



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

LEHRSTUHL FÜR RESTAURIERUNG, KUNSTTECHNOLOGIE UND
KONSERVIERUNGSWISSENSCHAFT



EUROPÄISCHES PATENTAMT MÜNCHEN

Axel Anklams „shine“ (2006) im Europäischen Patentamt München

Dokumentation, Untersuchung und Konservierungskonzept für ein Kunstwerk
mit Latexmembranbespannung

Julia Sawitzki

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades

Master of Arts (M. A.)

An der **Fakultät für Architektur** der Technischen Universität München.

Prüfer: Prof. Erwin Emmerling

Betreuerin: Dr. Simone Miller, Europäisches Patentamt München

Bearbeitungszeitraum: 17.05.2017 - 01.12.2017

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die vorliegende Master's Thesis selbständig verfasst und keine anderen als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet wurden.

Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Texten entnommen sind, wurden unter Angabe der Quellen (einschließlich des World Wide Web und anderer elektronischer Text- und Datensammlungen) und nach den üblichen Regeln des wissenschaftlichen Zitierens nachgewiesen. Dies gilt auch für Zeichnungen, bildliche Darstellungen, Skizzen, Tabellen und dergleichen. Mir ist bewusst, dass wahrheitswidrige Angaben als Täuschungsversuch behandelt werden und dass bei einem Täuschungsverdacht sämtliche Verfahren der Plagiatserkennung angewandt werden können.

Ich erkläre weiterhin, dass die vorliegende Arbeit noch nicht im Rahmen eines anderen Prüfungsverfahrens eingereicht wurde.

München, den 01.12.2017

Zusammenfassung

Bei dem Kunstwerk „shine“ handelt es sich um eine 2006 von dem Berliner Künstler AXEL ANKLAM geschaffene Skulptur. Sie besteht aus einem Edelstahlgerüst, das mit einer Bespannung aus schwachvernetztem Naturkautschuk versehen worden ist. Ihre rote Farbigkeit erhält sie durch eine Mischung von Monoazofarbstoffen, die dem flüssigen Latex vor dem Ausgießen hinzugefügt wurden. Die filigrane Gerüststruktur erzeugt in Kombination mit der transluzenten, farbigen Bespannung einen dynamischen, leuchtenden Effekt. Die Skulptur ist Teil der Kunstsammlung des Europäischen Patentamt München und steht in den Bürogebäuden der ehemaligen Pschorr-Höfe in der Bayerstraße. Da Naturkautschuk kein besonders alterungsbeständiges Material ist und bei vorherigen Aufstellungen kein Augenmerk auf die Lichtbelastung der Skulptur gelegt wurde, weist die Bespannung des Kunstwerks einen fortgeschrittenen, durch Photooxidation bedingten Abbau auf. Neben der Dokumentation des Objekts und der Ermittlung der Zusammensetzung des Materials, steht die Entwicklung eines geeigneten Konservierungskonzepts im Zentrum dieser Master's Thesis. Im Zuge dessen wurden Stabilisierungsversuche mit dem phenolischen Antioxidans Irganox® 1520 L an dem Originalmaterial nachempfundenen Testkörpern durchgeführt. Antioxidantien sind in der Gummiindustrie typische Additive, die den oxidativen Abbauprozess verlangsamen. Um die Eignung dieser Methode für gefärbten, aufgespannten Naturkautschuk zu ermitteln, wurden die Testkörper einer 39-tägigen künstlichen Lichtalterung ausgesetzt. Die Auswertung der Lichtalterung erfolgte mittels FTIR- und UV-VIS-Messungen und wurde durch Quelltests ergänzt.

Abstract

“shine” is a sculpture by Berlin artist AXEL ANKLAM, which originated in 2006. It consists of a stainless-steel frame with a covering made of weakly cured natural rubber. Its red colour is due to a mixture of monoazo dyes added to the liquid latex, before pouring it out. The delicate frame structure in combination with the translucent, coloured covering creates a dynamic, glowing effect. The sculpture is part of the art collection of the European Patent Office Munich and is exhibited in one of the office buildings of the former Pschorr-Höfe at the Bayerstraße. Since natural rubber is not very persistent to aging and the sculpture has been consistently exposed to light, the covering shows advanced degradation because of photo-oxidation. Besides the documentation of the object and the investigation regarding its composition, this master's thesis focuses on the development of a conservation concept. Therefore, attempts of stabilizing specimen with a similar composition with the phenolic antioxidant Irganox® 1520 L were performed. Being typical additives of the rubber industry, antioxidants are used to slow down the oxidative degradation. To test the methods' suitability regarding coloured, stretched natural rubber, the specimens were artificially light aged for 39 days. The following analysis was conducted by means of FTIR- and UV-VIS-measurements and completed by swelling tests.

Dank

Zu Beginn möchte ich mich herzlich bei Herrn Prof. Erwin Emmerling bedanken, der mich während meiner gesamten Studienzeit am Lehrstuhl für Restaurierung, Konservierungswissenschaft und Kunsttechnologie (TUM) begleitet und stets außerordentlich gut betreut hat.

Weiterhin danke ich Axel Anklam für seine Offenheit und die Möglichkeit ihn in seinem Atelier zu besuchen und ein Interview mit ihm zu führen. Danke für spannende Einblicke ins Künstlerdasein und interessante Gespräche.

Frau Dr. Kristine Schönert vom Europäischen Patentamt München möchte ich für den Vorschlag des Themas und ihr Interesse an dieser Arbeit danken. Besonders danke ich Frau Dr. Simone Miller, die mich während meiner gesamten Masterarbeit betreut hat und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Frau Dr. Catharina Blänsdorf und Herr Alexander Grillparzer (TUM) danke ich für die Analysen am REM.

Weiterhin danke ich Frau Martina Pfenninger-Lepage von der Akademie der bildenden Künste Wien für ihre fachliche Expertise und die nette Beratung zu der Nachstabilisierung von Naturkautschuk mit Antioxidantien.

Ebenso möchte ich Herrn Christian Malycha vom Kunstverein Reutlingen danken für die freundliche Korrespondenz, fachlichen Ratschläge und die Zusendung von Literatur den Künstler betreffend.

Ein besonderer Dank geht an Herr Werner Oechsle und Frau Katrin Auerweck von der Huber Group Deutschland für ihre herzliche Aufnahme und dass sie mir die Durchführung meiner Lichtalterung ermöglicht haben. Weiterhin danke ich Ihnen für die Durchführung der Farbstoffanalyse.

Herr Dr. Thorsten Allscher (IBR) danke ich herzlich für die Möglichkeit meine Analysen bei ihm durchzuführen, sowie für chemische Exkurse.

Herr Frank Eberhardt von BTC Chemical Distribution danke ich herzlich für die Zusendung der Antioxidantien.

Herrn Christopher Vossen von der Julius Hoesch GmbH und Co. KG möchte ich meinen Dank für die Zusendung der Emulgatoren aussprechen.

Frau Susanne Brunner danke ich fürs Korrekturlesen.

Schlussendlich möchte ich meinen Eltern danken, die mir dieses Studium ermöglicht und mich stets darin unterstützt und bestärkt haben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Axel Anklam – Leben und Werk.....	4
3	Axel Anklam – „shine“ (2006).....	13
3.1	Identifikation.....	13
3.2	Beschreibung.....	13
3.3	Material und Technik.....	14
3.3.1	Edelstahlgerüst.....	14
3.3.2	Naturkautschukbespannung.....	16
3.4	Interpretation.....	20
3.5	Geschichte und derzeitige Aufstellung.....	21
3.6	Erhaltung und Schäden.....	23
3.6.1	Edelstahlgerüst.....	23
3.6.2	Naturkautschukbespannung.....	23
4	Konservierungskonzept.....	28
4.1	Zielsetzung.....	28
4.2	Edelstahlgerüst.....	28
4.3	Naturkautschukbespannung.....	29
4.3.1	Stand der Forschung.....	29
4.3.2	Reinigung.....	30
4.4	Klima- und Ausstellungsempfehlungen.....	32
4.5	Diskussion und Empfehlung.....	33
5	Nachträgliche Stabilisierung von gefärbten, aufgespannten Naturkautschuk-membranen mit Irganox® 1520L.....	34
5.1	Irganox 1520® L- Eigenschaften und Wirkungsweise.....	34
5.2	Künstliche Alterung in Xenon-Testkammer.....	35
5.2.1	Versuchsaufbau und Methodik.....	35
5.2.2	Durchführung.....	35
5.2.2.1	Herstellung der Testkörper.....	35
5.2.2.2	Stabilisierung mit Irganox® 1520 L und Lichtalterung.....	37
5.2.3	Auswertung und Fehlerbetrachtung.....	40

6	Schlussbetrachtung	45
7	Bildteil.....	47
7.1	Fotodokumentation „shine“ (2006)	47
7.2	Lichtalterung	57
8	Literatur.....	67
	Anhang	71
A.	Interview mit Axel Anklam vom 11.07.2017	71
B.	Probenprotokolle und Analysen.....	79
B.1	Axel Anklam: „shine“ – Originalproben.....	79
B.2	Künstliche Lichtalterung – Testkörper	109
C.	Verwendete Materialien und Geräte	188

1 Einleitung

„AXEL ANKLAM ist ein Bildhauer des Lichts.“¹ Seit Beginn seines künstlerischen Schaffens beschäftigt er sich mit der Lichtwirkung, Dynamik und Offenheit von Materialien. Dabei faszinieren ihn besonders Metalle. Er versucht ihnen Leichtigkeit, Dynamik und Offenheit zu entlocken und kombiniert es dazu teils mit gefärbten transluzenten Materialien. Diese nutzt ANKLAM zur Transformation des Lichts und erzeugt dadurch neue Dynamiken und Lichteffekte. 2002 erweitert er seinen Materialkanon um Naturkautschuk, der ab 2005 als membranhafte Bespannung über Metallgerüsten zum Einsatz kommt. Neben der materialinhärenten Transluzenz des Naturkautschuks ergänzt dieser die Werke durch seine spezielle Taktilität um eine Komponente des Organischen. Der im Material angelegte rasche Zerfall verleiht den Werken zusätzlich den Aspekt des Veränderlichen und Prozesshaften. Von 2005 bis 2008 stellt diese Werkgruppe den zentralen Teil von ANKLAMs künstlerischem Œuvre dar. Die Skulptur „shine“ von 2006 gehört zu diesen Naturkautschuk-Kunstwerken. Seit 2007 ist sie im Eigentum des Europäischen Patentamts München und im Bürogebäude an der Hackerbrücke ausgestellt. So ästhetisch der Effekt des dem Tageslicht exponierten Kunstwerks ist, so schädlich ist die Lichtbelastung für die Naturkautschukbespannung: Photooxidation ist einer der Hauptschädigungsfaktoren von Naturkautschuk. Je höher die Beleuchtungsstärke, desto schneller schreitet der Verfallsprozess voran. Frühere Ausstellungsorte haben sowohl zu photooxidativ bedingtem Abbau des Materials, als auch zu einer Diskrepanz des Fortschritts der Materialalterung innerhalb des Kunstwerks geführt. In vorliegender Master's Thesis erfolgt eine Dokumentation und Schadenserfassung der Skulptur „shine“. Die Zusammensetzung wird über REM- und FTIR-Analysen bestimmt. Weitere Informationen bieten die Korrespondenz und ein Interview mit dem Künstler. Ziel der Arbeit ist auch die Formulierung eines Konservierungskonzepts, um eine optimale Erhaltung zu gewährleisten. Neben Überlegungen zu den Klima- und Ausstellungsbedingungen stehen die Reinigung und Stabilisierung des Naturkautschuks im Zentrum der Diskussion. Eine nachträgliche Stabilisierung des Naturkautschuks mit in der Gummiindustrie verwendeten Antioxidantien kann zur Hemmung der photooxidativen Prozesse führen. Die Eignung solcher Antioxidantien für die Skulptur und gefärbten und unter Spannung stehenden Naturkautschuk im Allgemeinen wurden an Testkörpern überprüft. Diese entsprechen dem Originalkautschuk in Zusammensetzung und Bearbeitung weitestgehend. Die Probekörper wurden mit Irganox® 1520 L, einem phenolischen Antioxidant, nachstabilisiert und einer künstlich beschleunigten Lichtalterung ausgesetzt.

¹ <http://kunstverein-reutlingen.de/axel-anklam/> (Stand: 25.11.2017).

2 Axel Anklam – Leben und Werk

AXEL ANKLAM (Abb. 1) wird 1971 in Wriezen (Brandenburg) geboren² und wächst in Bad Freienwalde auf.³ Von 1987 bis 1990 macht er eine Ausbildung zum Kunstschmied, die er 1993 mit dem Meistertitel abschließt. Von 1996 – 1998 arbeitet er als Restaurator auf Schloss Sanssouci für die Stiftung Preußische Schlösser und Gärten, Potsdam.⁴ Ein Stipendium des European Centre for the Skills of Architectural Heritage Conservation, Venedig, ermöglicht ihm Ende der 90er Jahre die Biennale in Venedig zu besuchen. Den intensiven Kontakt mit moderner Kunst beschreibt ANKLAM als „*unglaublichen Impuls*.“⁵ Dieser verstärkt nicht nur sein Interesse an der Kunst, sondern festigt auch seinen Wunsch selbst künstlerisch tätig zu sein. 1998 beginnt AXEL ANKLAM sein Studium an der Hochschule für Kunst und Design Burg Giebichenstein im Fachbereich Metallplastik.⁶ 2002 wechselt er aufgrund zu enger Vorgaben an die Berliner Universität der Künste (UdK) mit der Begründung: „*Wenn du nur in Metall arbeitest, dann denkst du in Metall. Aber ich wollte Licht in den Dingen sehen.*“⁷ An der UdK schließt er 2006 sein Studium als Meisterschüler von TONY CRAGG ab. 2008 und 2012 ist ANKLAM Gastdozent an der Technischen Universität Wien, 2010 hat er eine Gastprofessur für Bildhauerei an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, inne.⁸ Im Rahmenprogramm der Biennale di Venezia ist er 2013 vertreten. Für seine Kunst erhält ANKLAM Preise und Stipendien (z. B. Gerlinde Beck-Kunstpreis für Skulptur 2010, Preis der Akademie der Künste Berlin in der Sparte Bildende Kunst 2017).⁹ Seine Werke werden in zahlreichen Einzel- und Gruppenausstellungen präsentiert und sind Teil öffentlicher und privater Sammlungen. Der Künstler lebt und arbeitet in Berlin und Bad Freienwalde.¹⁰



Abb. 1: Axel Anklam vor seinem Atelier in Berlin (Foto: JS, Juli 2017)

² <http://www.axelanklam.de/index.php?biografie> (Stand: 26.10.2017).

³ Mdl. Mitteilung durch AXEL ANKLAM am 11.07.2017.

⁴ <http://www.galeriefriese.de/kuenstler/anklam/biografie/> (Stand: 08.11.2017).

⁵ SEIRING, CLAUDIA: „Der Countdown zum Kunstpreis läuft ab – Filigran und feinsinnig: Der Bildhauer Axel Anklam wird am Sonnabend für seine Kunst ausgezeichnet“ in Märkische Oderzeitung (Beeskow) vom 18. März 2017 (<https://www.pressreader.com/germany/m%C3%A4rkische-oderzeitung-beeskow/20170318/281500751066632>, Stand: 24.07.2017).

⁶ WELLMANN, MARC: „Was bleibt, sind die Dinge“ in ZERN (Hrsg.) 2008, S. 5.

⁷ AXEL ANKLAM in SEIRING, CLAUDIA: „Der Countdown zum Kunstpreis läuft ab – Filigran und feinsinnig: Der Bildhauer Axel Anklam wird am Sonnabend für seine Kunst ausgezeichnet“ in Märkische Oderzeitung (Beeskow) vom 18. März 2017 (<https://www.pressreader.com/germany/m%C3%A4rkische-oderzeitung-beeskow/20170318/281500751066632>, Stand: 24.07.2017).

⁸ <https://cundkgalerie.de/kuenstler/axel-anklam/> (Stand: 24.07.2017).

⁹ <http://www.axelanklam.de/index.php?biografie> (Stand: 26.10.2017).

¹⁰ <http://www.axelanklam.de/index.php?biografie> (Stand: 26.10.2017).

AXEL ANKLAM arbeitet mit abstrakten Formen, die gewährleisten, dass seine Werke in Zukunft nicht an Relevanz verlieren und zeitunabhängig gelesen werden können, auch wenn die Leseweise dem Zeitgeist unterliegt.¹¹ Sie beschäftigen sich mit Lichtwirkung, Dynamik und Raumwirkung.¹² Ihrem Sein liegt ein Streben nach universeller Verständlichkeit und Kommunikation zwischen Betrachter und Objekt inne: „*Was bleibt sind die Dinge.*“¹³ Jedoch nicht irgendwelche Dinge, sondern jene, die berühren und Emotionen erwecken: Die emotionale Zugänglichkeit ist ein Schlüsselement von ANKLAMS Œuvre.^{14, 15} ANKLAM signiert seine Kunstwerke prinzipiell nicht. Für ihn sind sie Objekte ihrer Entstehungszeit und nicht mit seiner Person verbunden. Sein Beitrag zu den Werken wird in der Bearbeitung des Materials sichtbar.¹⁶

*„Wichtig für meine Arbeit ist, dass es immer einen Anfangsimpuls gibt, zum Beispiel ein Gefühl, eine Landschaft oder die Musik. Aber die Formen entwickeln, während ich an ihnen arbeite, eine Eigendynamik. Und um eine Skulptur oder Plastik zu erfassen, muss man den Raum erleben, in dem sie steht. So versuche ich, alles, was wir täglich empfinden und fühlen, in seiner Gesamtheit zusammenzufügen und an einem Ort konzentriert in die Welt zu bringen.“*¹⁷ (AXEL ANKLAM 2017)

Als ausgebildeter Kunstschmied bilden Metalle, insbesondere Edelstahl, eine Konstante in ANKLAMS Kunst. Um 2000 experimentiert er mit breiten Stahlspiralen, die er mit Bleiglas füllt (Abb. 2). Es ist der Versuch, das massive und dunkle Material Metall durchlässiger zu machen, diesem eine neue Komponente hinzuzufügen und in ihm Licht einzufangen. Hier tritt erstmals Metall als „Gerüst“ auf, das mit einem anderen (lichtdurchlässigen) Material kombiniert wird. Die Spiralen fungieren noch nicht als Träger, sondern sind gefüllt mit dem transluzenten Material, das sich in späteren Arbeiten über das



Abb. 2: „Puppe“ (2000)

(Foto: <http://www.axelanklam.de/index.php?2000>, Stand: 26.11.2017)

Metall hinaus dehnen und als lichtdurchlässige Membran über das Gerüst spannen wird. Mit Bleiglas gefüllte Stahlformen fertigt AXEL ANKLAM bis 2002 als Einzelobjekte als auch als Installationen.

¹¹ AXEL ANKLAM in LAKEBERG, HENDRIK: „...solange man um seine Grenzen weiß. Axel Anklam im Gespräch mit Hendrik Lakeberg“ in STEPHAN, ERIK (Hrsg.) 2013, unpaginiert.

¹² Vgl. ROTHAMEL, JÖRK in SAAR FERGAS AG (Hrsg.) 2006, S. 15.

¹³ WELLMANN, MARC: „Was bleibt, sind die Dinge“ in ZERN (Hrsg.) 2008, S. 4.

¹⁴ Interview AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

¹⁵ AXEL ANKLAM in SAAR FERGAS AG (Hrsg.) 2006 S. 15.

¹⁶ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

¹⁷ <http://kunstverein-reutlingen.de/axel-anklam/> (Stand: 24.07.2017).

In Kombination mit seinen Bleiglas-Werken verwendete er anlässlich des World Glass-Kongresses in Amsterdam 2002 erstmals Naturlatex in der Installation „one piece or in slices“ (Abb. 3).¹⁸ Dort bot sich jungen Künstlern die Möglichkeit, die Ladefläche eines Lastwagens für je einen Tag mit ihrer Kunst zu bespielen. Die Ausstellungsgegebenheiten erinnerten ANKLAM an Fleischtransporte und Schlachthöfe. Gegossene, ungefärbte Latexhäute dienten als Hintergrund für seine an S-Haken hängenden Bleiglasobjekte, die mit hängenden Schweinehälften assoziiert werden sollten. Latex verwendet ANKLAM in diesem Kontext wegen dessen hautähnlicher Farbe und Taktilität. Über die gedankliche Verknüpfung mit dem Organisch-Fleischlichen erlangte er Zugang zum Betrachter. Die Resonanz fiel sowohl positiv als auch negativ aus.¹⁹



Abb. 3 „One piece or in slices“ (2002) (Foto:
ZERN (Hrsg.) 2008, S. 6)

Die Palette der als Füllung für seine Stahlspiralen und -formen verwendeten Materialien wird im folgenden Jahr durch opake, helle Materialien (u. a. Gips) erweitert. Gleichzeitig tritt das Stahlgerüst als offensichtlich formgebendes Element zurück. In den 2003 entstandenen „Tonalen Studien I – IV“ (Abb. 4) geben gebogene Drähte die äußere Form vor, zeichnen sich in den fertigen Skulpturen jedoch nur als feine Konturlinien ab. Diese Werke sind erste Versuche, Klänge und tonale Verhältnisse als dreidimensionale Körper im Raum darzustellen: Eine Art der Forminspiration, die ANKLAM auch Jahre nach seinen „Tonalen Studien I – IV“ beschäftigt.

¹⁸ WELLMANN, MARC: „Was bleibt, sind die Dinge“ in ZERN (Hrsg.) 2008, S. 6.

¹⁹ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

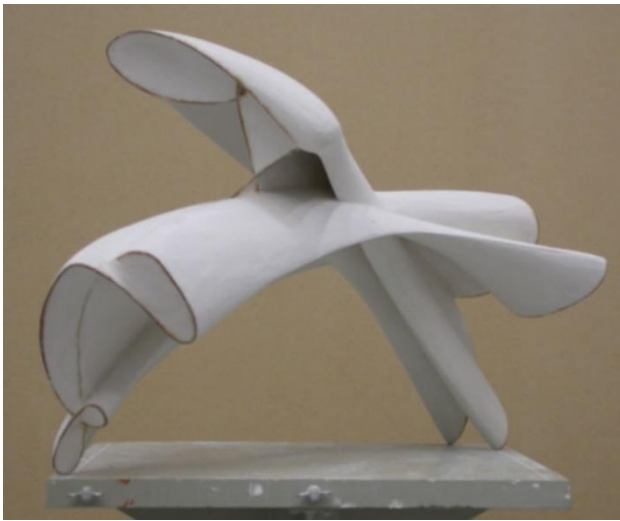


Abb. 4: „Tonale Studien I“ (Foto: <http://www.axelanklam.de/index.php?2003>, Stand: 27.11.2017)

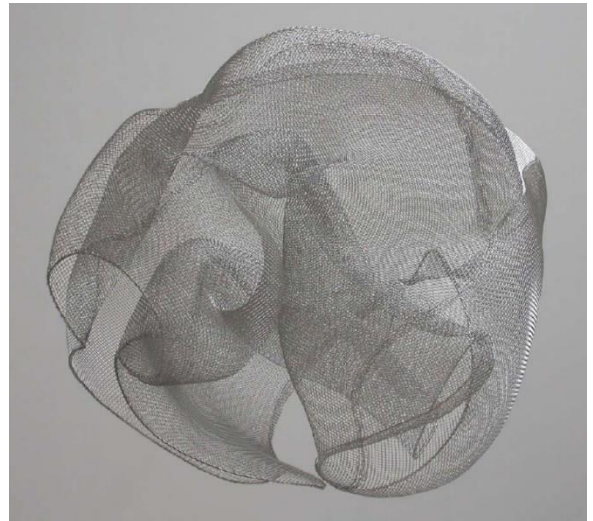


Abb. 5: „Wolkenreiter“ (2003) (Foto: ZERN (Hrsg.) 2008, S. 22)

Metall zur Darstellung von augenscheinlich metalluntypischen Phänomenen, wie Leichtigkeit, Dynamik und Licht verfolgt ANKLAM weiter. In „Wolkenreiter“, 2003 (Abb. 5) verwendet er Edelstahlgaze formgebend und flächig: Der Edelstahl wirkt so schwerelos. Aus den Überlagerungen des partiell transparenten Materials und der Struktur der Metallgaze folgt ein Moirée-Effekt: Es entsteht eine dynamische Skulptur, deren Wahrnehmung sich durch die Umgebungsbedingungen (z. B. Licht) und die Bewegung des Betrachters im Raum verändert. Die vielen Betrachtungsmöglichkeiten veranlassen den Betrachter dazu, die Skulptur für sich selbst zu entdecken und entwickeln: Er tritt in einen nonverbalen Dialog mit ihr, wird sich ihrer und seiner selbst im Raum und ihrem Verhältnis zueinander bewusst. Dies ermöglicht einen individuellen Zugang zum Kunstwerk.

Edelstahlgaze nutzt ANKLAM in den folgenden Jahren regelmäßig zur Flächendarstellung seiner Skulpturen (Abb. 6). Zunächst kombiniert er das Material 2004 mit Bleiglas, das er, wie schon bei seinen aus Stahlbändern gefertigten Formen und Spiralen, als transluzentes Füllmaterial verwendet.



Abb. 6: „Ausbruch Sprung“ (2004) (Foto: <http://www.axelanklam.de/index.php?2004>, Stand: 28.11.2017)

2006 experimentiert ANKLAM mit verschiedenen lichtdurchlässigen Materialien, etwa mit Miramid®²⁰, Polyethylen und gefärbtem Glas. Auf der Suche nach einem Material, das so schnell altert, dass der Prozess für den Betrachter wahrnehmbar ist, erinnert er sich an die Transluzenz und teilelastische Verformbarkeit des Naturkautschuks seiner Amsterdamer Installation. Nach Versuchen zur Verarbeitung werden die 2002 ausgestellten, ungefärbten Häute wiederverwendet in der Installation „approximates A, B, C“ (Abb. 7), die Naturkautschukhäute werden über ein geschwungenes Edelstahlgerüst gespannt. Die hängenden Häute erfahren eine Umnutzung als diaphane Haut, die das konstruktive Metallgerüst oder -gerippe umspannt.^{21, 22} Für die Formfindung und die Streckenmaße des Gerüsts nutzt ANKLAM ein selbstgebautes Monochord²³ und greift musikalische und tonale Beziehungen auf. Der Naturkautschuk ergänzt den Gehalt der Skulpturen durch die Deutungsebene der prozesshaften Veränderung und des Materialzerfalls.²⁴ Die „approximates“ eröffnen die Werkgruppe der Latexskulpturen, die in den Jahren von 2005 bis 2008 den zentralen Teil seines Œuvres bildet.



Abb. 7: „Approximates A, B, C“ (2005) (Foto: <http://www.artfacts.net/artworkpics/16492.jpg>, Stand: 28.11.2017)

²⁰ Nach <https://plastics.ulprospector.com/de/materials/1229/miramid> (Stand: 26.10.2017): Polyamid, der Polymerfamilie Nylon 6 oder Nylon 66 zugehörig.

²¹ Vgl. Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

²² Vgl. WELLMANN, MARC in WELLMANN (Hrsg) 2007, S. 24.

²³ „Monochord: Das Monochord besteht aus einem länglichen Resonanzkasten, über den der Länge nach eine Saite gespannt ist. Unter dieser befindet sich ein verschiebbarer Steg, mit dessen Hilfe die Saite geteilt werden kann. Auf der Decke des Resonanzkastens ist eine Skala angebracht, auf der man das Teilungsverhältnis der Saite (= Intervall) ablesen kann, wobei einfache Teilungen Konsonanzen ergeben (z. B. 1:2 = Oktave, 2:3 = Quinte), komplizierte hingegen Dissonanzen. Das Monochord wird seit der Antike für musiktheoretische Demonstrationszwecke verwendet.“ (<https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Musik-Lexikon/Monochord>, Stand: 08.11.2017).

²⁴ Vgl. Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

Als erste Skulpturen mit gefärbten Naturkautschukhäuten entstehen 2006 „shine“ und „muleta“ (Abb. 8 und Abb. 9). Der rote Farbstoff wird der Naturlatexemulsion vor dem Ausgießen zugefügt (vgl. Abschnitt 3.3.2). Die Formfindung des Gerüsts gleicht jener der „approximates“. Die Werke zeichnen sich durch dynamische Formen und einer Balance von Fläche, Volumen und räumliche Durchdringung aus, die zugleich zu einer starken Präsenz und Leichtigkeit führen.²⁵ Diesen Effekt unterstützen die transluzenten, roten Bespannungen, durch die das Licht fällt. Sie verändern das auftreffende Licht durch ihre Farbigkeit und scheinen selbst zu leuchten.²⁶ „Es [die Skulpturen] sind Gebilde, die mit ruhiger fester Hand in den Raum gezeichnet wurden und sich in ihm wie ein permanent tönender Klang behaupten.“²⁷



Abb. 8: „muleta“ (2006) (Foto: ZERN (Hrsg.) 2008, S. 51)



Abb. 9: „shine“ (2006) (Foto: ZERN (Hrsg.) 2008, S. 49)

2007 entstehen Skulpturen in rot und blau und wandnahe Rahmenreliefs (Abb. 10), die mit rot, orange und gelb gefärbtem Naturkautschuk überspannt sind: Flächigkeit, Farbigkeit und Dreidimensionalität vereinen sich zu einem flirrenden Werk mit transzendentelem Charakter, das zwar vor der Wand hängt, jene jedoch durch seine Transluzenz als gestalterisches Medium nutzt.

2008 nutzt ANKLAM letztmals Naturkautschuk. Das aus drei Rahmenreliefs zusammengesetzte „trptychon orange“ und das Rahmenrelief „Blauer Berg“ bilden den Abschluss seiner Naturkautschuk-Kunstwerke. Bei „Blauer Berg“ wird eine Änderung von ANKLAMS Inspirationsquelle der Formfindung deutlich: Anstatt an musikalischen Verhältnissen orientiert er sich an Landschaften, Naturgegebenheiten und Höhenverhältnissen, diese werden abstrahiert, bleiben jedoch für den Betrachter weiter erahnbar. Die Umsetzung des Inspirationsimpulses wird unmittelbar: Bediente sich ANKLAM für seine musikalisch beeinflussten Formen noch eines Monochords als Hilfsmedium für die Streckenbemaßung, sind es nun die Landschaften, die ihn inspirieren und die er in seine Formen übersetzt.

²⁵ WELLMANN, MARC in WELLMANN (Hrsg.) 2007, S. 24.

²⁶ Jenaer Stadtmagazin07, Ausgabe 46, S. 18.

²⁷ WELLMANN, MARC: „Was bleibt, sind die Dinge“ in ZERN (Hrsg.) 2008, S. 7.



Abb. 10: „diptychon“ (2007) (Foto: ZERN (Hrsg.) 2008, S. 65)

Abb. 11: „early dew“ (2008) (Foto:
<http://www.axelanklam.de/index.php?2008>, Stand: 27.11.2017)

Während er den Aufbau seiner Skulpturen und Rahmenreliefs als metallene Gerüste mit membranhaften, gefärbten, transluzenten Bespannungen übernimmt, wechselt ANKLAM neben seiner Forminspiration auch sein Arbeitsmaterial: Er verwendet mit Glasfasergewebe verstärktes, gefärbtes Epoxidharz. Dies ist unter anderem dem zu schnellen Materialverfall der Naturkautschukbespannungen und deren geringen Resistenz gegenüber Umgebungsbedingungen (z. B. Ausstellung im Außenraum) geschuldet, was die Ausstellungsorte der eigentlich raumunabhängigen Skulpturen auf den Innenraum beschränkt.²⁸ Erstmals nutzt ANKLAM 2006 glasfaserverstärktes Epoxidharz an den Skulpturen „springende Ringe“ und „Flug“. Um den Skulpturen den Charakter eines bespannten Gerüsts zu geben, verklebt ANKLAM zunächst ein dünnes Polyamidgewebe mit Acrylatkleber auf dem Metallgerüst. Die Formelastizität des Polyamidgewebes ermöglicht ihm, es dem Naturkautschuk ähnlich über das Gerüst zu spannen. Es dient als Grundlage für das folgende Glasfaserlaminat. Aus mehreren Schichten baut er die glasfaserverstärkte Epoxidharzschicht auf und versieht seine Werke abschließend mit einem glänzenden Polyurethanlack. Die Farbpalette wird erweitert durch Weiß, verschiedene Blautöne und Kombinationen der Farben, auch innerhalb eines Kunstwerks (Abb. 11).

²⁸ Interview mit AXEL ANKLAM 2007, Jenaer Stadtmagazin07, Ausgabe 46, S. 18.



Abb. 12 (links) und Abb. 13 (rechts): „Boreaden“ (2008) in verschiedenen Ausstellungssituationen (Fotos: Abb. 12: <http://www.zuzuku.de/laender/Sachsen/dresden/dresden-anklam-1.jpg>, Stand 29.11.2017; Abb. 13: <https://i0.wp.com/www.galeriefriese.de/images/boraden.2.jpg>, Stand 29.11.2017)

Seit 2008 entstehen zudem wieder verstärkt Skulpturen und Installationen, die aus Edelstahlgaze gefertigt sind (z. B. „Boreaden“, Abb. 12 und 13).

Ab 2013 ergänzt AXEL ANKLAM sein Materialrepertoire durch Carbonfaser-Gewebe, die, wie schon die Glasfasern, die Epoxidharz-Lamine verstärken (Abb. 14). Er fertigt tiefschwarze Skulpturen mit glatten Oberflächen (Abb. 14, Abb. 16), deren Formen, neben der Veränderung des Betrachterstandpunkts, durch Schatten und Lichtreflexionen erkennbar werden. Sie zeichnen sich nicht wie ihre Vorgänger durch Transluzenz und leuchtende Farben aus, sondern spielen mit dem Gegenteil: der Abwesenheit von Licht und gleichzeitig mit dem Licht in seiner vollkommenen Reflexion. Um 2016 entstehen kleinere Wandreliefs aus Edelstahlplatten, die mittels eines galvanischen Prozesses mit Titan beschichtet sind. Sie werden CNC-geschnitten und anschließend in Form gebogen. 2017 werden die Reliefs mit goldenen oder schwarz glänzenden, glatten Oberflächen auch in größerem Maßstab ausgeführt (Abb. 15). Diese sorgen dafür, dass die Kunstwerke durch die gerichtete Reflexion²⁹ des Lichts ihre Umgebung spiegeln.³⁰ Sie nehmen ihre



Abb. 14: Detail der Carbonfaserlamine bei der Herstellung (Foto: JS, Juli 2017)

²⁹ <http://www.resultec.de/produkte/ftir-nir-spektroskopie/sortiert-nach-messtechnik/gerichtete-reflexion.html> (Stand: 04.11.2017): „Spiegelreflexion (\cong gerichtete Reflexion) tritt an allen hochglänzenden Oberflächen auf. Der einfallende Lichtstrahl wird unter gleichem Winkel reflektiert (Einfallswinkel = Ausfallswinkel).“

³⁰ Pressemitteilung der C&K GALERIE, Berlin, zu: „Axel Anklam - Format (24. Juni - 26. August 2017)“

Umgebung auf und werfen sie ihrer Form entsprechend verändert zurück. Die Reliefs formen ein neues Bild ihrer Umgebung und nutzen sie für ihre Gestaltung. Jeder neue Betrachterwinkel eröffnet eine andere Facette der Kunstwerke³¹ und fordert den Betrachter zum Entdecken heraus.

Licht, die Beziehung von Subjekt und Objekt und die Integration der Umgebung für gestalterische Zwecke sind Kernthemen von ANKLAMs Kunst. Art und Medium der Darstellung haben sich entwickelt. Er lädt den Betrachter zum Nachdenken über sich, seine Umgebung und Welt und seine Rolle darin ein.³² Vielleicht auch dazu ihre Schönheit und Schattenseiten zu erkennen.

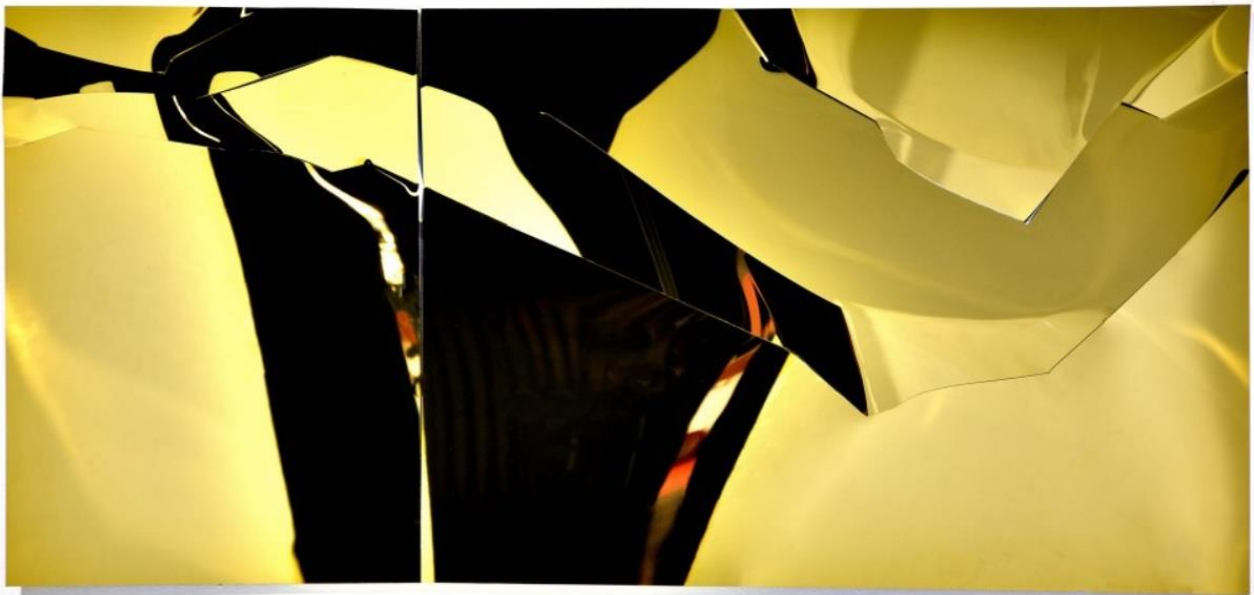


Abb. 15: „Schneeland Dyptichon“ (2017) (Foto:
<http://www.axelanklam.de/index.php?2014-12>, Stand:
28.11.2017)



Abb. 16: „Wand“ (2015) (Foto:
<http://www.axelanklam.de/index.php?2014-11>, Stand:
28.11.2017)

³¹ Pressemitteilung der GALERIE ROTHAMEL, Frankfurt, zu „Axel Anklam - Aurum. Skulptur. 10. September – 5. November 2016“.

³² MALYCHA, CHRISTIAN: „nach den Maschinen“ in KUNSTVEREIN GÜTERSLOH (Hrsg.) 2014, unpaginiert.

3 Axel Anklam – „shine“ (2006)

Die Informationen und Untersuchungsergebnisse basieren teils auf einem Interview mit AXEL ANKLAM, dass am 11.07.2017 in seinem Atelier in Bad Freienwalde geführt wurde (vgl. Anhang A). Die Beschreibungen erfolgen vom Betrachterstandpunkt aus.

3.1 Identifikation

Objektbezeichnung:	Skulptur
Titel:	Shine
Künstler:	Axel Anklam
Archibus.:	ANKLAMSHINE
Asset-Nr:	1001037666
Material:	Gerüst: Edelstahl (V2A-Stahl) Bespannung: Naturkautschuk, rot gefärbt
Datierung:	2006
Signatur:	/
Erwerb:	Ankauf
Standort:	bis September 2017: Europäisches Patentamt München, PH 7, Loge, jetzt: PH7, Vorhalle von 1901
Maße [cm]:	Höhe: 140 Breite: 180 Tiefe: 100
Bemerkungen:	Handling nur wenn unbedingt nötig und ausschließlich mit Handschuhen (keine Baumwollhandschuhe! Möglich sind Nitrilkautschuk- oder Latexhandschuhe, ungepudert.), extrem lichtempfindliche Bespannung! Handling und Transport ausschließlich unter restauratorischer Betreuung.

3.2 Beschreibung

Bei „shine“ (vgl. Abschnitt 7.1, Abb. 56-Abb. 59) handelt es sich um ein metallenes Gerüst mit einer transluzenten, roten Bespannung. Die Gerüststruktur in X-Y-Richtung definiert vier, hintereinander angeordnete Umrisse in geometrischen Formen aus runden Metallstangen. Die beiden Äußeren stellen einen großen bzw. einen kleinen Kreis dar. Die dazwischen liegenden Umrisse reichen über die zwei Kreisformen

hinaus. Die auf den großen Kreis folgende Form erinnert an ein Viereck mit gerundeten Ecken, wohingegen der folgende Umriss eine Dreiecksform mit ebenfalls gerundeten Ecken aufweist. Den Abschluss bildet die kleine Kreisform. Die Ausdehnung in Z-Achse wird durch gebogene Metallstreben mit trapezförmigen Querschnitt bestimmt. Diese sind in regelmäßigem Abstand strahlenförmig an den beiden äußeren, kreisförmigen Umrissen befestigt. Die Biegung der „Feldlinien“, wie sie der Künstler nennt, gibt durch die Fixierung der mittleren Umrissformen an einzelnen Kreuzungspunkten den Abstand der geometrischen Formteile zueinander vor und verleiht den Zwischenräumen so eine konvexe Form. Schwach gebogene Streben ragen aus den Kreisumrissen hervor. Die strahlenförmig an den Kreissegmenten befestigten Metallstäbe kreuzen sich mit den gegenläufigen Pendants der gegenüberliegenden Kreisform, sodass eine einer Spiralförmigkeit ähnelnde Anordnung der Kreuzungspunkte entsteht. Die rote, transluzente Bespannung ist aus mehreren Stücken zusammengesetzt und führt teils außen an den Umrissformen vorbei und teils durch die Segmente hindurch. Es entsteht ein Wechsel zwischen Innen- und Außenraum. Das Innere der beiden Kreisumrisse ist offen, sodass man in das Innere und durch das Werk sehen kann. Durch die zusätzliche Führung der strahlenförmigen Streben liegt die Bespannung stets an den Umrissformen an und folgt der Gerüststruktur.

3.3 Material und Technik

3.3.1 Edelstahlgerüst

Nach AXEL ANKLAM ist „shine“ in einem spontanen Arbeitsprozess entstanden.³³ Alle Strecken für sein Gerüst entnimmt er der Saite eines Monochords. Variationen der Länge erhält er über das Verstellen eines Reiters nach tonalen Verhältnissen (vgl. Abschnitt 3.4). Das Edelstahlgerüst besteht aus V2A-Stahl³⁴ (Tab. 1) mit der Werkstoffnummer 1.4301³⁵. Es handelt sich um einen austenitischen³⁶, rostfreien Stahl mit guten

³³ Mündliche Mitteilung durch AXEL ANKLAM vom 11.07.2017.

³⁴ <http://www.va24.de/service/eigenschaften-von-edelstahl.html> (Stand: 08.11.2017):

„W.Nr. 1.4301 oder auch AISI 304 bzw. V2A (X5CrNi18/10): V2A ist ein säurebeständiger 18/10 Chrom-Nickel-Stahl, der wegen seines niedrigen Kohlenstoffgehalts nach dem Schweißen bei Blechstärken bis 5 mm auch ohne nachträgliche Wärmebehandlung interkristallin beständig ist. Er ist für eine Temperaturbeanspruchung bis 600 Grad Celsius zugelassen. Die Schweißbarkeit nach allen elektrischen Verfahren ist gut. Ein Gasschmelzschweißen sollte aber nicht angewendet werden. Der Stahl hat eine sehr gute Polierfähigkeit und eine besonders gute Verformbarkeit durch Tiefziehen, Abkanten und Rollformen (Edelstahlblech). Bei der Zerspannung muss wegen der Neigung zur Kaltverfestigung mit Werkzeugen aus hochlegierten Schnelldrehstahl oder Hartmetall gearbeitet werden.“

³⁵ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S.71.

³⁶ <https://www.edelstahl-haerten.de/werkstoffe/austenitischer-stahl/> (Stand 08.11.2017):

„Die Bezeichnung austenitischer Stahl geht zurück auf den Begriff Austenit, welcher nach Sir William Chandler Roberts-Austen (1843-1902) benannt wurde. Austenitischer Stahl ist ein Stahl mit mehr als 8 % Nickelanteil und einer kubisch flächenzentrierten Kristallstruktur. Er gehört neben ferritischen - und martensitischen Stählen, zur Gruppe der rostfreien (Edel-)stähle und weist eine besonders gute Kombination mechanischer Eigenschaften in Verbindung mit Korrosionsstabilität auf. Aufgrund dieser Eigenschaften sind austenitische Stähle in allen Bereichen verbreitet, in denen hohe Anforderungen an die Korrosionsstabilität gestellt werden.“

mechanischen Eigenschaften und einer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit über einen hohen Temperaturbereich hinweg.^{37, 38}

Tab. 1: Zusammensetzung von V2A-Stahl in Gew.% nach http://www.matthey.ch/fileadmin/user_upload/downloads/fichetechnique/DE/1.4301_C.pdf, Stand: 08.11.2017, S. 1.

Fe	C	Cr	Ni	Si	Mn	P	S	N
Rest	≤ 0,07	17,0-19,5	8,0-10,5	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 0,045	≤ 0,015	≤ 0,11



Abb. 17: Detail Schweißpunkt industrieller Rundstahl und Plasma geschnittene Stahlstäbe mit gelblicher Verfärbung durch Schweißprozess (Foto: JS, 06.2017)



Abb. 18: Detail trapezförmiger Zuschnitt des Plasma geschnittenen Edelstahls (Foto: JS, 10.2017)

ANKLAM verwendet den Stahl in zwei Modifikationen (Abb. 17Abb. 18): Zum einen nutzt er industriellen, gezogenen Rundstahl mit etwa 1 cm Durchmesser als dimensionsbestimmende, geschlossene Form in X-Y-Richtung. Zum anderen fertigt er die sich in Z-Richtung ausdehnenden Feldlinien aus einer 1 cm dicken Platte aus V2A-Stahl. ANKLAM schneidet diese mittels eines Plasmaschneiders in 1 cm dicken Stäbe. Auch wenn üblicherweise von „Plasmaschneiden“³⁹ gesprochen wird, handelt es sich präziser ausgedrückt um einen thermischen Schmelzschneidprozess, bei dem das Metall geschmolzen und teilweise verdampft wird.⁴⁰ Die Schneidkanten weisen danach eine Rillenstruktur auf. Die Feldlinien haben einen trapezförmigen Querschnitt

³⁷ http://www.matthey.ch/fileadmin/user_upload/downloads/fichetechnique/DE/1.4301_C.pdf (Stand: 08.11.2017), S. 1.

³⁸ Vgl. <https://www.edelstahl-haerten.de/werkstoffe/1-4301/> (Stand: 08.11.2017).

³⁹ http://www.linde-gas.de/de/processes/cutting_joining_and_heating/arc/plasma_cutting/index.html (Stand: 01.11.2017):

“Plasmaschneiden ist der thermische Schmelzschneidprozess, der mit einem durch eine Düse eingeschnürten Lichtbogen (Plasmalichtbogen) ausgeführt wird. Zum Schneiden von elektrisch leitfähigen Materialien wird der übertragene Lichtbogen eingesetzt, bei dem zwischen der nicht abschmelzenden Elektrode (Katode) und dem Werkstück (Anode) ein Strom fließt. Die Plasmagase (Auswahl nach dem zu schneidenden Material, z. B. Stickstoff, Sauerstoff oder Wasserstoff) werden im Lichtbogen teilweise dissoziiert und ionisiert und damit elektrisch leitfähig (Plasmazustand). Durch die hohe Energiedichte und Temperatur expandiert das Plasma und strömt mit bis zu dreifacher Schallgeschwindigkeit in Richtung Werkstück. Durch Rekombination der Atome und Moleküle auf der Werkstückoberfläche wird die aufgenommene Energie schlagartig frei und verstärkt die thermische Wirkung des Plasmalichtbogens auf das Werkstück.“

⁴⁰ http://www.linde-gas.de/de/processes/cutting_joining_and_heating/arc/plasma_cutting/index.html (Stand: 01.11.2017).

(Abb. 18). Dieses für das Plasmaschneiden typische Erscheinungsbild ist auf die höhere Temperatur des Plasmas an der Objektoberfläche zurückzuführen.⁴¹

Die zugeschnittenen Stangen biegt er dem Monochord entnommenen Strecken entsprechend und setzt sie mit einer hölzernen Hilfskonstruktion an die Rundstahlformen. Da Gasschmelzschweißen bei V2A-Stahl nicht angewandt werden soll, sind die Stahlstangen mittels elektrischen Schweißverfahrens mit dem Rest des Gerüsts verbunden.⁴² Leichte gelbe Verfärbungen an den Schweißstellen zeugen von den hohen Temperaturen des Schweißvorgangs (Abb. 17). Abschließend werden die angesetzten Stäbe zur Stabilisierung und Aussteifung des Gerüsts an den Kreuzungspunkten verschweißt.

3.3.2 Naturkautschukbespannung

Die rote, transluzente Bespannung für „shine“ besteht aus Naturlatex. Die Latexemulsion bezieht ANKLAM über die Firma H. D. COTTERELL GMBH & CO. KG in Hamburg. Diese lagerte bis 2015 Naturlatex für Vertriebe in ihren Speichern.⁴³ Bei dem Naturlatex handelt es sich um den Milchsaft des Kautschukbaums, vor allem des in Plantagen kultivierten *Hevea brasiliensis*. Dieser wird durch Anritzen der Rinde des Baums gewonnen.⁴⁴ Die Kautschukanteile sind als feinste Tröpfchen im wässrig kolloidalen System enthalten.⁴⁵ Diese werden aufgrund der hohen Grenzflächenspannung zwischen dispergiertem Medium und kontinuierlicher Phase in der Literatur auch als Kautschukpartikel (Tab. 2) bezeichnet. Die Zusammensetzung (Tab. 3) des frisch gezapften Milchsafts unterscheidet sich je nach Plantage (Lage, Boden, Klima ...) und Klon⁴⁶ (Ableger) des Kautschukbaums.⁴⁷ Zu dem Mengenverhältnis der Inhaltsstoffe gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben. Der Kautschukanteil des Naturlatex besteht fast ausschließlich aus cis-1,4-Polyisopren (Abb. 19).

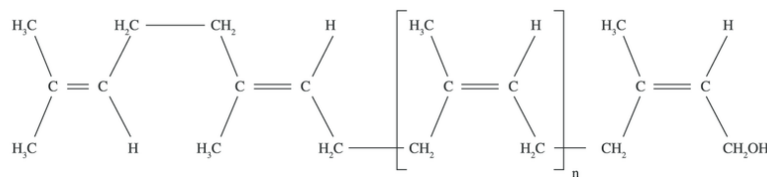


Abb. 19: Chemische Struktur von cis-1,4-Polyisopren

(https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Graeff/publication/229071793/figure/fig1/AS:393887593058304@1470921528353/Figure-1-Chemical-structure-of-cis-14-polyisoprene-from-natural-rubber.png, Stand: 14.11.2017)

⁴¹ <http://www.metalltechnik-lexikon.de/plasma-schmelzschneiden/> (Stand: 01.11.2017).

⁴² <http://www.va24.de/service/eigenschaften-von-edelstahl.html> (Stand: 08.11.2017).

⁴³ Telefon. Mitteilung durch Herr JÖRAN POOTH am 15.11.2017.

⁴⁴ <http://http.materialarchiv.ch/detail/124#/detail/124/naturlatex> (Stand: 01.06.2017).

⁴⁵ <http://www.spektrum.de/lexikon/chemie/kautschuk/4818> (Stand: 14.11.2017).

⁴⁶ Nach RÖTHEMEYER; SOMMER 2006, S. 47: Ableger eines Kautschukbaums, der sich durch vegetative Vermehrung gebildet hat. Es handelt sich um erbgleiches Material. Plantagen bestehen meist aus wenigen „Klonen“.

⁴⁷ RÖTHEMEYER; SOMMER 2006, S. 61.

Tab. 2: Zusammensetzung von frischem Naturlatex nach WHITE; DE (Ed.s) 2001, S. 17

Inhaltsstoff	Menge [%]
Kautschuk	30 - 40
Wasser	55 - 60
Proteine	1 - 1,5
Harze	1,5 - 3
Kohlenhydrate	0,8 - 1
Mineralstoffe	Geringe Mengen
Fettsäuren	Geringe Mengen

Tab. 3: Zusammensetzung von Kautschukpartikeln nach RÖTHEMEYER; SOMMER 2006, S. 47

Inhaltstoff	Menge [%]
cis-1,4-Polyisopren	86
Wasser	10
Lipide	3
Proteine	1
+ Sterole, Sterolester, Wachs und andere organischer Verbindungen	

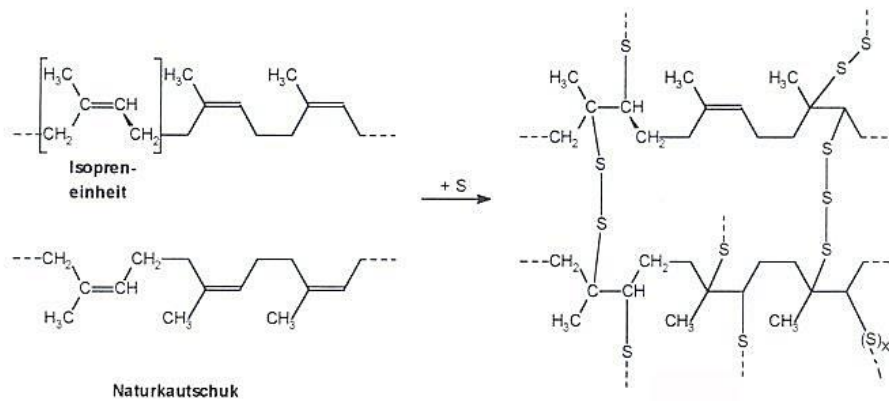


Abb. 20: Vernetzungsreaktion von Polyisopren mit Schwefel (Abb.: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/auto/images/vulkanis.jpg>, Stand: 06.11.2017)

Die für „shine“ verwendete Latexemulsion ist mit Ammoniak stabilisiert⁴⁸ und vorvernetzt. Demnach befindet sich ein geringer Anteil Schwefel in der Emulsion, der über Schwefelbrücken, die sich an den C-C-Doppelbindungen ausbilden, zu einer schwachen Vernetzung der Polyisoprenketten des Naturkautschuks führt (Abb. 20). Da der zugesetzte Schwefel oder Schwefelverbindungen alleine nicht reaktiv genug sind, werden der vorvernetzten Naturlatexemulsion (Tab. 4) Chemikalien zugefügt, die als Katalysatoren wirken.

Tab. 4: Beispiel einer Rezeptur für die Herstellung einer vorvulkanisierten Naturlatexemulsion nach CLARAMMA und MATHEW 1997, S. 1913 f.

Inhaltsstoffe	Gewichtsteile
Zentrifugierter Latex (60 %)	167
Kaliumhydroxid-Lösung (10 %)	2,5
Kaliumlaurat-Lösung (20 %)	1,3
Schwefeldispersion (50 %)	3
Zinkdiethyldithiocarbamat-Dispersion (50 %)	2
Zinkoxid-Dispersion (50 %)	0,4

⁴⁸ Mdl. Mitteilung durch Axel Anklam am 11.07.2017: „Starker Ammoniakgeruch“.

Bei der Elementuntersuchung von Proben des Originals am REM (vgl. REM-Messungen Anhang B.1) konnten neben Schwefel, Zink und Kalium nachgewiesen werden, die auf Vorvernetzungschemikalien wie Zinkoxid, Zinkdiethyldithiocarbamat, Kaliumlaurat und Kaliumhydroxid hinweisen.⁴⁹ Als Farbmittel verwendet ANKLAM eine rote, wasserlösliche Pulverbeize von Clou®⁵⁰. Diese fügt er der Latexemulsion in gelöster Form zu. Bei den färbenden Bestandteilen handelt es sich um eine Mischung verschiedener Monoazofarbstoffe⁵¹. Um den oxidativen Alterungsprozess des Naturkautschuks hinauszuzögern, mischt er der Emulsion ein Antioxidationsmittel⁵² bei, welches ihm von der Firma COTTERELL empfohlen wird.⁵³ Die Naturlatexemulsion gießt er auf einem in Waage gebrachten Tisch in seinem Atelier aus. Um das Herunterfließen der Emulsion zu verhindern und eine relativ gleichbleibende Dicke der Häute zu gewährleisten, modelliert ANKLAM einen Rand aus Ton an die Arbeitsplatte. Während des Trocknungsprozesses überprüft er mit einer Nadel die Stärke der ausgegossenen Häute.⁵⁴ Der Filmbildungsprozess der Naturlatexemulsion zum Naturkautschuk erfolgt in drei Schritten: Zuerst erfolgt die Verdunstung des Wassers, mit der eine Verdichtung der suspendierten Naturkautschukpartikel einhergeht.⁵⁵ Es folgt eine Partikeldeformation, die auf den sinkenden Wassergehalt und die dadurch kürzer werdenden Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Partikeln zurückzuführen ist. Die langsam verschwindenden Wasserstoffbrücken üben eine starke polare Kraft auf die Partikeloberflächen aus und ziehen sie so lange in Form, bis Kontakt zwischen zwei Partikeloberflächen besteht.⁵⁶ Den Abschluss bildet die eigentliche Filmbildung des Naturkautschuks in Form einer Polymerketteninterdiffusion zwischen den Partikeln. Die Partikelgrenzen verschwimmen und lösen sich zunehmend auf.⁵⁷ Durch die Verschlingung der cis-1,4-Polyisoprenketten erhält der Naturkautschuk seine elastischen Eigenschaften. Da es sich um ein wässrig basiertes System handelt, ist mit der Trocknung ein bis zu 30 %iger Volumenschwund verbunden. Die Oberflächenstruktur einer zum Ausgießen verwendeten Unterlage zeichnet sich bei manchen der entstandenen Naturkautschukhäute auf einer Seite als leichte, regelmäßige Erhebungen ab. Die Oberflächen des

⁴⁹ REM-Analyse vom 11.09.2017 von CATHARINA BLÄNSDORF und JULIA SAWITZKI (vgl. Anhang B1).

⁵⁰ Alfred Clouth Lackfabrik GmbH & Co. KG.

⁵¹ Clou® Sicherheitsdatenblatt „Pulverbeize“.

⁵² Um welches Antioxidationsmittel es sich handelt konnte im Rahmen dieser Master's Thesis nicht ermittelt werden: Der Versuch die Information über die Firma H.D. COTTERELL GMBH & CO. KG zu beziehen war erfolglos. Da Antioxidantien meist besonders kleine, organische, unspezifische Molekülstrukturen haben, die sich je nach Art während der Alterung und Licht- bzw. Sauerstoffexposition verändern, konnte das Antioxidationsmittel ohne entsprechende Referenz auch mittels Py-GCMS-Analyse nicht festgestellt werden. (Die endgültigen Auswertungen des Py-GCMS-Untersuchungen lagen bis Abschluss der Arbeit nicht vor und werden im Nachhinein ergänzt.) Antioxidantien werden nur in sehr geringen Dosen angewandt, was die Identifikation durch FTIR-Analysen unmöglich macht (Nachweisgrenze je nach Verbindung: ~3%). Die sich ständig und schnell entwickelnde Industrie, die diese Produkte fast ausschließlich unter Eigenamen führt, erschwert die Suche zusätzlich.

⁵³ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S.71.

⁵⁴ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

⁵⁵ PEARNOB 2002, S. 34.

⁵⁶ PEARNOB 2002, S. 36 f.

⁵⁷ PEARNOB 2002, S. 38.

Naturkautschuks behandelt ANKLAM mit Silikonöl^{58,59} um deren Verkleben während der Lagerung zu verhindern. Er nutzt Naturlatex zur Montage des Naturkautschuks an seinem Edelstahlgerüst und zum Fixieren der Häute untereinander. Die Klebeflächen reinigt er vor dem Verkleben mit Aceton. In direktem Kontakt mit dem Metallgerüst stehende Naturkautschuksegmente legt er um den Rundstahl und bestreicht die Klebeflächen mit Naturlatex. Zur Fixierung der Klebung während der Trocknung setzt er Klemmzwingen aus Kunststoff an, die er mit Polyethylenstreifen unterlegt, um eine gerade Klebekante zu erhalten und den Abdruck der Zwingen auf dem Naturkautschuk zu verhindern (Abb. 21).⁶⁰ Je nach Form der Gerüststruktur verklebt er die einzelnen Segmente der Bespannung vor dem Aufspannen auf das Gerüst oder setzt sie an ein schon am Gerüst fixiertes Teilstück an.

Die Bespannung von „shine“ setzt sich aus acht Teilstücken zusammen. Beim Aufspannen der Naturkautschukhäute richten sich die eigentlich amorph vorliegenden Polymerketten aus und es entstehen (teil-)kristalline Bereiche.⁶¹ Dies führt zu einer Verstärkung des gedehnten Naturkautschuks. Deshalb wird von einer „Dehnungskristallisation“⁶² oder selbstverstärkenden Eigenschaft des Naturkautschuks unter Einwirkung von Zugkräften gesprochen.⁶³



Abb. 21: Metallgerüst während der Bespannung mit Naturkautschuk (Foto: ZERN (Hrsg.) 2008, S. 68/69)

⁵⁸Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

⁵⁹ Vgl. REM-Analyse vom 11.09.2017 von CATHARINA BLÄNSDORF und JULIA SAWITZKI (Anhang B.1).

⁶⁰ Mdl. Mitteilung durch AXEL ANKLAM am 11.07.2017.

⁶¹ <http://www.spektrum.de/lexikon/chemie/kautschuk/4818> (Stand: 14.11.2017).

⁶² RÖTHEMEYER; SOMMER 2006, S. 62.

⁶³ Vgl. <https://www.britannica.com/topic/cis-14-polyisoprene> (Stand. 19.08.2017).

3.4 Interpretation

„shine“ gehört zu einer Gruppe von Werken, bei denen der Versuch im Zentrum steht, musikalische und tonale Verhältnisse in eine dreidimensionale Form zu bringen. Wie schon in Absatz 2 verdeutlicht wird, nutzt ANKLAM bei der Entstehung seiner Skulpturen einen Anfangsimpuls, von dem er sich leiten lässt. ANKLAM bedient sich hierbei dem von Pythagoras mathematisch beschriebenen Prinzip, das tonale Verhältnisse als Streckenlängen mittels eines Monochords darstellt. Dieses nutzen die Griechen unter anderem in der Antike für die Bemessung und Konstruktion ihrer Tempel.⁶⁴ Der Rückgriff auf ein Konstruktionsprinzip und eine Lehre, die Jahrtausende zurückgeht, verdeutlicht die Zeitlosigkeit und Allgemeingültigkeit musikalischer Strukturen. ANKLAM überträgt die tonalen Beziehungen direkt von der Saite des Monochords und dem darauf festgestellten Reiter auf sein Edelstahlgerüst. Bewusst verwendet ANKLAM den Stahl in zwei Verarbeitungen: Der industrielle Rundstahl ist von Maschinen hergestellt, während die als „Feldlinien“ – wie der Künstler selbst sie bezeichnet – dienenden Stahlstangen von ANKLAM gefertigt sind. Durch sie ist er als Mensch und Künstler durch die manuelle Bearbeitung im Gerüst erkennbar. Die Musik und die Verhältnisse auf der ihre Harmonien fußen, sind universell verständlich und emotional erfahrbar. Sie gelten für die Ewigkeit.⁶⁵ Sie sind in einem „ewigen“ Material, dem Edelstahl, festgehalten und überdauern in der dreidimensionalen Darstellung mit diesem die Zeit. Im Gegensatz dazu steht die rote, transluzente Bespannung des Gerüsts. Sie umspannt das Metallgerippe, wie eine transluzente Haut. Während das Metall einen unvergänglichen Charakter hat, fügt die Bespannung der Skulptur eine organische Komponente hinzu. Dieser Effekt wird durch die hautähnliche Taktilität des Naturkautschuks gefördert und durch die Zusammensetzung der Bespannung aus mehreren Stücken unterstützt, die optisch an zusammengenähte Häute erinnert. Die Bespannung transformiert durch ihre Farbigkeit das Umgebungslicht und erweckt den Anschein, die Skulptur würde von sich heraus leuchten.⁶⁶ Die rote Farbigkeit ist im Zuge eines synästhetischen Moments des Künstlers entstanden und als Rückkopplung auf die klangliche Komponente des Gerüsts zu verstehen.⁶⁷ Der Naturkautschuk trägt einen materialinhärenten Alterungsprozess in sich, der in wenigen Jahren vonstattengeht und somit für den Betrachter erfahrbar ist. Die Bespannung ergänzt die Skulptur um eine Prozesshaftigkeit, die sich im Materialzerfall manifestiert. Folglich sind das Leuchten und die Farbigkeit nur von temporärer Dauer und deshalb auch als eine Art Memento mori zu verstehen. Die dynamische, dreidimensionale Struktur fordert den Betrachter auf, mit dem Kunstwerk in einen Dialog zu treten und es aus mehreren Blickwinkeln zu betrachten. Die Leichtigkeit des Metallgerüsts in Verbindung mit der transluzenten Naturkautschukhaut erzeugt einen Effekt der materiellen Ungebundenheit und verleiht der Skulptur einen schwerelosen Charakter.

⁶⁴ <http://www.la.rwth-aachen.de/Lauenstein/Lehrmaterialien/Proportionenkanon.pdf> (Stand: 30.10.2017), S. 1-5.

⁶⁵ AXEL ANKLAM in LAKEBERG, HENDRIK: „...solange man um seine Grenzen weiß. Axel Anklam im Gespräch mit Hendrik Lakeberg“ in STEPHAN, ERIK (Hrsg.) 2013, unpaginiert.

⁶⁶ MALYCHA, CHRISTIAN: „nach den Maschinen“ in KUNSTVEREIN KREIS GÜTERSLOH (Hrsg.) 2014, unpaginiert.

⁶⁷ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

3.5 Geschichte und derzeitige Aufstellung

„shine“ entstand 2006 im Atelier des Künstlers in Bad Freienwalde. Die Skulptur wird 2007 in der Ausstellung „Axel Anklam - Skulpturen“ in den Galerieräumen der GALERIE ROTHAMEL in Frankfurt präsentiert und dort zum Verkauf freigegeben. Eine Rechnung der GALERIE ROTHAMEL vom 12.07.2007 bestätigt den Erwerb des Kunstwerks mit der galerieinternen Werknummer 63 durch das Europäische Patentamt München.⁶⁸ Dort wird auf eine vom Europäischen Patentamt ausgehende Bestellung der Skulptur verwiesen, die auf den 10.07.2007 datiert sein soll. Ein Echtheitszertifikat für das unsignierte Unikat vom 07.11.2010 bestätigt dessen Echtheit und das Entstehungsjahr.⁶⁹



Abb. 22: Standort A (Foto: Axel Hahnemann 2009)



Abb. 23: Standort B (Foto: JS, 08.2017)

Nach dem Transport des Kunstwerks in den Gebäudekomplex der ehemaligen Pschorr-Höfe des Europäischen Patentamts München in der Bayerstraße wird es zunächst in einem Vorraum des Treppenhauses (Standort A) von Bauteil P7 (P7 NO2) aufgestellt (Abb. 23). Dort steht die Skulptur auf einem weißen Podest und ist mit der Rückseite einer großflächigen, nach Westen gerichteten Fensterfront zugewandt. Fotos von JULIA STEVES vom 12.12.2014 belegen diese Aufstellung bis mindestens Ende 2014.⁷⁰ Danach wird die Skulptur aufgrund von brandschutztechnischen Vorgaben in die bis auf den Fußboden und die Nord- und Südwände vollverglaste Eingangshalle von P7 (Standort B, Beleuchtungsstärke: ~ 1068 lux⁷¹, vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 66) (P7/EG/Foyer) gebracht (Abb. 22). Auf einer farblosen, transparenten Kunststoffplatte steht das Kunstwerk dort bis Anfang September 2017 in unmittelbarer Nähe des Eingangs. Dann wird das Kunstwerk wegen konservatorischer Bedenken am jetzigen Standort (Abb. 26) aufgestellt, einem fensterlosen Aufzugvorraum (Standort C) im Souterrain von P7 (P7/Vorhalle von 1901). Wie das ganze Gebäude, ist auch dieser Raum klimatisiert (~22 °C, ~35 % r. H.⁷²). Der Transport erfolgte Anfang September 2017.

⁶⁸ Rechnung der GALERIE ROTHAMEL an das Europäische Patentamt München vom 12. Juli 2007.

⁶⁹ Echtheitszertifikat zu „shine“ (2006) vom 07.11.2010.

⁷⁰ Zustandsreport zu „shine“ von JULIA STEVES vom 12.12.2014.

⁷¹ Messung vom 17.11.2017.

⁷² Messung vom 17.11.2017.

Um die fragilen Punktverschweißungen beim Transport zu stabilisieren (vgl. Abschnitt 3.6.1), wurden die Schweißpunkte der Feldlinien mit einer Flechtschnur aus Polypropylen⁷³ (Dicke: 0,4 cm) gesichert. Diese wurde dafür X-förmig um den Kreuzungspunkt der Feldlinien geführt und verknotet (Abb. 24). Dabei war darauf zu achten, dass der Zug auf der Schnur zwar fest genug ist um eine ausreichende Stabilisierung zu gewährleisten, aber nicht zusätzliche Spannungen an den Schweißpunkten erzeugt. Im Aufzugvorraum gibt es Kompaktleuchtstofflampen als Deckenstrahler und die mit milchig weißem Glas verkleidete Rückwand des Raums, die großflächig von Leuchtstoffröhren (Typ: 840, Lichtfarbe: neutralweiß) durchstrahlt wird (vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 67).⁷⁴ Am neuen Standort erreicht „shine“ eine durch das Kunstlicht konstante Beleuchtungsstärke von 158 lux⁷⁵. Das Kunstwerk steht auf einer transparenten Kunststoffplatte, die sowohl als Standfläche als auch als Indikator des Ausstellungsraums dient. Trotz der Platzierung der Skulptur in einer Ecke des Raums ermöglicht die rückseitig an das Kunstwerk angrenzende Glaswand, die den Aufzugvorraum von der Kantine trennt, eine Allansichtigkeit (Abb. 25). Die Aufstellung verhindert zudem, dass der Betrachter direkt um das Kunstwerk herumgehen muss, um es in seiner Gänze zu erfassen.

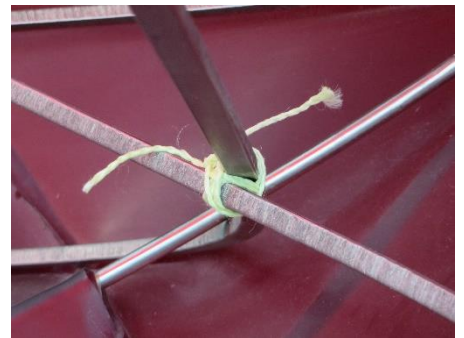


Abb. 24: Detail Transportsicherung (Foto: JS, 08.2017)

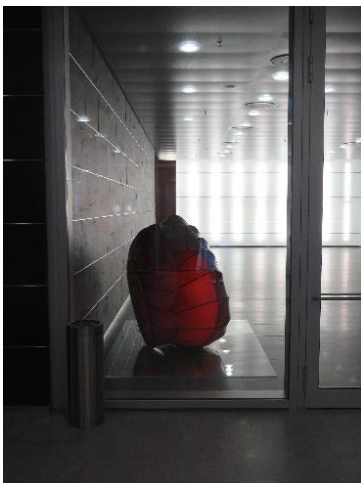


Abb. 26: Standort C, Ansicht A (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 25: Standort C, Ansicht B (Foto: JS, 11.2017)

⁷³ Für die Polypropylen-Flechtschnur wurde sich aufgrund ihrer begrenzten Dehnungseigenschaften und der glatten, festen Filamentfasern entschieden. Eine Verschmutzung der Skulpturinnenseite durch Fasersegmente konnte so minimiert werden.

⁷⁴ Telefon. Mitteilung von Michael Mayer (EPA) am 16.11.2017.

⁷⁵ Messung vom 17.11.2017.

3.6 Erhaltung und Schäden

3.6.1 Edelstahlgerüst

Das Edelstahlgerüst ist stabil. Ein Schweißpunkt der Feldlinien (rechte Seite, unten) ist in Folge eines unsachgemäßen Transports gebrochen (Abschnitt 7.1, Abb. 60) Die anderen Punktverschweißungen sind intakt und weisen augenscheinlich keine Risse oder andere Veränderungen auf. Das Gerüst ist durch Staub und lose aufliegenden Schmutz verunreinigt.



Abb. 27: Detail gebrochener Schweißpunkt (Foto: JS, 11.2017)

3.6.2 Naturkautschukbespannung

Die Naturkautschukbespannung ist stabil.⁷⁶ Sie ist durch lose aufliegende Verschmutzungen verunreinigt (Abb. 29). Wischspuren (Abb. 28) weisen auf eine unsachgemäße, vermutlich wässrige Reinigung (vgl. Anhang B.1) hin. Das Wasser hat oberflächlich zur Lösung des Farbstoffs geführt, was die entstandenen Strukturen erklärt.



Abb. 28: Detail Wischspuren (Ausschnitt etwa 30 cm groß) (Foto: JS, 07.2017)



Abb. 29: Detail Verschmutzung durch lose aufliegende Partikel (Foto: JS, 11.2017)

⁷⁶ Stabil bedeutet hier, dass es keine losen oder offensichtlich verlustgefährdeten Teilbereiche gibt.

