte (Eigelsberger u. a. 2023, 6; Klimesch 2002, 423).

Die Funde wurden mittels eines Baggers ausgegraben und in Mörtelkästen geborgen, wo sie von Knochen, Asche und Krematoriumsschutt getrennt wurden. Die Gegenstände verblieben in Mörtelkästen und wurden im Schloss gelagert (Klimesch 2002, 423-425). Der Lagerraum, nun der Depotraum, befindet sich im zweiten Stock und ist etwa 33,85 m² groß (Abb. 2). Der Raum ist mit einem Parkettboden ausgestattet und hat zwei große

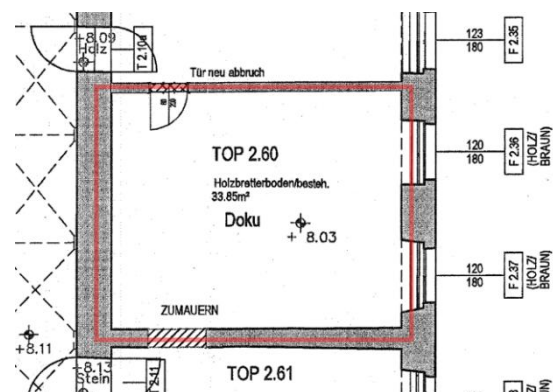


Abb. 2: Grundriss des Depotraums, Ausschnitt aus dem Grundriss des zweiten Obergeschosses des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim

Kastenfenster, die nach Osten ausgerichtet sind.

Bis zur Publikation von *Veritatem dies aperti, Vernichtet – Vergraben - Vergessen* (Klimesch 2002), lagen bereits 800 persönliche Gegenstände kategorisiert vor. Im Zuge der Kategorisierung wurden die Objekte von der Erde gereinigt und in Polyethylen (PE)-Beutel platziert (Klimesch 2002, 417). Ab dem Jahr 2006 wurden alle Funde aus Mörtelkästen und Kartonkisten herausgenommen und grob von der Erde gereinigt. Sie wurden fotografiert, nummeriert und in verschließbare PE-Beutel verpackt (Zauner-Leitner und Loistl 2020, 281). Die Inventarnummer der Bodenfunde und der zugehörige Grubenname wurden auf Zetteln notiert und gemeinsam mit den Funden in die PE-Beutel gelegt.

Aufgrund der begrenzten finanziellen Möglichkeiten des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim erhielt das Schloss im Jahr 2010 eine Spende von der OÖ Landesarchiv GmbH, die eine große Anzahl historischer Aktenschränke aus Holz mit Rollläden umfasste (Abb. 3). Die verpackten Objekte, die bis dahin in Kartonkisten zwischengelagert wurden, gelangten noch im selben Jahr in die Aktenschränke. Die Aktenschränke wurden entlang der südlichen und westlichen Wand (Abb. 2) aufgestellt, mit Ausnahme der Wand mit der Tür.

An der Fensterseite standen zusätzlich vier freistehende Aktenschränke, die zwischen den Kastenfenstern platziert wurden (Abb. 3). Die Objekte wurden in den ausziehbaren Regalen nach der Fundnummer geordnet gelagert, wobei aufgrund fehlender Dokumentation nicht genau festgestellt werden kann, welche Objekte wo in den Aktenschränken lagen (Peter Eigelsberger, E-Mail an die Autorin, 03. Mai 2024). Seit 2014 wurden die Objekte in der Datenbank „Museumskollektor“ des Oberösterreichischen



Museumsverbundes inventarisiert (Zauner-Leitner und Loistl 2020, 281).

Abb. 3: Neue Eurobehälter am Gang zwischen den alten Archivschränken, 13.02.2024

Die Gesellschaft für Soziale Initiative (GSI) war zum Zeitpunkt der Ausgrabung Eigentümer der Liegenschaft. Das Land Oberösterreich finanzierte die Ausgrabung und wurde damit als „Finder“ anerkannt. Daraus ergab sich ein geteiltes Eigentumsrecht zwischen der GSI und dem Land Oberösterreich (Heike Rührig, E-Mail an die Autorin, 29. August 2025).

Trotz der geteilten Eigentumsrechte zwischen der GSI und dem Land Oberösterreich plante die OÖ Landes-Kultur GmbH bereits im Jahr 2016 erste Konzepte zur Verbesserung der Lagerung, da sie künftig für die Verwaltung der Sammlung zuständig sein sollte. Mit konservatorischer Betreuung durch die Restauratorin Mag. Susanne Feurer-Heimel konnten dadurch 2018/2019 Rollos zwischen den Fensterflügeln angebracht werden, um die

Temperatur im Raum zu senken und die Objekte vor Licht zu schützen. Bis zur Anbringung der Rollos waren die Aktenschränke und die gelagerten Objekte, die in Fensternähe standen, über einen Zeitraum von acht bis neun Jahren direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt (Susanne Feurer-Heimel, E-Mail an die Autorin, 09. Jänner 2025; Heike Rührig, E-Mail an die Autorin, 29. August 2025).

Im Wintersemester 2022/2023 startete das laufende Bachelorseminar-Projekt des Instituts für Urgeschichte und Historische Archäologie an der Universität Wien und es wird voraussichtlich bis Mitte des Jahres 2026 laufen. Geleitet von Univ.-Prof. Dr.phil. Claudia Theune wurden die Objekte seitdem Stück für Stück nach Fundkategorien, wie Zahnbürsten, Kämmе oder Tassen, mit Studierenden bearbeitet. Die Aufgaben der Studierenden waren und sind ausgewählte Objekte aus den 8.000 Bodenfunden zu reinigen, zu fotografieren, zu untersuchen und zu erforschen. Bei der Untersuchung der Objekte ist es besonders wichtig, Inschriften oder Initialen von den ursprünglicher BesitzerInnen oder andere Hinweise auf ihre Provenienz oder Nutzung zu finden. Ein weiterer Bestandteil des Projekts ist die Aufarbeitung und Ergänzung neuer Erkenntnisse in der bestehenden Datenbank (Claudia Theune, persönliches Gespräch, 22. Jänner 2025). Beim Projekt wird betont, dass sich unter den 8.000 Bodenfunden nicht nur persönliche Gegenstände der Opfer, sondern auch der TäterInnen befinden und diese womöglich durch die Herstellerangaben unterschieden werden können. Dadurch ist es möglich „den persönlichen Besitz der Opfer, aber auch der Täterinnen und Täter kennenzulernen“ (Eigelsberger u. a. 2023, 9-10). Während die Studierenden des Instituts für Urgeschichte und Historische Archäologie die Bodenfunde bearbeiteten, war keine restauratorische Betreuung vorhanden.

Um den Arbeitsprozess im Bachelorseminar nachzuvollziehen, fragte ich die Studentinnen Eva Pletzenauer (Telefonat mit der Autorin, 15. Jänner 2025), Agnes Hammerschmied (E-Mail-Nachricht an die Autorin, 30. Jänner 2025) Sarah Sunshine Soucek (E-Mail-Nachricht an die Autorin, 24. Jänner 2025) und Alexandra Buchenegger (persönliches Gespräch, 10. Jänner 2025) sowie Univ.-Prof. Dr.phil. Claudia Theune (persönliches Gespräch, 22. Jänner 2025) nach ihren Erfahrungen. Zur besseren Übersicht wurden die Erfahrungen und Eindrücke der Befragten zusammengeführt.

Die Oberflächenreinigung ist bei diesem Projekt von besonderer Wichtigkeit, da die Erkennung von Initialen und die Recherche der Herstellerangaben zum Hauptfokus der Bachelorseminare und der biografischen Beforschung der bis dahin weitgehend anonymisierten Opfergeschichten gehören. Die Kunststoff-Bodenfunde wurden auf dieselbe Art gereinigt wie die keramischen Gegenstände. Die Reinigung wurde mit weichen Borsten, Schwämmen und warmem Leitungswasser durchgeführt, wobei auch erwähnt wurde, dass die Kunststoff-Kämme ins Wasser getunkt wurden. Die Köpfe der Zahnbürsten wurden nicht mit Wasser

gereinigt, weil die Borsten instabil und zerbrechlich wirkten. Nach der Feuchtreinigung wurden die Objekte mit einem Geschirrtuch abgetupft und zum Trocknen auf Tischen ausgebreitet. Nach der Reinigung und Trocknung wurden die Objekte vom Institutsfotografen Benedict Seidl vor Ort aber auch am Institut für Urgeschichte und Historische Archäologie in Wien fotografiert und in dieselben PE-Beutel zurückgelegt.

Im Zuge der Interviews berichteten die Studierenden, dass beim Öffnen der PE-Beutel ein saurer, stechender und unangenehmer Geruch wahrgenommen werden konnte. Derselbe Geruch trat auch beim Öffnen der Eurobehälter mit den neugelagerten Objekten im Sommer 2024 auf. Zudem beschrieben die Studierenden die Oberfläche der Kunststoffe als „ölig“ und „schmierig“. Diese klebrige Auflage war teilweise mit anhaftender Erde vermischt (Abb. 4). Die losen Papierinventarzettel wiesen Anzeichen einer Zersetzung auf und wurden in fragmentarischer Form klebend an der Oberfläche der Objekte vorgefunden (Abb. 5).

Bei der Untersuchung der Objekte wurde ebenfalls beobachtet, dass sich vor allem bei Haarutensilien oftmals mehrere Objekte in einem PE-Beutel befanden. Darüber hinaus betonten die Studierenden, dass das Material der Objekte oft überraschend fragil war und es während des Handlings vereinzelt zu Brüchen von Fragmenten kam.

Seit dem Beginn der vorliegenden Diplomarbeit wurden bereits Kämme, Haarutensilien und Zahnbürsten von den Studierenden im Rahmen dieser Seminare bearbeitet. Die Brillen sind noch in verschiedenen Eurobehältern verstreut und wurden daher bislang keiner Oberflächenreinigung unterzogen.

Die Archivschränke ermöglichten zu Beginn der Bergung eine effiziente Zwischenlagerung, sind jedoch für eine langfristige Aufbewahrung ungeeignet. Durch die fehlende Rückwand der ausziehbaren Regale konnten Objekte beim Herausziehen herabfallen. Zudem wurden die Objekte aufeinander gestapelt, was das Risiko des



Abb. 4: Oberflächenverschmutzung auf Brille, Inv.Nr. 6480, 3D-Mikroskop Aufnahme



Abb. 5: Klebende Papierfragmente auf Zahnbürste, Inv.Nr. 1107, 3D-Mikroskop Aufnahme



Abb. 6: Übereinanderliegende Objekte, 13.02.2024

Herunterfallens erhöhte und zusätzlichen Druck auf die unteren Objekte ausübte (Susanne Feurer-Heimel, persönliches Gespräch, 21. Jänner 2025) (Abb. 6).

Dass die Lagerung im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim lange Zeit nicht den konservatorischen Standards entsprechen konnte, lag weniger am fehlenden Bemühen des Teams als vielmehr an den strukturellen Rahmenbedingungen. Die Einrichtung verfügt nur über ein knappes Budget, ist in einem Gebäude mit begrenzten Flächen untergebracht und hat bis heute keine dauerhaft vor Ort tätige konservatorische Fachkraft. Unter diesen Umständen bemühte sich das Team dennoch, die Objekte so sorgfältig wie möglich aufzubewahren.

Die Verbesserung der Lagerung der Bodenfunde war allen Beteiligten ein großes Anliegen. Nach der offiziellen Übergabe der Sammlung von der Gesellschaft für Soziale Initiativen (GSI) im Jahr 2023 hatte das Land Oberösterreich nun das Alleineigentum (Heike Rührig, E-Mail an die Autorin, 29. August 2025). Dank der engagierten engen Zusammenarbeit zwischen der OÖ Landes-Kultur GmbH (Leiterin der Restaurierung und Sammlungsdienste Ing. Heike Rührig, Leiter der Sammlungen Römerzeit, Mittelalter und Neuzeit Dr. Stefan Traxler und dem wissenschaftlichen Geschäftsführer Prof. Mag. Dr. Alfred Weidinger sowie Restauratorin Mag. Susanne Feurer-Heimel) und dem Institut für Urgeschichte und Historische Archäologie (Leiterin des Instituts Univ.-Prof. Dr.phil. Claudia Theune) konnten im Februar und Sommer 2024 alle Objekte aus den Archivschränken entnommen und in niedrige, lichtdichte Eurobehälter aus Polypropylen mit Scharnierdeckel umgelagert werden. Zusätzlich wurde die Datenbank ergänzt und einzelne PE-Beutel ausgewechselt. Die Objekte wurden in den Eurobehältern platzsparend platziert (Alexandra Buchenegger, persönliches Gespräch, 10. Jänner 2025, Susanne Feurer-Heimel, E-Mail-Nachricht an die Autorin, 11. August 2025).

Die Bodenfunde wurden erneut nach der Fundnummer sortiert. Die zwei Studentinnen (Alexandra Buchegger und Agnes Hammerschmied), die sich mit dieser Tätigkeit auseinandersetzten, verwahrten die Kunststoff-Bodenfunde in einem offensichtlich sehr instabilen Zustand in einer extra Kiste mit der Aufschrift „Kunststoffe für Konservierung“. Zudem wurden ein paar Objekte unter den Archivschränken gefunden, was die Notwendigkeit des Regalwechsels zusätzlich bestätigte. Im Anschluss an jedes Bachelorseminar wurden die Objekte nach Themengebiet und Fundgruppe in Kisten neusortiert, weshalb jetzt beispielsweise Kisten mit den Beschriftungen „Kämme“ oder „Zahnbürsten“ im Depotraum vorzufinden sind (Alexandra Buchegger, persönliches Gespräch, 10. Jänner 2025).

Der Depotraum dient grundsätzlich als Lagerungsraum. Seit dem Beginn der Bachelorseminare 2022 wird der Raum jedoch eindeutig öfter genutzt. Der Raum wird nicht gelüftet und im Winter nur beheizt, wenn die Studierenden mit den Objekten direkt arbeiten müssen. Der einzige Luftaustausch entsteht bei Öffnung der Tür, die in einen gut genützten Seminarraum führt. Dieser ist stets geheizt und wird regelmäßig gelüftet.

Das Klima im Depot wird seit Februar 2024 mit dem Datenlogger KlimaLogg Pro von TFA Dostmann® gemessen und aufgezeichnet. Die Klimakurve zeigt ein klassisches, jahreszeitlich gleitendes Raumklima eines historischen Gebäudes aus dem 17. Jahrhundert. Eine längere Nutzung des Raums und die Beheizung können an der Klimakurve deutlich erkannt werden. Aufgrund des massiven Mauerwerks und dessen thermischer Trägheit ändert sich die Raumtemperatur nur langsam. Im Juni und August wurde der Depotraum durch die Hitzewellen auf bis zu 28,5 °C erwärmt. Im Zeitraum von Mitte Juni bis Mitte



Abb. 7: Neue Schwerlastregale, 01.10.24

September blieb die Raumtemperatur kontinuierlich über 24 °C. In den Wintermonaten zeigt die Klimakurve durch die Heizperiode stärkere Schwankungen. Aufgrund der Einstellung des Heizungsthermostats im Schloss fiel die Raumtemperatur nie unter 16,5 °C. Bei der frequenten Nutzung des Raumes stieg die Raumtemperatur bis zu 24 °C. Im Verlauf des Jahres blieb die Kurve der RH sehr gleichmäßig. Im Gegensatz zur schwankenden Raumtemperatur im Sommer lag die RH in der Regel unter 55 %, mit Einzelfällen von bis zu 60 %. Die RH zu Jahresbeginn 2024 lag im Bereich von 45 % bis 40 %, während sie zum Jahresende 2024 auf 40 % bis 35 % absank. Schwankungen bis zu 10 % treten im Zusammenhang mit Personenanwesenheit auf (Feurer-Heimel 2025, 1-3).

Im Sommer 2024 wurden LED-Röhren installiert und die historischen Archivschränke durch Metallschwerlastregalen ersetzt (Peter Eigelsberger, E-Mail an die Autorin 13. Jänner 2025). Entlang aller Wandseiten, bis auf die Fensterwand, stehen nun Metallschwerlastregale (Abb. 7).

Im Rahmen der Bachelorseminare fiel zunehmend auf, dass sich ein erheblicher Teil der Kunststoffobjekte in einem degradierten Zustand befand. Diese Beobachtung verdeutlichte die Dringlichkeit sich mit den Objekten auseinanderzusetzen und konservatorische Maßnahmen zu ergreifen. Im Frühjahr 2024 gab es infolgedessen erste Gespräche zwischen dem Institut für Konservierung und Restaurierung der Universität für angewandte Kunst Wien (Univ.-Ass Mag. Dr.phil. Eva Lenhart) und der OÖ Landes-Kultur GmbH (Mag. Susanne Feuer-Heimel), aus denen schlussendlich im Herbst 2024 die vorliegende Diplomarbeit hervorging.

Im Zuge der Arbeit werden zwei Fragestellungen der OÖ Landes-Kultur GmbH behandelt. Es soll geklärt werden, weshalb sich bestimmte Kunststoffobjekte in einem degradierten Zustand befinden, während andere eine höhere Stabilität aufweisen. Zusätzlich soll untersucht werden, unter welchen konservatorischen Bedingungen eine langfristige und sachgerechte Aufbewahrung der Objekte im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim gewährleistet werden kann. Aufgrund des großen Umfangs der Sammlung fokussiert sich die Arbeit auf vier Objektkategorien, die einen hohen Kunststoffanteil haben: Zahnbürsten, Kämme, Haarutensilien und Brillen.

Zusammenfassung der Objektgeschichte seit der Ausgrabung	
2001/2002	Bergung der Bodenfunde in Kartonkisten und Mörtelkästen im Depotraum des Schlosses. Die Gesellschaft für Soziale Initiativen (GSI) und das Land Oberösterreich sind jeweils zur Hälfte Miteigentümer
Bis 2002	Erste 800 von insgesamt 8.000 Bodenfunden grob gereinigt und in PE-Beuteln gelagert
2006	Entnahme der Bodenfunde aus Mörtelkästen und Kartonkisten, grobe Reinigung und Verpackung in PE-Beutel
2010	Neue Lagerung in historischen Aktenschränken mit Rollläden (Spende der OÖ Landesarchiv GmbH)
2016	Erste Konzepte einer Verbesserung der Lagerungsbedingungen vom Land Oberösterreich (unter der Verwaltung der OÖ Landes-Kultur GmbH)
2018/2019	Anbringung von Rollos zum besseren Lichtschutz
Herbst 2022	Beginn der Bachelorseminare vom Institut für Urgeschichte und Historische Archäologie (Universität Wien); bis 2024: Durchführung von Feuchtreinigungen an Kunststoffobjekten
Februar und Sommer 2022	Umlagerung aller Objekte in niedrige lichtdichte Eurobehälter; Ersatz der historischen Archivschränke durch Metallschwerlastregale
2023	Übergang der Sammlung in das Alleineigentum von Land Oberösterreich, die Sammlung wird offiziell unter OÖ Landes-Kultur GmbH verwaltet
Sommer 2024	Installation von LED-Röhren
Herbst 2024	Beginn der Diplomarbeit in Zusammenarbeit zwischen der OÖ Landes-Kultur GmbH und dem Institut für Konservierung und Restaurierung der Universität für angewandte Kunst Wien

Tab. 1: Zeitliche Zusammenfassung der Objektgeschichte seit der Ausgrabung

3.1. Identifikation der Kunststoffe und Suche nach Schadensursachen

Zur Identifikation der Kunststoffe und zur Bestimmung möglicher Schadensursachen wurde die Analyse auf vier Objektkategorien mit hohem Kunststoffanteil eingegrenzt. Insgesamt umfassen diese 284 Objekte; darunter 144 Kämme, 24 Brillen, 54 Zahnbürsten und 62 Haarutensilien.

Um den Erhaltungszustand einschätzen zu können, wurden die 284 Bodenfunde zunächst einzeln untersucht. Dabei erfolgte eine Erfassung des aktuellen Zustands sowie eine Dokumentation der gegenwärtigen Farbgebung. Zusätzlich wurden Parameter wie Transparenz sowie charakteristische Farbmuster (wie beispielsweise Schildpattmuster) notiert. Die Ergebnisse wurden mit den in der Datenbank hinterlegten Abbildungen aus dem Jahr 2006 abgeglichen, um die damalige Farbgebung und den Erhaltungszustand zu ermitteln. Darauf aufbauend erfolgte eine vergleichende Analyse innerhalb der jeweiligen Kategorien, um Unterschiede sowie mögliche Korrelationen im Degradationsverlauf zu identifizieren. So wurden etwa beispielsweise alle transparenten Kämme innerhalb der Kategorie miteinander verglichen, während der jeweilige Erhaltungszustand berücksichtigt wurde. In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage, ob (1) eine Häufung degradierter Objekte in bestimmten Inventarnummer-Bereichen vorliegt, (2) sich unter UV-Licht vergleichbare Fluoreszenzerscheinungen zeigen und (3) sie möglicherweise die gleichen Herstellerangaben aufweisen.

Die Auswahl der drei Fragestellungen beruht auf bekannten Faktoren, die den Erhaltungszustand der Kunststoffobjekte beeinflussen können. Mithilfe (1) der Lagerungsgeschichte der Bodenfunde kann davon ausgegangen werden, dass viele nah am Fenster platzierte Objekte stärker Sonnenstrahlen ausgesetzt waren. (2) Unterschiede in der Fluoreszenz können auf verschiedene Kunststofftypen hinweisen, was wiederum die unterschiedliche chemische Stabilität der Objekte erklären könnte. Der Alterungsprozess ist auch vom (3) Herstellungsverfahren abhängig. Eine unzureichend verarbeitete Kunststoffmasse neigt mehr zu Degradation.

Bei der Überprüfung der Inventarnummern (1) konnte keine Korrelation zwischen der Nummernfolge und dem Erhaltungszustand festgestellt werden. Unter UV-Licht (2) zeigten manche Objekte abweichende Fluoreszenzreaktionen, insgesamt ließ sich jedoch eine überwiegend einheitliche Fluoreszenz erkennen. Für viele Objekte lagen keine Herstellerangaben (3) vor, sodass eine eindeutige Zuordnung in diesem Punkt nicht möglich war.

3.1.1. Identifikation und Beschreibung der vertretenen Kunststoffe

Um die Ursachen der variierenden Degradationszustände näher zu untersuchen und die Kunststofftypen zu identifizieren, wurden innerhalb der Kategorien optisch ähnliche Objekte ausgewählt, beispielsweise (ursprünglich) rote Zahnbürsten mit unterschiedlichen Erhaltungszuständen. Ergänzend wurden, trotz ihres stabilen Zustands, aufgrund ihres häufigen Vorkommens zwei weitere Objekte in die Analyse einbezogen: ein opaker weißer sowie ein opaker schwarzer Kamm.

Insgesamt umfasste die detaillierte Untersuchung 39 Objekte, die am Institut für Konservierung und Restaurierung der Universität für angewandte Kunst Wien analysiert wurden. Bei den 39 Objekten handelt es sich um zwölf Zahnbürsten (vier rote transparente, vier transparente und vier transparente mit Schildpattmuster²), zehn Kämme (vier transparente, vier transparente mit Schildpattmuster sowie ein weißer und ein schwarzer opaker Kamm), fünf Brillen in transparenter Schildpattoptik, sechs transparente Haarnadeln, zwei transparente Haarreifen sowie vier transparente Haarspangen, jeweils ebenfalls in Schildpattoptik (Abb. 8 und Tab. 2). Einen der ersten Schritte bei der Identifikation der Kunststofftypen bildet die Recherche über die Geschichte der Kunststoffproduktion sowie die Anwendungsbereiche der Kunststoffobjekte. Im Falle der Kunststoffsammlung des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim war es entscheidend, sich auf Kunststofftypen zu konzentrieren, die bis etwa Mitte des 20. Jahrhunderts in Mitteleuropa verwendet wurden. Ein weiterer entscheidender Schritt bestand darin, die Degradationserscheinungen der Objekte mit allen Sinnen, insbesondere durch Sehen und Riechen, zu untersuchen.

	Farblos (transparent)	Rot (transparent)	Schildpatt (transparent)	Weiß (opak)	Schwarz (opak)	Gesamt
Zahnbürsten	4	4	4	-	-	12
Kämme	4	-	4	1	1	10
Brillen	-	-	5	-	-	5
Haarutensilien (Spangen, ...)	-	-	12	-	-	12
Gesamt	8	4	25	1	1	39

Tab. 2: Übersicht über die Anzahl und Farbgebung der 39 Objekte

² Unter Schildpattmuster oder Schildpattoptik versteht man die farbliche Nachahmung des früher verwendeten Schildkrötenpanzers. Typisch ist ein unregelmäßig marmoriertes Muster in warmen Tönen wie Braun, Gelb, Rot und Schwarz.



Abb.8: Repräsentative Beispiele (pro Kategorie) der 39 analysierten Objekte mit variierendem Erhaltungszustand

Die Kombination aus der Eingrenzung der in Frage kommenden Kunststofftypen, der weiß-grünlichen Fluoreszenz und dem stechenden, sauren Geruch, der aus den PE-Beuteln trat, deutete klar auf Celluloseester hin. Am Institut für Konservierung und Restaurierung konnten Proben von den 39 Objekten entnommen und mittels Spot-Tests und FTIR-ATR (Fourier-Transform-Infrarotspektrometer mit abgeschwächter Totalreflexion)³ analysiert werden. Es konnte nachgewiesen werden, dass 37 der 39 Objekte aus Cellulosenitrat (CN) bestehen. Zwei Kämme bestehen aus Hartgummi (HR)⁴ und Polystyrol (PS) (Tab. 3).

³ Die FTIR-ATR Untersuchungen wurden von Sen.Lect. Dr.rer.nat. Marta Anghelone durchgeführt, Institut für Konservierung und Restaurierung (Leitung Univ.-Prof. Dr.phil. Mag.art. Martina Griesser-Stermscheg), Universität für angewandte Kunst Wien

⁴ Gummi wird im Kunststoffbereich üblicherweise mit „R“ für *Rubber* abgekürzt. Da für Hartgummi keine standardisierte Abkürzung existiert, wird im Rahmen dieser Arbeit die Bezeichnung „HR“ verwendet.

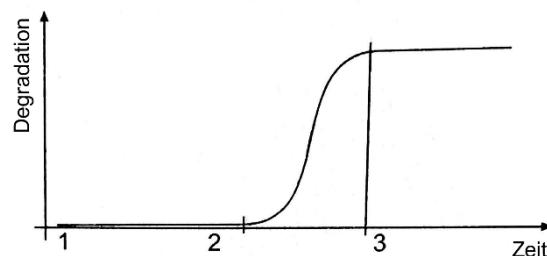
	CN	HR	PS
Kämme	8	1	1
Haarutensilien	12	0	0
Zahnbürsten	12	0	0
Brillen	5	0	0
Gesamt	37	1	1

Tab. 3: Übersicht über die Kunststofftypen der 39 Objekte

• Cellulosenitrat (CN)

CN zählt zu den ersten halbsynthetischen Kunststoffen und wurde ab den 1940er-Jahren aufgrund seiner Entflammbarkeit fast komplett durch Celluloseacetat (CA) ersetzt (Van Oosten u. a. 2022, 186). CN ist ein Thermoplast, der durch die Veresterung von Cellulose und Nitriersäure, einer Mischung aus Schwefel- und Salpetersäure, hergestellt wird. Der Masse werden nach der Nitrierung (von 10,5-11 %) die Säurereste gut ausgewaschen und zur Entfernung verbleibender Wasserreste wird die Masse mit Alkohol gespült. Durch die Zugabe eines Weichmachers kann dem Kunststoff eine gewisse Elastizität verliehen werden. Einer der am häufigsten verwendeten Weichmacher ist Campher; das daraus entstehende Endprodukt ist unter dem Namen *Celluloid* bekannt und besteht aus 20-33 % Campher und 70-75 % Nitrocellulose (Keßler und Bützer 2001, 20-21; Elsässer u. a. 2022, 10).⁵

Die schwankende RH gehört zu den Hauptdegradationsfaktoren von CN, gefolgt von Licht, UV-Strahlen und Sauerstoff. Im Vergleich zu PS und HR ist CN ein sehr instabiler Kunststoff (Van Oosten u. a. 2022, 186). Der Zersetzungsprozess findet bei CN kontinuierlich statt und wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Sein Verlauf ähnelt einer logarithmischen Kurve. In der Anfangsphase schreitet der Zerfall also nur langsam voran. Sobald mehrere Faktoren (z.B. Temperatur, RH, Licht) synergetisch zusammenwirken, steigt die



- 1 = Ausgangszustand
- 2 = Beginn der beschleunigten Zersetzung
- 3 = Endzustand

Abb. 9: Graphische Darstellung des Zersetzungsprozesses

Zersetzungsrate drastisch an (Zustand 2 bis 3 in Abb. 9). Nach Erreichen des Zersetzungsmaximum (3) zersetzt sich das Material unter den gegebenen Umgebungsbedingungen kaum noch weiter, sodass der Zersetzungsprozess deutlich

⁵ Bei 33 der 37 analysierten CN-Objekte konnte mittels FTIR-ATR eindeutig CN mit Campher als Weichmacher nachgewiesen werden. Zur Vereinfachung werden die *Celluloid*-Objekte im Rahmen der Arbeit unter der Bezeichnung „CN“ zusammengefasst.

langsamer wird (Keßler und Bützer 2001, 28, 32-33). Beim kontinuierlichen Zerfallsprozess wird Stickstoffdioxid, das einen sauren Geruch hat, freigesetzt. Das entstehende Gas kann als Katalysator dienen und Abbauprozesse beschleunigen, vor allem wenn kein ausreichender Luftaustausch vorhanden ist. Die sauren Gase können nicht nur CN selbst schädigen, sondern auch die umgebenden Objekte (Shashoua 2008, 196). Wenn das freigesetzte Stickstoffdioxid mit der Luftfeuchtigkeit reagiert, lagert sich an der Oberfläche Salpetersäure an, die sich ölig und klebrig anfühlt. Durch altersbedingtes Schwinden entstehen Spannungen im Material, die zu Rissbildung führen und das Material schwächen. Die entstehenden Risse bilden ein charakteristisches, kubisch-musterartiges Erscheinungsbild (Abb. 10-11). Weitere Merkmale der Alterung von CN sind Verfärbungen, Verformungen und Brüchigkeit (Keßler und Bützer 2001, 35-44). Idealerweise wird CN bei einer 20-30 %igen RH gelagert, um die Degradation aufgrund der Hydrolyse zu minimieren (Coughlin 2025, 50). Im Jahr 2022 publizierte das Deutsche Museum eine Studie zur Kaltlagerung von CN-Objekten (Elsässer, Pamplona, und Trischler 2022), bei der verschiedene Temperaturen erprobt wurden. Dabei kam heraus, dass die Degradation von CN bei niedrigen Temperaturen eindeutig langsamer wurde (Elsässer, Pamplona, und Trischler 2022, 20).

Aufgrund der sauren Gase sollten CN-Objekte in luftdurchlässigen Behältnissen und je nach Situation mit Adsorptionsmitteln aufbewahrt werden. Studien zu CA zeigen, dass manche Adsorptionsmittel Zusatzstoffe wie Weichmacher und Flammschutzmittel aus dem Kunststoff binden können. Aufgrund der chemischen Ähnlichkeit zwischen CA und CN ist es plausibel, dass der Einsatz von Adsorptionsmitteln bei der Lagerung vergleichbare Effekte hervorruft. Die Verwendung von Adsorptionsmitteln ist bei bereits degradierten CN-Objekten vertretbar, da diese in der Regel einen Großteil ihrer Weichmacher verloren, jedoch weiterhin saure Gase emittieren (Waentig 2004, 214-215; Coughlin 2025, 51). Zur Abführung der entstehenden Gase kommen feuerbeständige Absaugschränke (ventilierte Sicherheitsschränke) zum Einsatz. Diese Methode wird insbesondere bei CN-Filmen angewendet, da sie sehr leicht entflammbar sind (Institute Canadian Conservation 2019).



Abb. 10: Charakteristische, kubisch-musterartige Degradation an Zahnbürste, Inv.Nr. 6384, 3D-Mikroskop Aufnahme



Abb. 11: Quader-Bruch an Zahnbürste, Inv.Nr. 2252, 3D-Mikroskop Aufnahme

• Hartgummi (HR)

HR, auch unter *Ebonit* bekannt, zählt zu den Elastomeren und ist ein Kautschukprodukt, das Schwefel beinhaltet. Je mehr Schwefelanteil bei der Herstellung, der sogenannten *Vulkanisation*, hinzugefügt wird (von 5 % bis zu 40 %), desto härter wird das Material. HR war in der NS-Zeit ein sehr beliebter Kunststoff, der vor allem für Prothesen, Kämme und viele andere Alltagsgegenstände verwendet wurde. Die gängigsten Farben sind rot und schwarz (Abb. 12). Wie bei PS sind die Hauptdegradationsfaktoren hauptsächlich Licht, UV-Strahlung und Sauerstoff (Waentig 2004, 179; Van Oosten u. a. 2022, 268). Eine matte Oberfläche, Verblässung der Farbe, bräunliche Verfärbung und weiße Ausblühungen (*sulfur bloom*) sind die am häufigsten vorkommenden Schadensbilder. Bei Lichteinwirkung zeigt HR eine schnelle Degradation der obersten Schicht. Licht und UV-Strahlung beschleunigen vermutlich die Oxidation, bei der sich schwefelhaltige Substanzen in Form säurehaltiger Tröpfchen an der Oberfläche ablagern (Waentig 2004, 192; Van Oosten u. a. 2022, 268). Bei der Untersuchung der schwarzen Kämme aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim unter einer 365nm UV-Taschenlampe zeigte sich eine relativ gleichmäßig verteilte, gelblich-orange Schicht an der Oberfläche, die in der vorhandenen Literatur nicht beschrieben wird (Abb. 13). Ob das Phänomen immer auf gealtertem HR vorhanden ist oder durch die langzeitige Lagerung in der Erde verursacht wurde, kann womöglich durch zukünftige Forschungen geklärt werden.

Die optimalen Klimabedingungen für HR liegen zwischen 9 °C und 18 °C bei einer RH von etwa 50 %. Aufgrund des Schwefelzusatzes emittiert HR kontinuierlich schwefelhaltige Schadgase wie H_2S , SO_2 oder CS_2 , die sich in geschlossenen Systemen anreichern und, wie bei CN, Schäden an umliegenden Objekten verursachen (Cheng u. a. 2024, 1; Waentig 2004, 202; Holzer u. a. 2023, 4). Diese Reaktion entsteht nur wenn Sauerstoff mit Schwefel reagiert, weshalb eine anoxische Lagerung mit Sauerstoffabsorbentien wie Ageless™ empfohlen wird. Eine sauerstoffarme Lagerung über längere Zeit kann allerdings nur durch regelmäßiges Monitoring der Dichtigkeit des Behälters und des Sauerstoffniveaus aufrechterhalten werden (Sanchez u. a. 2023, 8).

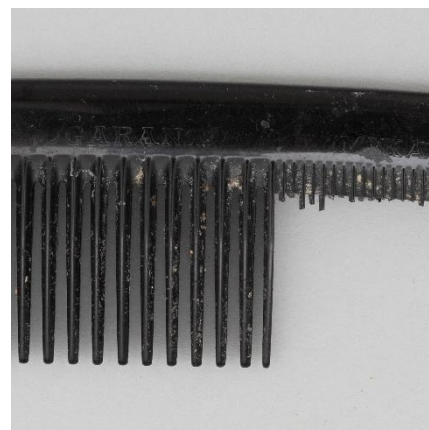


Abb.12: Oberfläche von Kamm, Inv. Nr. 1801



Abb.13: Fluoreszenz einer der Kämme, Inv.Nr. 5712 unter UV 365 nm

• Polystyrol (PS)

PS ist ein amorpher Thermoplast, dessen Massenproduktion erst nach dem Zweiten Weltkrieg begann (Waentig 2004, 273, 276). Im Vergleich zu CN und HR ist PS stabiler gegenüber Feuchtigkeit und Temperatur (Elkin u. a. 2019, 763). Die Hauptdegradationsfaktoren sind Licht, UV-Strahlen und Sauerstoff, weshalb bei der Lagerung von PS der Schutz vor Lichteinfall und der Einsatz von Sauerstoffabsorbentien am wichtigsten ist (Waentig 2004, 280). PS kann bedenkenlos bei musealen



Abb.14: Bruchstelle an vergilbtem PS-Kamm, Inv.Nr. 6903, 3D-Mikroskop Aufnahme

Klimabedingungen gelagert werden. Neben der Vergilbung ist die Sprödigkeit ein weiteres klassisches Schadensbild von PS, weshalb es bei unsachgemäßem Handling zu Rissbildung und Brüchen kommen kann (Van Oosten u. a. 2022, 212) (Abb. 14).

Die Ergebnisse dieser Analyse der 39 Objekte liefern eine verlässliche Grundlage, um Rückschlüsse auf die übrigen 284 Objekte der vier Kategorien (Brillen, Zahnbürsten, Kämmen und Haarutensilien) zu ziehen. Durch die Kombination aus den analytischen Befunden, der visuellen Einschätzung von Farbe und Erhaltungszustand sowie den typischen Materialmerkmalen konnten weitere Zuschreibungen vorgenommen werden. So lässt sich annehmen, dass alle Schildpattimitationen (122 Objekte) sowie ein Großteil der bunt gefärbten (opaken), weiß opaken und farblos transparenten Objekte aus CN bestehen.

Aufgrund der eindeutig opaken, schwarzen Farbe, der charakteristischen Oberfläche sowie der Aufschrift „Hartgummi“, die auf vielen Objekten zu finden ist, können 70 Objekte HR zugeordnet werden.

Mithilfe der Stichprobe der 39 Objekte konnte nachgewiesen werden, dass auch andere Kunststofftypen (wie PS) in der Sammlung vorhanden sind und sich optisch nicht offensichtlich von den CN-Objekten unterscheiden lassen. Diese Beobachtung unterstreicht die Notwendigkeit der Bestandsaufnahme und Identifikation aller Objekte im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim, um zukünftig adäquate Maßnahmen ergreifen zu können.

3.1.2. Deduktive Ermittlung der Schadensursachen

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Geschichte der Funde, die vorzufindenden Kunststoffe und deren Lagerungsbedingungen erläutert wurden, stellt sich nun die Frage, warum sich insbesondere die CN-Objekte in so unterschiedlichen Degradationszuständen befinden. Die bisherigen Analysen der Schadensursachen haben gezeigt, dass sowohl externe Faktoren wie UV-Strahlung, Temperatur und schwankende RH als auch lagerungsbedingte Einflüsse wie die



Abb. 15: Lose Elemente von Haarutensil in PE-Beutel, Inv.Nr.5806

Verpackung in PE-Beuteln eine zentrale Rolle spielen. Ein weiterer Faktor ist der unsachgemäße Umgang mit den fragilen Objekten, der den Degradationsprozess zusätzlich begünstigt hat.

Die Schadensursachen lassen sich in drei Hauptgruppen gliedern: mechanische, chemisch-physikalische Schäden sowie materialimmanente Instabilität von CN.

Mechanische Schäden treten bei allen Kunststofftypen der Objekte aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim auf und sind überwiegend auf Nutzung, Vergraben oder unsachgemäßes Handling und Lagerung zurückzuführen. Die Identifizierung der mechanischen Schadensursachen erfolgte auf verschiedene Weisen. Die Fotodokumentation aus dem Jahr 2006 gab Aufschluss darüber, ob bereits Teile eines Objekts, wie etwa Kammzähne, fehlten. In diesem Fall ist anzunehmen, dass die Schäden durch den Gebrauch der ursprünglichen BesitzerInnen oder durch den Prozess des Vergrabens 1944 entstanden sind. Mithilfe der Fotos von 2006 und der chemischen Stabilität des Objekts lässt sich zudem überprüfen, ob es sich bei den abgebrochenen Elementen um rein physikalische Schäden handelt. Ein Beispiel zeigt Abbildung 14: Zu sehen ist ein transparenter, farbloser Kamm aus PS, der sich chemisch in einem stabilen Zustand befindet. Der fehlende Kammzahn ist daher nicht auf Materialzerfall, sondern eindeutig auf mechanische Belastung zurückzuführen. Ein weiteres Indiz für neuere mechanische Schäden ist das Vorhandensein abgebrochener Fragmente in den PE-Beuteln (Abb. 15), kombiniert mit einem Vergleich des aktuellen Erhaltungszustands mit den älteren Aufnahmen. Schwieriger gestaltet sich die Einordnung bei CN-Objekten. In vielen Fällen sind diese zunächst durch ihre materialimmanente Instabilität geschwächt und brechen mechanisch anschließend leichter, beispielsweise durch ungünstige Lagerung wie das Übereinanderstapeln der Objekte oder unsachgemäßes Handling (z.B. Halten an einer fragilen Stelle oder zu starkes Drücken beim Halten).