Der Naturkautschuk weist Veränderungen durch Materialalterung auf, die unter anderem auf Sauerstoff, Ozon, hohe Temperaturen und Licht zurückzuführen ist. Der Hauptschädigungsfaktor ist die photooxidative Alterung und die damit verbundene Autoxidation (Abb. 30).⁷⁷ Durch die Belichtung, insbesondere im energetischen UV-Bereich, entstehen an der Polyisoprenkette Alkylradikale ($R\cdot$), die die Autoxidation einleiten. Die reaktiven Radikalgruppen gehen mit Sauerstoff (O_2) eine Bindung ein.⁷⁸ Es entstehen Peroxiradikale ($ROO\cdot$), die unter anderem durch Abstraktion von Wasserstoffatomen anderer Polyisoprenketten Hydroperoxide ($ROOH$) ausbilden. Diese können zu Alkoholen, Aldehyden, Ketonen und Carbonsäuren weiter reagieren.⁷⁹

Neben Sauerstoff ist Ozon für Naturkautschuk ein Schadgas, das zur

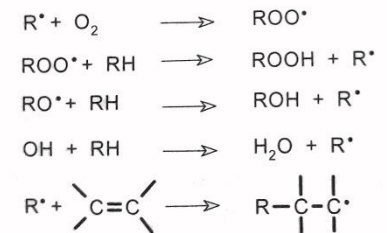
Chain initiation:**Chain propagation:**

Abb. 31: Schematische Darstellung der Autoxidation (Abb.: ZWEIFEL (Ed.) 2001, S. 4)



Abb. 32: Detail Rissbildung (Rückseite) (Foto: JS, 11.2017)

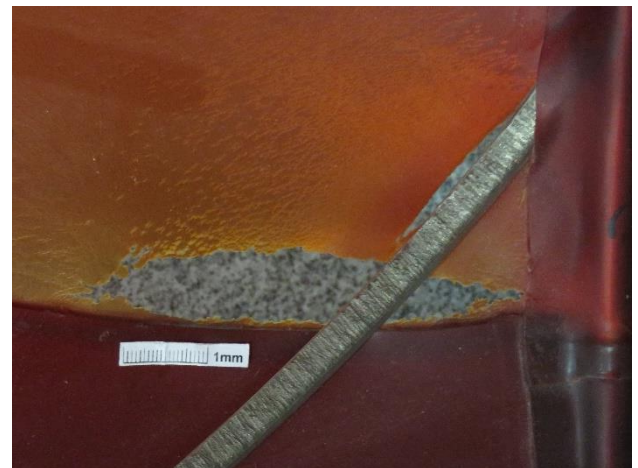


Abb. 30: Detail Spannungsris, Versprödung und Vergilbung (Foto: JS, 11.2017)

Kettenspaltung des Polyisoprens führt. Ozonolyse setzt bei Naturkautschuk schon ab einer geringen Konzentration von 5 parts per hundred million (umgerechnet etwa 5×10^{-6} Vol%)⁸⁰, insbesondere bei unter Spannung stehendem Naturkautschuk, ein.⁸¹

Die Photooxidation führt durch Kettenabbrüche zur Kürzung der Polyisoprenketten und damit zur Erweichung und auch durch Quervernetzung zur Versprödung des Naturkautschuks. Beide Prozesse laufen gleichzeitig ab. Bereiche mit Erweichung des Naturkautschuks sind gekennzeichnet durch einen verstärkten Verschmutzungsgrad und anhaften der – an anderer Stelle lose aufliegenden – Verunreinigungen. Insgesamt

⁷⁷ Vgl. DOS SANTOS; SUAREZ; RUBIM 2005, S. 34.

⁷⁸ ZWEIFEL (Ed.) 2001, S. 4 f.

⁷⁹ <http://www.chemie.de/lexikon/Autoxidation.html> (Stand: 20.11.2017).

⁸⁰ SHASHOUA; THOMSEN in GRATTAN (Ed.) 1993, S. 365.

⁸¹ KIM; WHITE 2008, S. 136.

ist eine Vergilbung der Naturkautschukbespannung (Abb. 32) aufgrund der Photooxidation zu erkennen. Diese führt zu Molekülverbindungen, wie z. B. Carbonylgruppen, die das Licht teilweise absorbieren und reflektieren.⁸² Zwischen der Materialalterung der beiden Querseiten der Skulptur gibt es eine deutliche Diskrepanz aufgrund des ersten Ausstellungsorts der Skulptur.

Die Rückseite, die ständig dem Tageslicht (Beleuchtungsstärke: ~3359 lux⁸³, vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 64) ausgesetzt war, ist stärker oxidiert. Während die Vorderseite (Beleuchtungsstärke Kunstlicht: ~190 lux⁸⁴, vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 65) eine oberflächliche Versprödung im Umfang einer wenige Mikrometer starken, oxidierten Schicht, die den weiteren oxidativen Abbau des darunter liegenden Naturkautschuks verlangsamt,⁸⁵ und ein leichtes Craquelée aufweist, äußert sich die fortgeschrittene Oxidation der Rückseite in einem ausgeprägten Rissnetz (Abb. 31), das sich durch den fortschreitenden Kettenabbruch nach Bildung der Oxidschicht und durch die Spannung bildet. An einigen Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Naturkautschuksegmenten führte dies zu Spannungsrisen (Abb. 30, Abschnitt 7.1 Abb. 60-Abb. 63). Diese treten besonders dort auf, wo sich der gefärbte Naturkautschuk über das Metallgerüst spannt. Allgemein ist zu bemerken, dass alle Alterungserscheinungen in diesen Bereichen generell ausgeprägter sind (Abb. 34). Dies ist ein Phänomen, dass auch an einem in Berlin untersuchten Referenzobjekt („approximates A, B, C“) beobachtet werden konnte (Abb. 35).



Abb. 35: Detail unterschiedlicher Erhaltungszustand von Rückseite (rechts) und Vorderseite (links) und Loch (Foto: JS, 08.2017)



Abb. 34: Detail Spannungsriß an Metallstrebe (Ausschnitt etwa 15 cm groß) (Foto: JS 11.2017)



Abb. 33: Detail stärkere Versprödung an Metallstrebe bei Referenzobjekt (Ausschnitt etwa 10 cm groß) (Foto: JS, 07.2017)

⁸² SCHNABEL 1981, S. 113 f.

⁸³ Messung vom 17.11.2017.

⁸⁴ Messung vom 17.11.2017.

⁸⁵ Vgl. LOADMAN in GRATTAN (Ed.) 1993, S. 68.

Freie Metallionen werden häufig als Abbaukatalysatoren während der Alterung von Naturkautschuk beschrieben.⁸⁶ Da mobile Metallionen auf der Oberfläche des korrosionsbeständigen Edelstahls einen unwahrscheinlichen Faktor darstellen, lässt sich die beschleunigte Alterung an den Metallstreben eher auf die dort auf dem Naturkautschuk lastende, große Spannung zurückführen. Der kantige Querschnitt der Feldlinien unterstützt hier den Aufbau punktueller Belastungen. Die Risse sorgen für Spannungsverschiebungen innerhalb der Membran. Dieser Effekt wird von einem für schwach vernetzten Naturkautschuk typischen Phänomen unterstützt: Bei ständig unter mechanischer Belastung stehendem Naturkautschuk tritt nach einiger Zeit eine Spannungsrelaxion ein und die aufgespannten Membranen geben langsam dem anliegenden Zug und der Schwerkraft nach. Die Veränderung der Spannung im Vergleich zum Ausgangszustand äußert sich – vor allem im unteren Teil der Bespannung – in der Bildung konvexer Wölbungen (Abb. 36). Diese Phänomen wird auch als „creep“ (dt. Kriechen) bezeichnet.⁸⁷



Abb. 37: Detail Wölbung durch Spannungsverschiebung (oben)
Ausschnitt etwa 15 cm groß (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 36: Detail Abdrücke (Ausschnitt etwa 7 cm groß) (Foto:
JS, 11.2017)

Die Naturkautschukbespannung weist einen seidenmatten Oberflächenglanz auf. Dieser ist aufgrund von Laufspuren von Flüssigkeiten, Kratzern, Wischspuren, Verunreinigungen und ähnlichem äußerst unregelmäßig. An der rechten Seite sind zur Vorderseite hin Abdrücke (Abb. 37) zu erkennen, die vermutlich auf für einen früheren Transport verwendetes Verpackungsmaterial (z. B. Klebeband, Luftpolsterfolie) zurückzuführen sind. Rechts findet sich zudem im Bereich, in dem sich der Naturkautschuk über den Rundstahl spannt, ein durch mechanische Beanspruchung entstandenes Loch (Abb. 33), Abschnitt 47, Abb. 62: **Schadenskartierung rechte Seite (Kartierung: JS, 11.2017)**.

Das Erscheinungsbild der verschiedenen Naturkautschuksegmente weist leichte Unterschiede auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es sich um ein Naturmaterial handelt, das nicht gleichmäßig altert und das Objekt, aufgrund von verschiedenen Umgebungsbedingungen (vgl. Abschnitt 3.5), unterschiedliche Alterungsstadien

⁸⁶ LOADMAN in GRATTAN (Ed.) 1993, S. 69.

⁸⁷ DICK 2009, S.55.

aufweist. Andererseits hat die Alterung des Farbstoffes Einfluss auf Differenzen im Erscheinungsbild. Wegen der Menge an Chemikalien, die in dem vorvernetzten Kautschuk vorhanden ist, und mangelnder Informationen zu der genauen Zusammensetzung des Farbstoffs, ist unklar, welche Mechanismen genau wirken.

Die Transluzenz der Bespannung hat durch die Alterung abgenommen. Dies ist der Quervernetzung der Polyisoprenketten – vor allem in durch Spannung entstandenen (teil)kristallinen Bereichen – geschuldet. Weiterhin hat die Behandlung des Naturkautschuks mit Silikonöl die natürliche Oberfläche des Materials nivelliert und dadurch zu einer höheren Transluzenz geführt. Da sich die kleinen Monomere des Silikonöls verflüchtigt haben, weswegen sie nur noch in kleinen Mengen auf der Oberfläche nachweisbar sind (vgl. REM-Messungen Anhang B.1), ist die Wirkung nicht mehr gegeben.

Auf der Unterseite hat sich eine unregelmäßige, weißliche Oberflächenveränderung (Abb. 38, Abschnitt 7.1 Abb. 60-Abb. 63) ausgebildet. Es handelt sich dabei um ein feines Rissnetz (vgl. REM-Messungen Anhang B.1). Die Lichtbrechung an den eng zusammenliegenden Risskanten führt zu einer zunehmenden Streuung des Lichts, weshalb die Oberfläche in diesen Bereichen weiß und opak erscheint. Die Mikrorisse bilden sich aufgrund des Sauerstoff induzierten oxidativen Abbaus, jedoch kann auch Ozon Einfluss darauf haben.⁸⁸ Auf der weißlichen Oberfläche befinden sich Laufspuren, die vermutlich von wässrigen Flüssigkeiten stammen. Diese haben den Farbstoff aus der craquelierten Oberfläche gelöst: Dort wo der Tropfen eingetrocknet ist befindet sich eine Ansammlung des gelösten roten Farbstoffs, wohingegen die Laufspur ein helleres Erscheinungsbild aufweist (Abb. 38).



Abb. 38: Detail weißliche Oberflächenveränderung (Foto: JS, 11.2017)

⁸⁸ SHASHOUA; THOMSEN in GRATTAN (Ed.) 1993, S. 365: SHASHOUA und THOMSEN beschreiben das Auftreten eines 10-40 µm starken Films mit grauer Färbigkeit durch Ozonolyse.

4 Konservierungskonzept

4.1 Zielsetzung

Ein Ziel dieser Arbeit ist die Konservierung der Skulptur, also deren Materialerhalt und Pflege. Das Edelstahlgerüst und die Naturkautschukbespannung sollen von lose aufliegendem Schmutz und anderen Fremdstoffen gereinigt werden. Da das Edelstahlgerüst stabil ist, sind keine konservatorischen Maßnahmen erforderlich. Die Naturkautschukbespannung unterliegt aufgrund ihrer Materialeigenschaften ständig alterungsbedingten Veränderungen. Deshalb ist es wichtig, Möglichkeiten zu deren Stabilisierung (vgl. Abschnitt 5) zu erörtern, um den Materialzerfall zu verlangsamen. Zusätzlich sollen Empfehlungen zu Ausstellung und klimatischen Bedingungen gegeben werden.

4.2 Edelstahlgerüst

Die Maßnahmen am Edelstahlgerüst beschränken sich auf dessen Reinigung. Diese soll im Hinblick auf die punktuellen Verschweißungen und die empfindliche Naturkautschukbespannung möglichst bewegungsarm erfolgen. Lose aufliegender Schmutz kann mittels eines weichen Pinsels und eines Staubsaugers abgenommen werden. Die Saugkraft sollte dabei möglichst gering eingestellt werden um die elastische Bespannung mit der Sogwirkung nicht zu beanspruchen. Verbleibende Fremdstoffen können mechanisch oder mittels eines mit Acrylat getränkten Textils oder Wattestäbchens (vgl. Abschnitt 4.3.2) entfernt werden.

Eine Fixierung oder ein erneutes Verschweißen der gebrochenen Punktverschweißung ist nicht sinnvoll. Der Bruch des Schweißpunkts verweist, auch wenn dieser im Zuge eines unsachgemäßen Transports entstanden ist, möglicherweise auf schon von Anfang an in der Geometrie des Gerüsts vorhandene Spannungen. Eine erneute Fixierung könnte unkalkulierbare Spannungen erzeugen, die sich an anderer Stelle im Gerüst und auch auf die Naturkautschukbespannung schädlich auswirken können. Da der Bruch der Schweißnaht nicht zu offensichtlichen Spannungsverschiebungen in Gerüst und Naturkautschukbespannung geführt hat und keine schwerwiegende ästhetische Veränderung darstellt ist die Erneuerung der Verschweißung nicht notwendig und birgt zusätzliches Schadenspotenzial.

4.3 Naturkautschukbespannung

4.3.1 Stand der Forschung

Nachfolgend wird eine Auswahl der Forschungen an (schwachvernetztem) Naturkautschuk vorgestellt. Einerseits ist das Thema in der Literatur schon gut aufgearbeitet und zusammengefasst.⁸⁹ Andererseits ist die Literatur zu unter Spannung stehendem Naturkautschuk überschaubar. Bereits durchgeführte Forschungen auf dem Gebiet verdeutlichen die Komplexität der Konservierung von Naturkautschuk. Es gibt keinen allgemeinen Leitfaden zum Umgang mit Objekten, die dieses Material enthalten. Jegliche Untersuchungen sind fallabhängig. Als ursprünglich flexibles, wenig alterungsbeständiges Material hat die individuelle Objektgeschichte großen Einfluss auf die Eigenschaften und Konservierungsmöglichkeiten eines jeden Objekts. Die bisherigen Untersuchungen und Konservierungskonzepte konzentrieren sich auf Versuche der Stabilisierung des Naturkautschuks durch Beschichtungen oder den Einsatz von Zusatzstoffen, die die Alterung hemmen. Zudem wurden Tests zur Herstellung der ursprünglichen Form von durch Alterung und Lagerung verformten Naturkautschukobjekten durchgeführt. Weitere Forschungsschwerpunkte lagen auf der Optimierung der Lagerungs- und Ausstellungsbedingungen, sowie Möglichkeiten der Rekonstruktion der aus Naturkautschuk gefertigten Segmente. Allgemein gibt es jedoch wenige Fallstudien, die sich mit aufgespanntem Naturkautschuk beschäftigen.

BECHTHOLD war mit dem Problem im Zuge der Restaurierung von TOM DIXONS „S-Chair“ konfrontiert, einem Stuhl aus einem Stahlgerüst und einer schwarzen, dünnen Naturkautschukbespannung. Der Erhaltungszustand verschlechterte sich innerhalb kürzester Zeit. Da das Designobjekt ausgestellt werden sollte, war ein Restaurierungskonzept zu entwickeln. Nach Absprache mit dem Designer wurde entschieden die Bespannung zu ersetzen. Dies dient einerseits der Didaktik im Sinne der Ausstellung und ermöglicht andererseits das Originalmaterial unter optimalen Bedingungen (Lichtausschluss, sauerstofffreie Atmosphäre, spannungsfrei und ohne Metallkontakt) zu erhalten.⁹⁰ Die Entscheidung stellt eine ultima ratio dar.

LANGER führte Untersuchungen zur Stabilisierung von Naturkautschukwerken der Deutsch-Amerikanerin EVA HESSE durch.⁹¹ Er verwendet eine Spritzpistole um eine Mischung aus Butyl- und Naturkautschuk als Beschichtung aufzutragen. Dadurch verzeichnet er positive Ergebnisse, weist jedoch auf weiteren Forschungsbedarf hin.

Eine andere Form der Stabilisierung erforschte PFENNINGER in ihrer Diplomarbeit. Sie macht sich das Migrationsverhalten von in der Gummiindustrie verwendeten Antioxidantien zu Nutze und versuchte Naturkautschuk nachträglich mit Irganox® 565 und Irganox® 1520 zu stabilisieren. Die Arbeit wird an anderer Stelle dieser Master's Thesis genauer vorgestellt (vgl. Abschnitt 5). Die ersten Versuche zu einer Stabilisierung

⁸⁹ Vgl. WAENTIG 2008, S. 194-200.

⁹⁰ BECHTHOLD 2010, S. 38-47.

⁹¹ LANGER 2001, S. 327-337.

von Naturkautschuk mit Antioxidantien stellt GRATTAN 1976 an. Er verwendet dafür in Aceton oder Hexanon gelöstes Irganox® 1076.⁹² Auch LOADMAN stellt industrielle Produkte zur Stabilisierung von Naturkautschuk vor, kommt jedoch zu dem Schluss, dass sie durch die Veränderung der Oberfläche des Naturkautschuks eher eine schädigende Wirkung haben.⁹³ SHASHOUA und THOMSEN empfehlen eine sauerstofffreie Lagerung von Naturkautschukobjekten. Da die Erzeugung einer langfristig stabilen Stickstoffatmosphäre relativ teuer und aufwendig ist, testen sie den Sauerstoffabsorber Ageless® und erzielen gute Ergebnisse. Voraussetzung ist die luftdichte Verpackung des Objekts.⁹⁴

Der bisher effektivste Weg die Alterung von Naturkautschuk zu verlangsamen ist die Schaffung einer optimalen Lagerungs- und Ausstellungsatmosphäre und die bestmögliche Stabilisierung bei der Herstellung. Für die Rekonstruktion der Installation „Waschtag“ der Künstlerin RENATE BERTIMANN nutzen PFENNINGER, BEHRMANN-BRODATZKI und KALTENBRUNER Irganox 1520 L in Kombination mit Tinuvin 213.⁹⁵

Die vorliegende Arbeit setzt bei der 2004 von PFENNINGER verfassten Diplomarbeit an und versucht die dort erfolgte Forschung auf gefärbten, unter Spannung stehenden Naturkautschuk zu übertragen (vgl. Abschnitt 5).

4.3.2 Reinigung

Aufgrund der fortgeschrittenen Alterung ist die Naturkautschukmembran äußerst fragil. Da sich etwaige Stabilisierungsversuche als ungeeignet erwiesen haben (vgl. Abschnitt 5), wird sich im Folgenden auf die Ermittlung einer geeigneten Reinigungsstrategie konzentriert.

Durch die Quell- und Lösungseigenschaften von Naturkautschuk (vgl. Anhang B.1 und B.2) sind lösemittelhaltige Reinigungsmethoden ausgeschlossen. In der Literatur werden Methoden mit einem geringen Feuchtigkeitsanteil empfohlen. Da der im Naturkautschuk verwendete Farbstoff wasserlöslich ist, ist auch dieses zu vermeiden. Deshalb wird zur Schonung des Materials auf eine Abnahme von den Oberflächenglanz verändernden Strukturen, wie Wischspuren oder ähnlichem, verzichtet.

Von Radiermedien aller Art (z. B. Radiergummi oder -schwamm) ist wegen der abrasiven Reinigungsweise und der damit verbundenen Oberflächenveränderung und -verdichtung abzuraten. Zudem erzeugen sie zwar einen Reinigungseffekt, lassen jedoch Radierrückstände zurück, die nachträglich wieder entfernt werden müssen. Auch Reinigungsmedien, die Druck oder Reibung erfordern, sind ausgeschlossen. Neben einer Veränderung der empfindlichen Oberfläche und der mechanischen Belastung der Membran, verschmutzen sie durch die Reibung und Verteilung der zu entfernenden Partikel die alterungsbedingten Risse zusätzlich.

⁹² WAENTIG 2008, S. 196.

⁹³ LOADMAN in GRATTAN (Ed.) 1993, S. 59-80.

⁹⁴ SHASHOUA; THOMSEN in GRATTAN (Ed.) 1993, S. 363-372.

⁹⁵ PFENNINGER; BEHRMANN-BRODATZKI; KALTENBRUNER 2017, S. 138-140.

Für die flächige Abnahme der lose aufliegenden Partikel ist ein weicher Pinsel in Kombination mit einem niedrig eingestellten Staubsauger sinnvoll. Die übrigen Verschmutzungen sollten tupfend abgenommen werden. Als Reinigungsmedium bietet sich ein mit Acrylat beschichtetes Textil an. Bei der Auswahl des Acrylats ist darauf zu achten, dass es nach der Trocknung leicht klebrig bleibt. Zur Ermittlung eines geeigneten Materials werden Dispersion K 360⁹⁶ und der Acrykleber 360 HV⁹⁷ verglichen. Im flüssigen Zustand unterscheiden sich beide besonders in ihrer Viskosität, die bei Acrykleber 360 HV wesentlich höher ist, als bei Dispersion K9. Die Klebkraft des Acrylats sollte sich dazu eignen, den lose aufliegenden Schmutz aufzunehmen, jedoch nicht so groß sein, dass sie die Naturkautschukbespannung mechanisch belastet. Deshalb werden die Acrylate in Reinform und als Ausmischung mit Acrylaten getestet, die nach der Trocknung keine klebenden Eigenschaften aufweisen. Für Dispersion K 360 wird Dispersion K9⁹⁸ verwendet, während der Acrykleber 498 HV⁹⁹ das Pendant zu dem Acrykleber 360 HV bildet. Um punktuelle Beanspruchungen und eine ungleichmäßige Reinigung zu vermeiden, darf das beschichtete Textil keine auffälligen Strukturen aufweisen. Deshalb werden drei dünne, fein strukturierte Gewebe aus Kunstfaser, Baumwolle und Leinen als Trägermaterial getestet. Die Acrylate und deren Mischungen werden mittels eines Pinsels auf die Textilien aufgetragen. Nach der Trocknung weist der Acrykleber 360 HV aufgrund seiner hohen Viskosität noch immer Pinselstrukturen auf. Zudem ist die Klebrigkeit im Vergleich zu Dispersion K 360 wesentlich geringer und in Verbindung mit Acrykleber 498 HV noch reduzierter. Deshalb konzentrieren sich die durchgeführten Reinigungstests auf Dispersion K 360 und Mischungen des Acrylats (vgl. Tab. 5). Von den drei getesteten Textilien eignen sich das feine Leinen- und das dünne Baumwollgewebe als Trägermaterial. Auf der glatten Kunststoffaser hingegen haftet die Beschichtung teilweise schlecht, was zum Adhäsionsverlust zwischen Acrylat und Träger führen kann.

⁹⁶ <http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/76101.pdf> (Stand: 19.10.2017): „Wässrige Dispersion eines thermoplastischen Acrylpolymeren, Festkörpergehalt 59-61 %, nach Vernetzung bei Raumtemperatur weich und stark klebrig“.

⁹⁷ http://www.blattgold.de/Lascaux-Acrykleber-303-HV_detail_412.html (Stand: 19.10.2017): „Lascaux Acrykleber 303 HV, vormals 360 HV ist eine Dispersion eines thermoplastischen Acrylpolymeren auf der Basis von Methylmethacrylat und Butylacrylat. Lascaux Acrykleber 303 HV ist extrem elastisch. Der trockene Film bleibt permanent klebrig.“.

⁹⁸ <http://www.kremer-pigmente.com/de/dispersion-k-9-75367.html> (Stand: 19.10.2017): „Rein-Acryldispersion: Die Dispersion K 9 hat drei Vorteile: ein hohes Bindevermögen, eine geringe Oberflächenverschmutzung und einen angenehmen Geruch.“.

⁹⁹ <http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/81000-81004.pdf> (Stand: 19.10.2017): „Thermoplastische copolymeren Butyl-Methacrylat-Dispersion; die beiden Typen 303 HV und 498 HV sind mit Acrylsäureester verdickt, der Typ 498-20X mit 20 % Xylol. Alle Typen pH 8-9 stabilisiert und mit Biociden ausgerüstet. Ergibt einen zähelastischen Film, ist extrem zugfest. Geeignet für Nass- und Trockenapplikationen (Reaktivieren mit Lösungsmitteln)“.

Tab. 5: Reinigungstests mit Dispersion K 360-beschichtetem Textil.

Mischungsverhältnis	Reinigungsergebnis	Bemerkung
Dispersion K 360 auf Leinengewebe	Sehr gut	Zu hohe Klebrigkeit: Zugbelastung der Naturkautschukbespannung!
Dispersion K 360/ Dispersion K 9 (3:1) auf Leinengewebe	Sehr gut	-
Dispersion K 360/ Dispersion K9 (2:1) auf Leinengewebe	gut	-
Dispersion K360/ Dispersion K9 (1:1) auf Leinengewebe	mangelhaft	Klebrigkeit nicht ausreichend

Dispersion K360/ Dispersion K9 (3:1) erzeugte das beste und schonendste Reinigungsergebnis. Zwar eignet sich auch das Mischungsverhältnis von 2:1, lässt aber wenige lose aufliegende Partikel zurück, sodass der Reinigungsvorgang wiederholt werden muss. Um punktuell Bereiche von verstärkt auftretender Verschmutzung zu Reinigen und an schwer erreichbare Stellen zu gelangen, kann ein Wattestäbchen mit der Acrylatmischung beschichtet werden.

4.4 Klima- und Ausstellungsempfehlungen

Optimale Bedingungen für die Erhaltung des Naturkautschuks erfordern eine kühle, schadstoff- und sauerstoffarme Umgebung mit stabilen klimatischen Verhältnissen. Zudem sollte Metallkontakt vermieden werden und der Naturkautschuk keinen mechanischen Belastungen oder Spannungen ausgesetzt sein.¹⁰⁰ Bei dem Kunstwerk lässt sich die Spannungsbelastung des Naturkautschuks ebenso wenig vermeiden wie der Metallkontakt. Letzterer stellt einen zu vernachlässigenden Schädigungsfaktor dar (vgl. Abschnitt 3.6.2). Das Klima sollte etwa 18 °C und 50 % r.H betragen und keinen großen Schwankungen ($\leq \pm 2$ °C und ± 2 % r. H) unterliegen.¹⁰¹ Als Einflussfaktor auf die photooxidative Alterung sollte die Lichtbelastung möglichst geringgehalten werden. Am jetzigen Aufstellungsort ist die Bestrahlungsstärke (≈ 156 lux) zwar gering, die Leuchtstoffröhren weisen jedoch einen kleinen Anteil an energetischem, kurzweiligem Licht bei etwa 360-370 nm auf (vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 67). Um eine ideale Erhaltung zu gewährleisten, ist UV-Strahlung auszuschließen.¹⁰² Deshalb sollten Überlegungen zur Anpassung der Lichtfarbe und des Spektrums der Leuchtmittel angestellt werden. Auf eine schadstofffreie Umgebung (Ozon, Reinigungsmitteldämpfe) ist zu achten.

¹⁰⁰ BECHTHOLD 2010, S. 41.

¹⁰¹ WAENTIG 2008, S.201.

¹⁰² Ebd.

4.5 Diskussion und Empfehlung

In die Überlegungen zu einem geeigneten Konservierungskonzept für das Kunstwerk wurden andere Fallbeispiele miteinbezogen. Daher sind jegliche Arten von Stabilisierungen des Naturkautschuks ausgeschlossen. Der Auftrag einer schützenden Beschichtung ist wegen der damit verbundenen visuellen Veränderung der Oberfläche nicht ratsam. Bisherige Forschungen erbrachten keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Zusätzlich kann das aufgebrauchte Material nicht nur Veränderungen der Alterungseigenschaften hervorbringen, sondern auch zu schädlichen Wechselwirkungen mit dem Naturkautschuk führen. Zudem muss das Beschichtungsmaterial zunächst gelöst werden, bevor es für die Beschichtung herangezogen werden kann. Der Einsatz von Lösemitteln ist für die Naturkautschukmembran von „shine“ ausgeschlossen. Auch die Verwendung wässrig gelöster Medien ist aufgrund der herbeigeführten Quellung nicht ratsam. Deswegen ist auch eine Nachstabilisierung der Naturkautschukbespannung mit Antioxidantien nicht zu empfehlen (vgl. Abschnitt 5). Eine Alternative wäre die Naturkautschukbespannung abzunehmen, sie lichtgeschützt in einer sauerstoffarmen Umgebung zu lagern und die Bespannung mit möglichst gleichen Materialien zu rekonstruieren. Eine Variante wäre, die Auswahl der Additive (Antioxidationsmittel, Farbstoff) der Naturkautschukbespannung zu modifizieren, sodass der Naturkautschuk für die Verwendung und die Umgebungsbedingungen optimiert ist. Der Künstler hat die Naturkautschukbespannung an einem Kunstwerk eines privaten Sammlers durch ein glasfaserverstärktes Epoxidharzlaminat ersetzt.¹⁰³ Dem Europäischen Patentamt liegt ein Kostenvoranschlag für eine ähnliche Maßnahme vor.¹⁰⁴ Auch wenn die Umsetzung technisch möglich wäre und der Künstler keine Einwände gegen eine Neubespannung hat, wäre mit der Rekonstruktion der Membran kein sinnstiftender oder didaktischer Nutzen verbunden. Prozesshaftigkeit und Materialzerfall sind bei „shine“ intendiert. Deshalb soll die originale Naturkautschukbespannung am Kunstwerk belassen werden. Um den Materialerhalt dennoch positiv zu beeinflussen, ist die Schaffung einer geeigneten Ausstellungsatmosphäre wichtig. Die Durchführung einer Reinigung der Skulptur mit einem weichen Pinsel in Kombination mit einem regulierbaren Staubsauger und einem acrylatbeschichteten Textil (Dispersion K 360/ Dispersion K 9 3:1) ist der Pflege des Materials und einem ebenmäßigeren Erscheinungsbild zuträglich. Zusätzlich sollte ein regelmäßiges Monitoring durchgeführt und die Reinigung gegebenenfalls wiederholt werden.

¹⁰³ Interview mit AXEL ANKLAM vom 11.07.2017, Anhang A, S. 71.

¹⁰⁴ Angebot von AXEL ANKLAM vom 26.05.2015.

5 Nachträgliche Stabilisierung von gefärbten, aufgespannten Naturkautschukmembranen mit Irganox® 1520L

5.1 Irganox 1520® L- Eigenschaften und Wirkungsweise

Irganox® 1520 L (chem.: 4,6-Bis(octylthiomethyl)-o-cresol, Abb. 39) ist ein multifunktionales, phenolisches Antioxidationsmittel, das die Firma BASF für organische Materialien wie Elastomere und andere Kunststoffe vertreibt.¹⁰⁵ Es handelt sich um eine bei Raumtemperatur hochviskose, leicht gelbliche Flüssigkeit, die den Materialien während der Herstellung zugesetzt wird. Irganox® 1520 L ruft auch nach langer Zeit keine Farbveränderungen hervor. Je nach Anwendung werden für eine Langzeitstabilisierung Konzentrationen von 0,05-0,3 % empfohlen. Für Spezialanwendungen können auch Konzentrationen von 1,0 % oder mehr eingesetzt werden.¹⁰⁶

Irganox® 1520 L verbindet als H-Donor und Hydroperoxidzersetzer zwei antioxidative Wirkungsmechanismen (Abb. 41), die sich gegenseitig ergänzen. Durch die Abgabe eines H-Atoms (Abb. 40), bildet das Antioxidant aus den durch Oxidation entstandenen, radikalischen Peroxidgruppen (ROO•) Hydroperoxide (ROOH).^{107, 108} Dann kann Irganox® 1520 L die Hydroperoxide zu Alkoholen (OH) reduzieren, indem es ein Sauerstoffatom an sein Schwefelatom anbindet (ROOH → RO• + ROH)¹⁰⁹. Verliert das Antioxidant ein H-Atom, entsteht ein Phenoxyradikal, das seine Ladung ausgleicht, indem es sich an ein Peroxidradikal bindet und damit gleichzeitig die radikalischen Aktivitäten desselben verhindert.¹¹⁰ Zusätzlich hat Irganox® L 1520 thiosynergistische Eigenschaften, die es zu einem ausgezeichneten Stabilisator gegen thermische Belastungen und thermooxidative Prozesse machen.^{111,112}

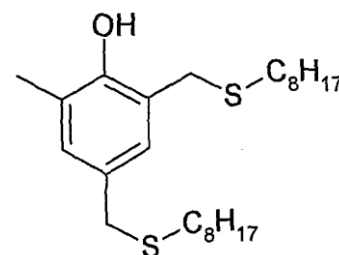


Abb. 41: Irganox® 1520 L (Abb.: https://patentimages.storage.googleapis.com/WO2006077052A1/imgf000027_0001.png, Stand: 25.11.2017)

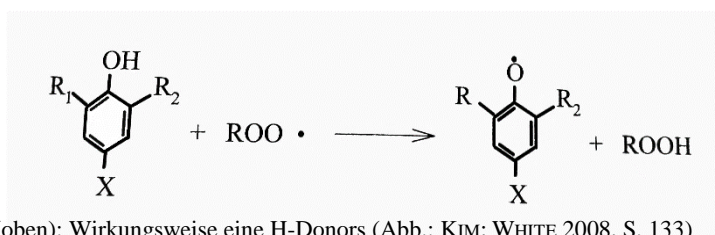
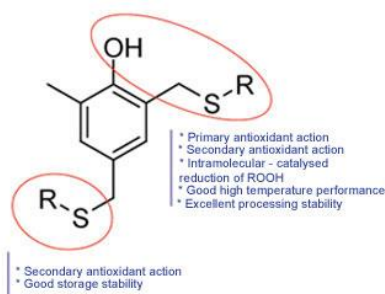


Abb. 39 (oben): Wirkungsweise eine H-Donors (Abb.: KIM; WHITE 2008, S. 133)

Abb. 40 (links): Wirkungsweise von Irganox® 1520 L (Abb:

http://documents.specialchem.com/documentspa/indexables/editorial/articles/6896/pvc_6.jpg (Stand: 28.11.2017)

¹⁰⁵ BASF „Technical Information Irganox® 1520 L“, Stand: September 2010, S. 1.

¹⁰⁶ BASF „Technical Information Irganox® 1520 L“, Stand: September 2010, S. 2.

¹⁰⁷ ZWEIFEL (Ed.) (2001), S. 10 f.

¹⁰⁸ KIM; WHITE 2008, S. 133.

¹⁰⁹ WYPYCH (Ed.) 2015, S. 53.

¹¹⁰ PFENNINGER 2004, S. 57.

¹¹¹ WYPYCH (Ed.) 2015, S. 123.

¹¹² ZWEIFEL (Ed.) (2001), S. 15.

5.2 Künstliche Alterung in Xenon-Testkammer

5.2.1 Versuchsaufbau und Methodik

Irganox® 1520 L kann nicht nur, wie in Abschnitt 5.1 erläutert, als Antioxidationsmittel für Elastomere bei deren Herstellung eingesetzt werden, sondern ist – wie von MARTINA PFENNINGER beschrieben – auch sinnvoll für die nachträgliche Stabilisierung von Naturkautschuk (vgl. Abschnitt 4.3.1 und 5.1). Da sich PFENNINGER auf ungefärbten, ungespannten Naturkautschuk bezieht, werden – in Anlehnung an „shine“ (2006) von AXEL ANKLAM – Versuche zur nachträglichen Stabilisierung von gefärbtem, unter Spannung stehendem Naturkautschuk an Testkörpern durchgeführt, die der Zusammensetzung und Verarbeitung des am Kunstwerk befindlichen Naturkautschuks weitgehend entsprechen. Um die Vergleichbarkeit zu wahren, müssen die Naturkautschukteststreifen – neben der gleichen Zusammensetzung – eine definierte Spannung aufweisen. Die Testkörper werden anschließend für 39 Tage einer konstanten, zeitraffenden künstlichen Bestrahlung nach DIN EN ISO 4892-1:2016 und DIN EN ISO 4892-2:2013 ausgesetzt, um eine beschleunigte Photooxidation hervorzurufen und die Eignung von Irganox® 1520 L zu ermitteln. Zur Annäherung an die realen Ausstellungsbedingungen von Standort A und B des Kunstwerks (Tageslichtbeleuchtung hinter Fensterglas, vgl. Abschnitt 3.5) erfolgt die Alterung der Testkörper in einem Xenontester mit Fensterglasfilter ($\lambda=300-800$ nm). Für die Ermittlung der Dosis der aufgetroffenen Strahlung nach Abschluss, wird während der Testzeit eine Blauwollskala getestet. Zudem wird zur Überprüfung der Testbedingungen ein Schwarzstandardthermometer mit in die Testkammer gegeben. Die Lichtalterung und Nachstabilisierung mit Irganox® 1520 L gliedert sich in Etappen: Der erste Testkörper wird vor Beginn der Alterung nachstabilisiert. Bei dem zweiten erfolgt die Nachstabilisierung nach 13 Tagen Lichtalterung, während die dritte Probe nach 26 Tagen nachstabilisiert wird. Der vierte Testkörper wird nicht mit Irganox® 1520 L stabilisiert. Vor und nach der Alterung, sowie vor jeder Alterungsetappe, werden die Testkörper mikroskopisch untersucht. Dies wird durch FTIR- und UV-VIS-Analysen ergänzt, um, über Abweichungen in den Spektren, Veränderungen in der molekularen Zusammensetzung aufgrund der Photooxidation zu detektieren und die Spektren der verschieden behandelten Testkörper zu den jeweiligen Alterungsstufen zu vergleichen.

5.2.2 Durchführung

5.2.2.1 Herstellung der Testkörper

Die Rahmen der Testkörper bestehen aus industriellem V2A-Rundstahl (\varnothing 0,4 cm). Dieser wird in eine U-förmige Form mit einer Breite von 5 cm und einer Höhe von etwa 17 cm gebogen. Um eine gleichmäßige Größe der Rahmen zu gewährleisten und eine Dimensionsveränderung der Rahmen durch die Alterung der Naturkautschukteststreifen während der Testzeit zu verhindern, wird der Rundstahl an den beiden freien Enden

etwa 0,5 mm eingesägt und ein Teil einer Klappöse aus verzinktem Messing als Klemme angesetzt. Der definierte Testbereich eines jeden Rahmens beträgt somit 5 x 15 cm.

Für die gefärbten Naturkautschukteststreifen wird eine mit Ammoniak stabilisierte, vorvernetzte Latexemulsion (Stabilisierung mit Ammoniak: 0,6 %) verwendet. Dieser wird als Farbmittel in Wasser gelöste Clou® Pulverbeize (Farbe: Hellrot, pH 7,9¹¹³) hinzugegeben (Zusammensetzung vgl. Anhang B.2, Externe Analysen). Nach den Färbeversuchen (Tab. 6, Abb. 42: **Abb.** 43) wird die Herstellung des Naturkautschuks nach Version 2 durchgeführt. Der getrocknete Naturkautschuk enthält folglich etwa 0,15-0,2 Gew.-% reinen Farbstoff.

Tab. 6: Färbeversuche mit Clou® Pulverbeize (hellrot) auf 10 ml Latexemulsion

	1	2	3	4
Beize, gelöst [ml]	0,125	0,250	0,500	0,625



Abb. 43: Färbeversuche vor der Trocknung (Foto: JS, 07.2017)

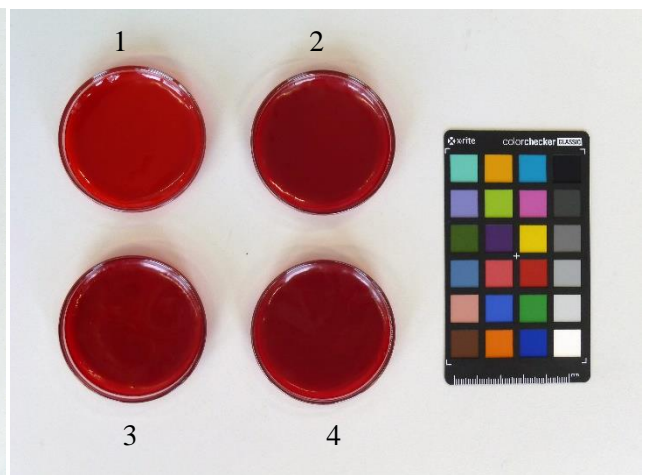


Abb. 42: Färbeversuche nach der Trocknung (Foto: JS, 07.2017)

Da es sich bei dem Naturlatex um eine wässrige Emulsion handelt, lässt sich der wässrig gelöste Farbstoff gut verteilen. Anschließend wird die Emulsion in einer Kunststoffwanne (25 x 20 cm) ausgegossen. Für eine 2 – 3 mm starke Naturkautschukschicht werden 150 ml Latexemulsion verwendet. Die Trocknung erfolgt innerhalb von vier Tagen unter Lichtausschluss.

Anschließend wird der getrocknete Naturkautschuk in 2 cm breite Streifen geschnitten. Diese werden mit etwa 1 cm Überstand, der als Klebefläche dient, um die vorher beschriebenen Metallrahmen gelegt. Als Klebemittel dient die Naturlatexemulsion. Nach Aufbringen des Klebemittels wird der Teststreifen mit einer Vielzweckklammer fixiert. Die Beschichtung der Klammer verhindert die Kontamination der Testkörper mit den Abbau katalysierenden Metallionen. Nach der Trocknung wird ein Gewicht von 622 g im Lot an dem einseitig montierten Streifen befestigt. Der definierte Zug der Teststreifen beträgt somit:

¹¹³ Gemessen am 17.11.2017 von SIMON MINDERMAN und JULIA SAWITZKI.

$$F_z = m \times g = 0,622 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6,10182 \text{ N}$$

Um das Gewicht jeden Streifens zu ermitteln, werden die Testkörper nach Ansetzen jedes Streifens gemessen. Das genaue Gewicht ist für die Menge der nachträglich verwendeten Stabilisierungslösung pro Teststreifen für Bedeutung. Da der erste Versuch der nachträglichen Stabilisierung mit Irganox® 1520 L vor der Alterung an L2 scheitert (vgl. Abb. 72-Abb. 75), wird der Testkörper durch L5 ersetzt.

Tab. 7: Gewicht der Testkörper und jeweilige Teststreifen a (oberster Teststreifen) - d (unterster Teststreifen) vor der Alterung.

Testkörper	Gewicht [g]					
	Rahmen	a	b	c	d	Gesamt
L1	41,334	3,783	3,345	4,037	3,398	55,897
L2	40,736	3,121	2,949	3,056	3,529	53,391
L3	41,449	2,010	2,712	3,419	3,450	53,031
L4	41,845	2,055	3,615	3,757	3,425	54,716
L5	42,762	3,962	3,451	4,061	3,973	58,210

Um die Zusammensetzung und Bearbeitung des Naturkautschuks von „shine“ möglichst präzise nachzustellen, werden die fertiggestellten Probekörper mit Silikonöl beschichtet, das mit einer Airbrush-Pistole aufgetragen wird. Der Arbeitsabstand beträgt etwa 30 cm und der Druck wird auf ca. 2 bar reguliert. Dies gewährleistet eine regelmäßige Schicht mit gleichbleibender Stärke (Abb. 44).

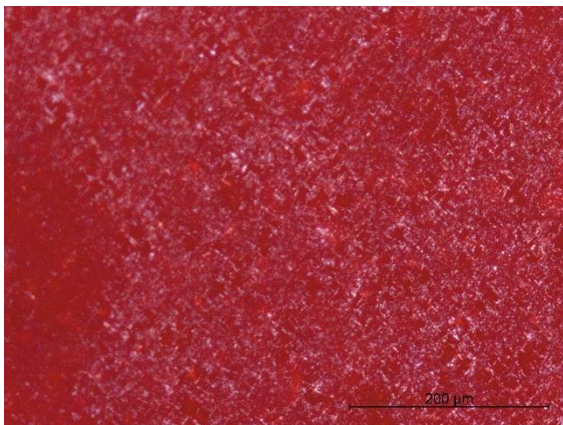


Abb. 44: Testkörper mit gleichmäßiger Silikonölschicht (weiß glänzend) (Foto: JS, 10.2017)

5.2.2.2 Stabilisierung mit Irganox® 1520 L und Lichtalterung

Für die nachträgliche Stabilisierung der Testkörper muss zunächst ein geeignetes Lösungsmittel für Irganox® 1520 L ermittelt werden. Zur Stabilisierung der Testkörper ist eine durch das Lösemittel hervorgerufene Quellung derselben nötig, damit die kleinen Moleküle des Antioxidationsmittels in den Naturkautschuk einwandern können und – bis zu einer gewissen Tiefe, in der Regel je nach Eigenschaft des Testkörpers wenige

Mikrometer, einen Puffer zur Hemmung oxidativer Abbauprozesse bilden.¹¹⁴ Während eine Quellung des Naturkautschuks für die nachträgliche Stabilisierung des Naturkautschuks notwendig ist, ist eine Lösung des Materials kontraproduktiv. Sie verhindert das Eindringen der antioxidativen Moleküle. Frischer Naturkautschuk ist in polaren Lösemittel quellbar und löst sich in unpolaren Lösemitteln. Während der oxidativen Alterung des Polyisoprens und der damit verbundenen Ausbildung einer Oxidschicht verändern sich die Oberflächenpolarität des Naturkautschuks und das Lösungsverhalten: Gealterter Naturkautschuk ist zunehmend in polaren Lösemitteln löslich. PFENNINGER empfiehlt Isopropanol für die Lösung von Irganox® 1520 L, verwendet es jedoch auch in Wasser emulgiert.¹¹⁵ Deshalb wird an Proben des Kunstwerks mittels eines McCrone-Tests das Quell- bzw. Lösungsverhalten unter Einwirkung beider Lösemittel festgestellt (vgl. Anhang B.1). Dabei werden die verschiedenen Alterungsgrade des bei „shine“ verwendeten Materials berücksichtigt. Der Test ergibt, dass Isopropanol, bei dem fortgeschritten oxidierten Naturkautschuk zu einer Lösung, Wasser jedoch bei beiden Proben zu einer Quellung führt. Zur Herstellung des in Wasser emulgierten Irganox® 1520 L wird dem Antioxidant eine Mischung der Emulgatoren Polysorbat 80¹¹⁶ und Sorbitan Oleat¹¹⁷ (4:1) hinzugefügt. Dabei werden 1 Teil der gemischten Emulgatoren und 10 Teile des Antioxidants verwendet.¹¹⁸ Anschließend kann der Mischung Wasser zugesetzt werden. Da eine Quellung eine Belastung des Materials darstellt, sollte so wenig Lösemittel wie möglich verwendet werden. Um einen Testkörper für zehn Jahre nachträglich ausreichend zu stabilisieren, ist 1 Gew.-% reines Antioxidationsmittel von Nöten. Je nach Lösung muss die Menge der Stabilisatorenlösung für jeden Testkörper nach dem prozentuellen Anteil des Antioxidationsmittels darin angepasst werden. Nach PFENNINGER ist für den Auftrag und die Verteilung des gelösten Stabilisators ein feiner Rindshaarpinsel geeignet, kann jedoch auch mit einer Sprühpumpe erfolgen¹¹⁹. Da der rote Farbstoff auch nach der Trocknung wasserlöslich bleibt, ist der Auftrag mit einem Pinsel zur Vermeidung störender Strukturen und Veränderungen der Oberfläche ausgeschlossen. Deshalb wird die Stabilisatorenlösung mit einer Airbrush-Pistole aufgetragen. Damit das Antioxidationsmittel gleichmäßig verteilt werden kann und die Airbrush-Pistole gut durchfließt, wird eine Emulsion mit der Antioxidationsmittelmischung in Wasser 1:2 verwendet. Diese enthält 33 % reines Irganox® 1520 L. Nach einigen Versuchen wird der Druck auf 2 bar eingestellt. Der Arbeitsabstand beträgt etwa 30 cm. Dadurch lässt

¹¹⁴ PFENNINGER 2004, S. 40.

¹¹⁵ Ebd., S. 61-64.

¹¹⁶ http://www.chemie.de/lexikon/Polysorbat_80.html (29.11.2017): Polysorbat 80 ist ein Polyoxyethylensorbitanmonooleat und wird als nichtionisches Tensid in Kosmetika, Arzneimitteln, Futtermitteln und besonders als Emulgator in Lebensmitteln verwendet. Polysorbat 80 ist eine viskose, wasserlösliche gelbe Flüssigkeit, die sich von Sorbitol und Ölsäure ableitet. Die hydrophilen Gruppen dieses Moleküls sind Polyether, Polymere von insgesamt 20 Ethylenoxiden.

¹¹⁷ <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/s6760?lang=de®ion=DE> (Stand: 29.11.2017): Span® 80 (Anm. JS: ≙ Sorbitan Oleat) is a nonionic surfactant. Fatty acid composition: Oleic acid (C18:1) ≤ 60%; balance primarily linoleic (C18:2), linolenic (C18:3) and palmitic (C16:0) acids

¹¹⁸ PFENNINGER 2004, S. 63.

¹¹⁹ Ebd., S. 64 f.

sich ein gleichmäßiger Auftrag mit gleichbleibender Stärke gewährleisten. Die Menge der Emulsion für jeden Testkörper wird über das Gewicht jedes Naturkautschukteststreifens ermittelt. Da sich die errechnete Menge der Stabilisatorenlösung auf das Gewicht des gesamten Testkörpers bezieht, muss sie so aufgeteilt werden, dass sie auf der Oberfläche des Teststreifens gleichmäßig verteilt ist. Um die Genauigkeit der Nachstabilisierung pro Teststreifen zu gewährleisten, werden die übrigen an dem Rahmen befindlichen Testkörper abgedeckt und die aufgetragene Stabilisatorenmenge mit einer Feinwaage überprüft.

Testkörper L2 wird vor Beginn der Alterung nachstabilisiert. Nach drei Stunden Migrationszeit, weist er massive strukturelle Veränderungen durch Risse und damit verbundenen Kohäsionsverlust des aufgespannten Naturkautschuks auf. Zusätzlich hat sich einseitig die Klebung von Teststreifen b gelöst (vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 72-Abb. 75). Diese Phänomene lassen sich vermutlich auf die Quellung des Naturkautschuks zurückführen, die 90° zu der angelegten Spannung wirkt. Die Schwächung der Polymerstruktur und Dimensionsveränderung im Zuge der Quellung führt in Verbindung mit der durch das Aufspannen der Teststreifen entstandenen Spannung zu großen Kräften innerhalb des Naturkautschuks, die sich im Reißen der Membran äußern.

L2 wird durch L4 ersetzt, bei dem die Nachstabilisierung gelingt. Nach 24 Stunden Migrationszeit werden die Testkörper L1, L3, L4 und L5 mit FTIR und UV-VIS-Spektroskopie erfasst. Die Analysen werden durch McCrone-Tests der Testkörper vor der jeweiligen Nachstabilisierung und nach Abschluss der Alterung ergänzt. Im Zuge dieser Tests wird das Quell- und Lösungsverhalten der Proben bei Einwirkung von Isopropanol und Wasser ermittelt. Über den Vergleich der Quellkurven lassen sich Schlüsse über die Wirkung von Irganox® 1520 L auf die Quellung des Naturkautschuks bei bestimmten Alterungsstufen ziehen.

Am 06.10.2017 werden die Testkörper in den Xenontester (Abb. 45) gegeben. Sie sind an den für den Xenontester vorgesehenen Probenhaltern aus Metall montiert und rotieren, um eine gleichmäßige Bestrahlung der Testkörper zu sichern, um die Lichtquelle: eine Xenonbogenlampe mit vorgesetztem Fensterglasfilter (Wellenlängenbereich: 300-800 nm). Die klimatischen Gegebenheiten der Testkammer betragen über den gesamten Zeitraum hinweg etwa 20-22 °C und 28-33 % r.



Abb. 45: Proben in der Testkammer (Foto: JS, 11.2017)

H. Zusätzlich zu den Proben wird eine Blauwollskala mitgetestet, die der Ermittlung der Strahlungsdosis während und nach der Alterung dient. Da die Alterung etappenweise verläuft, wird nach jeder Alterungsstufe ein Teilbereich der Blauwollskala abgedeckt. Dies ermöglicht die Bestrahlungsdosis jeder Alterungsstufe zu prüfen. Den DIN-Richtlinien entsprechend befindet sich ein Schwarztafelthermometer zur Kontrolle der

maximal möglichen Oberflächentemperatur (\cong Oberflächentemperatur einer schwarzen Testfläche) von Proben in der Testkammer. Die Messwerte liegen während der Testzeit bei 40-43 °C.

Nach 13 Tagen konstanter, künstlicher Lichtalterung werden die Proben erneut mit FTIR und UV-VIS eingemessen und L5 wird nachstabilisiert. Der Ablauf wird nach 13 weiteren Tagen (t=26) wiederholt und es erfolgt die Nachstabilisierung von L3.

Als Transportbox wird eine mit Ethafoam®¹²⁰ ausgekleidete Styroporbox verwendet, die die Proben während des Transports zwischen den Alterungsetappen vor Licht schützt und gleichzeitig eine Klimapufferzone bildet. Eine als Hängevorrichtung dienenden V2A-Stange stellt sicher, dass die Testkörper frei hängen und sich während des Transports nicht berühren.

Nach 39 Tagen wird die Alterung beendet und es werden abschließende Analysen durchgeführt.

5.2.3 Auswertung und Fehlerbetrachtung

Zur Auswertung ist zu erwähnen, dass lediglich Tendenzen für den Realfall ableiten lassen. Bei einer künstlichen Alterung handelt es sich immer um eine unnatürliche Extremsituation unter regulierten Umgebungsbedingungen. Faktoren, wie z. B. inhomogene Klimaschwankungen und Schadstoffbelastung werden vernachlässigt.¹²¹ Zudem besteht die Unsicherheit ob bei Extremsituation der natürlichen Alterung entsprechende Alterungsprodukte entstehen oder die Abbaumechanismen identisch sind:

„Ein Vergleich der Ergebnisse von Beanspruchungen durch zeitraffende künstliche Bestrahlungen mit denen, die unter tatsächlichen Einsatzbedingungen erhalten werden, ist wegen der Veränderlichkeit der beiden Bewitterungsarten schwierig und weil bei Laborprüfungen nie alle Beanspruchungen genau simuliert werden, denen ein Kunststoff unter realen Einsatzbedingungen unterliegt. Eine einzelne Bewitterungsprüfung kann nicht als vollständige Simulation der realen Einsatzbedingungen vorgegeben werden.“ (DIN EN ISO 4892-1: 2016, S. 5)

Ein weiterer limitierender Faktor ist die Zusammensetzung der Testkörper. Auch wenn Augenmerk auf eine gleiche Herstellung gelegt wird, variieren die Teststreifen leicht, was sich unter anderem in unterschiedlichen Gewicht und wenig abweichender Stärke äußert. Während der Alterung verändert sich das Gewicht der Testkörper. Durch die Oxidation und die damit verbundene Aufnahme von Sauerstoff erfolgt eine leichte Gewichtszunahme (\sim 0,1 g). Die für die Nachstabilisierung verwendete Menge an Antioxidationslösung orientiert sich jedoch an den vor der Alterung gewogenen Werten, weshalb eine geringe Verschiebung nicht ausgeschlossen werden kann. Die auf die Nachstabilisierung folgende Migrationszeit des Antioxidationsmittels ist mit 24 Stunden knapp bemessen. Längerer Einwirkzeiten hätten jedoch die

¹²⁰ Nach <https://eswe.de/ethafoam-plattenware-nopaplank-plattenware.html> (Stand: 22.11.2017): LD-PE-Schaum.

¹²¹ DIN EN ISO 4892-1: 2016, S. 5.

Vergleichbarkeit der Ergebnisse der künstlichen Lichtalterung deutlich verschlechtert. Letztlich handelt es sich bei Naturkautschuk um ein Naturprodukt mit inhomogenen Alterungserscheinungen und Alterungsprodukten, die die darauffolgende Alterung beeinflussen.

Aus den im Folgenden vorgestellten Ergebnisse lassen sich folglich keine absoluten Schlüsse ziehen. Dennoch eignen sie sich dazu, Tendenzen für das Kunstwerk „shine“ und ähnliche Objekte abzuleiten.

Die über die Blauwollskala (Abb. 46) errechnete Bestrahlungsdosis der künstlichen Lichtalterung beträgt nach 13 Tagen (Blauwollskala: Stufe 5) 201.600 kJ/m² und nach 39 Tagen (Blauwollskala: Stufe 6) 442.800 kJ/m². Die Dosis nach 26 Tagen künstlicher Bewitterung liegt zwischen den beiden Werten. Die angegebene Bestrahlungsdosis gilt für den Wellenlängenbereich von 300-800 nm.

Nach Abschluss der Testphase zeigen die Probekörper im Zuge der extremen Lichtbelastung für die Alterung von Naturkautschuk typische Phänomene. Die Bildung von oberflächlichen Rissen 90° zu anliegenden Spannung und Farbveränderungen durch Vergilbung und Ausbleichen des Farbstoffs ist bei L1, L3 und L5 schon nach 13 Tagen zu beobachten. Die Farbveränderung ist vorderseitig besonders in Bereichen erkennbar, in denen sich der Naturkautschuk um den Metallrahmen spannt. Dies ist mit der Transluzenz der Teststreifen zu begründen. Der nicht absorbierte Anteil des auftreffenden Lichts wird am metallischen Rahmen



Abb. 47: Blauwollskala
(Foto: JS, 11.2017)

reflektiert und beschleunigt somit die Entfärbung des Farbstoffs und die Photooxidation.

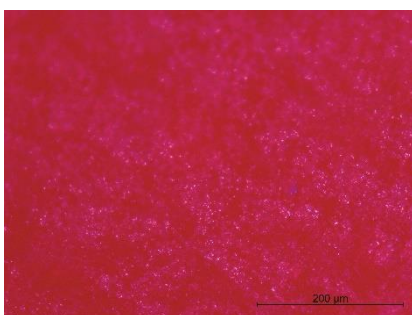


Abb. 48: L3 b (t=0) (Foto: JS, 10.2017)

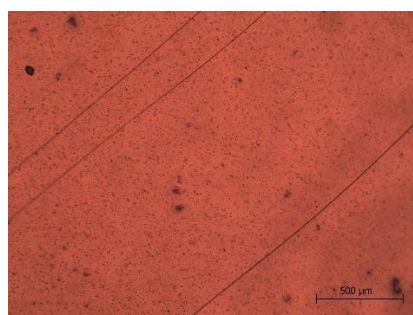


Abb. 49: L3 b (t=26) (Foto: JS, 10.2017)

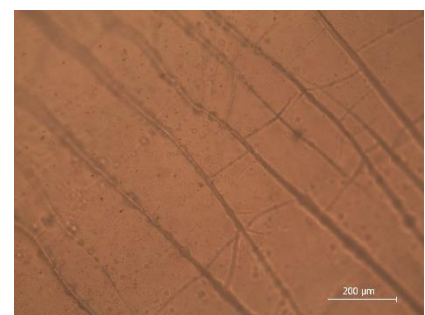


Abb. 46: L3 b (t=39) (Foto: JS, 11.2017)

Generell treten die Alterungserscheinungen nach 13 Tagen Lichtalterung bei L3 und L5 ausgeprägter auf als bei L1 und L4. Der vor der Alterung stabilisierte Testkörper L4 weist zwar auch schon feine Risse auf, eine Farbveränderung ist jedoch rein visuell nicht festzustellen. Auf der Rückseite von L1 hat sich eine weißliche Oberflächenveränderung (Abb. 50), ähnlich der an der Unterseite des Kunstwerks, gebildet. Die beschriebenen Alterungserscheinungen verschlimmern sich erwartungsgemäß nach jeder Alterungsetappe (Abb. 47-Abb. 46:). Während der

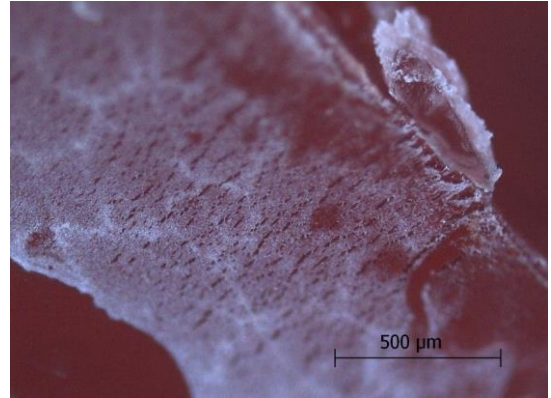


Abb. 53: Weißliche Oberflächenveränderung bei L1 (Foto: JS, 10.2017)

Lichtalterung werden L3 und L5 nachstabilisiert. Bemerkenswert ist, dass sich die Intensität der Alterungsphänomene bei den vorgealterten Testkörpern nach der Stabilisierung mit wässrig emulgiertem Irganox® 1520 potenziert. Das Craquelée tritt wesentlich deutlicher hervor als bei L1 und L4 (Abb. 50-Abb. 53:). Ein ähnliches Phänomen hat auch PFENNINGER in ihrer Arbeit beobachtet.¹²² Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Risse vor der Nachstabilisierung schon vorhanden sind. Die durch die Stabilisierungslösung herbeigeführte Quellung sorgt für eine Vergrößerung der Risse. Die Zugkraft mit der der Naturkautschuk aufgespannt ist, zieht die Risse zusätzlich auseinander und verhindert, dass sich die Dimensionsveränderung nach Rückgang der Quellung wieder zurückbildet. Eine Vergrößerung der Risse sorgt durch die damit einhergehende Oberflächenvergrößerung vermutlich zu einer beschleunigten photooxidativen Alterung.

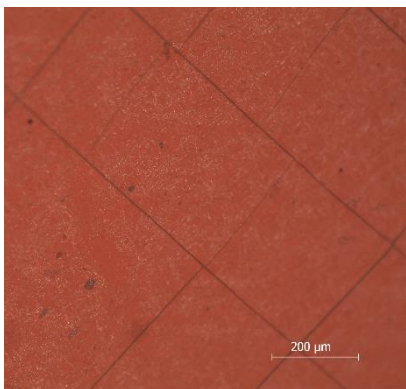


Abb. 50: L1 d (t=39) (Foto: JS, 11.2017)

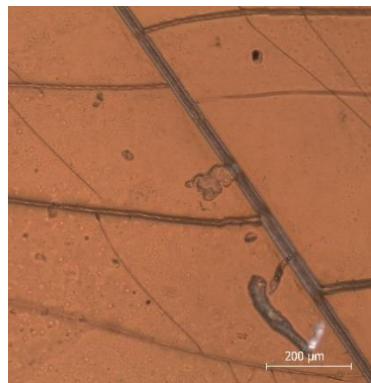


Abb. 52: L5 c (t=39) (Foto: JS, 11.2017)

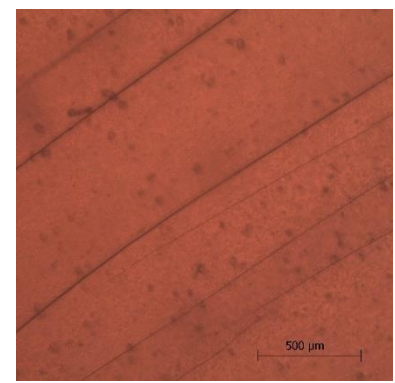


Abb. 51: L5 c (t=13) (Foto: JS, 10.2017)

Auch auf das Ausbleichen des Farbstoffs hat die Nachstabilisierung einen negativen Effekt und sorgt für eine zusätzliche Entfärbung (Abb. 47-Abb. 46:). Vermutlich reagiert das Antioxidationsmittel mit dem schon durch Licht vorgeschädigten Farbstoff. Dieses ist nur in sehr geringer Konzentration im Naturkautschuk (vgl.

¹²² PFENNINGER 2004, S. 80.

Abschnitt 5.2.2.1) vorhanden, weshalb eine Farbveränderung schnell vonstattengehen kann. Da eine Vielzahl von Chemikalien in den Testkörpern vorhanden ist, lassen sich keine genauen Aussagen treffen, welche Reaktionen Einfluss auf die Zerstörung der Monoazofarbstoffe haben. Auf diesem Gebiet ist weitere Forschung nötig.

Zusätzlich löst die wässrige Komponente der Stabilisierungslösung oberflächlich den Farbstoff bei L3. In den Bereichen, in denen sich das Wasser in kleinen Tropfen absetzt, haben sich Agglomerate des Monoazofarbstoffs gebildet. Nach 39 Tagen befinden sich dort kleine Löcher (Abb. 54). Der konzentrierte Farbstoff hat – vermutlich in Kombination mit den anderen Chemikalien – zu einer Zersetzung des Naturkautschuks geführt. PFENNINGER beschreibt in ihrer Arbeit, die Ausbildung einer kraterförmigen Oberflächenstruktur beim Einsatz von Irganox® 1520 in Wasser (1:2) emulgiert.¹²³ Die hier beschriebene Beobachtung könnte eine ausgeprägtere Variante des Phänomens darstellen, die durch den Farbstoff beeinflusst wird.

Neben der Entfärbung des Farbstoffs hat die alterungsbedingte Vergilbung Einfluss auf die Farbveränderung der Teststreifen. Sie ist auf die Alterung der Polyisoprenketten zurückzuführen. In den UV-VIS-Messungen (vgl. Anhang B.2) ist erkennbar, dass sich die Testkörper zunächst bis zu einem gewissen Grad entfärben. Das Ausbleichen des Farbstoffs wird gegen Ende der Alterung jedoch langsamer. Dafür nehmen die Vergilbung und somit die Farbigkeit wieder zu, was sich in einer Abnahme der Helligkeit in den Spektren der UV-VIS-Messungen zeigt (vgl. Anhang B.2).

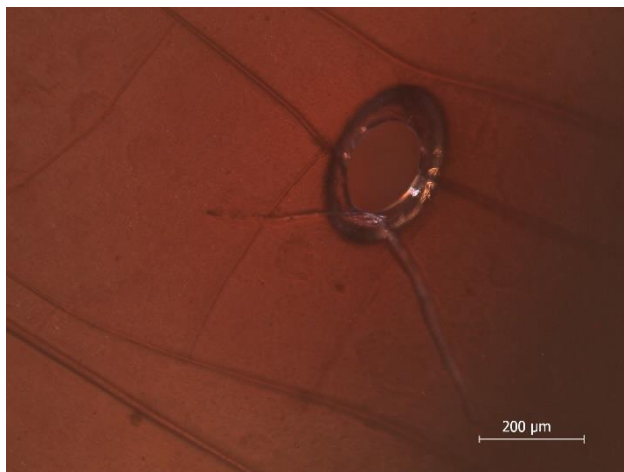


Abb. 55: Detail Loch bei L3 d (t=39) (Foto: JS, 11.2017)

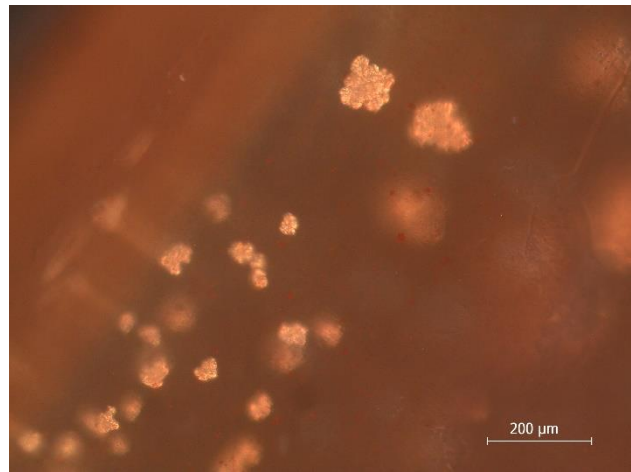


Abb. 54: Detail Ausblühungen bei L1 a (t=39) (Foto: JS, 11.2017)

Bei den Teststreifen von L4 haben sich – besonders zum Rand der Proben hin – nach 26 Tagen Alterung weiße Kristalle gebildet (Abb. 55). Diese Ausblühungen können bei Irganox® 1520 in Naturkautschukschichten mit hoher Hydroperoxidkonzentration auftreten. Die Kristalle lassen sich nach PFENNINGER problemlos mit

¹²³ PFENNINGER 2004, S. 75.

Isopropanol abnehmen.¹²⁴ Da der Einsatz von Isopropanol am Kunstwerk ausgeschlossen ist, müssten die Ausblühungen im Fall einer Anwendung auf dem Original verbleiben. Da unklar ist, welche Eigenschaften und Auswirkungen sie auf längere Zeit gesehen haben, ist dies ein weiteres Ausschlusskriterium für die Nachstabilisierung des Kunstwerks mit dem Antioxidans.

Über Quelltests (vgl. Anhang B.2) lässt sich nachweisen, dass die Nachstabilisierung mit Irganox® 1520 zu einer Erhöhung der Quelleigenschaften der Testkörper bei destilliertem Wasser und Isopropanol geführt hat. Da die Nachstabilisierung nach einer gewissen Zeit nachlässt und wiederholt werden müsste, würde das veränderte Quellvermögen eine größere Belastung des Naturkautschuks bedeuten, als jene die bei der ersten Nachstabilisierung vorhanden war. Dies bedeutet ein gesteigertes Risiko für das Objekt.

Die während und nach der Alterung durchgeführten Analysen (vgl. Anhang B.2) haben ergeben, dass sich L1 und L4 während der Testzeit am wenigsten verändert haben. Dies bestärkt die These, dass eine Stabilisierung von Naturkautschuk schon während oder zeitnah nach der Herstellung erfolgen sollte. Nachträgliche Stabilisierungen an schon gealtertem Material bringen wenig bis keinen Mehrwert, sondern bergen zusätzliches Schädigungspotenzial. Auch die fehlgeschlagene Nachstabilisierung von L2 (vgl. Abschnitt 7.2, Abb. 72Abb. 75), die deutliche Schäden an dem Naturkautschuk hervorgerufen hat, muss bei der Einschätzung der nachträglichen Stabilisierung mit einbezogen werden. Zusammenfassend ist generell von der nachträglichen Stabilisierung von unter Spannung stehendem Naturkautschuk abzuraten.

¹²⁴ PFENNINGER 2004, S. 58.

6 Schlussbetrachtung

Die Auseinandersetzung mit „shine“ und die Suche nach einer geeigneten Konservierung hat nicht nur die Komplexität des Materialerhalts von Naturkautschukobjekten verdeutlicht, sondern auch die Fragen nach den Möglichkeiten und Grenzen derselben in Kombination mit dem Gedanken an restauratorische Vertretbarkeit aufgeworfen. Die fortgeschrittene Alterung der Naturkautschukbespannung des Werks, die auf photooxidativen Abbau zurückzuführen ist, ermöglicht keine Maßnahmen im Sinne einer klassischen Konservierung mehr. Dass eine nachträgliche Stabilisierung mit Antioxidantien nicht mehr möglich ist, wurde an künstlich lichtgealterten Testkörpern, die dem Kunstwerk in Zusammensetzung und Herstellung nachempfunden wurden, bewiesen. Die Nachstabilisierung mit in Wasser emulgiertem Irganox® 1520 L hat zu keiner sichtlichen Verbesserung des Alterungsverhaltens der Testkörper geführt. Die für die Wirksamkeit des Antioxidans benötigte Quellung des Materials birgt eine riskante Belastung. Dies gilt besonders für unter Spannung stehenden Naturkautschuk. Schon der erste Stabilisierungsversuch schlug aufgrund der Quellung fehl, die zu großen Spannungen innerhalb des gespannten Naturkautschuks führte. Auch bei den Testkörpern, die erst einige Zeit der Lichtalterung ausgesetzt waren, bevor sie mit dem Antioxidationsmittel stabilisiert wurden, zeigten sich kontraproduktive Effekte. Unter anderem führte die Quellung in Kombination mit der anliegenden Spannung zu einer Vergrößerung der durch die Alterung entstandenen oberflächlichen Risse. Zudem hat sich das wässrig emulgierte Antioxidans negativ auf den Abbau des zum Färben verwendeten Monoazofarbstoffs ausgewirkt. Dies konnte verstärkt an den bereits vor der Stabilisierung lichtgealterten Proben beobachtet werden. Es ist vermutlich auf die schon vorrausgegangene Lichtschädigung des Farbstoffs und dessen geringe Konzentration zurückzuführen. Zu den genauen Ursachen und zur Reaktion des Antioxidationsmittels mit verschiedenen in Naturkautschuk oder anderen Elastomeren verwendeten Farbstoffen ist weitere Forschung erforderlich. Trotz der Varianz zwischen den Materialien und dem einschränkenden Faktor, dass es sich um eine simulierte Bewitterung handelt, lässt sich aus den Testergebnissen ableiten, dass eine nachträgliche Stabilisierung mit Antioxidantien für das Kunstwerk ausgeschlossen ist. Die Tests und Analysen sind für diese Arbeit auf „shine“ zugeschnitten. Auch wenn eine Einzelbewertung jedes Falls von Nöten ist, lassen sich aus den Schlussfolgerungen Tendenzen für ähnliche Kunstwerke und Objekte ableiten. Aufgrund der Quellung ist eine nachträgliche Stabilisierung von unter Spannung stehendem Naturkautschuk riskant und nicht zu empfehlen. Am sinnvollsten ist eine präventive Stabilisierung des Materials während der Herstellung. Zusätzlich müssen Überlegungen angestellt werden, welche Maßnahmen ergriffen werden, wenn der Materialerhalt nicht mehr zu gewährleisten ist. So kann – je nach Umgebungsbedingung und Anforderung an das Kunstwerk – eine Abnahme der Naturkautschuksegmente und deren Rekonstruktion sinnvoll sein. Vor jeder Entscheidung zu möglichen Maßnahmen müssen Untersuchungen zu der genauen Zusammensetzung des zu behandelnden Materials durchgeführt werden.