Abb. 16: Kamm, Inv.Nr. 5376, (oben) Zustand aus 2007, (unten) Zustand aus 2024

Chemisch-physikalische Veränderungen bilden die nächste Hauptgruppe der Schadensursachen. Sie entstehen vor allem durch Licht, Temperatur und RH und zeigen sich deutlich in Form von beispielsweise Vergilbung, Verblässung oder allgemeinen Farbveränderungen. Die Vergilbung und Verblässung der Objekte ist höchstwahrscheinlich auf einen der Hauptschadensfaktoren zurückzuführen: Sonnenlicht. Von 2001/2002 bis 2018/19 waren die Objekte vermutlich täglich Licht- und UV-Strahlung ausgesetzt. Zudem führt die Einwirkung von UV-Strahlung zu einer Schwächung der Materialstruktur, wodurch Risse entstehen und das Risiko für darauffolgende Brüche zunimmt (Abb. 16) (Waentig 2004, 208, 215).

Sichtbare Farbveränderungen, auch Vergilbungen und Verblässungen, sind Hinweise darauf, dass chemische Reaktionen bereits in der Materialstruktur stattgefunden haben. Auch Farbstoffe und Pigmente im Polymer sind betroffen (Micheluz u. a. 2021, 2). UV-Strahlung bricht die C-C auf, wodurch freie Radikale entstehen. Bei der Reaktion mit Sauerstoff bilden sie funktionelle Gruppen wie Carbonyl- ($C=O$). Diese strukturellen Veränderungen führen zu einer veränderten Lichtabsorption und damit zu typischen Gelb- und Braunverfärbungen gealterter Kunststoffe (Svedin 2020, 9).

Auf einigen der 284 Bodenfunden konnten vor allem braune und rötliche Verfärbungen beobachtet werden (Abb. 17). Diese Verfärbungen sind vermutlich auf die Liegedauer im Boden zurückzuführen. Es erscheint plausibel, dass umliegende Metalloxide oder korrodierte Metallobjekte in der Erde im Laufe der Zeit die Oberfläche der Kunststoffe verfärbten (Daniel Oberndorfer, Telefonat



Abb. 17: Verfärbungen an einer Zahnbürste, Inv.Nr. 4216

mit der Autorin, 01. Juli 2025).⁶ Eine weitere Form der Farb- und Erscheinungsänderung ist die Umwandlung ursprünglich transparenter Objekte in ein opakes Aussehen. Dieses Phänomen tritt insbesondere bei CN-Objekten auf und ist auf die Entstehung von Rissbildung in der Matrix zurückzuführen. Dadurch wird das einfallende Licht verstärkt gestreut, sodass die Objekte ihre Transparenz verlieren und visuell opak erscheinen (Abb. 9 und 10). Die Rissbildung von degradiertem CN führt zudem zu einer erhöhten Brüchigkeit des Materials, wodurch es zu einem Zerfall in kubischförmige Fragmente kommt (Abb. 10).

Alle Kunststoffobjekte, die sich in einem fortgeschrittenen Stadium der Degradation befinden, bestehen aus CN. Recherchen und Analysen legen nahe, dass die schwankende RH im Depotraum einen bedeutenden Risikofaktor für die Stabilität des Materials darstellt. Des Weiteren beschleunigte die hohe Raumtemperatur und UV-Strahlung den Zerfallsprozess. Die langfristige Aufbewahrung in PE-Beuteln, die den Luftaustausch verhindert haben, hielt das entweichende Stickstoffdioxid mit dem Objekt gefangen, was die Degradation förderte. Die Oberflächenreinigung mit Wasser, die von den Studierenden durchgeführt wurde, hinterließ ebenfalls Spuren hinterlassen. Eine Reinigung mit Wasser stellt neben einer schwankenden RH ein noch viel größeres Risiko dar. Bei der Reinigung kann Wasser in die Risse und Hohlräume, in denen sich ursprünglich Weichmacher befanden, eindringen und infolge bei dessen Reaktion mit Stickstoffdioxid Salpetersäure entstehen. Die entstandene Säure kann nun das Material von innen heraus zersetzen und den Alterungsprozess beschleunigen (Keßler und Bützer 2001, 32). Abbildung 18 zeigt das Haarutensil mit der Inventarnummer



Abb.18: Haarutensil Inv.Nr. 5806: (links) Aufnahme im Sommer 2024, (rechts) Aufnahme im Februar 2025

⁶ Da in der Literatur nur begrenztes Wissen über die Einflüsse vom Boden auf die Materie des Kunststoffs vorhanden ist, wurde die fachliche Expertise von Mag. Daniel Oberndorfer herangezogen, der auf archäologische Materialien spezialisiert ist.

5806, das im Sommer mit Wasser gereinigt wurde. Zum Zeitpunkt der Reinigung befand sich das Objekt in einem stabilen Zustand, jedoch setzte bereits kurze Zeit später ein Zerfallsprozess ein.

Die Funde aus CN aus der Sammlung des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim verdeutlichen exemplarisch die Komplexität dieses Materials und seine Neigung zur Instabilität. Transparente, vor allem farblos transparente CN degradieren schneller als opake (Elsässer u. a. 2023, 3). Diese Annahme spiegelt sich auch in den 284 Objekten wider. Von den farblos transparenten Objekten sind 16 von 26 in einem degradierten Zustand, was deutlich mehr als die Hälfte der Objekte darstellt. Im Vergleich weisen 57 von 122 transparenten Schildpattimitationen erkennbare Degradationsprozesse auf. Bei den bunten und weiß opaken Objekten, die höchstwahrscheinlich auch alle aus CN bestehen, sind nur 2 von 29 in einem degradierten Zustand.

Die Klimamonitoring-Daten des Depotraums deuten darauf hin, dass die schwankende relative Luftfeuchtigkeit den Degradationsprozess von CN beschleunigte. Der Einfluss von Licht und UV-Strahlung lässt sich nicht eindeutig bestimmen, da im Nachhinein nicht rekonstruiert werden kann, welche Objekte näher am Fenster gelagert und damit einer stärkeren Strahlung ausgesetzt waren.

Weitere entscheidende Faktoren für die unterschiedliche Stabilität von CN-Objekten sind ihre Herstellung, Form und frühere Verwendung. Der Reinheitsgrad der verwendeten Cellulose, die Kochtemperatur während der Nitrierung, das gründliche Auswaschen von Säureresten sowie weitere Herstellungsbedingungen haben einen großen Einfluss auf die Alterungsbeständigkeit des Materials (Keßler und Bützer 2001, 29-30). Bei einer ausreichenden Anzahl von Bodenfunden mit den gleichen Herstellerangaben besteht die Möglichkeit, deren Erhaltungszustand miteinander zu vergleichen, um mögliche Gemeinsamkeiten des Degradationsprozesses zu untersuchen. Unter den 284 Bodenfunden sind jedoch nicht genügend Objekte mit identischen Herstellerangaben vorhanden, sodass solch ein Vergleich nicht möglich ist. Auch die individuelle Nutzung, Aufbewahrung und Pflege durch die BesitzerInnen spielt womöglich eine Rolle. Möglich ist, dass einzelne Objekte stärker Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren oder öfter mit Wasser in Kontakt kamen (z.B. durch das Kämmen von nassen Haaren).

Die Objektgeschichte belegt, dass die Kunststoffobjekte mit den Inventarnummern 1 bis 800 unmittelbar nach der Ausgrabung gereinigt und in PE-Beutel verpackt wurden. Unter diesen 800 Funden gab es einige Kunststoffobjekte aus den vier bearbeiteten Kategorien. Wahrscheinlich wurde beim Prozess Rest- oder Raumfeuchtigkeit eingeschlossen, die den Degradationsprozess begünstigt haben könnte. Eine eindeutige Korrelation ließ sich jedoch nicht nachweisen, da sich innerhalb dieser Gruppe sowohl gut erhaltene als auch stark degradierte Objekte befinden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die unterschiedlichen Degradationszustände der CN-Objekte insbesondere Unterschiede in Farbe und Transparenz von Bedeutung sind. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass auch herstellungsbedingte Unreinheiten und die persönliche Nutzung der BesitzerInnen eine Rolle spielen. Die schwankende RH, das Reinigen mit Wasser während der Bachelorseminaren sowie die langfristige Aufbewahrung in PE-Beuteln und das unsachgemäße Handling haben die Abbauprozesse zusätzlich beschleunigt.

3.2. Präventive Konservierung im Einsatz: Mögliche Lagerungsoptimierungen

Die Platzbegrenzung im Depotraum sowie die Notwendigkeit, ein einfach umsetzbares Monitoring für die Mitarbeitenden des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim zu ermöglichen, stellen eine Herausforderung dar. Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist, dass einige Objekte aus einer Kombination verschiedener Materialien wie Kunststoff, Metall und Glas bestehen. Unter den identifizierten Kunststoffen weist CN die geringste Stabilität auf, was sich deutlich am Gesamtzustand der Kunststoff-Sammlung zeigt. Daher sollte bei der Entwicklung des Lagerungskonzepts besonders darauf geachtet werden, dass die spezifischen konservatorischen Anforderungen von CN erfüllt werden.

Die langfristige Lagerung in PE-Beuteln verhindert das Entweichen der sauren Gase, wodurch sowohl die Objekte selbst als auch die losen Inventarzettel aus Papier zersetzt werden. Die Papierfragmente bleiben an der Oberfläche von CN kleben und sind eine zusätzliche Wasserquelle, da sie das Wasser aus der Luft speichern können (Keßler und Bützer 2001, 31). Der Zersetzungsprozess von CN ist stark temperaturabhängig: Je höher die Temperatur, desto schneller verlaufen die chemischen Reaktionen, die zur Degradation des Materials führen (Elsässer, Pamplona, und Trischler 2022, 4-5; Keßler und Bützer 2001, 30). Die schwankende RH im Depotraum ist für viele Objekte in der Sammlung unproblematisch. Für CN stellt sie jedoch für CN ein massives Problem dar, da die RH sowohl zu hoch als auch zu stark schwankend ist.

Die Erhaltungsmöglichkeiten vieler Museen sind eingeschränkt, weshalb Museen in manchen Fällen gezwungen sind, degradierte CN-Objekte zu entsammeln, um die gesamte Sammlung vor den korrosiven Schadgasen zu schützen (Quye u. a. 2011, 1270). Mit dem Ziel eine geeignete Methode zu finden und dieses Problem zu bewältigen, wurde zwischen 2019 und 2022 vom Deutschen Museum eine Studie zur Kaltlagerung von Objekten aus CN durchgeführt. Mithilfe der Studie wurde untersucht, ob das Einfrieren und die Kaltlagerung eine effektive Methode ist, um die Alterung von CN zu verlangsamen und die Lebensdauer der CN-Objekte zu verlängern (Elsässer, Pamplona, und Trischler 2022, 4).

Im Rahmen der Studie wurden synthetisch gealterte CN-Probekörper vor der Kaltlagerung für 67 Stunden bei 21 °C und 36 % RH vorkonditioniert, um die Ausgangsbedingungen aller

Probekörper gleichzustellen. Die Probekörper wurden in einer Barriere-Folie⁷ eingeschweißt, um sie vor Sauerstoff und Feuchtigkeit zu schützen. Da drastische Temperaturänderungen Spannungen verursachen und dadurch Risse im Material entstehen können, wurden die verpackten Probekörper zusätzlich mit einer 1 cm dicken Isolierschicht umwickelt. (Elsässer, Pamplona, und Trischler 2022, 6, 18-19). Die Probekörper wurden sieben Monate lang bei vier verschiedenen Temperaturen gelagert: -15, 5, 13 und 21 °C. Anhand des Polymerisationsgrades konnte nachgewiesen werden, dass bei der Lagerung bei -15 °C der Materialzerfall eindeutig verlangsamt wurde. Die Lagerung bei 21 °C schnitt am schlechtesten ab (Elsässer, Pamplona, und Trischler 2022, 20-21).

Ist die Verwendung von Gefrier- oder Kühlschränken im Depot des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim eine Lösung für die CN-Objekte? Die Lagerung bei niedrigen Temperaturen bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Die Kaltlagerung verlangsamt den Alterungsprozess, die verschweißten Beutel der Objekte ermöglichen einen effektiven Schutz vor Feuchtigkeit und Sauerstoff, und die Lagerung im Dunkeln verhindert jegliche Lichteinwirkung. Eine Kaltlagerung schädigt die Objekte nicht, solange die Kühlung und das Auftauen sorgfältig kontrolliert und gemäß den empfohlenen Richtlinien durchgeführt werden. Dennoch verlangt die Kaltlagerungsmethode spezielle Vorkehrungen und viel Sorgfalt, was sowohl die Kosten als auch die Komplexität der Lagerung erhöht (Elkin u. a. 2019, 484-486). Was in der Theorie sinnvoll erscheint, ist in der praktischen Umsetzung mit Herausforderungen verbunden. Ein regelmäßiges Monitoring ist aufgrund des begrenzten Personals im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim nicht durchführbar. Ein unbemerkter Stromausfall kann dazu führen, dass eingefrorene oder stark gekühlte Objekte auftauen, wodurch Kondenswasser entstehen und Schäden am Material verursachen würde. Das Auftauen der verpackten Objekte wird als zeitaufwendig beschrieben und kann dazu führen, dass Objekte nicht mehr „einfach und schnell“ präsentiert oder untersucht werden können (Elkin u. a. 2019, 485). Für eine langfristige Kaltlagerung im Kühlschrank wären zudem ein hoher Energieverbrauch sowie entsprechende laufende Kosten zu berücksichtigen. Hinzu kommt, dass es bislang an ausreichender Forschung, an standardisierten Leitlinien und an gesicherten Erkenntnissen zu den Langzeitfolgen solcher Konservierungsmethoden mangelt (Elkin u. a. 2019, 486). Aus diesen Gründen wird eine Kaltlagerung im Depotraum nicht empfohlen.

Ein offenes Aufbewahrungssystem mit gutem Luftaustausch, in Kombination mit säurefreien Kartons und dem Einsatz von Adsorbentien wie Zeolith könnte eine alternative Lagerungsmethode sein (Keßler und Bützer 2001, 71).

Im Zuge dieser Arbeit wurden verschiedene Kistenlösungen zur Lagerung in Betracht gezogen. Schließlich wurden zwei Musterkisten umgesetzt: Musterkiste 1 für degradierte

⁷ ESCAL NEO FOIL, ESCAL NEO Folie (Long Life for Art, Deutschland)

Objekte und Musterkiste 2 für stabilere Objekte (Abb. 19). Durchbrochene Eurobehälter⁸ mit den Maßen 60 x 40 x 7,5 cm bilden bei beiden die Basis.



Abb.19: Musterkiste 1 (oben) und Musterkiste 2 (unten)

Um die bereits degradierten Objekte sachgerecht zu lagern, wurden sie in Petrischalen aus Glas platziert. Wichtig dabei ist, dass die Petrischalen über einen höheren Rand verfügen, damit lose Fragmente bei raschen Bewegungen nicht herausfallen können. Der Durchmesser der Schalen ist von der Größe der Objekte abhängig.

⁸ Durchbrochene Eurobehälter 60 x 40 x 7,5 cm, EO 64/75 (Auer Packaging, Deutschland)

Für die Musterkiste 1 wurde ein vorgefertigter Kisteneinsatz⁹ verwendet, der die Grundstruktur der Fächer vorgibt. Die einzelnen Fächer wurden zunächst mit zerknülltem, gepuffertem Seidenpapier ausgelegt, um einen weichen Untergrund zu bilden. Dieses Vorgehen sorgt auch dafür, dass die Petrischalen besser fixiert sind.

Da CN-Objekte Schadstoffe freisetzen, wurde auf Anregung von Frau Univ.-Prof. Dr.phil. Friederike Waentig entschieden die Trennbereiche mit Aktivkohlegewebe¹⁰ zu ummanteln. Dieses Material soll die abgegebenen Stoffe adsorbieren und so die Belastung innerhalb der Kiste reduzieren. Ursprünglich wurde erwogen das Gewebe mit Fäden zu vernähen, jedoch erwies sich das Heften als praktikablere Lösung, da ein Austausch des Gewebes vorgesehen ist und eine Korrosion der Heftklammern als unwahrscheinlich eingeschätzt wird. Zum Schluss wurde ein zugeschnittenes, gepuffertes Seidenpapier, das als Staubschutz dient, über die Kiste gelegt.

Für Musterkiste 2 wurden anstelle der vorgefertigten Kisteneinsätze individuell zugeschnittene Trennwände aus säurefreiem Wellenkarton angefertigt, da die standardisierten Fächergrößen für viele Objekte zu klein waren. Die Höhe der Trennwände sollte maximal 4 cm betragen.

Auch hier wurden die Trennwände mit Aktivkohlegewebe ummantelt. Zur Polsterung und als Barriere des direkten Kontakts zwischen den Objekten und dem Aktivkohlegewebe wurde gepuffertes Seidenpapier eingesetzt, auf dem die stabilen Objekte direkt abgelegt werden konnten. Wie bei der Musterkiste 1 wird auch hier die Kiste mit gepuffertem Seidenpapier bedeckt. Die Erstellung der Musterkisten im Depotraum ist realistisch und umsetzbar.

Eine getrennte Lagerung der unterschiedlichen Kunststofftypen wäre aus konservatorischer Sicht empfehlenswert, ist jedoch schwer zu realisieren, da alle Kunststofftypen identifiziert werden müssten. Hier können die optisch leicht erkennbaren HR-Objekte von den anderen Kunststoffen getrennt werden. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass das Institut für Urgeschichte und Historische Archäologie unter der Leitung von Frau Univ.-Prof. Theune bereits ein Ordnungssystem entwickelte, das nach den Themengruppen aufgebaut wurde. Dieses System ermöglicht es, Objekte aus derselben Kategorie räumlich zusammenzulegen, um die wissenschaftlichen Untersuchungen zu erleichtern. Es bedarf einer gemeinsamen Lösung für die zukünftige Ordnung im Depot, die sowohl wissenschaftliche als auch konservatorische Anforderungen berücksichtigt.

Aufgrund der Lichtempfindlichkeit der Kunststoffe sollten die Fenster des Depotraums optimiert werden. Die kurzwellige UV-Strahlung des Tageslichts, die sich im Bereich von 100-380 nm befindet, besitzt ein großes Potential die Kunststoffe zu schädigen. Eine komplette Eliminierung der UV-Strahlen ist schwer, weshalb Werte bis zu 75 µW/lum bei Tageslicht

⁹ Kisteneinsatz für Eurobehälter, 12 Löcher zu 13,7 x 11,7 cm, Gef 12 (Auer Packaging, Deutschland)

¹⁰ Aktivkohlegewebe, AKGE (Long Life For Art, Deutschland)

akzeptiert werden (Waentig u. a. 2014, 58; Waentig 2004, 170). Zu den Optimierungsmöglichkeiten gehören das Anbringen von Schutzfolien an den Fenstern sowie der Austausch der jetzigen Rollos gegen solche, die an den Seiten kein Licht durchlassen. Mithilfe dieser Vorkehrungen kann auch die Strahlungswärme und damit die Temperatur im Raum gesenkt werden. Die UV-Schutzfolie¹¹ kann bis zu 99 % der UV-Strahlung filtern, muss jedoch alle 5-15 Jahre ausgetauscht werden. Das Entfernen der UV-Schutzfolie ist anspruchsvoll und könnte eventuell das Erscheinungsbild der historischen Fensterscheiben verändern, dennoch ist eine Anbringung notwendig (Runkel 2024, 19).

Da unter den rund 8.000 Bodenfunden neben den Kunststoffobjekten auch unbehandelte Metallobjekte vorhanden sind und auch unter der RH im Depotraum leiden, sollte aus konservatorischer Sicht der Einsatz eines Luftentfeuchters in Erwägung gezogen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine regelmäßige Entleerung und Wartung durchgeführt werden muss. Wird diese vernachlässigt, kann es zur automatischen Abschaltung des Geräts kommen, was wiederum stärkere und unerwünschte Klimaschwankungen zur Folge haben kann. Auch die hohen Temperaturen im Depotraum stellen ein konservatorisches Problem dar. Daher sollte geprüft werden, ob im Erdgeschoss des Schlosses ein klimatisch günstigerer Raum zur Verfügung steht. Räume in Erdgeschossen sind meist kühler und könnten sich besser für eine Lagerung eignen. Langfristig ist zudem zu überlegen, ob eine Umlagerung der Kunststoffobjekte in ein museales Depot der OÖ Landes-Kultur GmbH sinnvoll wäre, in dem sie unter kontrollierten klimatischen Bedingungen und mit konservatorischer Betreuung gelagert werden können.

4. Sensibler Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden

Mit der Zunahme von Massenfunden aus Kunststoff, insbesondere im Kontext der NS-Zeit, wird deutlich, dass der fachgerechte Umgang mit archäologischen Kunststoff-Bodenfunden eine wachsende Herausforderung darstellt. Mit dem zunehmenden zeitlichen Abstand zu den historischen Ereignissen gewinnen die Funde als materielle Zeugnisse an historischer und kultureller Bedeutung.

Als eine der ersten institutionellen Reaktionen auf diese Entwicklung veröffentlichte das Bundesdenkmalamt im September 2025 im deutschsprachigen Raum die Publikation *Konservatorische Behandlung von archäologischen Funden* (Hebert u. a. 2025), in der auch Kunststoff-Bodenfunde berücksichtigt werden (Hebert u. a. 2025). Die darin enthaltenen Orientierungshilfen bieten eine Grundlage für einen sachgerechten Umgang und machen deutlich, dass in diesem Themenfeld weiteres Ausarbeitungspotential besteht.

¹¹ UV-Schutzfolie UV 90NR, UV-FILM (Long Life for Art, Deutschland)

Am Beispiel des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim wurde deutlich, dass unsachgemäßer Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden erhebliche Schäden verursachen kann. Dieses Kapitel richtet sich daher sowohl an Mitarbeitende von Gedenkstätten aus der NS-Zeit als auch an Fachleute aus dem archäologischen Bereich. Es vermittelt, was Kunststoffe sind und schafft ein grundlegendes Verständnis für die große Vielfalt historischer Kunststoffe. Zudem zeigen die Kapitel auf, wie empfindlich Kunststoffe sind und sensibilisieren die Lesenden für einen künftigen, verantwortungsvollen Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden. Zusätzlich sei darauf hingewiesen, dass der Verband der Restauratoren im Jahr 2024 ein Einsatzbuch für Notfall- und Krisensituation veröffentlicht hat, in dem Univ.-Prof. Dr.phil. Friedericke Waentig das Kapitel über Kunststoffe verfasste. Darin wird beschrieben, welche Maßnahmen während und unmittelbar nach einer Havarie empfohlen sind und welche Verfahren sich für die Erstversorgung von Kunststoffobjekten eignen. Diese Publikation ist eine gute Ergänzung zum Safe Handling, um noch einen weiteren Einblick in die fachgerechte Erstversorgung und Handhabung von Kunststoffobjekten in Notfallsituationen zu erlangen.

4.1. Kunststoffe bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts

Eine Auseinandersetzung mit historischen Kunststofftypen unter Berücksichtigung der Zeit, aus der sie stammen, ist von besonderer Wichtigkeit, um die verschiedenen Materialien sicher identifizieren und sachgerecht behandeln zu können. Beispielsweise kann Cellulosenitrat kostbare Materialien wie Elfenbein, Schildpatt, Horn oder Bernstein imitierten und täuschend echt aussehen. Daher ist es unerlässlich, sich im Vorfeld über die gebräuchlichen Kunststofftypen zur betreffenden Zeit vertraut zu machen. Die Identifikation der Kunststoff-Bodenfunde wird zusätzlich durch die Vielzahl unterschiedlicher Kunststofftypen erschwert. Sie unterscheiden sich nicht nur in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren physikalischen Eigenschaften. Sie degradieren auch unter unterschiedlichen Einflüssen.

Kunststoffe, die heute als eigenständige Werkstoffgruppe wahrgenommen werden, galten bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vor allem als preisgünstige **Imitations- oder Ersatzstoffe**. Bevor synthetische Kunststoffe industriell verfügbar waren, wurden vor allem natürliche Polymere wie Elfenbein, Bernstein, Schildpatt, Schellack, Naturkautschuk oder Horn verwendet. Diese wurden, je nach Bedarf, thermisch oder mechanisch bearbeitet, um sie für Alltagsgegenstände, Schmuck oder andere Zwecke zu nutzen (Reuss 1999, 596).

Im 19. Jahrhundert führte jedoch die zunehmende Knappheit und Verteuerung dieser natürlichen Rohstoffe dazu, dass ihre Produkte für die breite Bevölkerungsschicht immer weniger leistbar waren. Dies erweckte das Interesse an Imitationsstoffen. Diese sollen das Aussehen und gewisse Eigenschaften der Naturstoffe nachahmen, jedoch günstiger und

einfacher herzustellen sein (Waentig 2004, 23; Braun 2017, 272). Die Abbildung 20 dient der besseren Veranschaulichung der bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelten Kunststoffe.

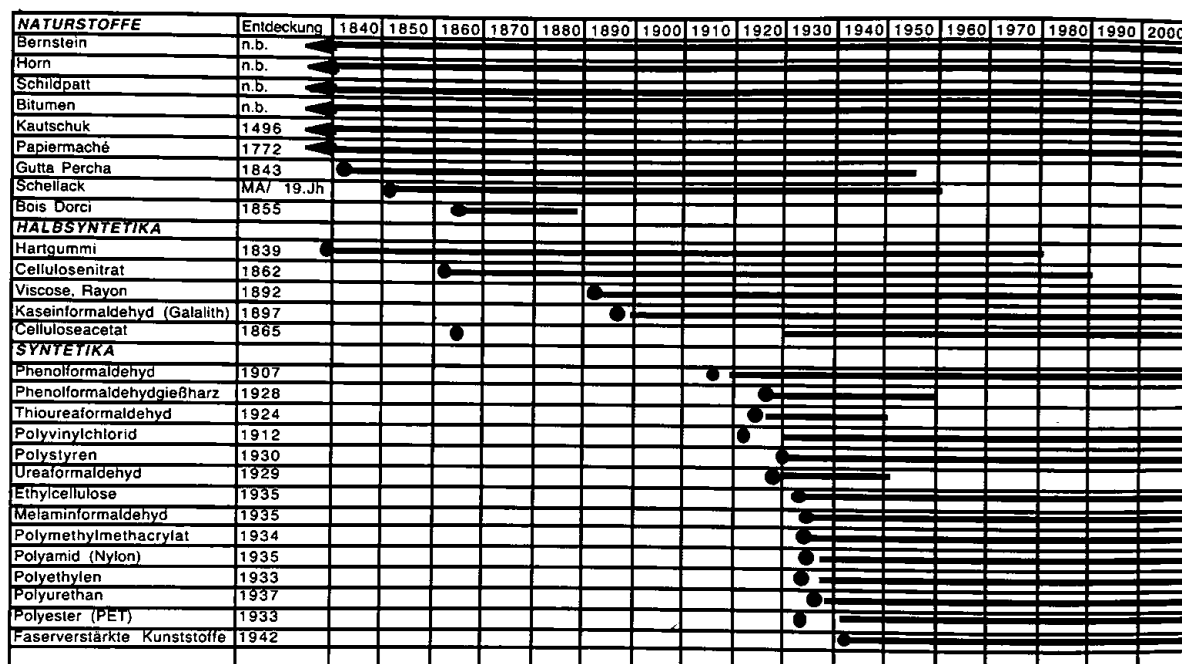


Abb. 20: Zeitstrahl der Kunststoffentwicklung, © Friederike Waentig

4.1.1. Literaturempfehlung und Online-Sammlungen als visuelle Hilfsmittel

In diesem Kapitel werden die Geschichte der Kunststoffe sowie ihre Anwendung nur in groben Zügen behandelt. Eine ausführliche Darstellung bieten die *Kleine Geschichte der Kunststoffe* (Braun 2017) und *The Routledge Handbook of Archaeology and Plastics* (Godin u. a. 2024), die einen fundierten Überblick über die Entwicklung und Vielfalt der Kunststoffe vermitteln. Neben der Literatur können auch digitale Ressourcen, wie *A Curator's Guide to Plastics* (Museum of Design in Plastics 2007) und *Plastic Identification Tool* (Project Plastics 2019), als ergänzende Hilfsmittel genutzt werden. Zusätzlich gehen die empfohlenen Literaturquellen auf die Herstellungstechniken der verschiedenen Kunststoffe ein, die zugleich wertvolle Hinweise zur Identifizierung der Materialien liefern.

Kunststoffe sind unter vielen verschiedenen Bezeichnungen bekannt, was die Zuordnung erschweren kann. Das Design Museum Gent hat in Kooperation mit dem Stedelijk Museum voor Actuele Kunst und der Technischen Hochschule Köln einen mehrsprachigen Thesaurus (Englisch/Deutsch/Niederländisch) erarbeitet. Er unterstützt dabei Begriffe zuzuordnen und Kunststoffe eindeutig zu benennen (Design Museum Gent, o. J.). Darin werden nicht nur die Materialbegriffe dokumentiert, sondern auch die verschiedenen Herstellungstechniken.

Um einen visuellen Überblick über die Vielfalt historischer und moderner Kunststoffobjekte zu gewinnen, lohnt sich ein Blick in die Online-Sammlungen des Deutschen Museums (Deutsches Museum, o. J.), des Technischen Museums Wien (Technisches Museum Wien, o. J.), des Deutschen Kunststoff Museums (Deutsches Kunststoff Museum, o. J.) sowie der

Smithsonian Institution (National Air and Space Museum, o. J.). So lassen sich die Gestaltung und Anwendung der Objekte besser nachvollziehen.

4.1.2. Aufbau und Einteilung von Kunststoffen

Kunststoff ist nicht gleich Kunststoff: So wie es bei Metallen verschiedene Arten und Legierungen gibt, unterscheiden sich auch Kunststofftypen voneinander. Doch was verbindet all diese Arten trotz ihrer Vielfalt und wie können sie eingeteilt werden?

Kunststoffe sind Polymere. Diese chemischen Verbindungen bestehen aus Molekülketten, die sich aus sich wiederholenden Bausteinen, den sogenannten Monomeren, zusammensetzen. Deren Anordnung kann auf vielfältige Weise miteinander verknüpft sein (Cowie und Arrighi 2008, 3). Polymere können in drei Entstehungskategorien klassifiziert werden: natürliche, halbsynthetische und synthetische Polymere. Wie der Name bereits andeutet, sind **natürliche Polymere** natürlichen Ursprungs und kommen in der Natur vor. Dazu zählen unter anderem Cellulose, Schildpatt, Schellack sowie Naturkautschuk. **Halbsynthetische Polymere** entstehen durch eine chemische Modifizierung natürlicher Polymere mithilfe organischer Verbindungen. Ein Beispiel ist die Reaktion von Cellulose mit Nitriersäure, bei der Cellulosenitrat entsteht. **Synthetische Polymere** werden hingegen künstlich erzeugt und oft aus Rohstoffen wie Erdöl und Erdgas hergestellt (Van Oosten u. a. 2022, 17-18).

Weitere Informationen zu den chemischen und physikalischen Eigenschaften von Kunststoffen bietet das Buch *Caring for Plastics* (Coughlin 2025) sowie die Website *A Curator's Guide to Plastics* (Museum of Design in Plastics 2007).

4.1.3. Kunststoffe als Imitationsstoffe

Ein Beispiel für einen vorläufigen Kunststofftyp ist **Gutta-Percha**, das 1843 entdeckt wurde. Gutta-Percha wird aus dem Milchsaft des tropischen Baums *Palaquium gutta* erzeugt und ist chemisch mit Naturkautschuk verwandt. Es wurde vielseitig verwendet: von Zahnfüllungen und chirurgischen Instrumenten über Schuhsohlen, Rohre und Bilderrahmen bis hin zu Golfbällen, wo es heute noch zum Einsatz kommt (Waentig 2004, 20, 176-177).

Bois Durci ist ein weiterer vorläufiger Kunststofftyp, der aus natürlichen Polymeren 1855 entstanden ist. Es besteht aus einer Mischung aus Holzmehl und Rinderblut. Daraus entstand ein harter, tiefbrauner bis schwarzer Duroplast, der formstabil und langlebig ist. Es wurde unter anderem für Schreibutensilien, Medaillons, Schmuck und Messergriffe verwendet (Waentig 2004, 26).

Ein bedeutender Durchbruch gelang 1839 mit der Vulkanisierung von Naturkautschuk, bei der das natürliche Polymer mit Schwefel chemisch vernetzt wird. Das ermöglichte die Entfernung der unerwünschten Eigenschaften des Kautschuks wie die Klebrigkeit und Löslichkeit. Der dabei entstandene Kunststoff **Hartgummi**, auch unter dem Handelsnamen *Ebonit* bekannt,

zeichnet sich durch seine Formstabilität und Isolierfähigkeit aus. Hartgummi wurde für die Herstellung von Kämmen, Schreibgeräten und Schmuck, aber auch in elektrischen Geräten, Röhren und Pumpen verwendet. Aufgrund seiner Mischbarkeit mit weißen und roten Pigmenten wurde Hartgummi zu einem bevorzugten Material für die Imitation von Zahnfleisch und kam daher häufig bei der Herstellung von Zahnprothesen zum Einsatz. Er gewann als Material für Reifen von Kutschen zunehmend an Bedeutung. Doch die Nachfrage konnte mit natürlichem Kautschuk nicht mehr gedeckt werden, weshalb man im 20. Jahrhundert begann hat nach Alternativen zu suchen (Wurmitsch 2020, 3-4; Waentig 2004, 23, 179-180; Van Oosten u. a. 2022, 33).

Parallel zum Hartgummi wurde in den 1850er-Jahren das erste halbsynthetische Polymer entdeckt: **Cellulosenitrat**. Christian Friedrich Schönbein stellte zufällig bei der Mischung von Cellulose und Salpetersäure die sogenannte Schießbaumwolle her, die den Weg zum ersten thermoplastischen und transparenten Kunststoff ebnete. Alexander Parkes präsentierte 1862 auf der dritten Weltausstellung das erste nutzbare Cellulosenitrat-Produkt, das er *Parkesine* nannte. Aufgrund eines Patentstreits konnte er seine Erfindung nicht durchsetzen, weshalb das Material nun unter dem Handelsnamen *Celluloid* bekannt ist. Celluloid entsteht durch die Nitrierung von Cellulose in Kombination mit dem Weichmacher Campher. Cellulosenitrat gilt als einer der ersten formbaren Kunststofftypen. Dank seiner Transparenz und Farblosigkeit konnte er in zahlreichen Bereichen eingesetzt werden: von Hygieneartikeln wie Zahnbürsten bis hin zu militärischen Anwendungen.¹² Besonders im 20. Jahrhundert wurde es für Fliegerbrillen und Sichtfenster in Flugzeugen verwendet, da es leichter und bruchfester war als Glas. Zudem wurde Celluloid ein bevorzugter Imitationsstoff für natürliche Polymere wie Schildpatt, da es sich gut einfärben und gestalten ließ (Madden 2019; Waentig 2004, 203; Wurmitsch 2020, 4).

Der erste Kunststoff auf Basis von Kasein wurde im Jahr 1892 von Adolf Spittler zur Patentierung angemeldet. Zwar gab es bereits frühe Versuche Kasein umzuwandeln, doch erst Adolf Spittler gelang es, durch die Kombination von Kasein mit Formaldehyd eine formbare Masse herzustellen. Das Ergebnis war der Kunststoff **Casein-Formaldehyd**, bekannt unter dem Begriff *Galalith*. Es ist ein harter, hornartiger Kunststoff, der sich auch gut einfärben lässt. Er stellte eine Konkurrenz zu Cellulosenitrat dar, da er im Gegensatz zu diesem nicht entzündlich war. Aufgrund seiner Eigenschaften wurde er besonders gerne zur Imitation von Elfenbein, Horn oder Korallen verwendet. Typische Einsatzbereiche waren unter anderem Spielzeuge, Griffe, Knöpfe, Schmuck und viele weitere Alltagsgegenstände (Wurmitsch 2020, 4-5; Waentig 2004, 222-223).

¹² Zu Objekten aus CN siehe die Online-Sammlung des National Air and Space Museum

4.1.4. Kunststoffe als Ersatzstoffe

Im Jahr 1909 kam der Durchbruch in der Kunststoffindustrie: Erstmals gelang die technische Herstellung von **Phenol-Formaldehyd**. Damit entstand das erste vollständig synthetisch erzeugte Polymer, das unter dem Handelsnamen *Bakelit* bekannt wurde. Die Entwicklung dieses Materials eröffnete völlig neue Möglichkeiten in der Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen. Ursprünglich sollte *Bakelit* Materialien wie *Celluloid*, *Ebonit* und Horn ersetzen. Doch schon bald zeigte sich, dass *Bakelit* weit mehr war als nur ein Ersatzstoff. Durch seine harte, äußerst widerstandsfähige und hitzebeständige Struktur erwies es sich als hochwertiger technischer Werkstoff, der eigenständig bewertet und genutzt wurde. *Bakelit* wurde vor allem in der Elektroindustrie verwendet, da es sich als ein sehr guter elektrischer Isolator erwies. Der neue Kunststoff eignete sich für die Herstellung von Gehäusen und Bauteilen für Radios, Telefone, Schalter und andere elektrische Geräte. Er bot nicht nur eine sichere Isolierung, sondern auch eine robuste, langlebige Oberfläche sowie eine charakteristische dunkle Optik, die meist in Braun- oder Schwarztönen gehalten war (Waentig 2004, 228-230; Wurmisch 2020, 5; Braun 2017a, 228).

Obwohl **Celluloseacetat** bereits 1865 entdeckt wurde, begann erst ab 1919 eine industrielle Massenproduktion (Braun 2017, 312). Ursprünglich war Celluloseacetat als Ersatzstoff für Cellulosenitrat gedacht und ahmte daher auch Materialien wie Schildpatt oder Elfenbein nach. Bis heute wird es unter anderem für die Herstellung der meisten Haarspangen, Sonnen- und Brillenfassungen verwendet. Celluloseacetat und Cellulosenitrat sind chemisch verwandt und zeigen deswegen ähnliche Abbau- bzw. Degradationsprozesse. Besonders beliebt waren diese Kunststoffe in der Produktion von Haarutensilien, sowie bei Zigarettendosen und anderen Alltagsgegenständen (Project Plastics 2019).

Je populärer *Bakelit* wurde, desto deutlicher zeigte sich das Bedürfnis nach mehr Farbvielfalt. Die charakteristischen dunklen Farbtöne des *Bakelits* wurden im alltäglichen Gebrauch als unzureichend empfunden. Als Reaktion darauf entstanden die Aminoplaste. Die bekanntesten Aminoplaste sind Melaminharz (**Melamin-Formaldehyd**) und Harnstoffharz (**Harnstoff-Formaldehyd**).¹³ Das Harnstoffharz wurde seit Ende der 1930er-Jahre eingesetzt und ab 1941 zunehmend von Melaminharz ersetzt, da Melaminharz eine bessere Beständigkeit gegenüber Wasser und Hitze aufwies. Im Gegensatz zu immer opakem Melaminharz kann das Harnstoffharz auch transluzent erscheinen. Beide Kunststoffe wurden überwiegend in hellen Farben produziert und kamen häufig bei Haushalts- und Küchenutensilien wie Tellern, Eierbechern und ähnlichen Alltagsgegenständen zum Einsatz (Braun 2017a, 244-246; Project Plastics 2019).

¹³ Zu den Aminoplasten zählt auch Casein-Formaldehyd.

Polystyrol wurde bereits im 19. Jahrhundert synthetisiert, fand jedoch in dieser Zeit keine praktische Anwendung. Erst in den 1930er-Jahren ermöglichte ein neues Herstellungsverfahren, das Spritzgussverfahren, seine industrielle Verarbeitung. Besonders in Deutschland setzte sich der Werkstoff durch. Aufgrund seiner klaren Transparenz, Formstabilität sowie Beständigkeit gegenüber Säuren und Laugen wurde er sowohl für alltägliche als auch technische Gegenstände eingesetzt.

Parallel dazu etablierte sich in den 1920er- und 1930er-Jahren eine neue Generation von vollsynthetischen Kunststoffen, die aus ungesättigten Monomeren wie Ethylen erzeugt wurden. **Polyethylen** zählt heute zu den meistproduzierten Kunststoffen. Die Entdeckung des Kunststoffs entstand 1933 zufällig in den Laboren der Firma Imperial Chemical Industries, wo Ethylen einem hohen Druck ausgesetzt wurde und einen weißen, wachsartigen Feststoff bildete. Polyethylen besitzt sehr gute elektrische Isoliereigenschaften und ist chemisch beständig. Das technische Potential des Materials wurde früh erkannt und es wurde noch vor dem Zweiten Weltkrieg industriell produziert. Polyethylen wurde vor allem für die Isolierung von Unterwasser- und Hochfrequenzkabeln verwendet (Shashoua 2008, 28-29).

Polyurethan wurde 1937 erstmals in Deutschland entwickelt, konnte sich jedoch aufgrund des Zweiten Weltkriegs nicht international verbreiten. Die erste kommerzielle Form war Polyurethanschaum, der bis heute unter anderem für Kissen, Matratzen und zur Schalldämmung verwendet wird. Die Vielseitigkeit des Polyurethans wurde schon damals erkannt und bei der Rohstoffknappheit nach dem Krieg ausgenutzt. Aus Polyurethan entstanden neben Schaumstoffen gummiartige Variationen, Beschichtungen und Klebstoffe (Coughlin 2025, 62).