Nachdem AXEL ANKLAM das Material aus dem Wunsch nach dem Materialzerfall und der Prozesshaftigkeit gewählt hat, sind die Schaffung eines möglichst idealen Ausstellungsklimas und die Pflege des Materials durch gewissenhaftes Monitoring oberste Priorität. Da die Transformation und Prozesshaftigkeit Teil des Werks sind, sollten sie erhalten bleiben. Auch wenn der Zerfall nicht immer unserem ästhetischen Empfinden entspricht, zeigt uns „shine“ Licht und Schatten unserer Welt und unseres Daseins:

„Ohne Schatten gibt es kein Licht.“

(Albert Camus, 1942)¹²⁵

Dies gilt vice versa ebenso.

¹²⁵ CAMUS, ALBERT: „Der Mythos von Sisyphos“ in: FEHIGE, MEGGLE, WESSELS (Hrsg.) 2002, S. 86 ff.

7 Bildteil

7.1 Fotodokumentation „shine“ (2006)

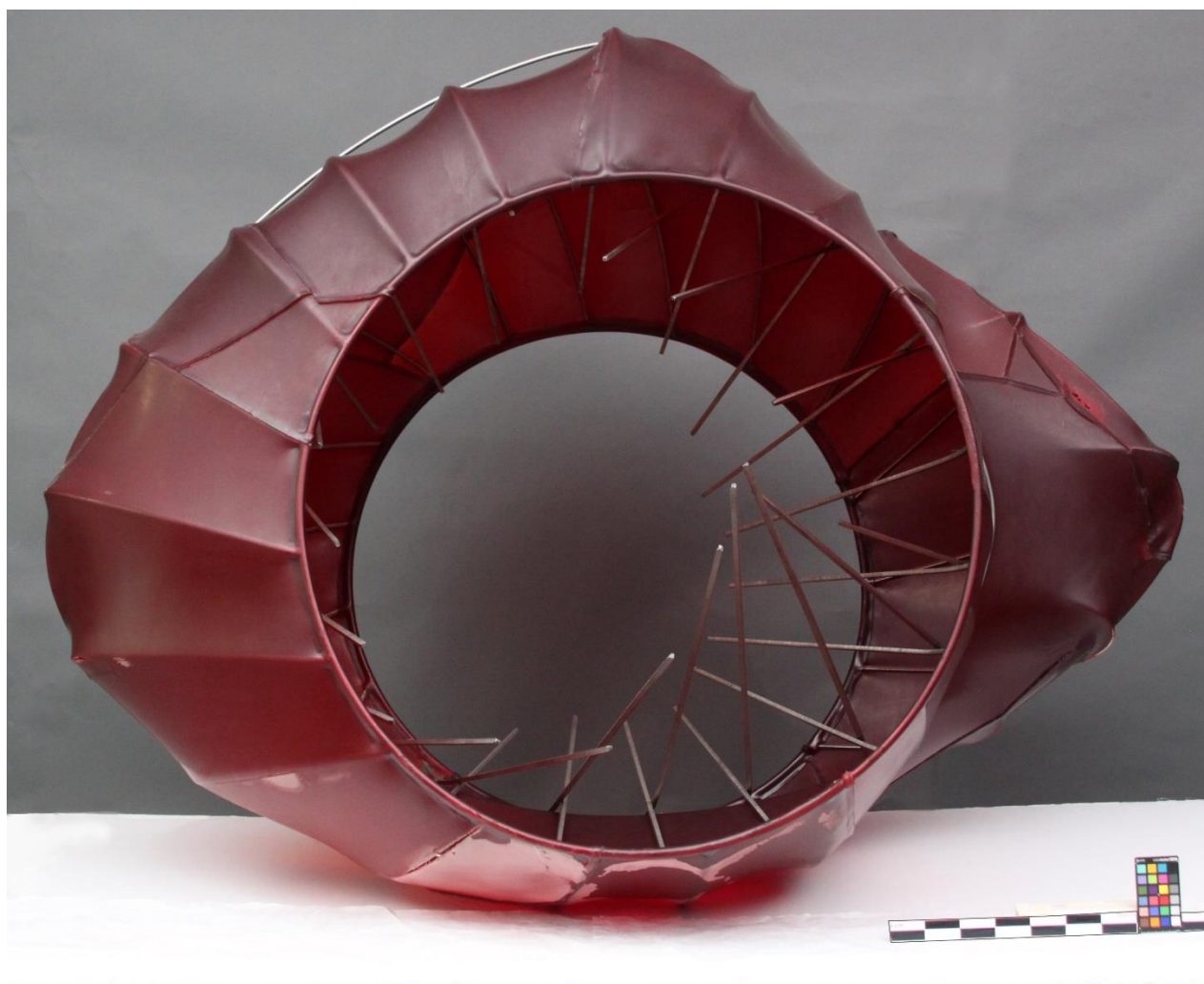


Abb. 56: „Shine“ (2006) – Vorderseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 57: „Shine“ (2006) – linke Seite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 58: „Shine“ (2006) – rechte Seite (Foto: JS, 10.2017)

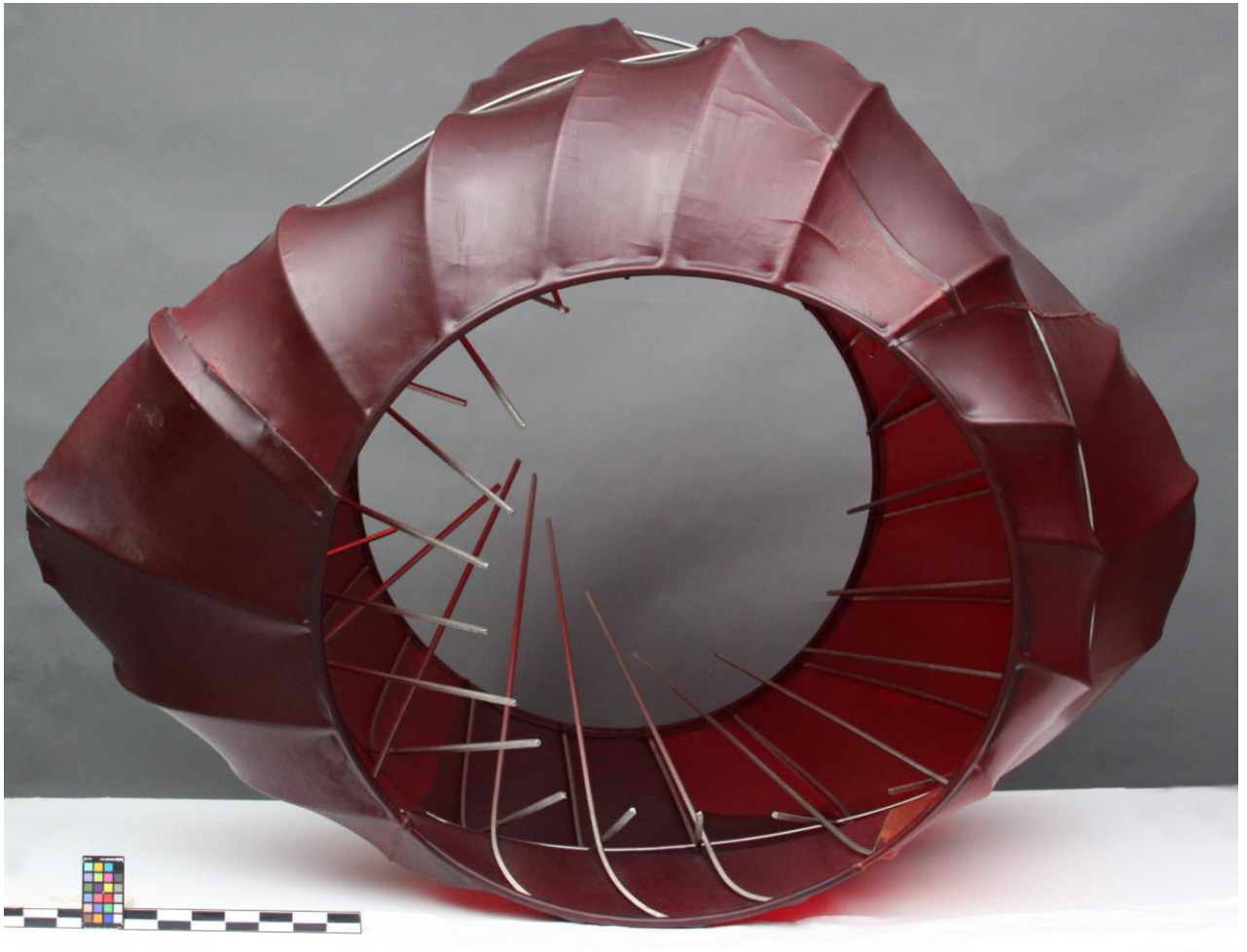


Abb. 59: „Shine“ (2006) – Rückseite (Foto: JS, 10.2017)

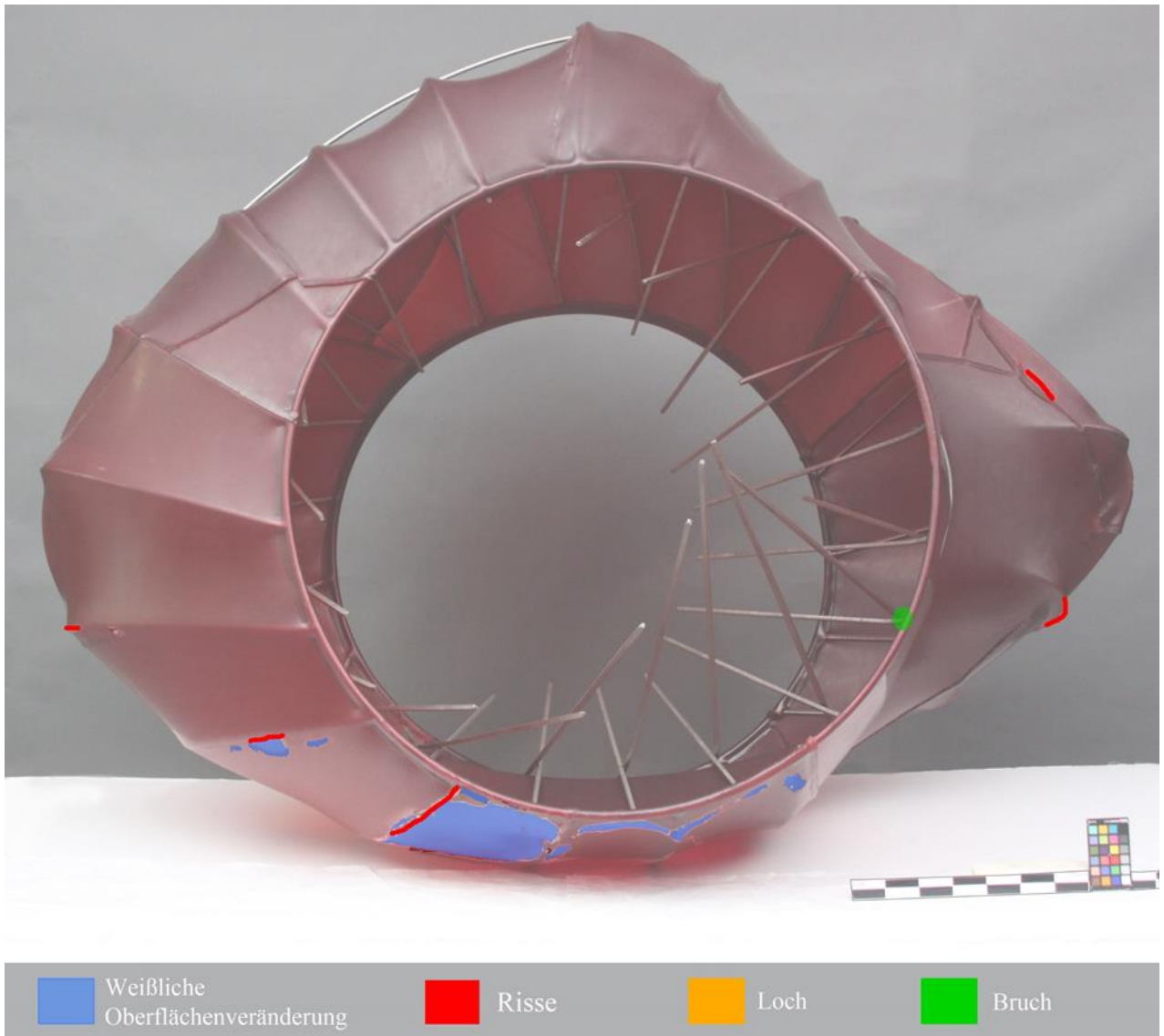


Abb. 60: Schadenskartierung Vorderseite (Kartierung: JS, 11.2017)



Abb. 61: Schadenskartierung linke Seite (Kartierung: JS, 11.2017)

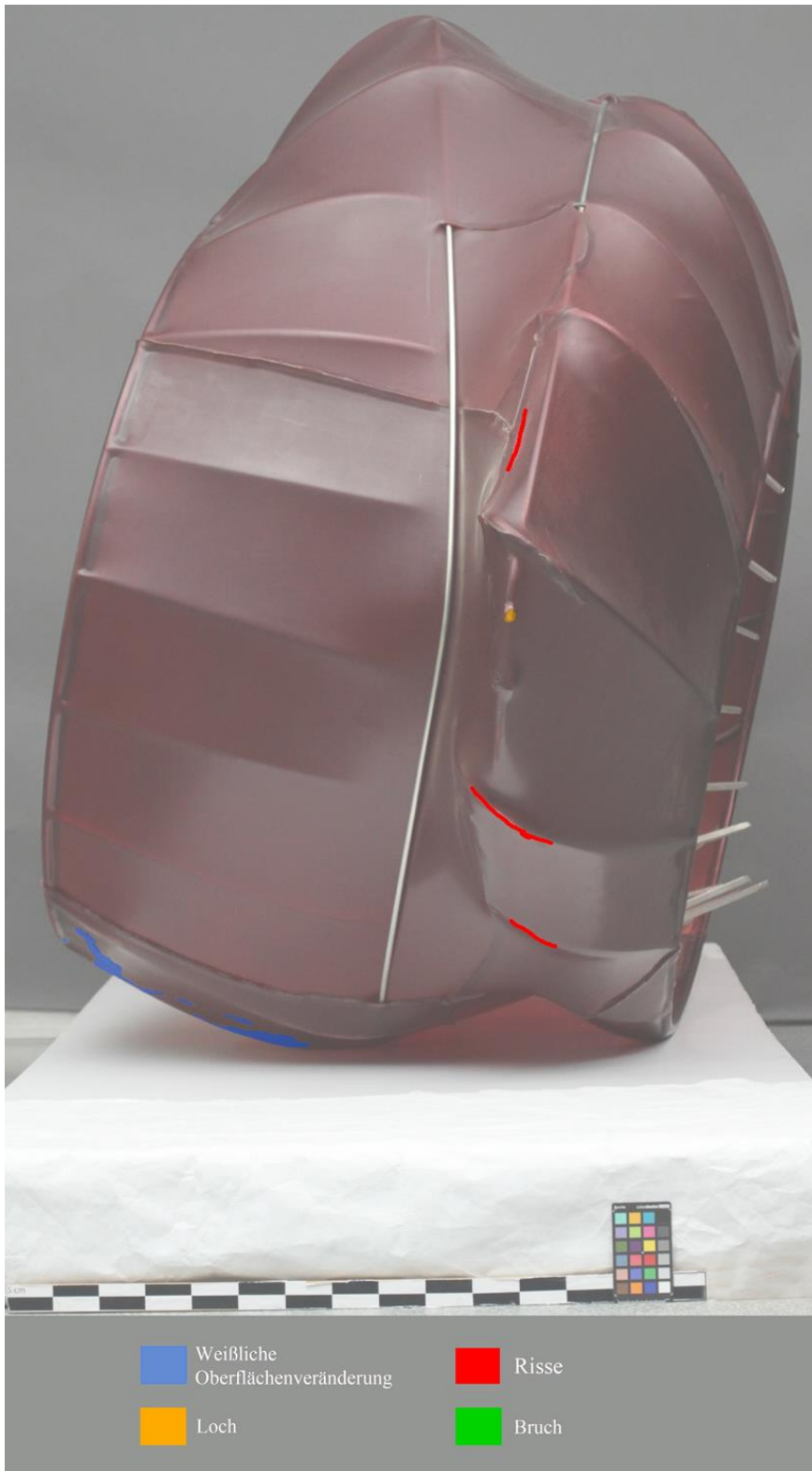


Abb. 62: Schadenskartierung rechte Seite (Kartierung: JS, 11.2017)

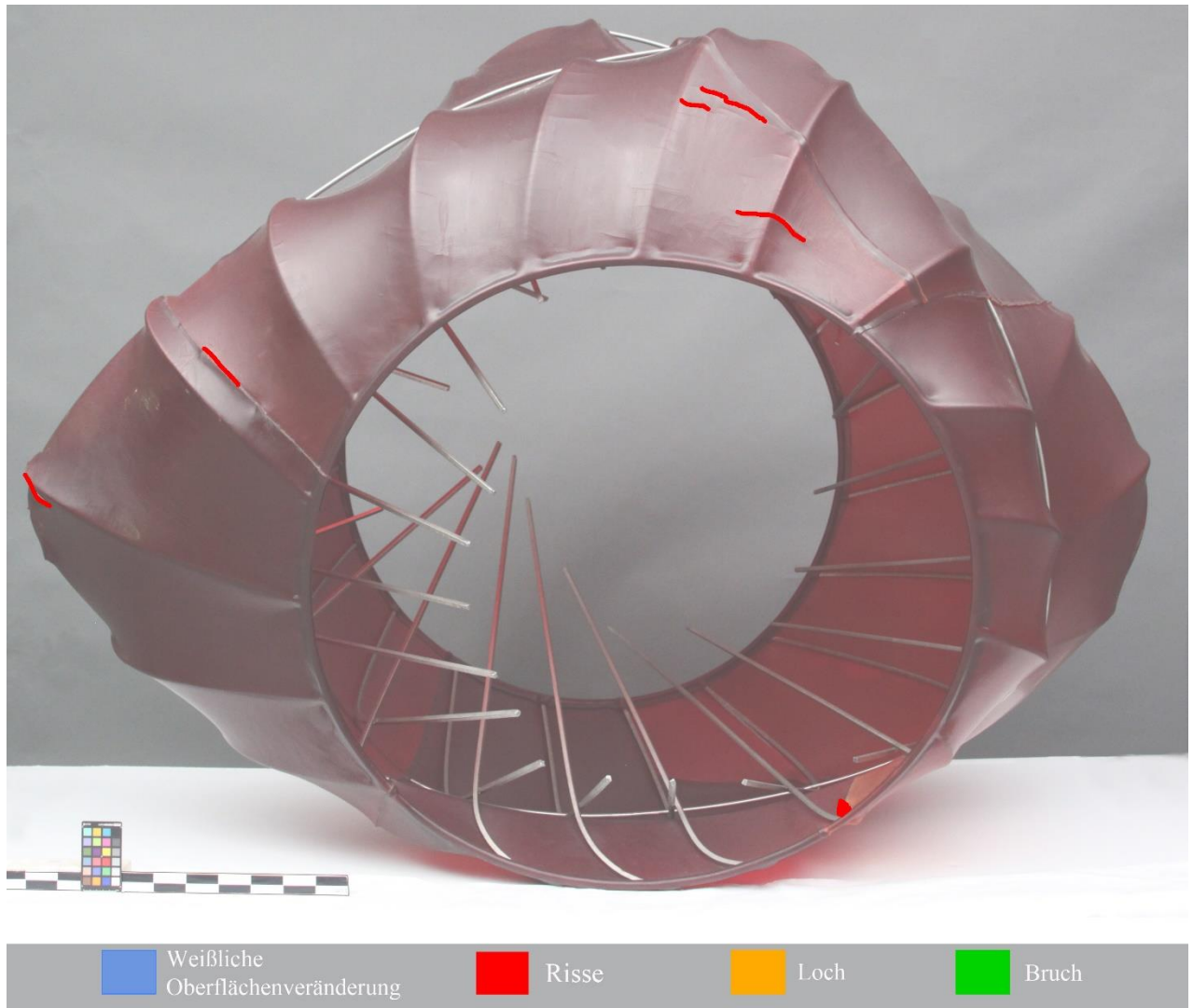


Abb. 63 Schadenskartierung Rückseite (Kartierung: JS, 11.2017)

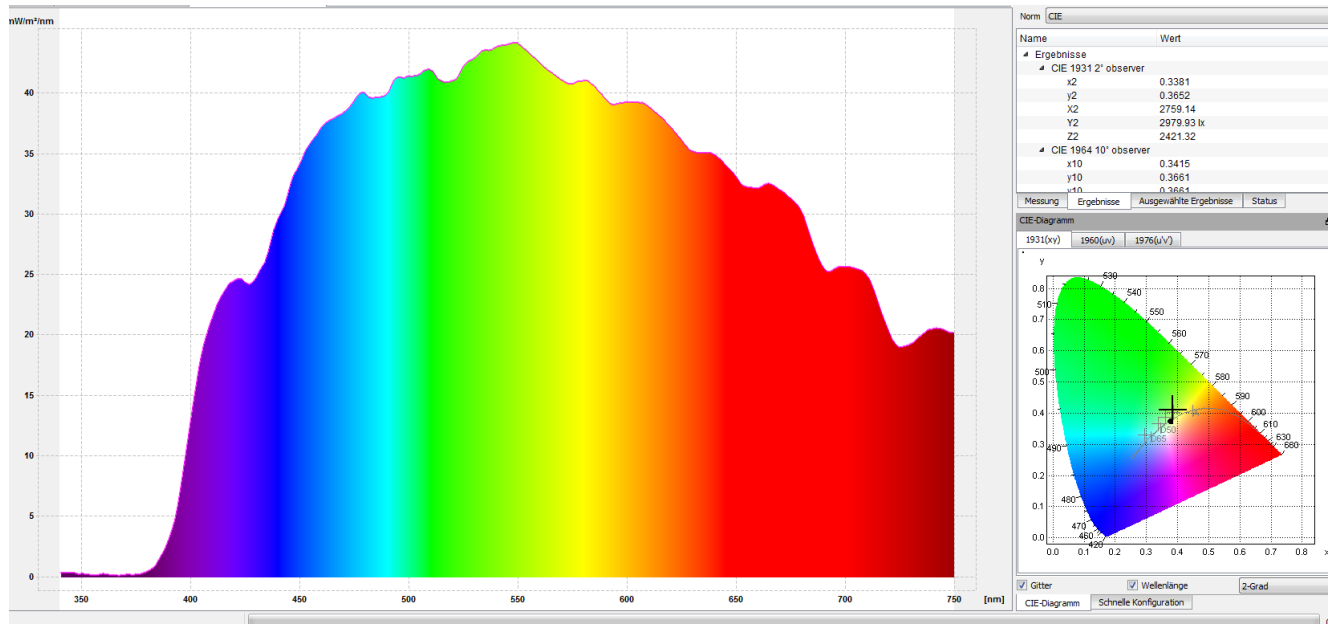


Abb. 64: Spektrum der Beleuchtung – Standort A, Fensterseite

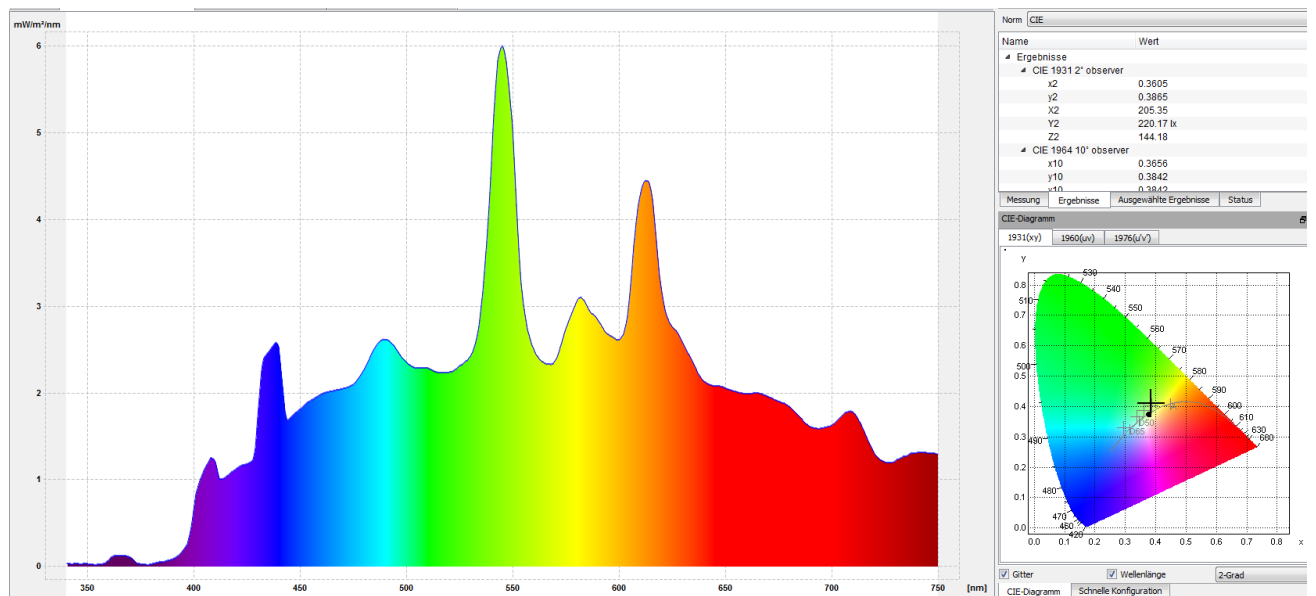


Abb. 65: Spektrum der Beleuchtung – Standort A, Flurseite

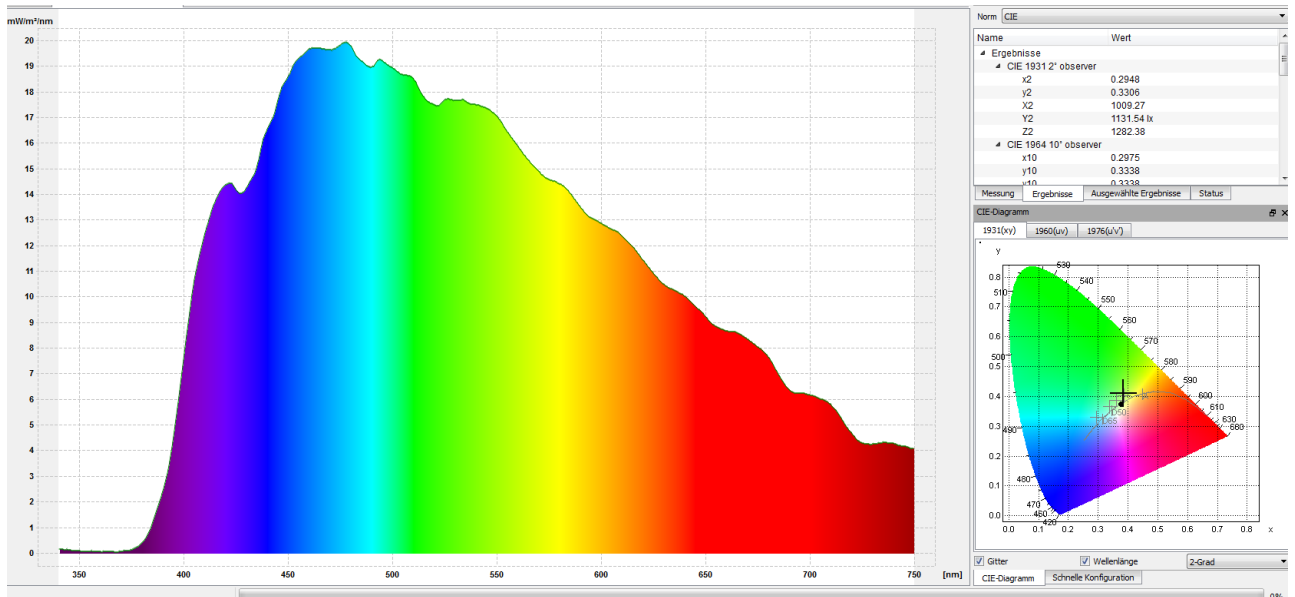


Abb. 66 Spektrum der Beleuchtung – Standort B

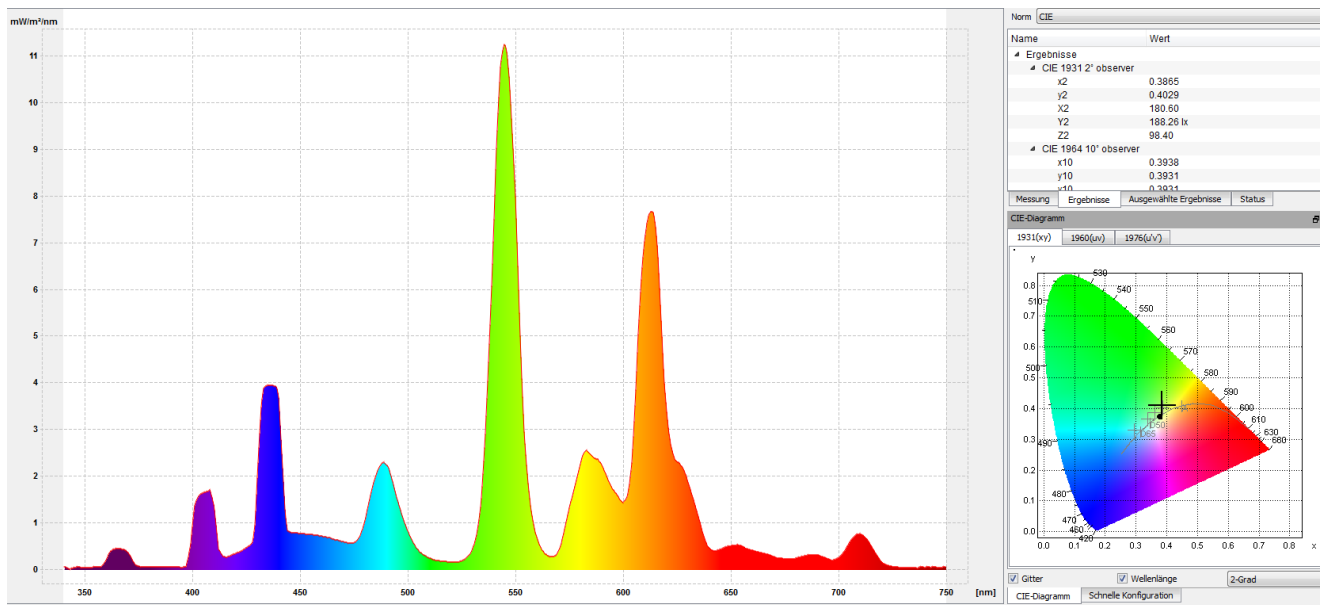


Abb. 67: Spektrum der Beleuchtung – Standort C

7.2 Lichtalterung



Abb. 68: L1 (t=0), Vorderseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 69 L1 (t=0), Rückseite (Foto: JS, 10.2017)

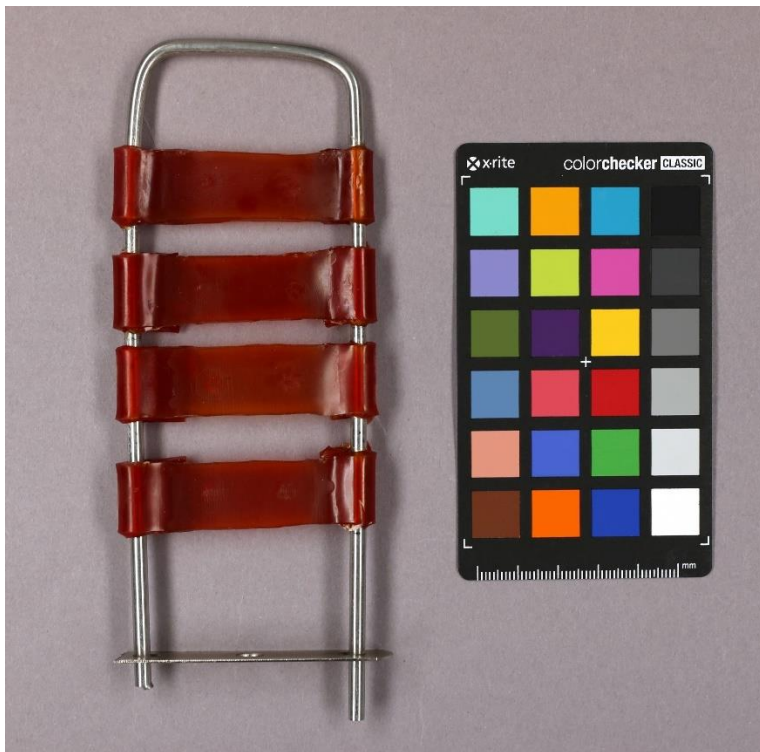


Abb. 70: L1 (t=39), Vorderseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 71: L1 (t=39), Rückseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 72 L2 (t=0), Vorderseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 73: L2 (t=0), Rückseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 74: L2 (t=0), Vorderseite: Nach Stabilisierung (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 75: L2 (t=0), Rückseite: Nach Stabilisierung (Foto: JS, 10.2017)

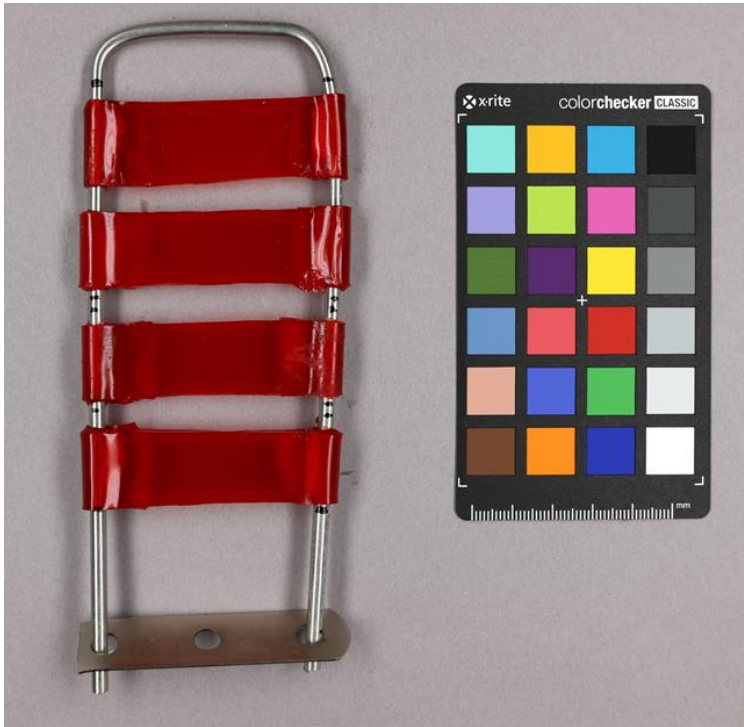


Abb. 76: L3 (t=0), Vorderseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 77: L3 (t=0), Rückseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 78: L3 (t=39), Vorderseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 79: L3 (t=39), Rückseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 80: L4 (t=0), Vorderseite (Foto: JS, 10.2017)

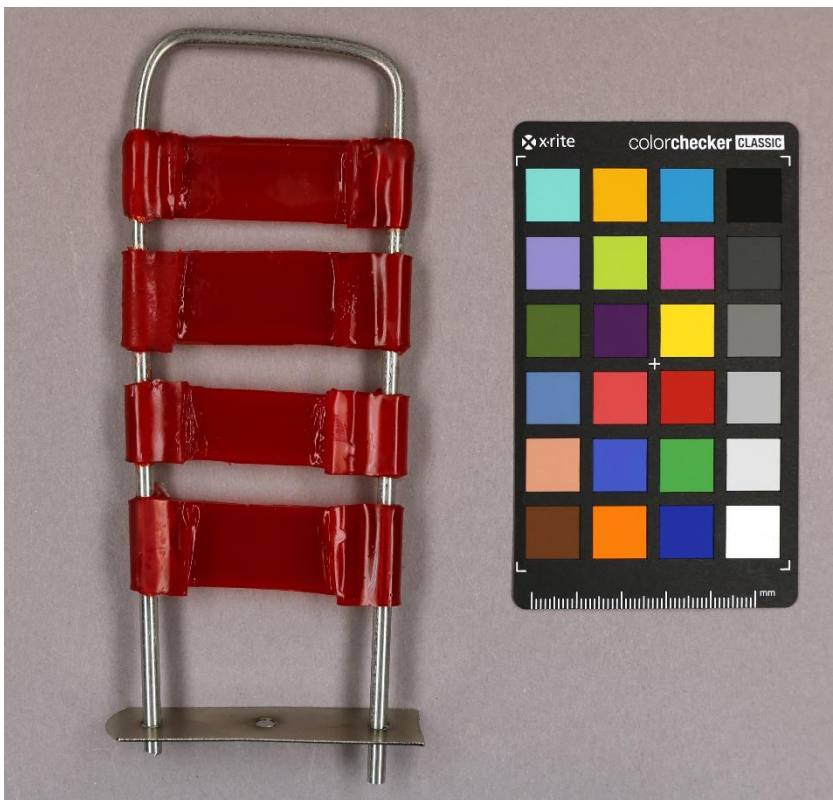


Abb. 81: L4 (t=0), Rückseite (Foto: JS, 10.2017)

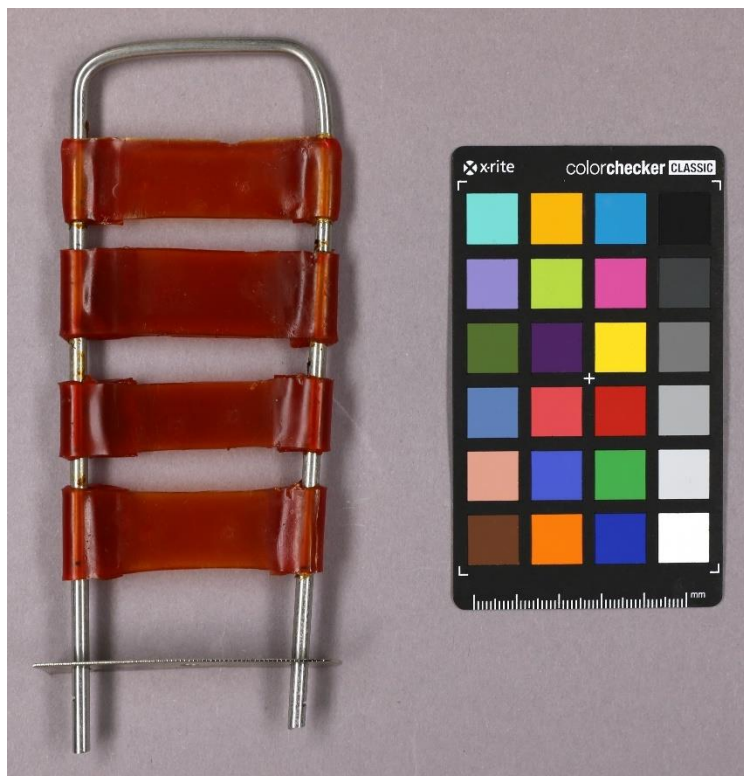


Abb. 82: L4 (t=39), Vorderseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 83: L4 (t=39), Rückseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 84: L5 (t=0), Vorderseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 85: L5 (t=0), Rückseite (Foto: JS, 10.2017)



Abb. 86: L5 (t=39), Vorderseite (Foto: JS, 11.2017)



Abb. 87 L5 (t=39), Vorderseite (Foto: JS, 11.2017)

8 Literatur

- BECHTHOLD 2010: BECHTHOLD, TIM: *Fantastisch plastisch? – Tom Dixons S-Chair in „Restauro – Zeitschrift für Konservierung und Restaurierung 116 1/2010“*, S. 38-47
- CLARAMMA, MATHEW 1997: CLARAMMA, N.M.; MATHEW, N.M: *Effect of Temperature on Sulfur Pre Vulcanization of Natural Rubber Latex* in: “Journal of Applied Science, Volume 64, Nr. 10“, S. 1913-1920
- DICK 2009: DICK, JOHN S.: *Rubber Technology – Compounding and Testing of Performance*, 2nd Edition, München 2009
- DOS SANTOS; SUAREZ; RUBIM 2005: DOS SANTOS, K.A.M.; SUAREZ, P.A.Z.; RUBIM, J.C.: *Photo-degradation of synthetic and natural polyisoprenes at specific UV radiations in “Polymer Degradation and Stability 90 (2005)”*, S. 34-43
- FEHIGE; MEGGLE; WESSELS: FEHIGE, CHRISTOPH; MEGGLE, GEORG; WESSELS, ULLA: *Der Sinn des Lebens*, München 2002
- GRATTAN (Ed.) 1993: GRATTAN, DAVID W.: *Saving the Twentieth Century – The Conservation of Modern Materials*, Ottawa 1993
- KUNSTVEREIN GÜTERSLOH (Hrsg.) 2004: KUNSTVEREIN GÜTERSLOH (Hrsg.): *Axel Anklam. Über Winde, Wasser und Gegenden. [Katalog anlässlich der Ausstellung Wide 2. November - 14. Dezember 2014, Gütersloh 2014*
- LANGER 2001: LANGER, MARTIN: *Die Latex-Skulpturen der deutsch-amerikanischen Künstlerin Eva Hesse (1936-1970)* in: „ZKK-Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 15.Jhrg., 2001, Heft 2“, S. 285-337
- PEARNCJOB 2002: PEARNCJOB, NANTHARAT: *Evaluation of new film coating. Processes and materials*, Berlin 2002
- PFENNINFER; BEHRMANN-BRODATZKI; KALTENBRUNER 2017: PFENNINFER; BEHRMANN-BRODATZKI; KALTENBRUNER: *(Zer)bröselnde Haute und Gussformen – Annäherung an eine erweiterte Werkdefinition*, Postprints zur Tagung „Cold Cases: Grenzfälle in der Restaurierung“, Mitteilungen des Österreichischen Restauratorenverbandes, Band 16/2017, S.136-145
- PFENNINGER 2004: PFENNINGER, MARTINA: *Vorvulkanisierter Naturlatex in der zeitgenössischen Kunst – Möglichkeiten zur nachträglichen Stabilisierung*, Diplomarbeit an der Hochschule der Künste Bern, Fachbereich Konservierung und Restaurierung, Bern 2004
- RÖTHEMEYER; SOMMER 2006: RÖTHEMEYER, FRITZ; SOMMER, FRANZ: *Kautschuk-Technologie. Werkstoffe, Verarbeitung, Produkte*, München 2006

- SAAR FERNGAS AG (Hrsg.) 2006: *Förderpreis Junge Kunst*, Saarbrücken 2006
- SCHNABEL 1981: SCHNABEL, WOLFRAM: *Polymer degradation. Principles and practical applications*, Berlin 1981
- STEPHAN (Hrsg.): STEPHAN, ERIK (Hrsg.): *Axel Anklam - Apeiron. [Katalog anlässlich der Ausstellung Axel Anklam - Masseneffekte, 27. April - 23. Juni 2013, Altes Straßenbahndepot Jena]*, Jena 2013
- WAENTIG 2008: WAENTIG, FRIEDERIKE: *Plastics in Art – A Study from a Conservation Point of View*, Petersberg 2008
- WELLMANN (Hrsg.) 2007: WELLMANN, MARC (Hrsg.): *Die Macht des Dinglichen – Skulptur heute!*, Köln 2007
- WHITE; KIM: WHITE, JAMES LINDSAY; KIM, KWANG-JEA: *Thermoplastic and rubber compounds. Technology and physical chemistry*, München/Cincinnati 2008
- WYPYCH (Ed.) 2015: WYPYCH, GEORGE (Ed.): *Handbook of UV Degradation and Stabilization*, 2nd Edition, Toronto 2015
- ZERN (Hrsg.) 2008: ZERN (Hrsg.): *Axel Anklam. Die Bereitschaft zu glauben; [anlässlich der Ausstellung Leuchten und Strahlen, 15.03. - 11.06.2008 Kunstverein Wilhelmshöhe, Ettlingen]*, Bielefeld/Leipzig 2008
- ZWEIFEL, MAIER; SCHILLER 2009: ZWEIFEL, HANS; MAIER, RALPH D; SCHILLER, MICHAEL: *Plastics additives handbook*, Cincinnati/Ohio 2009

Zeitungsartikel und Pressemitteilungen:

SEIRING, CLAUDIA: „Der Countdown zum Kunstpreis läuft ab - Filigran und feinsinnig: Der Bildhauer Axel Anklam wird am Sonnabend für seine Kunst ausgezeichnet“ in: *Märkische Oderzeitung* (Beeskow) vom 18. März 2017

Pressemitteilung der C&K GALERIE, Berlin, zu: „Axel Anklam - Format (24. Juni - 26. August 2017)“

Pressemitteilung der GALERIE ROTHAMEL, Frankfurt, zu: „Axel Anklam - Aurum. Skulptur. 10. September - 5. November 2016“

Jenaer Stadtmagazin07, Ausgabe 46

Internetquellen:

<http://kunstverein-reutlingen.de/axel-anklam/> (Stand: 25.11.2017)

<http://www.axelanklam.de/index.php?biografie> (Stand: 26.10.2017)

<http://www.galeriefriese.de/kuenstler/anklam/biografie/> (Stand: 08.11.2017)

- <https://cundkgalerie.de/kuenstler/axel-anklam/> (Stand: 24.07.2017)
- <http://www.axelanklam.de/index.php?biografie> (Stand: 26.10.2017)
- <https://plastics.ulprospector.com/de/materials/1229/miramid> (Stand: 26.10.2017)
- <https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Musik-Lexikon/Monochord> (Stand: 08.11.2017)
- <http://www.resultec.de/produkte/ftir-nir-spektroskopie/sortiert-nach-messtechnik/gerichtete-reflexion.html>
(Stand: 04.11.2017)
- <http://www.va24.de/service/eigenschaften-von-edelstahl.html> (Stand: 08.11.2017)
- <https://www.edelstahl-haerten.de/werkstoffe/austenitischer-stahl/> (Stand: 08.11.2017)
- http://www.matthey.ch/fileadmin/user_upload/downloads/fichetechnique/DE/1.4301_C.pdf (Stand:
08.11.2017)
- <https://www.edelstahl-haerten.de/werkstoffe/1-4301/> (Stand: 08.11.2017)
- http://www.linde-gas.de/de/processes/cutting_joining_and_heating/arc/plasma_cutting/index.html (Stand:
01.11.2017)
- <http://www.metalltechnik-lexikon.de/plasma-schmelzschnneiden/> (Stand: 01.11.2017)
- <http://http.materialarchiv.ch/detail/124#/detail/124/naturalatex> (Stand: 01.06.2017)
- <http://www.spektrum.de/lexikon/chemie/kautschuk/4818> (Stand: 14.11.2017)
- <http://www.spektrum.de/lexikon/chemie/kautschuk/4818> (Stand: 14.11.2017)
- <https://www.britannica.com/topic/cis-14-polyisoprene> (Stand: 19.08.2017)
- <http://www.chemie.de/lexikon/Autoxidation.html> (Stand: 20.11.2017)
- <http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/76101.pdf> (Stand: 19.10.2017)
- http://www.blattgold.de/Lascaux-Acrykleber-303-HV_detail_412.html (Stand: 19.10.2017)
- <http://www.kremer-pigmente.com/de/dispersion-k-9-75367.html> (Stand: 19.10.2017)
- <http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/81000-81004.pdf> (Stand: 19.10.2017)
- <https://eswe.de/ethafoam-plattenware-nopaplank-plattenware.html> (Stand: 22.11.2017)
- <http://www.la.rwth-aachen.de/Lauenstein/Lehrmaterialien/Proportionenkanon.pdf> (Stand: 30.10.2017)
- http://www.chemie.de/lexikon/Polysorbat_80.html (Stand: 29.11.2017)
- <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/s6760?lang=de®ion=DE> (Stand: 29.11.2017)

Datenblätter:

ALFRED CLOUTH LACKFABRIK GMBH & CO. KG: Sicherheitsdatenblatt zu „Clou® Pulverbeize,
wasserlöslich“ (20.07.2017)

BASF SE: Sicherheitsdatenblatt zu „Irganox® 1520 L“ (30.09.2017)

BASF SE: Technical Information zu „Irganox® 1520 L“ (30.09.2017)

Archivalien des Europäischen Patentamt München:

Rechnung der GALERIE ROTHAMEL an das Europäische Patentamt München vom 12. Juli 2007

Echtheitszertifikat zu „shine“ (2006) vom 07.11.2010

Zustandsreport zu „shine“ von JULIA STEVES vom 12.12.2014

Anhang

A. Interview mit Axel Anklam vom 11.07.2017

AA = Axel Anklam

JS = Julia Sawitzki

JS: Erst mal zu den Kunstwerken allgemein: Als was würden Sie Ihre Kunstwerke im Generellen bezeichnen?
Als Skulpturen, Installationen, Plastiken...?

AA: Als Skulpturen.

JS: Warum?

AA: Einfach, weil sie einen skulpturalen Charakter haben. Und es gibt aus mehreren Skulpturen zusammengesetzte Installationen, weil sie zusammen eine Thematik ergeben. „Boreaden“ ist ja da so ein Beispiel.

JS: Woher nehmen Sie die Inspiration für die Formen und Strukturen Ihrer Werke? Besonders auch für die Latexkunstwerke bzw. für „shine“?

AA: Es gibt ja nicht die eine Inspiration, sondern es gibt ja immer ein großes Konvolut aus dem ich herausarbeite. Im Fall von „shine“ waren's Versuche musikalische Strukturen letztendlich in Form zu bringen. Und da gibt es eigentlich den Rückgriff auf eine Theorie, die Pythagoras schon beschrieben hat, dass die Griechen letztendlich ihre Tempel proportioniert haben mittels eines Monochords und zum ersten Mal festgestellt haben, dass tonale Beziehungen in der Musik ganzzahligen Zahlenverhältnissen unterliegen und diese eben auf die Architektur übertragen worden sind. Diese Theorie habe ich gehört und habe mich damit beschäftigt, weil ich mich, bevor ich in die Kunst gegangen bin, mit Restaurierung beschäftigt hatte, also mit Architekturgeschichte, und da kommt man an den Schriften von Vitruv und an eben genau diesen Theorien fast nicht vorbei. Und ich habe dann angefangen, gerade jetzt speziell für „shine“ und für drei, vier Arbeitsgänge oder Arbeitszyklen davor, mir auch ein Monochord zu bauen, wie die Griechen, und habe angefangen Töne in Längenbeziehungen zu übersetzen, die im Prinzip die Außenformen meiner Skulpturen bestimmen bzw. mir einen Spielbeginn mit der Form ermöglichen.

JS: Und wie wird das dann genau übertragen von den Strecken her?

AA: Ganz einfach, wenn man sich ein Monochord anguckt, dann ist das ja eigentlich eine Saite auf einen Meter, also eine Saite, einen Meter lang, gespannt auf einen Ton, das kann jeder mögliche Ton sein, aber man kann die abdrücken beziehungsweise einen Reiter in der Mitte runter stellen und dann hat man den Halbton davon. Man kann aber alle möglichen Töne letztendlich schieben mit diesem Reiter, so ähnlich wie man bei einer Gitarre die Saite abdrückt und auch unterschiedliche Tonhöhen erzeugt. Und das Monochord ermöglicht einem einfach nur, dass man die Seitenbeziehungen ausmessen kann zwischen Länge der gesamten Saite zu proportional dem angesetzten Ton. Und das ist das ganze proportionale Verhältnis, was dann ausschlaggebend ist für die Übersetzung in Längenbeziehungen in der Architektur.

JS: Welcher Grundton war's bei Ihnen?

AA: Vielleicht war's ein C.

JS: Welche Materialien wurden für das Latexoeuvre verwendet, also welche Farben, Zusätze, welches Metall?
Und wie wurde das Ganze hergestellt?

AA: Ganz viele Fragen.

JS: Ganz viele Fragen, eine nach der anderen.

AA: Also fangen wir mal an, auf Latex selbst bin ich gekommen, weil ich irgendwann eine Installation gemacht habe bei einer Ausstellung in Amsterdam und meine Glasgüsse mit denen ich mich damals beschäftigt habe, also die hatten was Organisches, wie ... naja... Schweinehälften oder Fragmente eben von solchen Körpern. Man erinnerte sich so daran, also formal. Und die Ausstellung war eigentlich die, dass man so einen LKW mit einer Laderampe hatte, den man einen Tag bespielte jeweils. Und ich erinnerte mich damals so an diese Schweinehälften, die beim Fleischer ankamen in einem LKW hängend. Und dann, wenn der hinten aufgemacht worden ist, dann hat man in diesen komischen LKW reingeguckt, der da vom Schlachthof kam und sah diese hängenden Hälften. Und so bin ich eigentlich auf den Latex gekommen, so diese Haut. Dann habe ich mir diese Häute gegossen, ungefärbten Latex, und wenn der nicht gefärbt ist, dann kriegt der auch sowas Hautfarbenes. Die dann zu den Glasgüssen gehängt worden sind in den LKW. Und das ergab wieder so eine Assoziation von diesen hängenden Tierhälften auf dieser Laderampe. Und es geht ja immer so ein Stück weit um einen emotionalen Zugang oder eine Lesbarkeit der Dinge, die wir da in diese Ausstellung stellen. Und die sich ja nonverbal auch kommuniziert. Und das Verrückte ist, es ist ja ziemlich naheliegend, dass darauf Menschen reagieren, weil es irgendwas Organisches, Fleischliches ist. Da kriegt man sehr einfach den Zugang. Ich kann kein Holländisch, aber die holländischen Besucher, die da waren, haben das eben empfunden als solche. Es gab die wildesten Geschichten, die ich mir damals angehört habe, im positiven wie im negativen Sinne.

JS: Also es gab eine deutliche Reaktion.

AA: Es gab deutliche Reaktionen darauf! Und das war so für mich die erste Erkenntnis: Ah, was kann man mit so einem Material erreichen? Welche Erzählweise ist damit möglich? Das war eine frühe Geschichte. Dann gab's zu „shine“ - um jetzt wieder auf „shine“ zu kommen - da gab es eben letztendlich viele Zwischenschritte, dass ich mich mit diesen Musikalien weiter beschäftigt habe. Die Glasgüsse, die sind in den Hintergrund getreten... hatten auch überhaupt nicht mehr die Bedeutung. Und später erinnerte ich mich an diese Latexoberflächen und an die Möglichkeiten des Materials, aber in dem Zusammenhang, dass ich wegkommen wollte von Oberflächen, die ewig jung bleiben. Und dass sie ein stückweit lichtdurchlässig sind. Also einen gewissen Alterungsprozess in sich tragen, den sie schneller erleben, als ich alt werde und den ich also auch bewusst mitbekomme bzw. man als Betrachter bewusst mitbekommt. Und bin auf diese Latexhäute wieder zurückgekommen, die ich also Jahre davor auf dieser Ausstellung da verwandt hab. Und hab die erste Arbeit, also das ist die „approximate“-Gruppe gewesen, mit Latex bezogen. In der Überlegung, dass es ein Edelstahl-Gerüst ist, was die Form selber angibt - also ein Skelett, was mit der Haut überzogen ist - kam aus dieser musikalischen Geschichte heraus, diese Urform die da drinsteckte, aber diese Oberfläche ist wandelbar und die ist sichtbar wandelbar und lässt es möglich, dass man irgendwann auch einen Verfall nachvollziehen kann und irgendwann wird auch wieder ein Skelett übrigbleiben. Und allerdings eine andere Art von Erzählbarkeit in sich tragen.

JS: Und nochmal als Rückgriff auf die Häute die hingen: Inwiefern sind die anders behandelt worden oder inwiefern ist da ein Unterschied zwischen den Bespannungen in der Herstellung und den hängenden Häuten?

AA: Der Herstellungsprozess ist genau der gleiche, völlig identisch. Also der Herstellungsprozess ist nichts anderes, als die Tischplatte, die im Atelier lag, die ausgerichtet worden ist in Waage und an den Seiten letztendlich eine kleine Kante ran modelliert bekommen hat aus Ton, dass der Latex, wenn man den ausgießt nicht runterläuft. Und dann hab ich den gegossen und hab letztendlich wie beim Kuchen testen

mit einer kleinen Nadel geguckt, wie dick ist die so überall. Und hab dann so fünf Millimeter, maximal fünf Millimeter, eigentlich dünner, zwei Millimeter dünne Häute auf diesen Tischen gegossen. So sind auch die Latexbahnen für die Amsterdamer Ausstellung entstanden. Und der gleiche Prozess ist dann aber auch angewandt worden für die Latexbahnen, die später für „shine“ genutzt worden sind. Nur dass ich sie dann schon pigmentiert hatte.

JS: Sind da auch noch Zusätze dabei?

AA: Es gibt einen Zusatz und zwar, wenn ich mich recht erinnere, ist es Divusil, würde ich jetzt nicht meine Hand für ins Feuer legen, aber es ist ein Antioxidationsmittel gewesen, was der Hersteller - Cotterell (*Anm. JS.: H.D. Cotterell GmbH & Co. KG, Hamburg*) hieß der damals, aber das ist ja schon zehn Jahre her, ich weiß nicht ob's die Firma noch gibt - was die mir empfohlen haben, dass ich das Antioxidationsmittel zugebe, dass es eben nicht ganz so schnell altert und nicht ganz so schnell brüchig wird. Und das hab ich so nach gut dünken letztendlich mit in die Emulsion rein gerührt und hab's dann mit ausgegossen. Es ist wahrscheinlich ein sehr laienhafter Umgang mit dem Latex gewesen. Die „approximate“-Gruppe ist tatsächlich so entstanden, dass ich diese Latexbahnen, die ich noch von der Amsterdamer Ausstellung hatte, dazu verwandt habe und an denen rumexperimentiert habe, wie man die zusammen bekommt. Teilweise hab ich erst mal versucht die zu nähen, was einfach nicht geht, weil es diese Bahnen bzw. die Löcher auseinander zieht, wo man das Garn dann durchzieht. Das führte also zu nichts und dann hab ich es probiert mit allen möglichen Klebstoffen und im Endeffekt bin ich dann darauf gestoßen, dass man Latex mit Latex klebt. Also mit flüssigem Latex kriegt man Latex verklebt. Vorausgesetzt der ist nicht zu alt.

JS: Gab es eine Vorbehandlung der Klebeflächen?

AA: Ich hatte die (*Anm. JS.: die Latexhäute*) mit Silikonöl eingestrichen oder eingesprüht, damit sie eben nicht aneinanderkleben. Das Silikon habe ich an den Stellen, wo sie verklebt worden sind, mit Aceton wieder runtergenommen. Damit es eine saubere Oberfläche ist.

JS: Zum Gerüst: Wie ist die Herstellung von Statten gegangen? Es gibt zwei Arten von Metallstangen, die Sie verwendet haben, eine mit einem runden und eine mit einem rechteckigen Querschnitt. Inwiefern unterscheiden sie sich in Herstellung und Verarbeitung?

AA: Das eine ist Rundmaterial, wie es gezogen im Handel erhältlich ist. In dem Fall, um ganz genau zu sein, ist es ein Edelstahl mit der Legierungsnummer 43.01, hat was mit Kohlenstoffanteil und Anteil des Chroms darin zu tun. Ist also ein niedrig legierter Edelstahl in dem Fall. Es gibt ja eine ganze Bandbreite von Legierungssorten, ich weiß gar nicht, wie viele es gibt. Im Allgemeinverständlichen wird das als V2A oder eben als niedrig legierter Edelstahl bezeichnet. Das andere sind die Streben, also die Rippen, wenn man so will, also die Feldlinien, die die Verbindung zwischen den zwei Ringen schaffen, das ist zwar aus dem gleichen Material, aber aus einer Blechplatte geschnittene Streifen. Also da hab ich mir so im Plasmaschneidverfahren solche Streifen geschnitten und zwar um den industriellen Charakter ein Stück weit aufzulösen. Also diese Platte und der Ring, da ist keine Handschrift mit dabei, weil's ein reines Industrieprodukt ist. Was mir aber wichtig war, war so ein Stück weit die Hand wieder sichtbar zu machen, also den Menschen der dahinter ist und der das Ding geschaffen hat - in dem Fall bin ich es ja - dem wieder ein Stück Raum zu geben und das lesbar zu lassen. Und es hat natürlich was mit der Überlegung zu tun, dass diese Dinge, die wir irgendwann finden, die werden ja für uns dann spannend, wenn wir den Menschen dahinter erkennen. Klar kann man sagen, hinter der Industrie stehen auch Menschen, die das Ding entwickelt haben, aber es ist etwas anderes, wenn man den Fingerabdruck im weichen Ton eines alten Ziegels sieht und man sieht: Der Ziegel ist fünfhundert Jahre alt und man sieht noch den Menschen,

der diesen Ziegel irgendwann gestrichen hat und dann ist noch der Fingerabdruck mit der Lineatur sichtbar. Das ist emotional viel eindrücklicher, als ein industrielles Produkt. Und so muss man sich vorstellen sind auch diese Überlegungen gewesen. Ok, die Streben dazwischen sind das, wo man mich unter Umständen auch wiedererkennt, jedes Zittern und ähnliches. Was auch bleibt und die Zeiten überdauert.

JS: Also im Gegensatz zur Bespannung.

AA: Genau, die Bespannung ist irgendwann weg und irgendwann wird es ein Fragment sein. Da gibt es auch keine Unterschrift dran, ich signiere ja meine Arbeiten nicht, ganz bewusst nicht, weil ich denke, ich spiele da nicht wirklich eine Rolle, es erzählt ja mehr über die Zeit in der es entsteht. Und wenn sie es emotional schafft etwas über die Zeit zu transportieren. Also jetzt der gedankliche Fall, über allem liegen 250 Jahre Erde und wir graben das Zeug wieder aus und finden so in diesem Müllhaufen der Geschichte wieder Fragmente und überlegen uns, was haben denn diese Menschen damit gemacht. Und manche berühren und manche berühren gar nicht, die interessieren dann auch nicht weiter. Und es ist natürlich ein Versuch so etwas auf diese Zeitschiene mitzugeben, das eventuell mal wieder lesbar ist, obwohl ich schon längst nicht mehr vorhanden bin.

JS: Sind die Rippen dann nachträglich noch anderswie bearbeitet worden oder sind sie geschnitten und so verwendet worden?

AA: Sie sind geschnitten und dann sind die natürlich gebogen nach diesen Feldlinien, die letztendlich die Oberfläche meiner Modelle mir vorgegeben hat. Die ganzen Arbeiten entstehen ja erst als kleine Modellarbeiten in Miniatur und dann fange ich an sie in groß zu übersetzen. Und das sind dann letztendlich die gebogenen Oberflächenstrukturen. Wenn man sich anguckt, wie Flugzeugflügel früher bespannt worden sind, da sieht man auch die Rippen darunter, wo eigentlich die Konstruktion ist. So ähnlich muss man sich das vorstellen, sind auch diese Rippen bei mir.

JS: Und die einzelnen Gerüstteile sind dann miteinander verschweißt?

AA: Ja, das ist dann alles miteinander verschweißt. Das es erst mal eine Grundstruktur gibt, die haltbar ist.

JS: Die Biegung findet die nach dem Schweißen statt oder vorher?

AA: Nein, vorher. Vorher setze ich diese einzelnen Rippen aneinander. Es gibt Hilfskonstruktionen, die man an der Arbeit jetzt nicht mehr sieht. Wenn ich eine Arbeit vom Modell ins Große übersetze, dann gibt's immer diese beiden Ringe erst mal und um mir eigentlich die Außenkrümmung vor Augen zu führen, baue ich die Außengerüste schon mal nach, das sind auch eigentlich nur dünne Stahlbänder, die ich dann so biege und an denen orientieren sich dann auch die einzelnen Rippen, die zu diesen bestimmten Kombinationspunkten kommen und die Feldlinien bilden.

JS: Edelstahl oder Metalle sind ja seit Ihrem Frühwerk präsent. Was fasziniert Sie an der Arbeit mit Metallen? Als Gerüstmaterial oder als Material für Oberflächen?

AA: Stahl ist ein unglaublich breit einsetzbarer Werkstoff, weil er auf der einen Seite zäh ist bis zu glashart je nach Legierung. Ohne Metall wäre ja unsere heutige Welt gar nicht denkbar. Kein Hochhaus würde stehen, wenn es die Stahlarmierung nicht gäbe. Es würde keine Brücke existieren, es würde kein Auto fahren, es würde eigentlich fast gar nichts so existieren von unserer Welt in der wir uns jetzt bewegen, wenn es nicht den Stahl gäbe. Und weil er so breit einsetzbar ist, lässt sich mit Metall ein Stück weit die Physis überlisten. Ich kann mit einer Stahlstruktur eine ganz leichte Konstruktion bauen, die unglaublich viel hält, im Verhältnis zur Größe. Wenn ich das Gleiche aus Beton bauen würde, müsste ich wahnsinnig

viel Beton vergießen. So kann ich das mit wenig Material realisieren und das andere was dazu kommt, ist natürlich, dass ich das von meiner Geschichte her wunderbar verarbeiten kann, weil ich natürlich mal Kunstschmied gelernt habe.

JS: Wir hatten jetzt auch schon anklingen lassen, warum Sie sich für Latex entschieden haben und was Sie an dem Material fasziniert. Gibt es auch eine historische Prägung oder einen künstlerischen Einfluss, warum sie sich für das Material entschieden haben. Inwieweit haben Sie sich vorher mit dem Material Latex auseinandergesetzt?

AA: Gar nicht. (*lacht*) Und gar nicht hört sich jetzt so lapidar an. Was mich am Latex fasziniert hat, ist einfach diese Möglichkeit es in alle drei Richtungen zu verziehen. Dass es eine Eigenspannung hat, dass es schnell altert und dass ich es auch noch färben kann, wie ich dann in mehreren Experimenten rausbekommen habe. Und dass es so eine Hautstruktur bildet, die uns sehr eingängig ist, weil wir selber mit einer Haut umgeben sind und uns zu unserer Außenwelt abgrenzen. Da gibt es also eine sehr breite Lesbarkeit, alleine in diesem Material, warum das für mich dann eine Rolle spielte. Und es gibt jetzt nicht die Beschäftigung vorher, als ob ich mich jetzt technologisch mit diesem Material beschäftigt habe oder, dass Latex jetzt etymologisch eine Rolle spielte, oder historisch... gar nicht. Also diese Beschäftigung meine ich jetzt, dass ich mich damit nicht beschäftigt habe. Mir ging's um die Ausdrucksweise, was das Material mir erzählt. Die Ergründung des Materials geht dann damit einher, dass man recht unbedarft mit so einem Material umgeht und dann stellt man fest, das ist möglich, das ist nicht möglich.

JS: Gibt es diese Bespannung auch wegen ihrer Schwingungseigenschaften oder ausschließlich um einen transluzenten Körper zu formen?

AA: Hauptsächlich des transluzenten Körpers wegen.

JS: Zur Zeit der Herstellung der Latexobjekte gibt es eine starke Rotprägung. Was ist es für ein Material, das zum Färben verwendet wurde und warum hauptsächlich rot?

AA: Ja, da kann man jetzt wahrscheinlich psychologisieren, so ein Stück weit. Ursprünglich fing diese Arbeit mit Farben an, das ich versucht habe ein Stück weit von der Stimmung die in den Tönen, die ich am Monochord generiert habe und die in den Arbeiten ja als Anfang enthalten sind, im Anfangsbereich der Arbeit selbst, dass ich die eigentlich nochmal in der Oberfläche wiederkommen lassen wollte und das machte dann die Farbe aus. Dass man unter bestimmten Stimmungen bestimmte Farbwerte halt auch geistig wahrnimmt. Und das Experiment war eigentlich, mit welchen Pigmenten es überhaupt möglich ist Latex zu färben. Und nach vielen Experimenten bin ich dann auf einfache Holzbeize gestoßen, die mit Aceton verdünnt in das Latex eingerührt worden sind. Aceton verfliegt recht schnell und übrig bleibt die Farbe, die gut verteilt ist im Latex.

JS: Warum verwenden Sie heute keinen Latex mehr für Ihre Skulpturen? Wie hat sich das weg entwickelt davon bzw. wo geht es jetzt auch weiter hin?

AA: Latex nehme ich nicht mehr aus der Erkenntnis, dass der Alterungsprozess mir A einen Tick zu schnell ist (*lacht*) und ich für mich schon festgestellt habe, nach viermal ausstellen ist das so fragil geworden, dass man's eigentlich fast nicht mehr ruhigen Gewissens zeigen kann. Also ein Stück weit ist es wirklich die Erkenntnis, dass Latex toll ist, wenn man so eine prozesshafte Arbeit machen will, aber weniger toll ist, wenn man vom Sammler permanent die Nachricht bekommt: Mensch, das ist jetzt schon so weit verfallen, sollte das? Und ja, es ist so gedacht. Nicht, dass ich jetzt Angst hätte vor meiner eigenen Courage, sondern eher, dass ich dachte: Ok, man kann das doch ein bisschen verlängern und welche Materialien sind da möglich. Und diese Epoxidharz-Bespannungen oder die Bespannungen mit Nylon die

dann mit Epoxidharz überzogen werden, die sind sicherlich auch nicht lange haltbar. Man weiß nicht wie lange das hält. Aber Fakt ist, dass sie etwas länger auf der Zeitschiene einen Prozess mit sich tragen.

JS: Gab es auch während der Verarbeitung Probleme mit dem Latex?

AA: Das ist schon alles lange her. Es gab sicherlich einige Probleme, aber mir fällt jetzt so spontan nichts ein, was dem entgegen gesprochen hätte. An sich ist es ja sehr leicht zu verarbeiten: Eine Haut gießen und zu verkleben, vom Prozess her ist es wahrscheinlich schneller, als die Epoxidharzoberflächen zu machen, die man ja ewig wieder anschleifen muss und wo eine Schicht nach der anderen aufgetragen wird und es sehr lange braucht um eine Schichtdicke zu haben, bei der es eine Farbe ist und man das Glas (*Anm. JS: das Glasfasergewebe*) nicht mehr drin sieht.

JS: Wie reagieren Sie auf Anfragen von Sammlern, die beklagen, dass die Latexbespannung nachlässt oder sich verändert und das sehr rapide?

AA: Ganz unkompliziert. Er wusste ja im Vorfeld davon. Das wurde allen eigentlich so kommuniziert, dass dieser Latex dazu verwandt ist, dass der Prozess halt letztendlich zu der Skulptur dazu gehört. Und insofern waren die Sammler - es sind eigentlich nur zwei die sich da jemals wieder gemeldet haben - damit völlig d'accord. Und waren nur erstaunt, dass das eben relativ schnell passiert und schnell heißt hier sieben, acht Jahre. Und ein Sammler hat mir das bezahlt, dass ich ihm eine komplett neue Oberfläche mache, weil er die Arbeit auch in einen komplett anderen Kontext gestellt hat. Er hat die nach draußen gestellt tatsächlich und nicht mehr in seinen Räumen zugänglich gehabt. Damit war klar, in dem Moment wo die Arbeit raus muss, wird's auch eine andere Oberfläche.

JS: Was haben Sie dafür dann verwendet?

AA: Das war Epoxidharz und Glasfaser.

JS: Aber das hat auch von der Farbigkeit und Form funktioniert?

AA: Die Farbigkeit ist gleichgeblieben. Es sieht sehr brillant aus. Wenn ich diese Epoxidharzoberflächen mache, gibt es abschließend noch einen Polyurethanüberzug, also so einen Lack.

JS: Und von den Färbemitteln her, ist es genau dasselbe?

AA: Nein, das sind natürliche Pigmente für Epoxy - Oracal-Farben von Kremer.

JS: Hat es keine Probleme gegeben die exakte Farbigkeit wieder zu treffen?

AA: Ne, man trifft ziemlich präzise sogar die Farbigkeit, auch die Brillanz, ein bisschen anders. Epoxid ist immer ein bisschen glatter als der Latex und es sieht aus hinterher wie ein Bonbon, ein glänzender. Und die Arbeiten stehen auch schon... seit 2009 steht die älteste jetzt draußen und ich staune eigentlich, dass die sehr gut haltbar sind. Ich habe eine große Arbeit, die stand für drei Jahre in Japan am Pazifik unter widrigsten Bedingungen, im prallen Sonnenlicht und mit Salzwasser und allem Pipapo. Die ist dann wieder zurückgekommen, steht jetzt seitdem in Gütersloh im öffentlichen Raum und wenn man die sich anguckt, die sieht eigentlich unglaublich gut aus, dafür dass sie solchen Bedingungen ausgesetzt war.

JS: Aber von der Oberflächenästhetik ist es schon anders und das Taktile von der Hautähnlichkeit geht auch verloren.