Polymethylmethacrylat, auch als Acrylglas oder *Plexiglas* bekannt, gelangte Mitte der 1930er-Jahre nahezu zeitgleich in Deutschland und Großbritannien auf den Markt. Aufgrund seiner Transparenz, Bruchfestigkeit und Witterungsbeständigkeit wurde Acrylglas während des Krieges bevorzugt für Flugzeugkanzeln, Schutzscheiben und Verglasungselemente als Alternative zu Glas verwendet. Zwischen 1940 und 1943 stieg die Produktion infolge der hohen Nachfrage um rund 1.200 % (Braun 2017a, 275, 278; Shashoua 2008, 30).

Die Entwicklung und Nutzung von Kunststoffen nahmen während des Zweiten Weltkriegs rasant zu. In dieser Zeit begann man Kunststoffe nicht mehr nur als Ersatzstoff, sondern bewusst als eigene Werkstoffgruppe zu betrachten. Die Forschung konzentrierte sich nun darauf, neue Kunststofftypen zu entwickeln oder bestehende Kunststoffe gezielt in ihren Eigenschaften zu verbessern, um sie für technische und militärische Anforderungen leistungsfähiger zu machen. Sie kamen nun in Schutzrüstungen wie Gasmasken und Helmen sowie in Elektro- und Funktechnik zum Einsatz. Darunter entstanden Kunststoffe wie **Polyamide** (*Nylon*) und **Polyester** (Shashoua 2008, 30-31).

4.2. Unterscheidung der Kunststoffe von anderen Materialien

Der erste Schritt im sachgerechten Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden besteht darin, sie eindeutig von Materialien wie Glas, Knochen oder Holz zu unterscheiden. Das gestaltet sich jedoch oft schwierig, da historische Kunststoffe vor allem als Imitations- und Ersatzstoffe entwickelt wurden und in ihrem Erscheinungsbild gezielt andere Materialien nachahmen. Die Erkennung ist daher anspruchsvoll, bildet aber eine grundlegende Voraussetzung für einen fachgerechten Umgang mit diesen Objekten.

Die Vertrautheit mit der Geschichte der Kunststoffe und ihren typischen **Anwendungsbereichen** (wie z.B. Gasmasken, Zahnbürsten oder Radiogehäuse) bildet dabei eine wichtige Grundlage. Dieses Hintergrundwissen ermöglicht eine frühzeitige Einschätzung des Materials und die kann durch das Erkennen von **Markennamen** weiter eingegrenzt werden (Coughlin 2025, 34).

Anders als bei modernen Kunststoffen können bei historischen Objekten keine standardisierten Kennungszeichen herangezogen werden. Die heute üblichen Recyclingcodes (1 bis 7, z. B. „6“ für PS) wurden erst 1988 von der *Society of the Plastics Industry* eingeführt und können daher bei historischen Kunststofffunden nicht als Erkennungshilfe genutzt werden (Coughlin 2025, 33).

Ist eine historische Einordnung nicht möglich, wird die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften zur wesentlichen Methode der Erkennung von Kunststoffen.

Die **Farbwirkung** kann bereits auf den ersten Blick Hinweise darauf geben, ob es sich um Kunststoffobjekte handelt. Während natürliche Materialien meist in erdigen oder organisch wirkenden Farbtönen erscheinen, weisen Kunststoffe häufig deutlich intensivere Farben und eine gleichmäßigere Farbgebung auf. Charakteristisch sind auch Farbtöne, die in der Natur kaum vorkommen, wie etwa Violett, Rosa oder sehr tiefes Schwarz. Weitere Hinweise liefern die Transparenz oder die **Oberflächenbeschaffenheit** des Materials. Kunststoffe zeigen oft eine glatte, homogene Oberfläche ohne einer natürlich gewachsenen Struktur oder Maserung, wie sie beispielsweise bei organischen Materialien wie Holz oder Knochen vorzufinden ist (Shashoua 2008, 116). Auch die **Fluoreszenz** unter UV-Licht kann bei der Identifikation von Kunststoffen hilfreich sein. Die Website *A Summary of Ultra-Violet Fluorescent Materials Relevant to Conservation* (Measday u. a. 2017) bietet eine hilfreiche Übersicht über Materialien und deren Reaktion unter UV-Licht.

Nach den visuellen Eindrücken liefert das **Gewicht** des Objekts einen weiteren wichtigen Anhaltspunkt. Viele Kunststoffe besitzen eine geringere Dichte als beispielsweise Glas und wirken im Verhältnis zu ihrer Form deutlich leichter (Friederike Waentig, Videokonferenz mit der Autorin, 07. April 2025).

Auch die **Temperaturwahrnehmung** bei der Berührung kann zur Einschätzung beitragen. Aufgrund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit fühlen sich Kunststoffe im Gegensatz zu Keramik,

Metall und Glas meist neutral oder gar warm an. Dieser Temperaturunterschied ist insbesondere im direkten Vergleich deutlich (Domininghaus 2008, 71-72).

Auch die **Formgebung** eines Objekts kann bei der Erkennung von Kunststoff eine Rolle spielen. Viele historische Kunststoffe wurden beispielsweise im Press- oder Gussverfahren hergestellt. Diese Produktionsweise führt häufig zu sehr gleichmäßigen Strukturen und Wandstärken, die sich womöglich von handwerklich gefertigten Objekten unterscheiden können. Besonders aussagekräftig sind sichtbare Formnähte oder feine Trennlinien, die an Übergängen oder Kanten auftreten können. Solche Spuren entstehen durch zweiteilige Gussformen und sind ein typisches Merkmal industrieller Fertigung (Museum of Design in Plastics 2007).

Ergänzend zur eigenen Wahrnehmung und zum vorhandenen Fachwissen können digitale Ressourcen wie das **Plastic Identification Tool** (Project Plastics 2019) als unterstützende Hilfsmittel in den Erkennungsprozess einbezogen werden. Das Online-Werkzeug dient in erster Linie als Entscheidungshilfe, bei der durch eine Abfolge einfacher Fragen potentielle Kunststoffgruppen systematisch eingegrenzt werden (Project Plastics 2019). Es kann jedoch auch in diesem Kontext von Nutzen sein, da die spezifisch formulierten Entscheidungsfragen dazu anregen, das Objekt besonders genau zu betrachten. Auf diese Weise erweitert sich der Blick auf Details wie Oberflächenstruktur, Geruch oder Herstellungstechnik, die für die Erkennung von Kunststoffen relevant sein können.

Schlussendlich kann die Erkennung von Kunststoffen durch naturwissenschaftliche Untersuchungen ergänzt werden. **Instrumentelle Analyseverfahren** wie Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR) ermöglichen eine präzise Identifizierung der Kunststofftypen, stehen jedoch in situ üblicherweise nicht zur Verfügung (Coughlin 2025, 30).

4.3. Safe Handling von archäologischen Kunststoffen + Handout

In den letzten Jahren zeigte sich zunehmend, dass Kunststoff-Bodenfunde in Gedenkstätten zu den besonders empfindlichen Materialgruppen gehören.

Der Umgang mit archäologischen Kunststoffen sowie die Frage, inwiefern sich ihre Degradationsprozesse von nicht-archäologischen Kunststoffen unterscheiden, wurde bislang kaum erforscht. Trotz fehlender spezifischer Forschungen in diesem Bereich bieten museale Literaturquellen zum Umgang mit Kunststoffen wertvolle Hinweise, die sich zur Orientierung übertragen lassen.

Die **Fragilität** der Kunststoffobjekte ist auf den ersten Blick nicht erkennbar. Viele Objekte wirken stabil, obwohl sie bereits durch verschiedene Degradationsursachen geschwächt sein können. Ein einziger unvorsichtiger Handgriff kann oftmals ausreichen, um ein vermeintlich intaktes Objekt zu beschädigen. Eine rein visuelle Ersteinschätzung kann daher täuschend sein. Neben sichtbaren Veränderungen, wie Rissen, Verformungen und wachsartigen, öligen

oder klebrigen Oberflächen, kann der Geruchssinn wichtige Zeichen liefern (Coughlin 2025, 116, 130). Die Gerüche, die während des Abbauprozesses entstehen, sind je nach Kunststofftyp unterschiedlich. Der entstehende Geruch beim CN kann beispielsweise als stechend, kühl und minzig wahrgenommen werden.

Die Degradation von Kunststoffen ist von mehreren **Faktoren** abhängig. Sauerstoff, Temperatur, Licht, UV-Strahlung, Wasser und auch Feuchtigkeit spielen eine wesentliche Rolle bei der Alterung und können den Prozess beschleunigen. Ein weiterer entscheidender Faktor betrifft das Safe Handling und die Lagerungsentscheidungen. Unsachgemäßes Handling und eine ungünstige Lagerung können irreversible Schäden verursachen. Deshalb erfordert der Umgang mit archäologischen Kunststoffobjekten besondere Sorgfalt, um ihre Funktion als materielle Zeugnisse der Zeit zu bewahren.

Der Arbeitsraum sollte keine direkte Sonneneinstrahlung haben und gut belüftet sein. Eine stabile, gepolsterte Unterlage als **Arbeitsplatz** bietet zusätzlichen Schutz für die fragilen Objekte (Verband Der Restauratoren E. V. 2025, 196, 198).

Während der Arbeit mit den Objekten sind **Schutz und Sicherheit** sowohl für die Bodenfunde als auch für die Person bedeutend. Viele Kunststoffe setzen im Prozess der Degradation Stoffe frei, die gesundheitlich bedenklich sind. Weichmacher wie Phthalate, Chlorparaffine oder polychlorierte Biphenyle können im Laufe der Alterung aus dem Material an die Oberfläche des Objekts migrieren und sich als Tropfen oder Schicht ablagern. Diese Substanzen sollten nicht mit der Haut in direkten Kontakt kommen. Auch die entstehenden Gase können in konzentrierten Mengen oder bei zu langer Aussetzung reizend sein. Die gesundheitlichen Auswirkungen und die Expositionszeit zahlreicher Zusatzstoffe der historischen Kunststoffe sind bislang nicht umfassend erforscht worden, weshalb vorsichtiges Arbeiten unerlässlich ist (Coughlin 2025, 17-19). Augenschutz und Handschuhe sind sehr wichtig. Nicht jede Art von Handschuhen ist jedoch geeignet. Puderfreie Nitrilhandschuhe werden in den meisten Fällen empfohlen, da sie vor dem Großteil der bekannten Zusatzstoffe schützen. Wichtig ist, dass verschmutzte Handschuhe gewechselt werden, um Kontaminationen und ungewollte Übertragungen zu vermeiden (Ledoux u. a. 2023, 353).

Persönlicher Arm- und Handschmuck kann beim **Umgang** mit Kunststoff-Bodenfunden stören oder sie beschädigen. Es empfiehlt sich daher, diesen vor Arbeitsbeginn abzulegen.

Objekte sollten stets mit beiden Händen, von unten gestützt, getragen werden, um punktuelle Belastungen zu vermeiden. Filigrane Bereiche wie Henkel, Griffe oder dünne Vorsprünge dürfen keinesfalls als Haltepunkte genutzt werden, da sie leicht abbrechen können. Mehrteilige oder instabile Objekte sollten immer auf einem Tablett transportiert werden. Alle Bewegungen wie das Aufheben und Ablegen sollten ruhig und kontrolliert erfolgen, das Werfen oder Schütteln der Objekte ist zu vermeiden (Verband Der Restauratoren E. V. 2025, 187).

Sobald Unsicherheiten auftreten, ist eine **konservatorische Einschätzung** unerlässlich. Ein sachgerechter Umgang basiert auf einer engen Zusammenarbeit mit RestauratorInnen, die den Zustand beurteilen und bei Bedarf geeignete Maßnahmen empfehlen können. Besonders bei unklaren Materialien, auffälligen Gerüchen oder sichtbaren Schäden sollte ihre Expertise frühzeitig herangezogen werden.

Die **Reinigung** von Kunststoffoberflächen gilt als besonders komplex und zählt im Bereich der Konservierung und Restaurierung zu einer fachlich umstrittenen Maßnahme. Es existiert kein universelles Verfahren, da Kunststoffe je nach Zusammensetzung unterschiedlich auf Reinigungsmethoden reagieren können (Morrison und Nel 2023, 125). Selbst nicht-invasive Eingriffe können irreversible Schäden hervorrufen, weshalb Reinigungen grundsätzlich von RestauratorInnen durchgeführt oder zumindest eng begleitet werden sollten. Es stellt sich die Frage, wie ArchäologInnen Kunststoffobjekte reinigen können, ohne dabei unnötige Risiken einzugehen. Dabei ist es besonders relevant nur jene Bereiche zu behandeln, die für die Forschung oder Dokumentation tatsächlich erforderlich sind. Grundsätzlich sollten Reinigungen nur dann durchgeführt werden, wenn sie tatsächlich unerlässlich sind. Bei jeglicher Unsicherheit über potentielle Risiken ist der Eingriff zu unterlassen. Eine vollständige Oberflächenreinigung ist nicht das Ziel. Die Durchführung sollte sich auf begrenzte Bereiche beschränken, die die archäologischen Fragestellungen beantworten könnten, sprich Initialen, Herstellerangaben oder andere relevante Markierungen. Befindet sich das Objekt in einem instabilen Zustand und weist beispielsweise sichtbare Risse auf, ist eine Reinigung grundsätzlich nicht zu empfehlen. Falls dennoch ein Eingriff erforderlich ist, sollten notwendige Maßnahmen erst nach einer Rücksprache mit RestauratorInnen erfolgen.

Kein Wasser, keine Feuchtigkeit, keine Lösungsmittel, keine Tenside und Seifen werden bei der Reinigung für Forschungszwecke verwendet. Kunststoffe werden ausschließlich trocken gereinigt. Für eine sichere und nicht-invasive Trockenreinigung ist ein systematisches Vorgehen von großer Bedeutung. Nachdem der Zustand des Objekts geprüft und die relevanten Bereiche am Objekt entschieden wurden, empfiehlt sich eine fotografische Dokumentation. Vorher-Nachher-Aufnahmen mit einem Maßstab wie einem Lineal oder einer Münze ermöglichen eine bessere Nachverfolgung. Das Objekt sollte auf einer sauberen und ebenen Unterlage liegen. Eine Polsterung kann durch Bäusche oder Kissen aus Seidenpapier erreicht werden. Lockerer Schmutz und Staub kann vorsichtig mit einem weichen Pinsel wie etwa einem Ziegenhaar-Pinsel abgekehrt werden. Wachsartige, ölige und klebrige Auflagen können mit einem weichen, fusselfreien, trockenen Tuch, beispielsweise einem trockenen Brillenputz- oder Baumwolltuch, sanft mit einer tupfend- wischenden Bewegung entfernt werden (Verband Der Restauratoren E. V. 2025, 196). Fest haftende Verschmutzungen sollten grundsätzlich belassen werden. Wenn relevante Informationen verdeckt werden und diese

sehr wichtig sind, können die Verschmutzungen mit minimalem Druck mittels eines Holzstäbchens wie beispielsweise einem Zahnstocher vorsichtig entfernt werden.

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde für den Umgang mit archäologischen Kunststoffen zusätzlich ein praxisorientiertes **Handout** entwickelt. Es richtet sich primär an ArchäologInnen, die mit Kunststoff-Bodenfunden arbeiten und an ihnen forschen. Das Handout wurde jedoch so konzipiert, dass es auch von Mitarbeitenden an Gedenkstätten aus der NS-Zeit zur Orientierung verwendet werden kann.

Ausgangspunkt für die Erstellung des Handouts war die Erkenntnis, dass unsachgemäßer Umgang wie die Reinigung mit Leitungswasser bereits zu erheblichen Schäden an Objekten der Sammlung des Lern- und Gedenkortes Schloss Hartheim führte. Ziel des Handouts war es daher, grundlegende Anleitungen und Hinweise für den sachgemäßen Umgang mit archäologischem Kunststoff bereitzustellen und damit eine sichere Ermöglichung des Objektforschens zu schaffen.

Die Grundlage des Inhalts bildeten das *Einsatzbuch Kulturgut* des Verbands der Restauratoren (2024), der Artikel *Handling Heritage Objects* von Canadian Conservation Institute (2018) und das Buch *Properties of Plastics* von Thea B. van Oosten (2022).

Zur Erprobung des Handouts wurden Studierende des ersten Jahrgangs (Institut für Konservierung und Restaurierung) einbezogen. Ihr praktischer Umgang mit Objekten entspricht weitgehend dem Erfahrungsniveau von den Studierenden, die an den Bachelorseminaren beteiligt waren und bietet eine realistische Bewertung des Handouts. In der Testphase erhielten zwei Studentinnen die Aufgabe, mithilfe der vorliegenden Anleitung Kunststoffobjekte zu reinigen. Dabei habe ich versucht keine zusätzlichen Erläuterungen zu geben. Im Anschluss fanden gemeinsame Feedback-Runden mit den Studentinnen und der Fachbereich-Leitung Univ.-Ass. Dr.phil. Mag.art. Eva Lenhart statt.

Mit den vorgegebenen Schritten konnten gute Reinigungsergebnisse erzielt werden. Dennoch zeigte sich, dass selbst bei äußerst vorsichtigem Vorgehen vereinzelte Fragmente abbrachen (Abb. 21). Die beteiligten Studentinnen arbeiteten sehr rücksichtsvoll und setzten nur minimalen Druck ein, dennoch kam es zu Schäden an mehreren Objekten. Diese Beobachtung unterstreicht eindrücklich, wie fragil archäologische Kunststoffe sein können und wie schnell bereits geringe mechanische Belastungen zu Brüchen führen können. Damit wird auch deutlich, dass die Reinigung von Kunststoff-Bodenfunden zu Forschungszwecken nur mit großer Zurückhaltung erfolgen sollte. Sind Eingriffe unvermeidbar, müssen sie sorgfältig begründet, methodisch durchdacht und risikobewusst umgesetzt werden.



Abb. 21: Gereinigte Bereiche der Brille mit Inv. Nr. 6480

SENSIBLER UMGANG MIT ARCHÄOLOGISCHEN KUNSTSTOFFEN

Kunststoffe, die heute als eigenständige Werkstoffgruppe wahrgenommen werden, galten bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts im deutschsprachigen Raum vor allem als preisgünstige **Ersatz- oder Imitationsmaterialien**. Beispielsweise kann Cellulosenitrat kostbare Materialien wie Elfenbein, Schildpatt, Horn oder Bernstein täuschend echt imitierten. Wegen der Vielzahl an Kunststoffen ist die Kenntnis der zeittypischen Materialien für die Identifikation unerlässlich.

Hilfsmittel für die Erkennung von Kunststoffen

Buch:

Kleine Geschichte der Kunststoffe – Dietrich Braun (2017)
Caring for Plastics in Collections – Mary Coughlin (2025)

Website:

Plastic Identification Tool – Project Plastics
A curator's guide to plastics – Museum of Design in Plastics

Online-Sammlungen:

Technisches Museum Wien
Deutsches Museum
Deutsches Kunststoff Museum
National Air and Space Museum – Smithsonian Institute

Schadensfaktoren

- Wasser
- Feuchtigkeit
- Sauerstoff
- Hohe Temperatur
- Licht
- UV-Strahlung
- Ungünstige Lagerung
- Unsachgemäßes Handling

Obwohl Kunststoffe unterschiedliche Zusammensetzungen haben können, reagieren viele von ihnen auf ähnliche Schadensfaktoren. Sie gelten als empfindliche Materialien, die durch verschiedene äußere Einflüsse leicht geschädigt werden können. Zu den wichtigsten Faktoren zählen neben Feuchtigkeit, Licht und Sauerstoff, auch der Umgang durch den Menschen, wie unsachgemäßes Handling, Lagerungsbedingungen und Reinigungsmethoden.

Safe Handling

Die **Empfindlichkeit** zahlreicher Kunststoffe ist **auf den ersten Blick nicht erkennbar**.

Selbst äußerlich intakte Objekte können bereits geschwächt sein und bei geringster Belastung Schaden nehmen. **Kunststoffe sind fragiler als sie aussehen!**

Für die Zustandsbeurteilung kommen alle Sinne zum Einsatz, vor allem **Sehen** und **Riechen**:

Ein wahrnehmbarer Geruch deutet häufig auf eine begonnene Degradation hin. Einfach erkennbare visuelle Warnzeichen sind unter anderem Risse und wachsartige, ölige oder klebrige Oberflächen.

Da der Zustand der Kunststoff-Objekte schwer zu erkennen ist, ist es wichtig folgende Regeln zu befolgen:

- Persönlichen Arm- & Handschmuck entfernen
- Handschuhe, evtl. Schutzbrille, Maske, nutzen
- Objekte mit zwei Händen tragen
- Immer von unten stützen
- Objekte nicht an Henkeln, dünnen Vorsprüngen usw. tragen
- Objekte vorsichtig aufheben & hinlegen
- Mehrteilige/beschädigte Objekte auf Tablett transportieren
- Objekte nicht übereinander stapeln
- Nicht werfen, schütteln oder punktuell drücken

Zusammenarbeit mit Restaurator*innen

Ein sachgemäßer Umgang mit archäologischen Kunststoffen gelingt nur in enger Zusammenarbeit von Archäolog*innen und Restaurator*innen. Um Kunststoff-Objekte sicherer zu identifizieren, aber auch **Risiko-Nutzen-Analysen** durchzuführen, sollten bei der Auseinandersetzung mit verschiedenen Bodenfunden unbedingt Restaurator*innen hinzugezogen werden. Die Herstellung einer besseren Lesbarkeit kann mit Risiken wie Kratzern, Brüchen, Substanzverlust oder anderen Schäden einhergehen. Sind Schäden bei der Bearbeitung aufgetreten, zögern Sie nicht umgehend Restaurator*innen hinzuzuziehen.

Der Zerfallprozess eines Kunststoffs kann in manchen Fällen exponentiell verlaufen, weshalb schnelles Melden Objekte rettet!

Zielsetzung und Vorbereitung

Ist eine Reinigung wirklich notwendig? Reicht der momentane Zustand nicht bereits aus, um die gewünschten Informationen vom Objekt zu entnehmen? Jede Maßnahme kann das Objekt potentiell schädigen. **Das Ziel der Reinigung ist nicht eine vollständig gereinigte Oberfläche.**

Stark haftende Verschmutzungen oder Korrosionsprodukte (oft grün oder rot) sollten besser belassen werden, da ihr Entfernen leicht zu Kratzern oder anderen Schäden führen kann.

Weniger ist mehr!

Auch der Arbeitsplatz spielt eine wichtige Rolle. Direkte Sonneneinstrahlung, Wärme oder hohe Luftfeuchtigkeit sind ungünstig, da sie das Material zusätzlich belasten können. Ein schattiger Raum mit möglichst stabilen klimatischen Bedingungen bietet die besten Voraussetzungen für eine schonende Behandlung.

NO GO's

Kunststoff ist ein sehr empfindliches Material daher:

**KEIN WASSER
KEINE FEUCHTIGKEIT
KEINE SONNE
KEINE LÖSUNGSMITTEL
KEINE TENSIDE / SEIFE**



Reinigung für Forschungszwecke

Bei der Reinigung dürfen weder Chemikalien noch Tenside, Seifen oder Wasser zum Einsatz kommen. Die Maßnahme erfolgt nur trocken – auch leicht feuchte Tücher sind ungeeignet!

1. Vor der praktischen Maßnahme soll das Objekt genauestens untersucht werden und bewertet werden, ob eine Reinigung der gewollten Stellen notwendig ist
2. Vorher-Nachher-Aufnahmen, Lineal, Münze oder Maßstab beilegen
3. Objekt auf eine saubere und ebene Unterlage legen. Falls das Objekt nur punktuell aufliegt: Seidenpapier Bausch/Kissen darunterlegen
4. Staub und lockeren Schmutz vorsichtig mit einem weichen Pinsel (z.B. Ziegenhaar) abkehren (keine Borstenpinsel verwenden!)
5. **Nur bei geeigneter Unterlage:** Wachsartige, ölige oder klebrige Auflage mit einem weichen, fusselfreien, trockenen Tuch entfernen (z.B. Baumwoll- oder trockenes Brillenputztuch) sanft tupfen
6. **Nur wenn notwendig:** Fest haftende Verschmutzungen vorsichtig und mit minimalem Druck mithilfe eines Holzstäbchens (z.B. Zahnstocher) lösen, ansonsten belassen!

5. Messung des Schadenspotentials der PE-Beutel und Suche nach Alternativen

Im Rahmen der Schadensanalyse der Sammlung des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim zeigte sich, dass neben den verschiedenen Faktoren auch PE-Beutel Schäden an CN-Objekten verursachten. Die Verwendung von PE-Beuteln ist im archäologischen Bereich eine weit verbreitete Verpackungsmethode. Diese Lagerungsmethode kann bei bestimmten Materialien wie CN unbeabsichtigte Schäden hervorrufen, da der Abbauprozess in luftdicht abgeschlossenen Systemen nachweislich beschleunigt wird.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, das Schadenspotential der Lagerung von CN in PE-Beuteln zu analysieren. Durch eine Testreihe sollten sowohl das Risiko der Lagerung in PE-Beuteln klar belegt als auch praxistaugliche Alternativen identifiziert werden, die der besonderen Empfindlichkeit von CN gerecht werden und zum langfristigen Erhalt von Kunststoff-Bodenfunden beitragen.

5.1. Methodisches Vorgehen

Um die Auswirkung verschiedener Verpackungsmaterialien auf den Alterungsprozess von CN einschätzen zu können, wurden identische Probekörper unter unterschiedlichen Bedingungen gelagert und miteinander verglichen. Ziel war es zu beobachten, welche Verpackungsmethoden die Eigenschaften des CNs am wenigsten verändern oder beeinflussen.

5.1.1. Degradation von Cellulosenitrat

CN, auch in Form von Celluloid (CN mit Campher als Weichmacher), gehört aufgrund seiner Instabilität zu den problematischsten Kunststoffen in musealen Sammlungen. Die Degradation von CN ist autokatalytisch, weshalb die Geschwindigkeit des Zerfallsprozesses mit der Zeit exponentiell zunimmt. Dieser Prozess kann in Extremfällen zum vollständigen Zusammenbruch des Objekts führen und gleichzeitig andere Objekte in der Umgebung beschädigen. Vergilbung, Deformation, Schrumpfung, Rissbildung und Zerfall in kubische Fragmente sind einige der visuellen Anzeichen des Alterungsprozesses. Weitere Zeichen sind Geruchsentwicklung und der Verlust von Weichmachern, der das Material zunehmend brüchig macht (Chavez Lozano u. a. 2023; Elsässer u. a. 2022, 9).

Elsässer, Pamplona und Trischler (Elsässer u. a. 2022) haben sich infolge der Forschung zur Kaltlagerung von CN-Objekten mit der Degradation von CN auseinandergesetzt.

Sie beobachteten vor allem drei chemische und physikalische Degradationsphänomene (Elsässer u. a. 2022, 10):

1. CN spaltet hydrolytisch bei Kontakt mit Wasser Nitrogruppen ($-\text{NO}_2$) ab. Dabei entstehen Stickoxide, die in feuchter Umgebung zu salpetriger Säure und Salpetersäure weiterreagieren können. Die entstehende Säure lagert sich auf der Oberfläche des Materials ab und kann das Polymer angreifen. So können sie einen autokatalytischen Zerfallsprozess starten. Diese Reaktion kann zusätzlich verstärkt werden, wenn das Material in einem geschlossenen System aufbewahrt wird, da die akkumulierten, stickstoffoxidreichen Gase als Katalysator wirken.
2. Bei der Alterung von CN kommt es zu Brüchen in der Polymermatrix, bei denen die Kettenlänge des Materials verkürzt wird. Mit sinkendem Molekulargewicht verliert das Material die ursprüngliche Stabilität und wird zunehmend bruchempfindlicher.
3. Eine weitere Ursache, die zur Brüchigkeit des Objekts beiträgt, ist der Verlust des Weichmachers. In den meisten Fällen ist der Weichmacher vieler CN-Objekte Campher. Er liegt ursprünglich in einem hohen Anteil von etwa 20 bis 33 % vor. Aufgrund seiner flüchtigen Eigenschaft beginnt Campher bereits bei moderaten Temperaturen zu evaporieren und hinterlässt Hohlräume im Material. Somit verliert das Objekt seine Elastizität und reagiert zunehmend spröde auf mechanische Belastung.

Die chemischen Vorgänge auf Ebene der Kettenbindungen wurden von Neves (2023) in seiner Dissertation detailliert untersucht und beschrieben. Wie Neves, Elsässer und die weiteren Autoren beschreiben, ist die erste Phase der Denitrifikation von CN die homolytische Spaltung der Bindung zwischen der Polymerstruktur und den RO-NO_2 -Gruppen. Dabei entstehen Alkoxyradikale ($\text{RO}\cdot$) und ein Stickstoffradikal ($\cdot\text{NO}_2$). Das $\cdot\text{NO}_2$ reagiert weiter, indem es ein abgespaltenes Wasserstoffatom ($\cdot\text{H}$) der Umgebung entzieht und zu salpetrige Säure (HNO_2) wird. HNO_2 kann nun als Ausgangspunkt für zwei Reaktionen dienen: Homolytisch ($\text{RO-NO}_2 \rightarrow \text{RO}\cdot + \cdot\text{NO}_2$) oder heterolytisch ($\text{RO-NO}_2 \rightarrow \text{RO}^+ + \text{NO}_2^-$). Die heterolytische Reaktion ist energieaufwendiger, findet aber aufgrund der niedrigen Aktivierungsenergie schneller statt. Das freigesetzte $\cdot\text{NO}_2$ kann zusätzlich mit Wasser (H_2O) reagieren und zu salpetriger Säure und Salpetersäure (HNO_2 und HNO_3) werden (Abb. 22) (Neves 2023, 24).

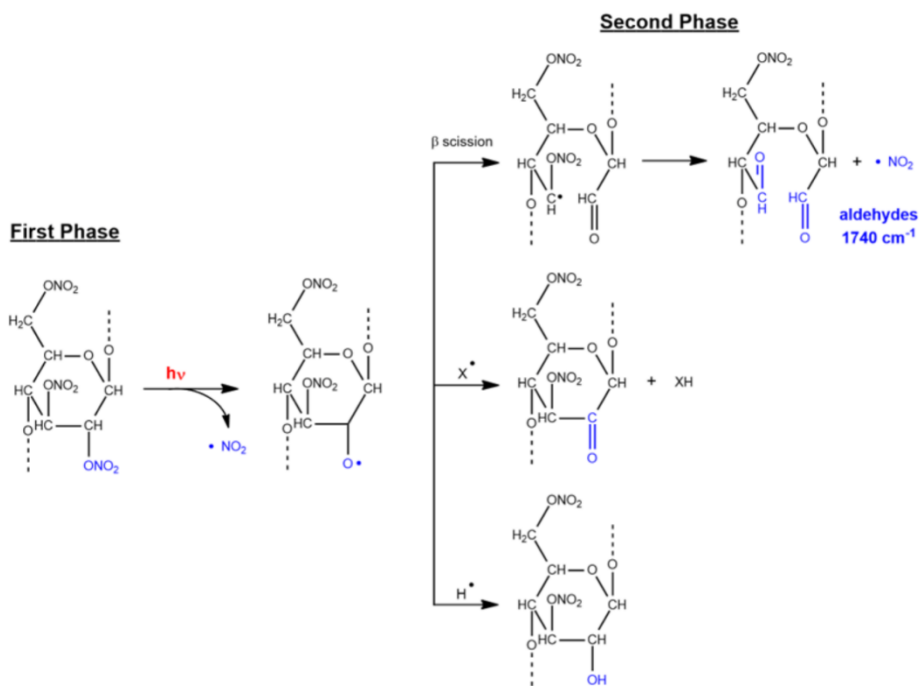


Abb. 22: Durch Licht ($h\nu$) ausgelöster chemischer Verlaufsprozess von CN in der ersten und zweiten Phase

In der zweiten Phase der Degradation wird der Reaktionsverlauf unterschiedlich beschrieben. Eine Interpretation geht davon aus, dass $\text{RO}^\bullet$ die Polymerstruktur angreifen und so eine Kettenspaltung auslösen. Infolge dieser Reaktion entstehen weitere NO_2 , die sich in Aldehydgruppen ($-\text{CHO}$) im Material verwandeln. Dieser Vorgang konnte auch durch infrarotspektroskopische Untersuchungen nachgewiesen werden. Die neuere Interpretation geht davon aus, dass $\text{RO}^\bullet$ nicht nur Kettenspaltungen auslösen, sondern auch funktionelle Gruppen im Polymer verändern können. Bei der Aufnahme eines $\text{H}^\bullet$ kann eine Hydroxylgruppe ($-\text{OH}$) entstehen. Wird ein $\text{H}^\bullet$ entzogen, kann sich eine Ketogruppe ($>\text{C}=\text{O}$) bilden. Für welche Reaktion sich $\text{RO}^\bullet$ (in Abb. 22 als $\text{X}^\bullet$ abgebildet) entscheiden, hängt von der Umgebung ab (Abb. 22). Der Wasserstoffentzug spielt in dieser Phase eine zentrale Rolle, weil das $\text{H}^\bullet$ am Kohlenstoff direkt neben dem Ether-Sauerstoff ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$) besonders reaktiv ist. Unter Licht- und Sauerstoffeinfluss bildet sich an dieser Stelle bevorzugt ein Makroradikal. Dieses kann dann weiter zu einem Hydroperoxid ($-\text{OOH}$) werden, was zu einen wichtigen Übergang für die nächsten Abbaustufen wird (Neves 2023, 25). In diesen Phasen kommt es auch zu weiteren hydrolytischen Reaktionen, die die Polymerstruktur schwächen und den Abbau beschleunigen. Bei diesen Reaktionen werden vor allem die Esterbindungen in den amorphen Bereichen des Materials angegriffen, wodurch sowohl Nitrogruppen als auch Bindungen der Hauptketten geschädigt werden (Abb. 23). Durch die hydrolytische Denitration entstehen NO_2 , die in Anwesenheit von Feuchtigkeit zu HNO_2 und insbesondere zu HNO_3 reagieren. Die entstehende Säure senkt den pH-Wert und fördert weitere Prozesse, wodurch sich die Zersetzungsrate deutlich erhöht (Chavez Lozano u. a. 2023, 2-3).

Eine genauere Beschreibung der Abbauprozesse und die ausführliche Darstellung der dritten Phase finden sich in der Dissertation *Cellulose Nitrate Objects in Collections: History of Science and Technology Hand in Hand with Conservation of Cultural Heritage* (Neves 2023) und in *Shedding Light on Degradation Gradients in Celluloid: An ATR-FTIR Study of Artificially and Naturally Aged Specimens* (Chavez Lozano u. a. 2023).

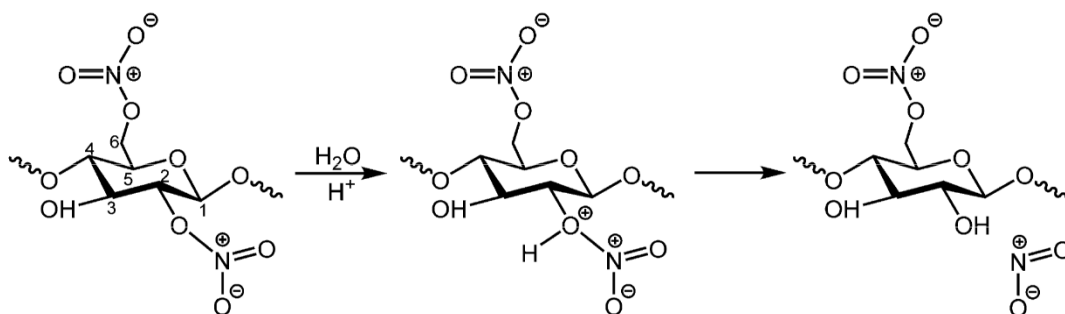


Abb. 23: Mögliche schematische Darstellung des hydrolytischen Prozesses

5.1.2. Probekörper und ihre Vorbereitung

Zu Beginn der Testreihe musste entschieden werden, ob mit historischen CN-Objekten oder mit neu hergestellten Probekörpern gearbeitet werden soll. Da die Degradation von CN nicht gleichmäßig im Material verläuft und weder die Lagerungs- noch Nutzungsgeschichte von historischen CN-Objekten zuverlässig nachvollzogen werden kann, bieten Originalobjekte allein keine sichere und verlässliche Grundlage für vergleichende Untersuchungen. Aus diesem Grund wurde bewusst auf neu produziertes Material zurückgegriffen. Eine einheitliche Materialstärke war dabei entscheidend, um unter standardisierten Bedingungen reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde CN aufgrund der hohen Entflammbarkeit und materialimmanenten Instabilität zunehmend durch andere, stabilere Kunststoffe ersetzt (Piccolo u. a. 2025, 2). Dessen industrielle Produktion ist heutzutage selten, was den Erwerb eines CN-Produkts erschwert. Zudem ist beim Kauf von Kunststoff-Produkten oft nicht verlässlich erkennbar, ob der angegebene Kunststoff tatsächlich vorliegt. Um diese Unsicherheit zu vermeiden, wurde daher ein Produkt gewählt, das bereits bei mehreren CN-Degradation-Forschungsprojekten eingesetzt wurde, unter anderem bei *The Impact of Humidity in the Thermal Ageing of Celluloid: An Inter-Scale Investigation* (Piccolo u. a. 2025a) und *Mock-Ups in Plastic Conservation Research: Processing and Aging of 3D Celluloid Specimens Simulating Historical Object* (Elsässer u. a. 2023). Dabei handelt es sich um CN-Platten namens Incudo Clear Transparent Celluloid Sheet RF0 (Rothko and Frost™, UK)¹⁴, bei denen die Materialzusammensetzung eindeutig als CN (mit Campher als Weichmacher)

¹⁴ Die Datenblätter für CN befinden sich im Anhang II

nachgewiesen ist. Da transparente, insbesondere farblose CN schneller degradieren als opake, wurden für diese Testreihe transparente und farblose CN-Platten (Format: 200 x 100 x 0,5 mm) gewählt (Elsässer u. a. 2023, 3; Quye 2017, 53).

Die Probekörper wurden mit einer scharfen Klinge auf ein einheitliches Format von 50 x 20 x 0,5 mm zugeschnitten. Insgesamt gibt es 40 Probekörper.

5.1.3. Auswahl der Materialien und Aufbewahrungssysteme

Bei der Auswahl der Aufbewahrungssysteme musste zunächst geprüft werden, welche Materialien und Verpackungsformen sich hinsichtlich Verfügbarkeit, Handhabung, Kosten und praktischer Umsetzbarkeit am besten eignen. Zusätzlich wurde berücksichtigt, welche Produkte bereits im archäologischen Bereich etabliert und daher für ArchäologInnen vertraut und problemlos beschaffbar sind.

• **PE-Beutel**

PE-Beutel wurden bewusst in die Untersuchung aufgenommen, da sie im archäologischen Bereich häufig verwendet werden, wie auch im Fall der Bodenfunde aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim. Mit diesem Versuch konnte getestet werden, welche Auswirkungen die Beutel auf CN unter kontrollierten Bedingungen haben. Für die Untersuchung wurden PE-Druckverschlussbeutel von Mecaferm® (Medewo, Schweiz) im Format 100 x 150 mm mit einer Materialstärke von 75 µm ausgewählt.

• **Manuell (M) perforierte PE-Beutel**

Um eine mögliche Verbesserung bestehender archäologischer Verpackungspraktiken zu testen, wurden identische PE-Beutel experimentell modifiziert. Sie wurden manuell mit einem Kopiererrädchen in 10 mm Abständen horizontal perforiert, um Luftzirkulation zu ermöglichen (Abb. 24). Ziel war es zu prüfen, ob diese Art der Modifikation im Notfall als pragmatische Lösung einsetzbar wäre, vor allem in Situationen, in denen eine luftdurchlässige Verpackung aus konservatorischer Sicht sinnvoll erscheint.

• **Industriell (I) mikroperforierte PE-Beutel**

Zusätzlich wurden industriell mikroperforierte PE-Druckverschlussbeutel von Minigrip® (Long Life for Art, Deutschland) im Format 100 x 150 mm mit einer Materialstärke von 50 µm getestet. Diese Beutel verfügen über Mikrolöcher, die alle 10 mm voneinander entfernt sind. Laut den Herstellerangaben werden sie für feuchte archäologische Funde empfohlen, da sie eine Belüftung ermöglichen.



Abb 24: Darstellung der verschiedenen PE-Beuteltypen: PE-Beutel, PE-Beutel (M), PE-Beutel (I)

• Seidenpapier

Seidenpapier ist ein weit verbreitetes Verpackungsmaterial in Museen und im archäologischen Bereich, da es weich und pH-neutral ist. Um standardisierte Versuchsbedingungen zu gewährleisten, wurden die Probekörper in einheitlich gefaltete Einschlagformen nach dem Prinzip des „Apothekerbriefchens“, ohne Anwendung von Klebstoff, verpackt. Das Seidenpapier wurde dafür auf 240 x 240 mm zugeschnitten, sodass das fertige Kuvert Objekte bis zirka 50 x 110 x 20 mm fassen kann. Durch die leichte Transparenz des Materials bleibt der Inhalt im Kuvert erkennbar.

• Gepuffertes Seidenpapier

Parallel wurde gepuffertes Seidenpapier mit einem pH-Wert von 8 bis 9 (Klug Conservation, Deutschland) eingesetzt, das mit Calciumcarbonat (GCC) gepuffert ist und im musealen Umgang mit Kunststoff empfohlen wird. Auch hier wurde dieselbe Apothekerbriefchen-Faltung verwendet, um vergleichbare Bedingungen herzustellen.

• Tyvek-Umschläge

Tyvek-Umschläge im Format 324 x 229 mm (Bong, Schweden) wurden als weitere Verpackungsoption einbezogen. Tyvek ist im konservatorischen Bereich weit verbreitet, da das Material reißfest, wasserabweisend und gleichzeitig atmungsaktiv ist. Die Umschläge werden industriell hergestellt, sind in größeren Stückzahlen leicht erhältlich und könnten eine praktikable und kostengünstige Lagerungslösung darstellen, sofern sie bei der Testreihe keine schädigende Wirkung auf CN zeigen.

Für die Seitenverklebung der Umschläge wurde der Dispersionskleber *EUKALIN 6405 VL UV* und für die Verschlusslasche der Hotmelt-Klebstoff *EUKALIN 6550 VL 150 UV* verwendet. Die Stabilität und Alterungsbeständigkeit der Kleber sind nicht dokumentiert, weshalb im Zuge der Untersuchung ein Oddy-Test durchgeführt wurde, um ihr potentiell Emissions- und Schadensrisiko zu prüfen.

5.1.4. Bewitterung und Lagerung der Probekörper

Die durchgeführte Testreihe umfasste zwei verschiedene Bewitterungsvarianten. Die Alterung der Probekörper fand unter stark bewitterten sowie unter milden bewitterten Bedingungen statt. Zur Vereinfachung werden in dieser Arbeit stark bewitterte als „bewittert“ und mild bewitterte Bedingungen als „nicht-bewittert“ bezeichnet. Dies ermöglicht die Untersuchung früher Degradationsprozesse von CN in verschiedenen Aufbewahrungssystemen unter unterschiedlichen Bedingungen.

Die Durchführung der Bewitterung basierte auf vorläufigen Testreihen. Die geeigneten Klimaparameter ließen sich aus mehreren Fachartikeln zu künstlicher Alterung von CN ableiten und wurden auf eine Temperatur von 70 °C und eine RH von 75 % festgelegt (Piccolo u. a. 2025b). Die Bewitterungsdauer dieser Versuche konnte nicht genau übernommen

werden. In der Studie *Shedding Light on Degradation Gradients in Celluloid: An ATR-FTIR Study of Artificially and Naturally Aged Specimens* (Chavez Lozano u. a. 2023) wurden die Probekörper für eine bessere Luftzirkulation im Klimaschrank aufgehängt. Für die vorliegende Testreihe war diese Methode unpassend, da die Probekörper in verschiedenen Verpackungen liegend altern sollten. Mithilfe vorläufiger Testreihen wurde daher eine Zeitspanne ermittelt, die auswertbare Veränderungen zeigt, ohne die geplanten Untersuchungsmethoden, insbesondere die Messung der Ultraschallgeschwindigkeit und des Massenverlusts, zu beeinträchtigen. Nach den gelungenen, vorläufigen Testreihen hat die Bewitterung der Probekörper in Kooperation mit dem Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe¹⁵ im Klimaschrank¹⁶ mit Umluft für 76 Stunden bei 70 °C (± 3 °C) und 75 % RH (± 5 %) stattgefunden.

Parallel wurde eine nicht-bewitterte Variante in einem dunklen, temperaturstabilen Raum (ca. 21 °C) begonnen. Die Probekörper wurden über einen Zeitraum von 51 Tagen in den verschiedenen Aufbewahrungssystemen in diesem Raum gelagert.

Für jede der beiden Varianten wurden 19 Probekörper eingesetzt, von denen jeweils drei Probekörper pro Aufbewahrungssystem verwendet wurden. Es wurden zusätzlich zwei Blank-Probekörper (einer pro Versuch) eingesetzt, die gemeinsam mit den Probekörpern der bewitterten und nicht-bewitterten Variante gealtert und als Referenz herangezogen wurden. Diese Blank-Probekörper wurden nicht verpackt und lose auf Petrischalen aus Glas gelagert. Nach Ablauf der beiden Varianten wurden die 40 Probekörper aus den Verpackungssystemen entnommen, auf Petrischalen (aus Glas) gelegt und im selben dunklen, temperaturstabilen Raum gelagert. Zum Staubschutz wurden sie mit Seidenpapier abgedeckt und im Anschluss mit den vorgesehenen Untersuchungsmethoden ausgewertet.

5.1.5. Wahl der Untersuchungsmethoden

Zur Beurteilung der CN-Probekörper wurden visuelle, chemische und physikalische Veränderungen erfasst. Insgesamt kamen sechs Untersuchungsmethoden zum Einsatz:

- **Visuelle, haptische und olfaktorische Veränderungen**

Neben den instrumentellen Analysen wurden sichtbare und sinnlich wahrnehmbare Veränderungen erfasst. Dazu wurden visuelle, haptische und olfaktorische Merkmale systematisch dokumentiert, um die Ergebnisse der unterschiedlichen Aufbewahrungssysteme sowie der beiden Varianten besser vergleichen zu können.

¹⁵ Die Durchführung im Klimaschrank wurde betreut von Ing. Gerhard Emsenhuber, Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, Universität für Bodenkultur Wien

¹⁶ Kühlbrutschrank WTC-Binder, Typ 3724009900310, Umluft (Binder, Deutschland)

Zur Erfassung visueller Veränderungen wie Schrumpfung, Blasenbildung oder Veränderung der Oberflächentextur wurden Vorher-Nachher-Aufnahmen angefertigt. Für die Dokumentation kam das 4K-Mikroskop VHX-7000 (Keyence, Japan) zum Einsatz, mit dessen Hilfe visuelle Veränderungen sichtbar gemacht wurden.

Beim Öffnen der Aufbewahrungssysteme wurde zusätzlich beobachtet, ob eine Haftung zwischen Probekörper und Verpackungsmaterial auftrat. Dabei wurde auch darauf geachtet, ob Gerüche wahrgenommen werden konnten.

Es wurde erwartet, dass die Probekörper des bewitterten Versuchs ausgeprägtere visuelle, haptische und olfaktorische Veränderungen aufweisen als die des nicht-bewitterten. In den PE-Beuteltypen kann die Akkumulation saurer Gase sowie sublimierter Weichmacher in Kombination mit erhöhter Temperatur und RH die Bildung von Salpetersäure und Ausbildung von Weichmachertröpfchen begünstigen, wodurch eine klebrige, haftende Oberflächenbeschaffenheit gefördert wird (Wei u. a. 2019, 1; Elsässer u. a. 2022, 10).

• A-D Strips

Acid-Detecting (A-D) Strips sind Indikationsstreifen, die in einem pH-Bereich von 6 bis 4 reagieren. Sie dienen zum Nachweis von Säureemissionen und verändern bei Detektion saurer Gase ihre Farbe von Blau über Grün bis hin zu Gelb (Elsässer u. a. 2023, 6). Ursprünglich wurden die A-D Strips 1995 vom Image Permanence Institute für die Bewertung der Alterung von Celluloseacetat-Filmen entwickelt. Sie werden jedoch mittlerweile auch bei anderen Materialien wie CN angewendet. Es ist zu berücksichtigen, dass eine RH zwischen 60 % und 90 % zu verstärkten Farbveränderungen der A-D Strips führen kann (Coughlin 2025, 118-120). Ziel des Einsatzes der A-D Strips war es zunächst, die Farbveränderungen der Indikatoren in den jeweiligen Aufbewahrungssystemen zu dokumentieren. Grundsätzlich wird empfohlen, die A-D Strips nicht direkt auf das Objekt zu legen, da die Möglichkeit besteht, dass der Farbstoff des Indikators zu ungewollten Verfärbungen führen kann (Coughlin 2025, 118). Um jedoch die Gasdurchlässigkeit der unterschiedlichen Verpackungssysteme zu untersuchen, wurden die A-D Strips direkt auf die Probekörper gelegt. Die A-D Strips wurden jeweils zur Hälfte auf den Probekörpern positioniert, sodass beim Farbumschlag eine klar erkennbare Grenzlinie zwischen dem aufliegenden und nicht aufliegenden Bereich entstehen konnte. Diese Kantenbildung wurde anschließend zwischen den verschiedenen Aufbewahrungssystemen verglichen.

Bei einer hohen Gasdurchlässigkeit des jeweiligen Aufbewahrungssystems wurde erwartet, dass der nicht aufliegende Bereich der A-D Strips unverändert bleibt und seine blaue Ausgangsfarbe beibehält. Die Faserstruktur der beiden Seidenpapiertypen ließ eine vergleichsweise hohe Gasdurchlässigkeit und daher eine scharfe Kantenbildung erwarten. Bei den PE-Beuteltypen war hingegen mit einer sehr starken Farbveränderung der Indikatoren zu rechnen, sodass die Kanten nicht mehr eindeutig erkennbar wären.

• Massenverlust

Das Gewicht der Probekörper wurde vor und nach der Bewitterung bei Raumtemperatur mit der Analysenwaage A299S (Sartorius, Deutschland) bestimmt. Nach Abschluss der Alterung der bewitterten und nicht-bewitterten Variante wurde der Massenverlust jedes einzelnen Probekörpers dokumentiert. Zur Bewertung der Ergebnisse wurden die Messwerte als prozentuale Massenverluste berechnet. Hierzu wurden die jeweils ermittelten Tageswerte vom Ausgangsgewicht (vor der Alterung) subtrahiert und in Prozente umgerechnet. Für jedes Aufbewahrungssystem wurde anschließend der Mittelwert ermittelt, um die Ergebnisse sowohl zwischen den Aufbewahrungssystemen als auch zwischen den verschiedenen Varianten vergleichbar darstellen zu können.

Die Probekörper in den PE-Beuteltypen der bewitterten Variante weisen voraussichtlich höhere Massenverluste auf, da die geringe Gasdurchlässigkeit der Verpackungssysteme die Akkumulation saurer Gase begünstigt und die Degradation des Materials beschleunigt (Coughlin 2025, 50).

• FTIR-ATR

Für die Analyse wurde ein Fourier-Transform-Infrarotspektrometer mit abgeschwächter Totalreflexion (FTIR-ATR), das Nicolet iS50 (Thermo Scientific, USA) mit Diamant-ATR-Kristall (Ge) und gekühltem MCT-Detektor, eingesetzt. Der erfasste Spektralbereich betrug $4.000-600\text{ cm}^{-1}$, aufgenommen wurden 64 Scans bei einer spektralen Auflösung von 4 cm^{-1} . Ziel war es, die Degradation zu beurteilen und daraus resultierende chemische Veränderungen zu erfassen. Pro Probekörper wurden fünf Messpunkte untersucht (ein zentraler Messpunkt sowie je einer in den vier Ecken), um lokale Variationen zu erfassen. Die Untersuchungen wurden gemeinsam mit Sen.Lect. Dr.rer.nat. Marta Anghelone durchgeführt.

Bei frischem beziehungsweise wenig gealtertem CN dominieren die Absorptionsbanden der Nitratestergruppen im Bereich um 1.660 cm^{-1} , 1.280 cm^{-1} und 840 cm^{-1} . Mit fortschreitender Alterung verändern sich die relativen Intensitäten im Spektrum. Die Banden der Nitratestergruppen nehmen ab, während der Peak der C-O Streckschwingungen um 1.000 cm^{-1} an Intensität gewinnt (Brunner 2015, 18).

Diese Veränderungen im Spektrum waren insbesondere bei den bewitterten Probekörpern zu erwarten.

• Ultraschallgeschwindigkeit

Zur Erfassung möglicher materialphysikalischer Veränderungen der Probekörper nach der Alterung wurde die Ultraschallgeschwindigkeit bestimmt. Die Messung erfolgte mit dem Ultraschallmessgerät Pundit PL-200 (Proceq, Deutschland) mit 54 kHz Exponential-Schallköpfen (Proceq, Deutschland). Die Geräteeinstellungen wurden standardisiert gehalten und betrugen: 25 Hz Frequenz, 54 MHz Wiederholungsfrequenz, 400 V Anregungsspannung und 200-fache Verstärkung. Die Erfassung der Daten erfolgte im Durchschallungsverfahren

mit zwei gegenüberliegenden Schallköpfen. Zur Auswertung wurde jeweils das erste eintreffende Signal herangezogen.

Die Messung der Ultraschallgeschwindigkeit an gealtertem CN stellt keine etablierte Untersuchungsmethode dar. In dieser Arbeit wurde sie dennoch eingesetzt, um mögliche Unterschiede zwischen den Probekörpern unterschiedlicher Aufbewahrungssysteme zu erfassen. Die Ergebnisse wurden zusätzlich mit den Messwerten der Blank-Probekörper verglichen, um einschätzen zu können, wie sich das Material unter den gegebenen Klimabedingungen ohne Einfluss einer Verpackung veränderte.

Landais (2011) zeigt in seiner Arbeit zur Ultraschallcharakterisierung von gealtertem Polycarbonat, dass die Ultraschallgeschwindigkeit allein nur eingeschränkt zur Bewertung von Degradation geeignet ist, da auch bei deutlich verändertem Materialverhalten nur geringe Geschwindigkeitsunterschiede auftreten (Landais 2011, 75-76). Die hier gewonnenen Messwerte wurden daher nicht zur Zustandsbewertung genutzt, sondern als Anhaltspunkte zur Beobachtung möglicher physikalischer Unterschiede zwischen den Probekörpern.

Es wurde angenommen, dass sich die Ultraschallgeschwindigkeiten der bewitterten Probekörper im Vergleich zu jenen der nicht-bewitterten Probekörper aufgrund der möglichen Deformation und Schrumpfung im Verlauf der Bewitterung stärker unterscheiden.

• pH-Wert

Für die Bestimmung der unterschiedlichen Säurebildung infolge der Alterung wurde eine pH-Messung nach der Methodik aus dem Artikel *Chemical and Physical Testing of Cellulose Nitrate Samples* (Mahanthappa 2022) durchgeführt. Dabei wurde jeweils eine Probe (50 mg) in 5 mL deionisiertem Wasser in einem luftdichten Behälter bei Raumtemperatur für 24 Stunden gelagert. Ziel dieser Methode war es, säurehaltige Abbauprodukte, die während der Alterung entstehen, in einer wässrigen Lösung anzureichern, um sie dort indirekt über den pH-Wert nachweisen zu können (Mahanthappa 2022, 6). Nach der Einwirkzeit wurde der pH-Wert der Lösung mithilfe von pH-Indikatorpapier, pH-Fix 0-14 (MACHEREY-NAGEL, Deutschland) und dem digitalen pH-Messgerät LAQUAtwin pH-11 (Horiba, Japan) bestimmt.

Mit zunehmender Degradation eines Probekörpers kommt es zur Bildung saurer Abbauprodukte, wodurch ein niedrigerer pH-Wert zu erwarten ist (Chavez Lozano u. a. 2023, 2-3).

5.2. Ergebnisse der Testreihe

Nach Abschluss der Untersuchungen werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der durchgeführten Testreihen vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt auf den (stark) bewitterten Probekörpern, da sich an ihnen die deutlichsten physikalischen und chemischen Veränderungen beobachten ließen. Die parallel 51 Tage bei milder Bewitterung (nicht-bewittert) gelagerten Probekörper dienen als ergänzender Vergleich.

• Visuelle, haptische und olfaktorische Veränderungen

Nach einer Lagerungsdauer von 51 Tagen zeigten die nicht-bewitterten Probekörper keine wahrnehmbaren Veränderungen. Im Vergleich dazu ließen sich bei den bewitterten Probekörpern deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Aufbewahrungssystemen feststellen. Wie in Tabelle 4 ersichtlich, wiesen alle bewitterten Probekörper eine leichte Schrumpfung auf.

Sowohl die Probekörper in geschlossenen PE-Beuteln als auch in mikroperforierten (I) zeigten zusätzliche, teils fortgeschrittene Degradationserscheinungen. Unabhängig vom PE-Beuteltyp bildete sich nach dem Umsetzen der Probekörper auf Petrischalen ein charakteristischer weißlicher Belag auf der Glasoberfläche um die Probekörper herum. Dieser Niederschlag ist vermutlich auf Ausdampfprozesse zurückzuführen. Mittels FTIR-ATR-Analyse konnte bestätigt werden, dass es sich bei dem weißlichen Belag um stark degradiertes CN handelt. Mithilfe der Vorher-Nachher-Aufnahmen konnten bei PE-Beutel und PE-Beutel (I) Probekörpern sehr starke visuelle Veränderungen festgestellt werden. Bei beiden PE-Beuteltypen wurden an den Probekörpern ausgeprägte Deformationen, Blasenbildungen, Risse und in einigen Fällen sogar Löcher beobachtet (Abb. 25 und 26).

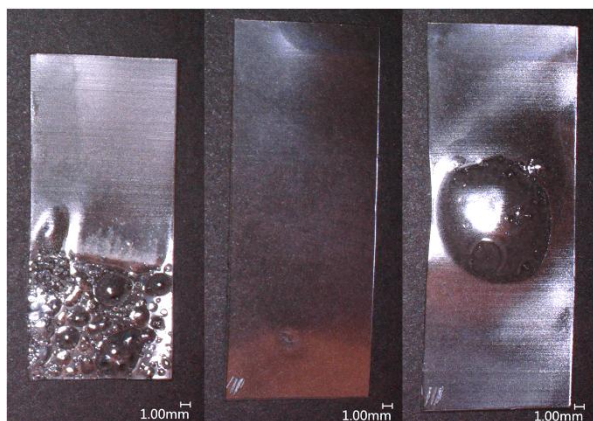


Abb. 25: Bewitterte Probekörper der PE-Beutel

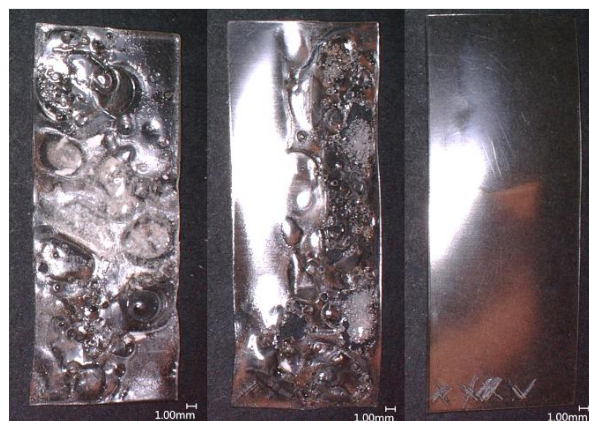


Abb. 26: Bewitterte Probekörper der PE-Beutel (I)

Die Probekörper der PE-Beutel (M) wiesen im Vergleich zu den anderen PE-Beuteltypen die geringsten Veränderungen auf. Zwar klebten sie beim Herausnehmen leicht an der Oberfläche des Beutels, zeigten danach aber keine auffälligen visuellen Oberflächenveränderungen.

Besonders kritisch war der Zustand der Probekörper der PE-Beutel (I). Diese zeigten massive Blasenbildungen, waren stark versprödet, extrem klebrig und gaben beim Öffnen der Beutel einen sehr intensiven, stechenden Geruch ab.

Auffällig war zudem, dass jeweils ein Probekörper der PE-Beutel und PE-Beutel (I) jeweils eine Probe vergleichsweise sehr beziehungsweise kaum verändert schien.

Aufbewahrungsmaterialien	Visuell	Haptisch	Olfaktorisch
PE-Beutel	Deformation, Blasenbildung, Risse, Bildung des weißlichen Belags, Schrumpfung	Klebrig	Starker Geruch
PE-Beutel (M)	Bildung des weißlichen Belags, Schrumpfung	Leicht klebrig	Leichter Geruch
PE-Beutel (I)	Deformation, Risse Schrumpfung Blasenbildung, Löcher, Bildung des weißlichen Belags	Sehr stark klebrig	Starker Geruch
Seidenpapier	Leichte Schrumpfung	Keine wahrnehmbaren Veränderungen	
Gepuffertes Seidenpapier			
Tyvek			
Referenz/Blank			

Tab. 4: Zusammenfassung der wahrnehmbaren Ergebnisse bei der bewitterten Testreihe

• A-D Strips

A-D Strips reagieren auf saure Gase mit einem Farbumschlag von Blau zu Gelb, wobei die Intensität der Farbveränderung mit der Menge freigesetzter Abbauprodukte zunimmt. Durch die Positionierung der A-D Strips auf den Probekörpern konnte eine Grenzlinie zwischen dem aufliegenden und dem nicht-aufliegenden Bereich erzeugt werden. Eine ausgeprägtere Kantenbildung trat nur bei hoher Gasdurchlässigkeit des jeweiligen Aufbewahrungssystems auf. Je höher die Gasdurchlässigkeit, desto schärfer war die abgebildete Grenzlinie.

Bei der nicht-bewitterten Variante (Abb. 27) zeigten die A-D Strips moderate Veränderungen. Wie erwartet, blieben die A-D Strips der Probekörper in Seidenpapier, gepuffertem Seidenpapier und Tyvek aufgrund der höheren Gasdurchlässigkeit größtenteils unverändert und behielten ihre blaue Farbe, während die A-D Strips von allen PE-Beuteltypen nahezu oder vollkommen gelb verfärbt wurden. In diesen Fällen waren die ursprünglichen Grenzlinien nicht mehr erkennbar, was darauf

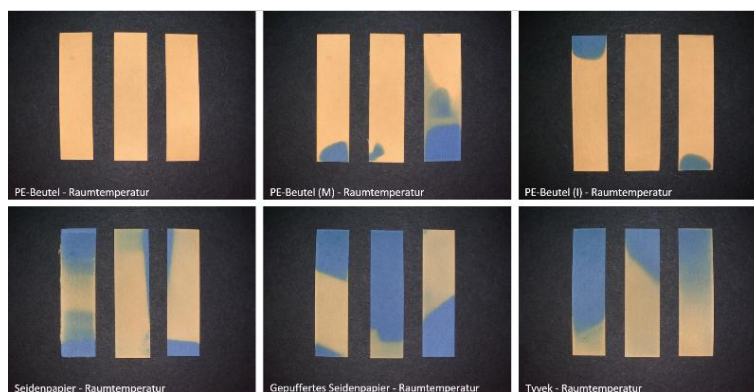


Abb. 27: A-D Strips der (mild bewitterten/) nicht-bewitterten Variante

hindeutet, dass weder die industriell noch die manuell gemachten Perforationen eine ausreichende Gasabfuhr ermöglichten.

Im Gegensatz dazu zeigt die bewitterte Variante deutlich kontrastreichere Ergebnisse (Abb. 28). Die drastischsten Farbumschläge der A-D Strips waren vor allem bei den PE-Beuteln und PE-Beuteln (I) ersichtlich. Die Undurchlässigkeit der Beutel verursachte eine

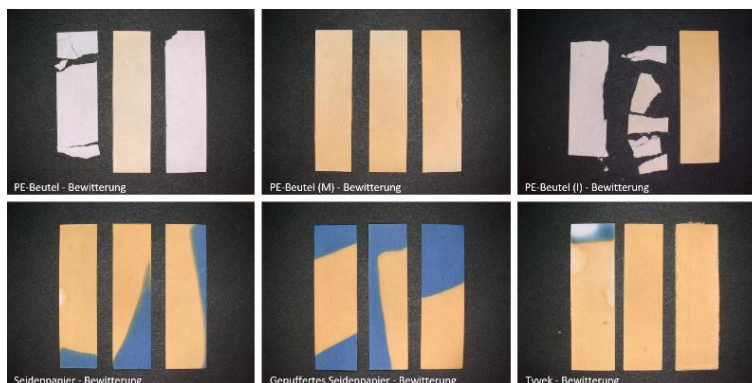


Abb. 28: A-D Strips der (stark) bewitterten Variante

Akkumulierung der entstehenden sauren Gase, sodass sich das Papier bei manchen der A-D Strips innerhalb der 76 Stunden zersetzte. Bei den PE-Beuteln (M) zeigten die A-D Strips an den oberen Kanten erste weißliche, gebleichte Bereiche, was ebenfalls auf eine hohe Aussetzung saurer Gase hindeutet. An einem der Tyvek A-D Strips war zudem erkennbar, dass ein Wassertropfen in den Umschlag gelangt sein musste, was zu einer untypischen lokalen Verfärbung führte. Die schärfsten Grenzlinien zwischen dem aufliegenden und dem nicht-aufliegenden Bereich hatten die A-D Strips der Probekörper in gepuffertem Seidenpapier, gefolgt von jenen in Seidenpapier.

• Massenverlust

Die Ergebnisse wurden als prozentuale Massenverluste ausgewertet. Die jeweiligen Tageswerte wurden vom Ausgangswert vor der Alterung subtrahiert und in Prozenten angegeben. Für jedes Aufbewahrungssystem wurde anschließend ein Mittelwert berechnet. Bei der nicht-bewitterten Variante zeigten sich insgesamt nur geringe Massenverluste, die im Bereich zwischen etwa 0,2 % und 0,4 % lagen (Abb. 29). Eine deutliche Differenzierung zwischen den Aufbewahrungssystemen ließ sich dabei nicht feststellen.

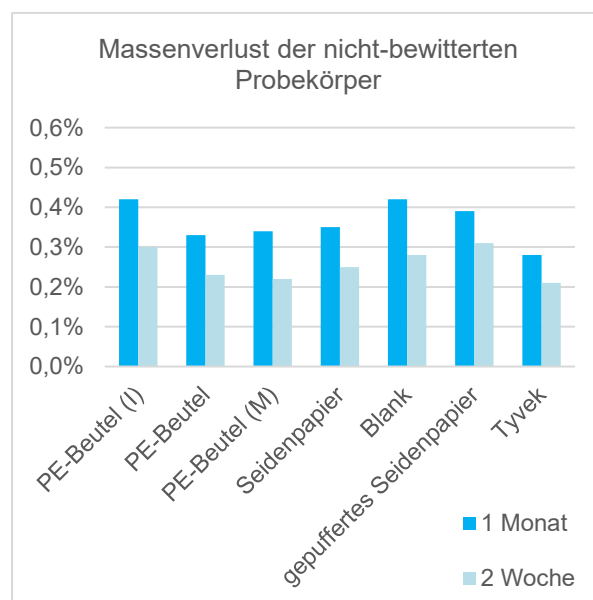


Abb. 29: Massenverlust der nicht-bewitterten Probekörper

Deutlich stärkere Veränderungen zeigten sich hingegen nach der starken Bewitterung. Insbesondere wiesen die Probekörper der

PE-Beuteltypen erhöhte Massenverluste auf. Die höchsten Werte wurden bei den Probekörpern der PE-Beutel (I) mit bis zu rund 12 % gemessen, was auf einen

fortgeschrittenen Degradationszustand hinweist. Der moderatere Massenverlust in Seidenpapier, gepuffertem Seidenpapier und Tyvek ähnelte jenem der Blank-Probekörper und betrug ungefähr 1 % (Abb. 30).

Er entsteht infolge der fortschreitenden Degradation des Materials. Je weiter der Abbau fortgeschritten ist, desto größer wird der Massenverlust, da vermehrt Abbauprodukte freigesetzt werden (Elsässer u. a. 2023, 15). Die Ergebnisse der vorliegenden Testreihe bestätigen diesen Zusammenhang. Die höchsten Massenverluste wurden bei den am meisten degradierten Probekörpern, nämlich jenen der PE-Beutel und PE-Beutel (I) festgestellt.

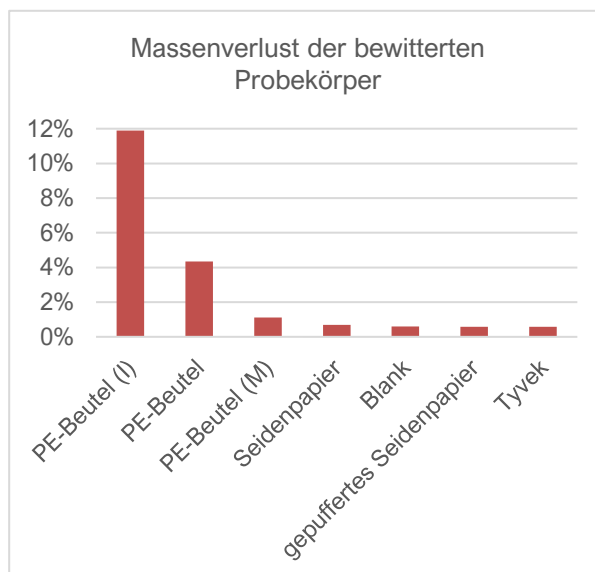


Abb. 30: Massenverlust der bewitterten Probekörper nach 14 Tagen

• FTIR

Anhand der FTIR-Spektren der bewitterten Probekörper aus den PE-Beuteltypen war eine abnehmende Intensität der NO_2 -Banden bei 826 cm^{-1} , 1.274 cm^{-1} und 1.632 cm^{-1} zu erkennen. Gleichzeitig zeigten sich eine Zunahme der OH-Streckbande bei 3.400 cm^{-1} sowie eine Zunahme der C-O-Bande im Bereich um 1.000 cm^{-1} (Abb. 31).

Im Spektrum des Blank-Probekörpers (schwarz) dominierten hingegen die NO_2 -Banden, was für frisches beziehungsweise wenig gealtertes CN üblich ist. Entsprechend ist der Peak der C O-Streckschwingungen um 1.000 cm^{-1} im Vergleich zu den Probekörpern aus den PE-Beuteltypen weniger intensiv (Brunner 2015, 18).

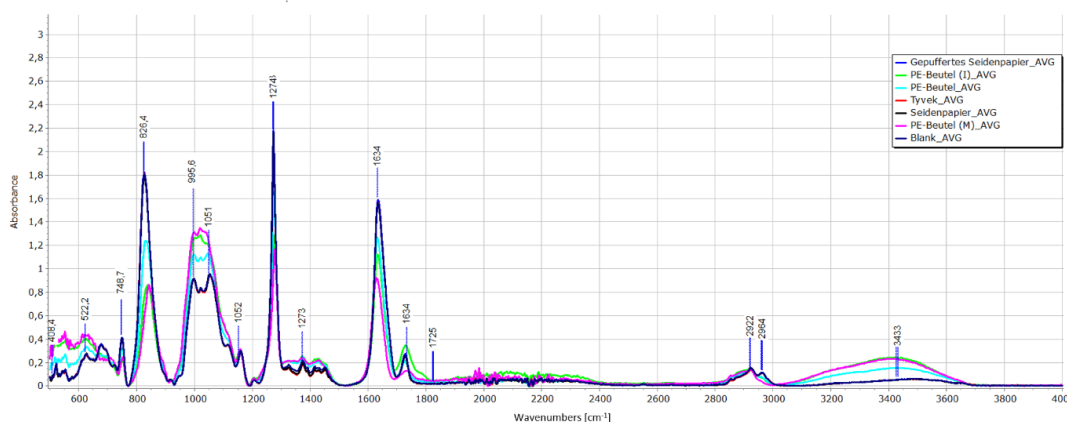


Abb. 31: FTIR-Spektren der bewitterten Probekörper aus den PE-Beuteltypen und Blank

• Ultraschallgeschwindigkeit

Die Ergebnisse der nicht-bewitterten Variante zeigten kaum Veränderungen in der Ultraschallgeschwindigkeit. Hingegen waren die Messwerte der bewitterten Probekörper kontrastreich. Alle Probekörper der PE-Beuteltypen wiesen eine deutlich höhere Geschwindigkeit auf, wobei die der Probekörper der PE-Beutel (M) am niedrigsten ist. Bei der Messung der PE-Beutel (I) brach einer der

Probekörper aufgrund des fragilen Zustands. Die Probekörper in Seidenpapier und gepuffertem Seidenpapier zeigten ähnliche Werte wie der Blank-Probekörper (Abb. 32).

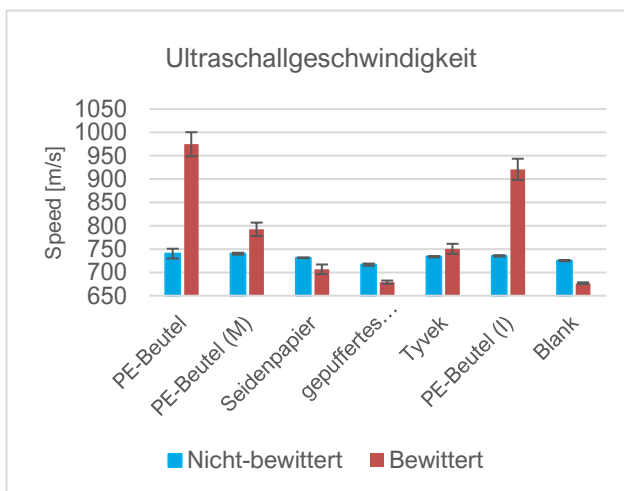


Abb. 32: Ultraschallgeschwindigkeit der bewitterten und nicht-bewitterten Probekörper

• pH-Wert

Der pH-Wert der nicht-bewitterten Probekörper blieb ungefähr gleich.

Die bewitterten Probekörper von PE-Beutel und PE-Beutel (I) hatten den niedrigsten pH-Wert mit rund 3,15. Die Probekörper in Tyvek, Seidenpapier und gepuffertem Seidenpapier ähnelten dem Blank-Probekörper, wobei die in gepuffertem Seidenpapier und Seidenpapier etwas basischer waren als die Referenz (Blank) selbst (Abb. 33). In der Abbildung 33 ist zu erkennen, dass gepuffertes Seidenpapier den höchsten pH-Wert hatte. Eine plausible Erklärung für den höheren Wert bei gepuffertem Seidenpapier ist, dass geringe Mengen des Calciumcarbonat-Puffers vom Material auf die Probekörper übergangen sind und dadurch den pH-Wert anhoben.

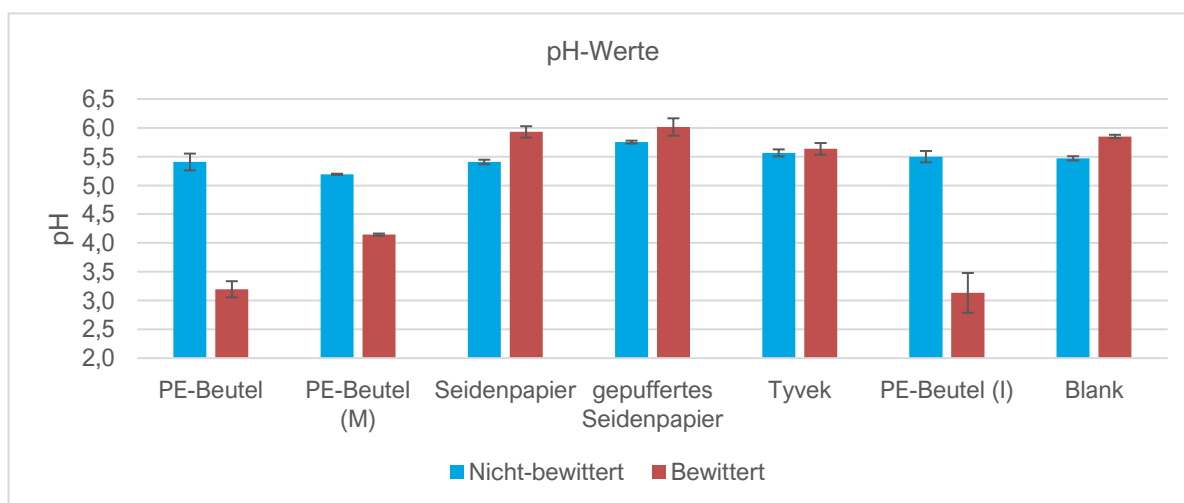


Abb. 33: pH-Wert aller Probekörper

5.3. Fazit der Testreihe

Die Gasdurchlässigkeit von Aufbewahrungssystemen ist für Kunststoffe wie CN von besonderer Bedeutung, da während der Alterung saure Abbauprodukte aus dem Material freigesetzt werden und den Zerfallsprozess beschleunigen können. Weist ein Aufbewahrungssystem keine ausreichende Gasdurchlässigkeit auf, können sich diese Abbauprodukte akkumulieren und als Katalysator wirken (Elsässer u. a. 2022 10).

Die Ergebnisse der nicht-bewitterten (mild bewitterten) Probekörper zeigten insgesamt nur minimale Veränderungen. Besonders aufschlussreich ist jedoch, dass bereits unter diesen milden Bedingungen nach 51 Tagen deutliche Unterschiede der Gasdurchlässigkeit der Aufbewahrungssysteme festgestellt werden konnten, die mithilfe der A-D Strips sichtbar wurden. Sowohl die beiden Seidenpapiertypen als auch Tyvek wiesen eine gute Gasdurchlässigkeit auf.

Die bewitterte (stark bewitterte) Variante lieferte hingegen anschauliche und klar interpretierbare Resultate (Tab. 5). Die Intensität der Verfärbung der A-D Strips steht im direkten Zusammenhang mit den visuellen, haptischen und olfaktorischen Veränderungen der Probekörper. Gering durchlässige Systeme wie PE-Beutel und PE-Beutel (I) führten zu den stärksten Farbumschlägen bis hin zur Bleichung des Papiers und zum Zerfall der A-D Strips. Parallel dazu zeigten deren CN-Probekörper die ausgeprägtesten Schadensbilder: Blasen-, Rissbildung, Oberflächenklebrigkeit sowie intensiv wahrnehmbare Gerüche beim Öffnen der Beutel.

Mit zunehmender Degradation bildet CN mehr saure Abbauprodukte, die sich auch auf der Oberfläche ablegen können. Sie gehen beim Kontakt mit Wasser in Lösung über, wodurch der pH-Wert messbar sinkt (Mahanthappa 2022, 6). Die Ergebnisse der pH-Analyse bestätigen dieses Verhalten. Die bewitterten Probekörper der PE-Beutel und PE-Beutel (I) zeigten mit Abstand die niedrigsten Werte.

Aufbewahrungssysteme	pH-Wert	Ultraschallgeschwindigkeit [m/s]	Massenverlust nach 14 Tagen [%]
PE-Beutel	3,20 ± 0,07	974,6 ± 12,92	4,35 %
PE-Beutel (M)	4,14 ± 0,01	792,3 ± 7,17	1,11 %
PE-Beutel (I)	3,13 ± 0,17	921,0 ± 11,35	11,90 %
Seidenpapier	5,93 ± 0,05	706,7 ± 5,12	0,69 %
Gepuff. Seidenpapier	6,01 ± 0,08	678,9 ± 1,83	0,58 %
Tyvek	5,63 ± 0,05	750,5 ± 5,38	0,57 %
Blank	5,85 ± 0	676,7 ± 1,00	0,60 %

Tab. 5: Zusammenfassung der bewitterten Probekörper

Neben der Zunahme der C-O-Banden im Bereich um 1.000 cm^{-1} zeigen die FTIR-ATR Spektren der PE-Beuteltypen eine abnehmende Intensität der NO_2 -Banden, was ein Hinweis auf eine höhere Denitration ist (Elsässer u. a. 2023, 15).

Da Untersuchungen mittels Ultraschallmessgerät bislang keine etablierte Methode sind, lassen sich die Resultate der Ultraschallgeschwindigkeit nur bedingt interpretieren. Die beobachtete Zunahme der Ultraschallgeschwindigkeit bei stärker degradierten Probekörpern lässt sich vermutlich auf strukturelle Veränderungen im Material zurückführen. Durch Deformation und Schrumpfung verliert der Probekörper die Elastizität und bekommt eine dichtere Matrix. Die Verdichtung ermöglicht, dass der Ultraschall schneller durch das Material wandert. Eine weitere plausible Hypothese ist, dass die Ultraschallgeschwindigkeit während der Degradation nicht kontinuierlich ansteigt, sondern nach Erreichen eines Maximums abnimmt. Mit fortschreitender Degradation entstehen zunehmend Risse und durch das Sublimieren von Campher Hohlräume im Material. Dadurch wird das Material poröser, was zu einer Verlangsamung der Ultraschallgeschwindigkeit führt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Seidenpapier, gepuffertes Seidenpapier und Tyvek für die Lagerung von CN besser geeignet sind als alle getesteten PE-Beuteltypen. In allen untersuchten Parametern schnitten die PE-Beuteltypen-Probekörper eindeutig am schlechtesten ab, insbesondere PE-Beutel (I). Seidenpapier, gepuffertes Seidenpapier und Tyvek zeigen hingegen nur minimale Veränderungen und eine deutlich höhere Gasdurchlässigkeit. Es ist zu berücksichtigen, dass entweichende Abbauprodukte benachbarte Objekte in der Umgebung angreifen und Korrosions- oder Degradationsprozesse fördern können. Daher ist eine Lagerung erforderlich, die genügend Luftaustausch gewährleistet.