AA: Ein Stück weit geht's verloren, ja. Also diese Hautassoziation, die man bei dem Latex hat, auch schon dadurch, dass man sieht, dass die Flächen aufeinander geklebt sind... Das geht verloren, das stimmt. Aber in dem Moment, wo man zwei Schritte zurücktritt, hebt sich's wieder auf. Und es ist auch immer die

Frage wo die Arbeiten stehen. Im Endeffekt, diese Arbeit von der ich gerade sprach, die ist so 3,20 m hoch und das ist so ein Objekt, das man sich nicht ins Wohnzimmer stellt, sondern es steht eh draußen und da steht man nicht nah dran. Das nimmt man in so einem Kontext, dass man darauf zu läuft oder mit Abstand nimmt man so eine Arbeit wahr und da funktioniert das Ganze dann.

JS: Sind Ihre Werke raumlose oder raumgebundene Objekte?

AA: Nein, sie sind kontextlos, immer zu lesen. Wenn ich schon darauf spekuliere, dass es irgendwann mal mit Sand bedeckt ist, dann sind sie aus dem Kontext gerissen. (*lacht*) Also haben sie entweder die Kraft in jedem Kontext zu existieren oder eben nicht. Die Lesbarkeit wird sich dadurch nicht verändern. Das ist auch der Versuch.

JS: Gibt es eine bestimmte Betrachtungsrichtung bei „Shine“ oder sollte man es möglichst allumgänglich betrachtet werden können?

AA: Ne, es sollte allumgänglich stehen.

JS: Natürliche Alterung und Veränderungen der Latexmembranen sind akzeptiert und erwünscht. Wie sieht es mit Schäden durch Ausstellung und Transport aus?

AA: Eigentlich ist es nicht erwünscht. Im Endeffekt kann man das aber nicht ausschließen. Sagen wir mal so, solange es an dem Platz steht, an dem es ursprünglich mal abgestellt worden ist, würde ich sagen, sollte es ohne weitere Schäden erst mal da stehen bleiben. Was später damit passiert, da würde ich mich arg zurückhalten, zu sagen; ja, das darf nie vergehen. Aber im Endeffekt sind alle meine Arbeiten so angelegt, dass sie irgendwann mal auch wieder vergehen. Und das ist ja ein weiterer Schritt noch, zu überlegen, dass diese Sachen natürlich ihre Halbwertszeit haben. Sie werden nur zu einer bestimmten Zeit gelesen. Und insofern, wenn es sie irgendwann nicht mehr gibt, wird nicht mein Herz brechen. (*lacht*) Aber ich würde natürlich nicht gerne erst mal mit einem Transportschaden im Museum ankommen. Das ist klar. Aber wenn die Arbeiten auf einer gewissen Zeitschiene irgendwann mal diese Abnutzung bekommen, finde ich gehören sie als natürlicher Prozess der Geschichte des Kunstwerks dazu.

JS: Wie stehen Sie zu konservatorischen Maßnahmen? Wie weit dürfen diese gehen um dem Objekt noch gerecht zu werden? Gehört für sie schon präventive Konservierung, also Beeinflussung und Optimierung der Umgebung dazu?

AA: Ich würde das so frei formulieren: Der Benutzer, der Rezipient, darf ja mit den Sachen machen, was er möchte. Und wenn er das möchte, dass die in irgendeiner Form einer längeren Haltbarkeit zugeführt werden, hätte ich nichts dagegen. Denn es ist besser als die Ignoranz des Ganzen. (*lacht*) Insofern würde ich ihm das freistellen. Also ich hab ja irgendwann mal als Restaurator in der Stiftung Schlösser und Gärten Gitter restauriert und irgendwelche Bauplastik. Und an solchen Sachen ist immer etwas ganz Tolles sichtbar. Da wird sichtbar, wann der Hausmeister mal eine schlechte Farbe hatte, wann er mal eine gute hatte und wann er mal überhaupt nicht sich Gedanken darübergemacht hat und wann man da sehr viel wert drauf legte... und das erzählt sehr viel Geschichte über ein Objekt. Und genauso würde ich meine Objekte in so einem Kontext sehen. Wenn sie behandelt werden und wenn damit umgegangen wird und wenn da jemand meint, da irgendwann eine ganz neue Schicht drüber zu ziehen, dann würde ich das als noch spannenderen Prozess empfinden, als wenn sie irgendwann einfach achtlos eingestampft werden. Als bewussten Moment. Und selbst wenn das passiert, ja dann ist es so. Der Rezipient macht damit etwas.

JS: Und wie sähe es aus, wenn die Haut abgenommen werden und mit demselben Material rekonstruiert werden sollte?

AA: Da hätte ich kein Problem mit. Wenn man's hinkriegt, ja wunderbar. Wäre ich sehr interessiert, den Prozess von Weitem mit zu verfolgen. (*lacht*)

JS: Letzte Frage: Wie stellen Sie sich die Zukunft von „shine“ vor? Oder wie würden sie sich die wünschen?

AA: Also ehrlich gesagt, bei „shine“, weil sie jetzt an dem exponierten Ort steht, wo sie jetzt steht, würde ich mir sogar vorstellen, die nochmal in Epoxidharz zu machen. Weil ich das für mich als spannend empfinde, diese Arbeit die ich schon mal in Latex gesehen habe, einfach noch einmal völlig neu weiter zu entwickeln. Für mich wär's der nächste Schritt, der folgerichtig einfach mit meiner Geschichte zu tun hat. Weil ich mich ja auch selber weiterentwickelt habe und irgendwann den Entschluss gefasst habe, Latex nicht mehr zu verwenden.

JS: Gäß auch die Möglichkeit eine Reproduktion davon macht, dass man beides einander gegenübergestellt ausstellt?





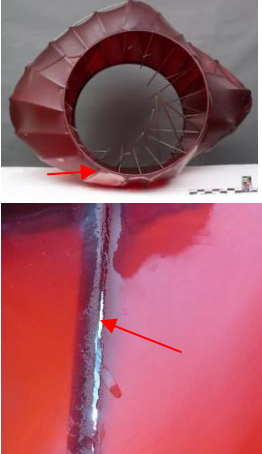
AA: Das wäre super! Ja, warum nicht? Könnte man. Wobei wahrscheinlich die Reproduktion eher eine Interpretation wäre.

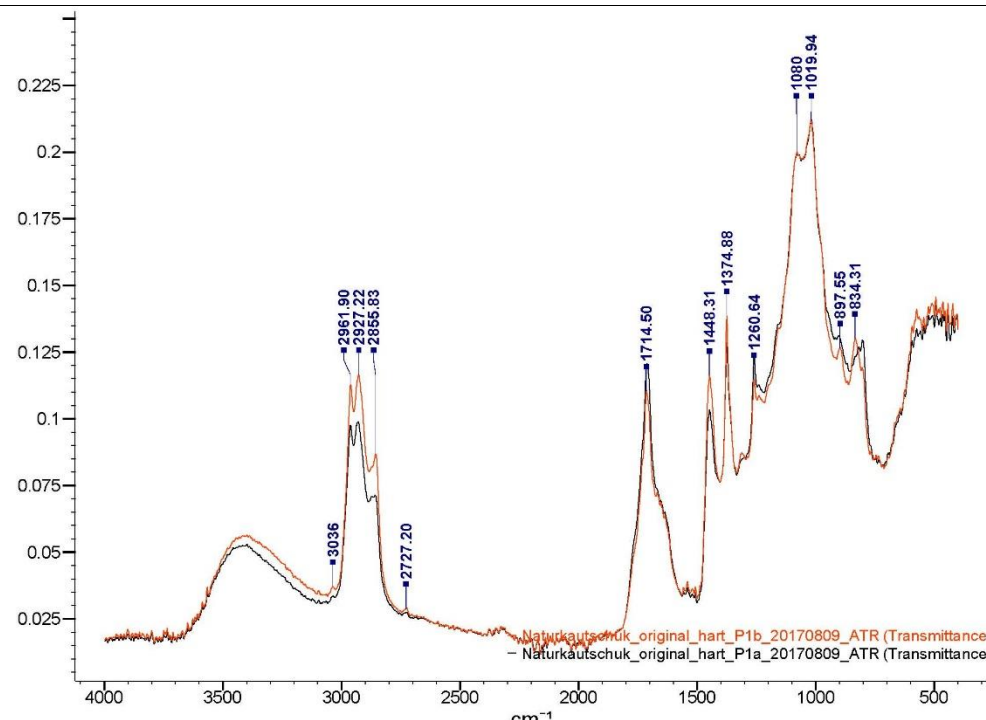
JS: Ja, dann wäre ich gespannt auf eine Neuinterpretation und bedanke mich!

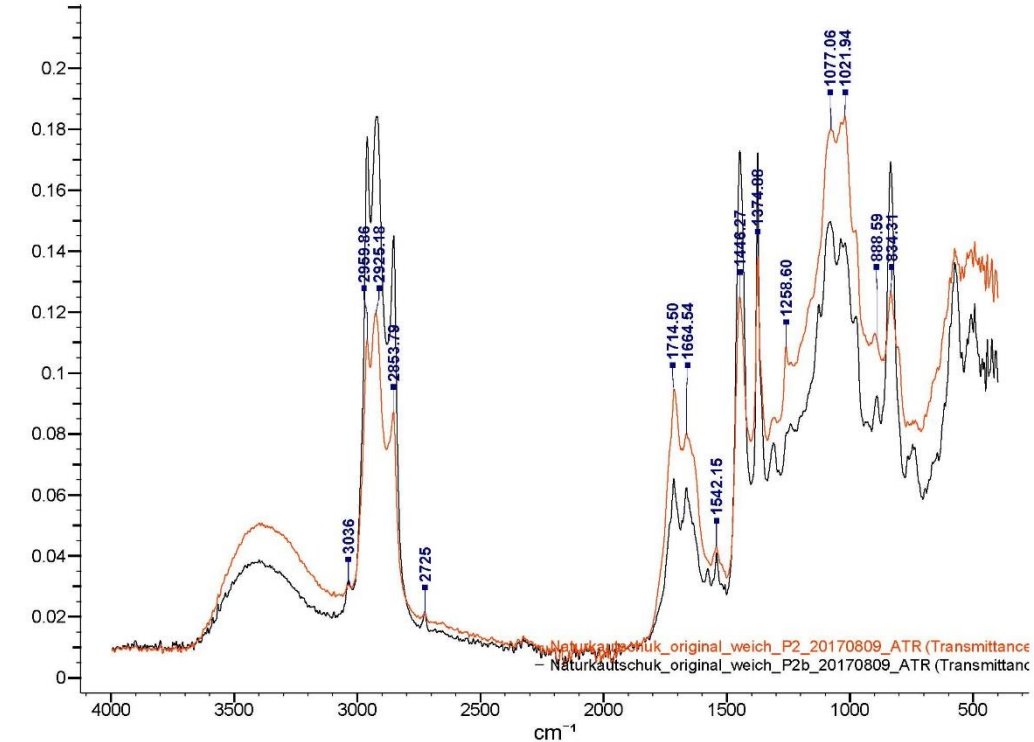
B. Probenprotokolle und Analysen

B.1 Axel Anklam: „shine“ – Originalproben

Axel Anklam: „Shine“ (2006)					
1. Objektdaten					
Titel		„Shine“			
Künstler		Axel Anklam			
Entstehungsjahr		2006			
Besitzer		Europäisches Patentamt München			
Standort		Europäisches Patentamt München, PH 7, Vorhalle von 1901			
Foto					
2. Probendaten					
Probennahme		Sawitzki, Julia; 08.08.2017 (P1, P2), 07.08.2017 (P3-5 (Referenzproben))			
P.Nr.	Art	Entnahmestelle und Probengröße	Foto	Farbe	Konsistenz
P1	Original	Außen, hinten, unten; 1,5 x 1,3 mm		Transluzent rot	Hart, spröde, wenig flexibel

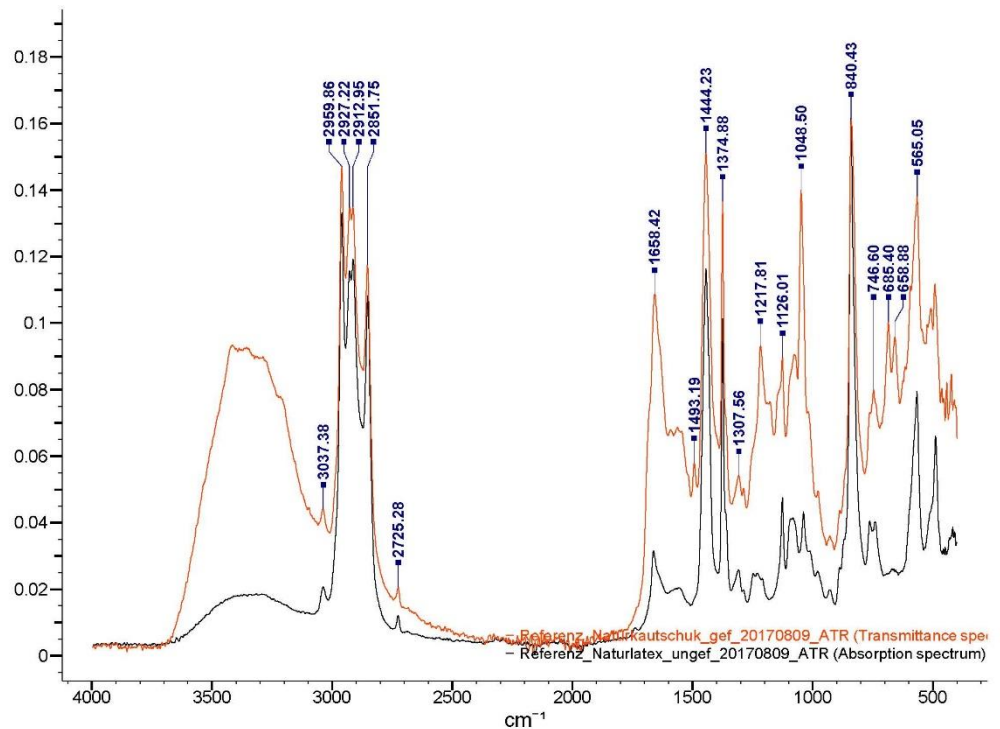
P2	Original	Außen, vorne, unten; 1,6 x 1,2 mm		Transluzent rot	Flexibel bis etwas spröde
P3	Referenz (hergest. am 04.08.2017)	1,5 x 1,0 cm		Transluzent gelblich	Flexibel
P4	Referenz (hergest. am 04.08.2017)	1,5 x 2,0 cm		Transluzent rot	Flexibel
P5	Referenz (Pulverpr.)	/		rot	Pulverprobe
P6	Original	Außen, vorne, unten; 1,6 x 1,2 mm		Transluzent rot m. weißer Ofl.	Flexibel bis etwas spröde

3. FTIR-Analysen		
Gerätetyp	Alpha Infrarotspektrometer (Firma: Bruker)	
Messmethode	Diamant ATR-Einheit	
Messbereich	4000-400 cm^{-1}	
Anzahl der Messungen	64	
Auflösung	4 cm^{-1}	
Institut	Deutsches Museum München	
Durchführung	Christina Elsässer und Julia Sawitzki	
3.1 Fragestellung		
Abgleich der Originalproben (P1, P2) mit den Referenzmaterialien (P3-P5) Vergleich der Originalproben miteinander in Bezug auf entstandene Alterungsprodukte		
3.2 Spektren und Auswertung		
P1	 <p>Naturkautschuk_original_hart_P1b_20170809_ATR (Transmittance) - Naturkautschuk_original_hart_P1a_20170809_ATR (Transmittance)</p>	
	<p>P1a: Außenliegende Seite der Probe P1b: Innenliegende Seite der Probe</p>	
	Auswertung	
Absorptionsbereich [cm^{-1}]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH_3
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH_2
2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH_3

	2870-2840	Symmetrische Streckschwingung	CH ₂
	2775-2695	Streckschwingung	CH
	1725-1700	Streckschwingung	C=O
	1480-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₂
	1465-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₃
	1390-1370	Symmetrische Deformationsschwingung	CH ₃
	1320-1211	Streckschwingung	CO
	1100-1000	Streckschwingung	CO
	960-875	Deformationsschwingung	OH
	850-820	Deformationsschwingung	CH
P2	 <p>Naturkautschuk_original_weich_P2_20170809_ATR (Transmittance) - Naturkautschuk_original_weich_P2b_20170809_ATR (Transmittance)</p>		
	<p>P2a: Außenliegende Seite der Probe P2b: Innenliegende Seite der Probe</p>		
	Auswertung		
	Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
	3060-3030	Streckschwingung	CH
	2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
	2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂
	2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃
	2870-2840	Symmetrische Streckschwingung	CH ₂

2775-2695	Streckschwingung	CH
1725-1700	Streckschwingung	C=O
1670-1650	Streckschwingung	C=C
1570-1515	Kombination aus C-N-Streckschwingung und N-H-Biegeschwingung	NH
1550-1400	Streckschwingung	N=N
1480-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₂
1465-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₃
1390-1370	Symmetrische Deformationsschwingung	CH ₃
1320-1211	Streckschwingung	CO
1100-1000	Streckschwingung	CO
960-875	Deformationsschwingung	OH
850-820	Deformationsschwingung	CH

P3 und P4



P3: Naturlatex, ungefärbt

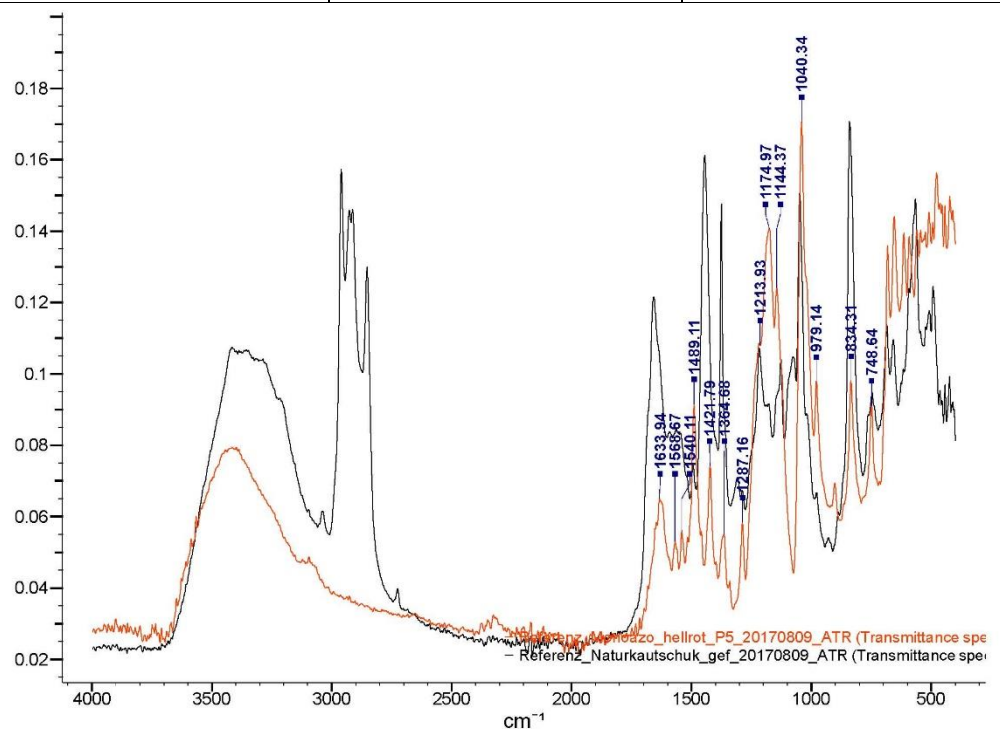
P4: Naturlatex, gefärbt mit Clou® Beutelbeize (Pulverbeize), hellrot

Auswertung

Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂

2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃
2870-2840	Symmetrische Streckschwingung	CH ₂
2775-2695	Streckschwingung	CH
1670-1650	Streckschwingung	C=C
1590-1575	Streckschwingung	Ring
1570-1515	Kombination aus C-N-Streckschwingung und N-H-Biegeschwingung	NH
1550-1400	Streckschwingung	N=N
1525-1470	Streckschwingung	Ring
1480-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₂
1465-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₃
1390-1370	Symmetrische Deformationsschwingung	CH ₃
1320-1211	Streckschwingung	CO
1240-1170	Streckschwingung	C-N
1100-1000	Streckschwingung	CO
960-875	Deformationsschwingung	OH
850-820	Deformationsschwingung	CH
770-730	Deformationsschwingung	CH
730-650	Deformationsschwingung	CH

P4 und P5



P4: Naturlatex, gefärbt mit Clou® Beutelbeize (Pulverbeize), hellrot

P5: Clou® Beutelbeize (Pulverbeize), hellrot

Auswertung		
Absorptionsbereich [cm^{-1}]	Schwingungsform	Bindung
1650-1590	Deformationsschwingung	NH_2
1590-1575	Streckschwingung	Ring
1570-1515	Kombination aus C-N-Streckschwingung und N-H-Biegeschwingung	NH
1550-1400	Streckschwingung	N=N
1525-1470	Streckschwingung	Ring
1390-1300	Symmetrische Streckschwingung	NO_2
1315-1250	Streckschwingung	C-N
1240-1170	Streckschwingung	C-N
1191-1171	Streckschwingung	C-N
1146-1132	Streckschwingung	C-N
1043-1037	Streckschwingung	C-N
995-975	Biegeschwingung	C-N
865-810	Deformationsschwingung	CH
770-730	Deformationsschwingung	CH

3.3 Interpretation

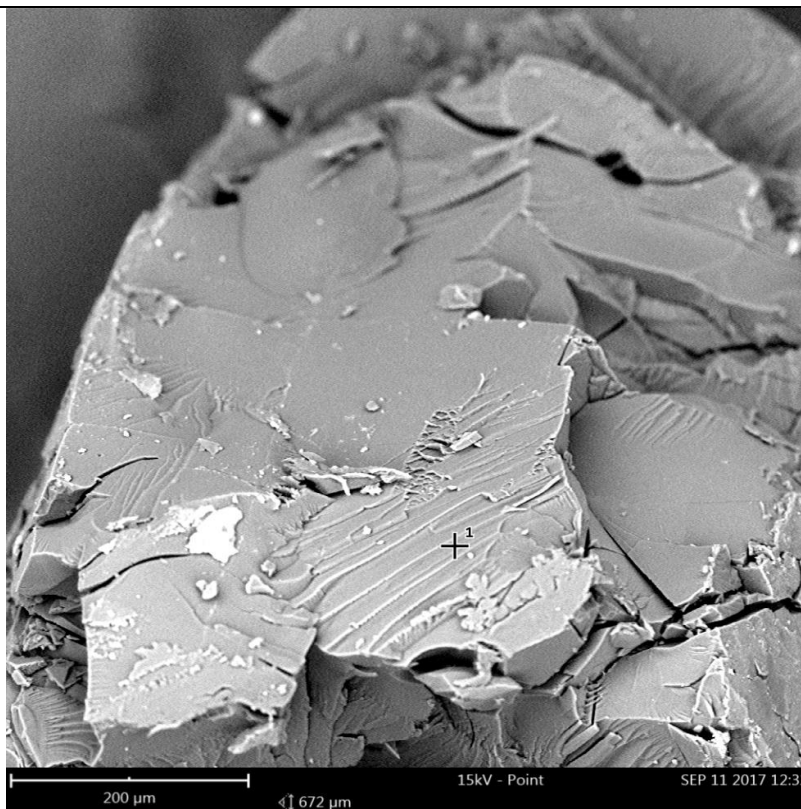
Die für die Identifizierung von Naturkautschuk ausschlaggebenden Gruppen befinden sich vorrangig im Bereich von $3640\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ (Hydroxylgruppe), $3200\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ (Methyl- und Methylengruppe) und $1830\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ (Carbonylgruppe). Mit fortschreitender Alterung und damit verbundener zunehmender Oxidation des Naturkautschuks geht eine Zunahme von Hydroxylgruppen, sowie eine Schrumpfung der anderen charakteristischen Banden einher. Besonders im Bereich von $1500\text{-}600\text{ cm}^{-1}$ ist ein deutlicher Anstieg von oxidationsbedingten Abbauprodukten sichtbar. Dabei handelt es sich beispielsweise um OH- und CO-Bindungen, die sich Alkoholen und Carbonsäuren zuordnen lassen. Eine Bande bei 888 cm^{-1} im Spektrum von P2 verweist auf Hydroperoxide, die sich während der oxidativen Spaltung von Polyisopren bilden. Der Vergleich der Referenzmaterialien (P3 und P4) mit den Originalproben (P1 und P2) verdeutlicht den Rückgang von C=C-Bindungen anhand der Bande im Bereich von $1670\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$. Bei P1 ist diese Bande nur noch als Schulter erkennbar. Im selben Zug ist bei den Originalproben ein Anstieg von C=O-Bindungen im Bereich von $1725\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ zu verzeichnen. Diese stehen in Verbindung mit alterungsbedingten Carbonsäuren. Im Vergleich, der Originalproben stellte sich heraus, dass P1 deutlich stärker oxidiert ist als P2. Dies hängt mit der vorherigen Ausstellung der Skulptur zusammen, die den photooxidativen Abbau einer Seite des Kunstwerks (P1) aufgrund der direkt gegenüberliegenden Fensterfront beschleunigte. Neben den unterschiedlichen Erhaltungszuständen von P1 und P2 zeigte der Spektrenvergleich von P1a (Außenseite der Probe) und P1b (Innenseite der Probe), sowie P2a und P2b, dass die Naturkautschukbespannung in ihrem Inneren weniger stark oxidiert ist, als an ihrer Oberfläche. Im Anbetracht der geringen Probendicke, lässt sich dadurch auf eine dünne, schützende Oxidschicht an der Außenseite schließen, wie sie in häufig in der Literatur beschrieben wird. Laut Datenblatt der Firma Clou® setzt sich die Beutelbeize aus einem Gemisch synthetisch hergestellter Monoazofarbstoffe zusammen. Die chemische Struktur dieser Farbstoffe wird von Amin- und aromatischen Ringstrukturen und Azoverbindungen (N=N) dominiert. Somit korrespondiert die Aussage des Herstellers mit den Ergebnissen der FTIR-Untersuchung (P4 und P5). Wichtige Banden für Amin- und Azoverbindungen finden sich ebenfalls in der mit der

<p>Beutelbeize gefärbten Naturkautschukprobe (P4). Da es sich um eine Mischung von Monoazofarbstoffen handelt, lässt die FTIR-Analyse keine differenziertere Aussagen über die chemische Struktur zu. In einer der Originalproben (P2) finden sich Banden, die auf die Verwendung von Monoazofarbstoffen zur Färbung des Naturkautschuks hinweisen. Dies bestätigt den Einsatz der Holzbeize als Färbemittel.</p>	
<p>3.4 Literatur</p>	
<p>HAIDER, KATHARINA SOPHIA: <i>Rubber Soul - The Investigation of Rubber by Vibrational Spectroscopy</i>, Master's Thesis an der Freie Universität Berlin, Humboldt Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin and Universität Potsdam, Berlin 2012</p> <p>CONNORS, SANDRA ANDRÉ: <i>Chemical and Physical Characterization of the Degradation of vulcanized Natural Rubber in the Museum Environment</i>, Master's Thesis at the Queen's University, Kingston, Ontario, Canada 1998</p> <p>AHMED, F., DEWANI, R.; PERVEZ, M. K.; MAHBOOB, S. J., SOOMRO, S. A.: <i>Non-destructive FT-IR analysis of mono azo dyes</i>, Leather Research Center, Karachi, Pakistan 2015 in: <i>Bulgarian Chemical Communications</i>, Volume 48, Number 1/2016, pp. 71-77</p> <p>ABD-ALREDHA, L.; AL-RUBAIE, R.; JAMEEL MHESSN, R.: <i>Synthesis and Characterization of Azo Dye Para Red and New Derivatives</i>, Basrah University, Basrah 2011 in: <i>E-Journal of Chemistry</i> 2012, 9(1), pp. 465-470</p> <p>Know-it-all® Informatics System</p>	
<p>4. REM-Messungen</p>	
Gerätetyp	Phenom ProX
Anregungsenergie	15 kV
Institut	Lehrstuhl für Restaurierung, Technische Universität München
Durchführung	Catharina Blänsdorf und Julia Sawitzki (P1, P2, P6) Alexander Grillparzer und Julia Sawitzki (P5)
<p>4.1 Fragestellung</p>	
<p>Welche Elemente lassen sich nachweisen? (u. a. ergänzende Arbeit für P-GCMS)</p>	
<p>Welche Oberflächenstruktur weist P6 auf?</p>	

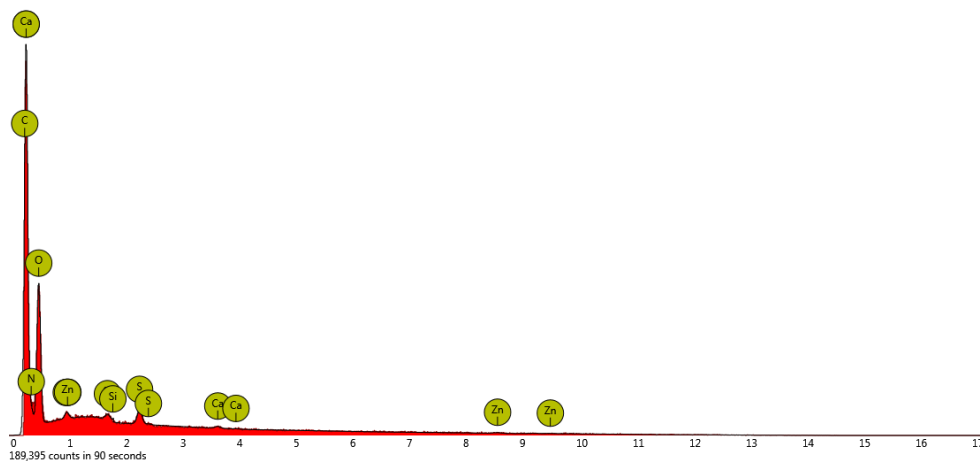
4.2 Messungen

P1

M1

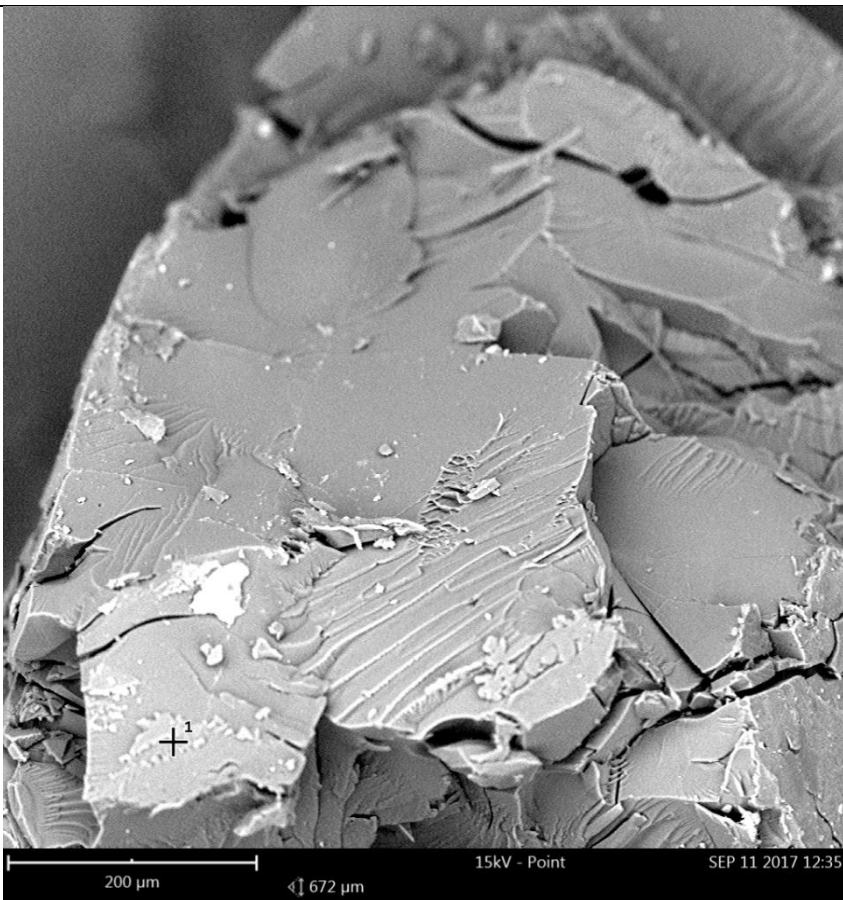
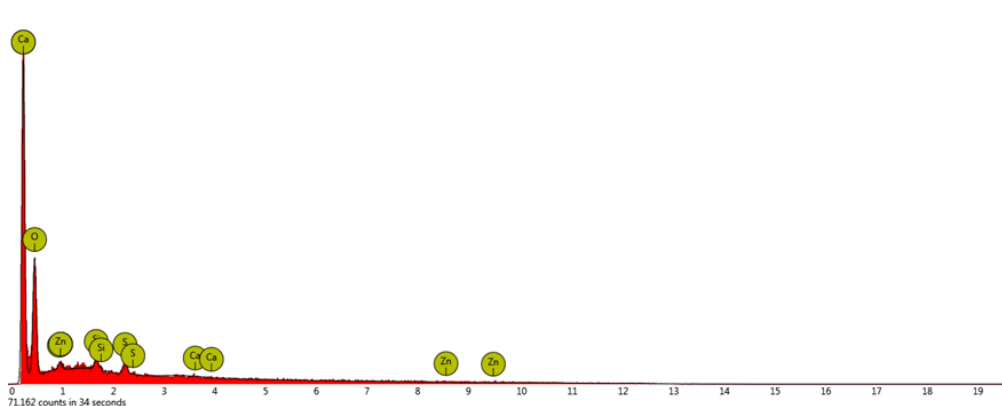


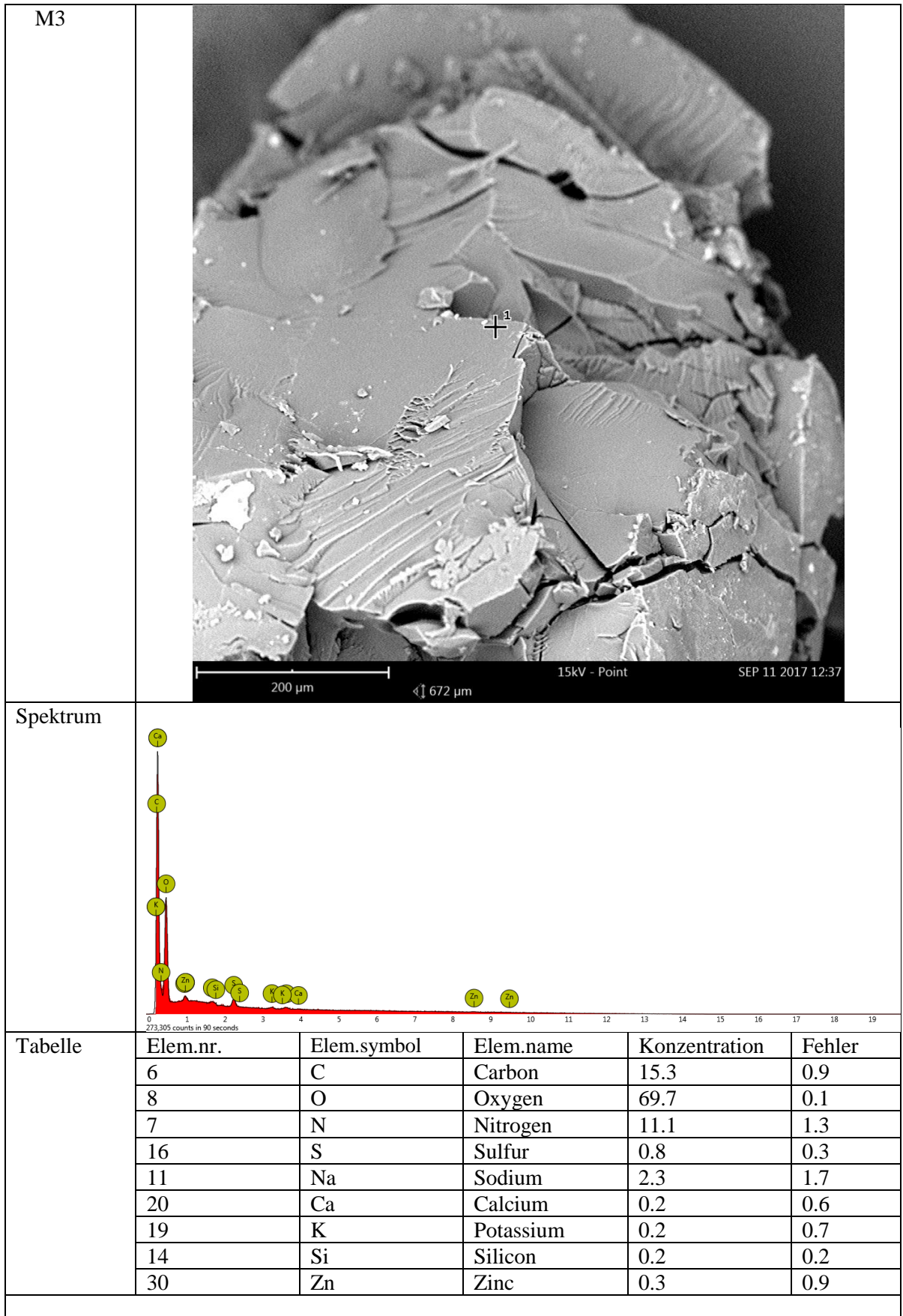
Spektrum

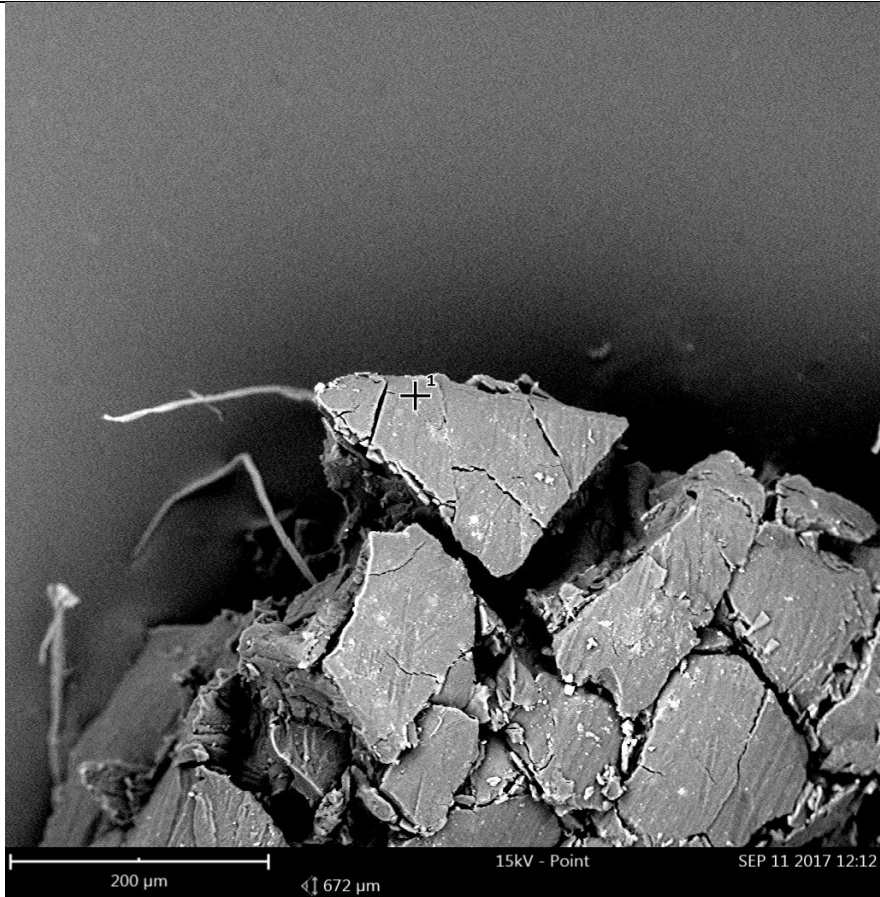
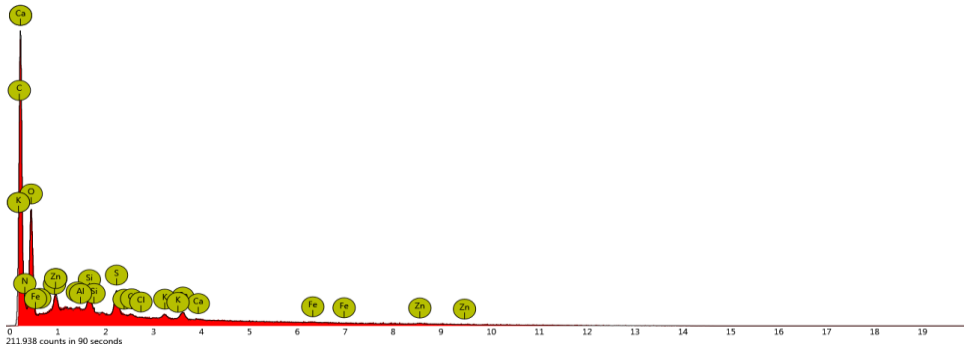


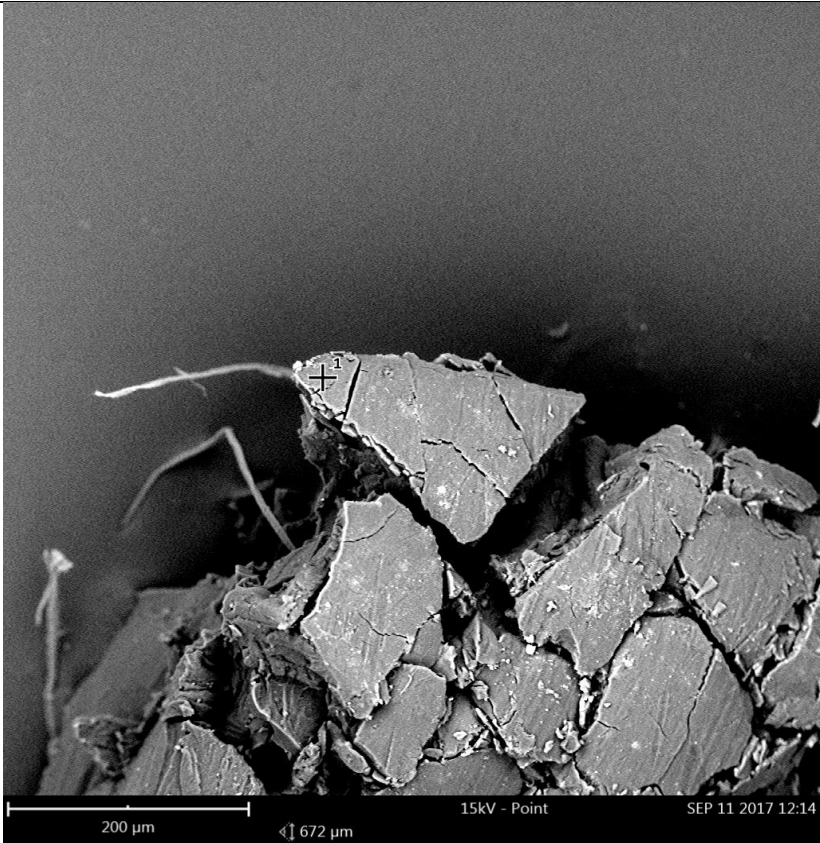
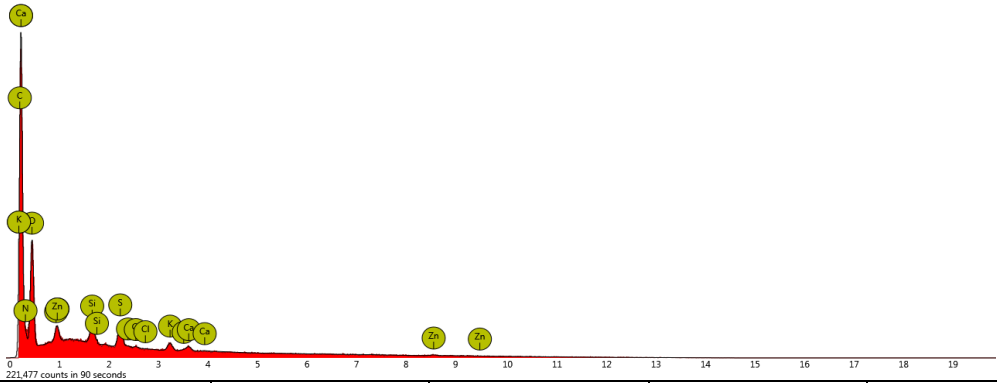
Tabelle

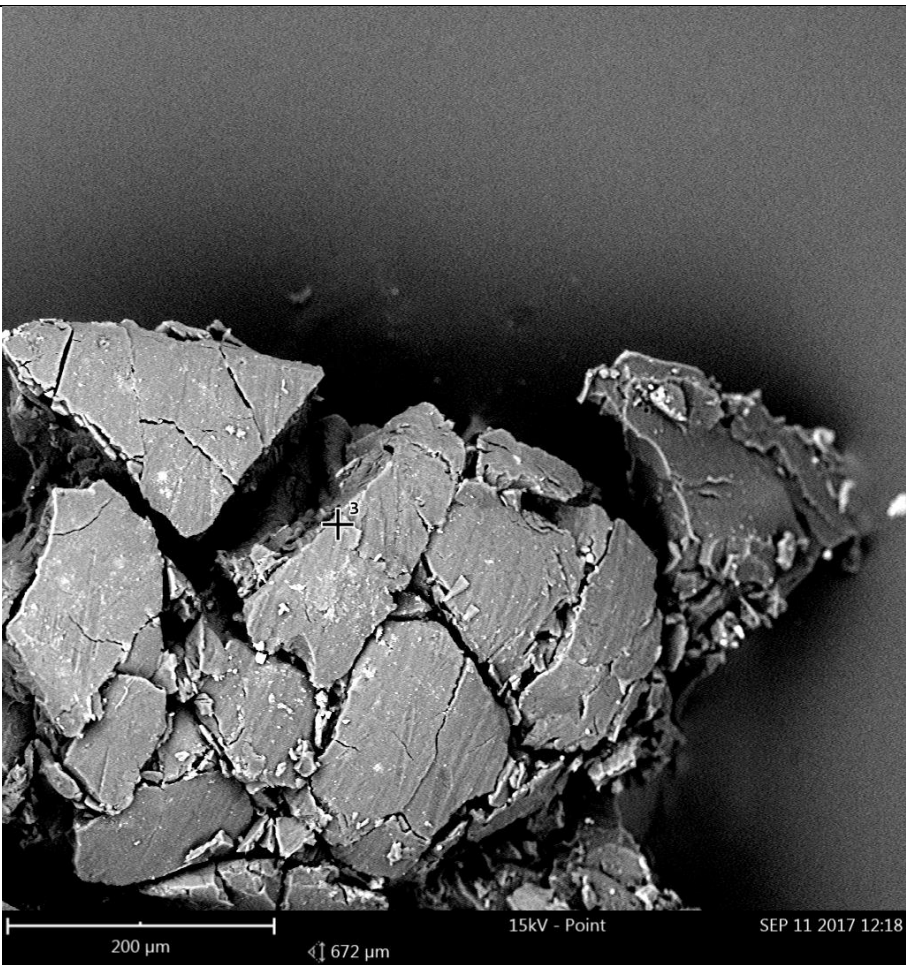
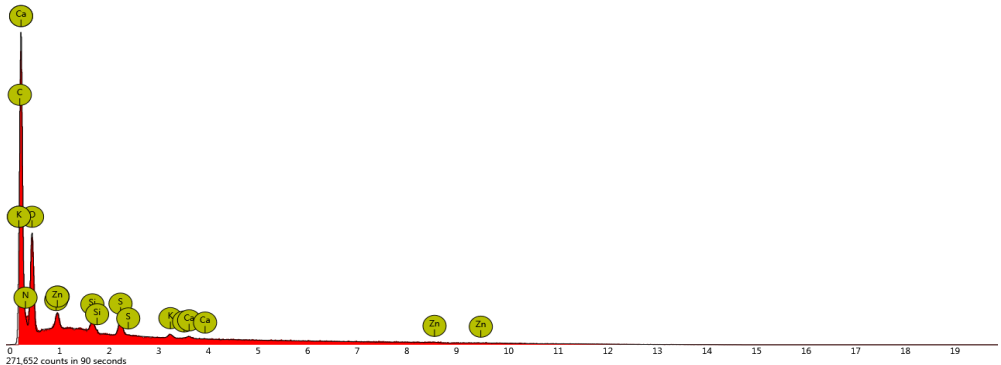
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler
6	C	Carbon	17.8	0.9
8	O	Oxygen	67.3	0.1
7	N	Nitrogen	11.1	1.3
16	S	Sulfur	1.0	0.3
11	Na	Sodium	1.9	1.6
14	Si	Silicon	0.3	0.2
20	Ca	Calcium	0.2	0.9
30	Zn	Zinc	0.4	1.2

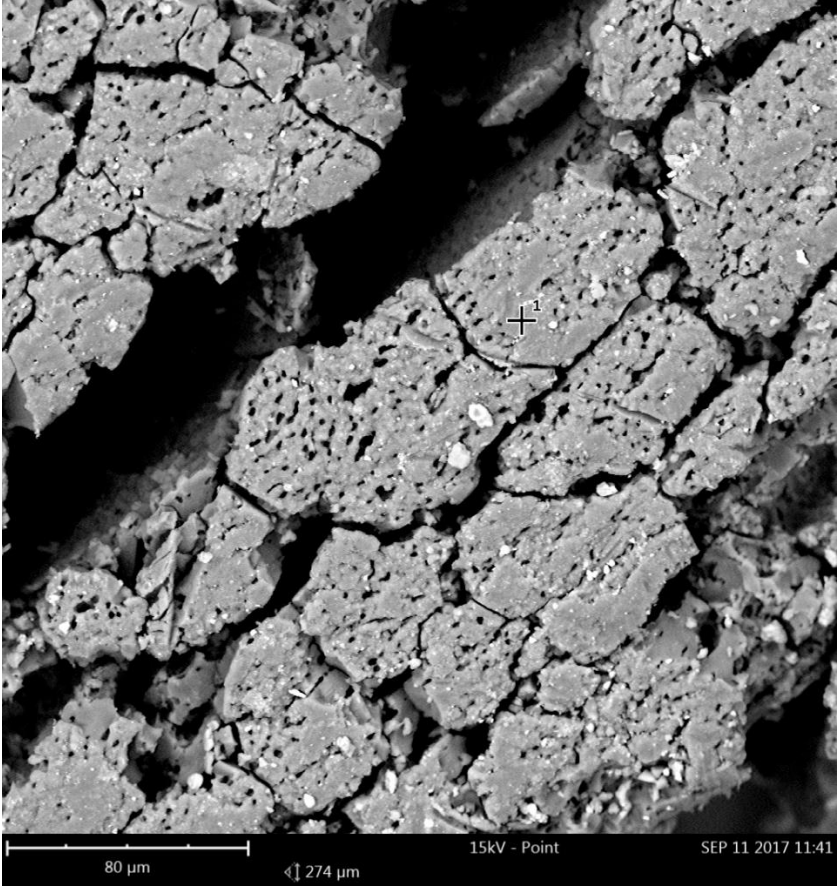
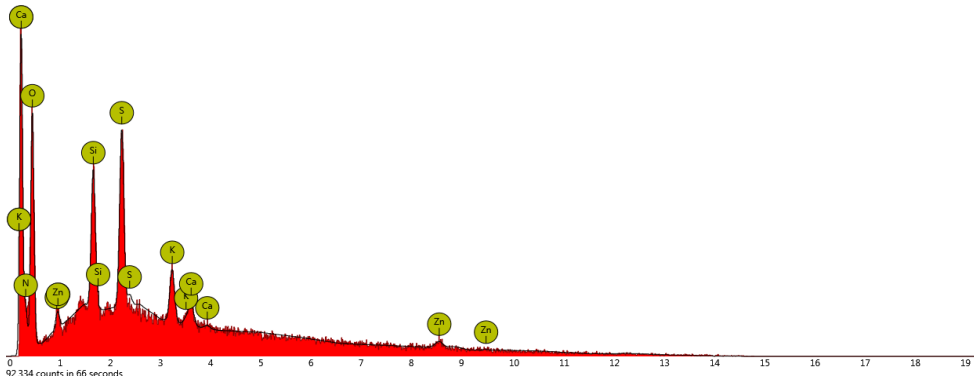
<p>M2</p>																																								
<p>Spektrum</p>																																								
<p>Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>87.3</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>S</td> <td>Sulfur</td> <td>2.6</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Si</td> <td>Silicon</td> <td>2.0</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Na</td> <td>Sodium</td> <td>7.3</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>Zn</td> <td>Zinc</td> <td>0.8</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Ca</td> <td>Calcium</td> <td>0.0</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	8	O	Oxygen	87.3	0.1	16	S	Sulfur	2.6	0.7	14	Si	Silicon	2.0	0.2	11	Na	Sodium	7.3	1.1	30	Zn	Zinc	0.8	1.0	20	Ca	Calcium	0.0	1.1				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																				
8	O	Oxygen	87.3	0.1																																				
16	S	Sulfur	2.6	0.7																																				
14	Si	Silicon	2.0	0.2																																				
11	Na	Sodium	7.3	1.1																																				
30	Zn	Zinc	0.8	1.0																																				
20	Ca	Calcium	0.0	1.1																																				

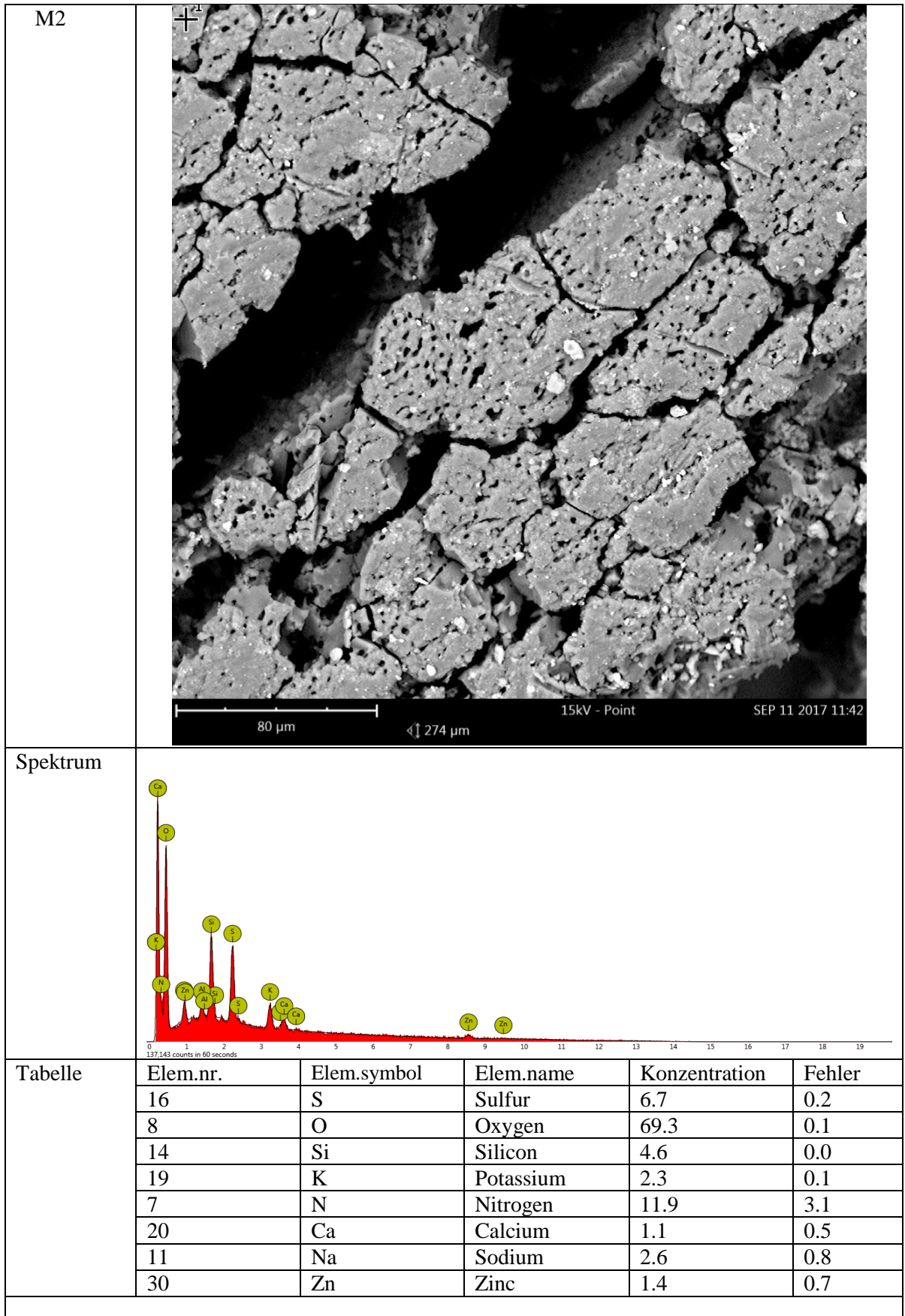


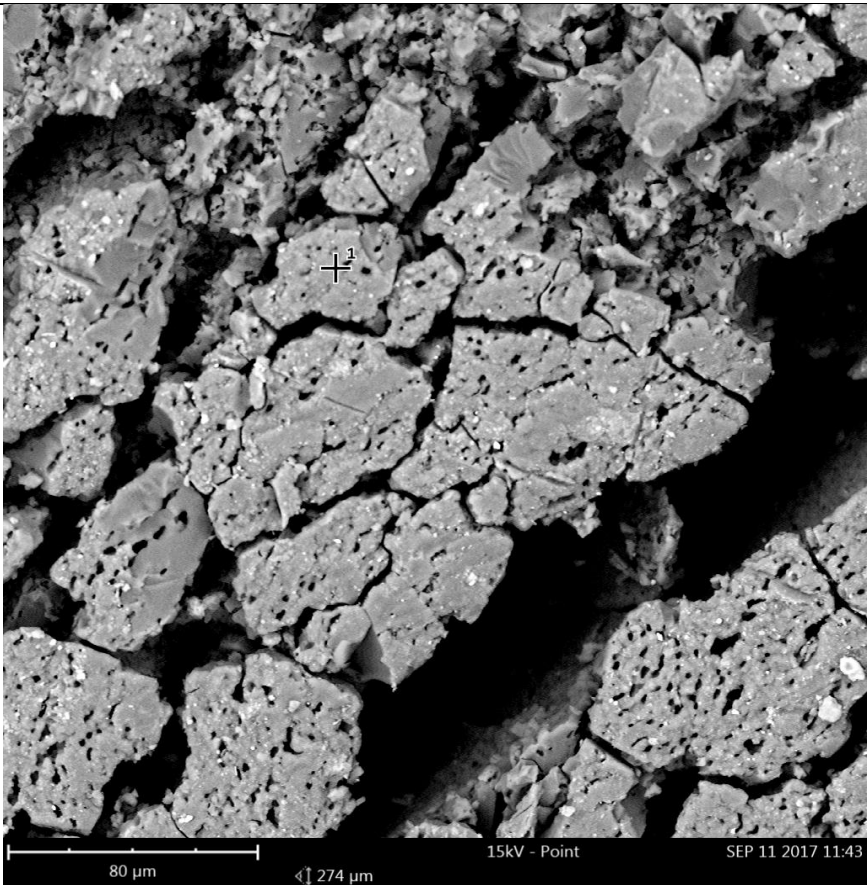
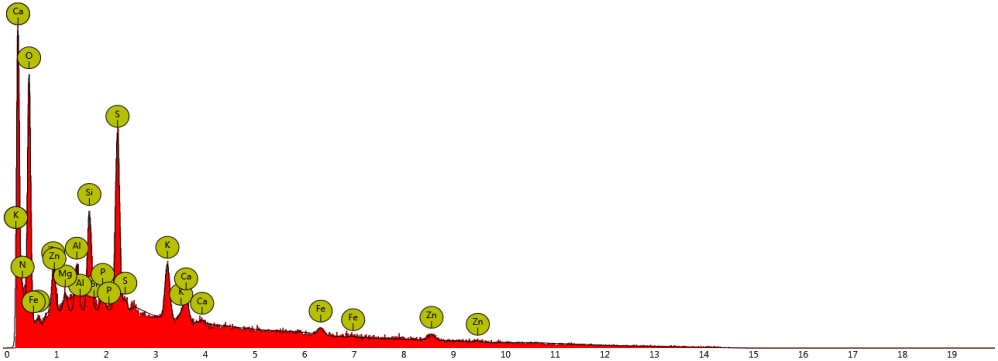
<p>P2 M1</p>																																																																						
<p>Spektrum</p>																																																																						
<p>Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>17.4</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>62.0</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.9</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.3</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>1.1</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>4.6</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.6</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.3</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cl</td><td>Chlorine</td><td>0.2</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>13</td><td>Al</td><td>Aluminium</td><td>0.2</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>26</td><td>Fe</td><td>Iron</td><td>0.1</td><td>1.1</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	17.4	0.9	8	O	Oxygen	62.0	0.1	16	S	Sulfur	1.9	0.2	7	N	Nitrogen	11.3	1.3	14	Si	Silicon	1.1	0.0	11	Na	Sodium	4.6	1.3	20	Ca	Calcium	0.6	0.3	19	K	Potassium	0.3	0.2	17	Cl	Chlorine	0.2	0.8	13	Al	Aluminium	0.2	0.5	30	Zn	Zinc	0.4	0.9	26	Fe	Iron	0.1	1.1				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																																		
6	C	Carbon	17.4	0.9																																																																		
8	O	Oxygen	62.0	0.1																																																																		
16	S	Sulfur	1.9	0.2																																																																		
7	N	Nitrogen	11.3	1.3																																																																		
14	Si	Silicon	1.1	0.0																																																																		
11	Na	Sodium	4.6	1.3																																																																		
20	Ca	Calcium	0.6	0.3																																																																		
19	K	Potassium	0.3	0.2																																																																		
17	Cl	Chlorine	0.2	0.8																																																																		
13	Al	Aluminium	0.2	0.5																																																																		
30	Zn	Zinc	0.4	0.9																																																																		
26	Fe	Iron	0.1	1.1																																																																		

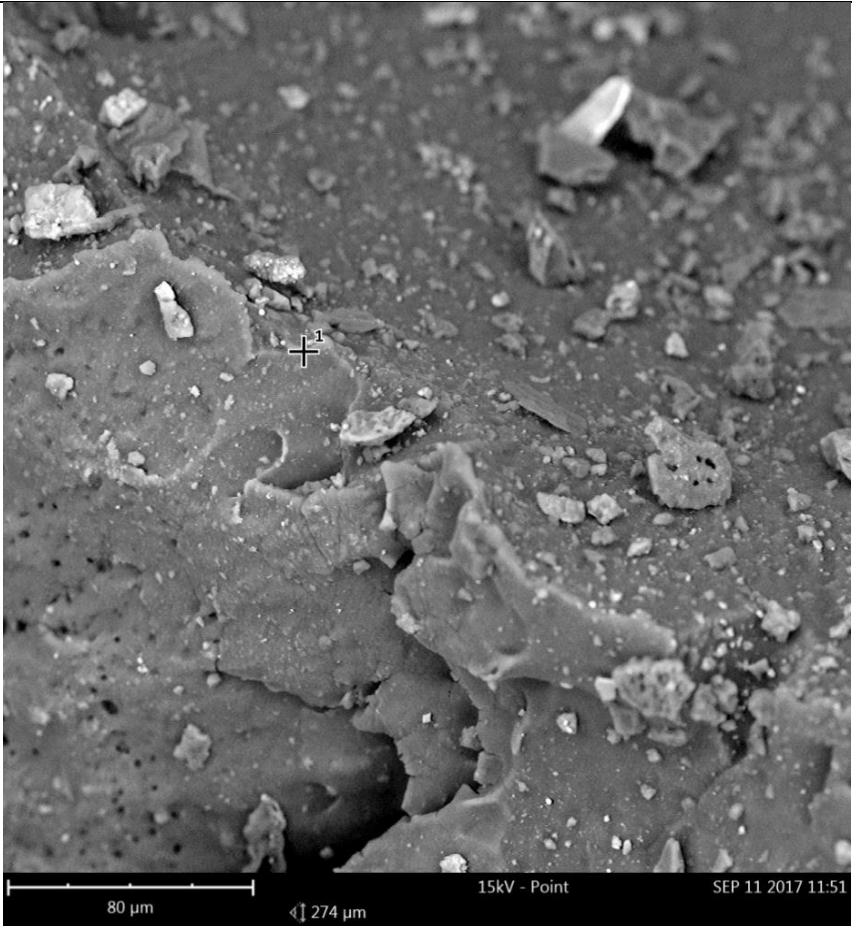
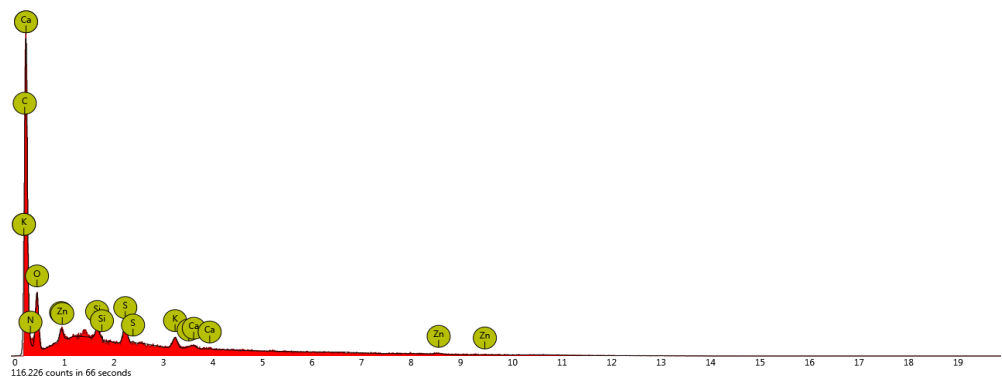
<p>M2</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<p>Spektrum</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<p>Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>18.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>60.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.8</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.9</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>1.3</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>4.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cl</td><td>Chlorine</td><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	18.0	0.9	8	O	Oxygen	60.9	0.1	16	S	Sulfur	1.8	0.2	7	N	Nitrogen	11.9	1.3	14	Si	Silicon	1.3	0.0	11	Na	Sodium	4.5	0.9	19	K	Potassium	0.6	0.2	20	Ca	Calcium	0.4	0.7	17	Cl	Chlorine	0.1	0.9	30	Zn	Zinc	0.4	0.9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>18.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>60.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.8</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.9</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>1.3</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>4.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cl</td><td>Chlorine</td><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	18.0	0.9	8	O	Oxygen	60.9	0.1	16	S	Sulfur	1.8	0.2	7	N	Nitrogen	11.9	1.3	14	Si	Silicon	1.3	0.0	11	Na	Sodium	4.5	0.9	19	K	Potassium	0.6	0.2	20	Ca	Calcium	0.4	0.7	17	Cl	Chlorine	0.1	0.9	30	Zn	Zinc	0.4	0.9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>18.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>60.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.8</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.9</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>1.3</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>4.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cl</td><td>Chlorine</td><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	18.0	0.9	8	O	Oxygen	60.9	0.1	16	S	Sulfur	1.8	0.2	7	N	Nitrogen	11.9	1.3	14	Si	Silicon	1.3	0.0	11	Na	Sodium	4.5	0.9	19	K	Potassium	0.6	0.2	20	Ca	Calcium	0.4	0.7	17	Cl	Chlorine	0.1	0.9	30	Zn	Zinc	0.4	0.9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>18.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>60.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.8</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.9</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>1.3</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>4.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cl</td><td>Chlorine</td><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	18.0	0.9	8	O	Oxygen	60.9	0.1	16	S	Sulfur	1.8	0.2	7	N	Nitrogen	11.9	1.3	14	Si	Silicon	1.3	0.0	11	Na	Sodium	4.5	0.9	19	K	Potassium	0.6	0.2	20	Ca	Calcium	0.4	0.7	17	Cl	Chlorine	0.1	0.9	30	Zn	Zinc	0.4	0.9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>18.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>60.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.8</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.9</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>1.3</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>4.5</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.4</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>17</td><td>Cl</td><td>Chlorine</td><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>0.9</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	18.0	0.9	8	O	Oxygen	60.9	0.1	16	S	Sulfur	1.8	0.2	7	N	Nitrogen	11.9	1.3	14	Si	Silicon	1.3	0.0	11	Na	Sodium	4.5	0.9	19	K	Potassium	0.6	0.2	20	Ca	Calcium	0.4	0.7	17	Cl	Chlorine	0.1	0.9	30	Zn	Zinc	0.4	0.9
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6	C	Carbon	18.0	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	O	Oxygen	60.9	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																				
16	S	Sulfur	1.8	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7	N	Nitrogen	11.9	1.3																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14	Si	Silicon	1.3	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	Na	Sodium	4.5	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	K	Potassium	0.6	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	Ca	Calcium	0.4	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	Cl	Chlorine	0.1	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	Zn	Zinc	0.4	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6	C	Carbon	18.0	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	O	Oxygen	60.9	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																				
16	S	Sulfur	1.8	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7	N	Nitrogen	11.9	1.3																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14	Si	Silicon	1.3	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	Na	Sodium	4.5	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	K	Potassium	0.6	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	Ca	Calcium	0.4	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	Cl	Chlorine	0.1	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	Zn	Zinc	0.4	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6	C	Carbon	18.0	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	O	Oxygen	60.9	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																				
16	S	Sulfur	1.8	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7	N	Nitrogen	11.9	1.3																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14	Si	Silicon	1.3	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	Na	Sodium	4.5	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	K	Potassium	0.6	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	Ca	Calcium	0.4	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	Cl	Chlorine	0.1	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	Zn	Zinc	0.4	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6	C	Carbon	18.0	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	O	Oxygen	60.9	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																				
16	S	Sulfur	1.8	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7	N	Nitrogen	11.9	1.3																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14	Si	Silicon	1.3	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	Na	Sodium	4.5	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	K	Potassium	0.6	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	Ca	Calcium	0.4	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	Cl	Chlorine	0.1	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	Zn	Zinc	0.4	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6	C	Carbon	18.0	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	O	Oxygen	60.9	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																				
16	S	Sulfur	1.8	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7	N	Nitrogen	11.9	1.3																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14	Si	Silicon	1.3	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11	Na	Sodium	4.5	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
19	K	Potassium	0.6	0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	Ca	Calcium	0.4	0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																				
17	Cl	Chlorine	0.1	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	Zn	Zinc	0.4	0.9																																																																																																																																																																																																																																																																																				

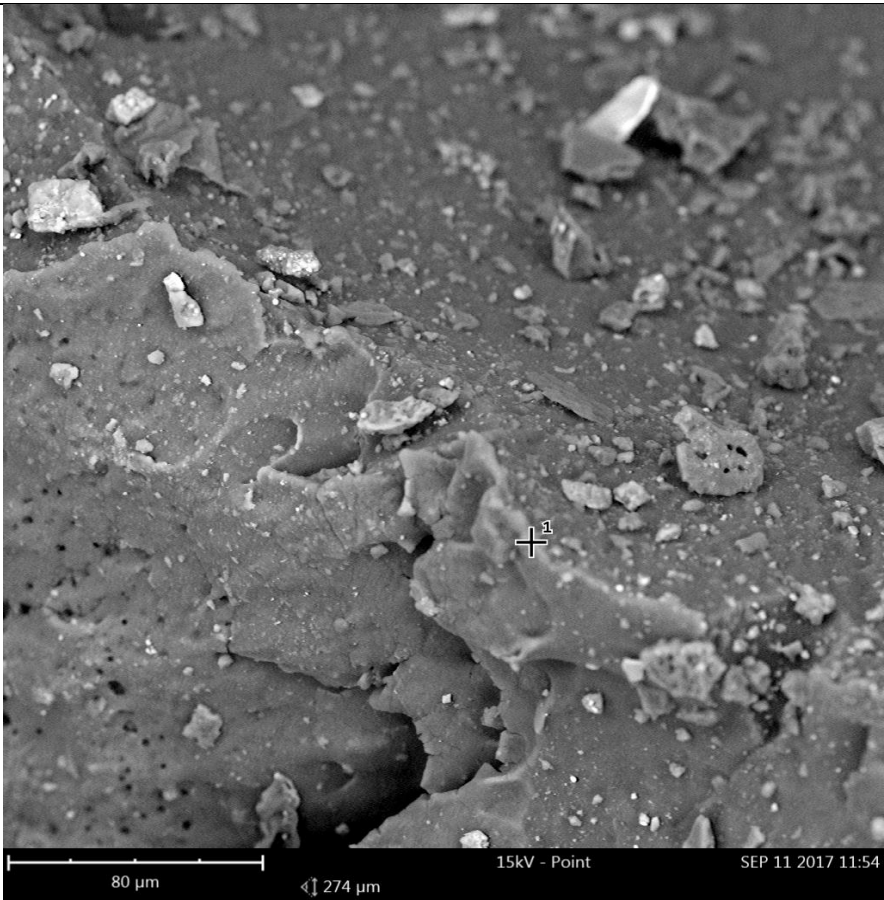
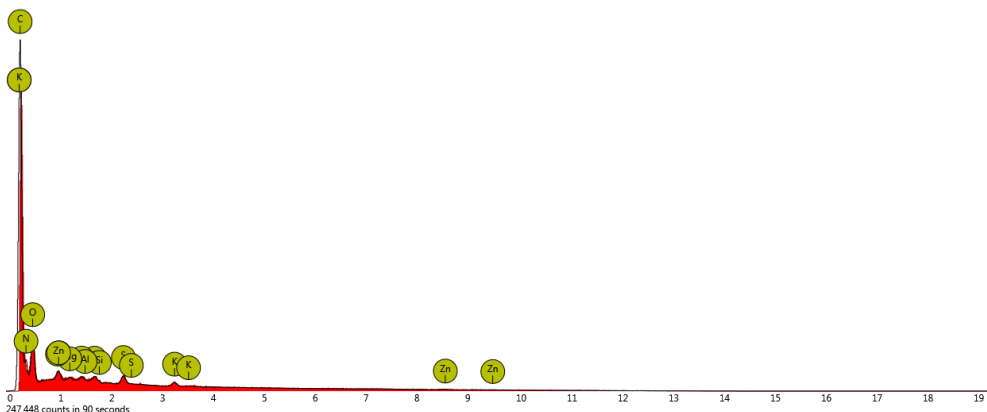
<p>M3</p>																																																							
<p>Spektrum</p>																																																							
<p>Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6</td><td>C</td><td>Carbon</td><td>17.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>61.9</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>12.3</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>1.3</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>11</td><td>Na</td><td>Sodium</td><td>5.2</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>0.8</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>0.4</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>0.2</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>0.4</td><td>1.2</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	17.6	0.9	8	O	Oxygen	61.9	0.1	7	N	Nitrogen	12.3	1.3	16	S	Sulfur	1.3	0.1	11	Na	Sodium	5.2	0.7	14	Si	Silicon	0.8	0.0	19	K	Potassium	0.4	0.4	20	Ca	Calcium	0.2	0.5	30	Zn	Zinc	0.4	1.2				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																			
6	C	Carbon	17.6	0.9																																																			
8	O	Oxygen	61.9	0.1																																																			
7	N	Nitrogen	12.3	1.3																																																			
16	S	Sulfur	1.3	0.1																																																			
11	Na	Sodium	5.2	0.7																																																			
14	Si	Silicon	0.8	0.0																																																			
19	K	Potassium	0.4	0.4																																																			
20	Ca	Calcium	0.2	0.5																																																			
30	Zn	Zinc	0.4	1.2																																																			

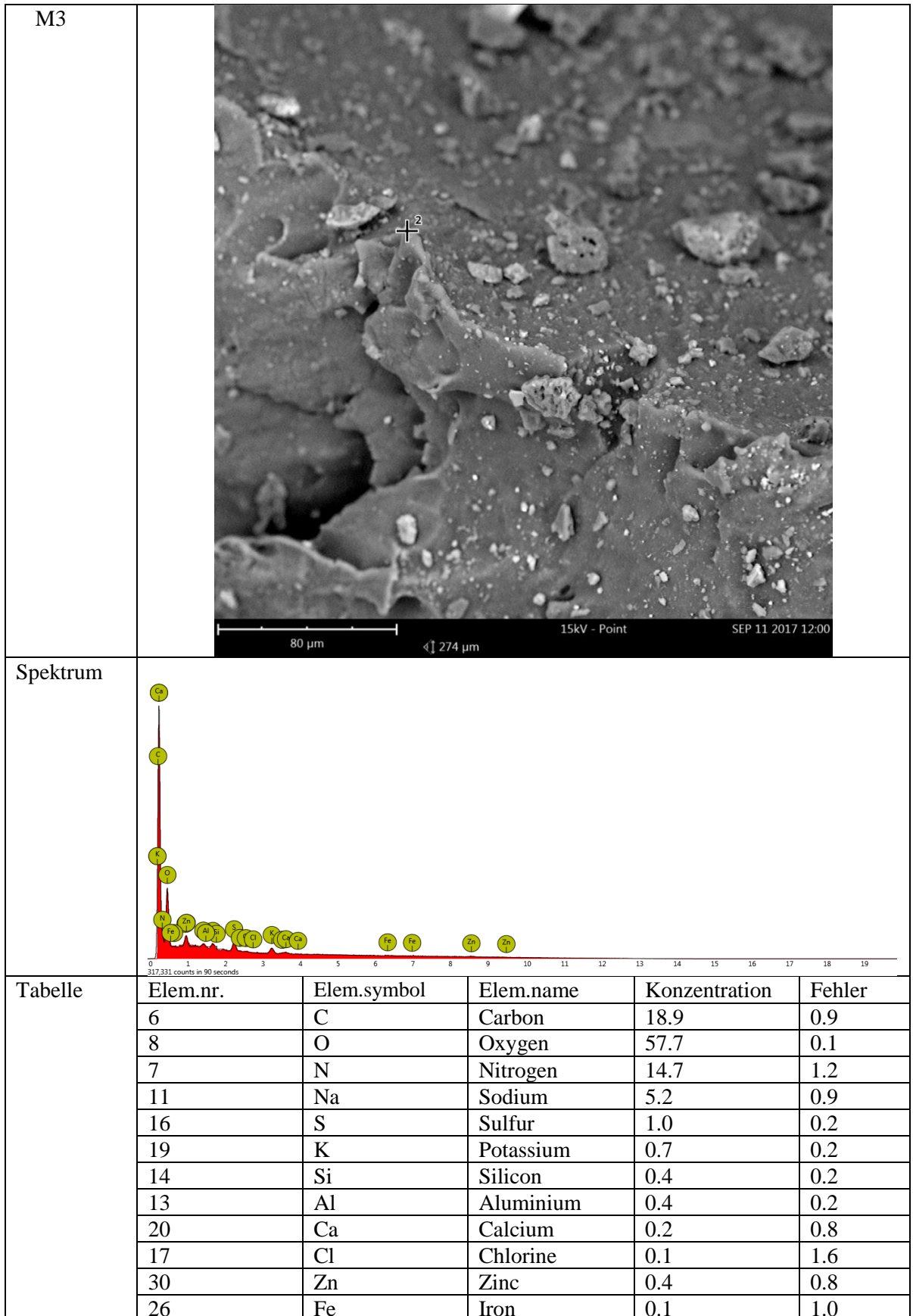
P6 a (Probenaußenseite)					
M1					
Spektrum					
Tabelle	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler
	16	S	Sulfur	6.7	0.2
	8	O	Oxygen	69.3	0.1
	14	Si	Silicon	4.6	0.0
	19	K	Potassium	2.3	0.1
	7	N	Nitrogen	11.9	3.1
	20	Ca	Calcium	1.1	0.5
	11	Na	Sodium	2.6	0.8
	30	Zn	Zinc	1.4	0.7

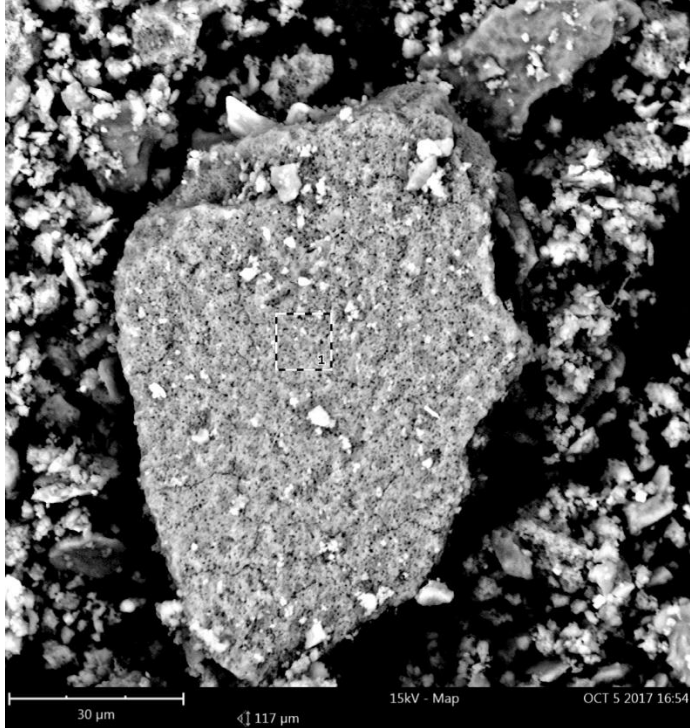
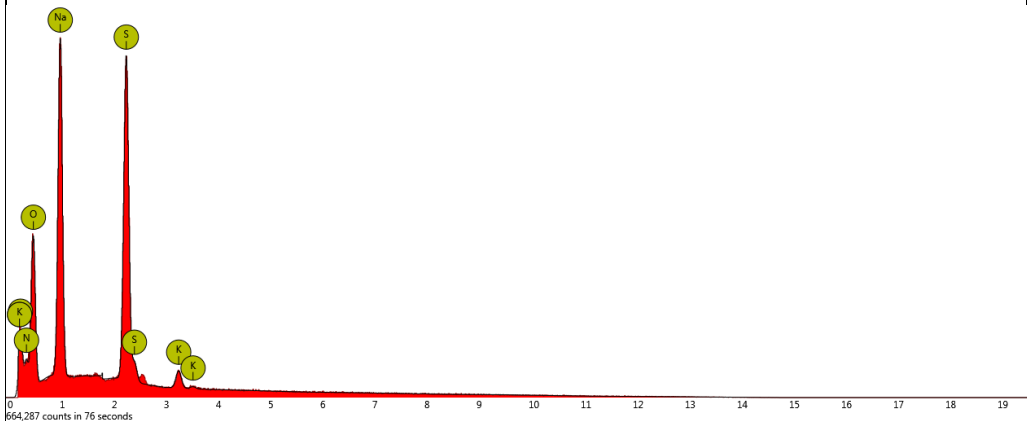


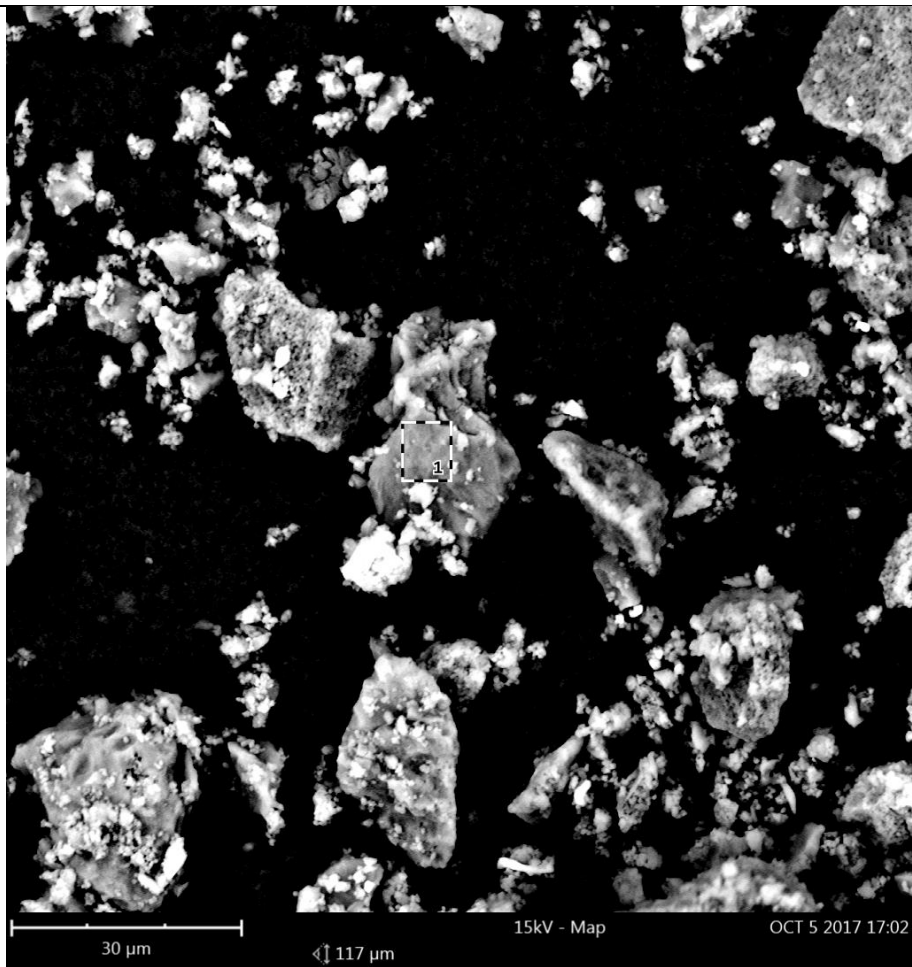
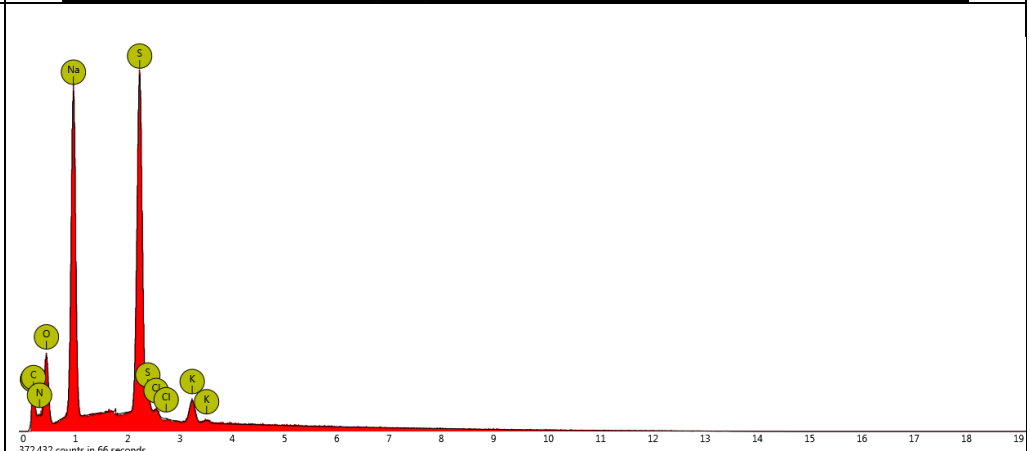
<p>M3</p>																																																																	
<p>Spektrum</p>																																																																	
<p>Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>O</td><td>Oxygen</td><td>69.1</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>16</td><td>S</td><td>Sulfur</td><td>6.4</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>14</td><td>Si</td><td>Silicon</td><td>3.4</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>19</td><td>K</td><td>Potassium</td><td>2.3</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>13</td><td>Al</td><td>Aluminium</td><td>2.1</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>7</td><td>N</td><td>Nitrogen</td><td>11.1</td><td>3.2</td></tr> <tr><td>20</td><td>Ca</td><td>Calcium</td><td>1.1</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>15</td><td>P</td><td>Phosphorus</td><td>0.8</td><td>1.7</td></tr> <tr><td>12</td><td>Mg</td><td>Magnesium</td><td>1.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>30</td><td>Zn</td><td>Zinc</td><td>1.5</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>26</td><td>Fe</td><td>Iron</td><td>0.6</td><td>0.8</td></tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	8	O	Oxygen	69.1	0.0	16	S	Sulfur	6.4	0.1	14	Si	Silicon	3.4	0.1	19	K	Potassium	2.3	0.1	13	Al	Aluminium	2.1	2.0	7	N	Nitrogen	11.1	3.2	20	Ca	Calcium	1.1	0.3	15	P	Phosphorus	0.8	1.7	12	Mg	Magnesium	1.4	0.8	30	Zn	Zinc	1.5	1.4	26	Fe	Iron	0.6	0.8				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																													
8	O	Oxygen	69.1	0.0																																																													
16	S	Sulfur	6.4	0.1																																																													
14	Si	Silicon	3.4	0.1																																																													
19	K	Potassium	2.3	0.1																																																													
13	Al	Aluminium	2.1	2.0																																																													
7	N	Nitrogen	11.1	3.2																																																													
20	Ca	Calcium	1.1	0.3																																																													
15	P	Phosphorus	0.8	1.7																																																													
12	Mg	Magnesium	1.4	0.8																																																													
30	Zn	Zinc	1.5	1.4																																																													
26	Fe	Iron	0.6	0.8																																																													

P6 b (Probeninnenseite)					
M1					
Spektrum					
Tabelle	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler
	6	C	Carbon	24.8	0.8
	8	O	Oxygen	55.4	0.0
	16	S	Sulfur	1.9	0.2
	7	N	Nitrogen	14.5	1.1
	19	K	Potassium	1.3	0.3
	14	Si	Silicon	0.9	0.1
	20	Ca	Calcium	0.4	1.4
	30	Zn	Zinc	0.8	1.3

M2																																																												
Spektrum																																																												
Tabelle	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>C</td> <td>Carbon</td> <td>24.5</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>51.2</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>N</td> <td>Nitrogen</td> <td>16.5</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>S</td> <td>Sulfur</td> <td>0.9</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Na</td> <td>Sodium</td> <td>4.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Si</td> <td>Silicon</td> <td>0.5</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>K</td> <td>Potassium</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Al</td> <td>Aluminium</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Mg</td> <td>Magnesium</td> <td>0.8</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>Zn</td> <td>Zinc</td> <td>0.4</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	6	C	Carbon	24.5	0.9	8	O	Oxygen	51.2	0.0	7	N	Nitrogen	16.5	1.1	16	S	Sulfur	0.9	0.3	11	Na	Sodium	4.0	1.5	14	Si	Silicon	0.5	0.1	19	K	Potassium	0.5	0.5	13	Al	Aluminium	0.6	0.7	12	Mg	Magnesium	0.8	1.8	30	Zn	Zinc	0.4	1.1				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																																								
6	C	Carbon	24.5	0.9																																																								
8	O	Oxygen	51.2	0.0																																																								
7	N	Nitrogen	16.5	1.1																																																								
16	S	Sulfur	0.9	0.3																																																								
11	Na	Sodium	4.0	1.5																																																								
14	Si	Silicon	0.5	0.1																																																								
19	K	Potassium	0.5	0.5																																																								
13	Al	Aluminium	0.6	0.7																																																								
12	Mg	Magnesium	0.8	1.8																																																								
30	Zn	Zinc	0.4	1.1																																																								



P5						
M1						
						
Spektrum						
Tabelle		Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler
		16	S	Sulfur	12.0	0.0
		11	Na	Sodium	33.4	0.0
		8	O	Oxygen	42.9	0.2
		6	C	Carbon	5.3	0.3
		7	N	Nitrogen	5.6	1.2
		19	K	Potassium	0.8	0.2

<p>M2</p>	 <p>30 µm 117 µm 15kV - Map OCT 5 2017 17:02</p>																																												
<p>Spektrum</p>	 <p>372,432 counts in 66 seconds</p>																																												
<p>Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elem.nr.</th> <th>Elem.symbol</th> <th>Elem.name</th> <th>Konzentration</th> <th>Fehler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>S</td> <td>Sulfur</td> <td>17.3</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Na</td> <td>Sodium</td> <td>40.2</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>31.8</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>K</td> <td>Potassium</td> <td>1.4</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>C</td> <td>Carbon</td> <td>4.7</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>Cl</td> <td>Chlorine</td> <td>0.6</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>N</td> <td>Nitrogen</td> <td>4.1</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler	16	S	Sulfur	17.3	0.0	11	Na	Sodium	40.2	0.0	8	O	Oxygen	31.8	0.2	19	K	Potassium	1.4	0.2	6	C	Carbon	4.7	0.3	17	Cl	Chlorine	0.6	1.1	7	N	Nitrogen	4.1	1.2				
Elem.nr.	Elem.symbol	Elem.name	Konzentration	Fehler																																									
16	S	Sulfur	17.3	0.0																																									
11	Na	Sodium	40.2	0.0																																									
8	O	Oxygen	31.8	0.2																																									
19	K	Potassium	1.4	0.2																																									
6	C	Carbon	4.7	0.3																																									
17	Cl	Chlorine	0.6	1.1																																									
7	N	Nitrogen	4.1	1.2																																									

4.3 Interpretation

Die Elemente aus denen sich die Proben laut der REM-EDX-Messung zum Großteil zusammensetzen sind Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und Schwefel (S).

Der Kohlenstoff kann hauptsächlich dem 1,4-Polyisopren des Naturkautschuks zugeordnet werden. Etwas Kohlenstoff befindet sich auch in dem verwendeten Farbstoff und in Zinkdiethyldithiocarbamat, einer Chemikalie die für die Vorvulkanisierung von Naturlatex verwendet wird. Sie enthält zudem Schwefel, Zink (Zn) und Stickstoff.

Sauerstoff ist in fast allen dem Naturlatex zugesetzten Chemikalien – Vorvulkanisationschemikalien, Farbstoff und wahrscheinlich dem Antioxidationsmittel – enthalten.

Der Stickstoffanteil verweist auf das verwendete Färbemittel, eine Mischung verschiedener Azofarbstoffe. Zwar ist N auch in Zinkdiethyldithiocarbamat vorhanden, kann jedoch nicht ausschließlich von jenem stammen, da es nur einen kleinen Anteil in der Chemikalie ausmacht und diese dem Naturlatex nur in einer äußerst geringen Menge zugesetzt wird.

Schwefel wird dem Naturlatex für die Vorvulkanisierung durch eine Schwefel-Dispersion und Zinkdiethyldithiocarbamat zugeführt. Er befindet sich jedoch ebenfalls anteilig in dem verwendeten Farbmittel.

Zn findet sich als Teil der Vorvulkanisationschemikalien u. a. in Zinkoxid.

Der Kaliumanteil ist ebenfalls auf die Vorvulkanisation zurückzuführen. Er stammt vermutlich aus Kaliumlaurat. In manchen Rezepten wird dem Latex zusätzlich Kaliumhydroxid hinzugefügt.

Der Auftrag von Silikon auf die ausgegossenen Naturkautschukhäute ist über das Silicium nachzuweisen. Die vom REM-EDX ermittelte Menge schwankt zwischen Außen- und Innenseite der Proben: Der Anteil ist auf der Außenseite höher. Das Silicium auf den Innenseiten der Proben verdeutlicht jedoch, dass Teile des Silikonöls in die Häute eingewandert sind.

Natrium (Na) und Chlor (Cl) stehen mit der zum Färben verwendeten Holzbeize (P5) in Verbindung: Beide Elemente können im Chromophor der Azoverbindungen vorkommen. Dies ist bei Na bezüglich roter, orangener und gelber Farbstoffe häufiger der Fall als bei Cl.

Der Calcium(Ca)-Anteil in den Proben lässt sich auf die Verwendung von Leitungswasser zur Lösung der Pulverbeize (Probeninnenseite) und eine wässrige Reinigung des Naturkautschuks (Probenaußenseite) zurückführen.

Bei einer Messung (P6) lässt sich ein Magnesium(Mg)-Anteil nachweisen. Magnesium ist in geringen Mengen ein natürlicher Inhaltsstoff des frischgezapften Latex.

Zudem ist konnten bei drei Messungen (P2 und P6) eine geringe Menge an Eisen (Fe) nachgewiesen werden. Diese stammt vermutlich von dem Edelstahlgerüst.

Eine Quantifizierung der Elemente mittels der REM-EDX-Messungen ist bei den vorliegenden Proben schwierig. Nicht nur handelt es sich um ein Naturprodukt mit inhomogener Zusammensetzung, auch machen den Großteil der Komposition leichte Elemente, wie C, O und N aus. Die Elemente O und N sind die Hauptbestandteile der Umgebungsluft in der die Proben vor den REM-Untersuchungen lagerten. Das Niedervakuum des REM kann nicht hundertprozentig gewährleisten, dass keine Rückstände der Umgebungsluft vorhanden sind. Besonders bei der porigen Oberfläche von P6 sind deshalb keine definitiven Aussagen zur Verteilung der beiden Elemente in der Probe zu treffen. Die angegebenen Werte können als eine tendenzielle Verteilung, jedoch nicht als absolute Mengen, betrachtet werden.

4.4 Literatur

RÖTHEMEYER, FRITZ; SOMMER, FRANZ: *Kautschuk-Technologie. Werkstoffe, Verarbeitung, Produkte*, München 2006

Clou® Pulverbeize Sicherheitsdatenblatt

Röthemeyer

AHMED, F., DEWANI, R.; PERVEZ, M. K.; MAHBOOB, S. J., SOOMRO, S. A.: *Non-destructive FT-IR analysis of mono azo dyes*, Leather Research Center, Karachi, Pakistan 2015 in: Bulgarian Chemical Communications, Volume 48, Number 1/2016, pp. 71-77
 ABD-ALREDHA, L.; AL-RUBAIE, R.; JAMEEL MHESSN, R.: *Synthesis and Characterization of Azo Dye Para Red and New Derivatives*, Basrah University, Basrah 2011 in: E-Journal of Chemistry 2012, 9(1), pp. 465-470

5. McCrone-Test


Gerätetyp	Leica DMLM, Leica DMLP
Vergrößerung	10 x, 20x
Kamera	Leica EC3, Zeiss Axiocam 105 Color
Beleuchtung	Durchlicht
Institut	Lehrstuhl für Restaurierung, Technische Universität München
Durchführung	Julia Sawitzki
Auswertung	Ermittlung der Größe der Naturkautschukpartikel für die jeweilige Testzeit mit dem Programm ImageJ und anschließende Datenverarbeitung mit Microsoft Excel 2016

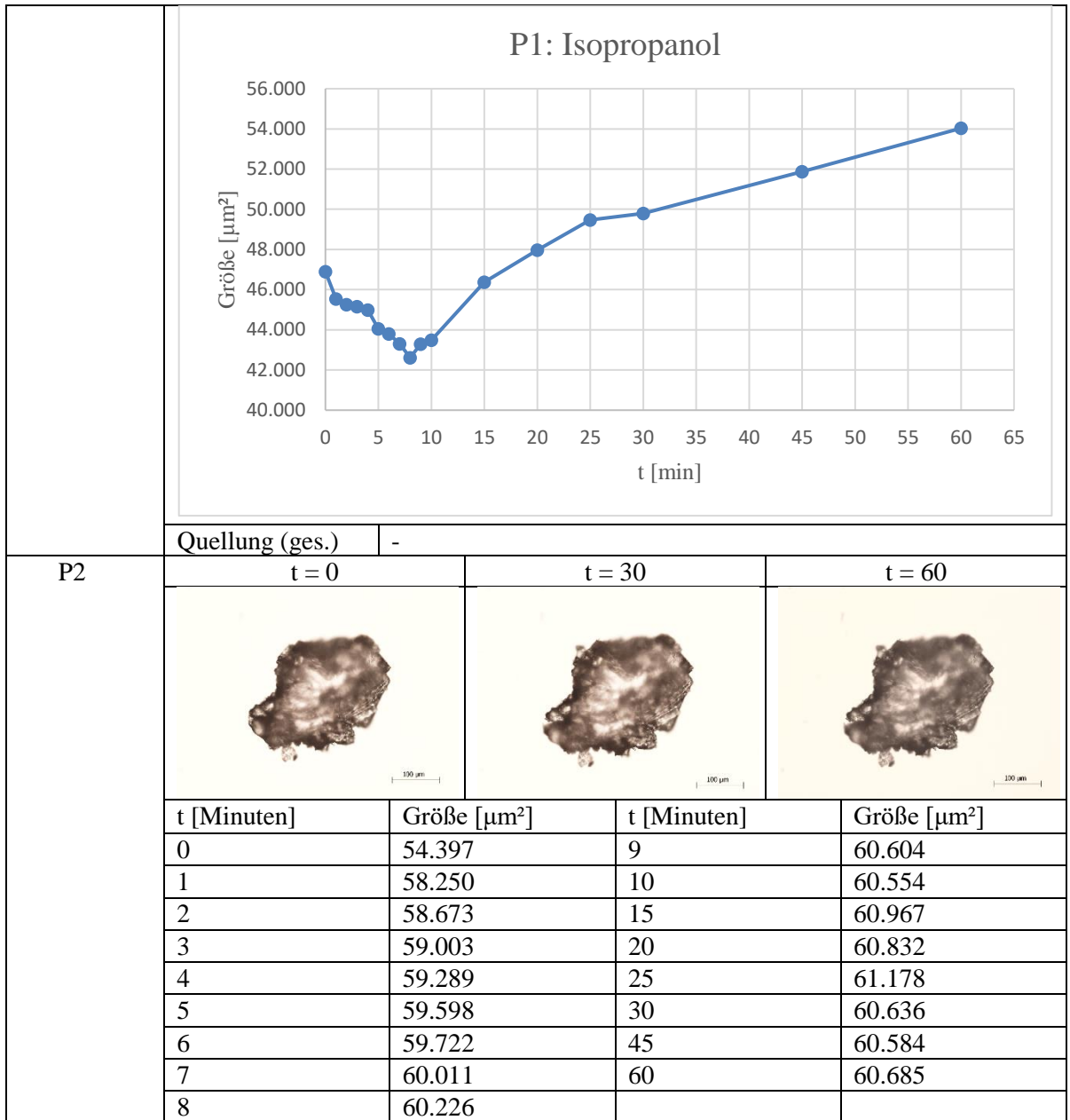
5.1 Fragestellung

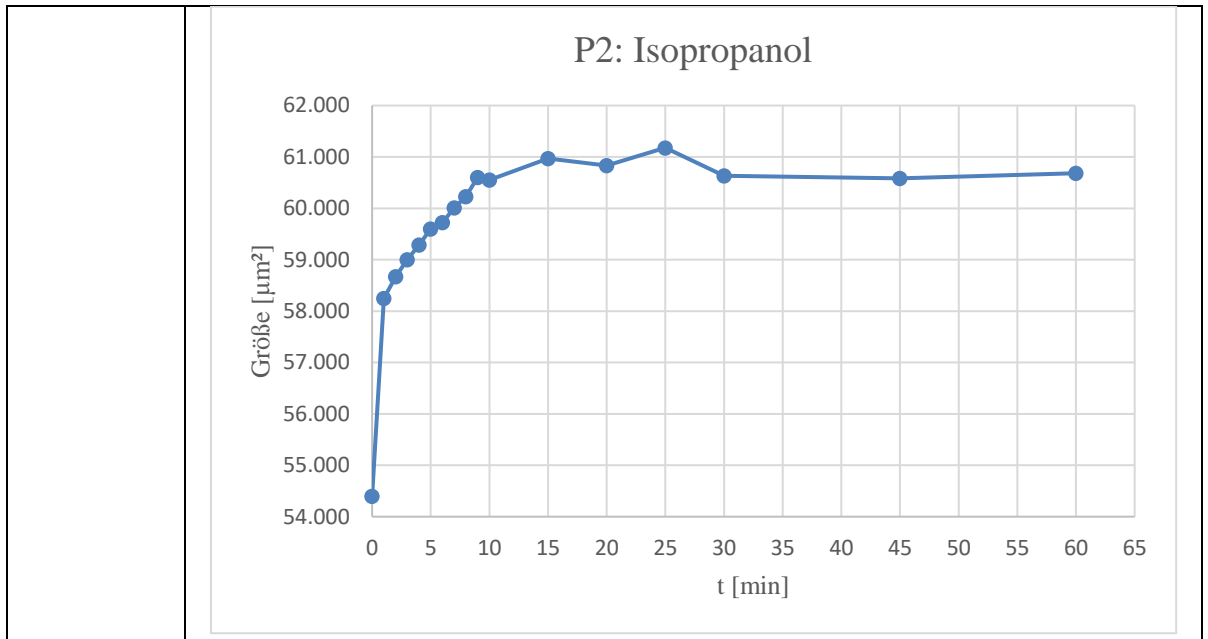
Quellungseigenschaften von P1 und P2 bei Einwirkung von destilliertem Wasser und Isopropanol
 Welches LM eignet sich für den Auftrag des Antioxidants Irganox 1520 L?
 Lösungs- oder Quellungseigenschaften bei Einwirkung von Silikonöl (Cyclomethicone D5) zur Ermittlung der Eignung für die Reinigung des Naturkautschuks

5.2 Durchführung

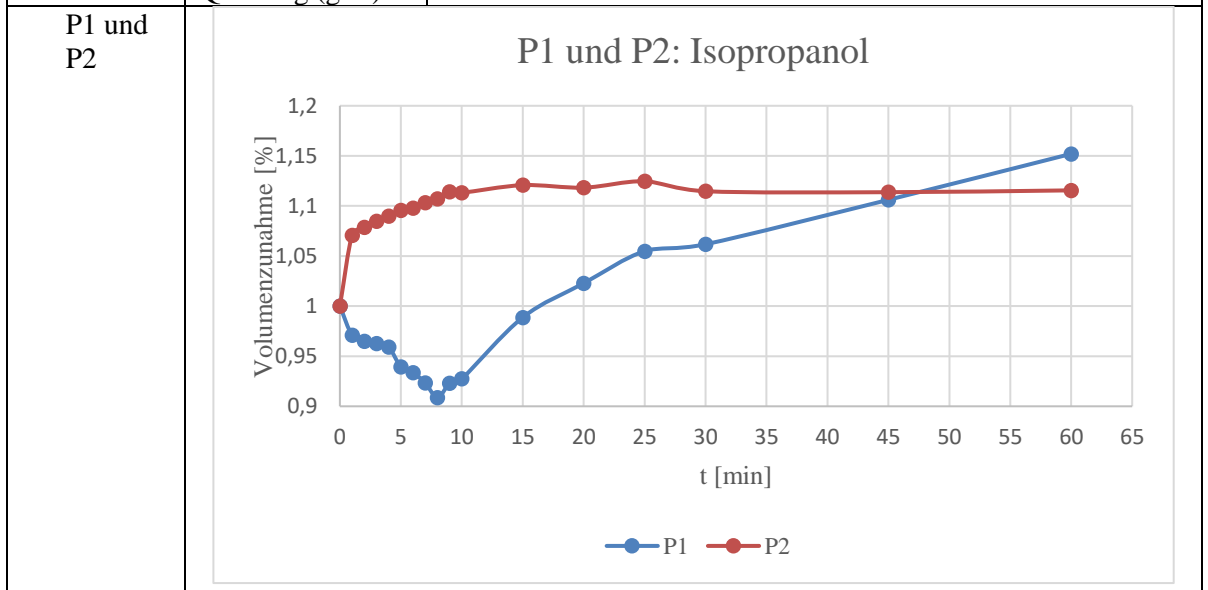
Isopropanol

P1	t = 0		t = 30		t = 60	
						
	t [Minuten]	Größe [µm ²]	t [Minuten]	Größe [µm ²]		
	0	46.899	9	43.289		
	1	45.535	10	43.495		
	2	45.261	15	46.372		
	3	45.150	20	47.968		
	4	44.985	25	49.474		
	5	44.060	30	49.797		
	6	43.794	45	51.877		
	7	43.306	60	54.031		
	8	42.615				



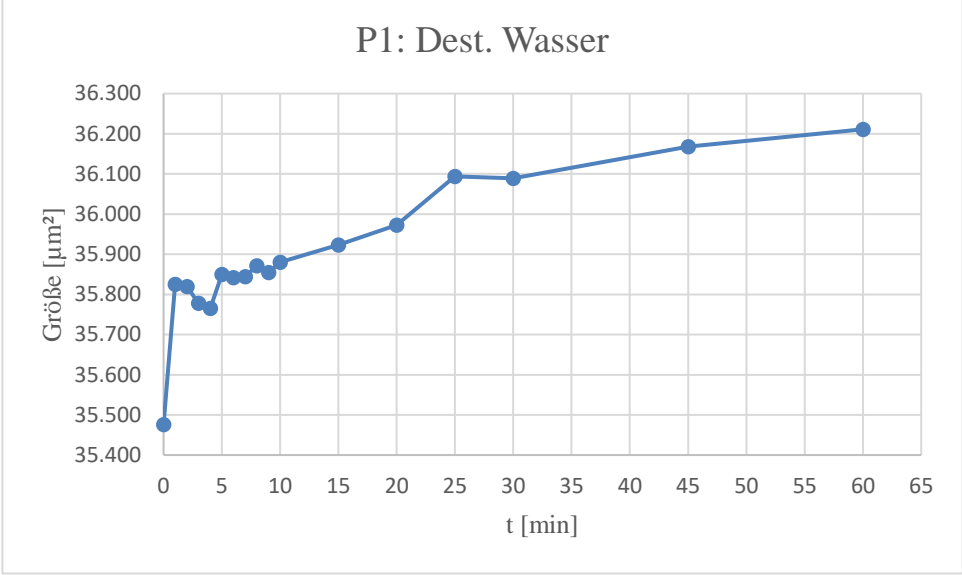
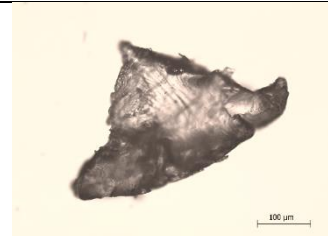
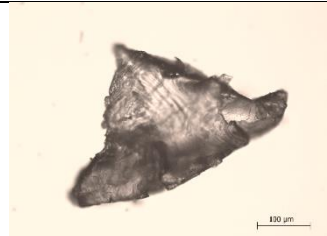
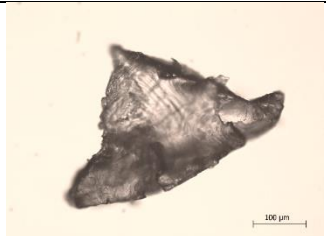


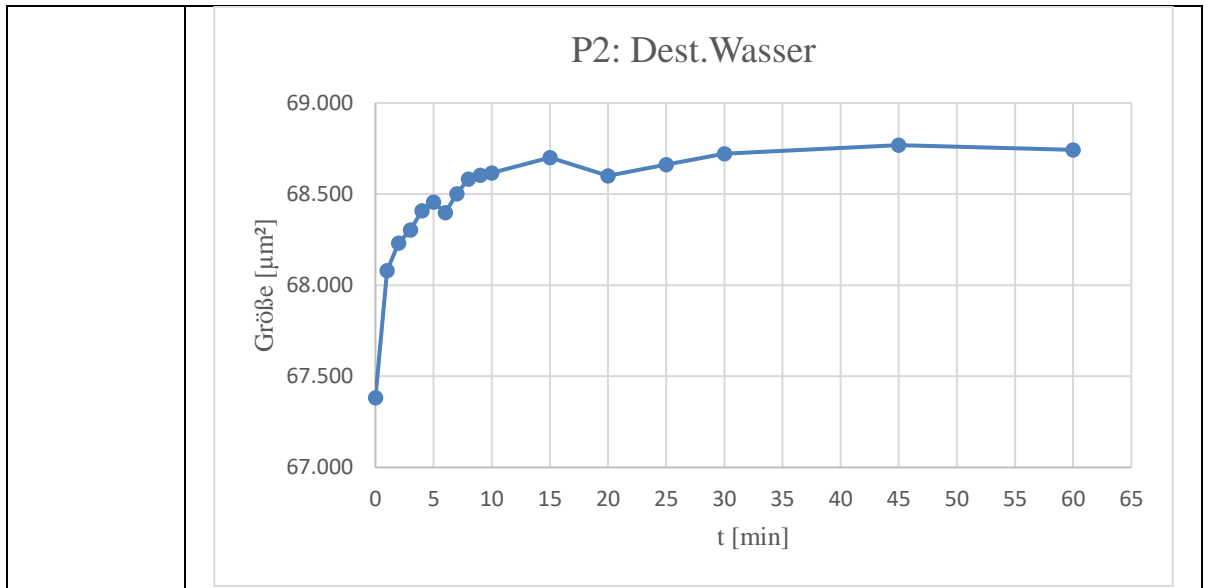
Quellung (ges.) | ~12%



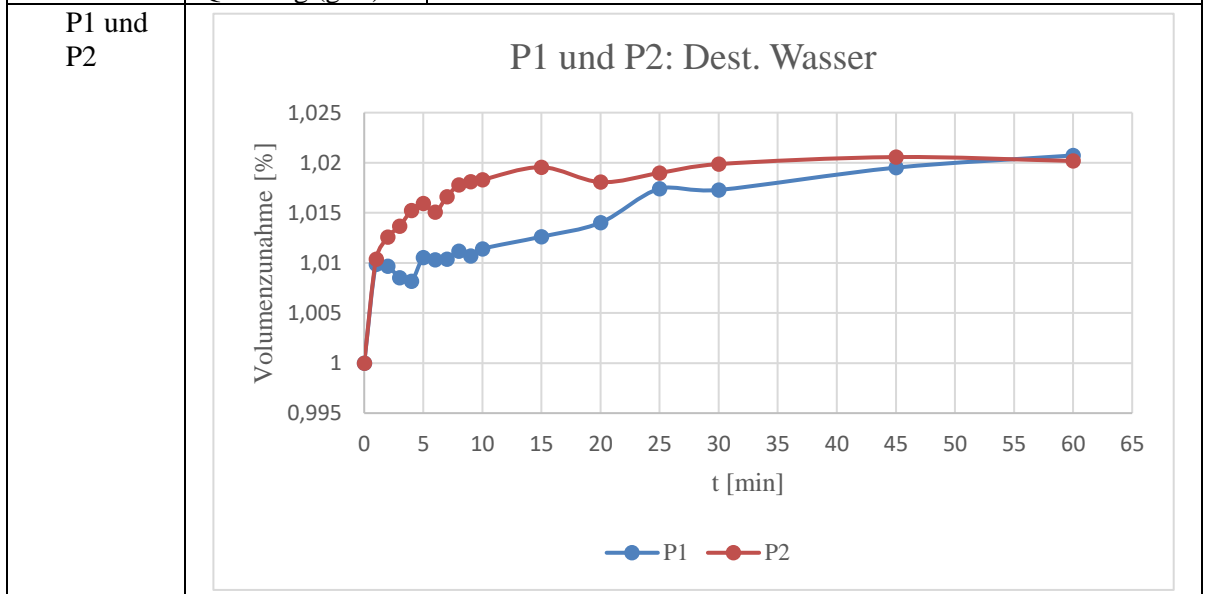
Destilliertes Wasser

P1	t = 0	t = 30	t = 60
t [Minuten]	Größe [µm²]	t [Minuten]	Größe [µm²]
0	35.476	9	35.855
1	35.826	10	35.881
2	35.819	15	35.923

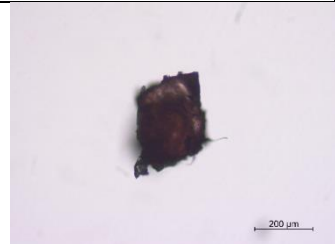
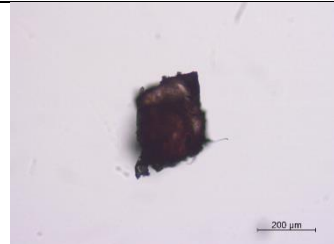
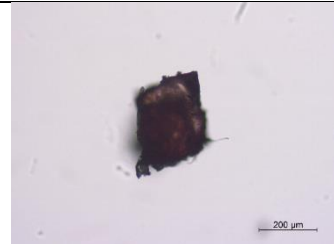
	3	35.778	20	35.973
	4	35.766	25	36.093
	5	35.850	30	36.089
	6	35.842	45	36.168
	7	35.844	60	36.211
	8	35.872		
<p>P1: Dest. Wasser</p> 				
	Quellung (ges.)		~2%	
P2	t = 0		t = 30	
				
	t [Minuten]		Größe [µm²]	
	0		67.383	
	1		68.081	
	2		68.231	
	3		68.304	
	4		68.409	
	5		68.456	
	6		68.398	
7		68.502		
8		68.582		
	t = 60			
				
	t [Minuten]		Größe [µm²]	
	9		68.604	
	10		68.615	
	15		68.700	
	20		68.600	
	25		68.661	
	30		68.721	
	45		68.768	
	60		68.742	

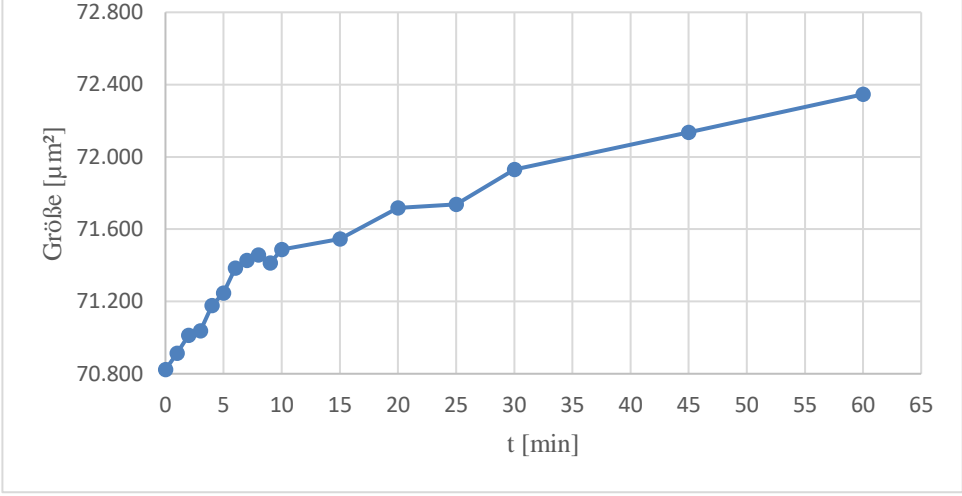


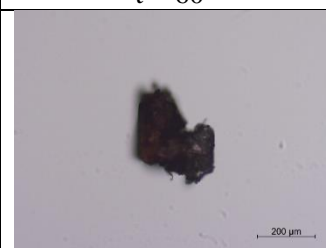


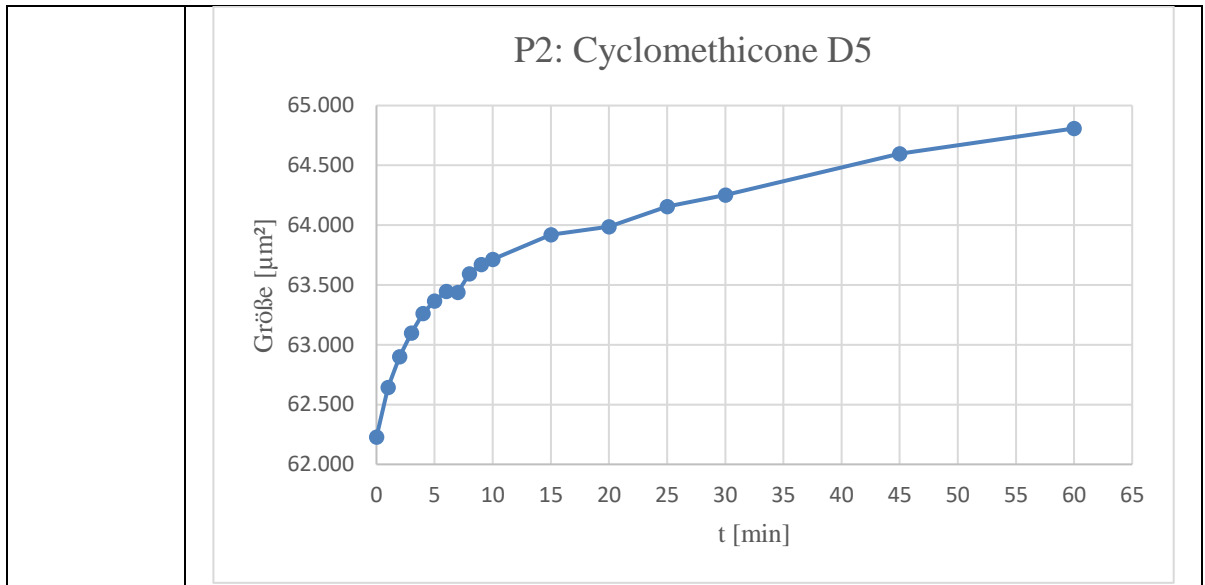
Quellung (ges.) ~2%



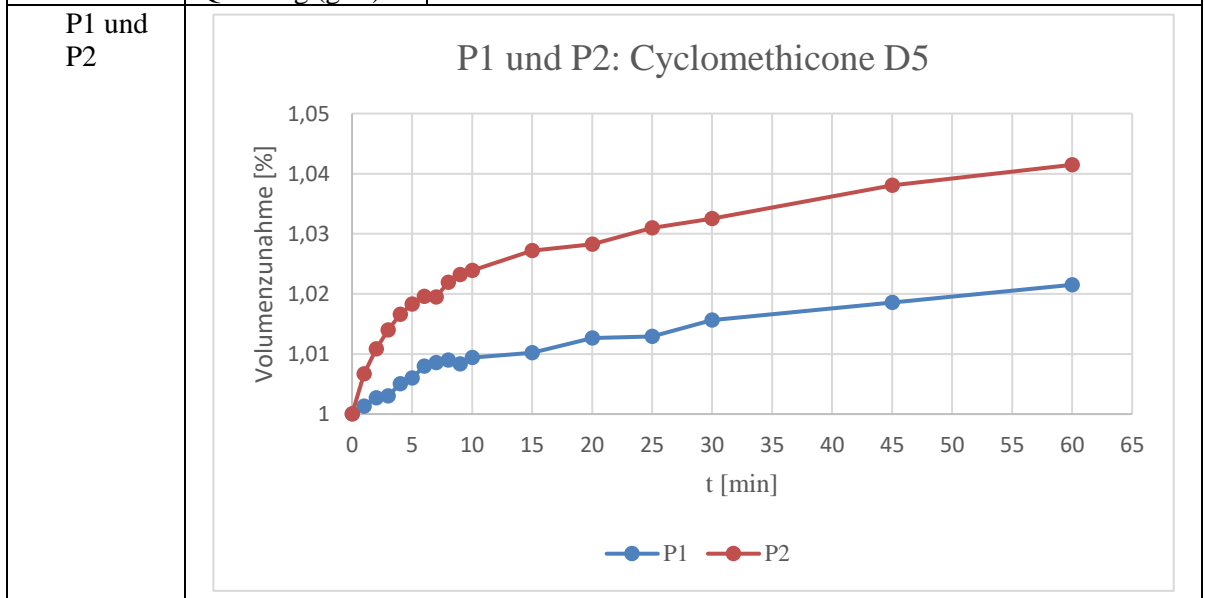
Cyclomethicone D5

P1	t = 0	t = 30	t = 60	
				
t [Minuten]	Größe [µm²]		Größe [µm²]	
0	70.823		71.414	
1	70.913		71.487	
2	71.013		71.546	
3	71.037		71.718	

	4	71.177	25	71.738
	5	71.247	30	71.930
	6	71.385	45	72.135
	7	71.427	60	72.346
	8	71.458		
<p>P1: Cyclomethicone D5</p> 				
	Quellung (ges.)		~2%	
P2	t = 0		t = 30	
				
				
	t [Minuten]	Größe [µm²]	t [Minuten]	Größe [µm²]
	0	62.228	9	63.671
	1	62.644	10	63.715
	2	62.901	15	63.921
	3	63.099	20	63.986
	4	63.261	25	64.156
	5	63.367	30	64.252
6	63.446	45	64.597	
7	63.439	60	64.808	
8	63.593			



Quellung (ges.) | ~4%



5.3 Interpretation

Die Quellung der Proben (P1: Destilliertes Wasser, P2: Destilliertes Wasser, Isopropanol) über eine Stunde Testzeit ist grafisch als Halbparabel darzustellen. Die stärkste Quellung findet bei beiden Proben innerhalb der ersten Minute statt (P1: Destilliertes Wasser ≈ 1 %, P2: Destilliertes Wasser ≈ 1 %, Isopropanol ≈ 7 %). Unebenheiten in den Quellkurven sind auf durch den Versuchsaufbau bedingte Veränderungen der Lösemitteldampfkonzentration während der Testphase und die inhomogene Zusammensetzung des Naturkautschuks und seiner Alterungsprodukte zurückzuführen. Da sich Probe P1 bei der Einwirkung von Isopropanol löst, kommt es in den ersten acht Minuten zu einer Abnahme der Größe, da sich der gelöste Probenanteil statt in X-Y-Richtung in Z-Richtung ausbreitet. Der darauffolgende Anstieg der gemessenen Fläche erfolgt aufgrund der vollständigen Lösung von P1. Die flüssige Probe zieht sich nach dem Prinzip der kleinsten Oberfläche zusammen. Dies äußert sich am Deckglas in einer Vergrößerung in X-Y-Richtung. Aufgrund der Lösung von P1 und der starken Quellung (insg. 12 %) verbunden mit einer großen Dimensionsveränderung von P2 durch Isopropanol, ist



eine Verwendung von diesem als Lösemittel für das Antioxidant auszuschließen. Destilliertes Wasser führte bei beiden Proben – trotz ihrer unterschiedlich fortgeschrittenen Oxidation – zu einer Quellung von etwa 2 %. Da sich das Quellverhalten von P1 und P2 bei dem Einwirken von destilliertem Wasser ähnelt und somit bei einer möglichen Anwendung am Kunstwerk nicht zu Spannungen innerhalb der Naturkautschukhäute führt, eignet sich – wenn überhaupt – destilliertes Wasser für den Auftrag des Antioxidants.



Die McCrone-Tests mit dem flüchtigen Silikonöl Cyclomethicone D5 ergaben für P2 eine Quellung von etwa 4 %, wohingegen P1 nur eine Quellung von 2 % aufwies. Eine Reinigung ist aufgrund der unterschiedlichen Quellungseigenschaften und der nicht geringen Quellung bei P2 zu riskant. Die während des Tests festgestellte Quellung begünstigt das Migrieren der kleinen Monomere des Silikonöls in den Naturkautschuk und erklärt somit die mittels REM-EDX in den Proben nachgewiesenen Si-Werte.

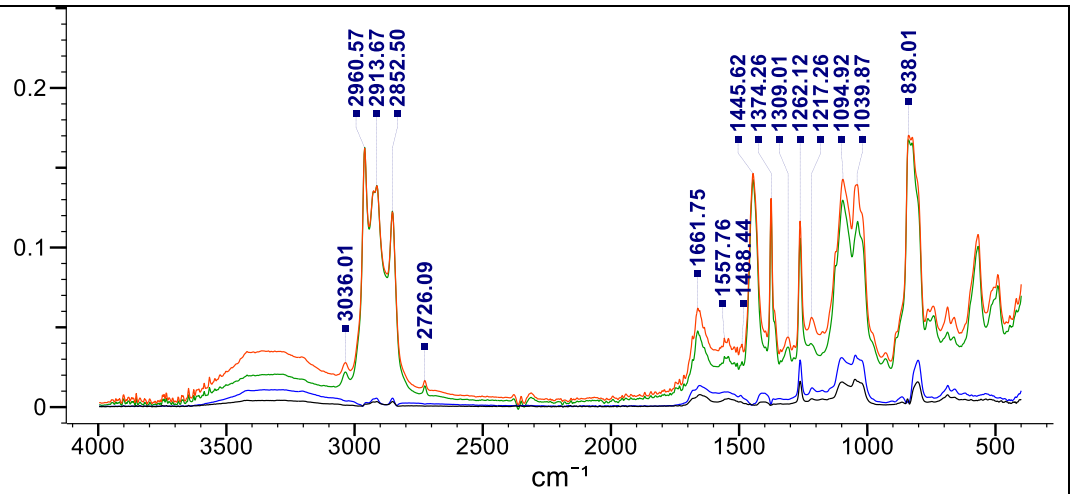
5.4 Literatur

HEYDRICH, PHILIA: *Die Lösemittlempfindlichkeit von vorvulkanisiertem Naturlatex in zeitgenössischer Kunst*, Master's Thesis im Fachbereich Konservierung und Restaurierung an der Hochschule der Künste Bern, Bern 2010

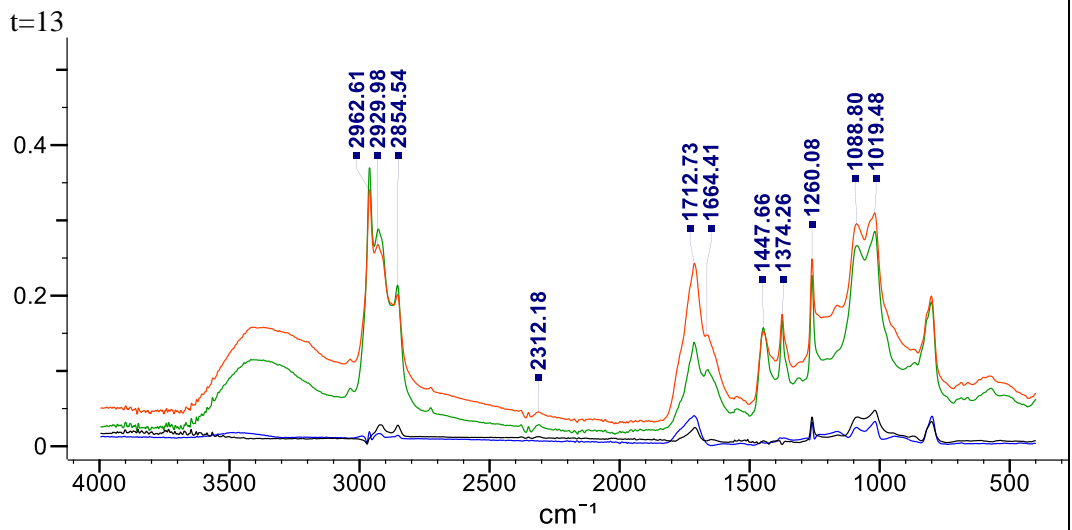
B.2 Künstliche Lichtalterung – Testkörper

Künstliche Lichtalterung – L1-5				
1. Probendaten				
Probenvorbereitung		Sawitzki, Julia; 03.-05.10.2017		
P.Nr.	Größe [cm]	Foto	Farbe	Konsistenz
L1 a-d	Rahmen: 15 x 5 x 0,5 Teststreifen: je 2 x 5 x 0,25		Transluzent rot	Flexibel
L3 a-d	Rahmen: 15 x 5 x 0,5 Teststreifen: je 2 x 5 x 0,25		Transluzent rot	Flexibel

L4 a-d	Rahmen: 15 x 5 x 0,5 Teststreifen: je 2 x 5 x 0,25		Transluzent rot	Flexibel
L5 a-d	Rahmen: 15 x 5 x 0,5 Teststreifen: je 2 x 5 x 0,25		Transluzent rot	Flexibel
Testzeit	39 Tage			
Probenbearbeitung	P1: unverändert (t=39) P3: nach 26 Tagen Alterung mit Irganox 1520 stabilisiert (t=26) P5: nach 13 Tagen Alterung mit Irganox 1520 stabilisiert (t=13) P4: vor Alterung mit Irganox 1520 stabilisiert (t=0)			
2. FTIR-Analysen				
Gerätetyp	Alpha Infrarotspektrometer (Firma: Bruker)			
Messmethode	Diamant ATR-Einheit			
Messbereich	4000-400 cm ⁻¹			
Anz. der Messungen	64			
Auflösung	4 cm ⁻¹			
Institut	Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung (IBR), Bayerische Staatsbibliothek München			
Durchführung	Julia Sawitzki			
2.1 Fragestellung				
Abgleich der Spektren von L1-5 vor (t=0) und nach (t=39) der künstlichen Lichtalterung, sowie nach 13 und 26 Tagen Alterung Vergleich von L1-5 miteinander in Bezug auf entstandene Alterungsprodukte				
2.2 Spektren und Auswertung				
L1	t=0			

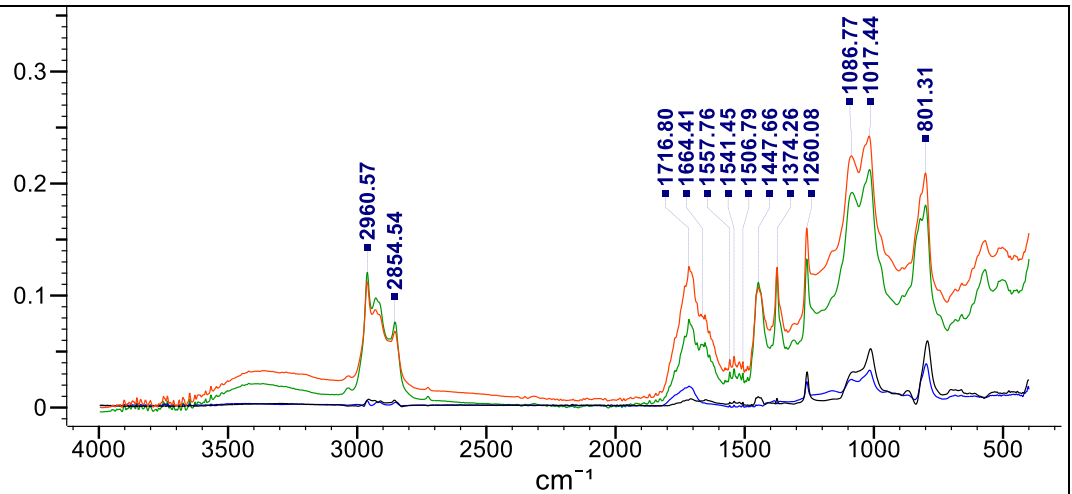


L1 (t=0): Vorderseite (Mw)
 L1 (t=0): Rückseite (Mw)
 L1 (t=0): Standardabweichung Vorderseite
 L1 (t=0): Standardabweichung Rückseite



L1 (t=13): Vorderseite (Mw)
 L1 (t=13): Rückseite (Mw)
 L1 (t=13): Standardabweichung Vorderseite
 L1 (t=13): Standardabweichung Rückseite

t=26



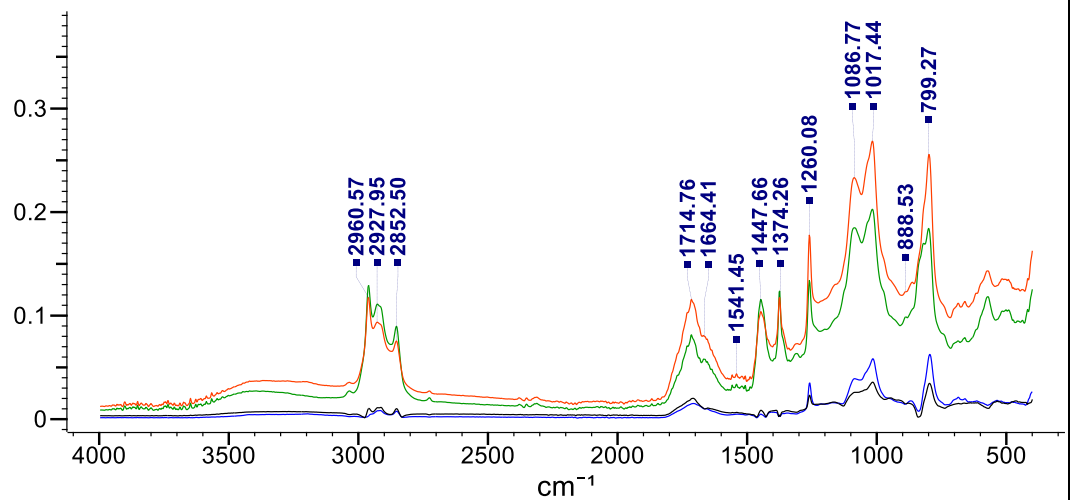
L1 (t=26): Vorderseite (Mw)

L1 (t=26): Rückseite (Mw)

L1 (t=26): Standardabweichung Vorderseite

L1 (t=26): Standardabweichung Rückseite

t=39



L1 (t=39): Vorderseite (Mw)

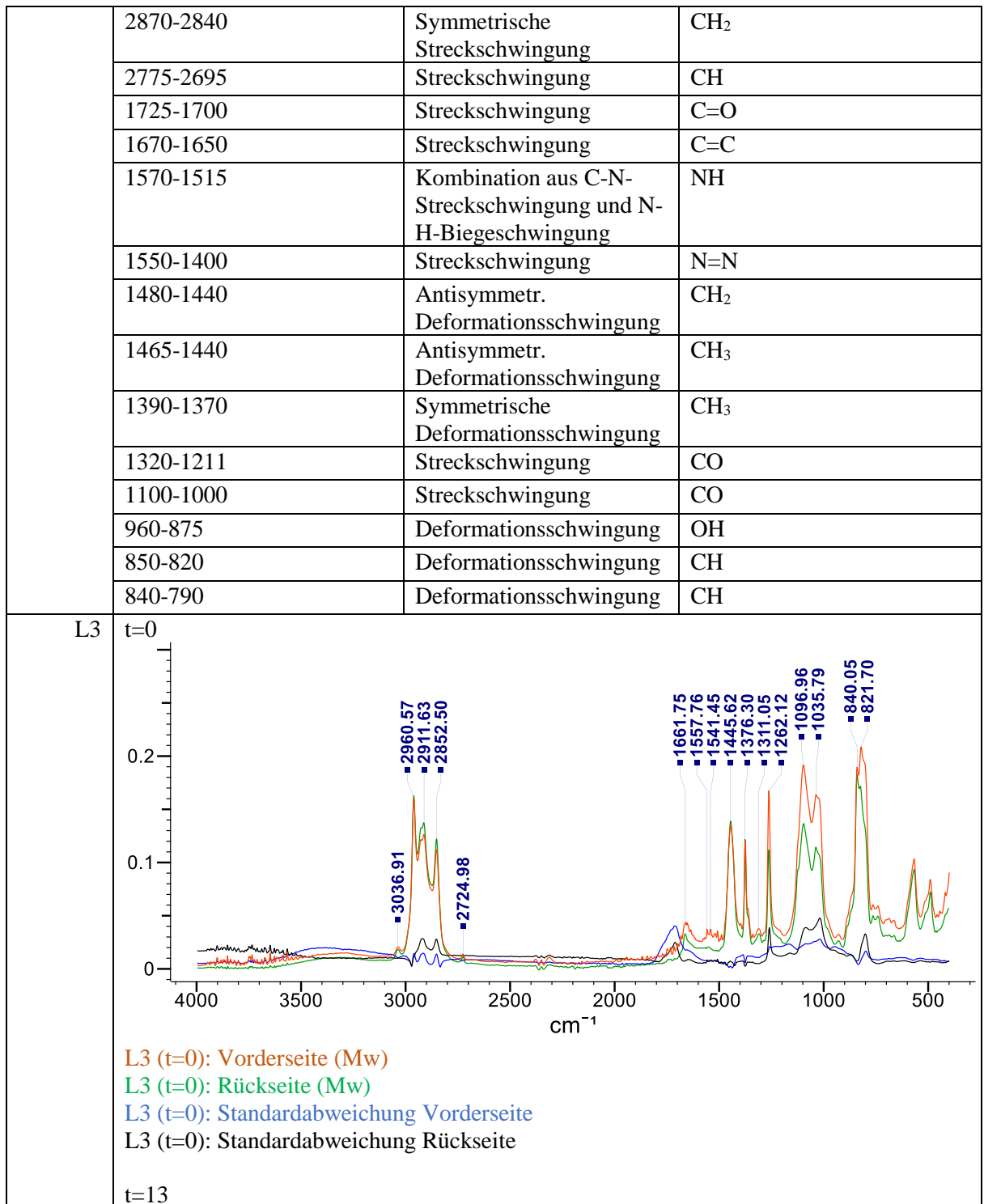
L1 (t=39): Rückseite (Mw)

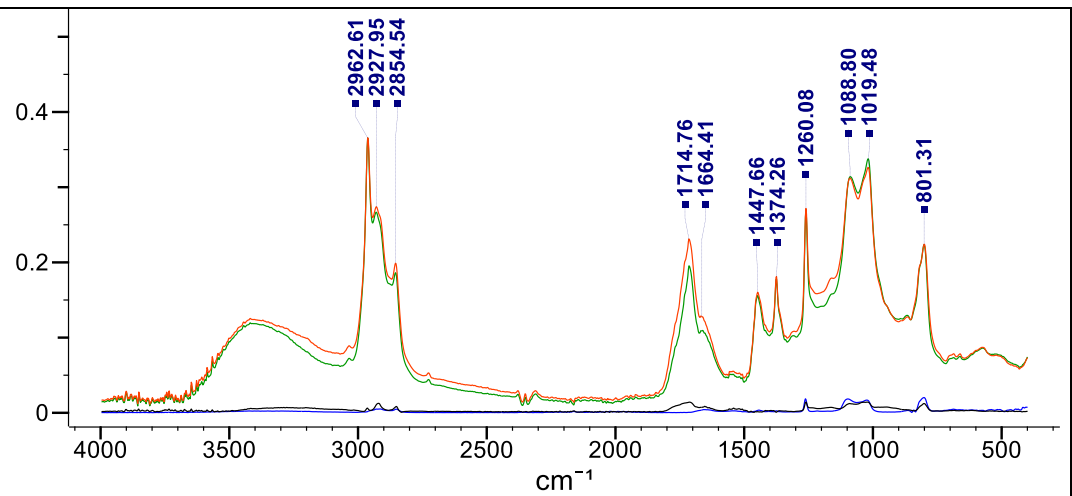
L1 (t=39): Standardabweichung Vorderseite

L1 (t=39): Standardabweichung Rückseite

Auswertung

Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂
2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃



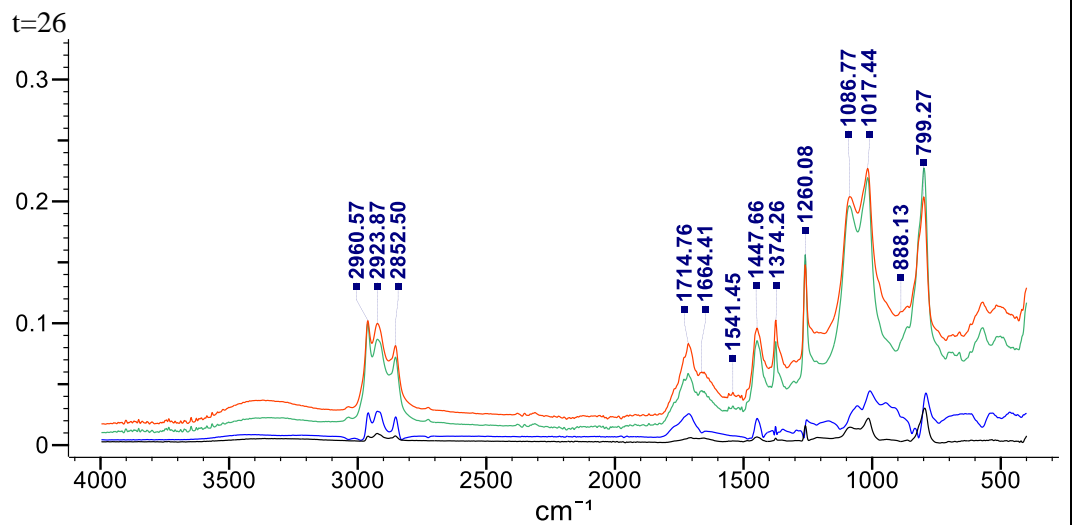


L3 (t=13): Vorderseite (Mw)

L3 (t=13): Rückseite (Mw)

L3 (t=13): Standardabweichung Vorderseite

L3 (t=13): Standardabweichung Rückseite



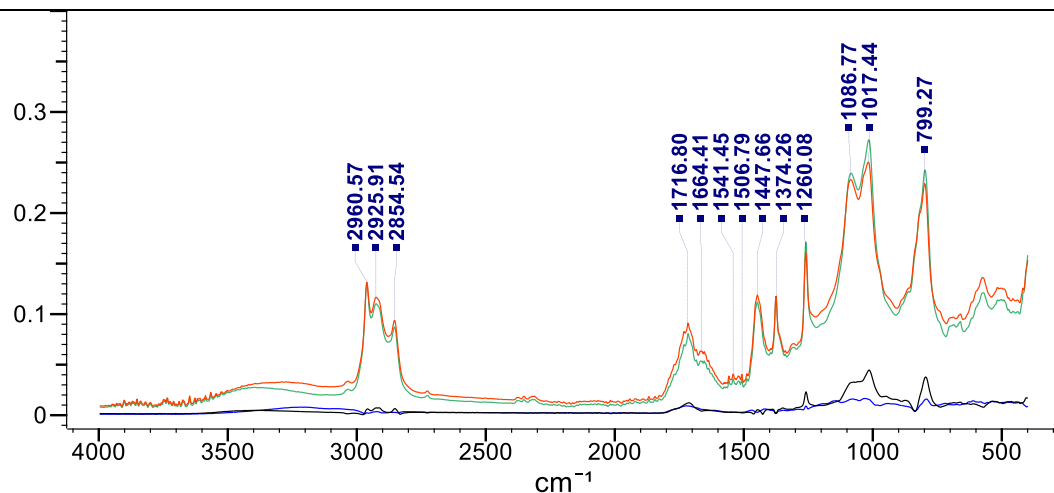
L3 (t=26): Vorderseite (Mw)

L3 (t=26): Rückseite (Mw)

L3 (t=26): Standardabweichung Vorderseite

L3 (t=26): Standardabweichung Rückseite

t=39



L3 (t=39): Vorderseite (Mw)

L3 (t=39): Rückseite (Mw)