Für die praktische Anwendung lassen sich Seidenpapier und gepuffertes Seidenpapier daher als geeignete Alternative zu PE-Beuteltypen empfehlen. Bei den Tyvek-Umschlägen ist zu berücksichtigen, dass die eingesetzten Klebstoffe¹⁷ bislang nicht abschließend konservatorisch bewertet werden konnten. In den bisherigen Oddy-Tests zeigten die Kupfer- und Silberproben gute Ergebnisse (Pass), während Bleiprobe minimale Veränderungen aufwiesen und mit P-T (zeitlich begrenzte Verwendung) bewertet wurden. Aufgrund technischer Probleme im Testsystem musste das Verfahren wiederholt werden. Die Ergebnisse des erneuten Oddy-Tests konnten jedoch aus zeitlichen Gründen nicht mehr in die Arbeit einbezogen werden.

¹⁷ Die Datenblätter der Klebstoffe befinden sich im Anhang II

Conclusio

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass archäologischer Kunststoff, insbesondere empfindliche Kunststofftypen wie Cellulosenitrat, ein bislang weitgehend unbeachtetes Material ist. Die spürbare Zunahme des Interesses in diesem Gebiet hängt unmittelbar mit der akuten Erkenntnis zusammen, dass sowohl in archäologischen Ausgrabungen als auch in Gedenkstätten zunehmend Kunststoff-Bodenfunde auftreten und dass einige der geborgenen Kunststoffe bereits nach kurzer Zeit degradieren. Die Gespräche mit Univ.-Prof. Dr.phil. Friederike Waentig (Kunststoffrestauratorin, Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft, TH Köln), Univ.-Prof. Dr.phil. Claudia Theune (Ehemalige Leiterin des Instituts für Urgeschichte und historische Archäologie, Universität Wien), Yvonne Burger M.A. (Sammlungsbetreuerin des KZ-Gedenkorts Mauthausen) und den Studierenden, die an den Bachelorseminaren im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim teilnahmen, offenbarten wichtige Einblicke in die aktuellen Herausforderungen im Umgang mit archäologischen Kunststoffobjekten und verdeutlichten, dass Kenntnisse über Kunststoffe häufig lückenhaft sind. Ihre Erkennung, Identifikation und ein sachgerechter Umgang sind nicht ausreichend bekannt.

Ein Kapitel widmet sich demnach dem sachgemäßen Umgang mit archäologischen Kunststoffen. Es vermittelt grundlegendes Wissen über die Geschichte, Fragilität und die Erkennungsmerkmale und erläutert zentrale Prinzipien eines sicheren und verantwortungsbewussten Handlings von Kunststoff-Bodenfunden. Das Ziel dabei ist, ein Bewusstsein für die Vielfalt und Empfindlichkeit der Kunststoffe zu schaffen und die Sensibilität im praktischen Umgang zu stärken, insbesondere in Situationen, in denen restauratorische Betreuung nicht ausreichend gewährleistet ist. Um das Wissen auch in der Praxis anwendbarer zu gestalten, ist ein Teil des Inhalts zusätzlich komprimiert und in Form eines Handouts verfasst. Dieses soll eine schnelle Orientierung ermöglichen, besonders wenn eine Reinigung oder andere Maßnahmen zu Forschungszwecken notwendig erscheinen.

Die Testreihe zur Messung des Schadenspotentials der PE-Beutel und die Suche nach Alternativen zu Cellulosenitrat-Probekörpern belegen klar, dass PE-Druckverschlussbeutel (mit und ohne Mikroperforierung) als langfristige Lagerungsmethode ungeeignet sind. Die Ergebnisse zeigen, dass unter luftdichten Bedingungen die Degradation der Probekörper eindeutig steigt. Die stark bewitterten Probekörper zeigten ausgeprägte visuelle Veränderungen, stärkeren Massenverlust und niedrigere pH-Werte. Die Lagerungen in Seidenpapier, gepuffertem Seidenpapier und Tyvek-Umschlägen zeigten hingegen bessere Ergebnisse und können daher als risikoärmere Alternativmaterialien empfohlen werden.

Viele Fragen bleiben jedoch weiterhin offen. Noch ist weitgehend unklar, wie der Boden Kunststoffe chemisch und physikalisch verändert und wie sich das auf die konservatorischen Maßnahmen auswirkt. Ebenso fehlen standardisierte Richtlinien dafür, wie Kunststoff-

Bodenfunde idealerweise geborgen und bei Ausgrabungsstätten in großen Mengen gehandhabt werden sollen. Besonders bei Gedenkstätten wird das Problem sichtbar. Die Sammlungen enthalten oft große Mengen an Kunststoff-Bodenfunden, während die verfügbaren Ressourcen für deren konservatorische und restauratorische Betreuung begrenzt sind. Um die Erhaltung dieser fragilen Objekte dennoch sicherzustellen, könnten gezielte Schulungen, Workshops und praxisorientierte Leitfäden einen wertvollen Beitrag leisten und Mitarbeitenden das notwendige Wissen vermitteln.

Der sensible Umgang mit Kunststoff-Bodenfunden aus der NS-Zeit, bei denen es sich häufig um persönliche Gegenstände von Opfern handelt, erfordert neben fachgerechtem Handling auch unterstützende Maßnahmen für beteiligte Personen, die potentiell davon belastet sind. Begleitende und offene Kommunikation kann in diesem Zusammenhang hilfreich sein.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Fragilität archäologischer Kunststoffe häufig unterschätzt wird und dass gängige Lagerungspraktika, insbesondere die Aufbewahrung in luftdichten PE-Beuteln, erhebliche Risiken bergen können. Es wird zudem sichtbar, wie groß der Forschungs- und Handlungsbedarf ist. Um Kunststoffobjekte aus der NS-Zeit sowie zukünftige archäologische Kunststoffe langfristig zu sichern, sind gezielte Untersuchungen, klare Leitfäden und praxistaugliche, umsetzbare Konzepte für Gedenkstätten essentiell. Damit diese fragilen Zeugnisse der Zeit nicht verloren gehen, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Archäologie, Restaurierung und Gedenkstätten unerlässlich und wichtiger denn je.

Literaturverzeichnis

- American Institute for Conservation. 2024. „Climate and Sustainability - American Institute for Conservation“. November 19. <https://www.culturalheritage.org/resources/climate-sustainability>.
- Bizot Group. 2023. „Bizot's refreshed Green Protocol 2023“. <https://www.cimam.org/sustainability-and-ecology-museum-practice/bizot-green-protocol/>.
- Brandt, Julia, und Dorothea Albert. 2017. *Archaeological plastics – a growing challenge for conservators*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15515.36640>.
- Braun, Dietrich. 2017a. *Kleine Geschichte der Kunststoffe*. 2. Auflage. Hanser eLibrary. Carl Hanser Verlag. <https://doi.org/10.3139/9783446452428>.
- Braun, Dietrich. 2017b. „Zur Sozialgeschichte der Kunststoffe“. *Geschichte der Chemie : Mitteilungen* 25: 268–86.
- Brunner, Susanne. 2015. „Fouriertransformations-Infrarotspektroskopie (FTIR) in Abgeschwächter Totalreflexion (ATR) und Externer Reflexion (ER) an Kunststoffen Aufbau einer Spektren-Datenbank, Identifikation der Zusammensetzung und Alterungserscheinungen mittels FTIR“. (München).
- Brzezinski, Emily. 2023. „Adhesives for Deteriorated Cellulose Nitrate: Navigating an Intervention“. *Objects Specialty Group Postprints* 30: 1–22.
- Cannon, Alice, Rosemary Goodall, Elizabeth McCartney, und Karina Palmer. 2023. „Beg, Borrow and Steal: Developing Preservation Strategies for Plastics in Large Multidisciplinary Collections“. With Apollo-University Of Cambridge Repository und University Of Cambridge. Preprint, Apollo - University of Cambridge Repository, November 1. <https://doi.org/10.17863/CAM.104115>.
- Chavez Lozano, Marco Valente, Christina Elsässer, Eva Mariasole Angelin, und Marisa Pamplona. 2023. „Shedding Light on Degradation Gradients in Celluloid: An ATR-FTIR Study of Artificially and Naturally Aged Specimens“. *Polymers* 15 (3): 522. <https://doi.org/10.3390/polym15030522>.
- Cheng, Yangjian, Yanchen Wei, Hongliang Wu, u. a. 2024. „Biodegradation of Vulcanized Natural Rubber by Enriched Bacterial Consortia“. *Chemical Engineering Journal* 481 (Februar): 148685. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.148685>.
- Costello, Susan D., Georgina Rayner, Angela Chang, und Elizabeth La Duc. 2023. „Preserving Plastics in the Collection at the Harvard Art Museums“. With Apollo-University Of Cambridge Repository und University Of Cambridge. Preprint, Apollo - University of Cambridge Repository, November 1. <https://doi.org/10.17863/CAM.104117>.

- Coughlin, Mary Elizabeth. 2025. *Caring for Plastics in Collections*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003489658>.
- Cowie, John MacKenzie Grant, und Valeria Arrighi. 2008. *Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials*. 3rd ed. CRC Press.
- Design Museum Gent. o. J. „Know, Name and Assess your Plastics, An international project on identification and care in the collections of Design Museum Gent and S.M.A.K.“ Zugegriffen 19. Oktober 2025. <https://www.designmuseumgent.be/en/collection/project/plastics>.
- Deutsches Kunststoff Museum. o. J. „Virtuelles Museum“. Zugegriffen 19. Oktober 2025. <https://www.deutsches-kunststoff-museum.de/sammlung/virtuelles-museum/>.
- Deutsches Museum. o. J. „Deutsches Museum Digital“. Zugegriffen 19. Oktober 2025. <https://digital.deutsches-museum.de/de/>.
- Dokl, Monika, Anja Copot, Damjan Krajnc, u. a. 2024. „Global Projections of Plastic Use, End-of-Life Fate and Potential Changes in Consumption, Reduction, Recycling and Replacement with Bioplastics to 2050“. *Sustainable Production and Consumption* 51 (November): 498–518. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.09.025>.
- Domininghaus, Hans. 2008. *DOMININGHAUS - Kunststoffe: Eigenschaften und Anwendungen*. 7., neu Bearbeitete u. erw. Aufl. 2008. Herausgegeben von Peter Elsner, Peter Eyerer, und Thomas Hirth. VDI-Buch. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72401-8>.
- Donner, Teresa. 2019. „Kunststoffe in archäologischen Grabungen – Problematik der Identifikation, zeitlichen Einordnung und Lagerung“. 18–19. Präventiv?! Die Präventive Konservierung im archäologischen Fachbereich. Verband der Restauratoren. Mannheim.
- Eigelsberger, Peter, Simone Loistl, Florian Schwanninger, Wolfgang Klimesch, und Schloss Hartheim, Hrsg. 2023. *Fundstücke 1*. Verlag nicht ermittelbar.
- Elkin, Lisa, Christopher A. Norris, Society for the Preservation of Natural History Collections, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Smithsonian Institution, und George Washington University. 2019. *Preventive Conservation: Collection Storage*. Society for the Preservation of Natural History Collections.
- Elsässer, Christina, Veronika Mayr, Peter Montag, u. a. 2023. „Mock-Ups in Plastic Conservation Research: Processing and Aging of 3D Celluloid Specimens Simulating Historical Objects“. *Polymers* 15 (4): 852. <https://doi.org/10.3390/polym15040852>.
- Elsässer, Christina, Marisa Pamplona, und Helmut Trischler. 2022. „Kaltlagerung von musealen, anthropogenen Objekten auf der Basis von Cellulosenitrat – Methoden zur Untersuchung des chemischen Abbaus“. Objekt- und Restaurierungsforschung, Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik.

- Fath, Andreas. 2019. „Auswirkungen von Mikroplastik“. In *Mikroplastik Kompakt. essentials*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Feurer-Heimel, Susanne. 2025. „KLIMABERICHT, Sammlungsraum Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim“. OÖ Landes-Kultur GmbH, Dezember 3.
- Godin, Genevieve, Þóra Pétursdóttir, Estelle Praet, und John Schofield. 2024. *The Routledge Handbook of Archaeology and Plastics*. 1. Aufl. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003272311>.
- Hebert, Bernhard, Nikolaus Hofer, und Eva Steigberger. 2025. *Standards Konservatorische Behandlung von archäologischen Funden*. Bundesdenkmalamt.
- Hendrickx, Hannah, Eline Van Der Velde, und Griet Kockelkoren. 2023. „Save the Plastics! Identification and Condition Survey in Belgian Museums“. With Apollo-University Of Cambridge Repository und University Of Cambridge. Preprint, Apollo - University of Cambridge Repository, November 1. <https://doi.org/10.17863/CAM.104114>.
- Holzer, Charlotte, Benoît Lescop, Gilles Nguyen-Vien, und Stéphane Rioual. 2023. „The Deutsches Museum Spacesuit Display: Long-Term Preservation and Atmospheric Monitoring“. *Sustainability* 15 (12): 9442. <https://doi.org/10.3390/su15129442>.
- Institute Canadian Conservation. 2019. „Display and Storage of Museum Objects Containing Cellulose Nitrate – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 15/3“. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/display-storage-objects-cellulose-nitrate.html>.
- Keßler, Kathrin, und Judith Bützer. 2001. *Kunststoff als Werkstoff: Celluloid und Polyurethan-Weichschaum: Material - Eigenschaften - Erhaltung / Judith Bützer, Kathrin Kessler; [Herausgeber: Fachhochschule Köln]*. Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst und Kulturgut; Bd. 13. Siegl.
- Klimesch, Wolfgang. 2002. „Veritatem dies aperit. Vernichtet – Vergraben – Vergessen. Archäologische Spurensuche in Schloss Hartheim“. *Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereins Gesellschaft für Landeskunde* 147: 411–34.
- Knoch, Habbo. 2018. „Gedenkstätten“. https://docupedia.de/zg/Knoch_gedenkstaetten_v1_de_2018#toc-4-1-statten-des-gedenkens-oder-zeithistorische-museen.
- Landais, Charles. 2011. „Ultrasonic Methods for the Characterization of Complex Materials and Material Systems: Polymers, Structured Polymers, Soft Tissue and Bone“. University of Nebraska-Lincoln.
- Ledoux, Nicole, Georgina Rayner, Susan Costello, und Angela Chang. 2023. „Preventive Conservation, Treatment, and Technical Study of Plasticized Poly(Vinyl Chloride)

- Multiples by Joseph Beuys“. *Studies in Conservation* 68 (3): 343–56.
<https://doi.org/10.1080/00393630.2022.2033520>.
- Madden, Odile. 2019. „Plastics in Early Aircraft: Enclosing the Cockpit“. Preserving U.S. Military Heritage: World War II to the Cold War, June 4-6, 2019.
<https://www.nps.gov/articles/000/conserving-plastics-in-early-aircraft-cockpits.htm>.
- Madden, Odile, und Tom Learner. 2014. „Preserving Plastics: An Evolving Material, a Maturing Profession“. *Conservation Perspectives: The GCI Newsletter* 29 (1): 4–9.
- Mahanthappa, Mahesh. 2022. „Chemical and Physical Testing of Cellulose Nitrate Samples“. Wisconsin Center for Film and Theater Research.
<https://wcftr.commarts.wisc.edu/index.php/documents/>.
- Measday, Danielle, Charlotte Walker, und Briony Pemberton. 2017. „A summary of ultra-violet fluorescent materials relevant to Conservation - Australian Institute for the Conservation of Cultural Material“. <https://aiccm.org.au/network-news/summary-ultra-violet-fluorescent-materials-relevant-conservation/>.
- Micheluz, Anna, Eva Mariasole Angelin, João Almeida Lopes, Maria João Melo, und Marisa Pamplona. 2021. „Discoloration of Historical Plastic Objects: New Insight into the Degradation of β -Naphthol Pigment Lakes“. *Polymers* 13 (14): 2278.
<https://doi.org/10.3390/polym13142278>.
- Mortimer, Charles E. 2015. *Chemie: das Basiswissen der Chemie*. 12., Korrigierte und Aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag.
- Museum of Design in Plastics. 2007. „A Curator’s Guide to Plastics“. <https://www.modip.ac.uk/projects/curators-guide-plastics>.
- National Air and Space Museum. o. J. „Collections“. Zugegriffen 19. Oktober 2025.
<https://airandspace.si.edu/explore/collections>.
- Neves, Artur Louro Mendonça. 2023. „Cellulose nitrate objects in collections: history of science and technology hand in hand with conservation of cultural heritage“. Dissertationsarbeit, NOVA University Lisbon.
- Piccolo, Anna, Patrizia Tomasin, Alfonso Zoleo, Enrico Miorin, und Luca Nodari. 2025a. „The Impact of Humidity in the Thermal Ageing of Celluloid: An Inter-Scale Investigation“. *Polymers* 17 (12): 1648. <https://doi.org/10.3390/polym17121648>.
- Piccolo, Anna, Patrizia Tomasin, Alfonso Zoleo, Enrico Miorin, und Luca Nodari. 2025b. „The Impact of Humidity in the Thermal Ageing of Celluloid: An Inter-Scale Investigation“. *Polymers* 17 (12): 1648. <https://doi.org/10.3390/polym17121648>.
- Project Plastics. 2019. „Plastic Identificatie Tool“. <https://plasticidentificationtool.nl/info>.
- Quindeus, Philomena. 2002. „Hartheim - Institution und Gedächtnisort im Wandel der Zeit“. Masterarbeit, Johannes Kepler Universität Linz.

- Quye, Anita. 2017. „Quality Matters for Historical Plastics: The Past-Making of Cellulose Nitrates for Future Preservation“. *Cahiers François Viète* III–2: 45–65. <https://doi.org/10.4000/cahierscfv.799>.
- Quye, Anita, David Littlejohn, Richard A. Pethrick, und Robert A. Stewart. 2011. „Investigation of inherent degradation in cellulose nitrate museum artefacts“. *Polymer Degradation and Stability* 96 (7): 1369–76. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.03.009>.
- Reuss, Magrit, Hrsg. 1999. „Imitations made from early plastics as trade goods“. *ICOM Committee for Conservation* 12h Triennial Meeting Lyon, 26 August-3 September.
- Runkel, Johanna. 2024. „Präventive Konservierung I“. Unpubliziertes Skript WS 2023/24, Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien.
- Sanchez, Sarah A., Sarah Nunberg, Kris Cnossen, und Matthew J. Eckelman. 2023. „Life Cycle Assessment of Anoxic Treatments for Cultural Heritage Preservation“. *Resources, Conservation and Recycling* 190 (März): 106825. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106825>.
- Schwanninger, Florian, und Angela Wegscheider. 2012. „Die Tötungsanstalt Hartheim“. *Wertes unwertes Leben*, 22–33.
- Shashoua, Yvonne. 2008. *Conservation of Plastics*. 0 Aufl. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080878782>.
- Shashoua, Yvonne. 2014. „A Safe Place: Storage Strategies for Plastics / Yvonne Shashoua“. *Conservation Perspectives: The GCI Newsletter*, v. 29, n. 1 (2014 Spring) 29 (1).
- Svedin, Jonathan. 2020. „Photodegradation of macroplastics to microplastics, A laboratory study on common litter found in urban areas“. Luleå University of Technology.
- Technisches Museum Wien. o. J. „Online-Sammlung, Entdecken, Stöbern, Recherchieren“. Zugegriffen 19. Oktober 2025. <https://www.technischesmuseum.at/museum/online-sammlung>.
- Urbanova, Petra, Slovak University of Technology, Faculty of Chemical and Food Technology, Institute of Natural and Synthetic Polymers, Department of Wood, Pulp and Paper, Radlinského 9, 811 07 Bratislava, Slovakia, Simona Klempova, u. a. 2024. „Preservation of Plastic Cultural Heritage. A Review“. *International Journal of Conservation Science* 15 (1): 893–922. <https://doi.org/10.36868/IJCS.2024.02.10>.
- Van Aubel, Carien, Olivia Van Rooijen, Suzan De Groot, Henk Van Keulen, und Lydia Beerkens. 2023. „Plastification: The Plastic Identification Tool and Workshop That Helps to Identify Plastics in Your Collection“. With Apollo-University Of Cambridge Repository und University Of Cambridge. Preprint, Apollo - University of Cambridge Repository, November 1. <https://doi.org/10.17863/CAM.104108>.

-
- Van Oosten, Thea B., Lydia Beerkens, Ana Cudell, Anna Laganà, und Rita Veiga. 2022. *Properties of Plastics: A Guide for Conservators*. Getty Publications. <https://doi.org/10.2307/jj.4908205>.
- Verband Der Restauratoren E. V. [Hrsg.]. 2025. *Einsatzhandbuch Kulturgut*. Heidelberg University Library. <https://doi.org/10.11588/ARTDOK.00009395>.
- Waentig, Friederike. 2004. *Kunststoffe in der Kunst: eine Studie unter konservatorischen Gesichtspunkten*. Reprod. Imhof.
- Waentig, Friederike, Melanie Dropmann, Karin Konold, Spiegel Elise, Christoph Wenzel, und Klaus Weschenfelder. 2014. *"Präventive Konservierung: Ein Leitfaden"*. Beiträge Zur Museologie.
- Wei, Xin-Feng, Erik Linde, und Mikael S. Hedenqvist. 2019. „Plasticiser Loss from Plastic or Rubber Products through Diffusion and Evaporation“. *Npj Materials Degradation* 3 (1): 18. <https://doi.org/10.1038/s41529-019-0080-7>.
- Wurmitsch, Janine. 2020. „Biopolymere: vom Naturstoff zum Kunststoff: eine realistische Alternative zu herkömmlichem Plastik“. Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz.
- Zauner-Leitner, Irene, und Simone Loistl. 2020. „Vergrabene Zeugen der Vergangenheit. Archäologische Funde im Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim“. *Virus (Wien)* 19: 277–94.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zachte vaas 'Urn' von Hella Jongerius, links: Zustand vor einem Jahr, rechts: Zerfall nach der Lagerung © Suzan de Groot, in: *Plastification: the Plastic Identification Tool and workshop that helps to identify plastics in your collection*, S. 10

Abb. 2: Grundriss des Depotraums, Ausschnitt aus dem Grundriss des zweiten Obergeschosses des Lern- und Gedenkorts Schloss Hartheim ©Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim / Peter Eigelsberger

Abb. 3: Neue Eurobehälter am Gang zwischen den alten Archivschränken, 13.02.2024 ©Alexandra Buchenegger

Abb. 4: Oberflächenverschmutzung auf Brille, Inv.Nr. 6480, 3D-Mikroskop Aufnahme ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 5: Klebende Papierfragmente auf Zahnbürste, Inv.Nr. 1107, 3D-Mikroskop Aufnahme ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 6: Übereinanderliegende Objekte, 13.02.2024 ©Alexandra Buchenegger

Abb. 7: Neue Schwerlastregale, 01.10.24 ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 8: Repräsentative Beispiele (pro Kategorie) der 39 analysierten Objekte mit variierendem Erhaltungszustand ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Christoph Schießmann

Abb. 9: Graphische Darstellung des Zersetzungsprozesses ©Kathrin Keßler, in: *Kunststoff als Werkstoff: Celluloid und Polyurethan-Weichschaum: Material - Eigenschaften - Erhaltung*, S. 28

Abb. 10: Charakteristische, kubisch-musterartige Degradation an Zahnbürste, Inv.Nr. 6384, 3D-Mikroskop ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 11: Quader-Bruch an Zahnbürste, Inv.Nr. 2252, 3D-Mikroskop Aufnahme ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 12: Oberfläche von Kamm, Inv. Nr. 1801 ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 13: Fluoreszenz einer der Kämme, Inv.Nr. 5712 unter UV 365 nm ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 14: Bruchstelle an vergilbten PS-Kamm, Inv.Nr. 6903, 3D-Mikroskop Aufnahme ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 15: Lose Elemente im PE-Beutel von Haarutensil 5806 ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Christoph Schießmann

Abb. 16: Kamm, Inv.Nr. 5376, (oben) Zustand aus 2007, (unten) Zustand aus 2024

Abb. 17: Verfärbungen am Kamm, Inv.Nr. 4216 ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 18: Haarutensil Inv.Nr. 5806: (links) Aufnahme im Sommer 2024, (rechts) Aufnahme im Februar 2025

Abb. 19: Musterkiste 1 (links) und Musterkiste 2 (rechts) ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 20: Zeitstrahl der Kunststoffentwicklung © Friederike Waentig, in: *Kunststoffe in der Kunst: eine Studie unter konservatorischen Gesichtspunkten*, S.20

Abb. 21: Gereinigte Bereiche der Brille mit Inv. Nr. 6480 ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 22: Chemischer Verlaufsprozess von CN in der ersten und zweiten Phase ©Artur Louro Mendonça Neves, in: *Cellulose nitrate objects in collections: history of science and technology hand in hand with conservation of cultural heritage*, S.25

Abb. 23: Mögliche schematische Darstellung des hydrolytischen Prozesses ©Marco Valente Chavez Lozano, in: *Shedding Light on Degradation Gradients in Celluloid: An ATR-FTIR Study of Artificially and Naturally Aged Specimens*, S.3

Abb. 24: Darstellung der PE-Beuteltypen, PE-Beutel, PE-Beutel (M), PE-Beutel (I) ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 25: Bewitterte Probekörper der PE-Beutel ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 26: Bewitterte Probekörper der PE-Beutel (I) ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 27: A-D Strips der (mild bewitterten/) nicht-bewitterten Variante ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 28: A-D Strips der (stark) bewitterten Testreihe ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien / Aleksandra Kotuła

Abb. 29: Massenverlust der bewitterten Probekörper nach 14 Tagen ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien /Marta Anghelone

Abb. 30: Massenverlust der Raumtemperatur-Probekörper ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien /Marta Anghelone

Abb. 31: FTIR-Spektren der bewitterten Probekörper ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien /Marta Anghelone

Abb. 32: Ultraschallgeschwindigkeit der bewitterten und nicht-bewitterten Probekörper
©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien /Marta Anghelone

Abb. 33: pH-Wert aller Testreihen ©Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien /Marta Anghelone

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zeitliche Zusammenfassung der Objektgeschichte seit der Ausgrabung

Tab. 2: Übersicht über die Anzahl und Farbgebung der 39 Objekte

Tab. 3: Übersicht über die Kunststofftypen der 39 Objekte

Tab. 4: Zusammenfassung der wahrnehmbaren Ergebnisse bei der bewitterten Testreihe

Tab. 5: Zusammenfassung der bewitterten Probekörper

Anhang I Übersicht der 39 Objekte aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim

Die 39 untersuchten Kunststoffobjekte aus dem Lern- und Gedenkort Schloss Hartheim wurden in diesem Anhang einzeln in Tabellenform aufgelistet.

Jede Tabelle enthält eine fotografische Dokumentation der Bodenfunde. Zusätzlich sind Angaben zur Objektbezeichnung, zum ermittelten Kunststofftyp, zu weiteren am Objekt integrierten Materialien sowie zum derzeitigen Erhaltungszustand des jeweiligen Objekts erfasst.

Die Bestimmung des jeweiligen Kunststofftyps erfolgte mittels Fourier-Transform-Infrarotspektrometer mit abgeschwächter Totalreflexion (FTIR-ATR). Hierfür wurde das Nicolet iS50 (Thermo Scientific, USA) mit Diamant-ATR-Kristall (Ge) und gekühltem MCT-Detektor eingesetzt. Der erfasste Spektralbereich betrug $4.000\text{--}600\text{ cm}^{-1}$, aufgenommen wurden 64 Scans bei einer spektralen Auflösung von 4 cm^{-1} .

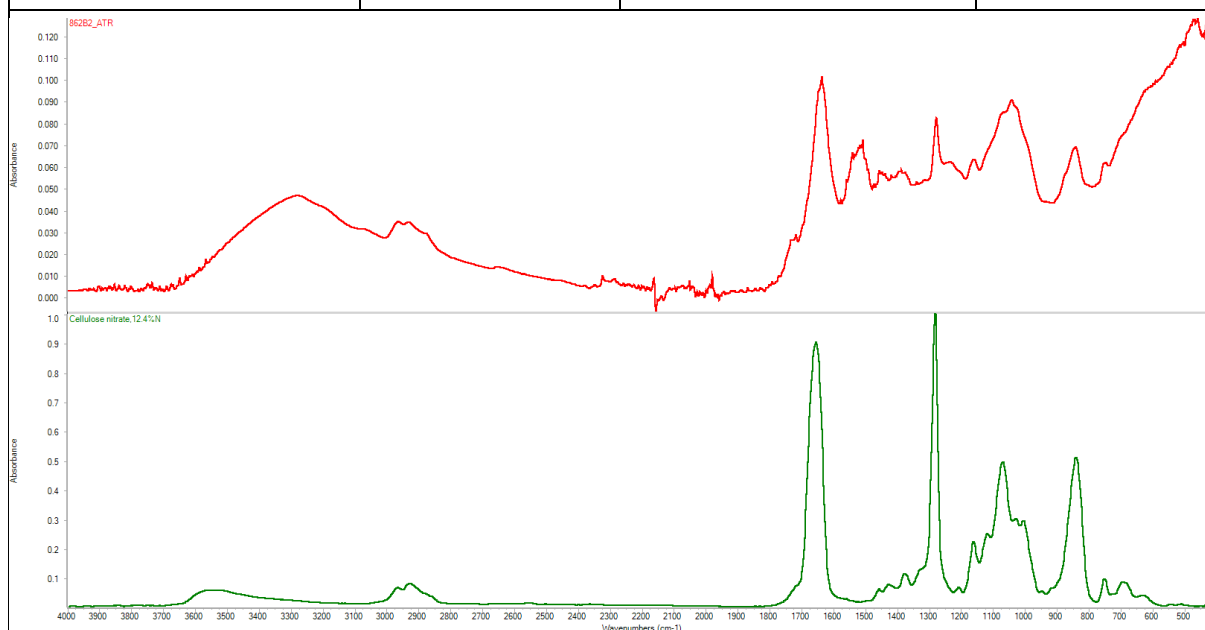
Zu jedem Objekt sind die zugehörigen FTIR-ATR-Spektren sowie deren Interpretationen in der jeweiligen Tabelle angeführt. Die FTIR-ATR Untersuchungen wurden von Sen.Lect Dr.rer.nat. Marta Angehlone und Sen.Lect. Dr.rer.nat. Chaehoon Lee am Institut für Konservierung und Restaurierung, Universität für angewandte Kunst Wien (Leitung Univ.-Prof. Dr.phil. Mag.art. Martina Griesser-Stermscheg), durchgeführt und interpretiert.

Alle folgenden Fotodokumentationen wurden von Univ.-Ass. Christoph Schießmann BA gemacht.

862 – 1 – 15



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Lorgnette	Cellulosenitrat	Metallelemente, Glas	Fragil



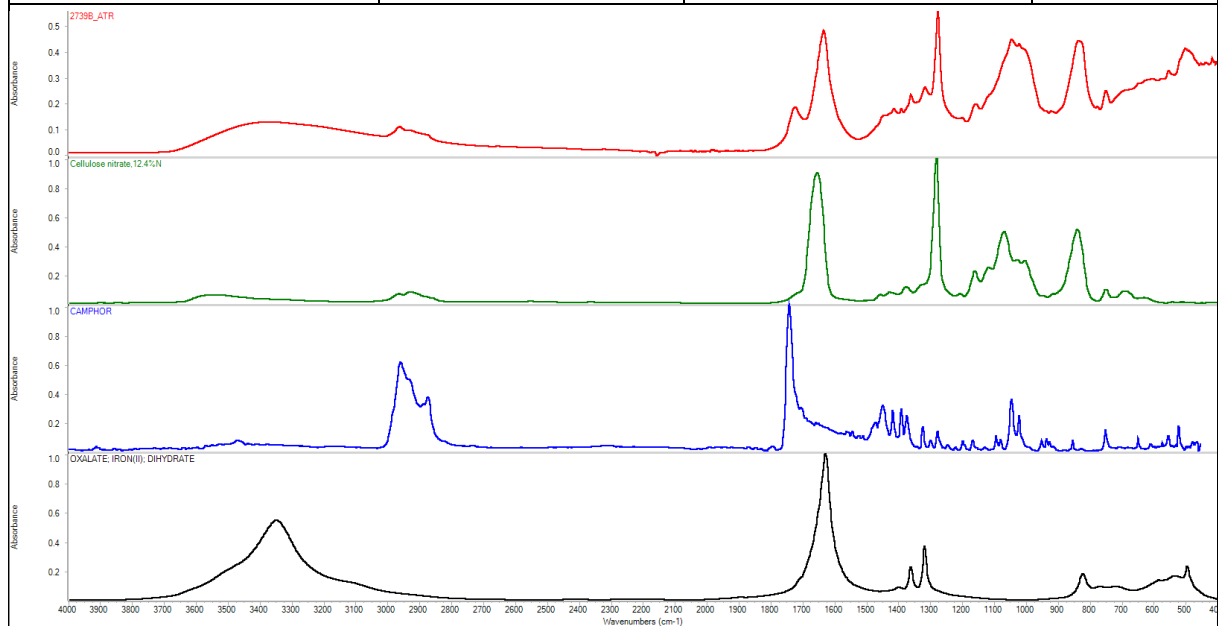
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 862-1-15 (rot), und Referenzspektrum von Cellulosenitrat (grün).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt.

2739 – 2 – 34



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Lorgnette	Cellulosenitrat	Metallelemente, Glas	Sehr fragil



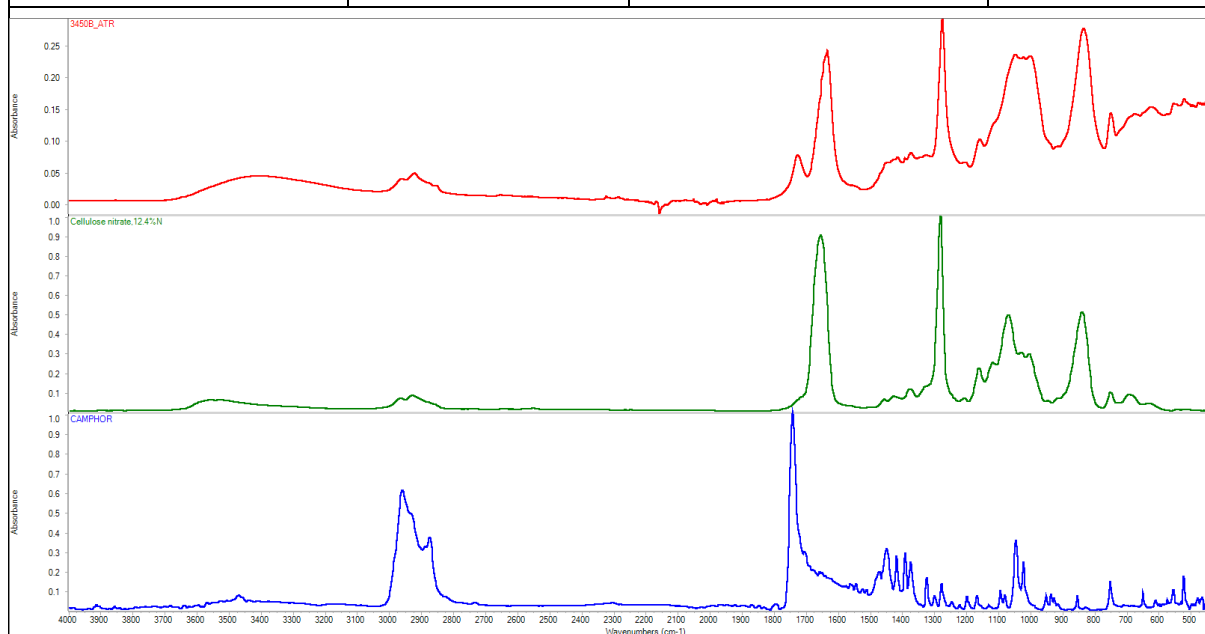
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2739-2-34 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün), Campher (blau) und Oxalat (schwarz).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen. Das detektierte Oxalat ist als Abbauprodukt zu interpretieren.