L3 (t=39): Standardabweichung Vorderseite

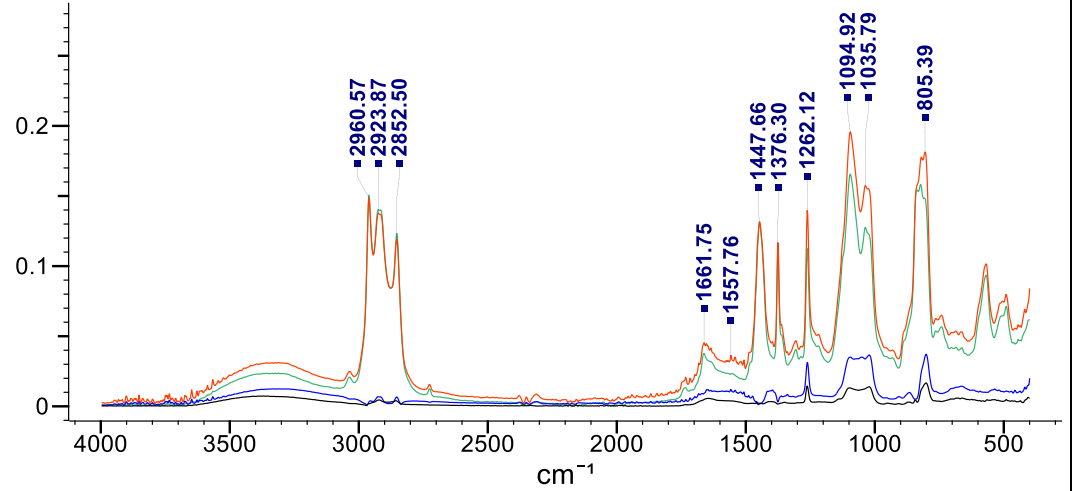
L3 (t=39): Standardabweichung Rückseite

Auswertung

Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂
2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃
2870-2840	Symmetrische Streckschwingung	CH ₂
2775-2695	Streckschwingung	CH
1725-1700	Streckschwingung	C=O
1670-1650	Streckschwingung	C=C
1570-1515	Kombination aus C-N-Streckschwingung und N-H-Biegeschwingung	NH
1550-1400	Streckschwingung	N=N
1480-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₂
1465-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₃
1390-1370	Symmetrische Deformationsschwingung	CH ₃
1320-1211	Streckschwingung	CO
1100-1000	Streckschwingung	CO
960-875	Deformationsschwingung	OH
850-820	Deformationsschwingung	CH
840-790	Deformationsschwingung	CH

L4

t=0



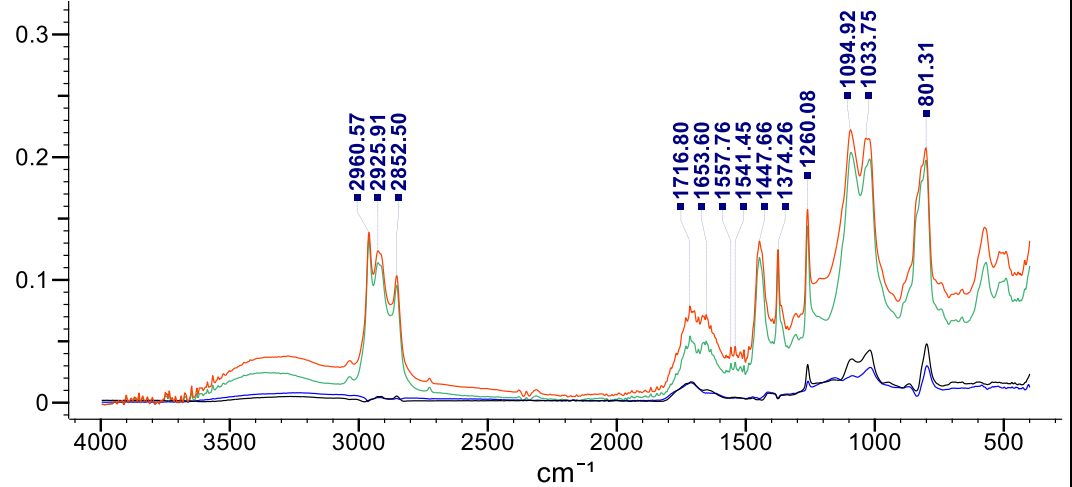
L4 (t=0): Vorderseite (Mw)

L4 (t=0): Rückseite (Mw)

L4 (t=0): Standardabweichung Vorderseite

L4 (t=0): Standardabweichung Rückseite

t=13



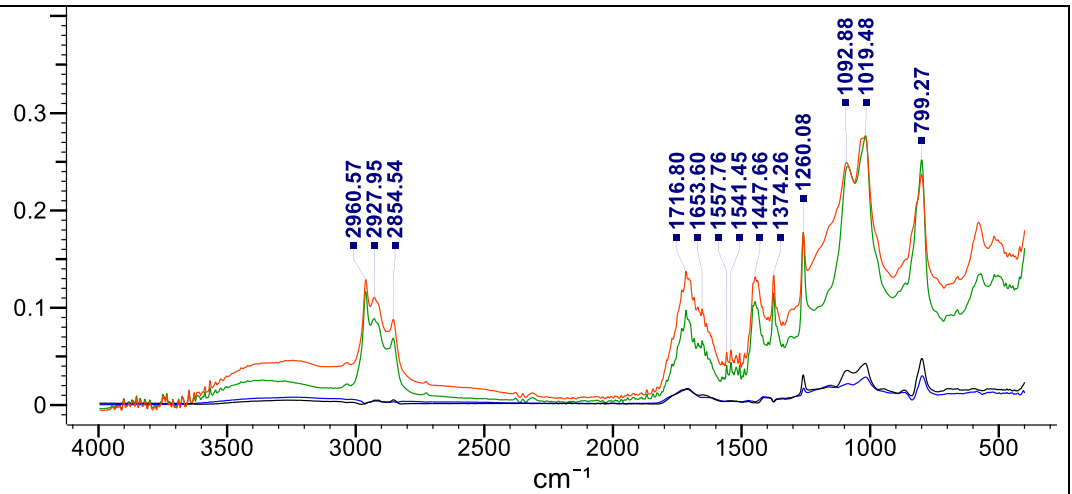
L4 (t=13): Vorderseite (Mw)

L4 (t=13): Rückseite (Mw)

L4 (t=13): Standardabweichung Vorderseite

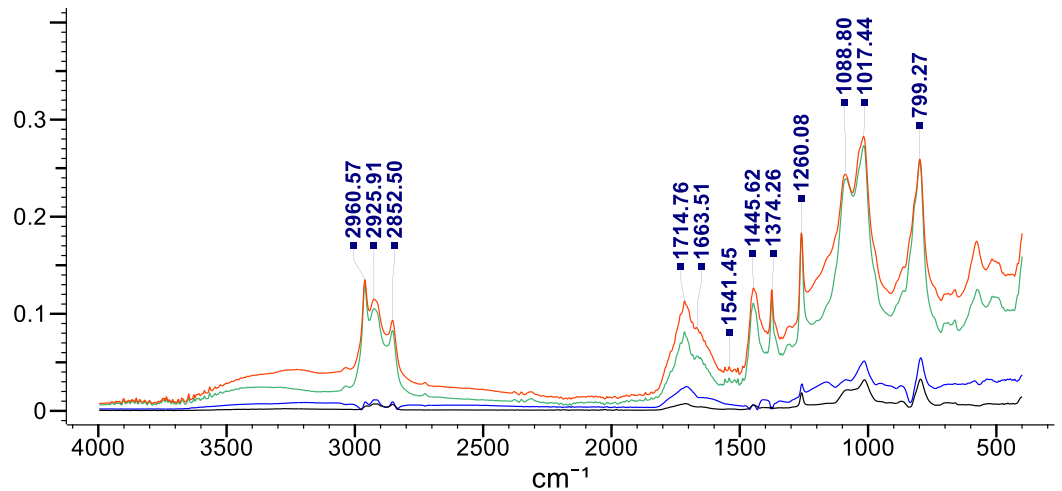
L4 (t=13): Standardabweichung Rückseite

t=26



L4 (t=26): Vorderseite (Mw)
 L4 (t=26): Rückseite (Mw)
 L4 (t=26): Standardabweichung Vorderseite
 L4 (t=26): Standardabweichung Rückseite

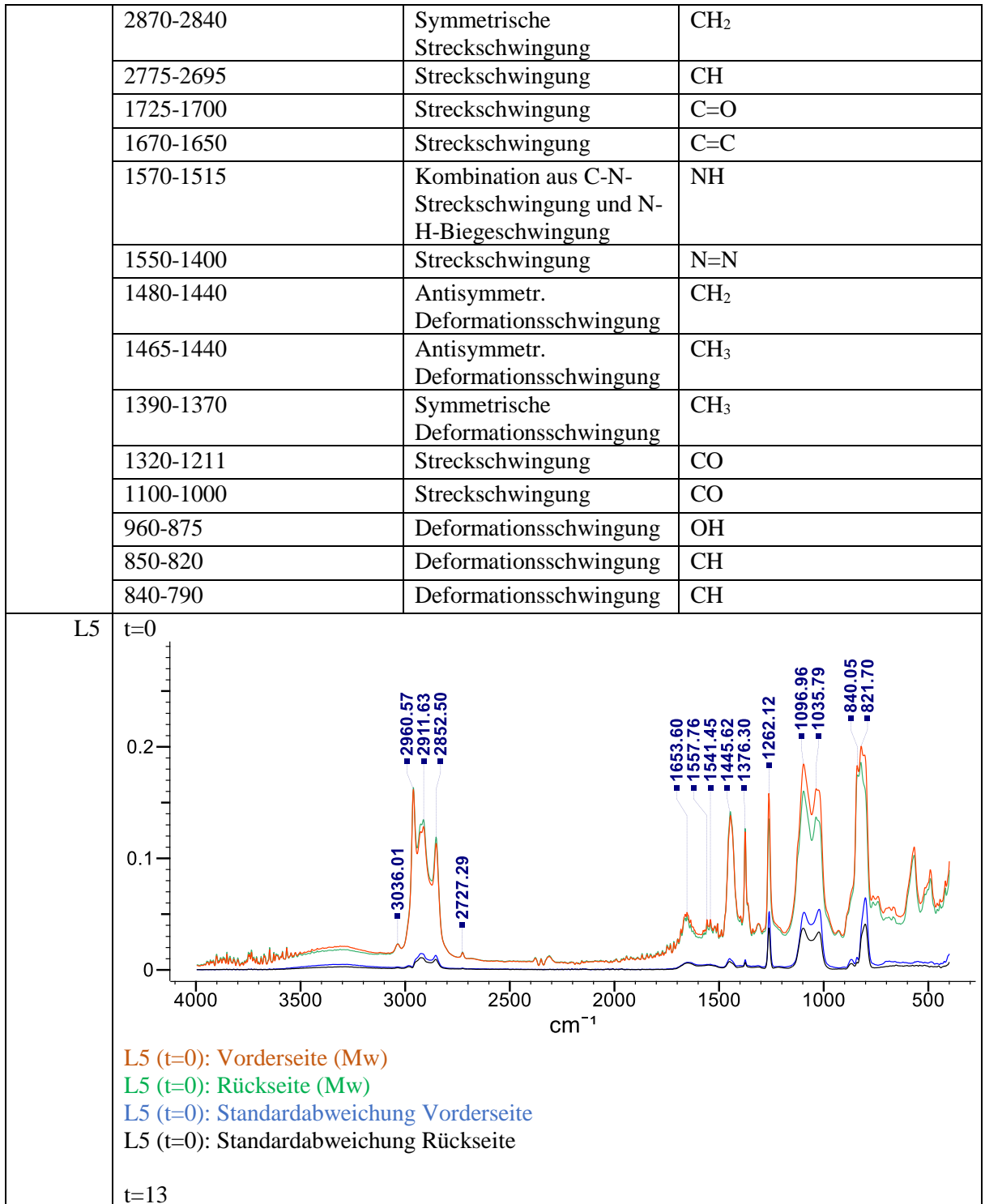
t=39

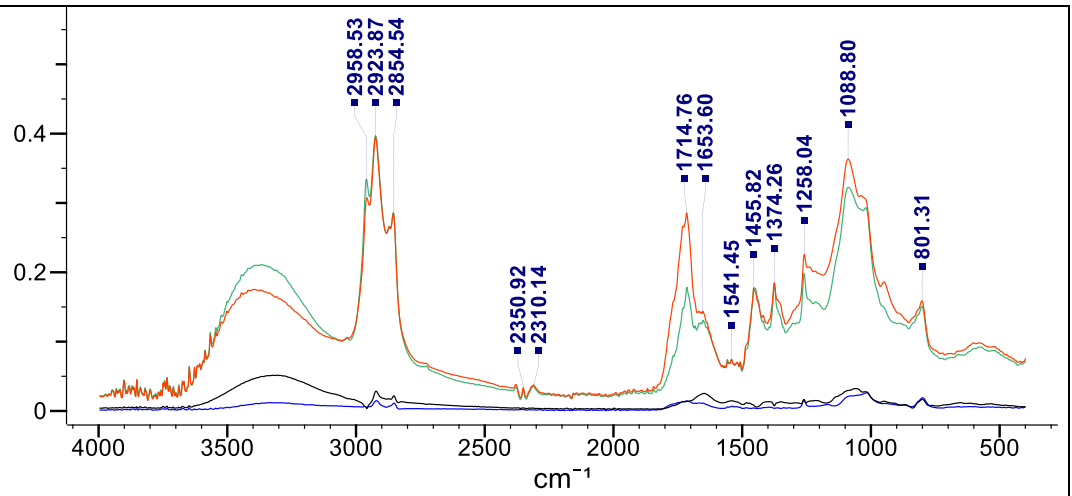


L4 (t=39): Vorderseite (Mw)
 L4 (t=39): Rückseite (Mw)
 L4 (t=39): Standardabweichung Vorderseite
 L4 (t=39): Standardabweichung Rückseite

Auswertung

Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂
2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃



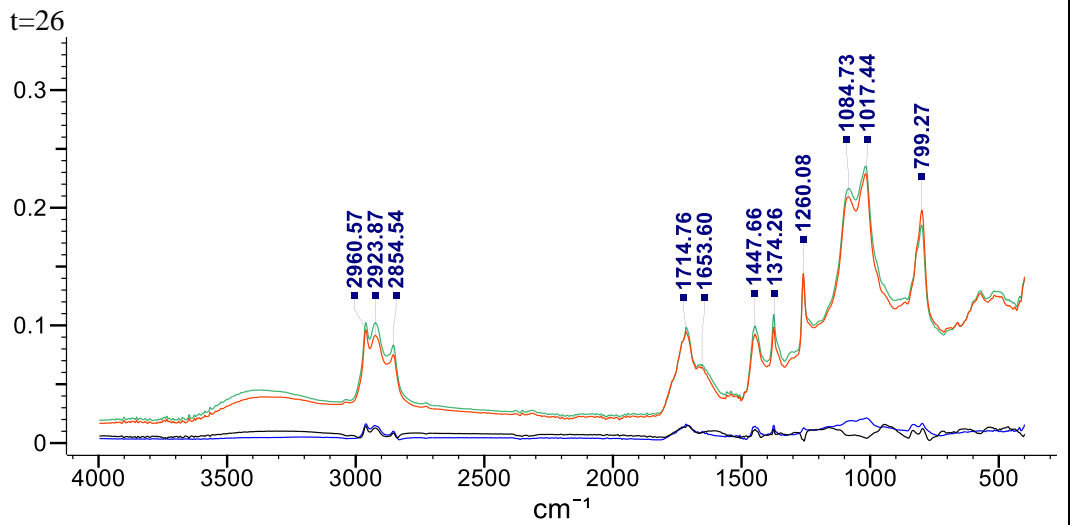


L5 (t=13): Vorderseite (Mw)

L5 (t=13): Rückseite (Mw)

L5 (t=13): Standardabweichung Vorderseite

L5 (t=13): Standardabweichung Rückseite



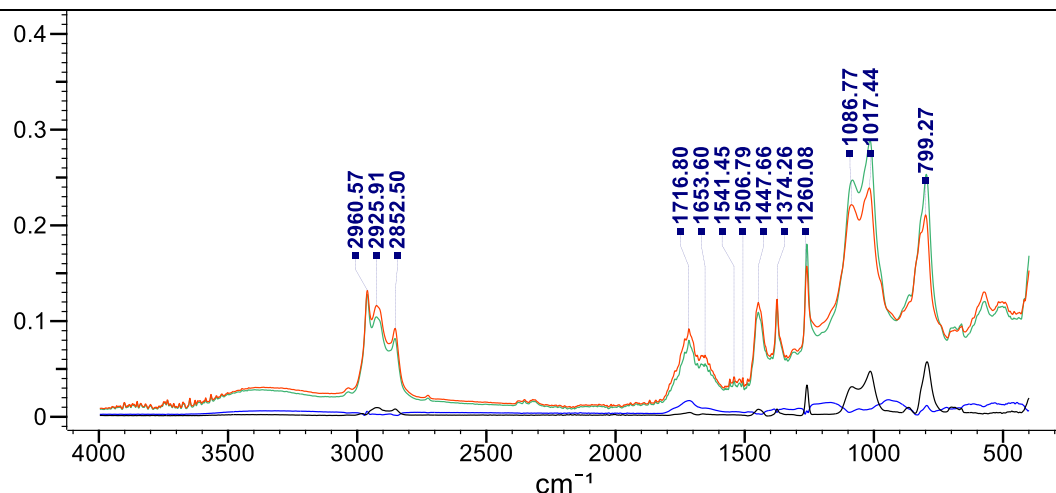
L5 (t=26): Vorderseite (Mw)

L5 (t=26): Rückseite (Mw)

L5 (t=26): Standardabweichung Vorderseite

L5 (t=26): Standardabweichung Rückseite

t=39



L5 (t=39): Vorderseite (Mw)

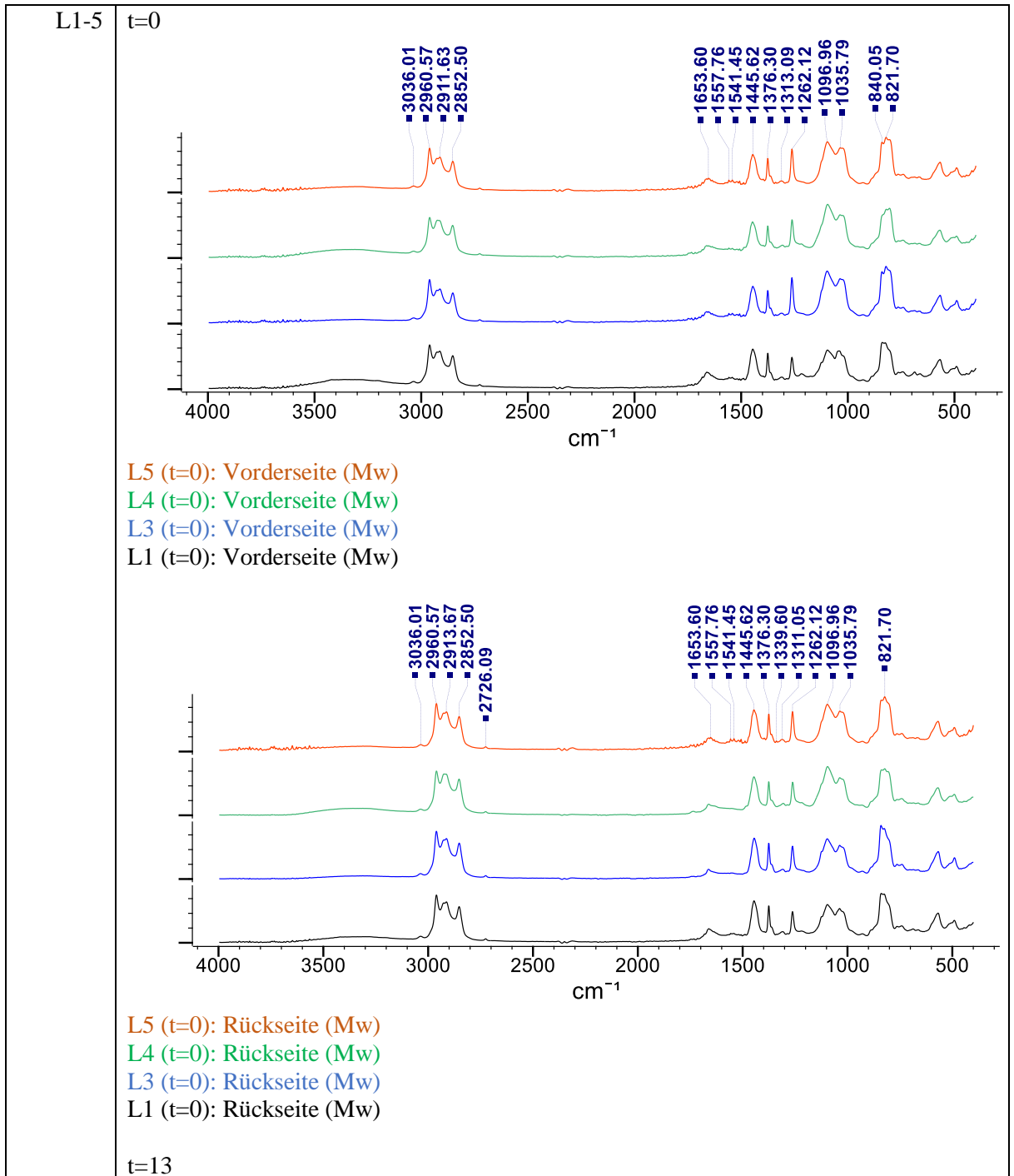
L5 (t=39): Rückseite (Mw)

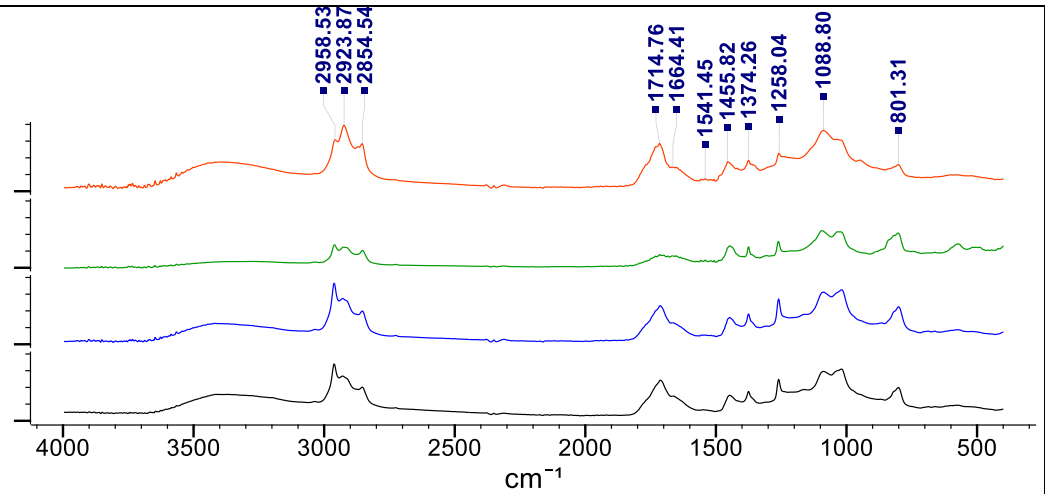
L5 (t=39): Standardabweichung Vorderseite

L5 (t=39): Standardabweichung Rückseite

Auswertung

Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂
2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃
2870-2840	Symmetrische Streckschwingung	CH ₂
2775-2695	Streckschwingung	CH
1725-1700	Streckschwingung	C=O
1670-1650	Streckschwingung	C=C
1570-1515	Kombination aus C-N-Streckschwingung und N-H-Biegeschwingung	NH
1550-1400	Streckschwingung	N=N
1480-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₂
1465-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₃
1390-1370	Symmetrische Deformationsschwingung	CH ₃
1320-1211	Streckschwingung	CO
1100-1000	Streckschwingung	CO
960-875	Deformationsschwingung	OH
850-820	Deformationsschwingung	CH
840-790	Deformationsschwingung	CH



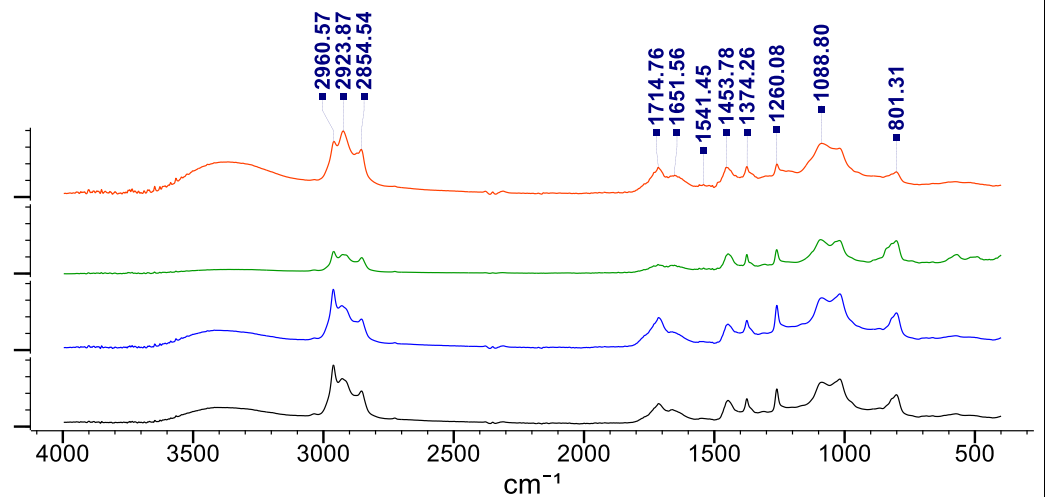


L5 (t=13): Vorderseite (Mw)

L4 (t=13): Vorderseite (Mw)

L3 (t=13): Vorderseite (Mw)

L1 (t=13): Vorderseite (Mw)



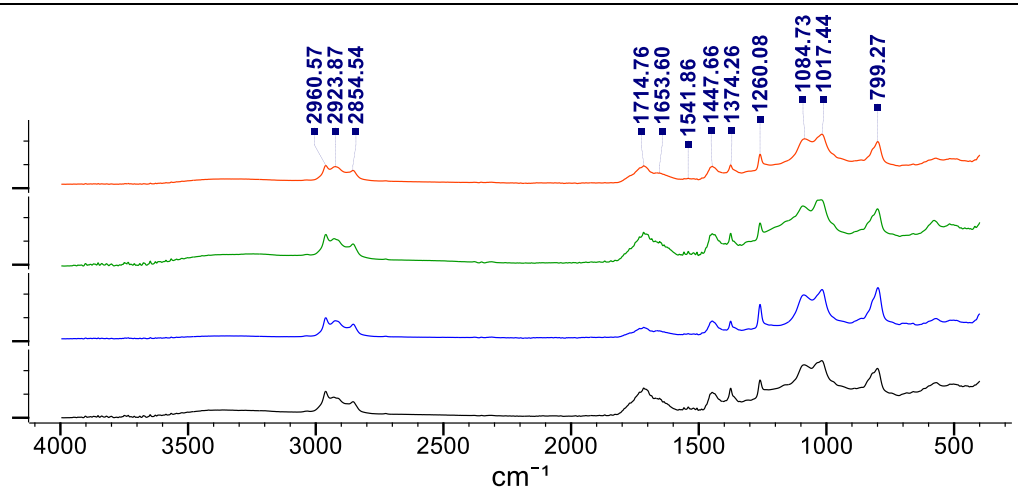
L5 (t=13): Rückseite (Mw)

L4 (t=13): Rückseite (Mw)

L3 (t=13): Rückseite (Mw)

L1 (t=13): Rückseite (Mw)

t=26

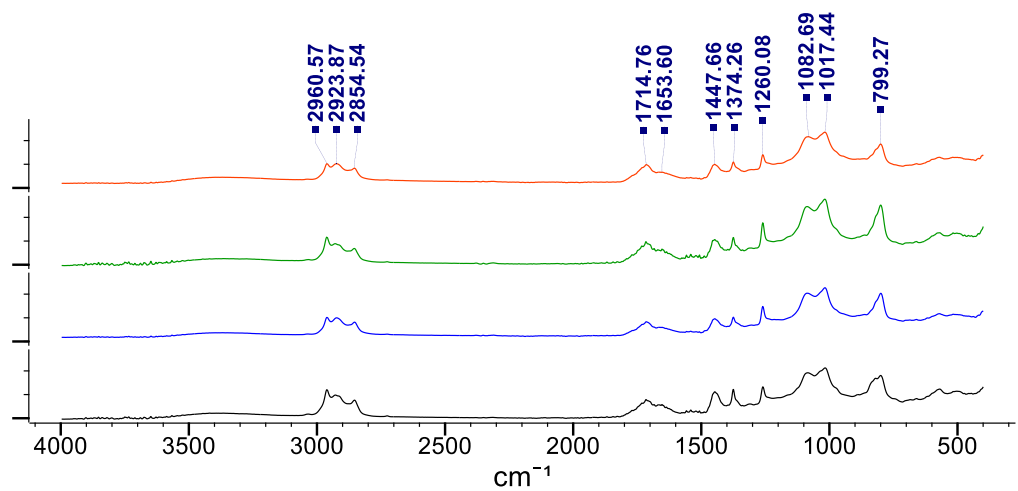


L5 (t=26): Vorderseite (Mw)

L4 (t=26): Vorderseite (Mw)

L3 (t=26): Vorderseite (Mw)

L1 (t=26): Vorderseite (Mw)



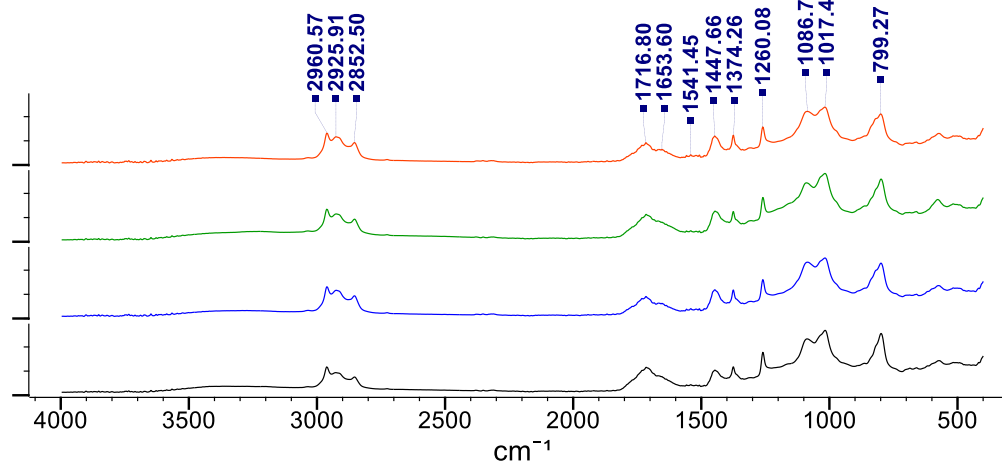
L5 (t=26): Rückseite (Mw)

L4 (t=26): Rückseite (Mw)

L3 (t=26): Rückseite (Mw)

L1 (t=26): Rückseite (Mw)

t=39

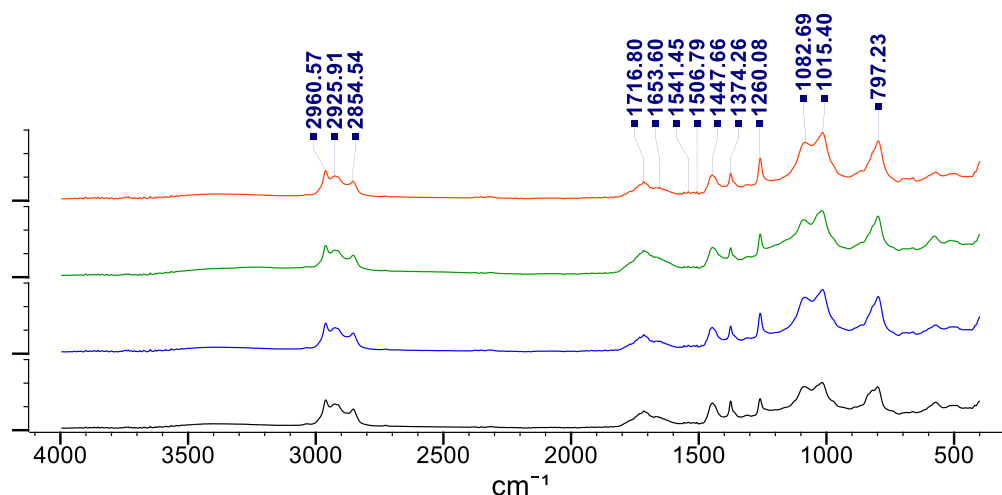


L5 (t=39): Vorderseite (Mw)

L4 (t=39): Vorderseite (Mw)

L3 (t=39): Vorderseite (Mw)

L1 (t=39): Vorderseite (Mw)



L5 (t=39): Rückseite (Mw)

L4 (t=39): Rückseite (Mw)

L3 (t=39): Rückseite (Mw)

L1 (t=39): Rückseite (Mw)

Auswertung

Absorptionsbereich [cm ⁻¹]	Schwingungsform	Bindung
3060-3030	Streckschwingung	CH
2975-2950	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₃
2940-2915	Antisymmetr. Streckschwingung	CH ₂
2885-2865	Symmetrische Streckschwingung	CH ₃
2870-2840	Symmetrische Streckschwingung	CH ₂

2775-2695	Streckschwingung	CH
1725-1700	Streckschwingung	C=O
1670-1650	Streckschwingung	C=C
1570-1515	Kombination aus C-N- Streckschwingung und N- H-Biegeschwingung	NH
1550-1400	Streckschwingung	N=N
1480-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₂
1465-1440	Antisymmetr. Deformationsschwingung	CH ₃
1390-1370	Symmetrische Deformationsschwingung	CH ₃
1320-1211	Streckschwingung	CO
1100-1000	Streckschwingung	CO
960-875	Deformationsschwingung	OH
850-820	Deformationsschwingung	CH
840-790	Deformationsschwingung	CH

2.3 Interpretation

Um eine Vergleichbarkeit der Proben zu erlangen, wurden bei jedem Teststreifen sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite stets dieselben Messpunkte verwendet. Die Messungen der einzelnen Teststreifen eines jeden Testkörpers wurden jeweils gemittelt.

Die ausschlaggebenden Gruppen für die Bewertung des Naturkautschuks befinden sich vorrangig im Bereich von 3640-3200 cm⁻¹ (Hydroxylgruppe), 3200-3000 cm⁻¹ (Methyl- und Methylengruppe) und 1830-1600 cm⁻¹ (Carbonylgruppe). Mit fortschreitender Alterung und damit verbundener zunehmender Oxidation des Naturkautschuks geht – genau wie bei den Originalproben – eine Zunahme von Hydroxylgruppen, sowie eine Abnahme der anderen charakteristischen Banden einher. Die Hydroxylgruppe nimmt in den ersten 13 Tagen der Lichtalterung zu. Bei den Messungen von t=26 ist jedoch eine Abnahme derselben zu verzeichnen, die sich bis Ende der künstlichen Lichtalterung fortsetzt. Besonders im Bereich von 1500-600 cm⁻¹ ist ein deutlicher Anstieg von oxidationsbedingten Abbauprodukten sichtbar. Dabei handelt es sich beispielsweise um OH- und CO-Bindungen, die sich Alkoholen und Carbonsäuren zuordnen lassen. Generell sind die Rückseiten der Teststreifen, aufgrund der schon stattgefundenen Filterung des Lichts, besser erhalten als die Vorderseiten. Die größte Veränderung ist nach 26 Tagen künstlicher Alterung eingetreten. Danach verändern sich die Spektren deutlich langsamer. Bei allen Spektren ist während der Alterung ein Rückgang von C=C-Bindungen anhand der Bande im Bereich von 1670-1650 cm⁻¹ zu verzeichnen. Im selben Zug ist ein Anstieg von C=O-Bindungen im Bereich von 1725-1700 cm⁻¹ erkennbar. Diese stehen in Verbindung mit alterungsbedingten Carbonsäuren. Bis nach 13 Tagen Alterung ist kaum ein Unterschied des Spektrenverlaufs der verschiedenen Testkörper zu erkennen. Bei den Messungen nach 26 Tagen künstlicher Bestrahlung zeichnet sich bei L1 und L4 eine leicht höhere Konzentration an C=C-Bindungen (1670-1650 cm⁻¹) ab. Dies setzt sich in den Spektren, die nach Abschluss der künstlichen Alterung (t=39) eingemessen worden sind, fort. Gleichermaßen ist jedoch auch die Bande der C-O-Bindungen im Bereich von 1725-1700 cm⁻¹ höher. Ein weiterer Unterschied von den Spektren nach 39 Tagen Alterung ist eine Bande bei 888 cm⁻¹. Sie verweist auf Hydroperoxide, die sich während der oxidativen Spaltung von Polyisopren bilden. Während sie sich bei L1, L3 und L5 leicht abzeichnet, ist sie bei L4 nicht

zu erkennen. Insgesamt sind die Unterschiede der Spektren der Testkörper zu den verschiedenen Alterungsstufen sehr gering.

2.4 Literatur

HAIDER, KATHARINA SOPHIA: *Rubber Soul - The Investigation of Rubber by Vibrational Spectroscopy*, Master's Thesis an der Freie Universität Berlin, Humboldt Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin and Universität Potsdam, Berlin 2012
 CONNORS, SANDRA ANDRÉ: *Chemical and Physical Characterization of the Degradation of vulcanized Natural Rubber in the Museum Environment*, Master's Thesis at the Queen's University, Kingston, Ontario, Canada 1998
 Know-it-all® Informatics System

3. UV-VIS-Messungen

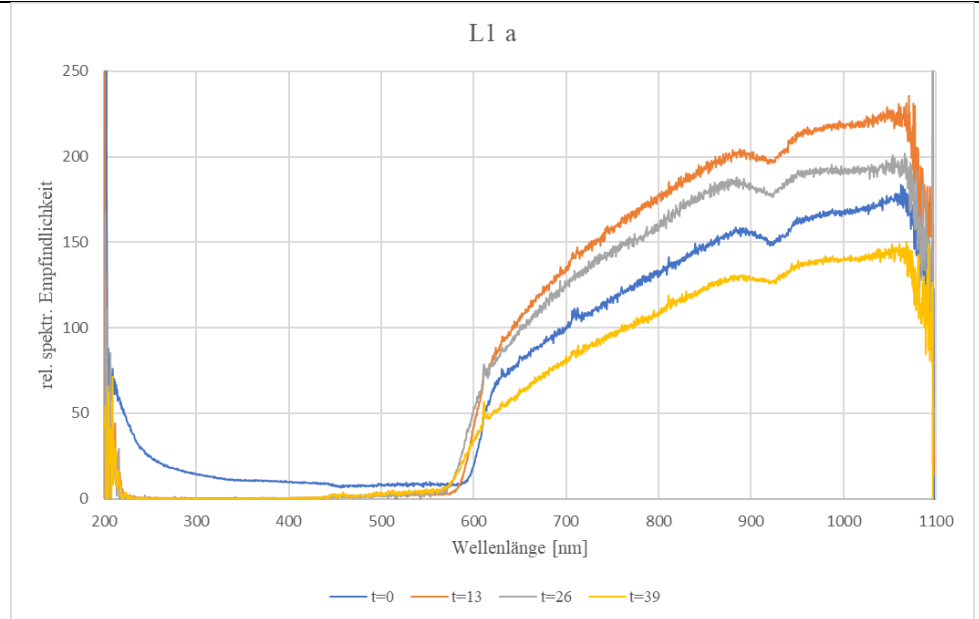
Spektrometer	Maya2000 Pro mit Glasfaseroptik (Hersteller: Ocean Optics)
Lichtquelle	DH-2000-BAL, Halogen (Hersteller: Ocean Optics)
Spektralbereich	165-1100 nm
Messmethode	Reflektion
Institut	Institut für Bestandserhaltung und Restaurierung (IBR), Bayerische Staatsbibliothek München
Durchführung	Julia Sawitzki

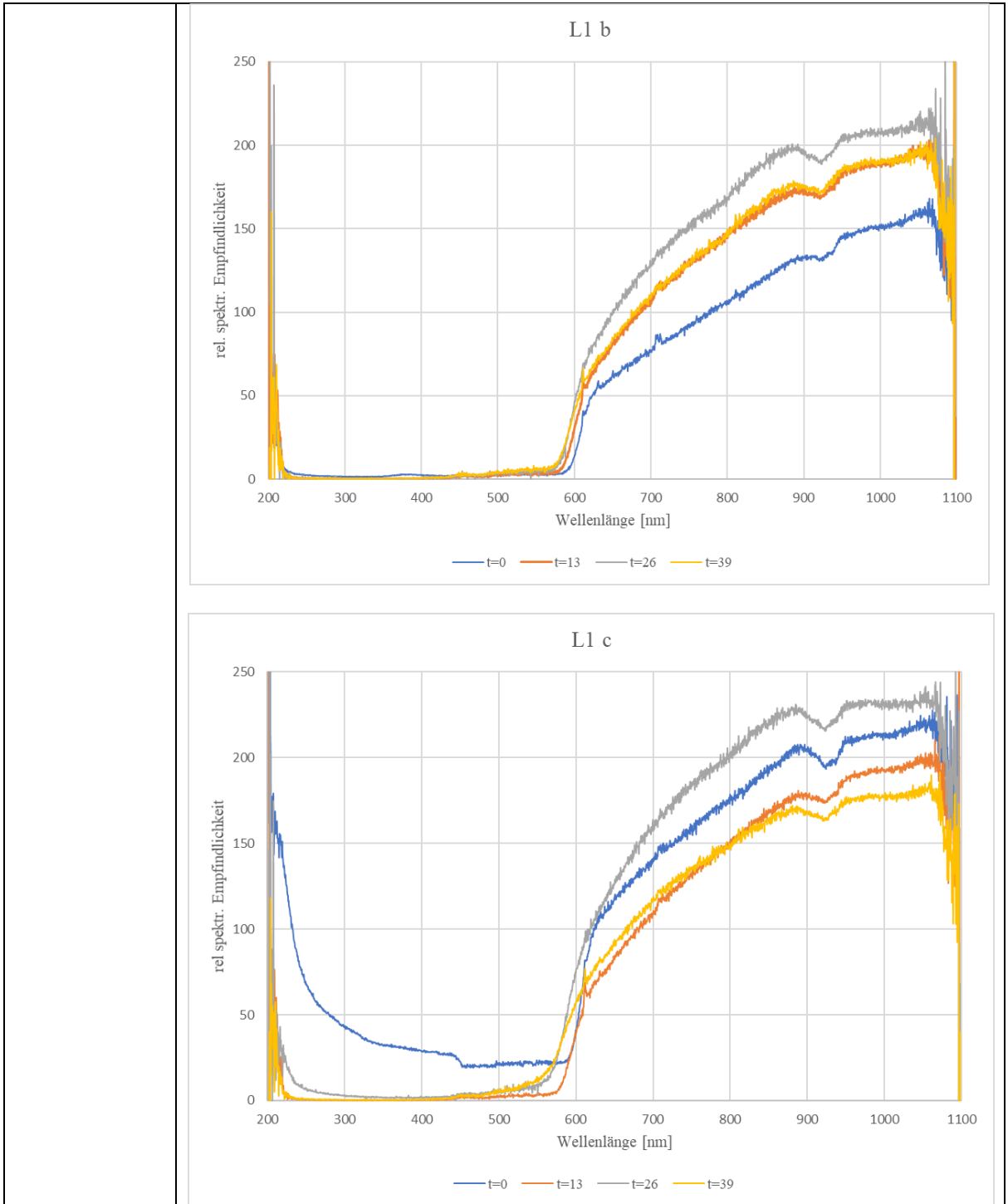
3.1 Fragestellung

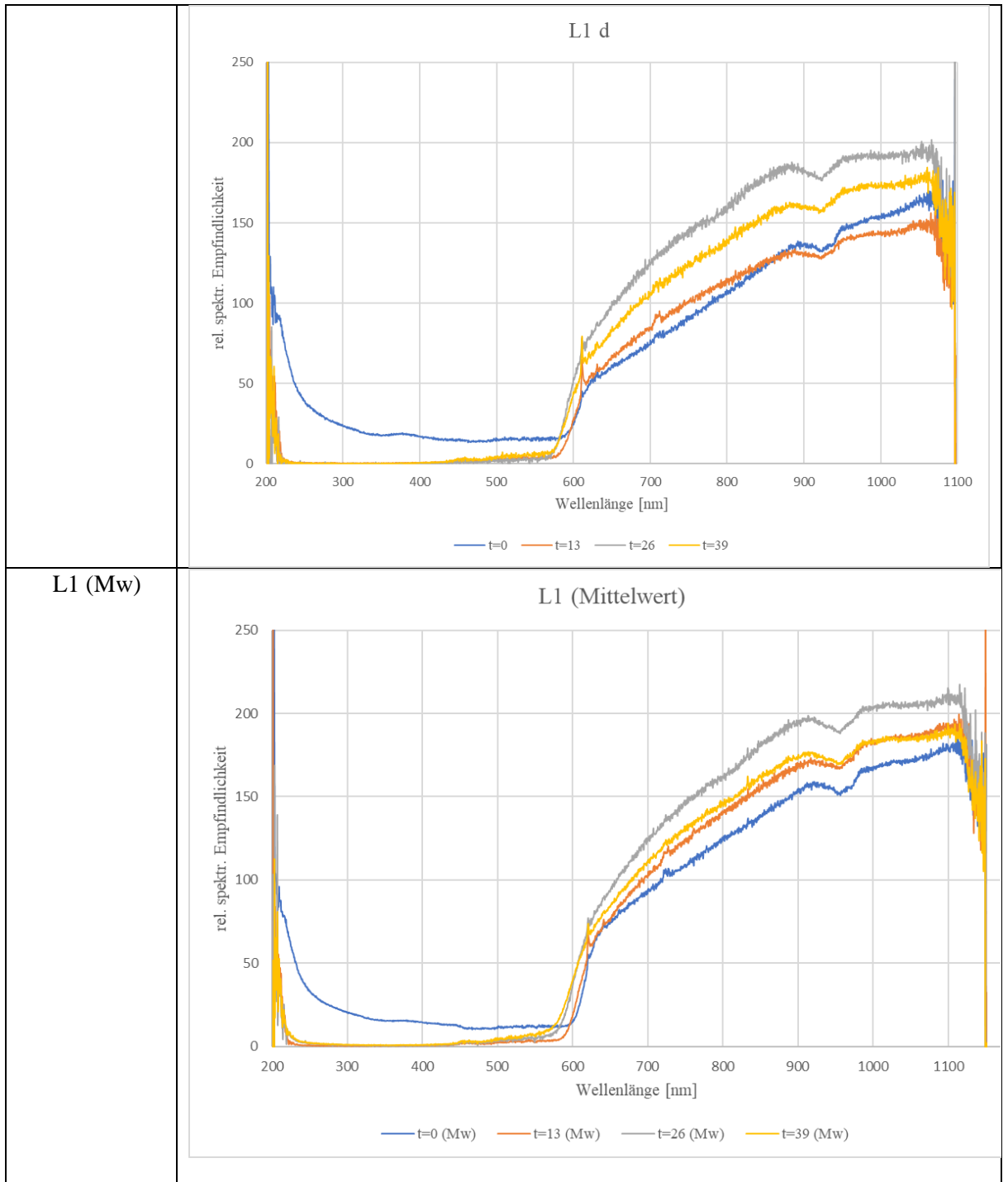
Ableich der Spektren von L1-5 vor (t=0) und nach (t=39) der künstlichen Lichtalterung, sowie nach 13 und 26 Tagen Alterung
 Vergleich von L1-5 miteinander in Bezug auf entstandene Farbveränderung