3450 – BlockR – 42



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Brille	Cellulosenitrat	Metallelemente, Glas	Fagil



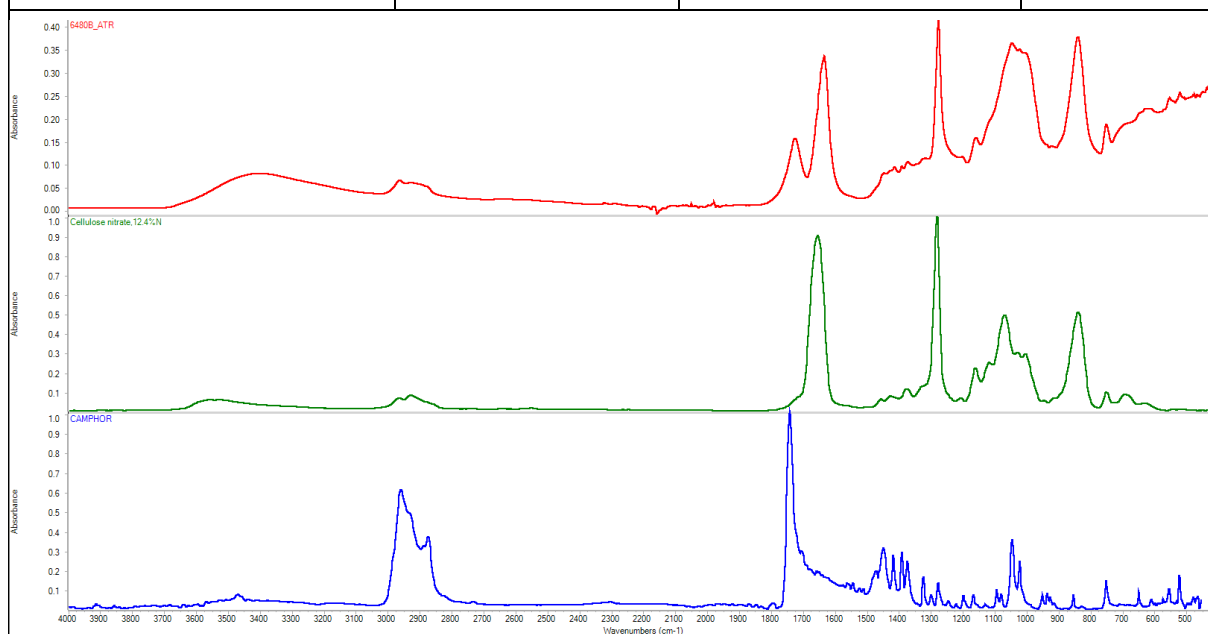
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3450-BlockR-42 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

6480 – 1 – 79



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Brille	Cellulosenitrat	Metallelemente, Glas	Sehr fragil



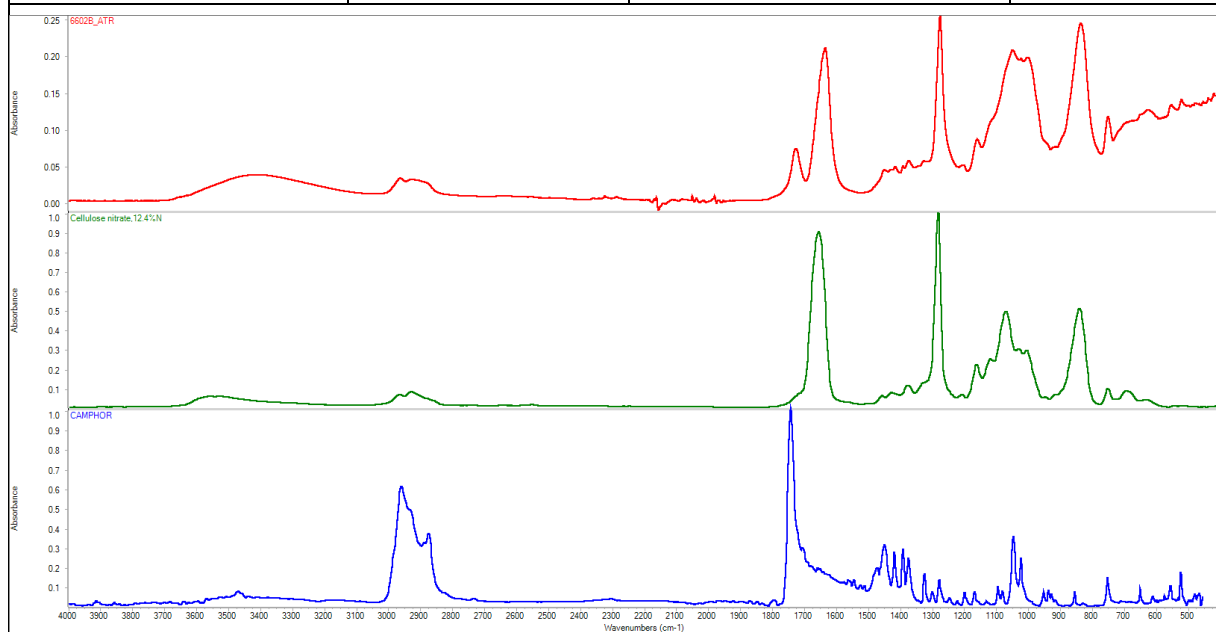
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 6480-1-79 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

6602 – G – 80



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Brille	Cellulosenitrat	Metallelemente, Glas	Sehr fragil



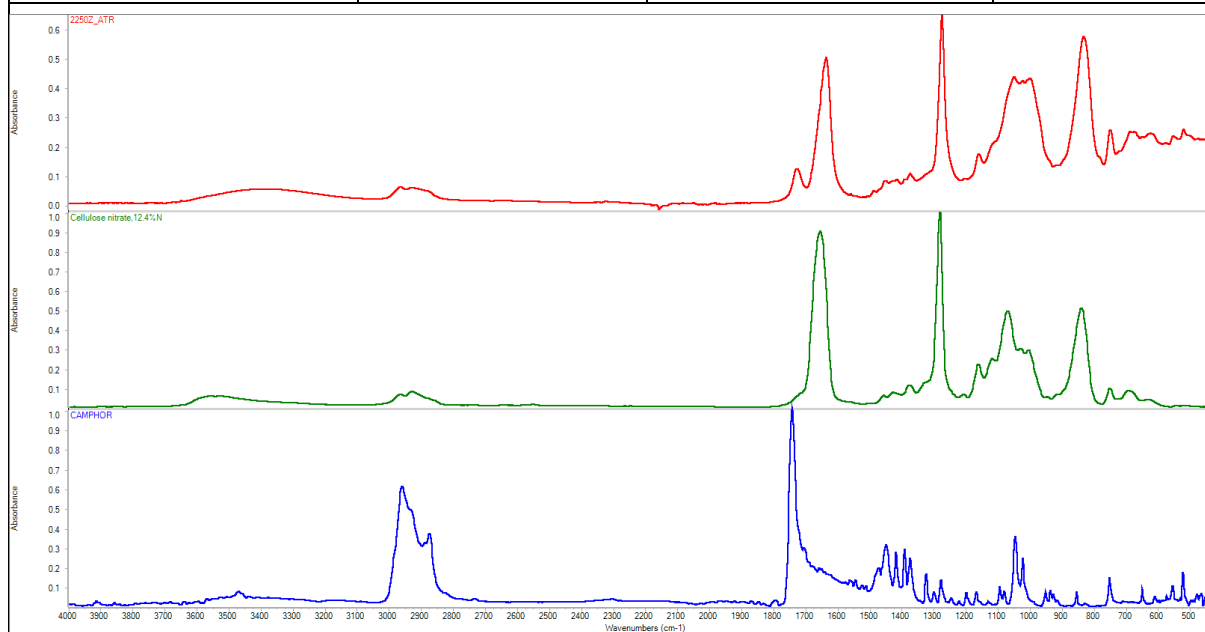
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 6602-G-80 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

2250 – 2 – 28



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Fragil



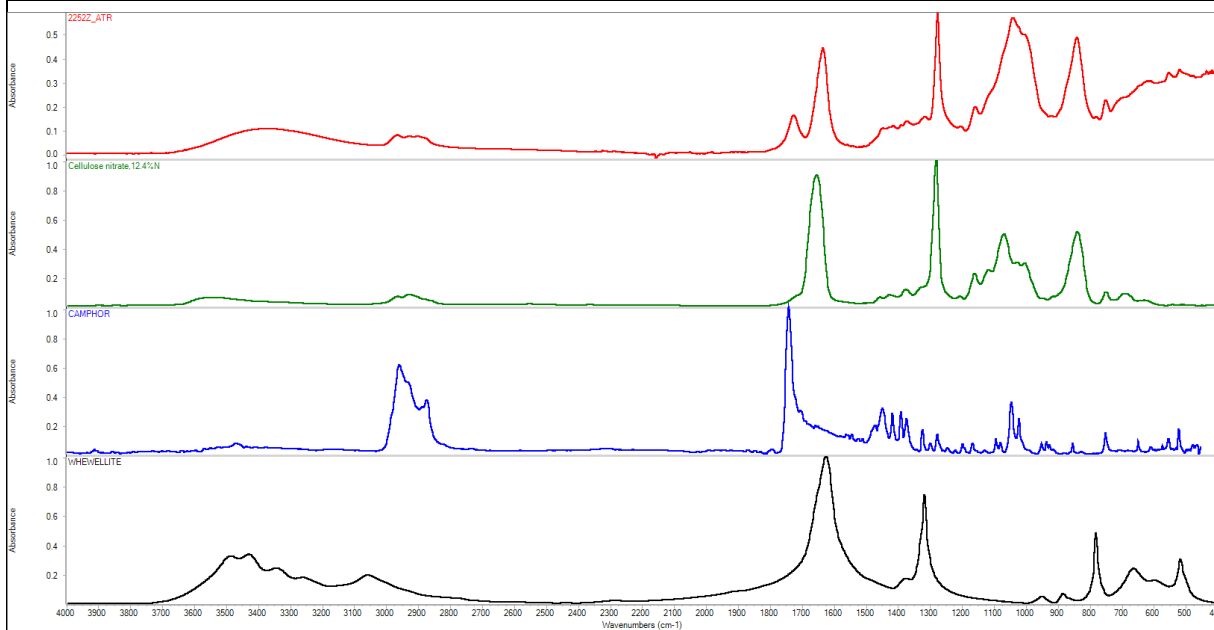
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2250-2-28 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

2252 – 2 – 28



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



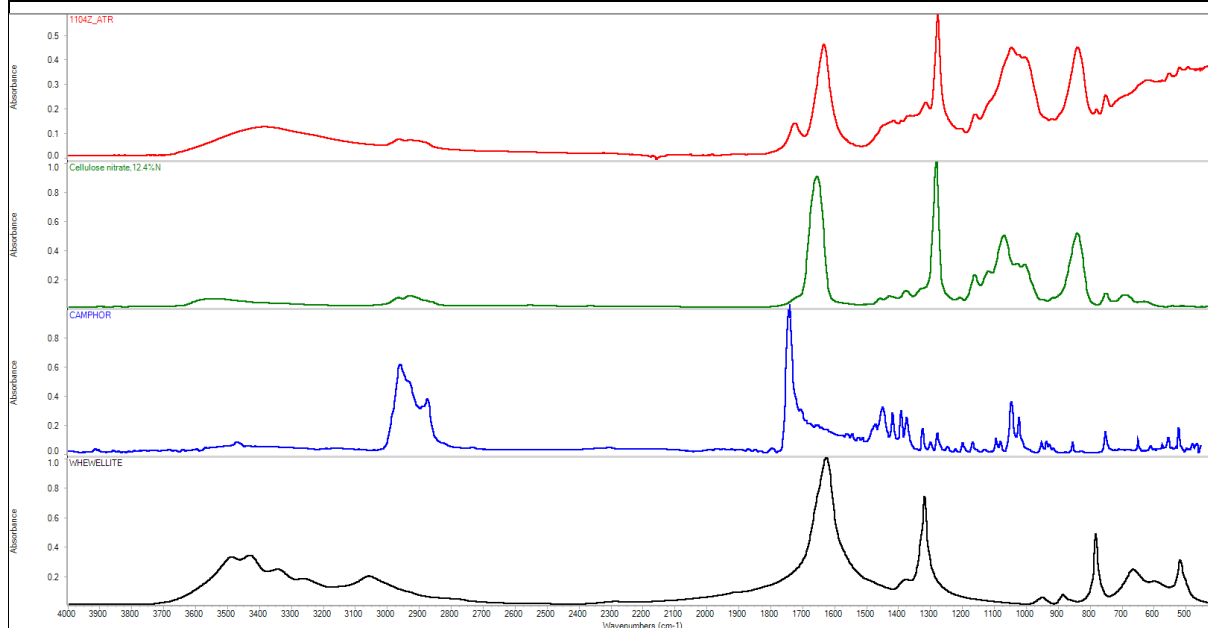
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2252-2-28 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün), Campher (blau) und Whewellit (schwarz).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen. Die Präsenz von Whewellit (Calciumoxalat) kann als Abbauprodukte interpretiert werden.

1104 – 1 – 17



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	Borsten, Metallelemente	Sehr fragil



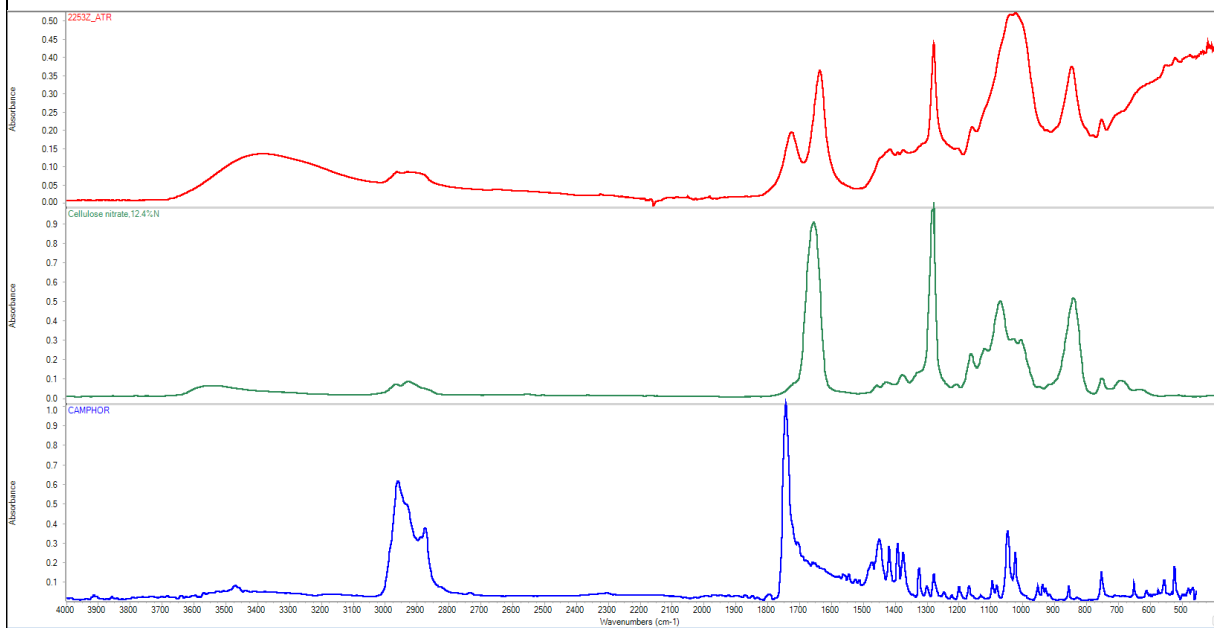
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 1104-1-17 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün), Campher (blau) und Whewellit (schwarz).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen. Die Präsenz von Whewellit (Calciumoxalat) kann als Abbauprodukte interpretiert werden.

2253 – 2 – 23

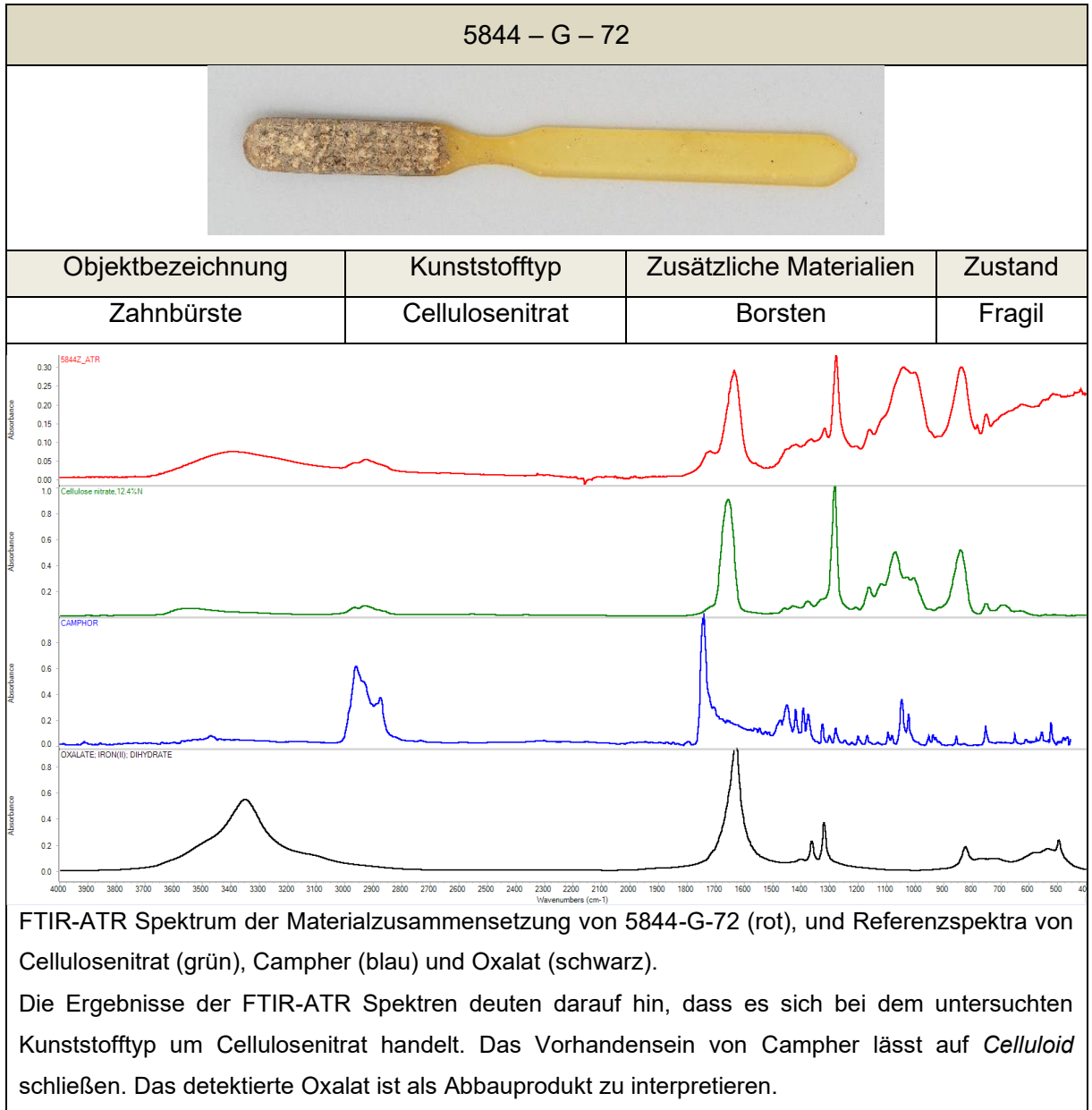


Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2253-2-23 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

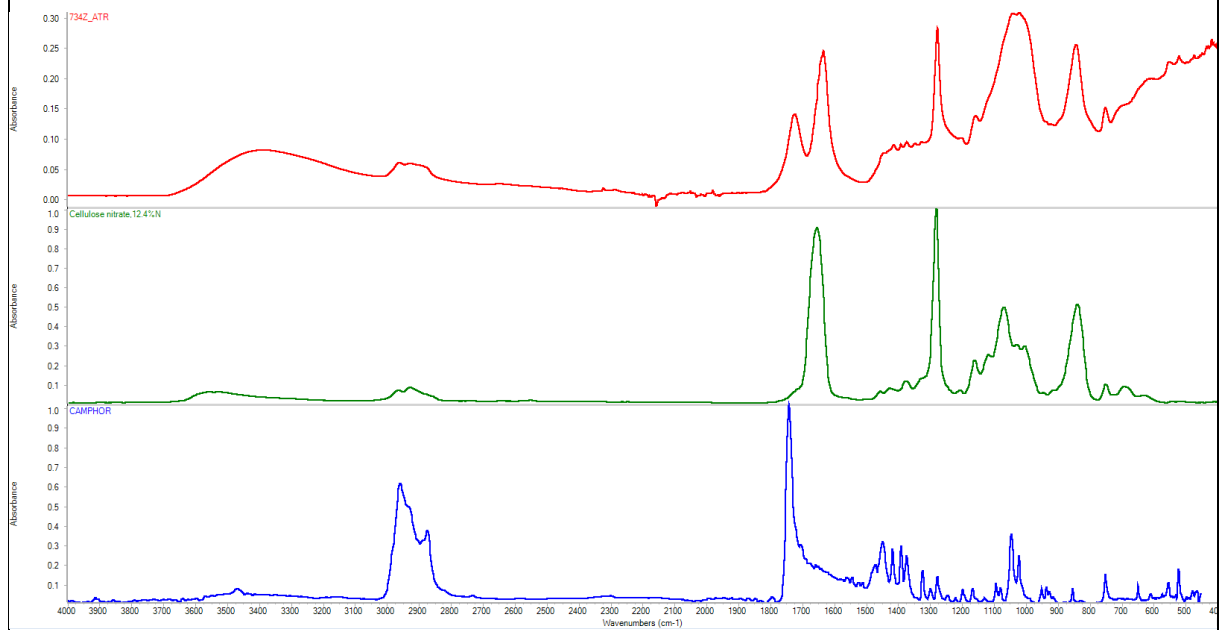
Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.



734 – – 7



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



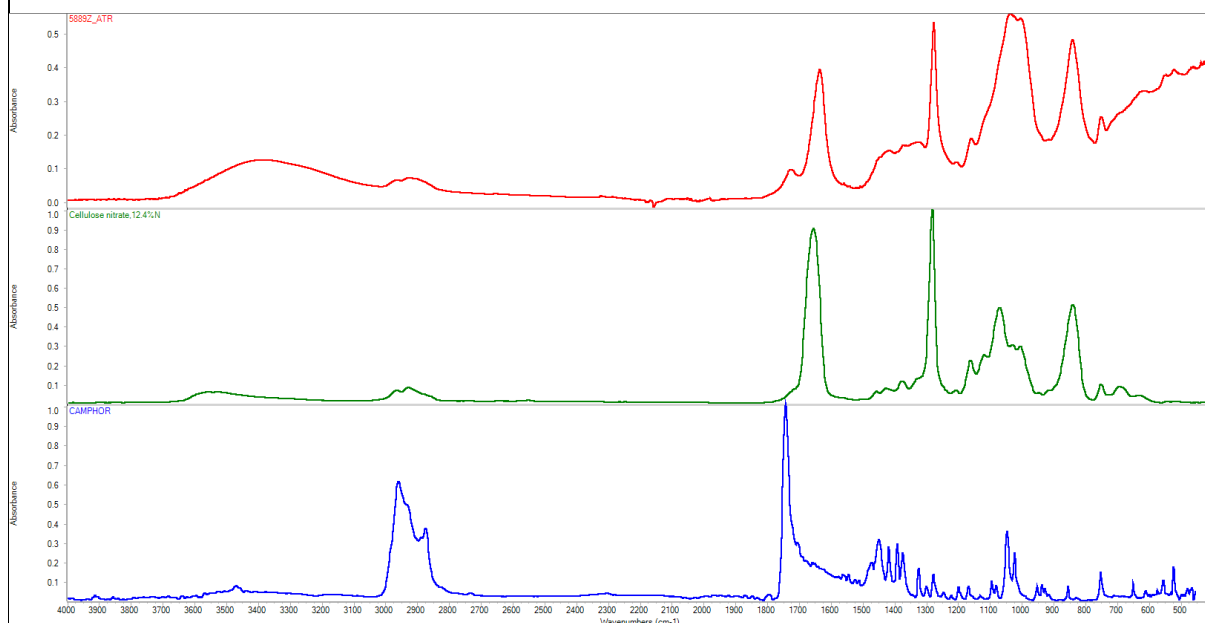
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 734- -7 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

5889 – G – 72



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	Borsten	Sehr fragil



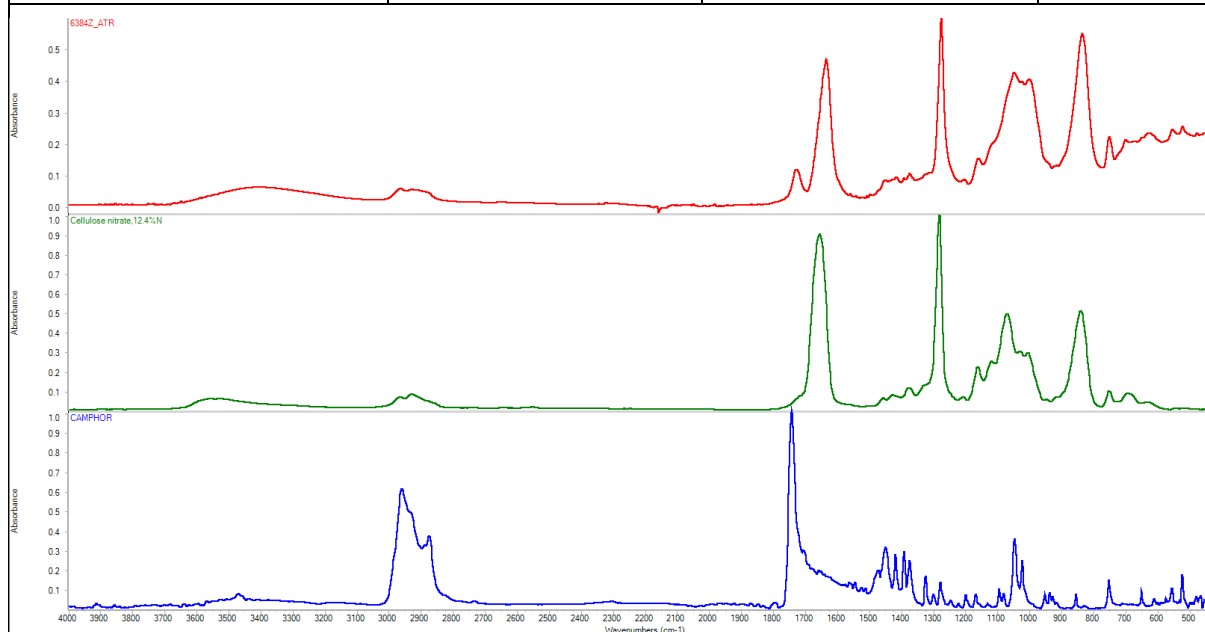
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 5889-G-72 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

6384 – I – 78

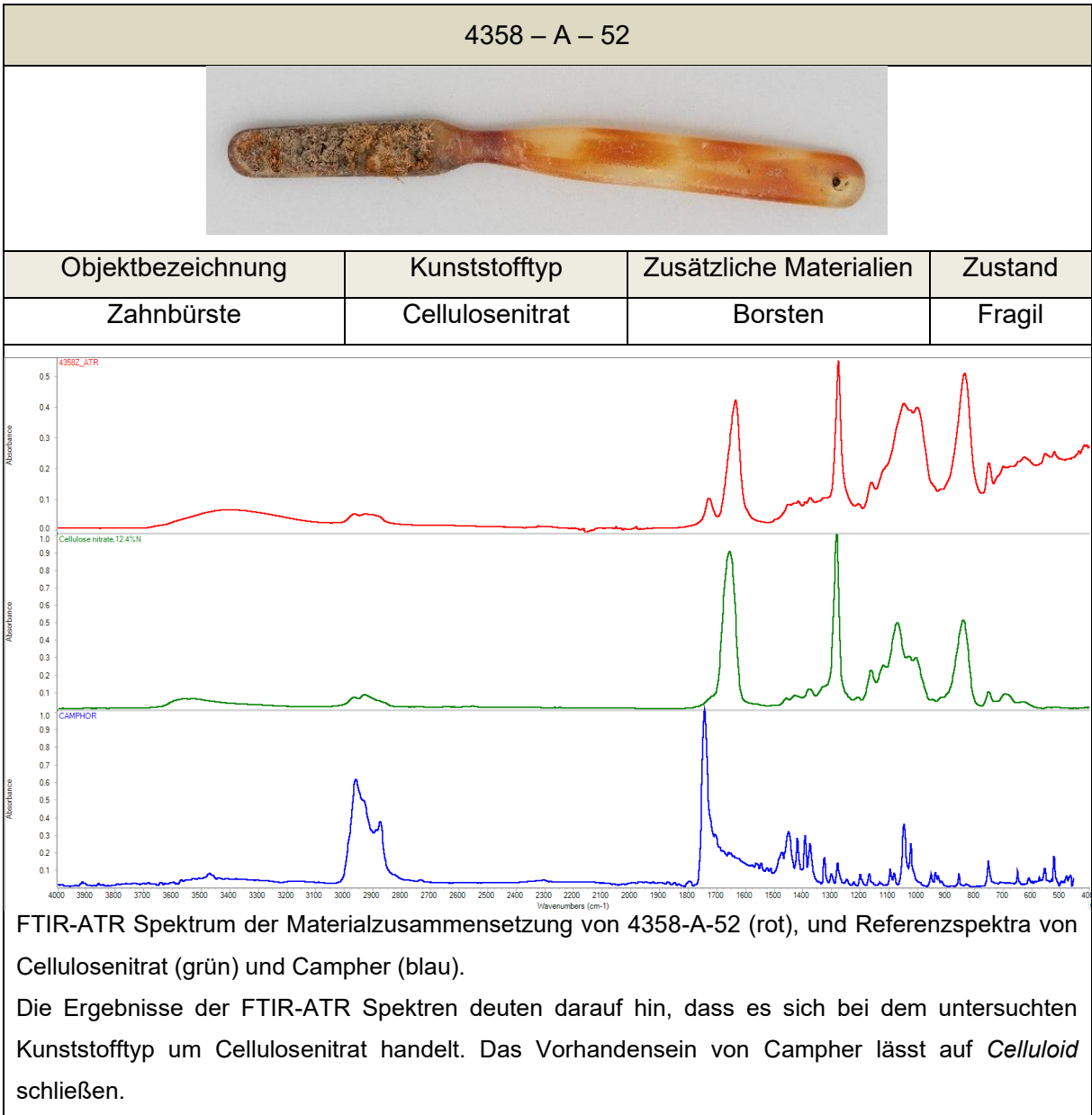


Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 6384-I-78 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

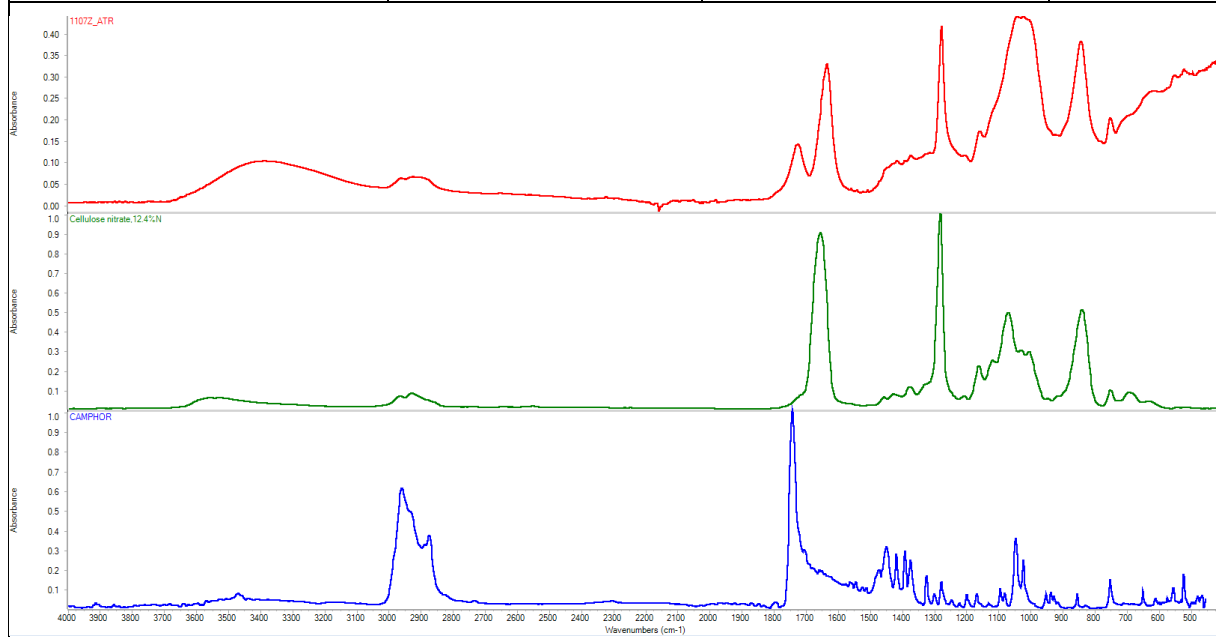
Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.



1107 – 1 – 17



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



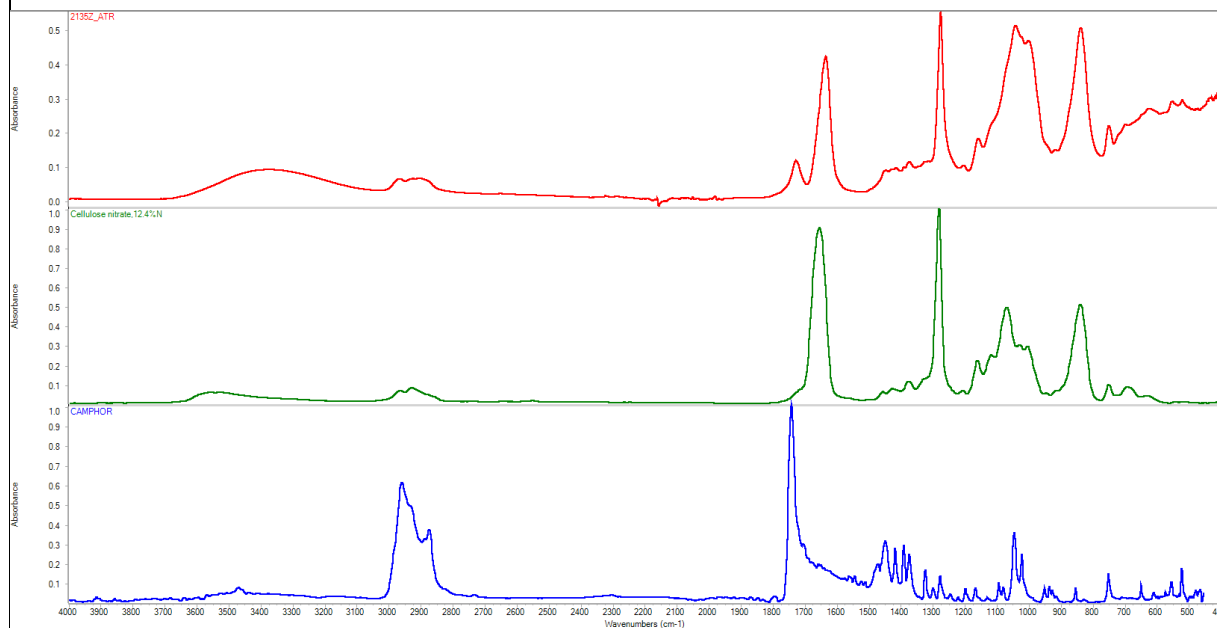
FTIR- ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 1107-1-17 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

2135 – 2 – 27



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



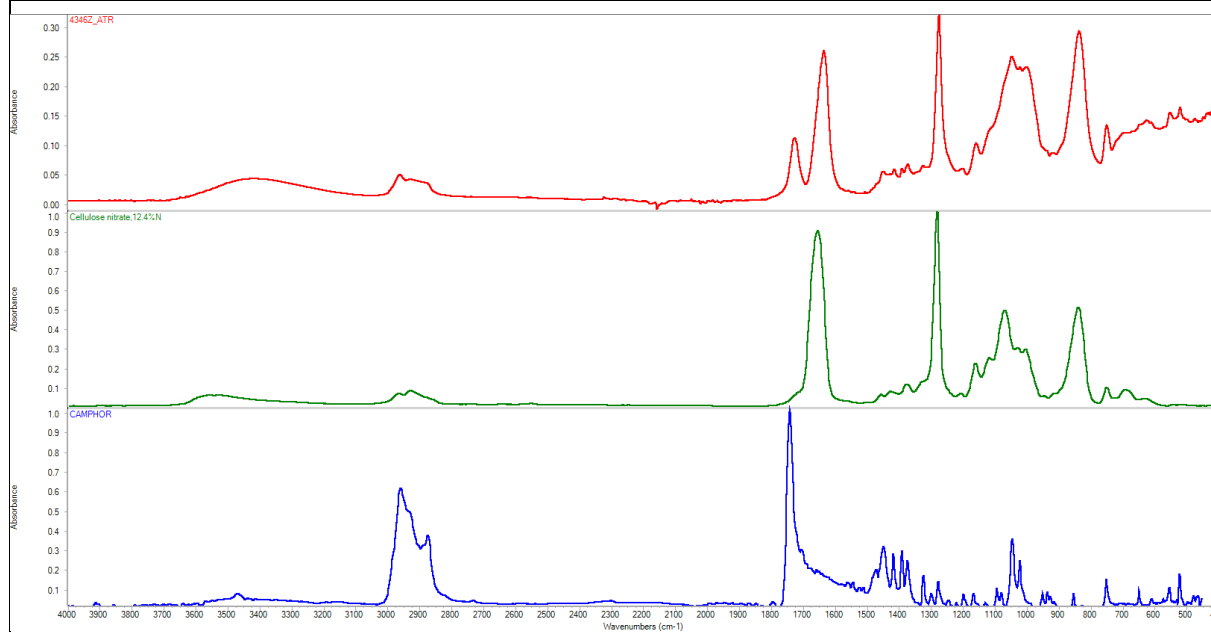
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2135-2-27 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

4346 – A – 52



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



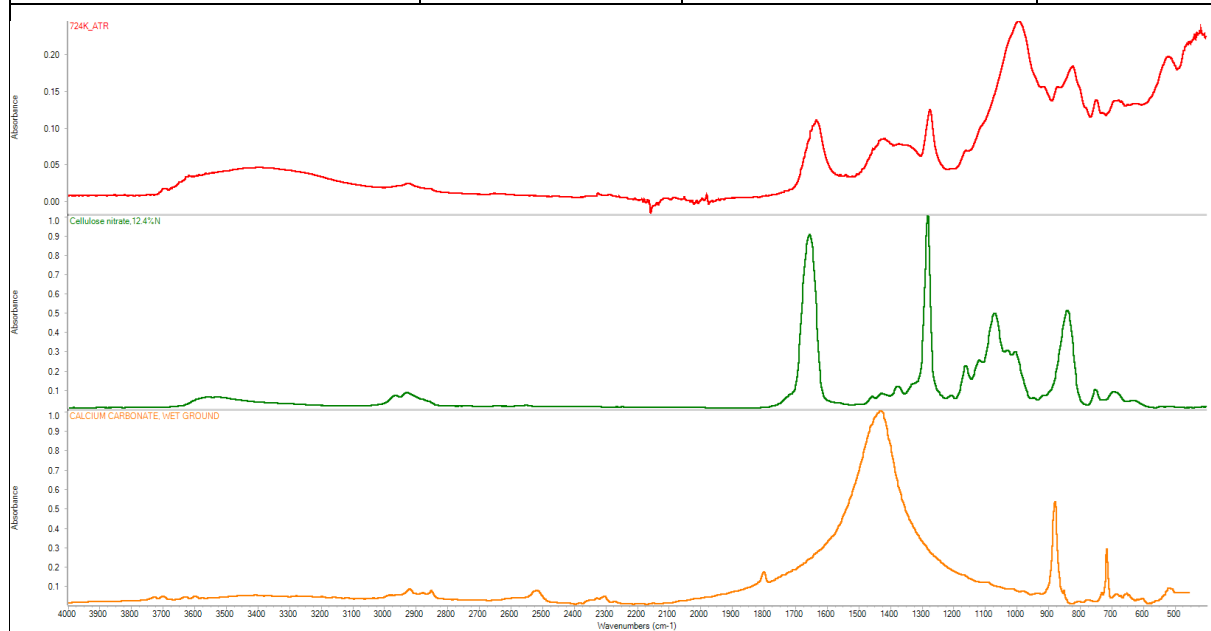
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 4346-A-52 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

724 – - 7



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Eher stabil



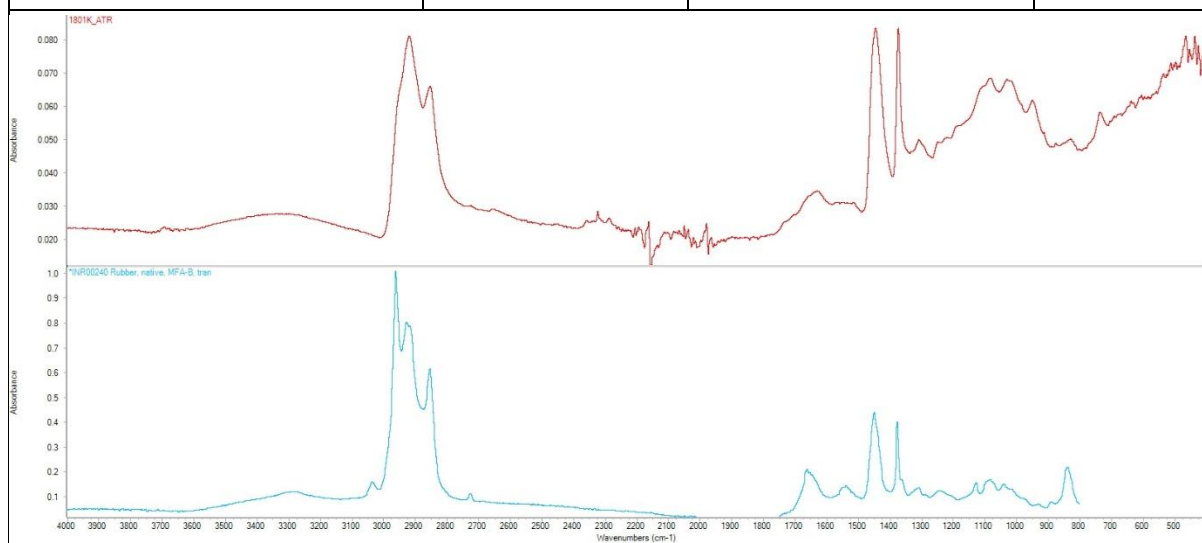
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 724- -7 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Calciumcarbonat (orange).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Die Präsenz von Calciumcarbonat kann als Additiv des Materials interpretiert werden oder aus dem umgebenden Boden stammen.

1801 – D – 23



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Zahnbürste	Hartgummi	-	Stabil



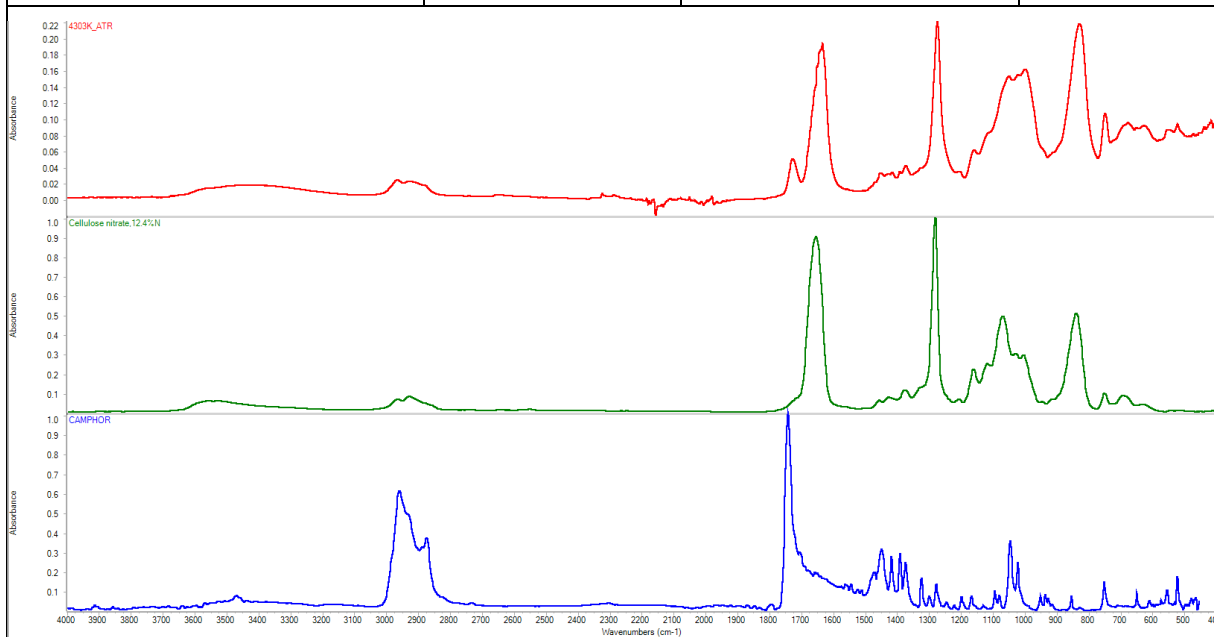
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 1801-D-23 (rot), und Referenzspektra von Kautschuk (hellblau).

Die FTIR-ATR Spektren weisen auf einen gummibasierenden Kunststofftyp hin. In Verbindung mit der Aufschrift sowie kunsthistorischen Vergleichsdaten kann davon ausgegangen werden, dass es sich um vulkanisierten Kautschuk in Form von Hartgummi handelt.