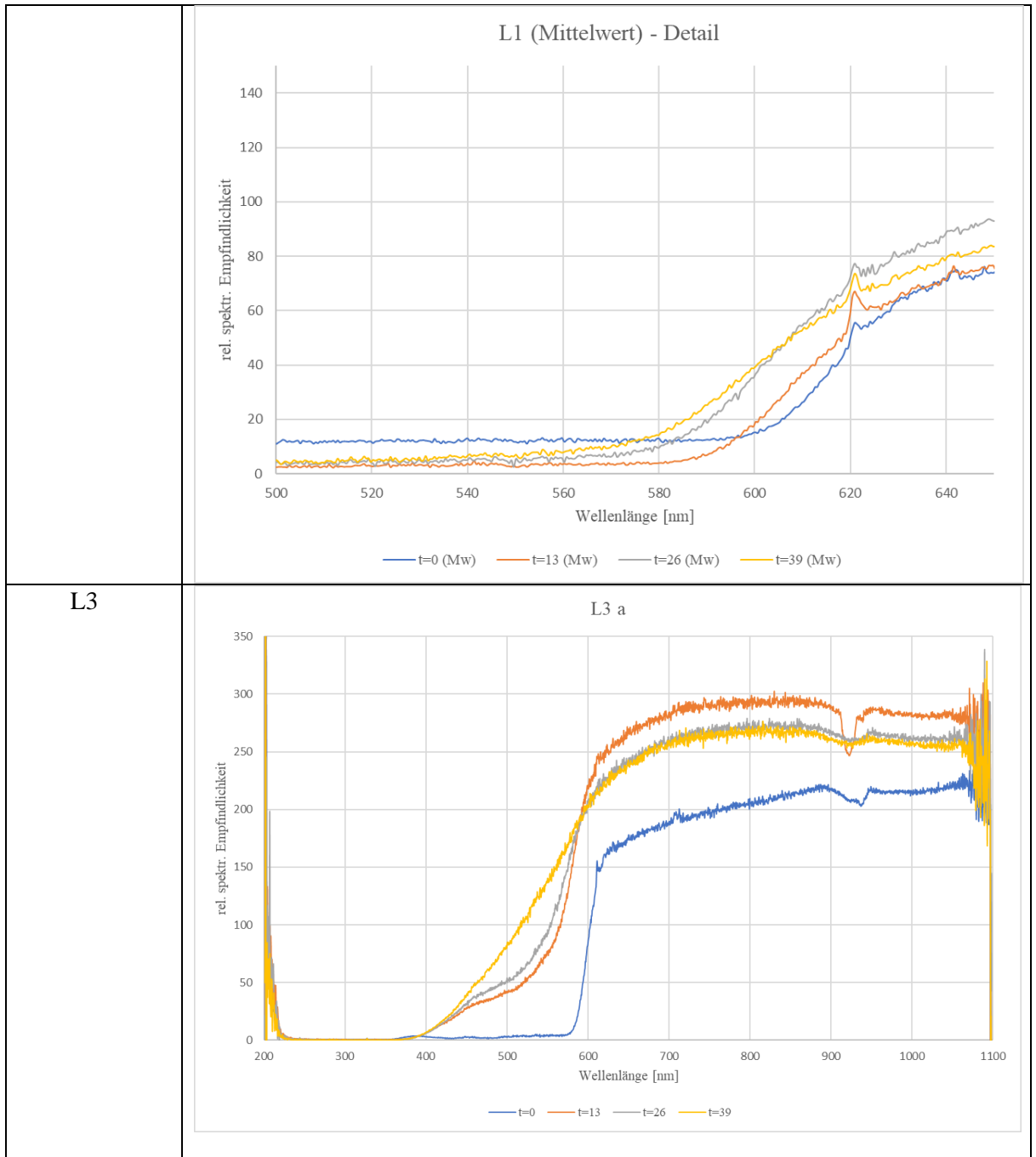
3.2 Messungen

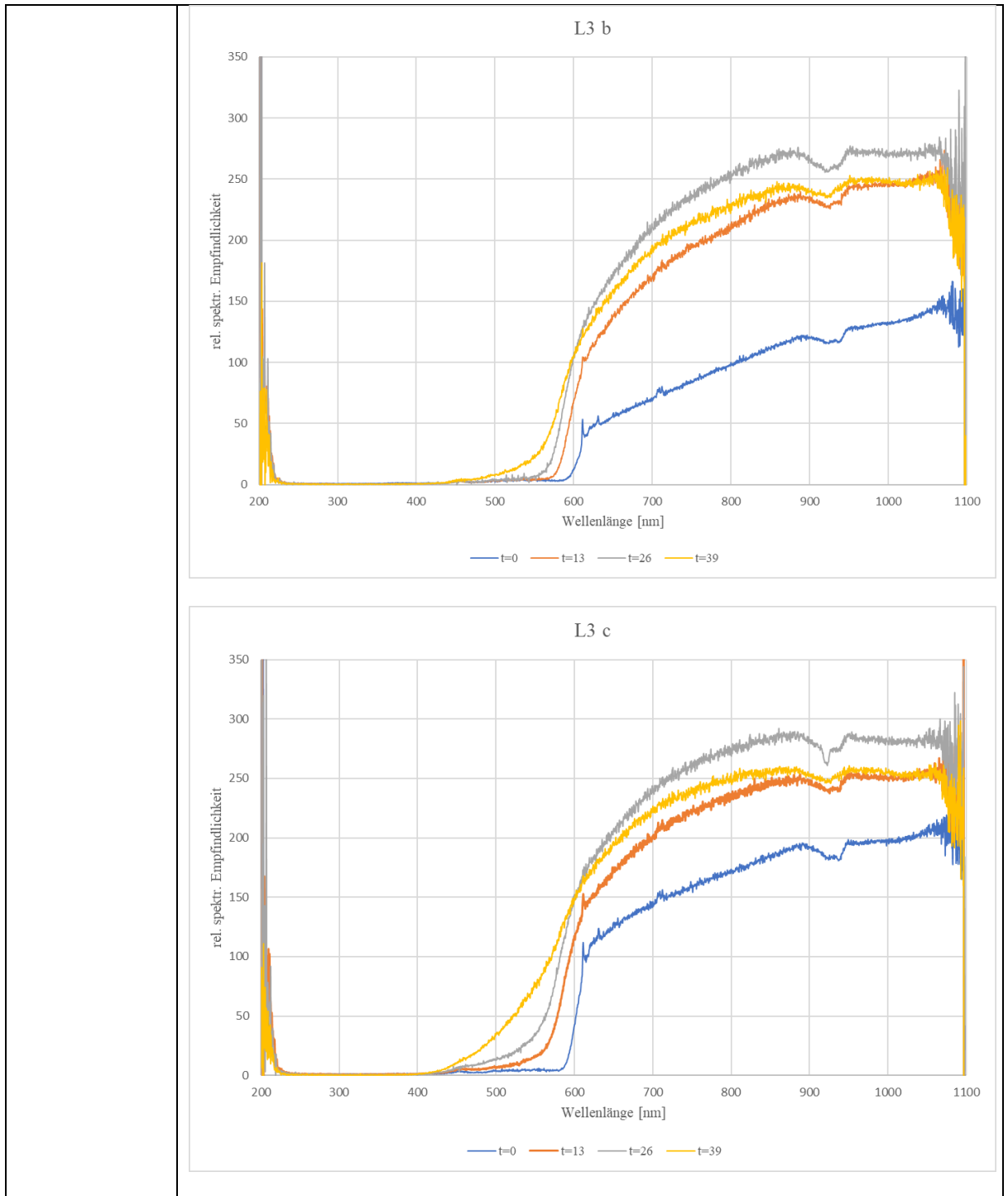
L1

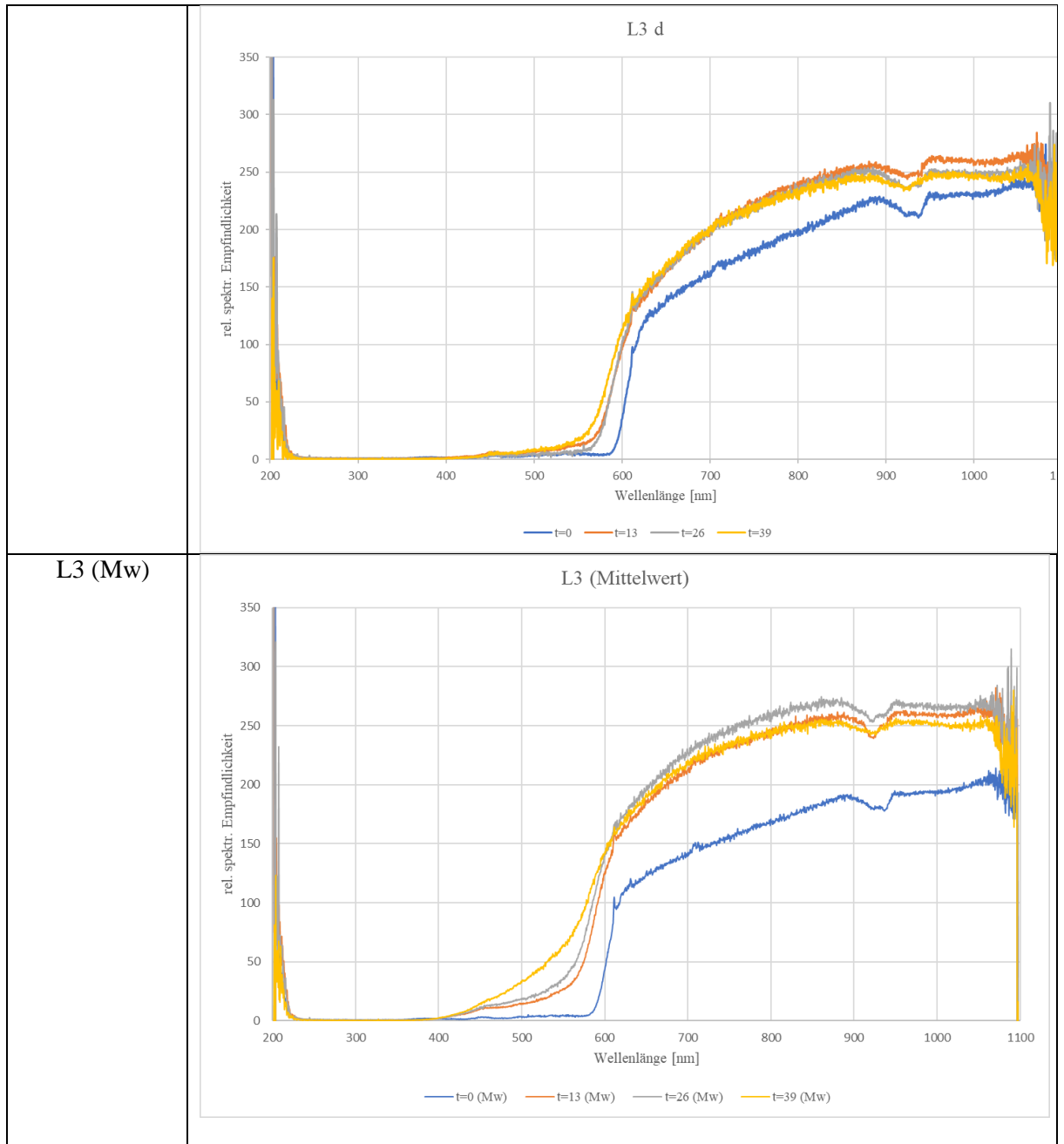


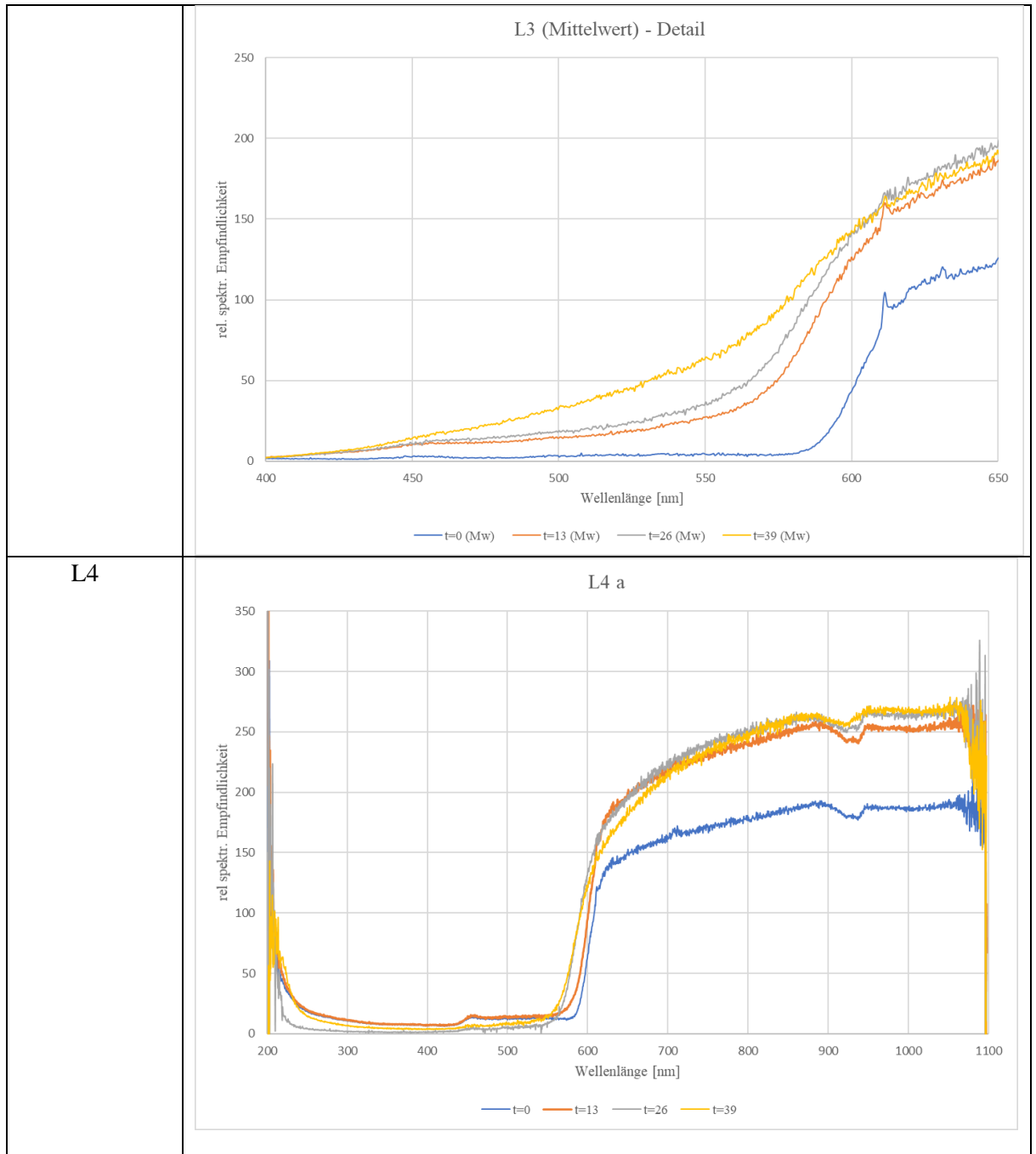


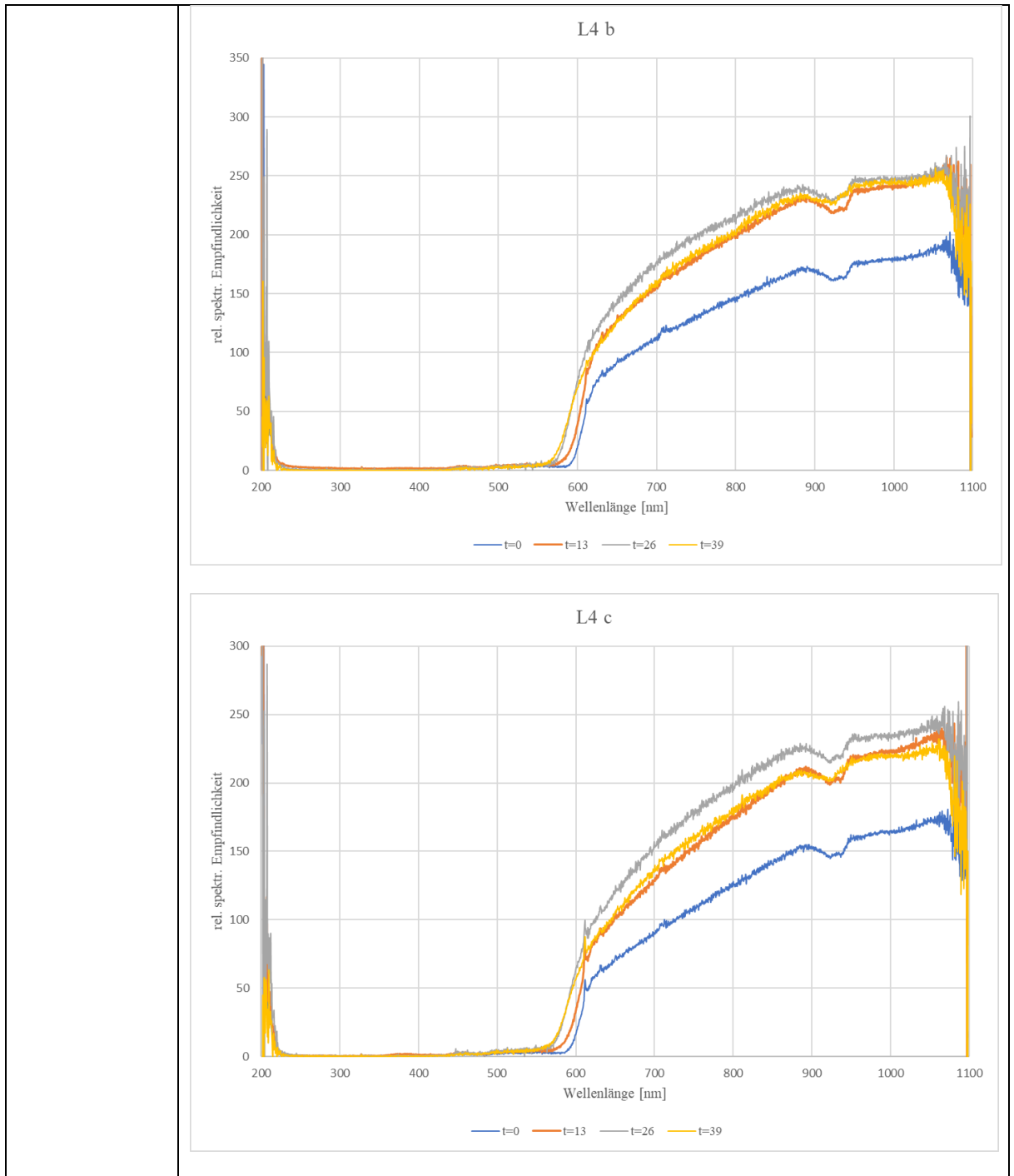


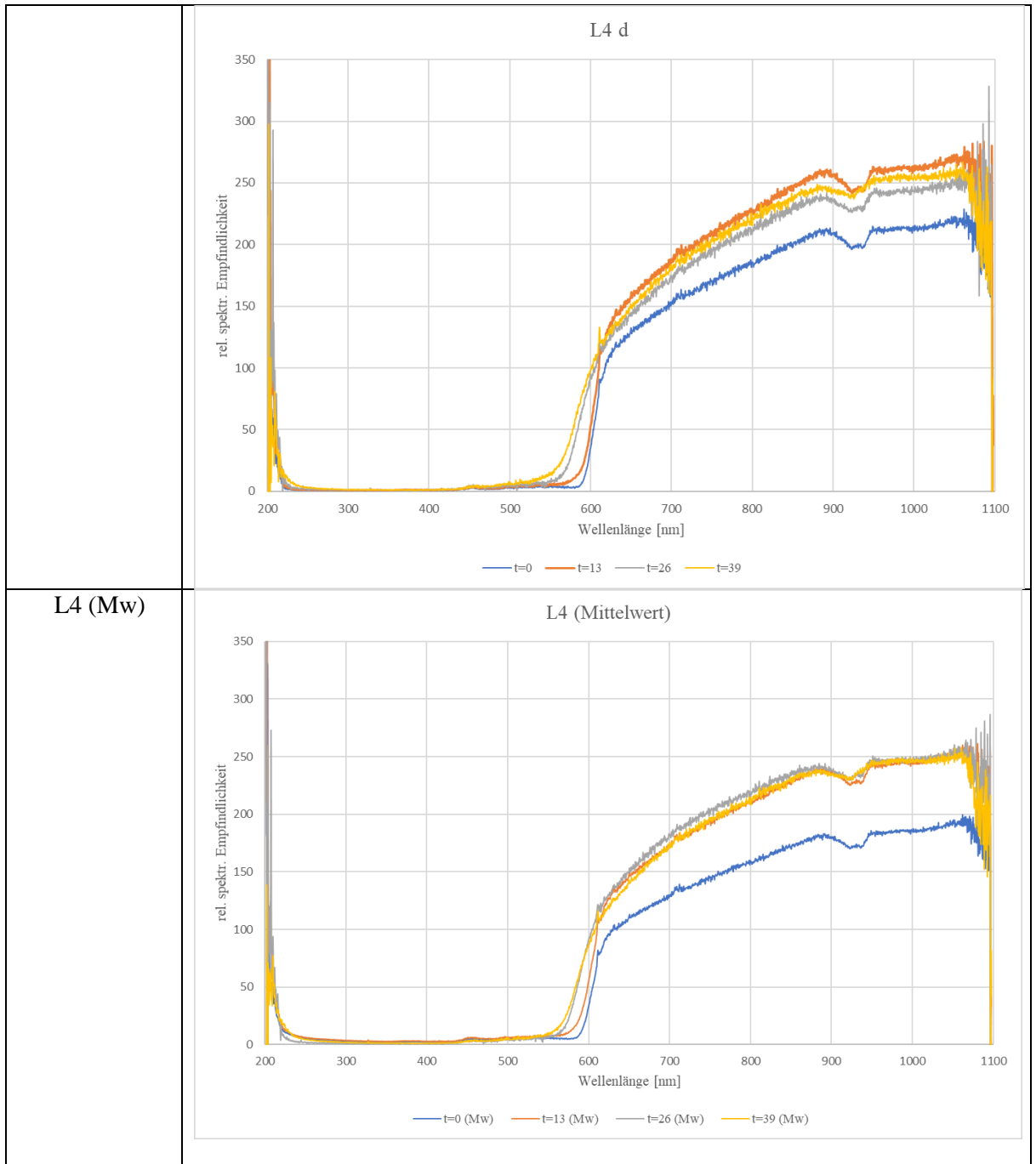


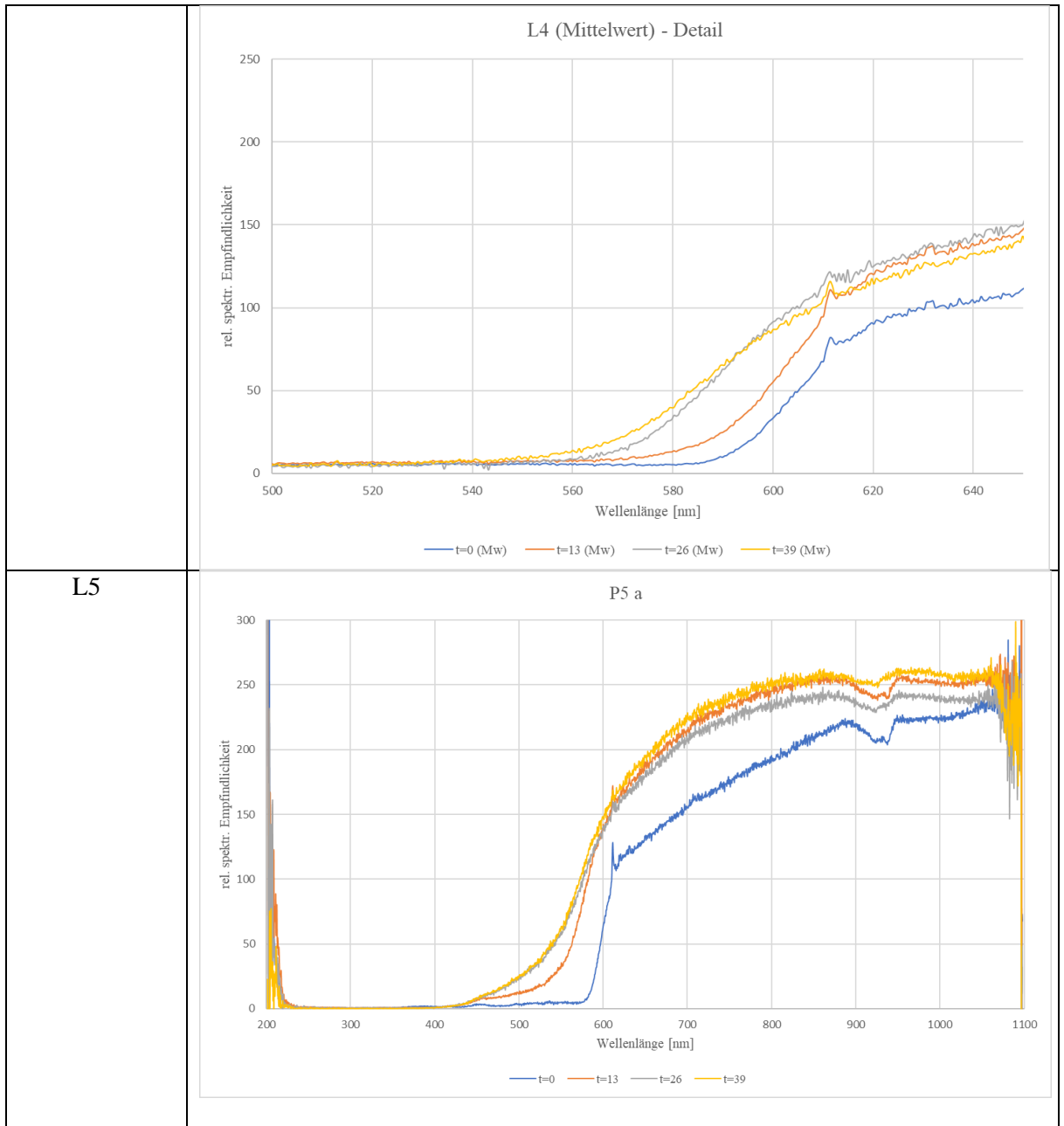


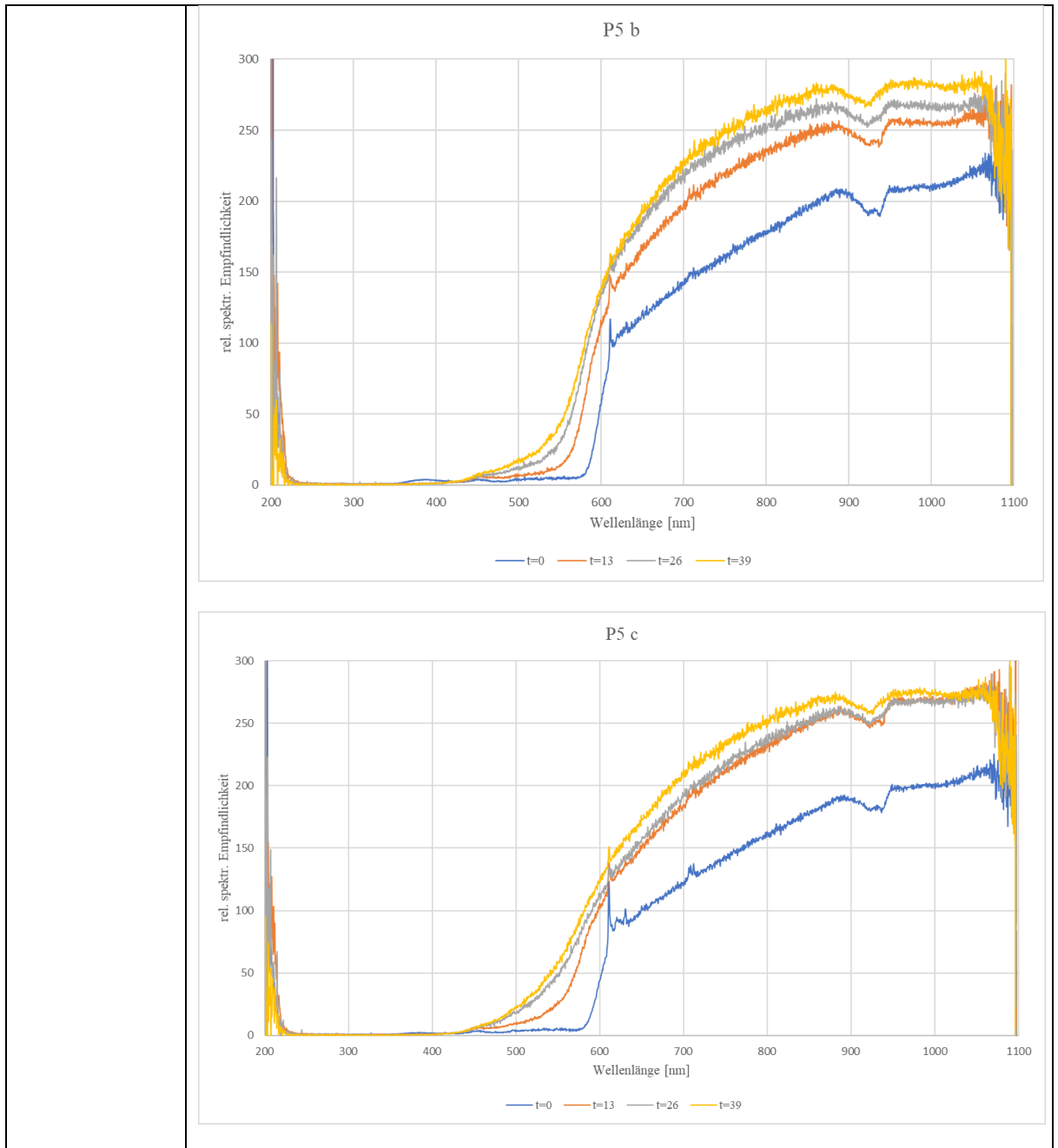


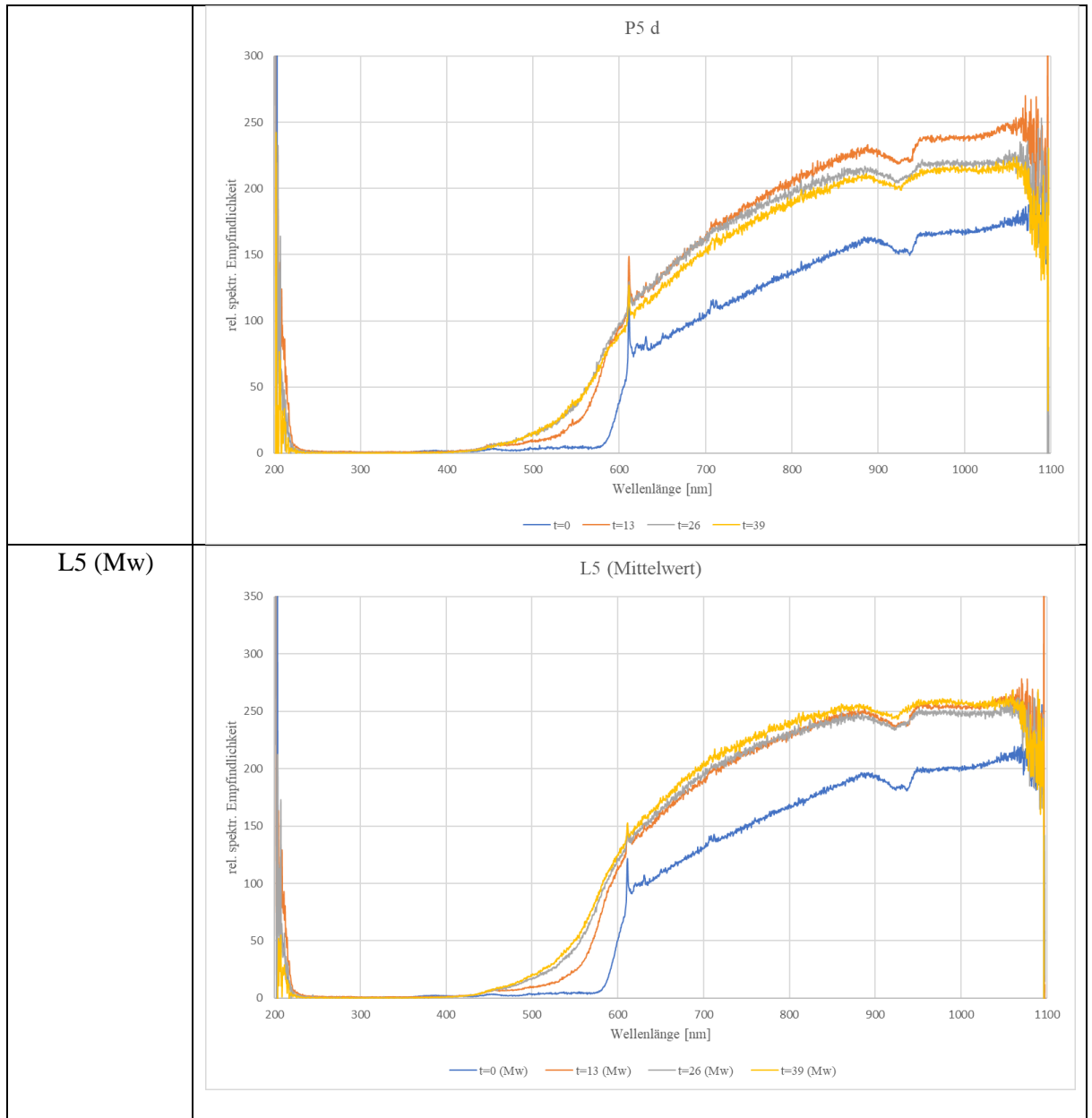


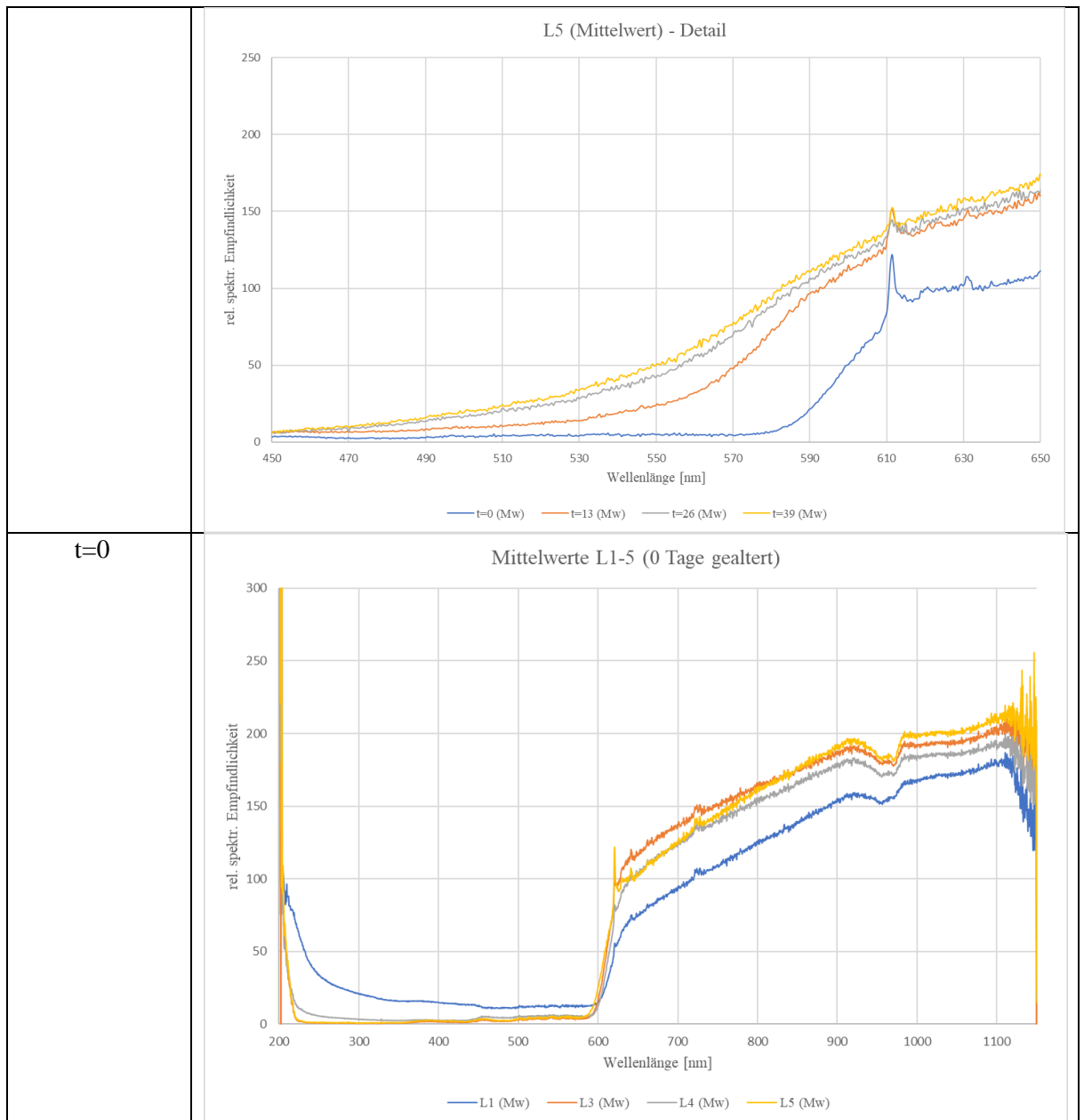


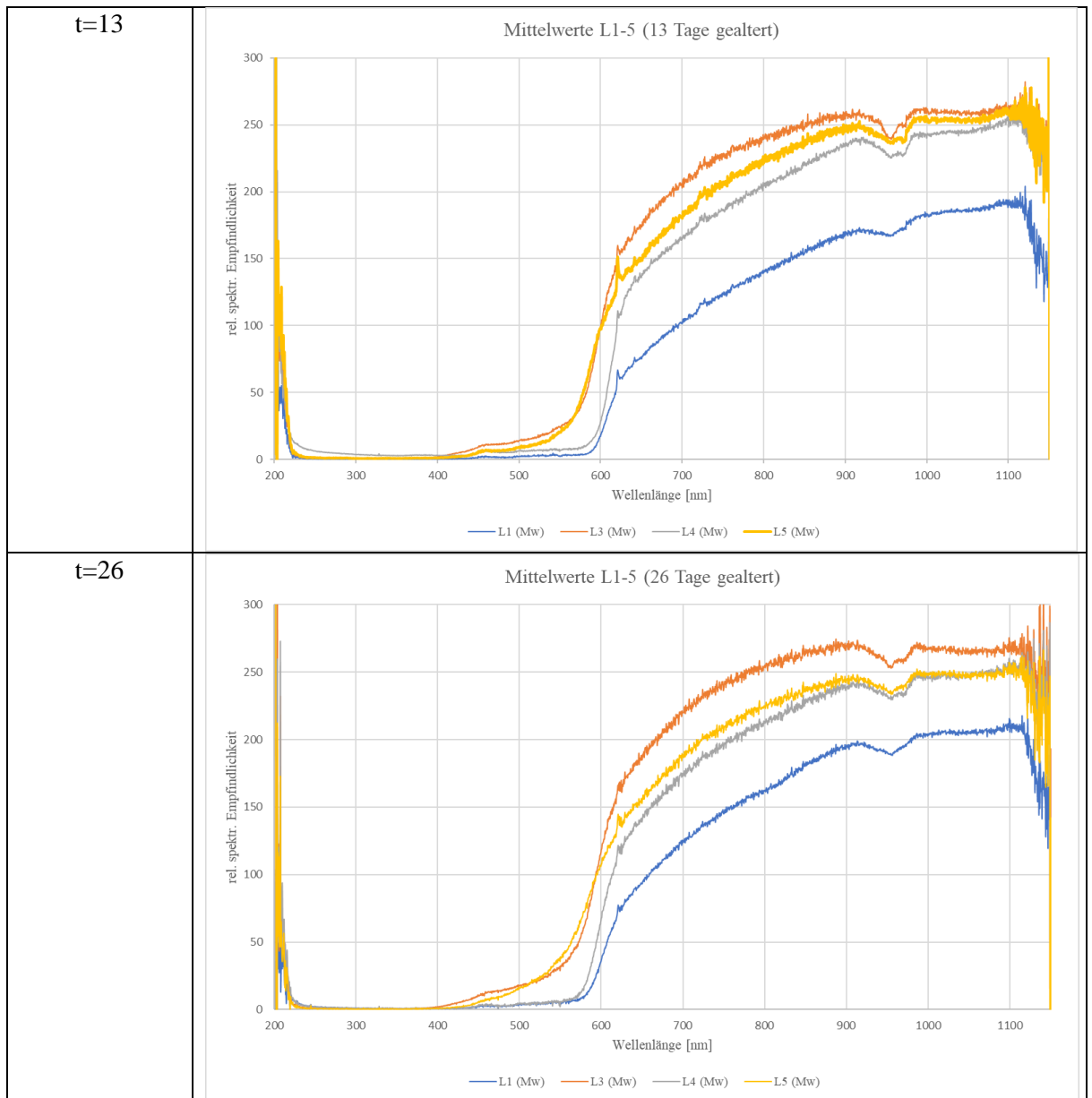


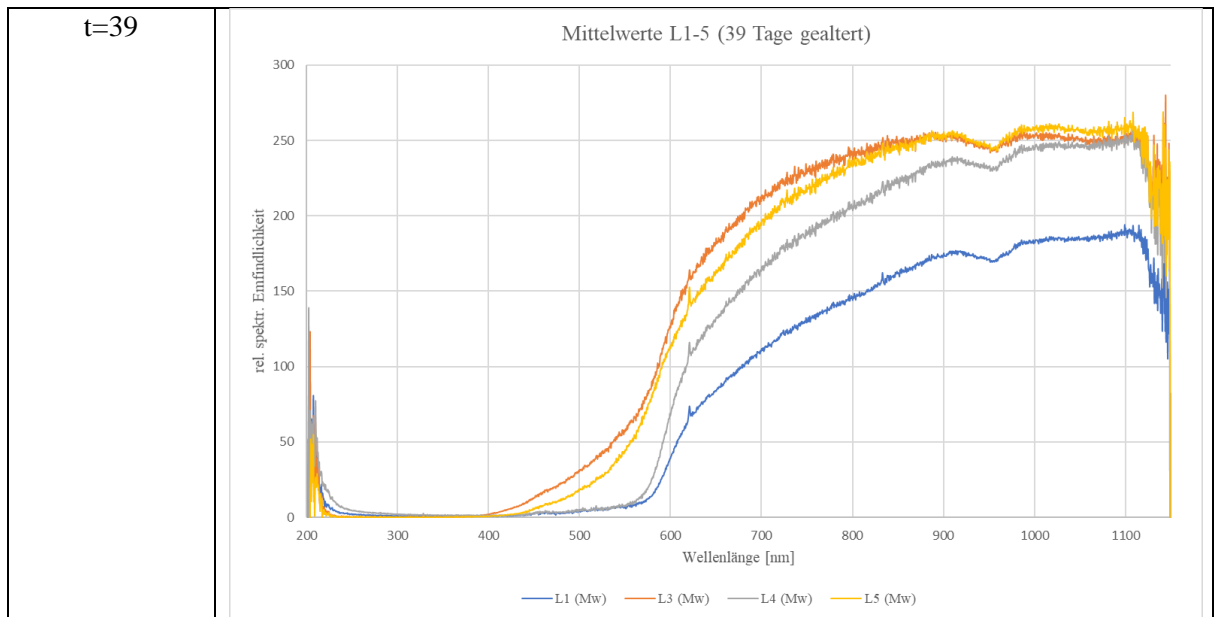












3.3 L*a*b*-Werte

t=0	Probennr.	L*	a*	b*	ΔE	
t=0	L1	a	50	75	54	-
		b	57	94	73	-
		c	46	74	55	-
		d	40	68	50	-
		∅	48,25	77,75	58	-
	L3	a	68	105	96	-
		d	55	91	72	-
		c	60	95	75	-
		d	61	99	79	-
		∅	61	97,5	80,5	-
	L4	a	61	100	87	-
		b	60	100	80	-
		c	49	82	64	-
		d	59	98	81	-
		∅	57,25	95	78	-
	L5	a	66	98	84	-
		b	64	93	74	-
		c	56	86	70	-
		d	60	92	78	-
		∅	61,5	92,25	76,5	-
t=13	L1	a	43	67	57	11,05
		b	42	61	51	42,4
		c	48	69	62	8,83
		d	41	59	48	9,27
		∅	43,5	64	54,5	17,8875
	L3	a	105	59	79	58,56
		b	61	87	79	10,05

		c	74	81	92	26,1	
		d	62	85	77	14,18	
		∅	75,5	78	81,75	27,2225	
	L4	a	71	93	92	13,19	
		b	60	94	86	8,49	
		c	55	82	70	8,48	
		d	54	90	86	10,68	
		∅	60	89,75	83,5	10,21	
	L5	a	85	72	96	34,37	
		b	77	78	90	25,5	
		c	79	62	92	39,86	
		d	77	62	88	35,9	
		∅	79,5	68,5	91,5	33,9075	
	t=26		Probennr.	L*	a*	b*	ΔE
L1		a	50	74	71	20,03	
		b	50	72	66	24,12	
		c	63	75	66	20,27	
		d	50	68	62	15,62	
		∅	53,25	72,25	66,25	20,01	
L3		a	119	45	80	80,36	
		d	72	89	99	31,97	
		c	94	60	89	50,76	
		d	70	88	91	18,60	
		∅	88,75	70,5	89,75	45,42	
L4		a	78	90	97	22,11	
		b	61	88	92	17,00	
		c	62	82	79	19,85	
		d	69	84	92	20,42	
		∅	67,5	86	90	19,85	
L5		a	96	53	100	56,40	
		b	90	63	97	45,88	
		c	91	44	100	62,36	
		d	81	46	90	51,97	
		∅	89,5	51,5	96,75	54,15	
t=39			Probennr.	L*	a*	b*	ΔE
		L1	a	44	56	50	22,32
			b	45	56	47	47,58
			c	55	54	65	24,10
			d	48	62	50	10
			∅	48	57	53	26,63
		L3	a	112	17	70	101,76
			b	66	59	76	34,07
			c	96	34	87	71,84
	d		62	61	70	39,06	
	∅		84	42,75	75,75	61,68	
	L4	a	65	74	78	27,8	
		b	52	72	68	31,49	
		c	50	65	62	17,14	

L5	d	61	66	73	33,04
	∅	57	69,25	70,25	27,3675
	a	88	42	87	63,13
	b	83	52	84	46,28
	c	82	38	87	57,17
	d	76	36	75	58,31
	∅	82,25	42	83,25	56,2225

3.4 Interpretation

Die UV-VS-Spektren der einzelnen Teststreifen zeigen die größte Veränderung während der ersten Alterungsetappe. Sie zeigt sich besonders in einer Zunahme der Helligkeit, die auf die lichtinduzierte Schädigung des Farbstoffs hinweist. Zudem steigt die relative spektrale Empfindlichkeit im Bereich 600-800 nm an und es findet auch schon nach 13 Tagen eine Vergrößerung des Wellenlängenbereichs um etwa 100 nm von 600 auf 500 nm statt. Beides deutet auf eine Verschiebung des Farbtons ins Gelbliche hin. Die geringste Vergilbung nach 39 Tagen weisen L1 und L4 auf. Die größte Farbverschiebung ($\hat{=}$ Vergrößerung des Wellenlängenbereichs) lässt sich bei allen Testkörpern nach 39 Tagen künstlicher Bestrahlung registrieren. Die größte Helligkeit erreichen die meisten Proben (ausgeschlossen L5 a-c) jedoch nach 13 oder 26 Tagen. Danach setzt eine Verdunkelung ein, die wohl auf die photo- und autoxidative Alterung und der dadurch bedingten Bildung farbverändernder Moleküle zurückzuführen ist. Dies bedeutet, dass die Farbigkeit wieder zunimmt und die Helligkeit der Testkörper im Gegenzug sinkt.

Über die Auswertung der $L^*a^*b^*$ -Werte (L^* :Helligkeit (+ L^* =weiß, - L^* =schwarz), a^* :Rot-/Grün-Werte (+ a^* =rot, - a^* =grün), b^* :Gelb-/Blau-Werte (+ b^* =gelb, - b^* =blau)) und die Berechnung des ΔE -Werts, lässt sich die Farbveränderung der einzelnen Testkörper numerisch darstellen. Das System der $L^*a^*b^*$ -Werte orientiert sich am menschlichen Sehsinn und ist deshalb mit einer relativ hohen Ungenauigkeit verbunden. Die zu den verschiedenen Alterungsstufen eingemessenen $L^*a^*b^*$ -Werte schwanken pro Teststreifen. Insgesamt korrelieren die Veränderungen jedoch gut mit den eingemessenen Spektren und deren Veränderungen über den Testzeitraum hinweg. Wie ΔE zeigt, steigert sich die Farbveränderung stetig.

3.5 Literatur

DIN EN ISO 11664-4:2008

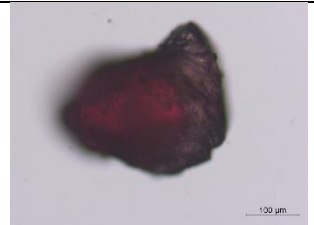
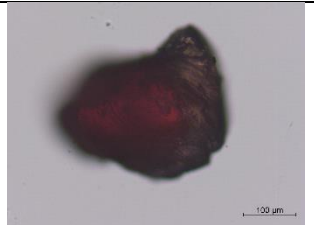
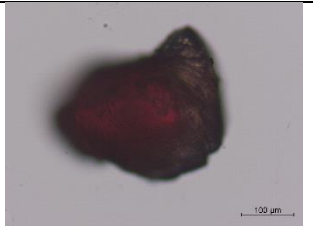



<http://www.spektrum.de/lexikon/optik/relative-spektrale-hellempfindlichkeit/2808> (Stand: 19.11.2017)




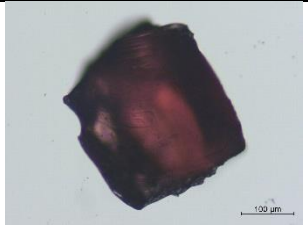
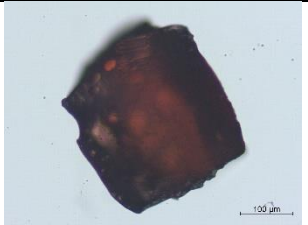
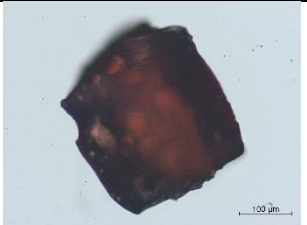
<https://wisotop.de/farbabstand-farben-vergleichen.php> (Stand: 19.11.2017)

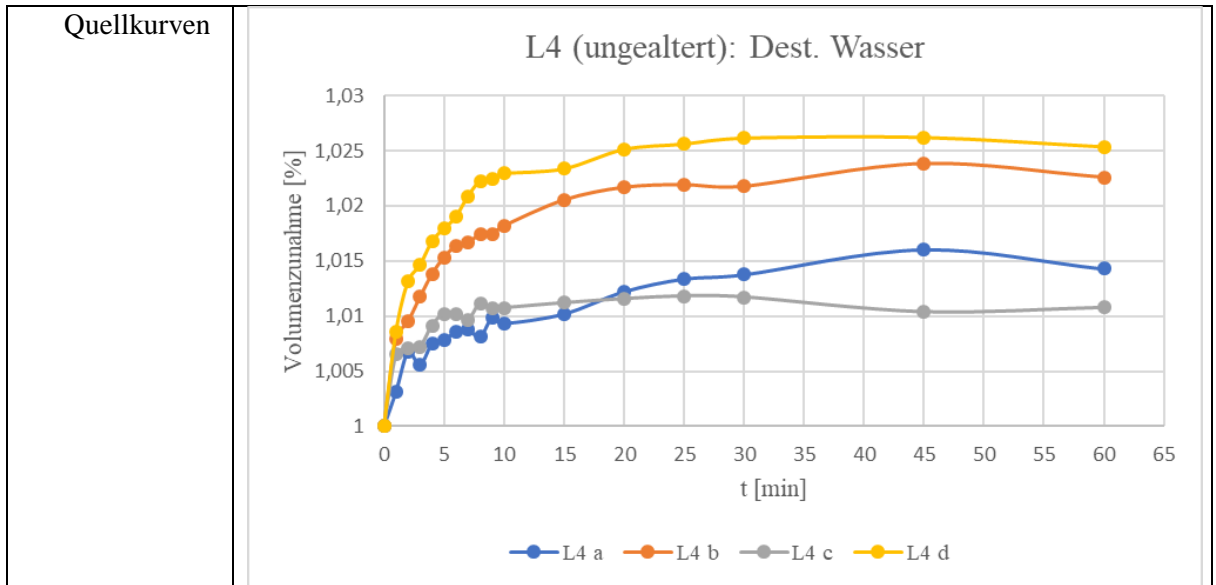
https://www.viewsonic.com/de/products/lcd/pdf/ti_delta_E_de.pdf (Stand: 19.11.2017)

4. McCrone-Test

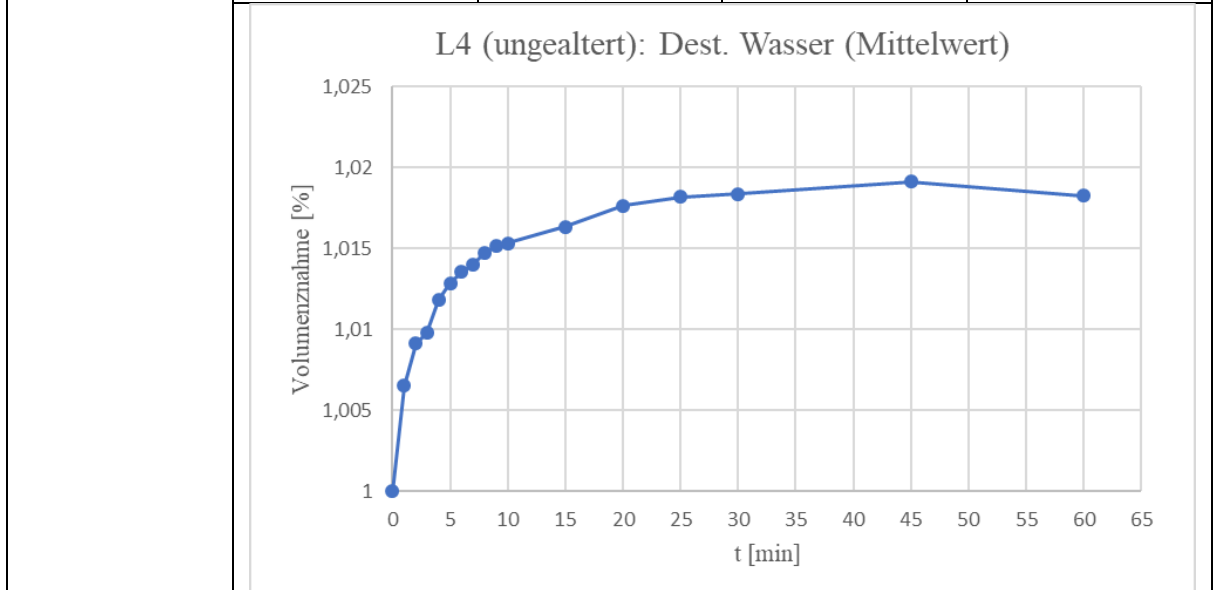
Gerätetyp	Leica DMLM, Leica DMLP
Vergrößerung	10 x, 20x
Kamera	Zeiss Axiocam 105 Color
Beleuchtung	Durchlicht
Institut	Lehrstuhl für Restaurierung, Technische Universität München
Durchführung	Julia Sawitzki
Auswertung	Ermittlung der Größe der Naturkautschukpartikel für die jeweilige Testzeit mit dem Programm ImageJ und anschließende Datenverarbeitung mit Microsoft Excel 2016

4.1 Fragestellung				
Quellungseigenschaften von L1-5 bei Einwirkung von destilliertem Wasser und Isopropanol vor dem Nachstabilisieren mit Irganox 1520 L sowie nach der Alterung (t=39)				
4.2 Durchführung				
Dest. Wasser (t=0)				
a	t=0	t=30	t=60	
				
	t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]
	0	1	9	1,00980459
	1	1,00314255	10	1,00935097
	2	1,00672779	15	1,01020637
	3	1,00556047	20	1,01222105
	4	1,0074875	25	1,01338472
	5	1,0078542	30	1,01376896
	6	1,00858761	45	1,01603858
7	1,00881552	60	1,01428761	
8	1,00811353			
b	t=0	t=30	t=60	
				
	t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]
	0	1	9	1,01745749
	1	1,00788249	10	1,01819543
	2	1,00951626	15	1,02053778
	3	1,01173012	20	1,02168326
	4	1,01380812	25	1,02192925
	5	1,01533542	30	1,02177505
	6	1,01636341	45	1,02384204
7	1,01665346	60	1,02259377	
8	1,01742444			
c	t=0	t=30	t=60	

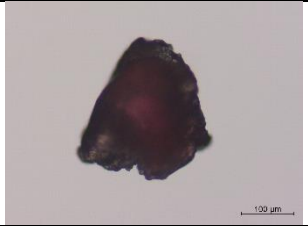
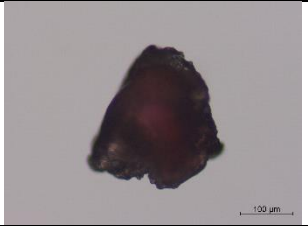
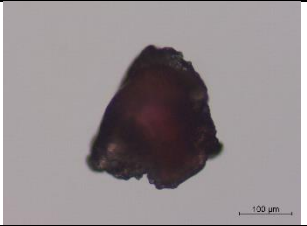



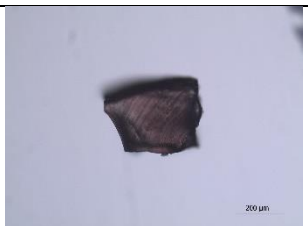
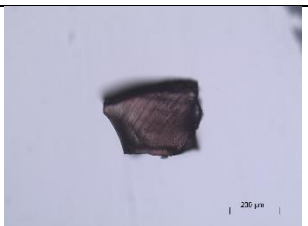
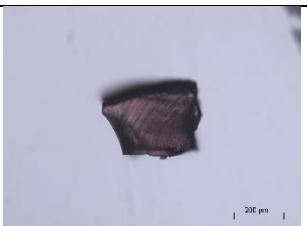
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,01075447
		1	1,00649738	10	1,01075447
		2	1,00706028	15	1,01119291
		3	1,00721303	20	1,01156631
		4	1,00915631	25	1,0118124
		5	1,01020854	30	1,01171906
		6	1,01018594	45	1,01037261
		7	1,00966264	60	1,01076579
		8	1,01114484		
	d	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,02245453
		1	1,00856901	10	1,02292055
		2	1,01311985	15	1,02335653
		3	1,01462719	20	1,0251155
		4	1,01677709	25	1,02559652
		5	1,01794513	30	1,0261298
		6	1,01902009	45	1,02619825
		7	1,02088353	60	1,0253449
		8	1,02223955		

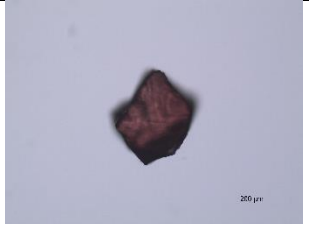
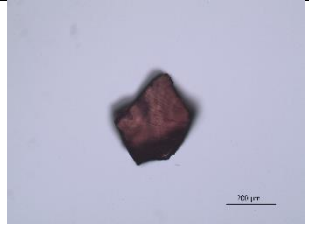
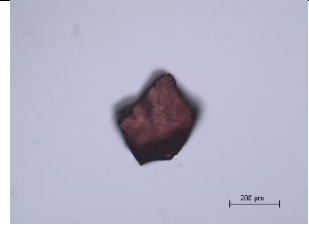


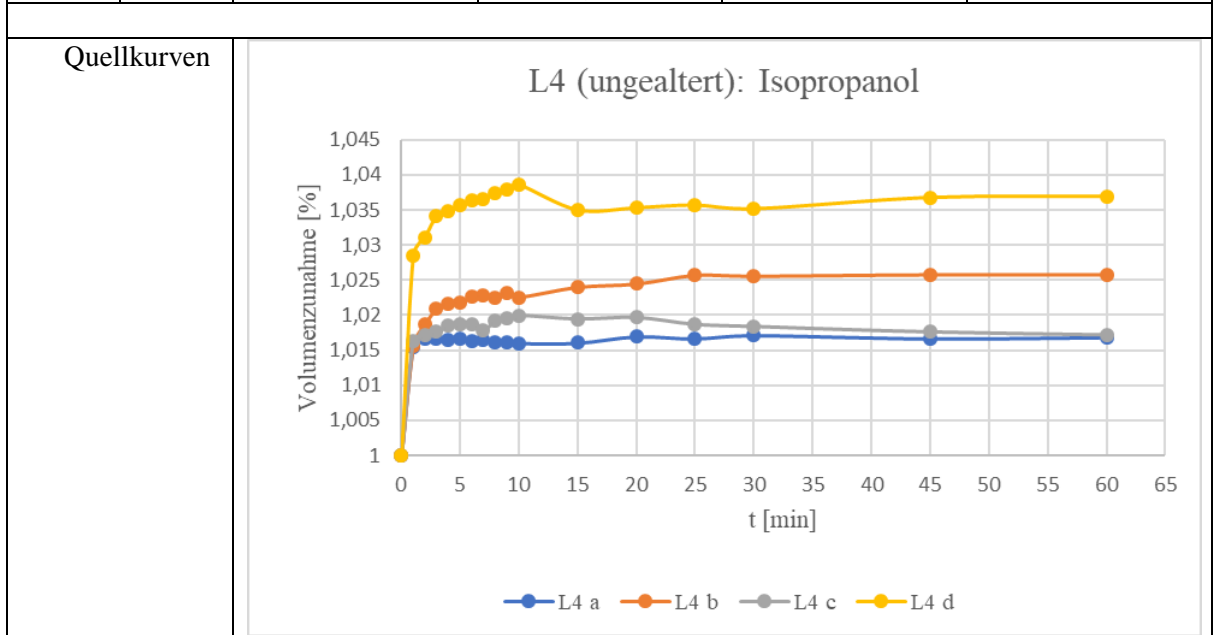
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,01511777
	1	1,00652286	10	1,01530536
	2	1,00910604	15	1,0163234
	3	1,0097827	20	1,01764653
	4	1,01180725	25	1,01818072
	5	1,01283582	30	1,01834822
	6	1,01353926	45	1,01911287
	7	1,01400379	60	1,01824802
	8	1,01473059		



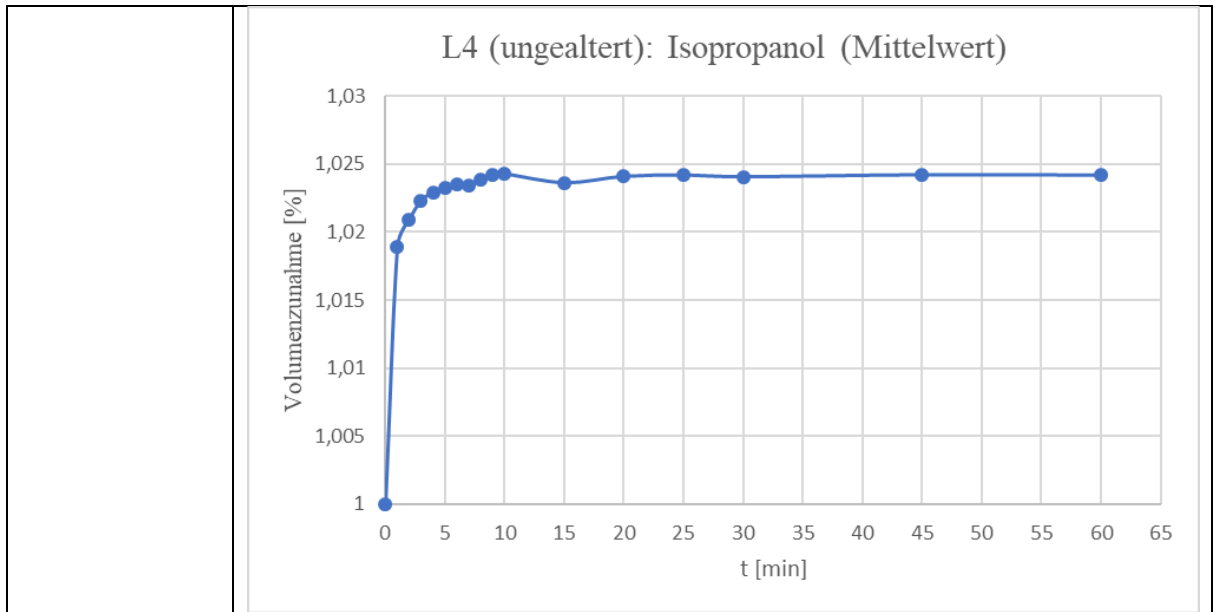
Isopropanol (t=0)				
L4	a	t=0	t=30	t=60

					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,01607486
		1	1,01549844	10	1,01600535
		2	1,01669407	15	1,01606737
		3	1,01663954	20	1,01697319
		4	1,01652938	25	1,01668017
		5	1,0167176	30	1,01714965
		6	1,01623955	45	1,01668444
		7	1,01646415	60	1,01686946
		8	1,0162064		
	b	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,02321404
		1	1,01554735	10	1,02256
		2	1,01869235	15	1,02398918
		3	1,02090878	20	1,02445346
		4	1,02163547	25	1,02570096
		5	1,02182522	30	1,02557177
		6	1,02259634	45	1,02577363
		7	1,02282645	60	1,02577363
		8	1,02250751		
	c	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,01954366
		1	1,01628311	10	1,01996756
		2	1,01723544	15	1,0194693
		3	1,01760132	20	1,01966495
		4	1,01855622	25	1,01869248
		5	1,01868891	30	1,01838528
		6	1,01875705	45	1,01761824
		7	1,01784131	60	1,01719754

	8	1,01925238		
d	t=0		t=30	
				
				
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,03798081
	1	1,02848664	10	1,03856444
	2	1,03111706	15	1,03497639
	3	1,03419137	20	1,03529286
	4	1,03491473	25	1,03568331
	5	1,03561755	30	1,03515311
6	1,03638202	45	1,03675603	
7	1,03657929	60	1,03689988	
8	1,03738075			

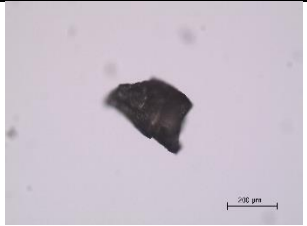
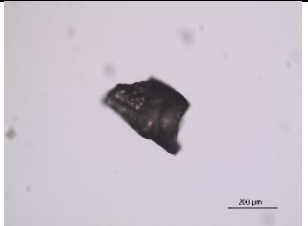
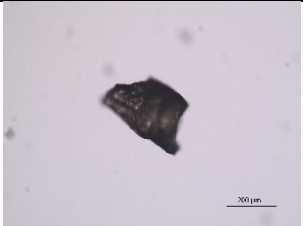

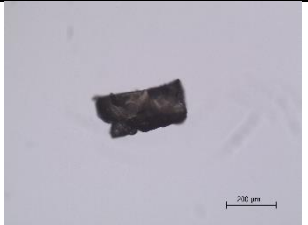
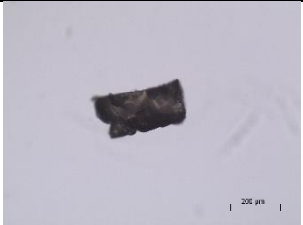


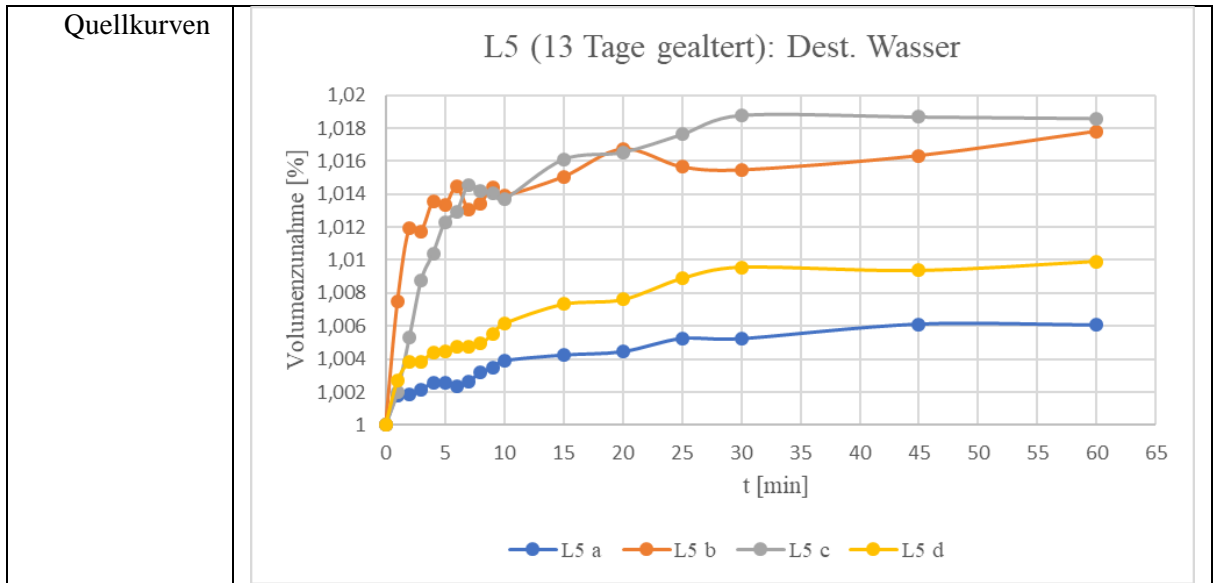
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,02420334
	1	1,01895388	10	1,02427434
	2	1,02093473	15	1,02362556
	3	1,02233526	20	1,02409612
	4	1,02290895	25	1,02418923
	5	1,02321232	30	1,02406495
	6	1,02349374	45	1,02420808
	7	1,0234278	60	1,02418513
	8	1,02383676		



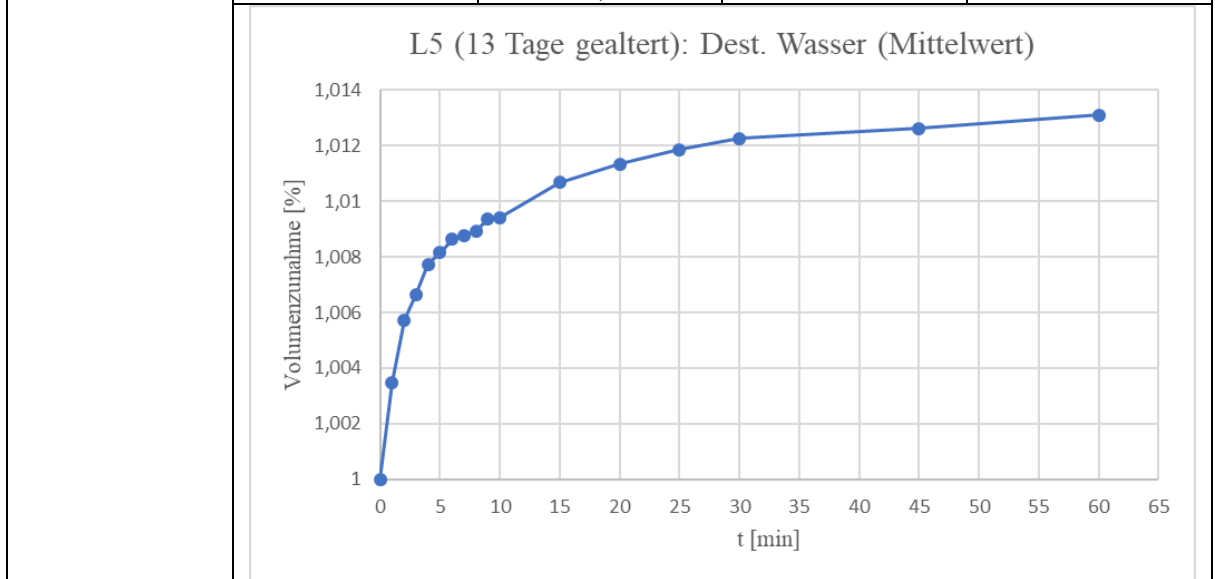
Dest. Wasser (t=13)

L5	a	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,00345423		
		1	1,00178821	10	1,0039023		
		2	1,00187783	15	1,00424854		
		3	1,00213038	20	1,00445221		
		4	1,00259067	25	1,00525467		
		5	1,00254178	30	1,00524244		
		6	1,00237886	45	1,0061223		
7	1,00261918	60	1,00606527				
8	1,00320982						
L5	b	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,01438326		
		1	1,0074807	10	1,0139216		
		2	1,01192851	15	1,01504761		
		3	1,0117596	20	1,0167254		
		4	1,01352747	25	1,0156444		


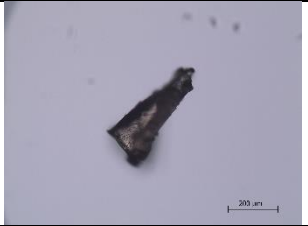


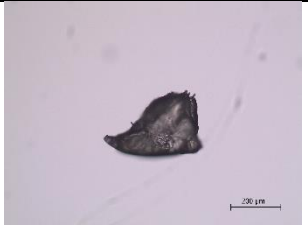
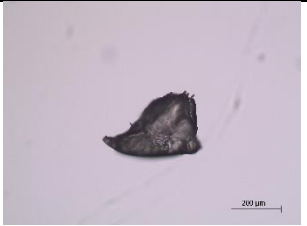
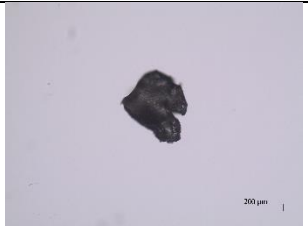
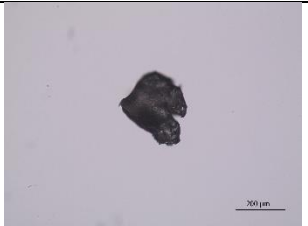
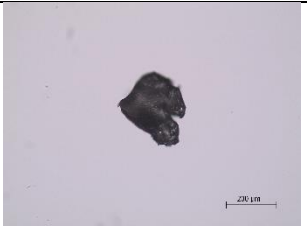
		5	1,01331352	30	1,01545962
		6	1,01445082	45	1,01633127
		7	1,01306581	60	1,0178064
		8	1,01343739		
c	t=0		t=30		t=60
					
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
	0	1	9	1,0140809	
	1	1,00202292	10	1,0136945	
	2	1,00527893	15	1,01610383	
	3	1,00877358	20	1,01653569	
	4	1,0104101	25	1,01761535	
	5	1,01230233	30	1,01877455	
	6	1,0129558	45	1,01867795	
	7	1,01457527	60	1,01858134	
	8	1,01420024			
	d	t=0		t=30	
					
t[min]		Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
0		1	9	1,00549505	
1		1,00268579	10	1,00615014	
2		1,00381442	15	1,00732707	
3		1,00386269	20	1,00760747	
4		1,00441796	25	1,00889026	
5		1,00444211	30	1,00957226	
6		1,00472578	45	1,00937309	
7		1,00478009	60	1,00992835	
8		1,00492935			

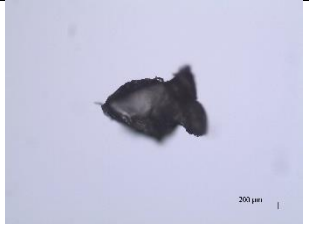

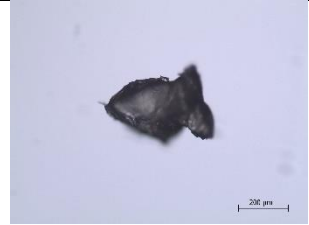


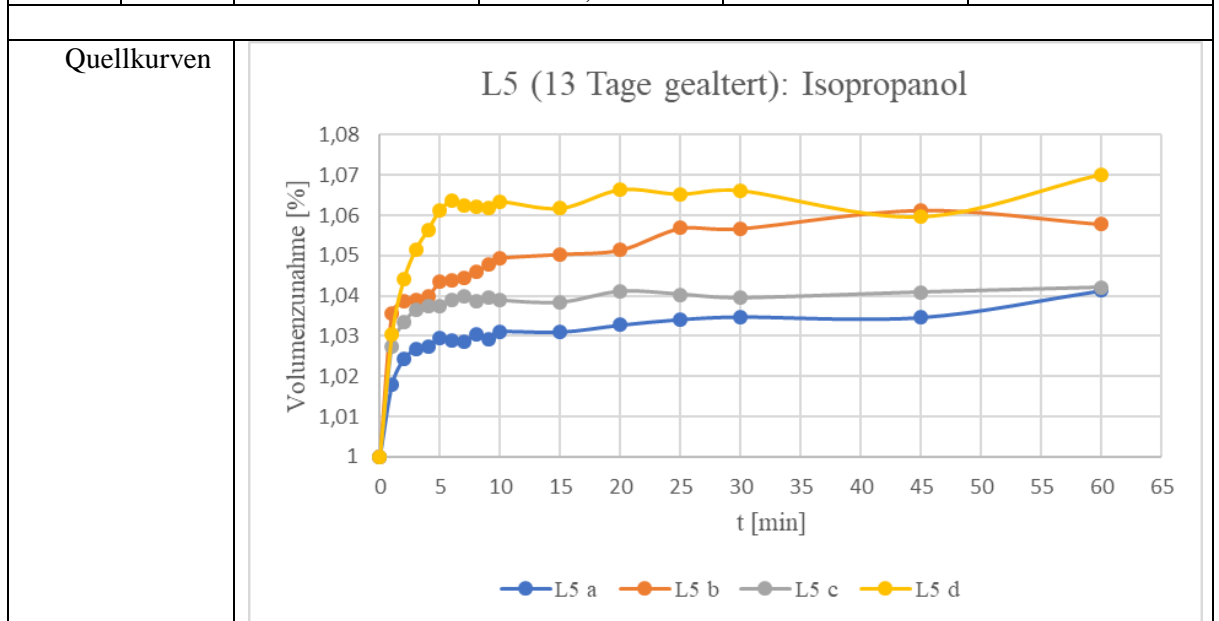
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,00935336
	1	1,00349441	10	1,00941714
	2	1,00572492	15	1,01068176
	3	1,00663156	20	1,01133019
	4	1,00773655	25	1,01185117
	5	1,00814994	30	1,01226222
	6	1,00862781	45	1,01262615
	7	1,00876009	60	1,01309534
	8	1,0089442		



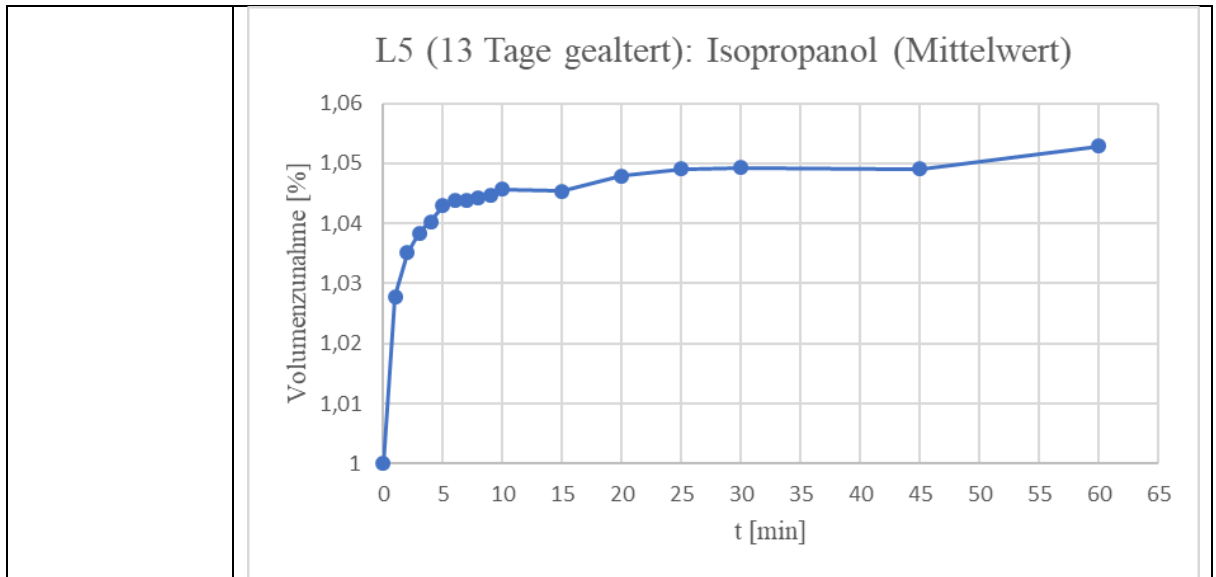
Isopropanol (t=13)				
L5	a	t=0	t=30	t=60

						
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
	0	1	9	1,02935442		
	1	1,01787751	10	1,0311201		
	2	1,02435166	15	1,03100975		
	3	1,0267059	20	1,03275704		
	4	1,02751517	25	1,03415486		
	5	1,02957513	30	1,03478021		
	6	1,02883943	45	1,03465146		
	7	1,02874747	60	1,04134633		
	8	1,03043958				
b	t=0		t=30		t=60	
						
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
	0	1	9	1,04776768		
	1	1,03571506	10	1,04938225		
	2	1,03873902	15	1,05032184		
	3	1,03902521	20	1,05141263		
	4	1,0398568	25	1,05681255		
	5	1,04360435	30	1,05675315		
	6	1,04379334	45	1,06128368		
7	1,04431713	60	1,05781693			
8	1,04593711					
c	t=0		t=30		t=60	
						
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
	0	1	9	1,03948631		
	1	1,02750526	10	1,0388561		
	2	1,03335223	15	1,03832391		
	3	1,03645429	20	1,04105483		
	4	1,03743462	25	1,0403406		
	5	1,03742762	30	1,0394373		
	6	1,0388561	45	1,04085877		
7	1,0397524	60	1,04205617			

	8	1,03865302						
d	t=0		t=30		t=60			
								
	t[min]		Volumenzun.[%]		t[min]		Volumenzun.[%]	
	0		1		9		1,06179465	
	1		1,03031467		10		1,06336093	
	2		1,04408533		15		1,06168777	
	3		1,05154497		20		1,06630552	
	4		1,05635238		25		1,06518573	
	5		1,06131851		30		1,06607161	
	6		1,06351964		45		1,05960187	
7		1,06251723		60		1,07018151		
8		1,06199096						









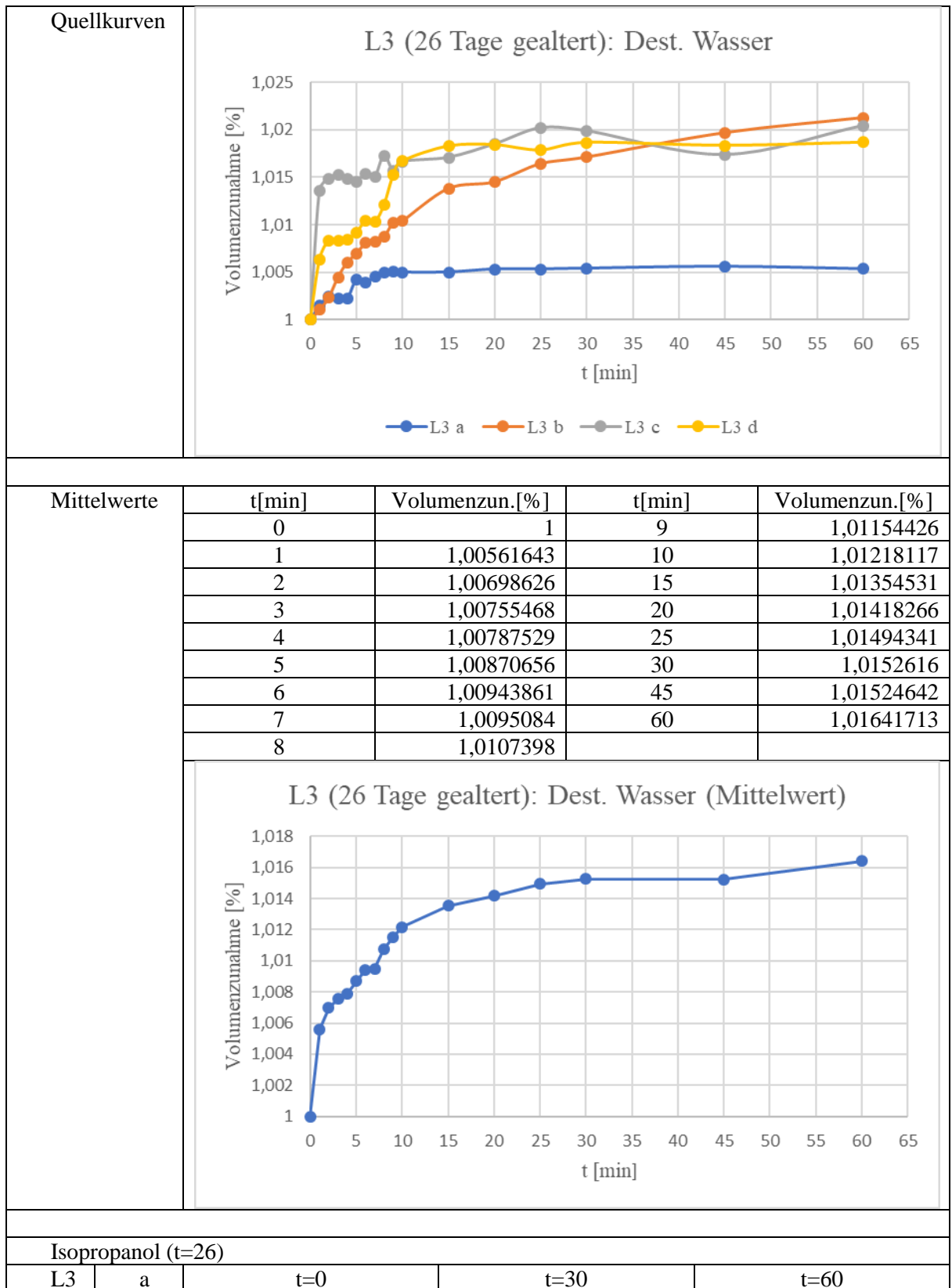
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,04460077
	1	1,02785313	10	1,04567984
	2	1,03513206	15	1,04533582
	3	1,03843259	20	1,0478825
	4	1,04028974	25	1,04912344
	5	1,0429814	30	1,04926057
	6	1,04375213	45	1,04909895
	7	1,04383356	60	1,05285024
	8	1,04425517		




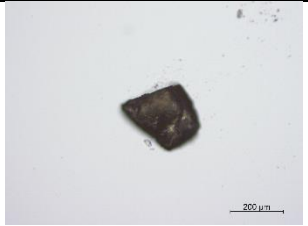

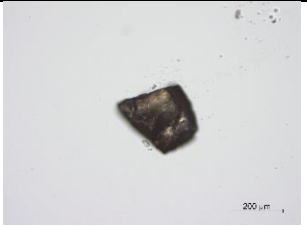

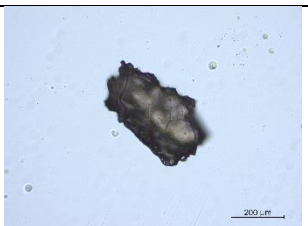



Dest. Wasser (t=26)

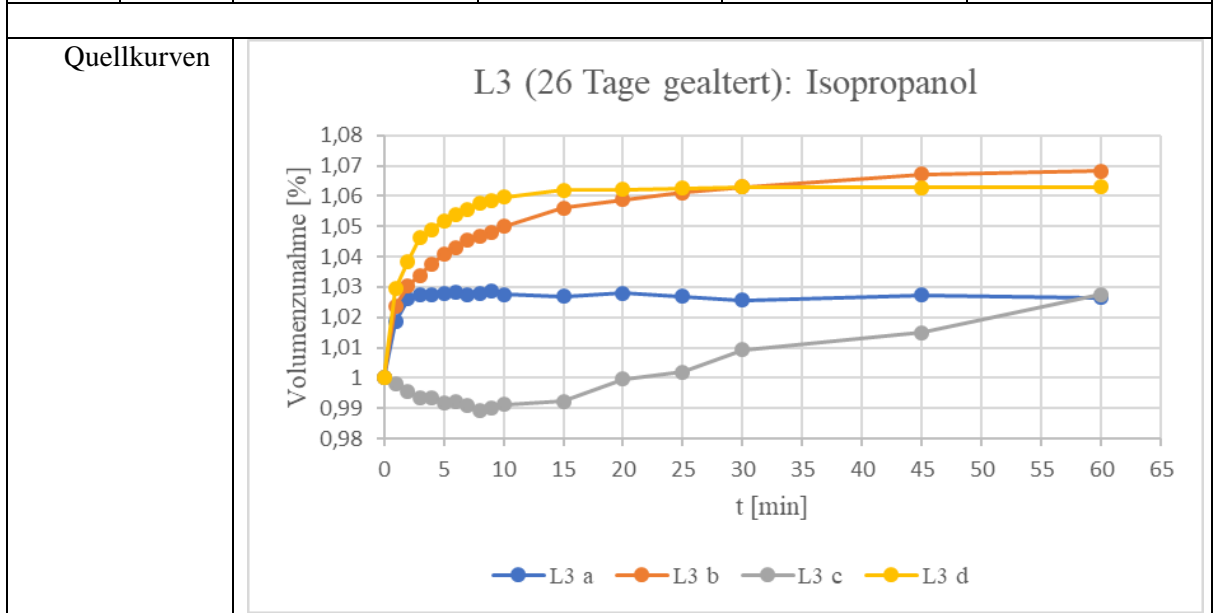
L3	a	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,00506903		
		1	1,00145561	10	1,00498899		
		2	1,00239729	15	1,00500646		
		3	1,00221424	20	1,005319		
		4	1,00221424	25	1,00531817		
		5	1,00418609	30	1,0054055		
		6	1,00392394	45	1,00558937		
		7	1,00452226	60	1,00533749		
		8	1,00491806				
L3	b	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,01020906		
		1	1,00104572	10	1,0104158		
		2	1,00234126	15	1,01382596		
		3	1,00446769	20	1,01452887		
		4	1,0060507	25	1,01643872		
		5	1,00694066	30	1,01713178		

		6	1,00807672	45	1,01969334		
		7	1,00822045	60	1,02127439		
		8	1,00869496				
c		t=0		t=30		t=60	
							
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,01569863		
		1	1,01359133	10	1,01663945		
		2	1,01486714	15	1,01707684		
		3	1,01519745	20	1,01847328		
		4	1,01477829	25	1,0201727		
		5	1,01455049	30	1,01985833		
		6	1,01532957	45	1,01736159		
		7	1,01500837	60	1,02039139		
		8	1,0172823				
	d		t=0		t=30		t=60
							
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,01520033		
		1	1,00637307	10	1,01668045		
		2	1,00833936	15	1,01827199		
		3	1,00833936	20	1,01840948		
		4	1,00845792	25	1,01784404		
		5	1,009149	30	1,01865079		
		6	1,01042421	45	1,01834139		
		7	1,01028252	60	1,01866525		
		8	1,01206386				

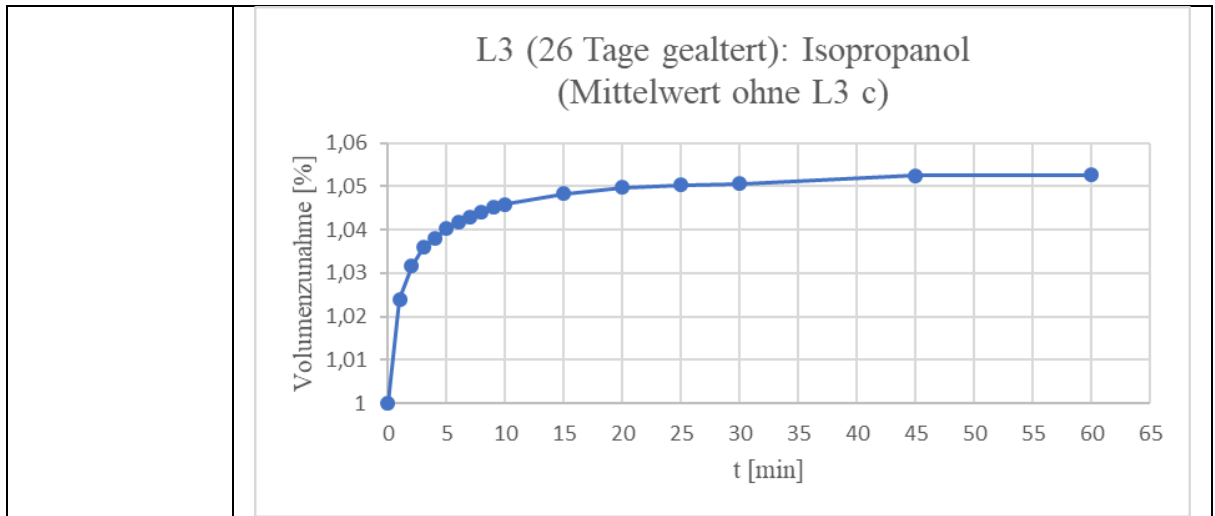


					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,02883083
		1	1,01858603	10	1,02764874
		2	1,02615401	15	1,02691063
		3	1,02748965	20	1,02796508
		4	1,0273546	25	1,02693098
		5	1,02794658	30	1,02569894
		6	1,02824257	45	1,02729911
		7	1,0273546	60	1,02652585
		8	1,02800947		
	b	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,04813056
		1	1,02384281	10	1,05005324
		2	1,03031001	15	1,05617879
		3	1,03392101	20	1,05888803
		4	1,03755978	25	1,06121192
		5	1,0407497	30	1,06301543
		6	1,04296236	45	1,06730173
		7	1,04558022	60	1,06834252
		8	1,04674814		
	c	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	0,98994437
		1	0,99818377	10	0,99124071
		2	0,99569687	15	0,99227373
		3	0,99324598	20	0,99961515
		4	0,99324598	25	1,00204804
		5	0,99165706	30	1,00938271
		6	0,9921612	45	1,01493266
		7	0,99091437	60	1,02763274

	8	0,98919267						
d	t=0		t=30		t=60			
	t[min]		Volumenzun.[%]		t[min]		Volumenzun.[%]	
	0		1		9		1,05863263	
	1		1,02947186		10		1,05974639	
	2		1,03843984		15		1,06194072	
	3		1,0461806		20		1,06217988	
	4		1,04888991		25		1,06267915	
	5		1,05190298		30		1,06305797	
	6		1,05376389		45		1,06289038	
7		1,05567194		60		1,06309986		
8		1,05778946						






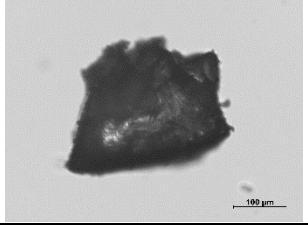
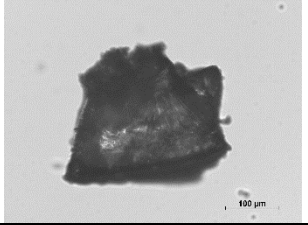
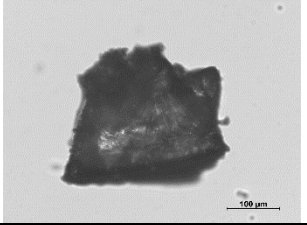
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,04519801
	1	1,0239669	10	1,04581612
	2	1,03163462	15	1,04834338
	3	1,03586375	20	1,04967766
	4	1,03793477	25	1,05027402
	5	1,04019975	30	1,05059078
	6	1,04165627	45	1,05249707
	7	1,04286892	60	1,05265608
	8	1,04418236		

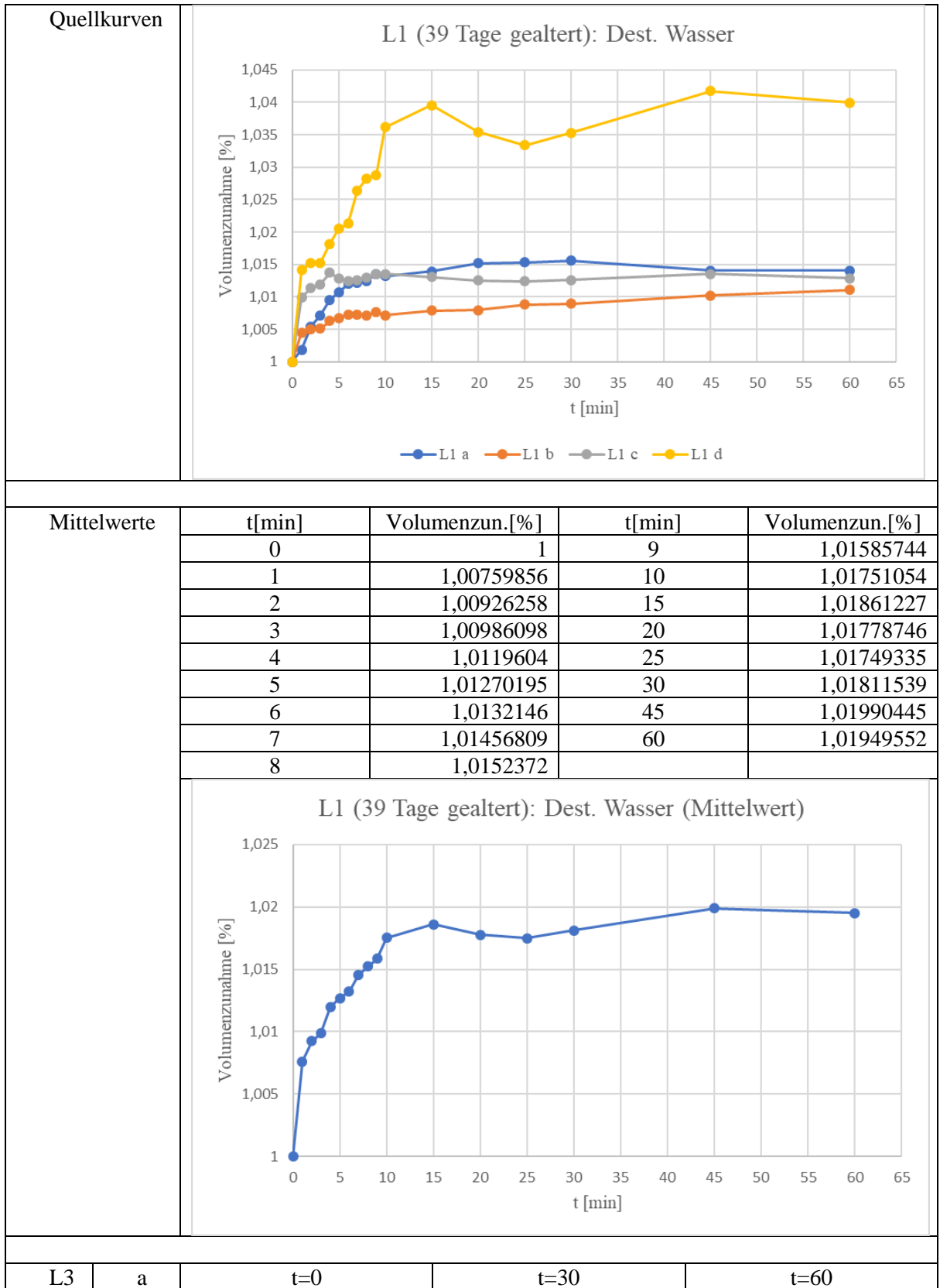


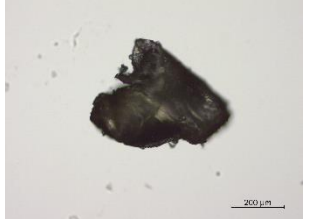





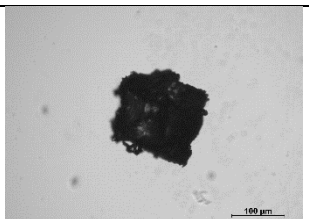
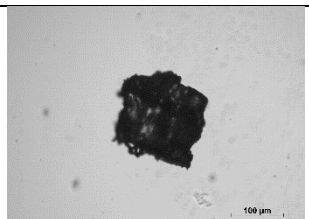
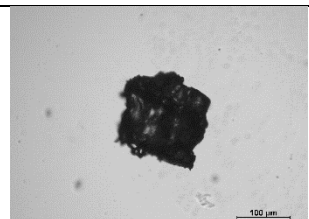
Dest. Wasser (t=39)