4303 – A – 52



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Eher stabil



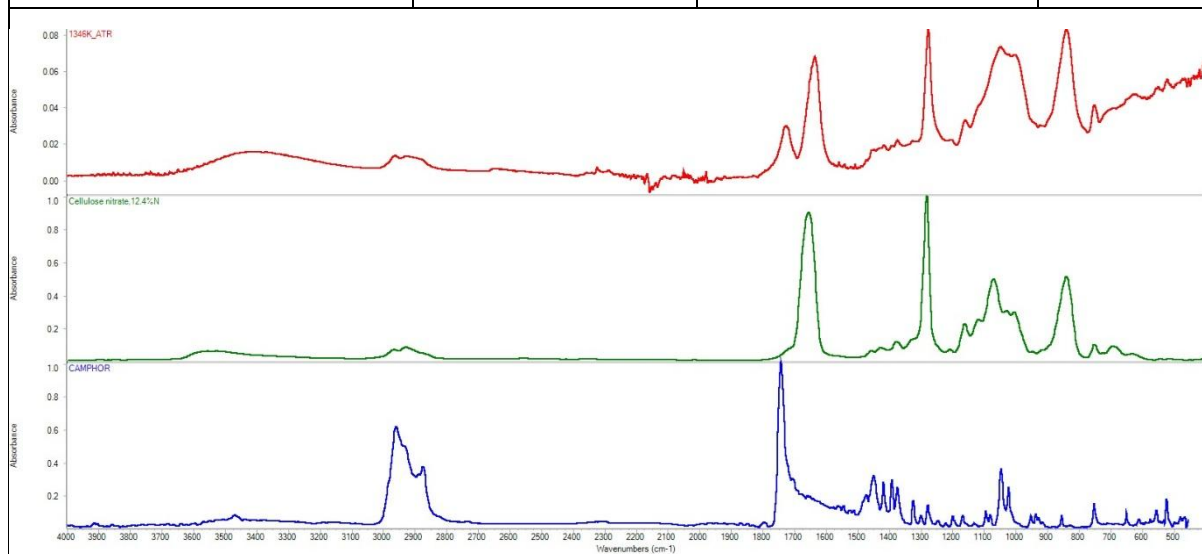
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 4303-A-52 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

1346 – 1 – 19



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



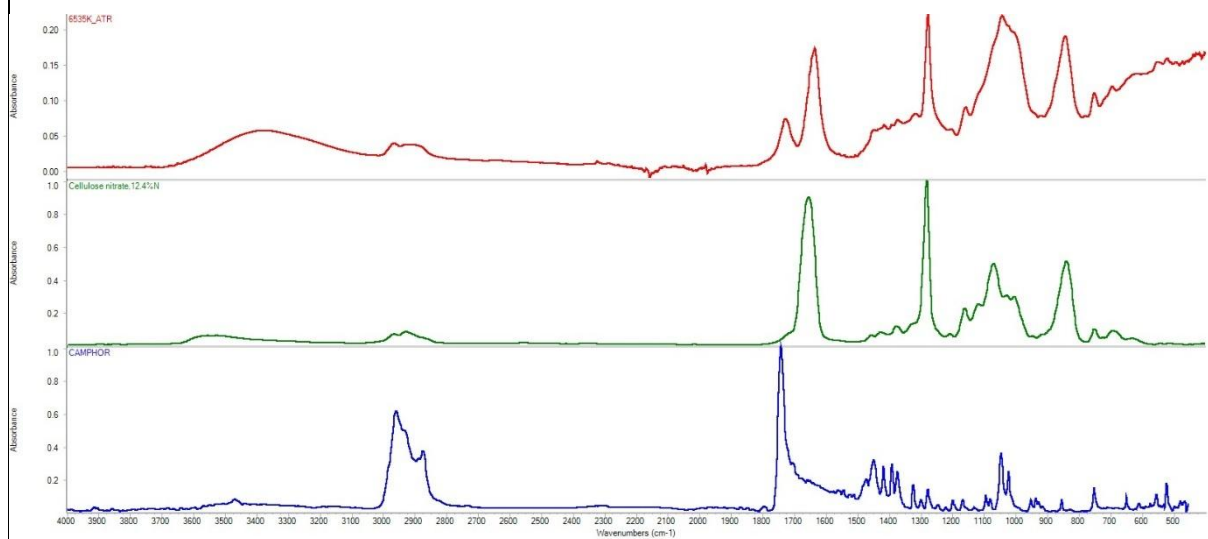
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 1346-1-19 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

6535 – G – 80



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



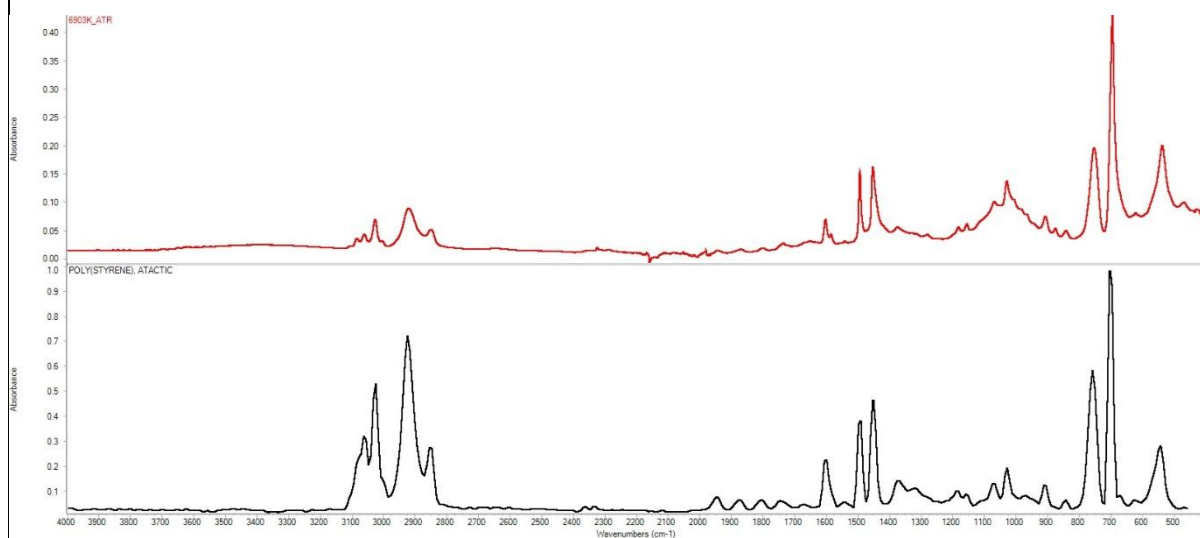
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 6535-G-80 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

6903 – 2 – 83



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Polystyrol	-	Stabil



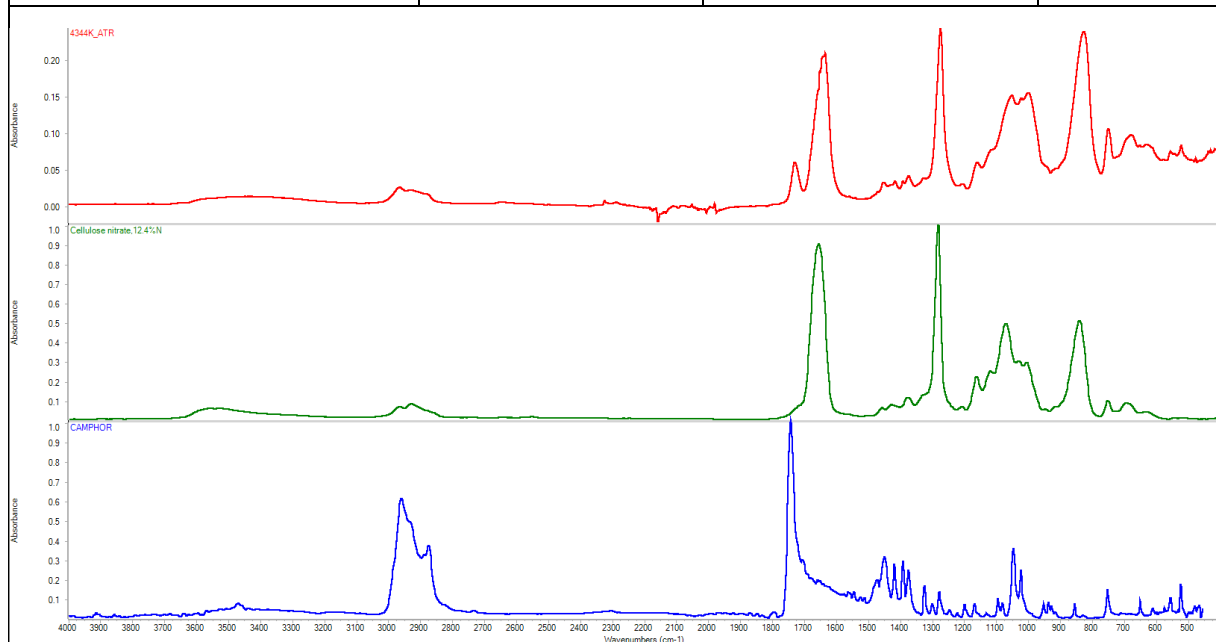
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 6903-2-83 (rot), und Referenzspektra von Polystyrol (schwarz).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Polystyrol handelt.

4344 – A – 52



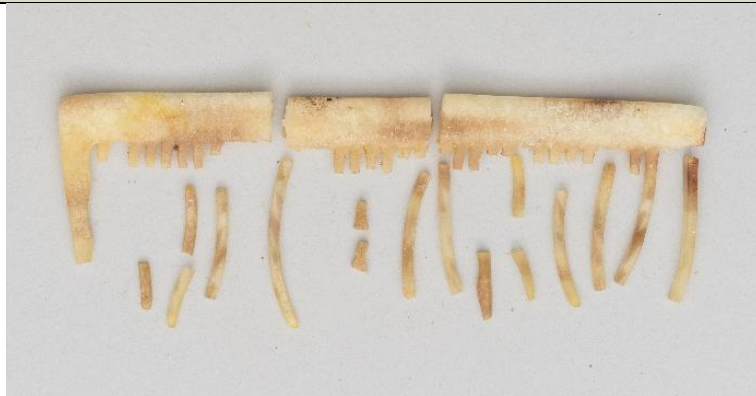
Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Fragil



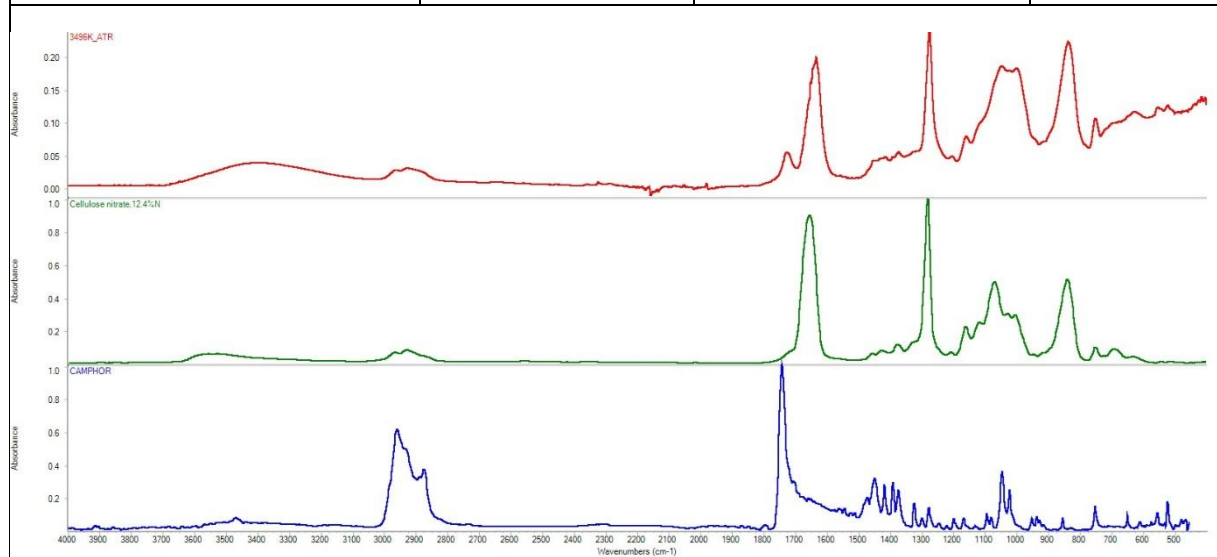
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 4344-A-52 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

3496 – BlockR – 42



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



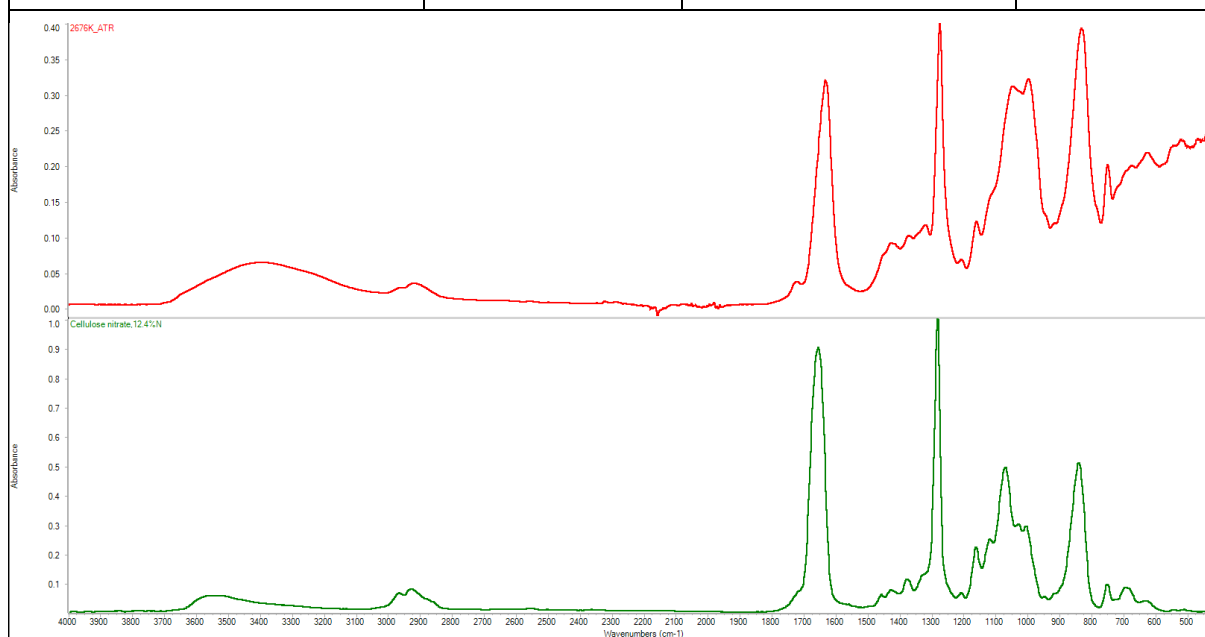
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3496-BlockR-42 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

2676 – 2 – 34



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



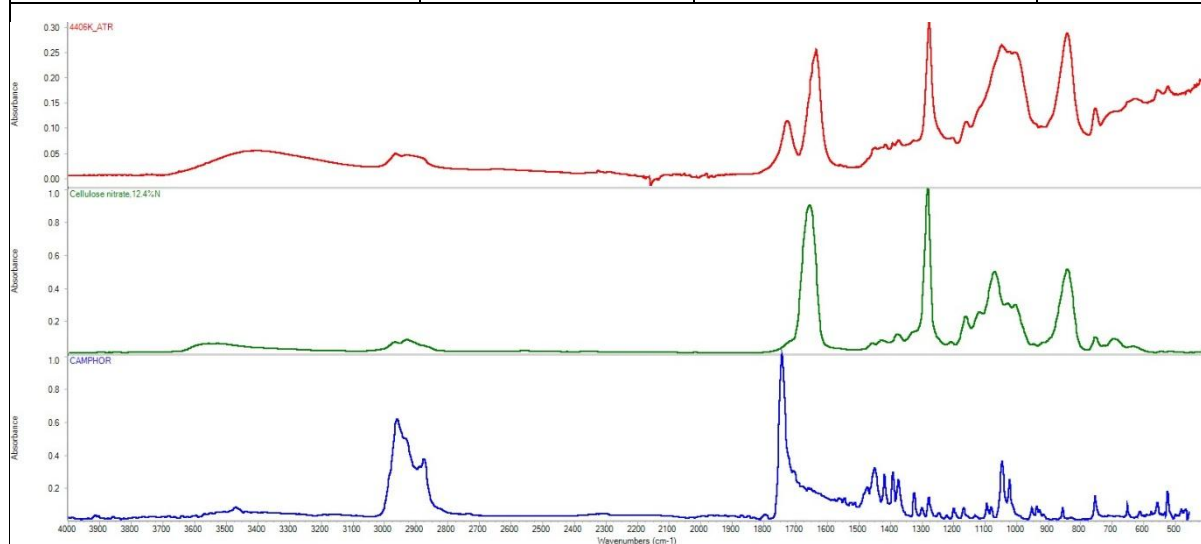
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2676-2-34 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün)

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt.

4406 – A – 52



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Kamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 4406-A-52 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

2618 – 2 – 34



Objektbezeichnung

Kunststofftyp

Zusätzliche Materialien

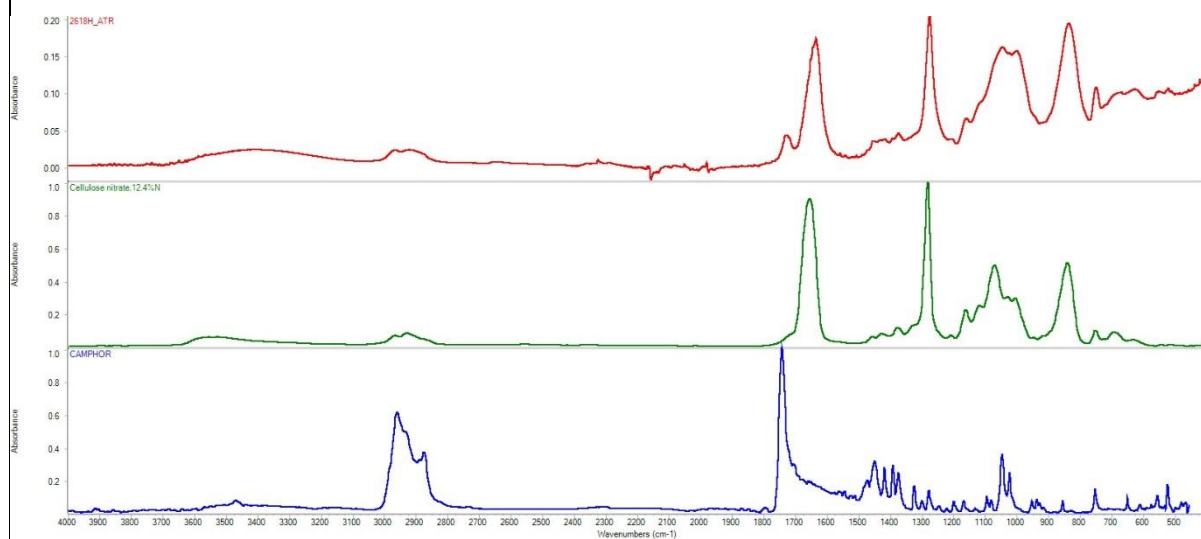
Zustand

Haarspange

Cellulosenitrat

Metallelemente

Fragil



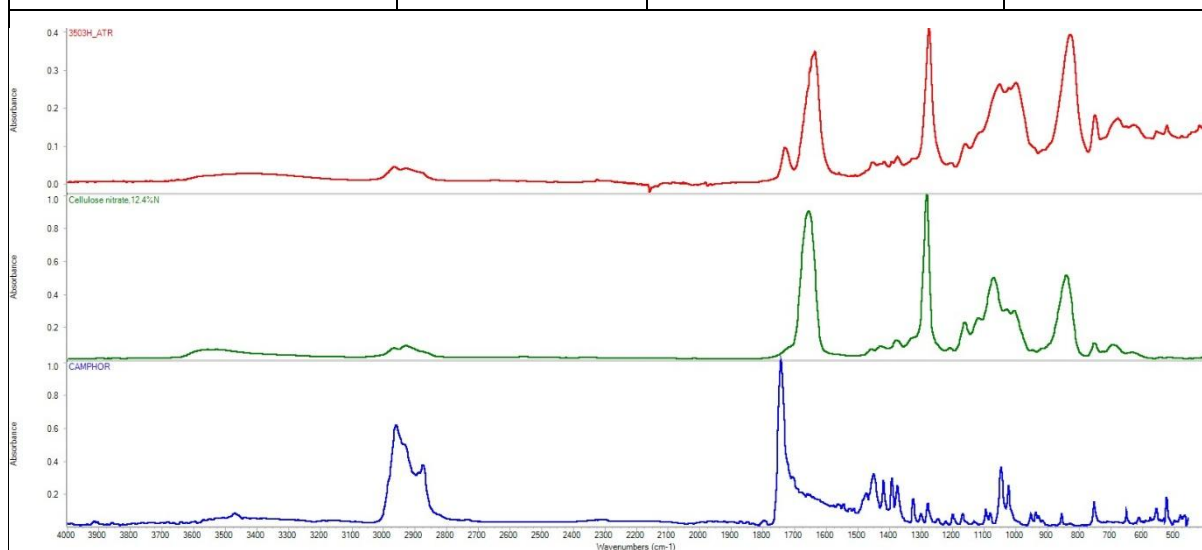
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2618-2-34 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

3503 – BlockR – 42



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarspange	Cellulosenitrat	Metallelemente	Fragil



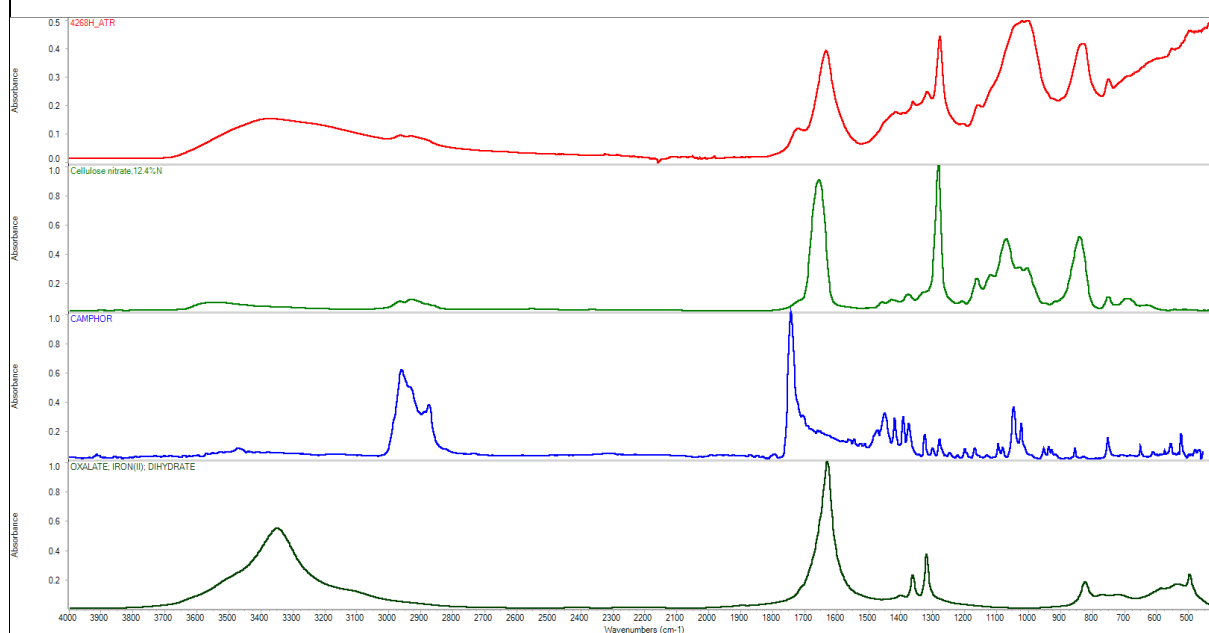
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3503-BlockR-42 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

4268 – A – 52



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarspange	Cellulosenitrat	Metallelemente	Sehr fragil



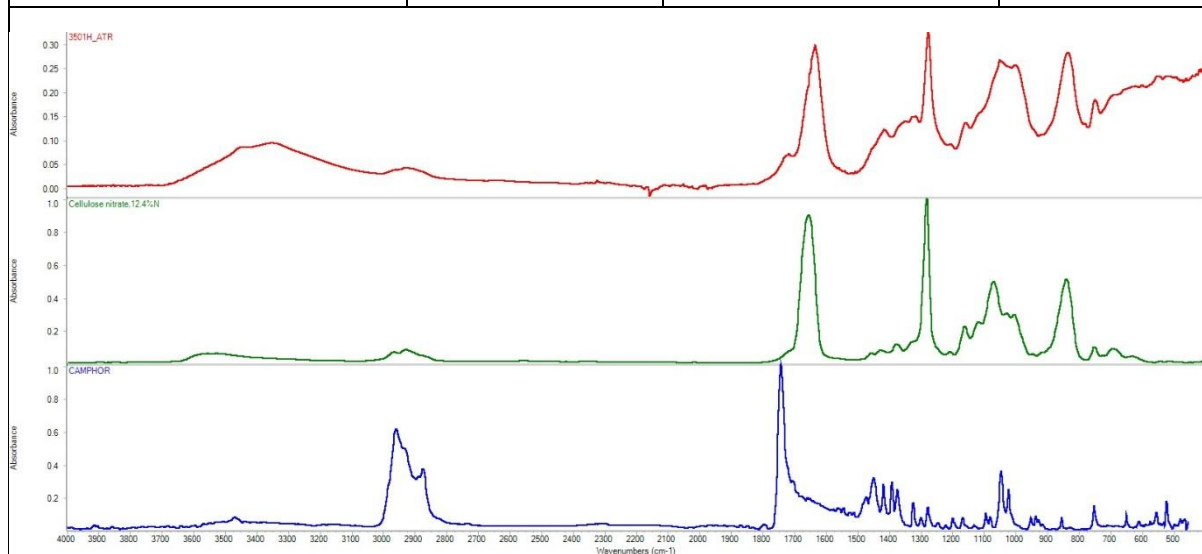
FTIR- ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 4268-A-52 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün), Campher (blau) und Oxalat (dunkelgrün).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen. Das detektierte Oxalat ist als Abbauprodukt zu interpretieren.

3501 – BlockR – 42



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Steckkamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



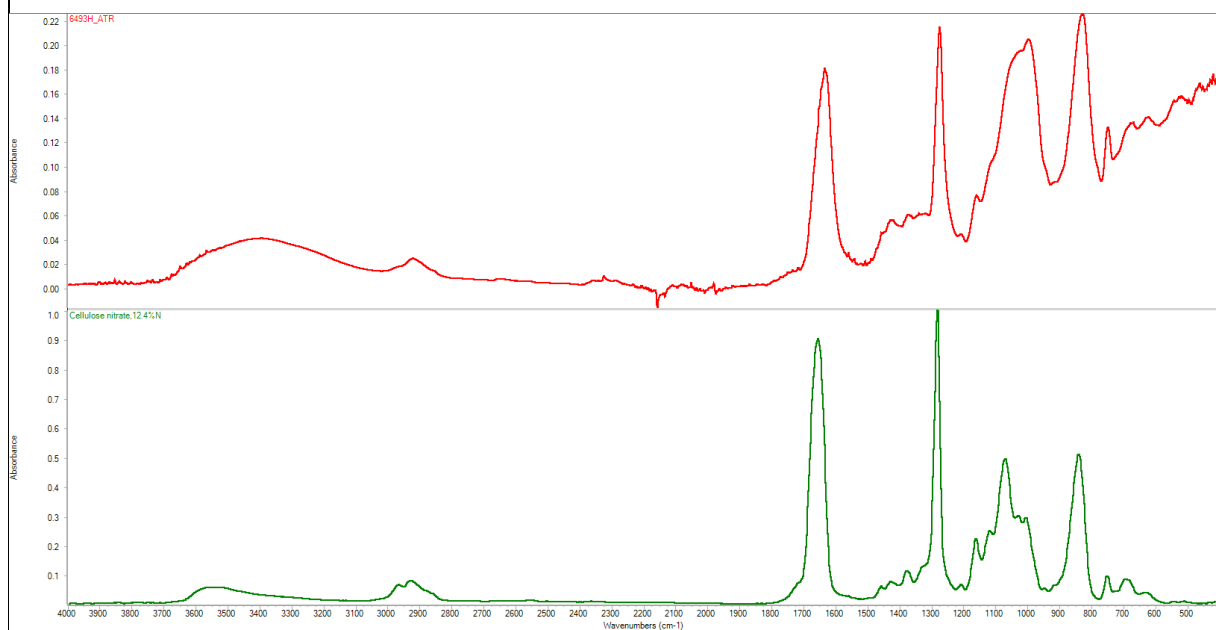
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3501-BlockR-42 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

6493 – I – 79



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarreifen	Cellulosenitrat	-	Fragil



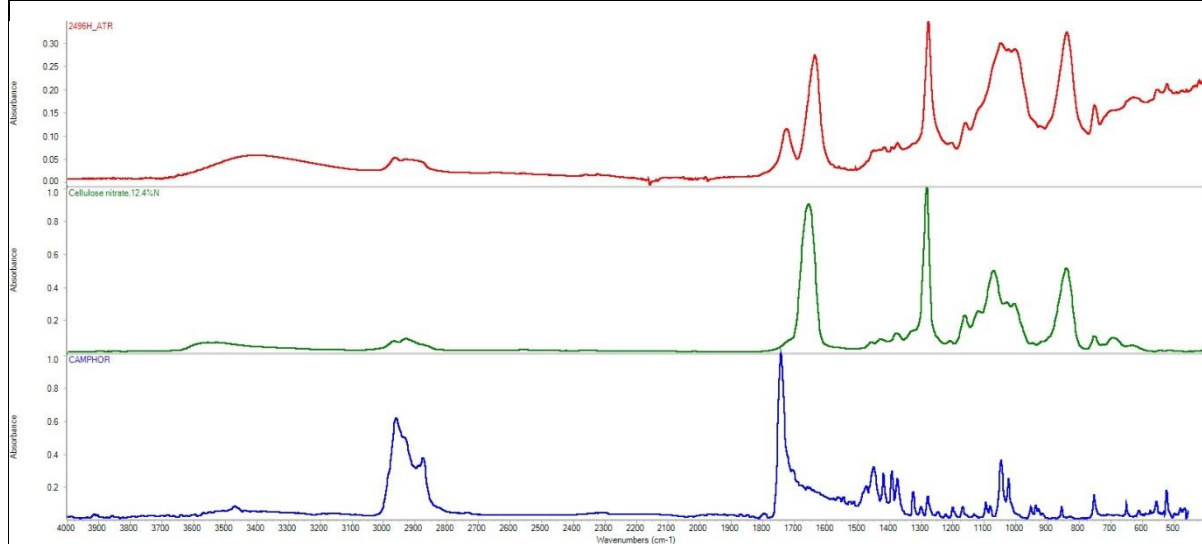
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 6493-I-79 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt.

2496 – A – 33



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarreifen	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



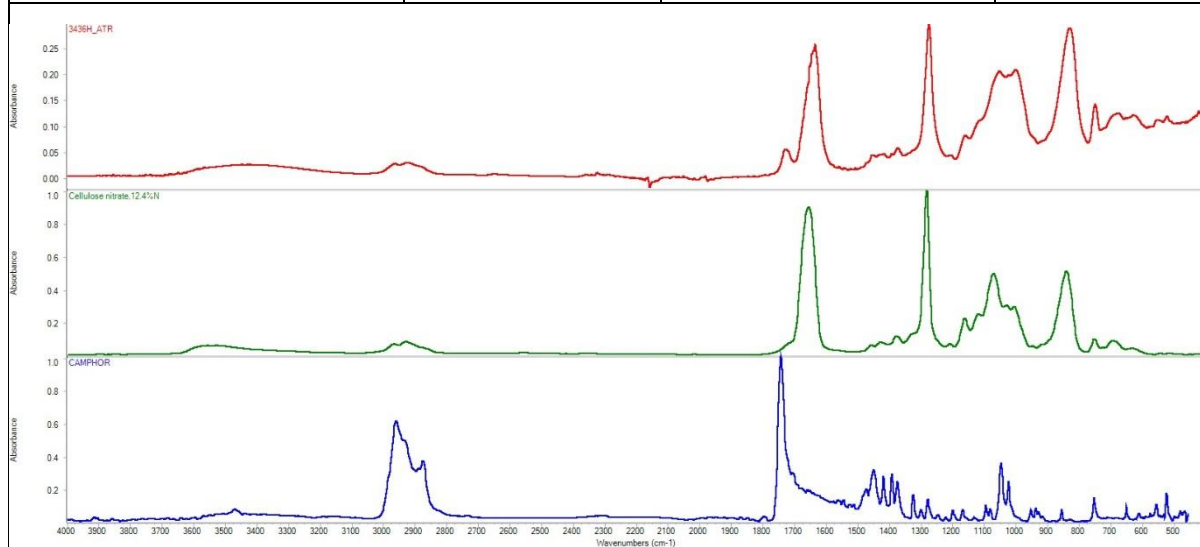
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 2496-A-33 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

3436 – 4 – 41



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarnadel	Cellulosenitrat	-	Fragil



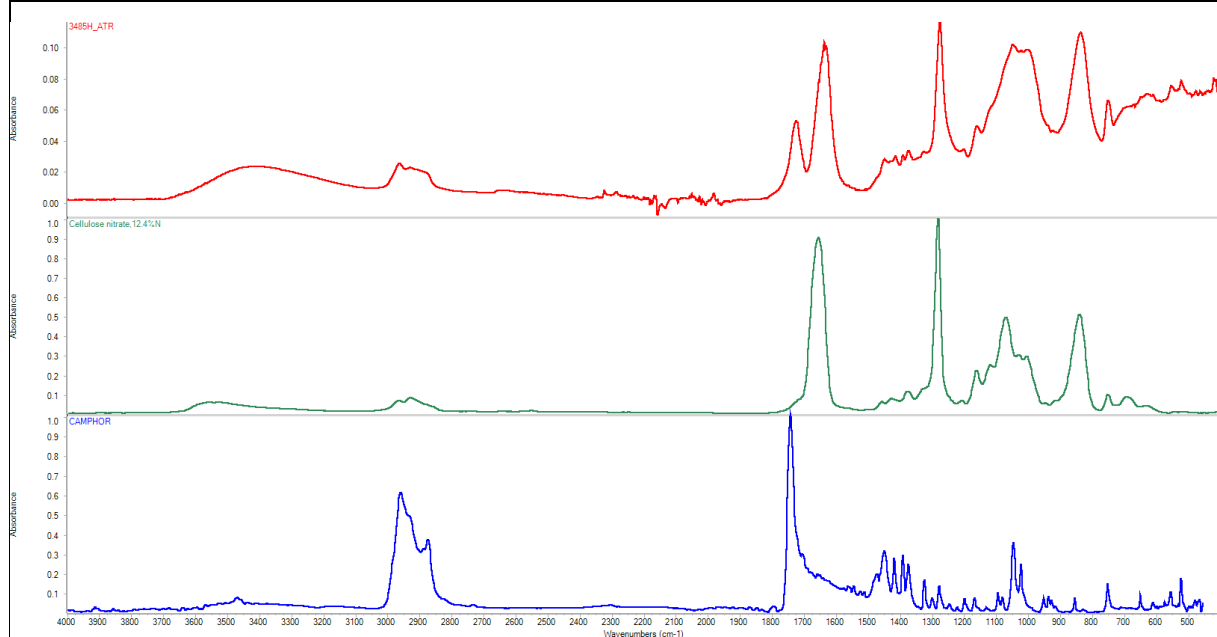
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3436-4-41 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

3485 – BlockR – 42



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarnadel	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



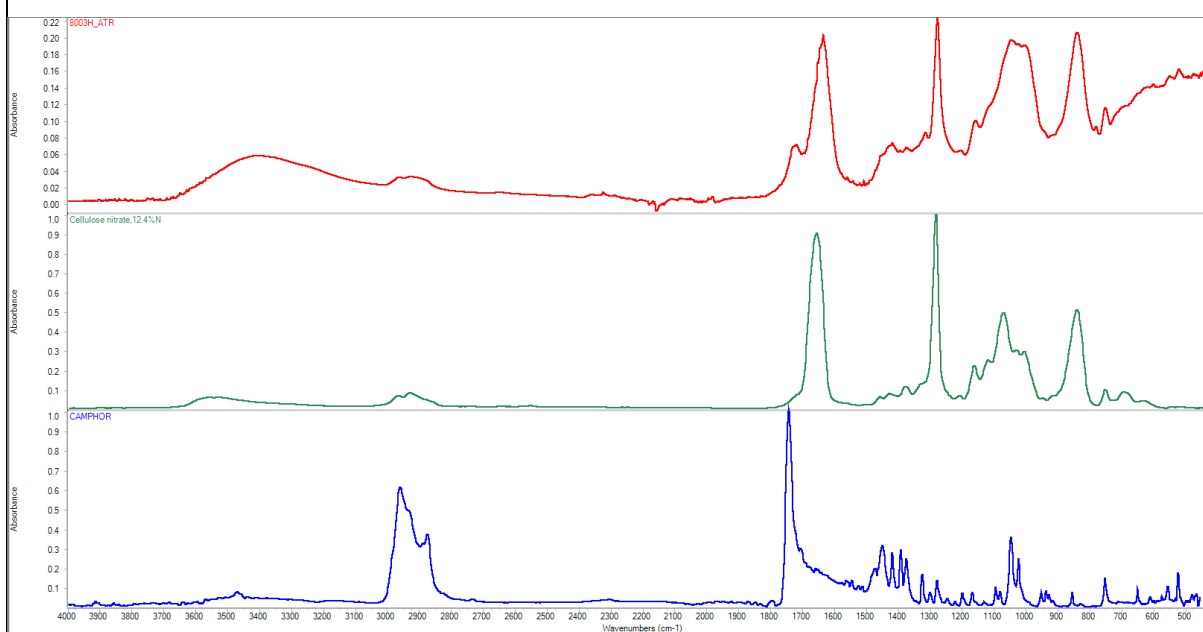
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3485-BlockR-42 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

8003 – – 114



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarnadel	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



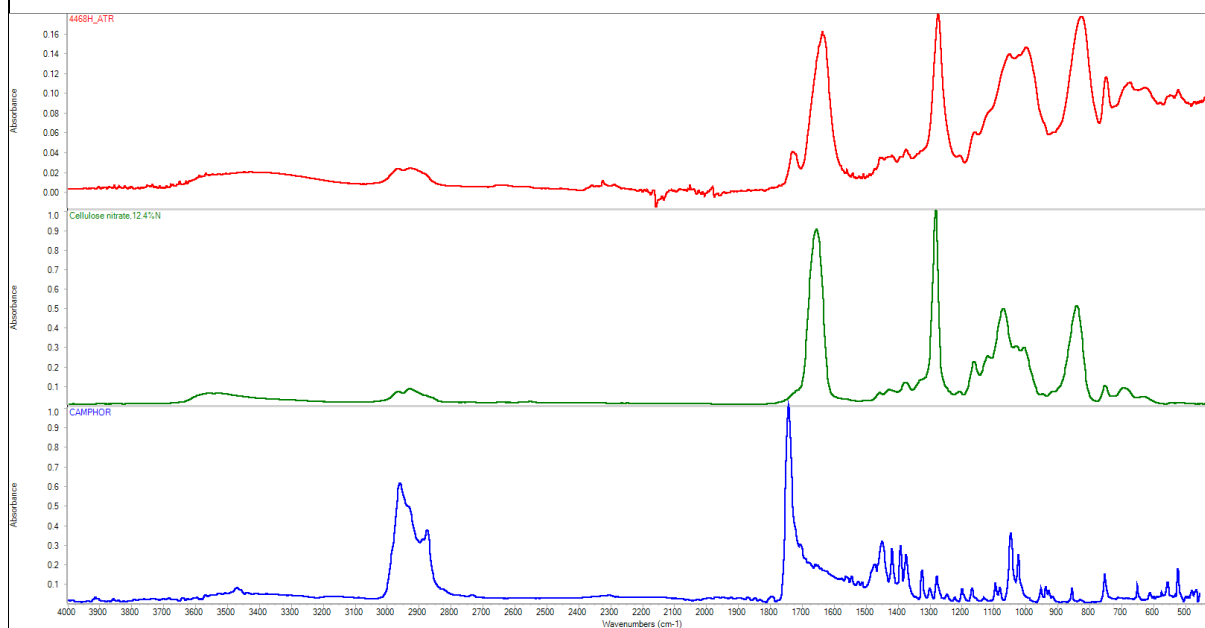
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 8003- -114 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

4468 – A – 52



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Haarnadel	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



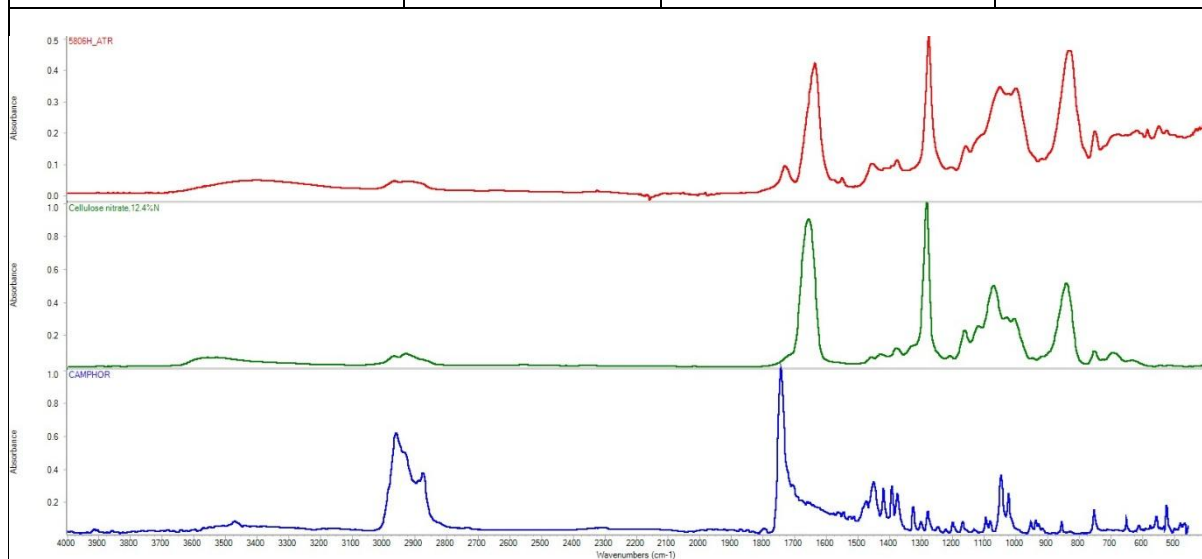
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 4468-A-52 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

5806 – G – 71



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Steckkamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



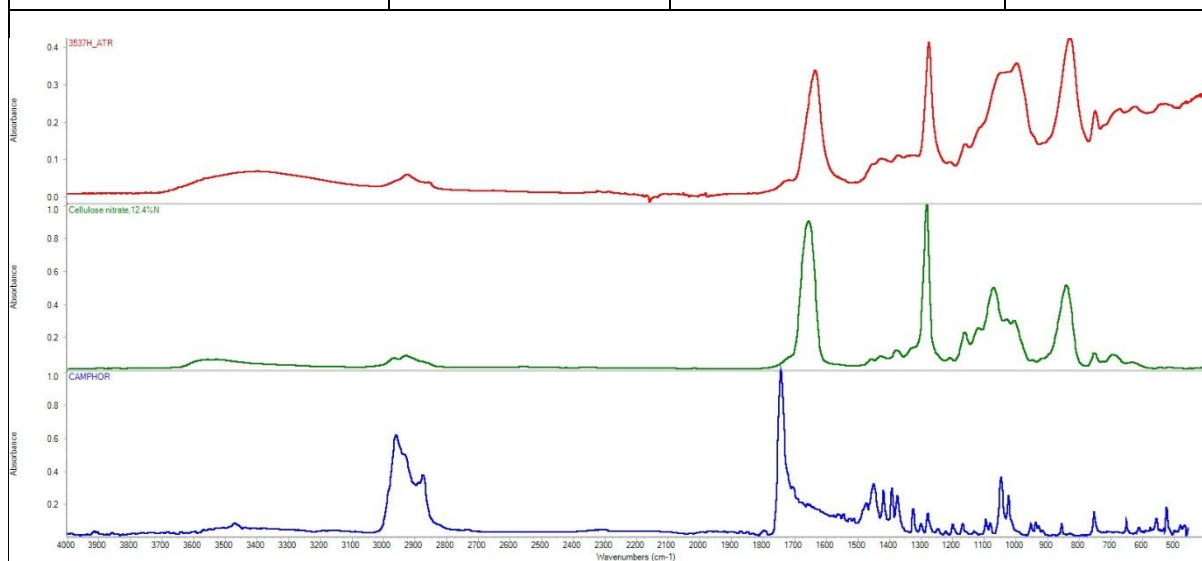
FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 5806-G-71 (rot), und Referenzspektra von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

3537 – BlockR – 42



Objektbezeichnung	Kunststofftyp	Zusätzliche Materialien	Zustand
Steckkamm	Cellulosenitrat	-	Sehr fragil



FTIR-ATR Spektrum der Materialzusammensetzung von 3537-BlockR-42 (rot), und Referenzspektren von Cellulosenitrat (grün) und Campher (blau).

Die Ergebnisse der FTIR-ATR Spektren deuten darauf hin, dass es sich bei dem untersuchten Kunststofftyp um Cellulosenitrat handelt. Das Vorhandensein von Campher lässt auf *Celluloid* schließen.

CELLULOID MSDS

Mark	English name:celluloid		
	Formula: 25%camphor+75%nitrocellulose+nitrate rate 10%		
	Dangerous No.:		
Physical and chemical properties	Characters:Colored and the colorless and transparent sheets, plates, sticks, soft, flexible thermoplastic		
	Solubility:Soluble in ethanol, acetone and various esters		
	MP(°C):165	Boiling point(°C):	Relative density (water = 1):1.25
	Critical temperature(°C):Pointless	Critical pressure(Mpa):Pointless	Relative density (air = 1):
	Heat of combustion(KJ/mol):	The minimum ignition(mJ):	Saturated vapor pressure(KPa):
	Flammability:Flammability		
		Decomposition products of combustion:arbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen oxides	
	Flash point(°C):13	Hazardous Polymerization:	
	Upper explosion limit(%):	Stability:	
	Lower explosion limit(%):	The maximum explosion pressure(MPa):	
Explosion Hazards	Ignition temperature(°C):180℃	Incompatible materials:	
	Hazardous characteristics: flammable. In case of fire, high temperature burns easily. The product is stored for too long if damp after experiencing hot weather, easy fermentation, moldy, reducing natural point, gradually heat lingers often cause naturally, once ignited, burning fast.		
	Fire fighting methods: firefighters must wear protective clothing, wear protective masks and gloves, comes with protective tools with water, foam, dry powder, carbon dioxide, sand and other fire fighting		

Fiche de données de sécurité
conforme Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

EUKALIN

Nom commercial du produit : EUKALIN 6405 VL UV
Mise à jour : 04.05.2020
Date d'édition : 11.05.2021

Version (Révision) : 2.0.0 (1.0.2)

RUBRIQUE 1: Identification de la substance/du mélange et de la société/ l'entreprise

1.1 Identificateur de produit

EUKALIN 6405 VL UV

1.2 Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange et utilisations déconseillées

Utilisations identifiées pertinentes

Catégories de produits [PC]

PC1 - Adhésifs, produits d'étanchéité

1.3 Renseignements concernant le fournisseur de la fiche de données de sécurité
Fournisseur (fabricant/importateur/représentant exclusif/utilisateur en aval/revendeur)

EUKALIN
Spezial-Klebstoff Fabrik GmbH

Rue : Ernst-Abbe-Str. 10

Code postal/Lieu : 52249 Eschweiler

Téléphone : +49 2403 64500

Télécopie : +49 2403 645026

1.4 Numéro d'appel d'urgence

+49 2403 645025 Monday until Friday 8:00-16:00 (CET/MEZ)

RUBRIQUE 2: Identification des dangers

2.1 Classification de la substance ou du mélange

Classification selon règlement (CE) N° 1272/2008 [CLP]

Aucune

2.2 Éléments d'étiquetage

Étiquetage selon le règlement (CE) N° 1272/2008 [CLP]

Règles particulières relatives aux éléments d'étiquetage additionnels concernant certains mélanges

EUH208

Contient POLYETHYLENE IMINE ; MÉLANGE DE: 5-CHLORO-2-MÉTHYL-2H-ISOTHIAZOL-3-ONE ET 2-METHYL-2H-ISOTHIAZOL-3-ONE (3:1). Peut produire une réaction allergique.

EUH210

Fiche de données de sécurité disponible sur demande.

2.3 Autres dangers

Aucune

RUBRIQUE 3: Composition/informations sur les composants

3.2 Mélanges

Composants dangereux

Aucune

Ce mélange contient les substances suivantes extrêmement préoccupantes (SVHC) qui ont été incluses dans la liste des substances candidates conformément à l'article 59 de REACH

-

Ce mélange contient les substances suivantes extrêmement préoccupantes (SVHC) qui sont soumises à autorisation selon l'Annexe XIV de REACH

-

RUBRIQUE 4: Premiers secours

Fiche de données de sécurité
conforme Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

EUKALIN

Nom commercial du produit : EUKALIN 6405 VL UV
Mise à jour : 04.05.2020
Date d'édition : 11.05.2021

Version (Révision) : 2.0.0 (1.0.2)

4.1 Description des premiers secours

Informations générales

En cas de doute ou s'il y a des symptômes, demander un conseil médical. En cas de perte de conscience, mettre la victime en décubitus latéral et consulter un médecin.

En cas d'inhalation

Transporter la victime à l'air libre, la protéger par une couverture et la maintenir immobile. Allonger la victime au calme, la couvrir et la maintenir au chaud. En cas de difficultés respiratoires ou d'apnée, recourir à un système de respiration artificielle.

En cas de contact avec la peau

Enlever immédiatement les vêtements souillés, imprégnés. Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec eau et savon. Ne pas nettoyer avec: Solvants/Dilutions

Après contact avec les yeux

En cas de contact avec les yeux, rincer un moment avec de l'eau en gardant la paupière ouverte et consulter immédiatement un ophtalmologiste. P338 - Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

En cas d'ingestion

Après ingestion, rincer la bouche de la victime consciente à l'eau et appeler immédiatement le médecin. Allonger la victime au calme, la couvrir et la maintenir au chaud. NE PAS faire vomir.

4.2 Principaux symptômes et effets, aigus et différés

En cas de doute ou s'il y a des symptômes, demander un conseil médical.

4.3 Indication des éventuels soins médicaux immédiats et traitements particuliers nécessaires

Aucune

RUBRIQUE 5: Mesures de lutte contre l'incendie

5.1 Moyens d'extinction

Moyens d'extinction appropriés

mousse résistante à l'alcool Dioxyde de carbone (CO2) ABC-poudre Eau

Moyens d'extinction inappropriés

Aucune

5.2 Dangers particuliers résultant de la substance ou du mélange

En cas d'inhalation de produits de décomposition, transporter la victime à l'air frais et l'allonger au calme.

5.3 Conseils aux pompiers

Si possible sans risque, éloigner les récipients en bon état de la zone dangereuse. Ne pas laisser les eaux d'extinction s'écouler dans les égouts ou les cours d'eau.

Équipement spécial de protection en cas d'incendie

En cas d'incendie: Utiliser un appareil respiratoire autonome.

RUBRIQUE 6: Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

6.1 Précautions individuelles, équipement de protection et procédures d'urgence

Ventiler la zone concernée. Ne pas respirer les gaz/fumées/vapeurs/aérosols. Voir les mesures de protection aux points 7 et 8.

6.2 Précautions pour la protection de l'environnement

Ne pas laisser s'écouler dans les canalisations ni dans les eaux courantes.

6.3 Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Absorber avec une substance liant les liquides (sable, diatomite, liant d'acides, liant universel). Collecter dans des récipients appropriés, fermés et apporter à la déchetterie. Nettoyer avec des détergents. Éviter les solvants. Traiter le matériau recueilli conformément à la section Elimination.

Fiche de données de sécurité conforme Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

EUKALIN

Nom commercial du produit : EUKALIN 6405 VL UV
Mise à jour : 04.05.2020
Date d'édition : 11.05.2021

Version (Révision) : 2.0.0 (1.0.2)

6.4 Référence à d'autres rubriques

Maniement sûr: voir rubrique 7 Protection individuelle: voir rubrique 8

RUBRIQUE 7: Manipulation et stockage

7.1 Précautions à prendre pour une manipulation sans danger

Éviter tout contact avec la peau, les yeux et les vêtements. Ne pas manger, boire, fumer ni priser pendant l'utilisation. Utiliser un équipement de protection individuel (voir rubrique 8). Ne pas vider le récipient avec de la pression. Conserver/Stocker uniquement dans le récipient d'origine. Les réglementations nationales doivent être également observées!

7.2 Conditions d'un stockage sûr, y compris d'éventuelles incompatibilités

Demandes d'aires de stockage et de récipients Conserver le récipient bien fermé. Ne pas vider le récipient avec de la pression. Le sol doit être étanche, sans joints et non absorbant. Conserver/Stocker uniquement dans le récipient d'origine. Conseils pour le stockage en commun Ne pas stocker ensemble avec Comburant Acide fort Base forte

Conseils pour le stockage en commun

Classe de stockage (TRGS 510) : 12

Autres indications relatives aux conditions de stockage

Observer les étiquettes et fiches de données de sécurité pour les produits chimiques de transformation. Conserver le récipient bien fermé. Protéger contre Radiations UV/rayonnement solaire Protéger contre Gel

7.3 Utilisation(s) finale(s) particulière(s)

Tenir compte de la fiche des spécifications techniques. Observer le mode d'emploi.

RUBRIQUE 8: Contrôles de l'exposition/protection individuelle

8.1 Paramètres de contrôle

Limites d'Exposition Professionnelle - RCP-méthode TRGS 900 (D) Ne contient aucune substance en concentrations dépassant les limites fixées pour les postes de travail.

8.2 Contrôles de l'exposition

Ventiler la zone concernée.

Protection individuelle



Mesures générales de protection et d'hygiène

Éviter tout contact avec la peau, les yeux et les vêtements. Se laver les mains avant les pauses et à la fin du travail.

Contrôle de l'exposition professionnelle

Voir section 7. D'autres mesures complémentaires ne sont pas nécessaires.

RUBRIQUE 9: Propriétés physiques et chimiques

9.1 Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles

Données de sécurité

État :					liquide
Point initial d'ébullition et intervalle d'ébullition :	(1013 hPa)				Aucune donnée disponible
Point éclair :					aucune/aucun
Pression de la vapeur :	(50 °C)				non applicable
Densité :	(20 °C)	env.			1,06 g/cm³
Test de séparation des solvants :	(20 °C)				non applicable
pH :					4 - 8
Viscosité :	(20 °C)	env.			800 mPa.s

Fiche de données de sécurité
conforme Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

EUKALIN

Nom commercial du produit : EUKALIN 6405 VL UV
Mise à jour : 04.05.2020
Date d'édition : 11.05.2021

Version (Révision) : 2.0.0 (1.0.2)

9.2 Autres informations

Aucune

RUBRIQUE 10: Stabilité et réactivité

10.1 Réactivité

Aucune

10.2 Stabilité chimique

Aucune

10.3 Possibilité de réactions dangereuses

Réaction exothermique avec: Acide fort Base forte

10.4 Conditions à éviter

Voir section 7. D'autres mesures complémentaires ne sont pas nécessaires.

10.5 Matières incompatibles

50 - Ne pas mélanger avec autres produits chimiques.

10.6 Produits de décomposition dangereux

En cas d'incendie, risque de dégagement de: Dioxyde de carbone (CO₂) Monoxyde de carbone Oxydes d'azote (NO_x)

RUBRIQUE 11: Informations toxicologiques

11.1 Informations sur les effets toxicologiques

Absence de données toxicologiques.

RUBRIQUE 12: Informations écologiques

12.1 Toxicité

Aucune information disponible.

12.2 Persistance et dégradabilité

Aucune information disponible.

12.3 Potentiel de bioaccumulation

Aucune information disponible.

12.4 Mobilité dans le sol

Aucune information disponible.

12.5 Résultats des évaluations PBT et vPvB

Aucune information disponible.

12.6 Autres effets néfastes

Aucune information disponible.

12.7 Autres informations écotoxicologiques

Aucune

RUBRIQUE 13: Considérations relatives à l'élimination

13.1 Méthodes de traitement des déchets

Élimination du produit/de l'emballage

Ne pas laisser s'écouler dans les canalisations ni dans les eaux courantes. Élimination conformément au Règlement 2008/98/CE en matière de déchets et déchets dangereux.

Code de déchet/désignations des déchets selon code EAK/AVV

Code des déchets produit

Liste des propositions pour les code déchets/désignations des déchets selon le CED waste code: 080410 adhesive or

Fiche de données de sécurité
conforme Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

EUKALIN

Nom commercial du produit : EUKALIN 6405 VL UV
Mise à jour : 04.05.2020
Date d'édition : 11.05.2021

Version (Révision) : 2.0.0 (1.0.2)

sealing whitout product with No. 080409

Autres recommandations de traitement des déchets

Les emballages non pollués et complètement vides peuvent être destinés à un recyclage.

RUBRIQUE 14: Informations relatives au transport

14.1 Numéro ONU

Le produit n'est pas un produit dangereux selon les règlements applicables au transport.

14.2 Désignation officielle de transport de l'ONU

Le produit n'est pas un produit dangereux selon les règlements applicables au transport.

14.3 Classe(s) de danger pour le transport

Le produit n'est pas un produit dangereux selon les règlements applicables au transport.

14.4 Groupe d'emballage

Le produit n'est pas un produit dangereux selon les règlements applicables au transport.

14.5 Dangers pour l'environnement

Le produit n'est pas un produit dangereux selon les règlements applicables au transport.

14.6 Précautions particulières à prendre par l'utilisateur

Aucune

RUBRIQUE 15: Informations relatives à la réglementation

15.1 Réglementations/législation particulières à la substance ou au mélange en matière de sécurité, de santé et d'environnement

Directives nationales

Technische Anleitung Luft (TA-Luft)

Poids (Article 5.2.5. I) : < 5 %

Classe risque aquatique (WGK)

Classe : 1 (Présente un faible danger pour l'eau.) Classification selon AwSV

15.2 Évaluation de la sécurité chimique

Aucune information disponible.

RUBRIQUE 16: Autres informations

16.1 Indications de changement

02. Règles particulières relatives aux éléments d'étiquetage additionnels concernant certains mélanges : 15. Classe risque aquatique (WGK)

16.2 Abréviations et acronymes

Aucune

16.3 Références littéraires et sources importantes des données

Aucune

16.4 Classification de mélanges et méthode d'évaluation utilisée selon le règlement (CE) N° 1272/2008 [CLP]

Aucune information disponible.

16.5 Texte des phrases H- et EUH (Numéro et texte intégral)

Aucune

16.6 Indications de stage professionnel

Aucune

16.7 Informations complémentaires

Aucune

Fiche de données de sécurité
conforme Règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH)

EUKALIN

Nom commercial du produit : EUKALIN 6405 VL UV

Mise à jour : 04.05.2020

Date d'édition : 11.05.2021

Version (Révision) : 2.0.0 (1.0.2)

Les informations figurant dans cette fiche de données de sécurité correspondent à nos connaissances actuelles au moment de l'impression. Ces informations visent à fournir des points de repère pour une manipulation sûre du produit objet de cette fiche de données de sécurité, concernant en particulier son stockage, sa mise en oeuvre, son transport et son élimination. Les indications ne sont pas applicables à d'autres produits. Dans la mesure où le produit est mélangé ou mis en oeuvre avec d'autres matériaux, cette fiche de données de sécurité n'est pas automatiquement valable pour la matière ainsi produite.



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

RUBRIQUE 1 — Identification de la substance/du mélange et de la société/de l'entreprise

- 1.1 Identificateur de produit**
 Marque commerciale **EUKALIN 6550 VL 150 UV**
- 1.2 Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange et utilisations déconseillées**
 Utilisations identifiées pertinentes PC1
 Adhésif
 Utilisations déconseillées aucune
- 1.3 Renseignements concernant le fournisseur de la fiche de données de sécurité**
 EUKALIN Spezial-Klebstoff Fabrik GmbH
 Ernst-Abbe-Straße 10
 52249 Eschweiler
 Allemagne
 Téléphone: +49 (0) 2403 64500
 Télécopie: +49 (0) 2403 645026
 e-mail: regulatoryaffairs@eukalin.de
- 1.4 Numéro d'appel d'urgence**
 Service d'information d'urgence +49 (0) 2403 645025
 Ce numéro de téléphone est uniquement disponible aux heures de bureau suivantes: lun. au ven. 08:00 à 16:00 h, (CET/MEZ)

RUBRIQUE 2 — Identification des dangers

- 2.1 Classification de la substance ou du mélange**
 Classification opérée conformément au règlement (CE) no 1272/2008 (CLP)
 Ce mélange ne répond pas aux critères de classification conformément au Règlement no 1272/2008/CE.
- 2.2 Éléments d'étiquetage**
 Étiquetage selon le règlement (CE) no 1272/2008 (CLP)
 - Mention d'avertissement non requis
 - Pictogrammes non requis
 - Informations additionnelles sur les dangers
 EUH208 Contient masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1). Peut produire une réaction allergique.
 EUH210 Fiche de données de sécurité disponible sur demande.
- 2.3 Autres dangers**
 Résultats des évaluations PBT et vPvB
 Ne contient pas une substance PBT/vPvB à une concentration de $\geq 0,1\%$.
 Propriétés perturbant le système endocrinien
 Ne contient pas un perturbateur endocrinien (EDC) à une concentration de $\geq 0,1\%$.



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

RUBRIQUE 3 — Composition/informations sur les composants

3.1 Substances

Non pertinent (mélange)

3.2 Mélanges

Description du mélange

Nom de la substance	Identificateur	%M	Classification selon SGH
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	No CAS 55965-84-9 No index 613-167-00-5	0 - < 0,0015	Acute Tox. 3 / H301 Acute Tox. 2 / H310 Acute Tox. 2 / H330 Skin Corr. 1C / H314 Eye Dam. 1 / H318 Skin Sens. 1A / H317 Aquatic Acute 1 / H400 Aquatic Chronic 1 / H410

Nom de la substance	Limites de concentrations spécifiques	Facteurs M	ETA	Voie d'exposition
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	Skin Corr. 1C; H314: C ≥ 0,6 % Skin Irrit. 2; H315: 0,06 % ≤ C < 0,6 % Eye Dam. 1; H318: C ≥ 0,6 % Eye Irrit. 2; H319: 0,06 % ≤ C < 0,6 % Skin Sens. 1A; H317: C ≥ 0,0015 %	facteur M (aiguë) = 100 facteur M (chronique) = 100	100 mg/kg 50 mg/kg 0,5 mg/4h 0,05 mg/4h	oral cutané inhalation: vapeur inhalation: poussières/brouillard

Pour le texte intégral: voir la RUBRIQUE 16.

RUBRIQUE 4 — Premiers secours

4.1 Description des mesures de premiers secours

Notes générales

En cas de malaise ou en cas de doute, consulter un médecin. En cas de perte de conscience, mettre en position latérale de sécurité et ne rien administrer par la bouche.

Après inhalation

Tenir la personne concernée tranquille, au chaud et couvert. Fournir de l'air frais. En cas de respiration irrégulière ou d'arrêt de respiration, envoyer immédiatement chercher un médecin et ordonner les premiers secours (Le cas échéant assistance respiratoire).

Après contact cutané

Enlever immédiatement tous les vêtements contaminés. N'utiliser jamais: Solvants EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU: rincer à l'eau fraîche/poser une compresse humide.

Après contact oculaire

En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

Après ingestion

Rincer la bouche avec de l'eau (seulement si la personne est consciente). Consulter un médecin. Tenir la personne concernée tranquille, au chaud et couvert. NE PAS faire vomir.

4.2 Principaux symptômes et effets, aigus et différés

En cas de malaise ou en cas de doute, consulter un médecin.

4.3 Indication des éventuels soins médicaux immédiats et traitements particuliers nécessaires

aucune



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

RUBRIQUE 5 — Mesures de lutte contre l'incendie

5.1 Moyens d'extinction

Moyens d'extinction appropriés

Poudre d'extincteur, Dioxyde de carbone (CO₂)

5.2 Dangers particuliers résultant de la substance ou du mélange

Produits de combustion dangereux

En cas d'inhalation (produits de décomposition dangereux): Transporter la personne à l'extérieur et la maintenir dans une position où elle peut confortablement respirer

5.3 Conseils aux pompiers

En cas d'incendie et/ou d'explosion, ne pas respirer les fumées. Coordonner les mesures de lutte contre l'incendie à l'environnement. Ne pas laisser l'eau d'extinction s'écouler dans les égouts. Collecter l'eau d'extinction contaminée séparément. Combattre l'incendie à distance en prenant les précautions normales.

Équipements de protection particuliers des pompiers

En cas d'incendie: Porter un appareil respiratoire autonome.

RUBRIQUE 6 — Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle

6.1 Précautions individuelles, équipement de protection et procédures d'urgence

Pour les non-secouristes

Aérer la zone touchée. Ne pas respirer les gaz/fumées/vapeurs/aérosols. Mesures de protection et règles de comportement: Rubrique 7/ Rubrique 8.

Pour les secouristes

Porter un appareil respiratoire en cas d'exposition aux vapeurs/poussières/aérosols/gaz.

6.2 Précautions pour la protection de l'environnement

Éviter la contamination des égouts, des eaux de surface et des eaux souterraines. Retenir et éliminer l'eau de lavage contaminé.

6.3 Méthodes et matériel de confinement et de nettoyage

Conseils concernant le confinement d'un déversement

Couverture des égouts

Conseils concernant le nettoyage d'un déversement

Recueillir le produit répandu: matière absorbante (par exemple sable, terre à diatomées, liant acide, liant universel, sciure de bois, etc.)

Méthodes de confinement

Utilisation des matériaux adsorbants.

Toute autre information concernant les déversements et les dispersions

Placer dans un récipient approprié pour l'élimination. Aérer la zone touchée. N'utiliser jamais: Solvants

6.4 Référence à d'autres rubriques

Précautions à prendre pour une manipulation sans danger: Rubrique 7. Équipement de protection individuel: voir rubrique 8. Matières incompatibles: voir rubrique 10. Considérations relatives à l'élimination: voir rubrique 13.



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

RUBRIQUE 7 — Manipulation et stockage

7.1 Précautions à prendre pour une manipulation sans danger

Recommandations

Mesures destinées à prévenir les incendies et à empêcher la production de particules en suspension et de poussières

Utilisation d'une ventilation locale et générale. Utiliser seulement dans des zones bien ventilées.

Conseils d'ordre général en matière d'hygiène du travail

Éviter le contact avec la peau et les yeux. Enlever les vêtements contaminés. Ne pas manger, boire et fumer dans les zones de travail. Se laver les mains soigneusement après manipulation. Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux/du visage (Rubrique 8).

7.2 Conditions d'un stockage sûr, y compris les éventuelles incompatibilités

Maîtriser les effets

Conception particulière des locaux ou des réservoirs de stockage: Conserver le récipient bien fermé. Ne pas vider le récipient avec de la pression. Conserver uniquement dans le récipient d'origine dans un endroit frais et bien ventilé. Interdiction du stockage commun (avec): Comburant, Déchets basiques, Acides. Veuillez bien noter toute disposition nationale ou régionale pertinente.

Protéger contre l'exposition externe tel(s) que

Protéger contre: Rayonnement UV/la lumière naturelle, Gel

7.3 Utilisation(s) finale(s) particulière(s)

Observez la fiche technique. Respectez le mode d'emploi.

RUBRIQUE 8 — Contrôles de l'exposition/protection individuelle

8.1 Paramètres de contrôle

Valeurs limites d'exposition professionnelle (limites d'exposition sur le lieu de travail)
cette information n'est pas disponible

DNEL pertinents des composants du mélange						
Nom de la substance	No CAS	Effet	Seuil d'exposition	Objectif de protection, voie d'exposition	Utilisé dans	Durée d'exposition
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	DNEL	0,02 mg/m ³	homme, par inhalation	travailleur (industriel)	chronique - effets locaux
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	DNEL	0,04 mg/m ³	homme, par inhalation	travailleur (industriel)	aiguë - effets locaux

PNEC pertinents des composants du mélange						
Nom de la substance	No CAS	Effet	Seuil d'exposition	Organisme	Milieu de l'environnement	Durée d'exposition
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	PNEC	3,39 µg/l	organismes aquatiques	eau douce	court terme (cas isolé)



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

PNEC pertinents des composants du mélange						
Nom de la substance	No CAS	Effet	Seuil d'exposition	Organisme	Milieu de l'environnement	Durée d'exposition
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	PNEC	3,39 µg/l	organismes aquatiques	eau de mer	court terme (cas isolé)
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	PNEC	0,23 mg/l	organismes aquatiques	installation de traitement des eaux usées (STP)	court terme (cas isolé)
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	PNEC	0,027 mg/kg	organismes aquatiques	sédiments d'eau douce	court terme (cas isolé)
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	PNEC	0,027 mg/kg	organismes aquatiques	sédiments marins	court terme (cas isolé)
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	PNEC	0,01 mg/kg	organismes terrestres	sol	court terme (cas isolé)

8.2 Contrôles de l'exposition

Contrôles techniques appropriés

Ventilation générale.

Mesures de protection individuelle (équipement de protection individuelle)

Protection des yeux/du visage

Porter un appareil de protection des yeux/du visage.

Protection de la peau

- Protection des mains

Porter des gants appropriés. Un gant de protection contre les substances chimiques selon la norme EN 374 est approprié. En cas de réutilisation des gants, bien nettoyer avant de les enlever puis bien aérer. Pour un usage spécial il est recommandé de vérifier la résistance des gants de protection indiqué plus haut contre les produits chimiques avec le fournisseur de ces gants.

- Type de matière

Nitrile

- Épaisseur de la matière

≥0,1 mm

- Délai normal ou minimal de rupture de la matière constitutive du gant

>240 minutes (perméation: niveau 5)

- Mesures de protection diverse

Faire des périodes de récupération pour la régénération de la peau. Une protection de la peau (crèmes barrières/pommades) est recommandée. Se laver les mains soigneusement après manipulation.



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

Protection respiratoire

Lorsque la ventilation du local est insuffisante, porter un équipement de protection respiratoire.

Contrôles d'exposition liés à la protection de l'environnement

Considération des autres conseils: Rubrique 7.

RUBRIQUE 9 — Propriétés physiques et chimiques

9.1 Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles

État physique	liquide
Couleur	diverses
Odeur	caractéristique
Point de fusion/point de congélation	cette information n'est pas disponible
Point d'ébullition ou point initial d'ébullition et intervalle d'ébullition	cette information n'est pas disponible
Taux d'évaporation	cette information n'est pas disponible
Inflammabilité	non pertinent

Limites inférieure et supérieure d'explosion non déterminé

Limite inférieure d'explosivité (LIE)	aucune information disponible
Limite supérieure d'explosivité (LSE)	aucune information disponible

Point d'éclair	cette information n'est pas disponible
Température d'auto-inflammabilité	aucune information disponible
Température de décomposition	non pertinent
(valeur de) pH	4-9
Viscosité cinématique 20°C	1756 mm ² /s
Solubilité(s)	aucune information disponible

Coefficient de partage

Coefficient de partage n-octanol/eau (valeur log)	cette information n'est pas disponible
---	--

Pression de vapeur	cette information n'est pas disponible
--------------------	--

Densité et/ou densité relative

Densité	1,025 kg/l
---------	------------



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

Caractéristiques des particules	non pertinent (liquide)
---------------------------------	-------------------------

9.2 Autres informations

Informations concernant les classes de danger physique	classes de danger selon SGH (dangers physiques): non pertinent
Autres caractéristiques de sécurité	il n'y a aucune information additionnelle

RUBRIQUE 10 — Stabilité et réactivité

10.1 Réactivité

Aucune

10.2 Stabilité chimique

Voir en bas "Conditions à éviter".

10.3 Possibilité de réactions dangereuses

Possibilité de réactions dangereuses: Ne pas mélanger avec des acides. Ne pas mélanger avec des lessives alcalines.

10.4 Conditions à éviter

Rubrique 7: Manipulation et stockage.

10.5 Matières incompatibles

Ne pas mélanger avec d'autres substances chimiques

10.6 Produits de décomposition dangereux

Produits de combustion dangereux en cas d'incendie: Dioxyde de carbone (CO₂), Monoxyde de carbone (CO), Oxydes azotés (NO_x).

RUBRIQUE 11 — Informations toxicologiques

11.1 Informations sur les classes de danger telles que définies dans le règlement (CE) no 1272/2008

Il n'existe pas de données d'essai sur le mélange comme tel.

Procédure de classification

La classification du mélange est fondée sur les composants de ceux-ci (formule d'additivité).

Classification opérée conformément au SGH (1272/2008/CE, CLP)

Ce mélange ne répond pas aux critères de classification conformément au Règlement no 1272/2008/CE.

Toxicité aiguë

Les critères de classification ne sont pas remplis pour ces classes de danger.

Estimation de la toxicité aiguë (ETA) de composants du mélange			
Nom de la substance	No CAS	Voie d'exposition	ETA
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	oral	100 mg/kg
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	cutané	50 mg/kg



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

Estimation de la toxicité aiguë (ETA) de composants du mélange			
Nom de la substance	No CAS	Voie d'exposition	ETA
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	inhalation: vapeur	0,5 mg/l/4h
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)	55965-84-9	inhalation: poussières/ brouillard	0,05 mg/l/4h

Corrosion/irritation cutanée

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Lésion oculaire grave/sévère irritation des yeux

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Sensibilisation respiratoire ou cutanée

Contient masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1). Peut produire une réaction allergique.

Mutagénicité sur cellules germinales

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Cancérogénicité

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Toxicité pour la reproduction

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition unique

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Toxicité spécifique pour certains organes cibles - exposition répétée

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

Danger en cas d'aspiration

Les critères de classification ne sont pas remplis pour cette classe de danger.

11.2 Informations sur les autres dangers

Il n'y a aucune information additionnelle.

RUBRIQUE 12 — Informations écologiques

12.1 Toxicité

N'est pas classé comme dangereux pour le milieu aquatique.

12.2 Persistance et dégradabilité

Des données ne sont pas disponibles.

12.3 Potentiel de bioaccumulation

Des données ne sont pas disponibles.

12.4 Mobilité dans le sol

Des données ne sont pas disponibles.

12.5 Résultats des évaluations PBT et vPvB

Conformément aux résultats de son évaluation, cette substance n'est pas une substance PBT ou vPvB. Ne contient pas une substance PBT/vPvB à une concentration de $\geq 0,1\%$.



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

12.6 Propriétés perturbant le système endocrinien

Ne contient pas un perturbateur endocrinien (EDC) à une concentration de $\geq 0,1\%$.

12.7 Autres effets néfastes

Il n'y a aucune information additionnelle.

RUBRIQUE 13 — Considérations relatives à l'élimination

13.1 Méthodes de traitement des déchets

Informations pertinentes pour l'évacuation des eaux usées

Ne pas verser dans la canalisation ou les eaux de surface. Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

Traitement des déchets des conteneurs/emballages

Des emballages complètement vides peuvent être recyclés (Le recyclage). Manipuler des emballages contaminés de la même manière que la substance. Traitement: Directive 2008/98/CE relative aux déchets/ déchets dangereux.

Dispositions pertinentes relatives à la prévention des déchets

Code de déchets AVV

08 04 10 déchets de colles et mastics autres que ceux visés à la rubrique 08 04 09

Remarques

Veuillez bien noter toute disposition nationale ou régionale pertinente. Les déchets sont à trier selon les catégories qui peuvent être traitées séparément dans les installations locales ou nationales de gestion des déchets.

RUBRIQUE 14 — Informations relatives au transport

- | | |
|--|---|
| 14.1 Numéro ONU ou numéro d'identification | non soumis aux règlements sur le transport |
| 14.2 Désignation officielle de transport de l'ONU | non pertinent |
| 14.3 Classe(s) de danger pour le transport | aucune |
| 14.4 Groupe d'emballage | pas attribué |
| 14.5 Dangers pour l'environnement | pas dangereux pour l'environnement selon le règlement sur les transports des marchandises dangereuses |
| 14.6 Précautions particulières à prendre par l'utilisateur | Il n'y a aucune information additionnelle. |
| 14.7 Transport maritime en vrac conformément aux instruments de l'OMI | Le transport en vrac de cargaisons n'est pas prévu. |

Informations pour chacun des règlements types des Nations unies

Transport par route, par rail ou par voies de navigation intérieures de marchandises dangereuses (ADR/RID/ADN) - Informations supplémentaires

Non soumis à l'ADR, au RID et à l'ADN.

Code maritime international des marchandises dangereuses (IMDG) - Informations supplémentaires

Non soumis à l'IMDG.

Organisation de l'aviation civile internationale (OACI-IATA/DGR) - Informations supplémentaires

Non soumis à l'OACI-IATA.



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

RUBRIQUE 15 — Informations relatives à la réglementation

15.1 Réglementations/législation particulières à la substance ou au mélange en matière de sécurité, de santé et d'environnement

Dispositions pertinentes de l'Union européenne (UE)

Liste des substances soumises à autorisation (REACH, Annexe XIV) / SVHC - liste des candidats

aucun des composants n'est énuméré (>0,1%)

Directive relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (RoHS)

aucun des composants n'est énuméré

Règlement concernant la création d'un registre européen des rejets et des transferts de polluants (PRTR)

aucun des composants n'est énuméré

Directive-cadre sur l'eau (DCE)

Liste des polluants (DCE)			
Nom de la substance	No CAS	Énuméré dans	Remarques
masse de réaction de 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one et de 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (3:1)		a)	

Légende

A) Liste indicative des principaux polluants

Règlement concernant les polluants organiques persistants (POP)

Aucun des composants n'est énuméré.

15.2 Évaluation de la sécurité chimique

Aucune information disponible.

RUBRIQUE 16 — Autres informations

Abréviations et acronymes

Abr.	Description des abréviations utilisées
Acute Tox.	Toxicité aiguë
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures
ADR	Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route
Aquatic Acute	Dangereux pour le milieu aquatique - danger aigu
Aquatic Chronic	Dangereux pour le milieu aquatique - danger chronique
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung (ordonnance sur le catalogue des déchets, Allemagne)
CAS	Chemical Abstracts Service (numéro d'enregistrement auprès du Chemical Abstracts Service. Identifiant numérique unique n'ayant aucune signification chimique)
CLP	Règlement (CE) no 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage (Classification, Labelling and Packaging) des substances et des mélanges
DGR	Dangerous Goods Regulations (règlement sur les transports des marchandises dangereuses - voir IATA/DGR)



Fiche de Données de Sécurité

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

Abr.	Description des abréviations utilisées
DNEL	Derived No-Effect Level (dose dérivée sans effet)
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (inventaire européen des substances chimiques commerciales existantes)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (liste européenne des substances chimiques notifiées)
ETA	Estimation de la Toxicité Aiguë
Eye Dam.	Causant des lésions oculaires graves
Eye Irrit.	Irritant oculaire
facteur M	Un facteur de multiplication. Il est appliqué à la concentration d'une substance classée comme dangereuse pour le milieu aquatique, toxicité aiguë de la catégorie 1 ou toxicité chronique de la catégorie 1, et qui est utilisé pour obtenir, grâce à la méthode de la somme, la classification d'un mélange dans lequel la substance est présente
IATA	Association Internationale du Transport Aérien
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Règlement sur les transports des marchandises dangereuses pour le transport aérien)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (code maritime international des marchandises dangereuses)
NLP	No-Longer Polymer (ne figure plus sur la liste des polymères)
No CE	L'inventaire CE (EINECS, ELINCS et NLP) est la source pour le numéro CE comme identifiant des substances dans l'Union européenne
No index	Le numéro index est le code d'identification attribué à la substance à l'annexe VI, partie 3, du règlement (CE) no 1272/2008
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PBT	Persistant, Bioaccumulable et Toxique
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentration prédite sans effet)
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses
SGH	"Système Général Harmonisé pour la classification et l'étiquetage des produits chimiques" développé par les Nations unies
Skin Corr.	Corrosif pour la peau
Skin Irrit.	Irritant pour la peau
Skin Sens.	Sensibilisation cutanée
SVHC	Substance of Very High Concern (substance extrêmement préoccupante)
vPvB	Very Persistent and very Bioaccumulative (très persistant et très bioaccumulable)

Principales références bibliographiques et sources de données

Règlement (CE) no 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage (Classification, Labelling and Packaging) des substances et des mélanges. Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH), modifié par 2020/878/UE.

Transport par route, par rail ou par voies de navigation intérieures de marchandises dangereuses (ADR/RID/ADN). Code maritime international des marchandises dangereuses (IMDG). Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Règlement sur les transports des marchandises dangereuses pour le transport aérien).

**Fiche de Données de Sécurité**

selon le Règlement (CE) no 1907/2006 (REACH)

EUKALIN 6550 VL 150 UV

Numéro de la version: GHS 11
Remplace la version de: 22.02.2023 (GHS 10)

Date d'établissement: 02.06.2023

Procédure de classification

Propriétés physiques et chimiques: La classification est fondée sur un mélange testé.
Dangers pour la santé, Dangers pour l'environnement: La classification du mélange est fondée sur les composants de ceux-ci (formule d'additivité).

Liste des phrases (code et texte intégral comme indiqué dans la rubrique 2 et 3)

Code	Texte
H301	Toxique en cas d'ingestion.
H310	Mortel par contact cutané.
H314	Provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions des yeux.
H317	Peut provoquer une allergie cutanée.
H318	Provoque de graves lésions des yeux.
H330	Mortel par inhalation.
H400	Très toxique pour les organismes aquatiques.
H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

Clause de non-responsabilité

Ces informations sont basées sur l'état actuel de nos connaissances. Cette FDS a été élaborée exclusivement pour ce produit et est exclusivement destinée à ce produit.