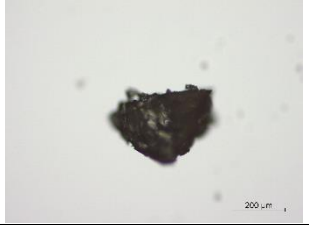
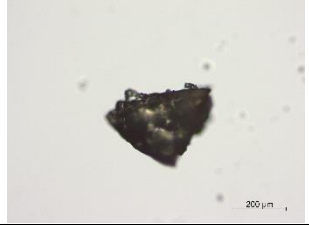
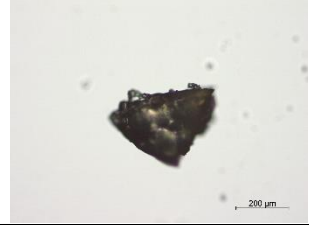
L1	a	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,01351715		
		1	1,00181837	10	1,01322954		
		2	1,00545975	15	1,01393851		
		3	1,0071343	20	1,0151917		
		4	1,00957888	25	1,01531695		
		5	1,01067363	30	1,01556744		
		6	1,01198173	45	1,01408307		
		7	1,01213017	60	1,01406914		
		8	1,01246417				

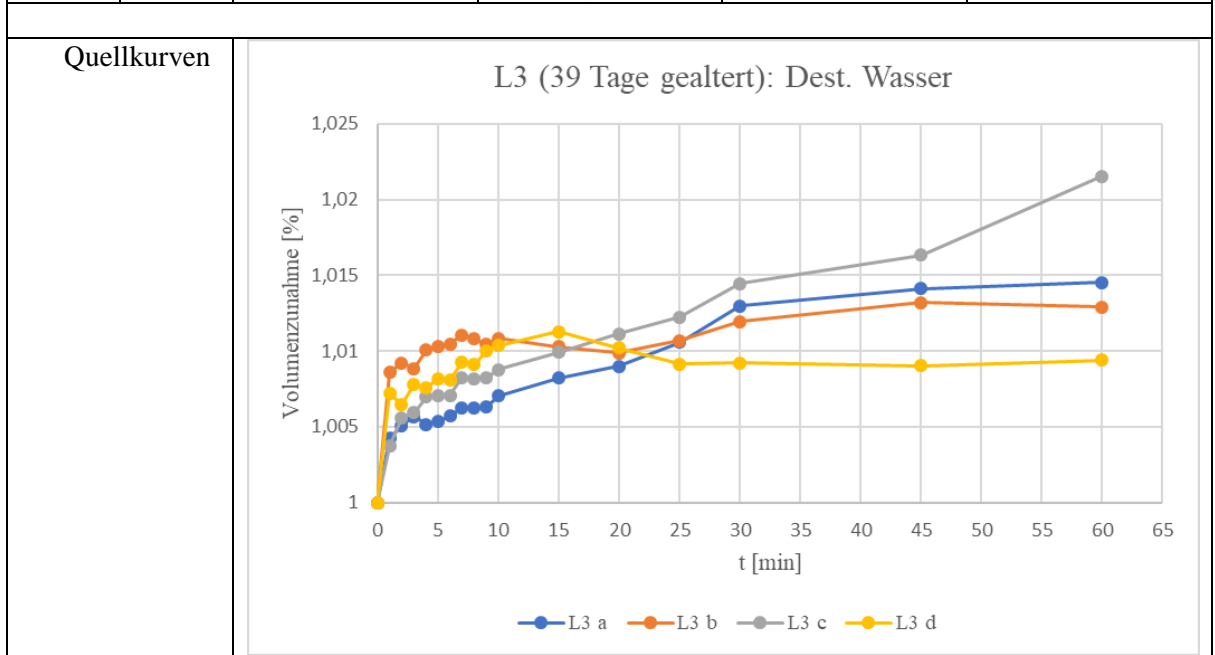
L1	b	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,00762595		
		1	1,00453263	10	1,00714838		
		2	1,00500822	15	1,00788554		
		3	1,0051073	20	1,00795292		
		4	1,0063161	25	1,00883672		
		5	1,00674413	30	1,00897148		
		6	1,00719395	45	1,01023972		

		7	1,00721972	60	1,01108818
		8	1,00716423		
c	t=0		t=30		t=60
					
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
	0	1	9	1,01350631	
	1	1,00992515	10	1,01350631	
	2	1,01132229	15	1,01307084	
	3	1,01194224	20	1,01253255	
	4	1,01373263	25	1,01241509	
	5	1,01287125	30	1,01257839	
	6	1,01237855	45	1,01354914	
	7	1,01251186	60	1,01289241	
	8	1,01301688			
d	t=0		t=30		t=60
					
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
	0	1	9	1,02878034	
	1	1,0141181	10	1,03615794	
	2	1,01526008	15	1,03955418	
	3	1,01526008	20	1,03547265	
	4	1,01821401	25	1,03340463	
	5	1,0205188	30	1,03534425	
	6	1,02130417	45	1,04174589	
	7	1,02641063	60	1,03993234	
	8	1,02830351			

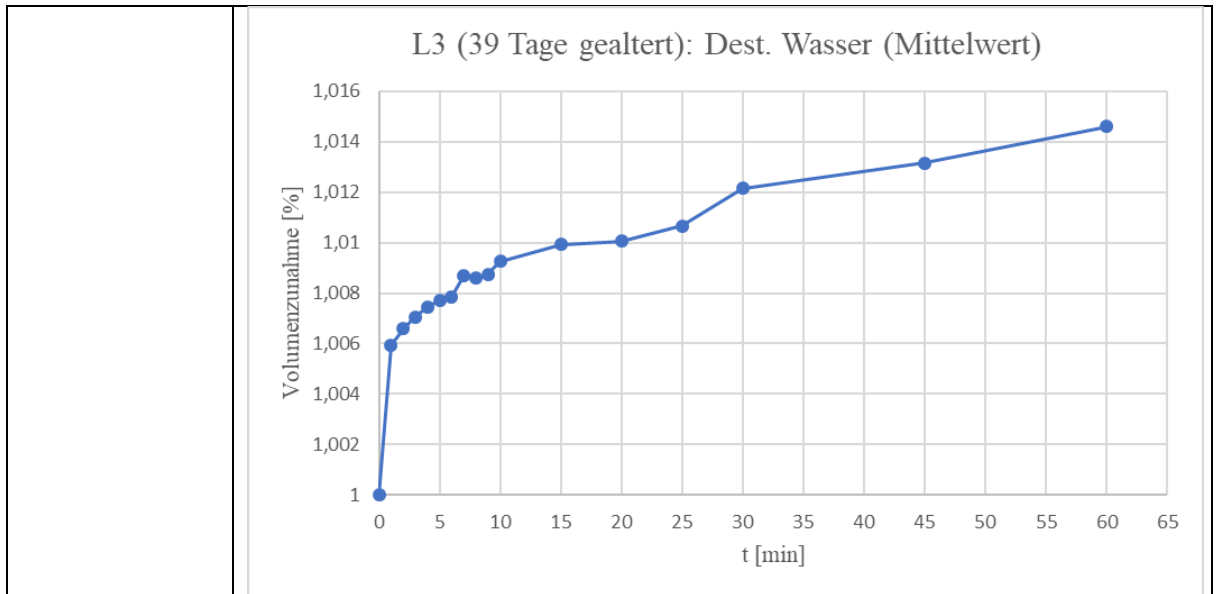



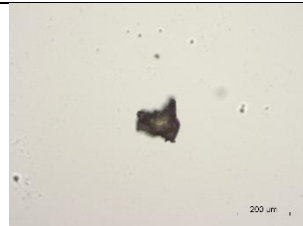
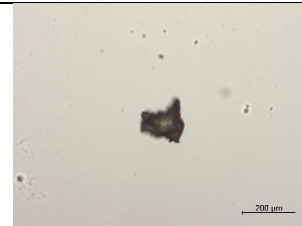
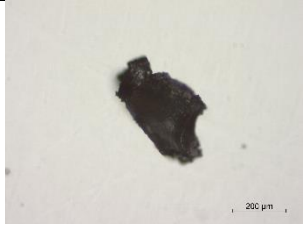

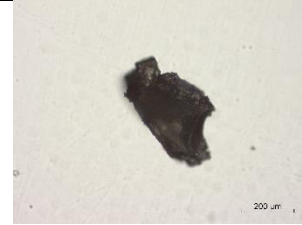
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,00630434
		1	1,00424584	10	1,00705249
		2	1,00508699	15	1,00823039
		3	1,00565903	20	1,00901096
		4	1,0051518	25	1,01056927
		5	1,00534624	30	1,01299127
		6	1,00571539	45	1,01410974
		7	1,0062508	60	1,01453268
		8	1,0062508		
	b	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,01043931
		1	1,00859951	10	1,01083123
		2	1,00922661	15	1,01027609
		3	1,00883928	20	1,00989521
		4	1,01005659	25	1,01069751
		5	1,01028713	30	1,01193788
		6	1,01047619	45	1,01321052
		7	1,01105255	60	1,01289235
		8	1,01080358		
	c	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,00823264
		1	1,00371327	10	1,00876266
		2	1,00558826	15	1,00991957
		3	1,00592166	20	1,01113347
		4	1,0069817	25	1,01224479
		5	1,00708998	30	1,01447313
		6	1,00708998	45	1,01631963
		7	1,00824119	60	1,02154

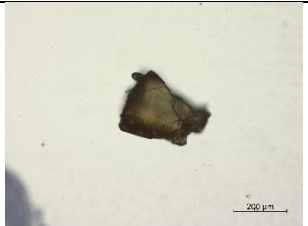
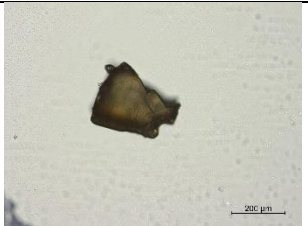
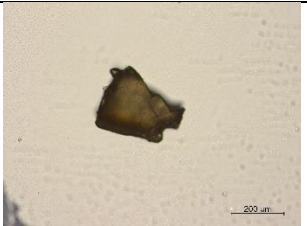



	8	1,0081728			
d	t=0		t=30		t=60
					
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
	0	1	9	1,01002622	
	1	1,00722351	10	1,01036225	
	2	1,00643456	15	1,01127965	
	3	1,00781522	20	1,01020397	
	4	1,00757415	25	1,00913743	
	5	1,00817073	30	1,00920075	
	6	1,00810985	45	1,00901994	
7	1,00925431	60	1,00940955		
8	1,00912283				

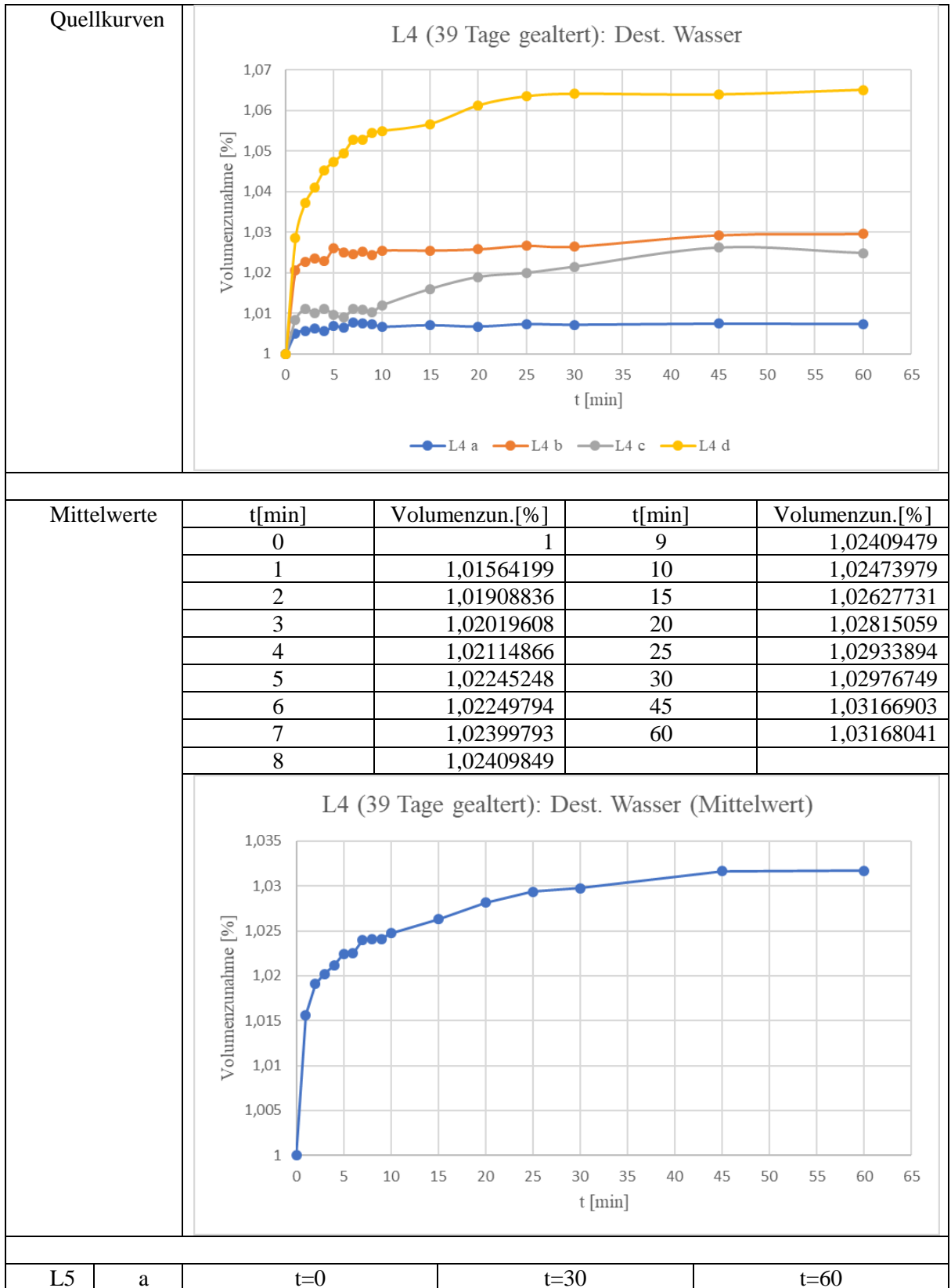


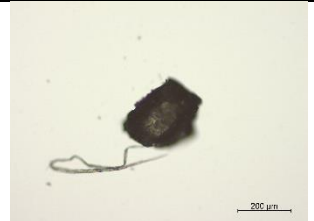


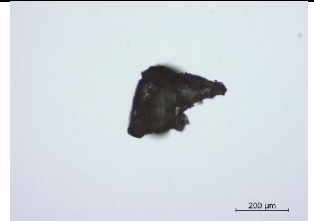


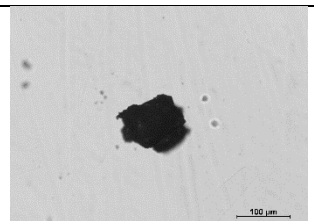
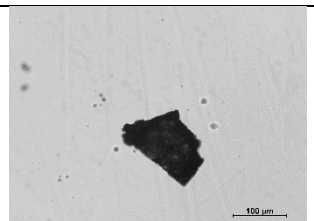
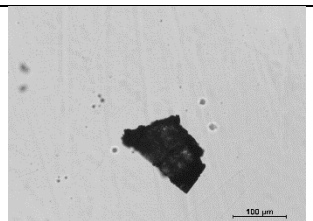
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,00875063
	1	1,00594553	10	1,00925216
	2	1,00658411	15	1,00992642
	3	1,0070588	20	1,0100609
	4	1,00744106	25	1,01066225
	5	1,00772352	30	1,01215076
	6	1,00784785	45	1,01316496
	7	1,00869971	60	1,01459365
	8	1,0085875		



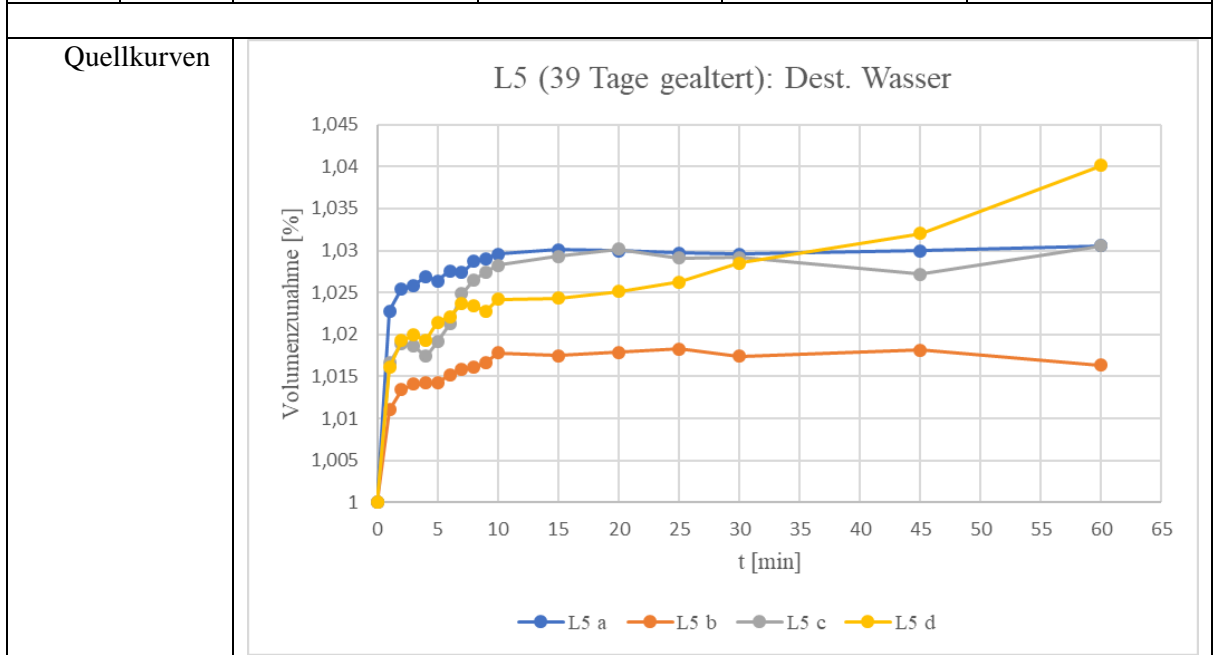
L4	a	t=0		t=30		t=60			
									
		t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]				
		0	1	9	1,00735431				
		1	1,00498024	10	1,00670432				
		2	1,00557205	15	1,0070655				
		3	1,00626797	20	1,00673672				
		4	1,00551668	25	1,0073522				
		5	1,00686934	30	1,00718926				
		6	1,0064993	45	1,00744052				
	7	1,00765906	60	1,00736466					
	8	1,00754142							
	b	t=0		t=30		t=60			
									
		t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]				
		0	1	9	1,02440167				
		1	1,02058751	10	1,02545				
		2	1,02268418	15	1,02545				
		3	1,02346486	20	1,02573997				
		4	1,02281801	25	1,02663217				
5		1,02596302	30	1,02638681					

		6	1,02504851	45	1,02919724
		7	1,02464702	60	1,02953182
		8	1,02513773		
c	t=0		t=30		t=60
					
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
	0	1	9	1,01017383	
	1	1,00844515	10	1,01190913	
	2	1,01100346	15	1,01596478	
	3	1,01004491	20	1,01892305	
	4	1,0110043	25	1,01993118	
	5	1,00963507	30	1,02144502	
	6	1,00895086	45	1,02615182	
	7	1,0110043	60	1,02479665	
	8	1,01091175			
	d	t=0		t=30	
					
t[min]		Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
0		1	9	1,05444936	
1		1,02855505	10	1,05489571	
2		1,03709373	15	1,05662896	
3		1,04100658	20	1,06120262	
4		1,04525563	25	1,06344019	
5		1,04734248	30	1,06404884	
6		1,04949309	45	1,06388654	
7		1,05268133	60	1,0650285	
8		1,05280305			

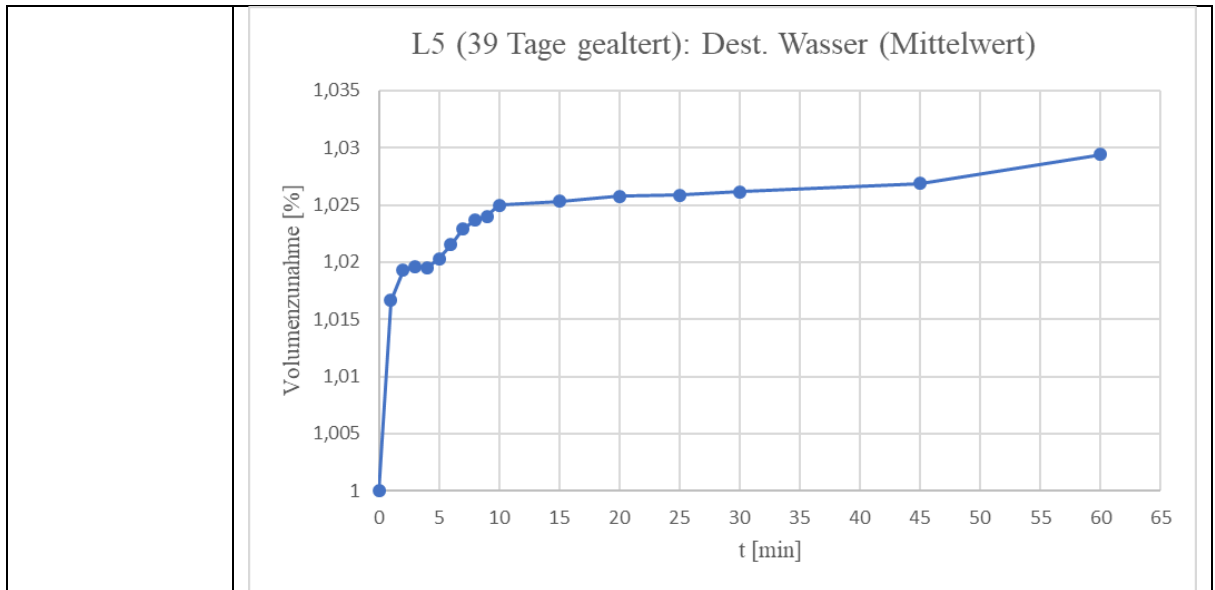


				
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,02906117
	1	1,02277924	10	1,02960266
	2	1,02546771	15	1,0300987
	3	1,02585016	20	1,02995162
	4	1,02694447	25	1,02970867
	5	1,02640678	30	1,02955721
	6	1,02759198	45	1,0299813
	7	1,02737235	60	1,03057958
	8	1,02872037		
b	t=0	t=30	t=60	
				
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,0167161
	1	1,01106826	10	1,01781597
	2	1,01340711	15	1,0174679
	3	1,01412655	20	1,01785773
	4	1,01421007	25	1,01831252
	5	1,01422864	30	1,01741221
	6	1,01519857	45	1,01816403
	7	1,01591788	60	1,01638196
	8	1,01607566		
c	t=0	t=30	t=60	
				
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,08444723
	1	1,01860508	10	1,08826198
	2	1,03093538	15	1,09932762
	3	1,04862409	20	1,10716797
	4	1,05741813	25	1,11212811
	5	1,06514828	30	1,11614893
	6	1,0712394	45	1,12720976
	7	1,07482889	60	1,13055921

	8	1,07952544						
d	t=0		t=30		t=60			
	t[min]		Volumenzun.[%]		t[min]		Volumenzun.[%]	
	0		1		9		1,02283012	
	1		1,01607628		10		1,02417997	
	2		1,01927307		15		1,02430082	
	3		1,01994343		20		1,0251422	
	4		1,01931866		25		1,0262572	
	5		1,02144833		30		1,0284986	
	6		1,0221187		45		1,03205792	
7		1,02369429		60		1,04014509		
8		1,02337964						

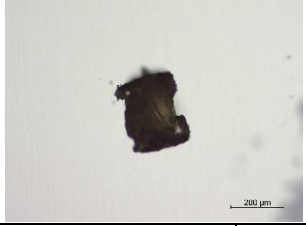
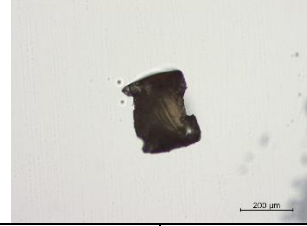

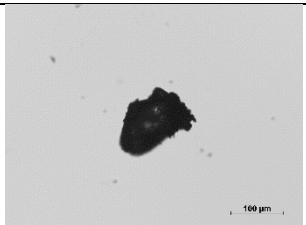
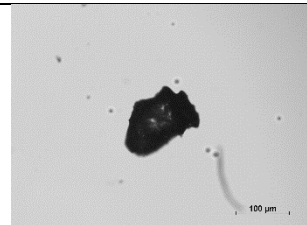
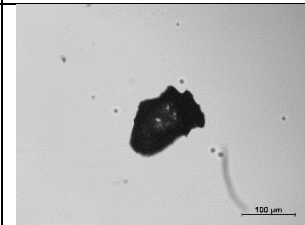


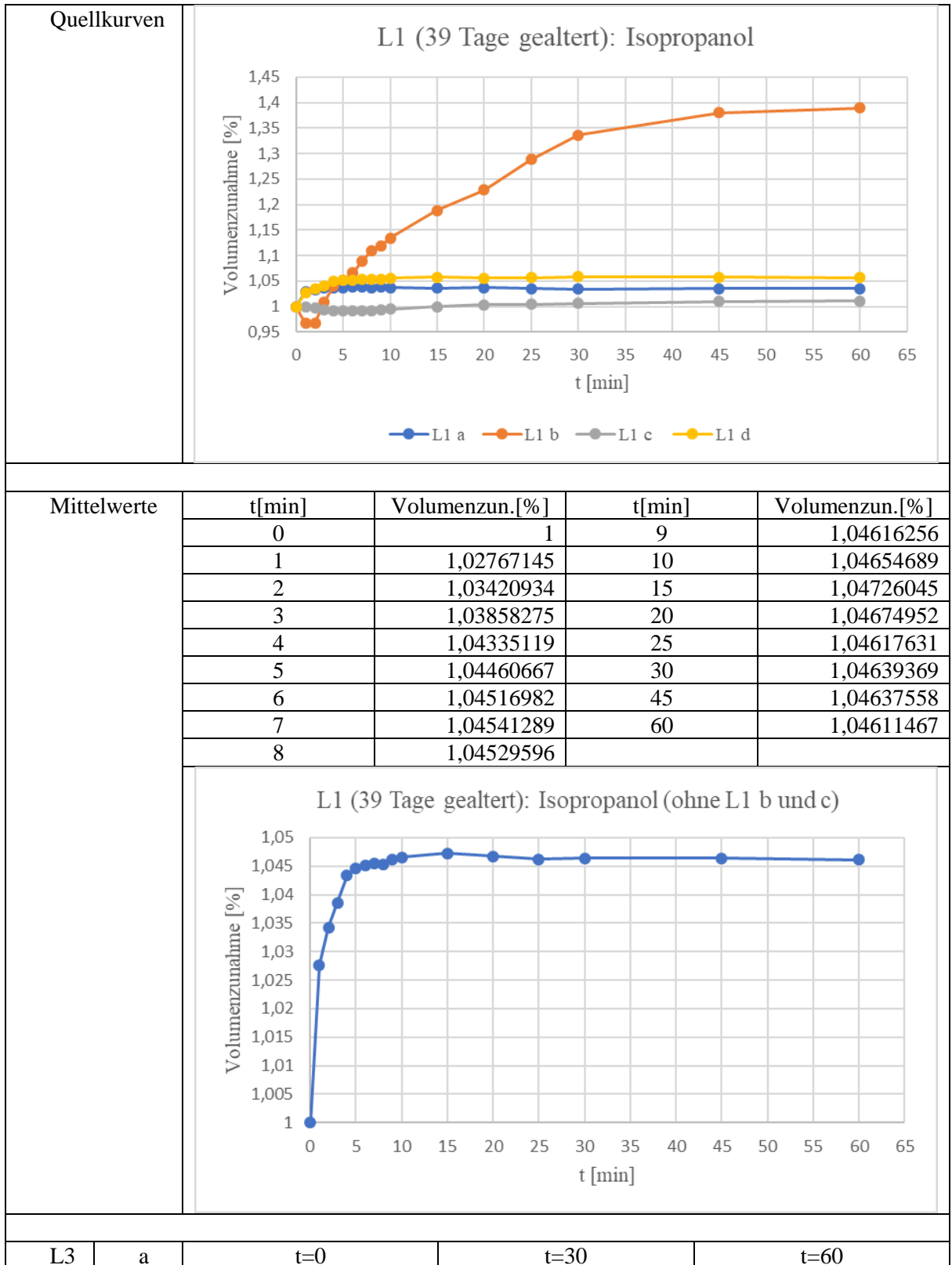
Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,02286913
	1	1,01664126	10	1,0238662
	2	1,01938263	15	1,0239558
	3	1,01997338	20	1,02431718
	4	1,02015774	25	1,02475946
	5	1,02069459	30	1,025156
	6	1,02163642	45	1,02673442
	7	1,02232818	60	1,02903554
	8	1,02272522		

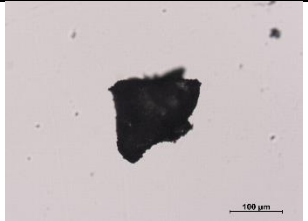
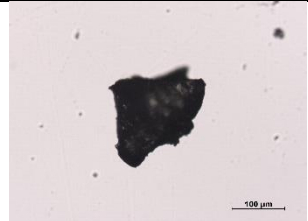
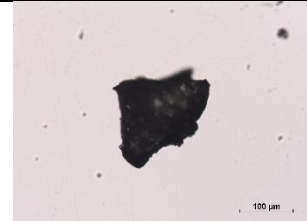
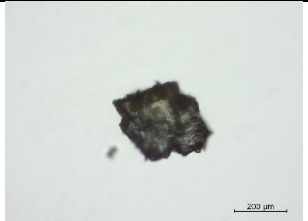

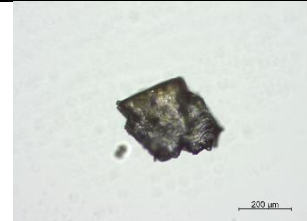
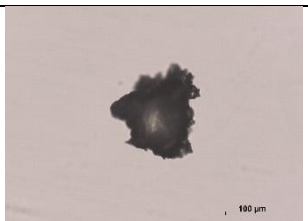
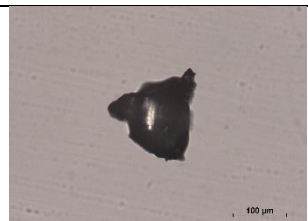
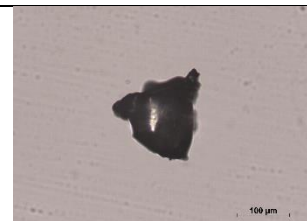


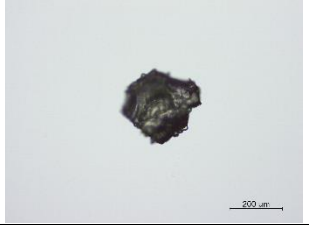
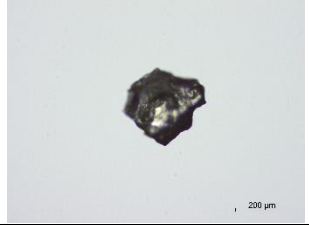
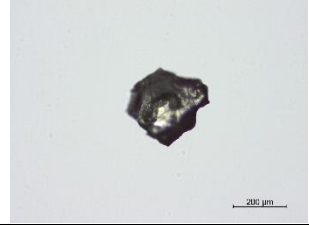
Isopropanol (t=39)

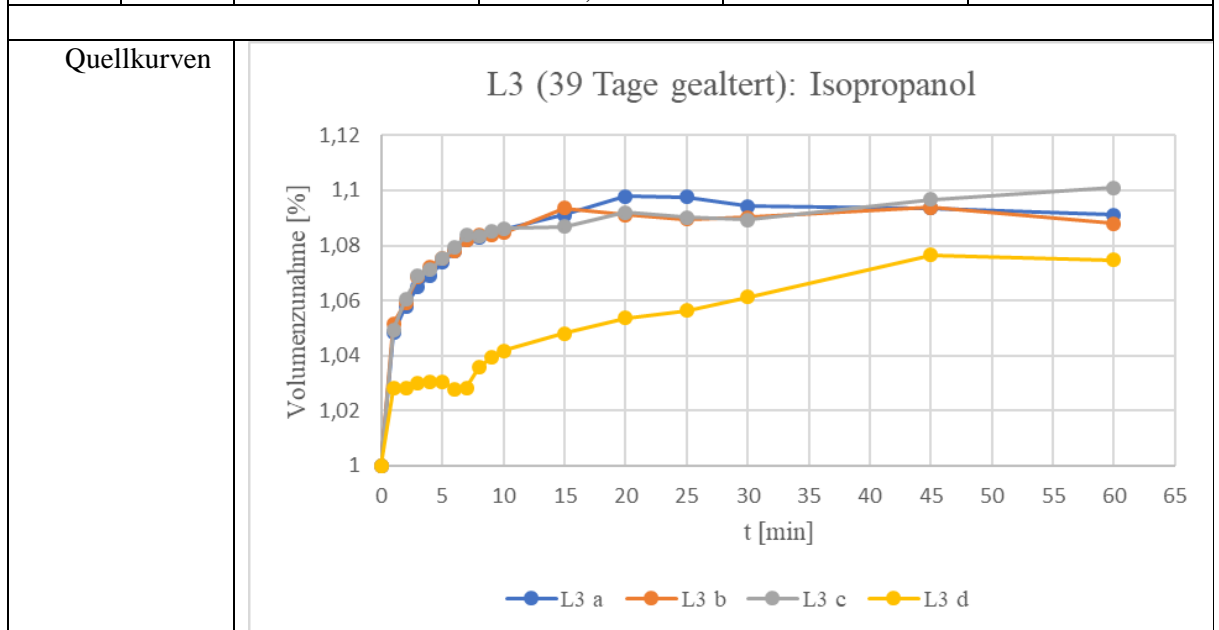
L1	a	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]
		0	1	9	1,03821937		
		1	1,02854869	10	1,0368529		
		2	1,03389176	15	1,03648835		
		3	1,03622255	20	1,03738112		
		4	1,0374288	25	1,03543536		
		5	1,03764347	30	1,03440286		
		6	1,03811035	45	1,03503666		
		7	1,03767418	60	1,03508096		
		8	1,03686994				
L1	b	t=0		t=30		t=60	
		t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]
		0	1	9	1,11866195		
		1	0,96719905	10	1,13395801		
		2	0,9680381	15	1,18848641		
		3	1,00914994	20	1,22897525		
		4	1,04117476	25	1,28892188		

		5	1,05156233	30	1,33612529
		6	1,06601723	45	1,37997037
		7	1,08851033	60	1,38918116
		8	1,10907359		
c	t=0		t=30		t=60
					
	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
	0	1	9	0,99353744	
	1	0,99881056	10	0,99471451	
	2	0,99694241	15	0,9995206	
	3	0,99372046	20	1,00322534	
	4	0,99275483	25	1,00476216	
	5	0,99242033	30	1,00653879	
	6	0,99119277	45	1,01017728	
	7	0,99109495	60	1,01069166	
	8	0,99260336			
	d	t=0		t=30	
					
t[min]		Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	
0		1	9	1,05410574	
1		1,0267942	10	1,05624089	
2		1,03452693	15	1,05803254	
3		1,04094294	20	1,05611791	
4		1,04927359	25	1,05691726	
5		1,05156988	30	1,05838451	
6		1,05222929	45	1,05771449	
7		1,05315161	60	1,05714837	
8		1,05372197			

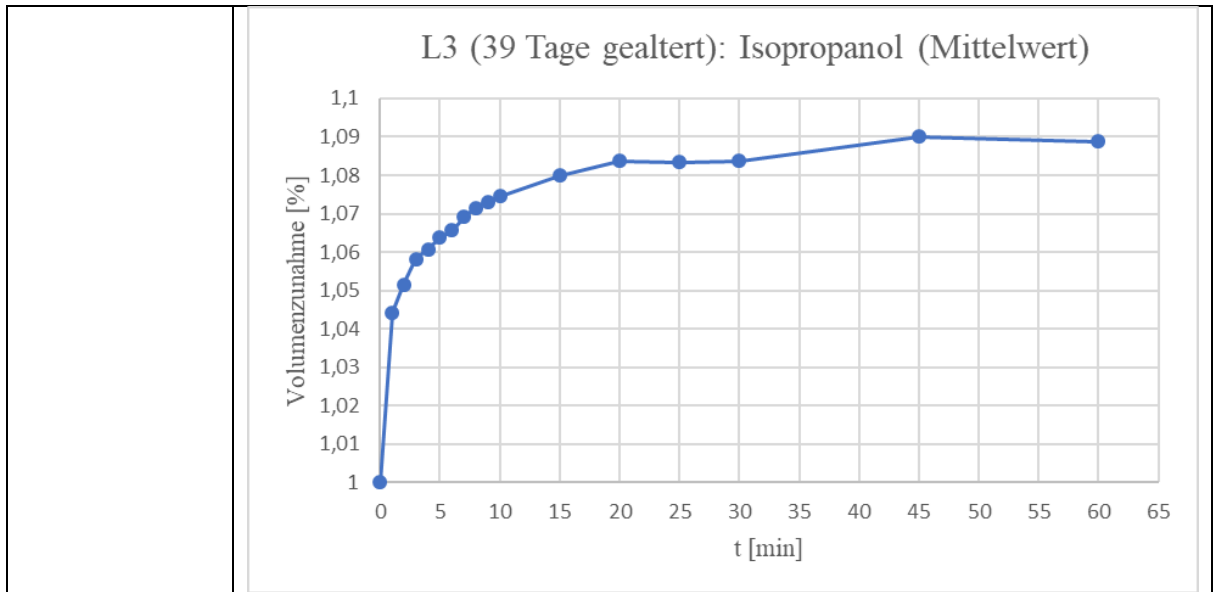



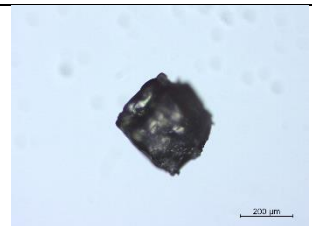
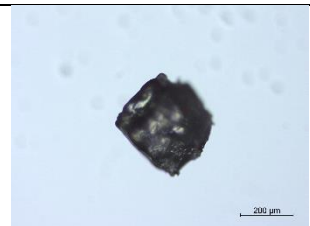



					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,084077
		1	1,04823323	10	1,08576918
		2	1,05798776	15	1,09105577
		3	1,0649904	20	1,09793191
		4	1,06911703	25	1,09769323
		5	1,07416257	30	1,09418715
		6	1,07785482	45	1,09347112
		7	1,08207693	60	1,09120852
		8	1,08305309		
	b	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,08363888
		1	1,05162212	10	1,08455232
		2	1,05924185	15	1,09366864
		3	1,06876585	20	1,09101605
		4	1,07220027	25	1,0895143
		5	1,07531474	30	1,09024196
		6	1,07778669	45	1,09377442
		7	1,08191264	60	1,08807189
		8	1,08393562		
	c	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,0852047
		1	1,04947602	10	1,08625741
		2	1,06054322	15	1,08692023
		3	1,06883784	20	1,09211736
		4	1,0711281	25	1,09026754
		5	1,07534473	30	1,08934768
		6	1,07912814	45	1,09680547
		7	1,08402058	60	1,10096722

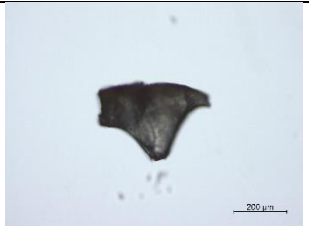


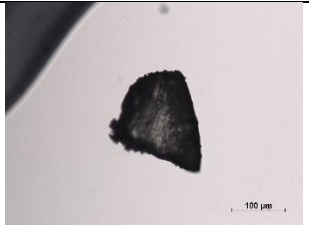
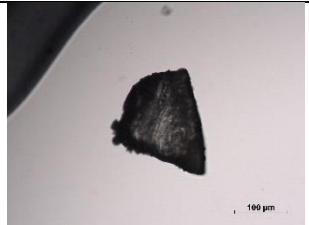
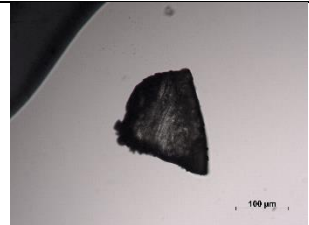
	8	1,08341119						
d	t=0		t=30		t=60			
								
	t[min]		Volumenzun.[%]		t[min]		Volumenzun.[%]	
	0		1		9		1,03938025	
	1		1,02803309		10		1,04169384	
	2		1,02820836		15		1,04814738	
	3		1,03004522		20		1,05357381	
	4		1,0303572		25		1,05628353	
	5		1,03044835		30		1,06127178	
	6		1,0278473		45		1,07642577	
7		1,02822589		60		1,07475375		
8		1,03567498						

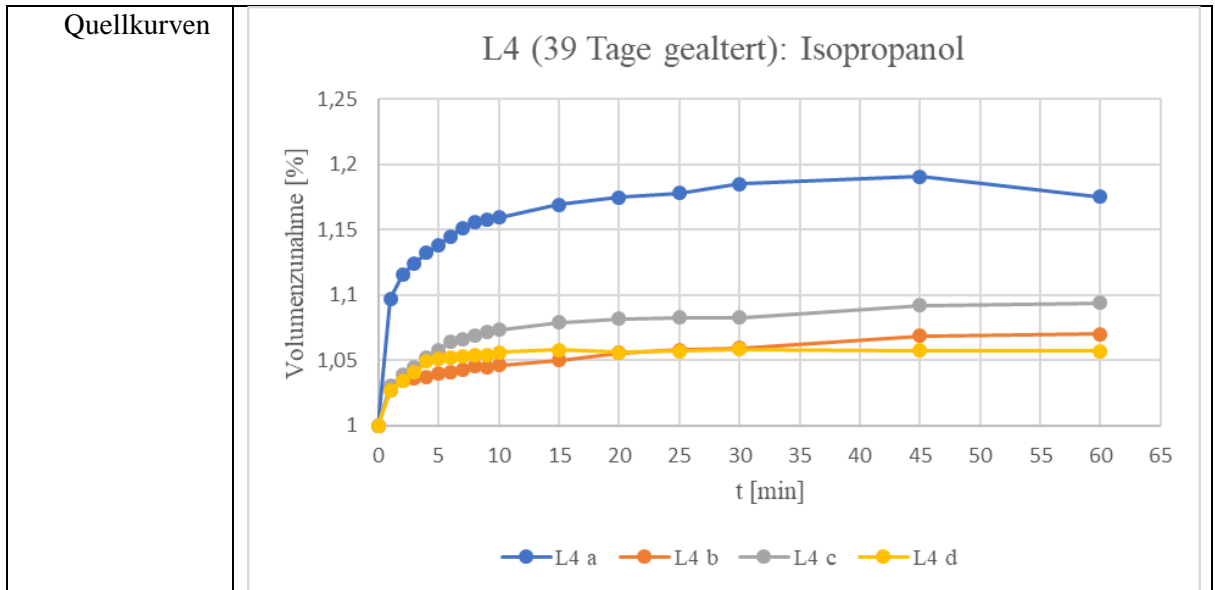


Mittelwerte	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
	0	1	9	1,07307521
	1	1,04434112	10	1,07456819
	2	1,0514953	15	1,079948
	3	1,05815983	20	1,08365979
	4	1,06070065	25	1,08343965
	5	1,06381759	30	1,08376214
	6	1,06565424	45	1,0901192
	7	1,06905901	60	1,08875034
8	1,07151872			

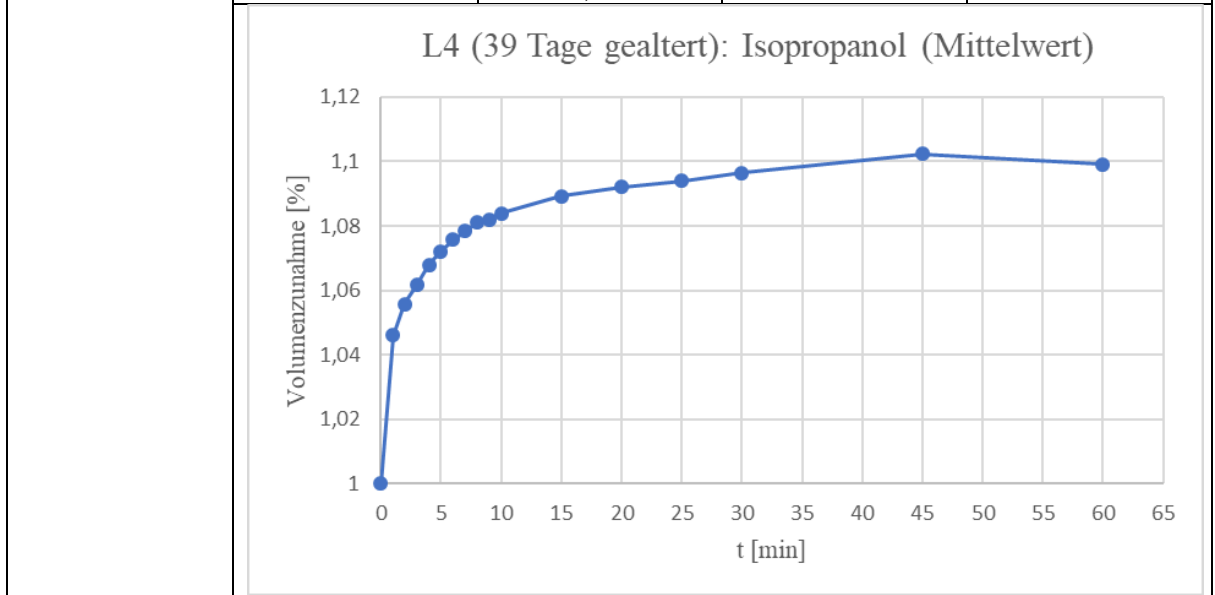


L4	a	  																																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>t[min]</th> <th>Volumenzun.[%]</th> <th>t[min]</th> <th>Volumenzun.[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td><td>9</td><td>1,15736424</td></tr> <tr><td>1</td><td>1,09729719</td><td>10</td><td>1,15949307</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,11532446</td><td>15</td><td>1,16933729</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,12436622</td><td>20</td><td>1,17489063</td></tr> <tr><td>4</td><td>1,13250838</td><td>25</td><td>1,17821291</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,13862651</td><td>30</td><td>1,1850645</td></tr> <tr><td>6</td><td>1,14492865</td><td>45</td><td>1,19082485</td></tr> <tr><td>7</td><td>1,15165502</td><td>60</td><td>1,17534808</td></tr> <tr><td>8</td><td>1,15608133</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	0	1	9	1,15736424	1	1,09729719	10	1,15949307	2	1,11532446	15	1,16933729	3	1,12436622	20	1,17489063	4	1,13250838	25	1,17821291	5	1,13862651	30	1,1850645	6	1,14492865	45	1,19082485	7	1,15165502	60	1,17534808	8	1,15608133	
t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]																																						
0	1	9	1,15736424																																						
1	1,09729719	10	1,15949307																																						
2	1,11532446	15	1,16933729																																						
3	1,12436622	20	1,17489063																																						
4	1,13250838	25	1,17821291																																						
5	1,13862651	30	1,1850645																																						
6	1,14492865	45	1,19082485																																						
7	1,15165502	60	1,17534808																																						
8	1,15608133																																								
	b	  																																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>t[min]</th> <th>Volumenzun.[%]</th> <th>t[min]</th> <th>Volumenzun.[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td><td>9</td><td>1,04514885</td></tr> <tr><td>1</td><td>1,02969056</td><td>10</td><td>1,04617804</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,03458923</td><td>15</td><td>1,05005204</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,03637166</td><td>20</td><td>1,05580678</td></tr> <tr><td>4</td><td>1,03765825</td><td>25</td><td>1,05785136</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,03974961</td><td>30</td><td>1,05941389</td></tr> </tbody> </table>	t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]	0	1	9	1,04514885	1	1,02969056	10	1,04617804	2	1,03458923	15	1,05005204	3	1,03637166	20	1,05580678	4	1,03765825	25	1,05785136	5	1,03974961	30	1,05941389											
t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]																																						
0	1	9	1,04514885																																						
1	1,02969056	10	1,04617804																																						
2	1,03458923	15	1,05005204																																						
3	1,03637166	20	1,05580678																																						
4	1,03765825	25	1,05785136																																						
5	1,03974961	30	1,05941389																																						




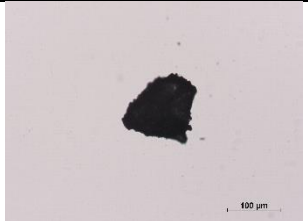
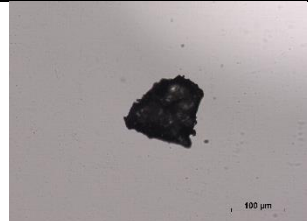
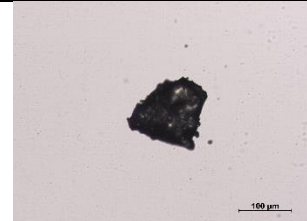



		6	1,04123755	45	1,06876648		
		7	1,04244459	60	1,07030099		
		8	1,04545756				
c		t=0		t=30		t=60	
							
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,07162233		
		1	1,03072769	10	1,07354328		
		2	1,03876444	15	1,07930361		
		3	1,04489031	20	1,08170102		
		4	1,05221364	25	1,08273966		
		5	1,05820086	30	1,08275982		
		6	1,06483596	45	1,0919562		
		7	1,06665608	60	1,09399311		
		8	1,06915685				
d		t=0		t=30		t=60	
							
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]		
		0	1	9	1,05410574		
		1	1,0267942	10	1,05624089		
		2	1,03452693	15	1,05803254		
		3	1,04094294	20	1,05611791		
		4	1,04927359	25	1,05691726		
		5	1,05156988	30	1,05838451		
		6	1,05222929	45	1,05771449		
		7	1,05315161	60	1,05714837		
		8	1,05372197				

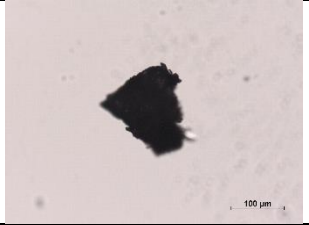
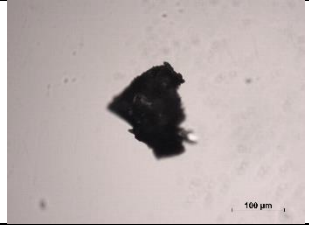
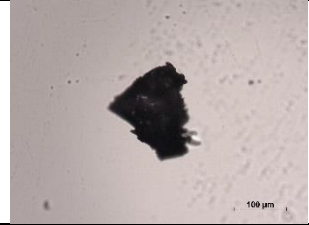


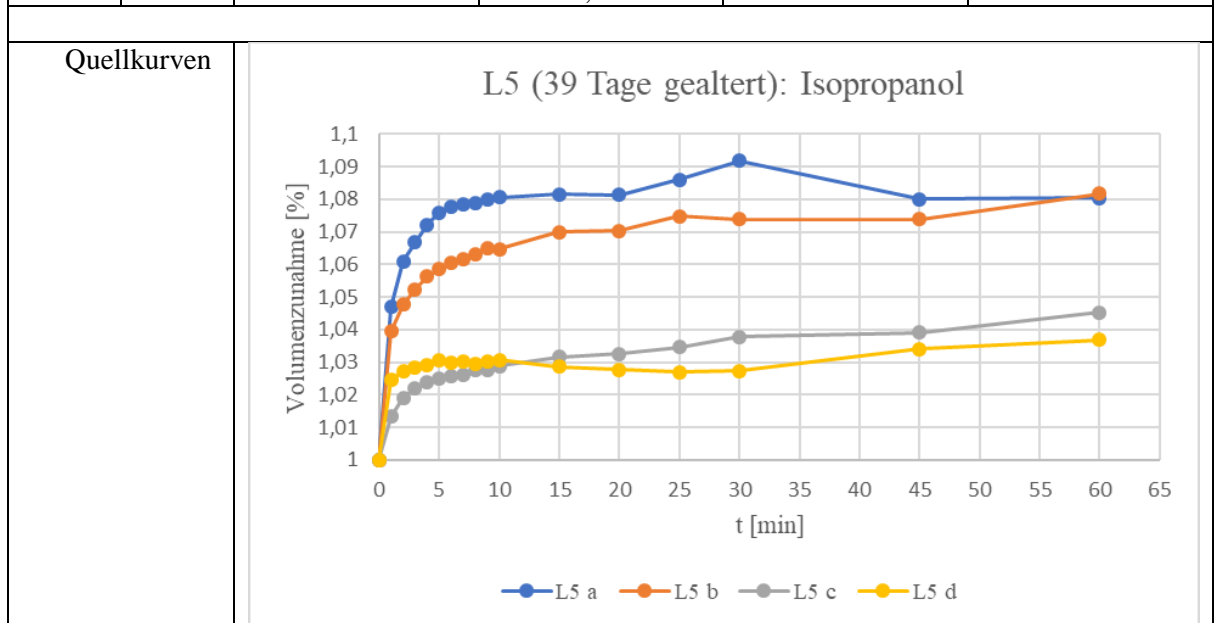
Mittelwerte	t [min]	Volumenzun. [%]	t [min]	Volumenzun. [%]
	0	1	9	1,08206029
1	1,04612741	10	1,08386382	
2	1,05580126	15	1,08918137	
3	1,06164278	20	1,09212909	
4	1,06791346	25	1,0939303	
5	1,07203671	30	1,09640568	
6	1,07580786	45	1,10231551	
7	1,07847683	60	1,09919764	
8	1,08110443			



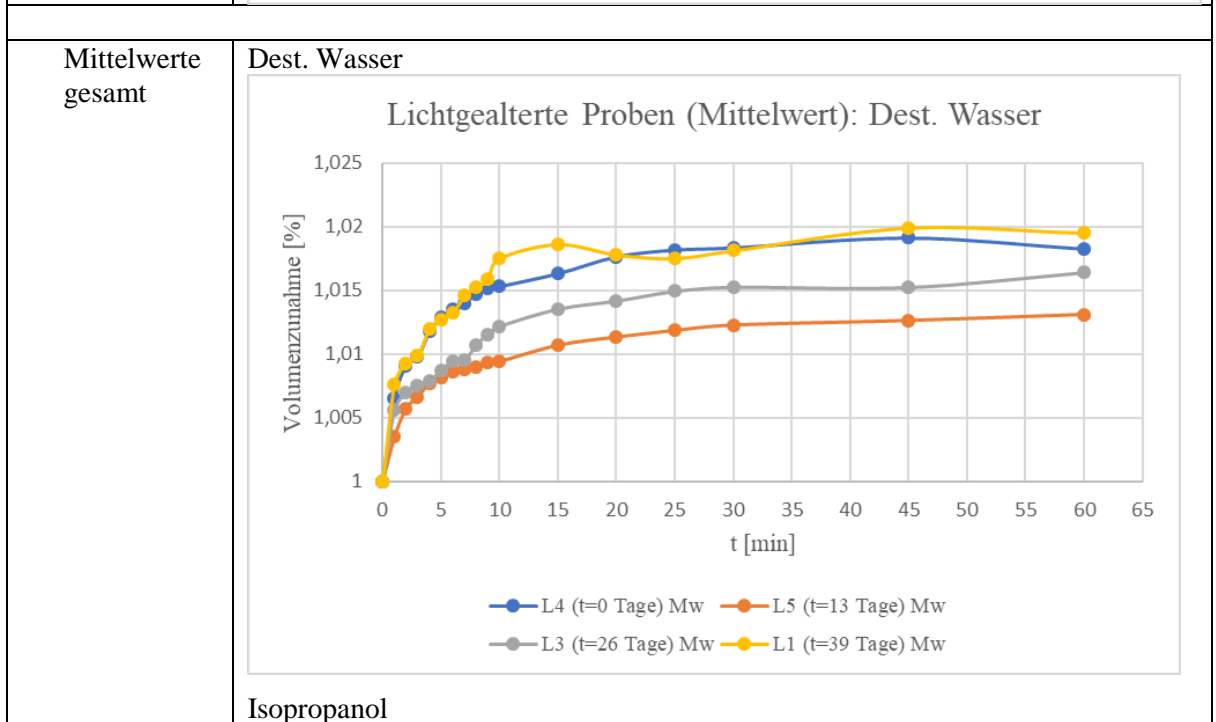
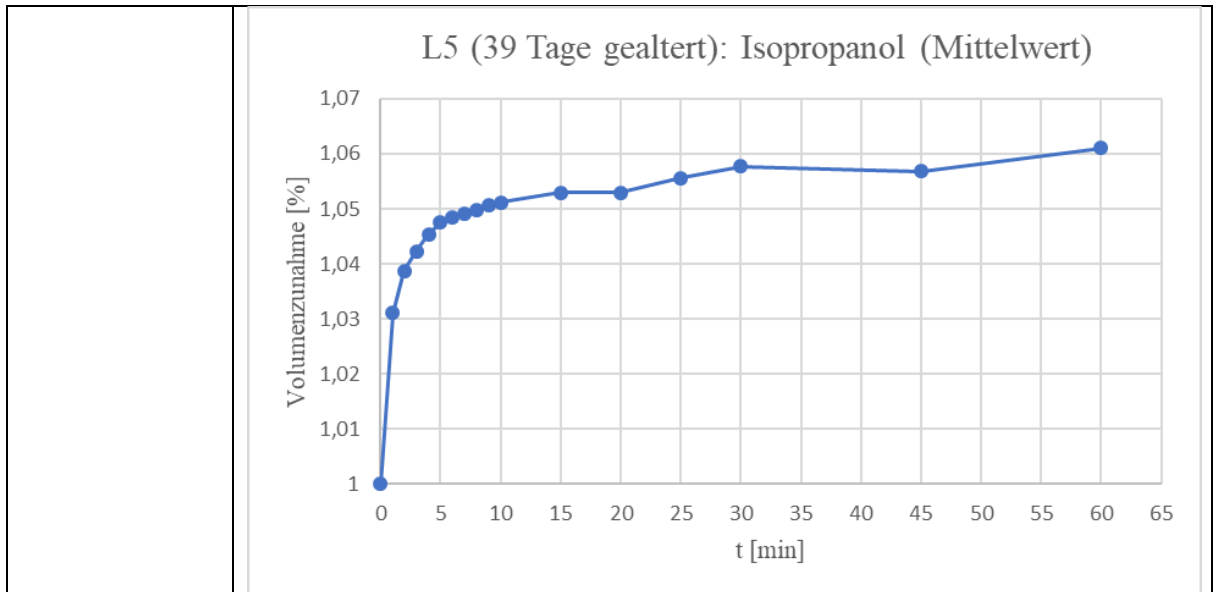
L5	a	t=0	t=30	t=60

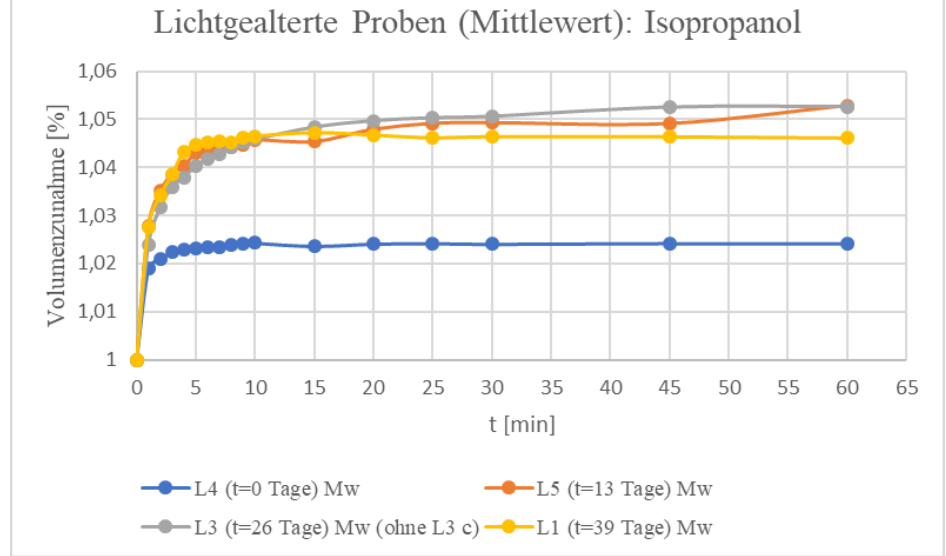
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,07991613
		1	1,04694886	10	1,08056368
		2	1,06090842	15	1,08157684
		3	1,06675831	20	1,08134776
		4	1,07215007	25	1,08598626
		5	1,07587672	30	1,09182734
		6	1,07774446	45	1,08001746
		7	1,07836116	60	1,08043153
		8	1,07876202		
	b	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,06490932
		1	1,03939528	10	1,06470023
		2	1,04779584	15	1,06986687
		3	1,05243336	20	1,07030795
		4	1,05626666	25	1,07481273
		5	1,05858935	30	1,07393834
		6	1,06042401	45	1,07395396
		7	1,06172001	60	1,08164019
		8	1,06307065		
	c	t=0	t=30	t=60	
					
		t[min]	Volumenzun.[%]	t[min]	Volumenzun.[%]
		0	1	9	1,02753437
		1	1,01324941	10	1,02888498
		2	1,01908357	15	1,03171748
		3	1,02184605	20	1,03252258
		4	1,02384134	25	1,03466373
		5	1,0251161	30	1,0378171
		6	1,02578996	45	1,03919396
		7	1,02602915	60	1,04520316

	8	1,02755771						
d	t=0		t=30		t=60			
								
	t[min]		Volumenzun. [%]		t[min]		Volumenzun. [%]	
	0		1		9		1,03027988	
	1		1,02457079		10		1,03072976	
	2		1,02741697		15		1,02864764	
	3		1,02830001		20		1,02768281	
	4		1,02926113		25		1,02693734	
	5		1,03061822		30		1,02731844	
	6		1,02994153		45		1,03401467	
7		1,03036353		60		1,03681251		
8		1,02933549						

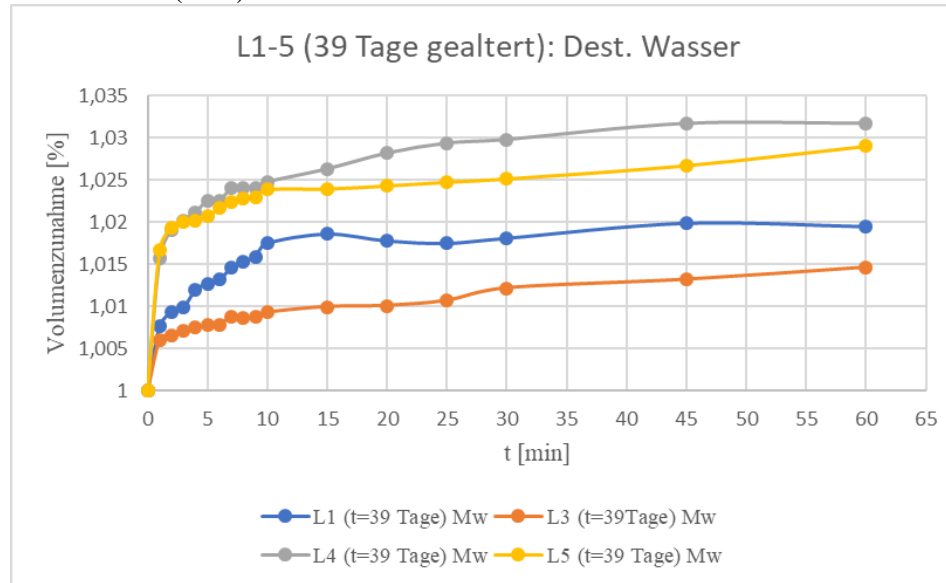


Mittelwerte	t[min]	Volumenzun. [%]	t[min]	Volumenzun. [%]
	0	1	9	1,05065992
	1	1,03104108	10	1,05121966
	2	1,0388012	15	1,05295221
	3	1,04233443	20	1,05296528
	4	1,0453798	25	1,05560002
	5	1,0475501	30	1,05772531
	6	1,04847499	45	1,05679501
	7	1,04911846	60	1,06102185
	8	1,04968147		

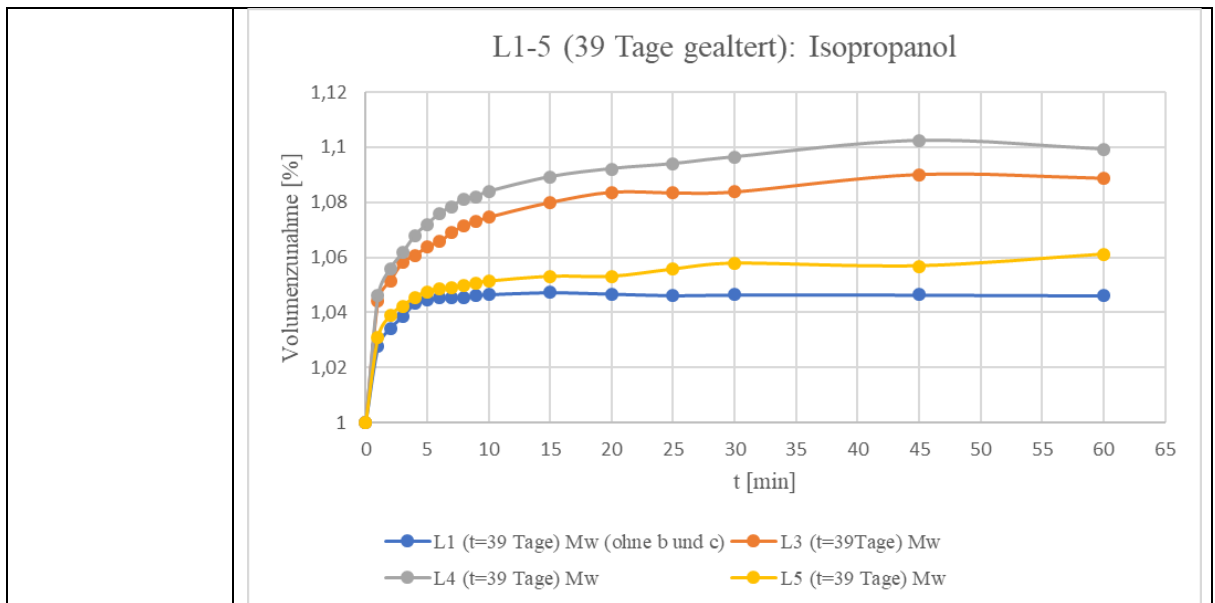




Dest. Wasser (t=39)



Isopropanol (t=39)



4.3 Auswertung

Um die Quellkurven der verschiedenen Testkörper besser vergleichen zu können, wurden in den Mittelwerten jeweils nur die Proben zusammengefasst, die eine Quellung herbeiführten. Löste sich die Probe, wurden diese Werte nicht mit eingerechnet. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass Quellung und Lösung nicht miteinander vermischt werden können. Die ausgelassenen Teststreifen wurden bei der Bezeichnung der jeweiligen Mittelwertkurven vermerkt. Da die Oberfläche am stärksten der photooxidativen Alterung unterliegt, wurden nur oberflächennahe Proben getestet. Die Herstellung der einzelnen Teststreifen erfolgte aus einer angesetzten Emulsion. Deshalb wird die vor der Alterung entstandene Mittelwert-Quellkurve von L4 als Standardkurve für das Quellverhalten der Testkörper zum Zeitpunkt $t=0$ herangezogen. Mit fortschreitender Alterung werden die Quellkurven der Teststreifen an einem Probekörper unregelmäßiger. Auch der Kurvenverlauf der einzelnen Quelltests weist – im Vergleich zu den Quelltests vor der Alterung – größere Schwankungen und Unregelmäßigkeiten auf. Beim Vergleich der Mittelwertkurven zeichnet sich ab, dass die prozentuale Quellung des unstabilierten Naturkautschuks im gealterten Zustand bei destilliertem Wasser abnimmt. Nur L1 weist nach 39 Tage Alterung einen Mittelwert von etwa 2 % Quellung nach der Einwirkung von Wasserdampf auf. Das ist jedoch auf die Quellkurve von L1 d zurückzuführen, die stark von denen der anderen drei Testkörper abweicht und den Mittelwert erhöht. Bei Isopropanol nimmt die Quellung der unstabilierten Testkörper, wenn vorhanden, nach der künstlichen Lichtalterung zu. Bei L1, das den unstabilierten Alterungszustand nach 39 Tagen künstlicher Bestrahlung repräsentiert, hat Isopropanol bei der Hälfte der Teststreifen (L1 b und c) zu einer Lösung geführt. Die nachträgliche Stabilisierung der Probekörper mit Irganox 1520 hat Einfluss auf die Quelleigenschaften der Probekörper. In der Regel findet sowohl bei Wasser als auch bei Isopropanol eine im Vergleich zur jeweils vorherigen Quellkurve erhöhte Quellung statt. Dies ist bei Isopropanol deutlicher ausgeprägt als bei Wasser. Die Quellung verdoppelt (L3 und L5) oder vervierfacht (L4) sich sogar. Da es sich um kleine, punktuelle Proben handelt können aus den Ergebnissen nur tendenziell Rückschlüsse auf das Quell- und Löseverhalten der gesamten Teststreifen gezogen werden. Es handelt sich bei dem Testmaterial um ein Naturprodukt, das neben einer teilweise inhomogenen Zusammensetzung zu Beginn, ungleichmäßig altert. Zwar wurde versucht die Proben an jedem Teststreifen an der gleichen Stelle zu entnehmen. Die gequollenen Partikel können sich jedoch trotzdem in der Tiefe ihrer Lage um ein paar Mikrometer unterscheiden. Zudem hat die Partikelmorphologie Einflüsse auf die Quellung und die erfassten

Partikelgrößen. Da die Proben an dem nach unten gedrehten Deckgläschen haften, kann sich dies je nach Richtung der größten Quellung auf die erfasste Größe der Probe auswirken.

4.4 Literatur

HEYDRICH, PHILIA: *Die Lösemittelempfindlichkeit von vorvulkanisiertem Naturlatex in zeitgenössischer Kunst*, Master's Thesis im Fachbereich Konservierung und Restaurierung an der Hochschule der Künste Bern, Bern 2010

Externe Analysen: Dünnschichtchromatographie



Laborbericht

Analytisches Labor

Datum: 23.11.2017

Von: K. Auerweck / W. Oechsle

Labornummer:

Tel: 089-9003- 674 / 560

Analyse eines Referenzfarbstoffes des zum Färben für das Kunstobjekt Axel Anklam „Shine“ (Standort Europäisches Patentamt München) verwendeten Farbmittels

i.S. Frau Julia Sawitzki
Masterstudentin am Lehrstuhl für Restaurierung,
Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft,
Technische Universität München

Guardinistraße 67
81375 München
Tel.: +49 173 834 33 55

Zu untersuchende Proben:

Farbstoffmuster ca. 0,5 Gramm, Referenzfarbstoff des für die Einfärbung eines Latexobjekts „Shine“ von Axel Anklam (2006) (Standort Europäisches Patentamt München) verwendeten Farbmittels

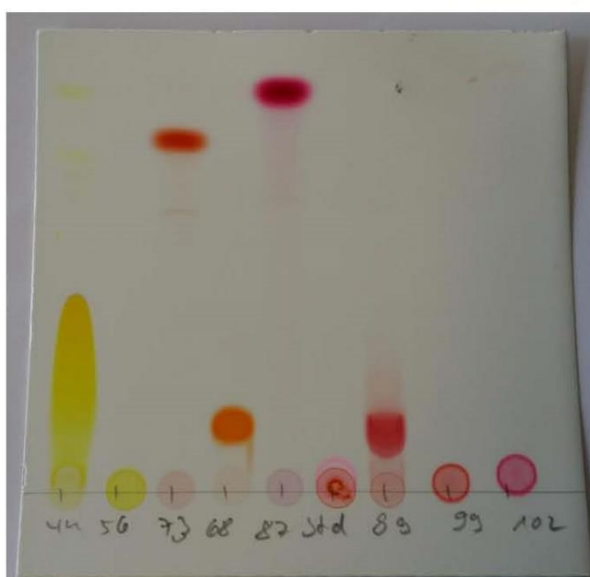


Grund der Analyse/Problemstellung:

Es soll festgestellt werden, um welchen Farbstoff(e) es sich handelt.
Verwendete Methode: Dünnschichtchromatographie und Infrarot-Spektroskopie.

Dünnschichtchromatographie:

Der erhaltene Farbstoff sowie einige Farbstoffe aus unserer Mustersammlung in Gelb-, Orange- und Rot-Tönen wurden mit N,N-Dimethylacetamid gelöst und per DC-Analyse miteinander verglichen. (Laufmittel: 80mL Toluol + 30mL Ethanol). Auftragsmenge ca. 5 µl einer ca. 2%igen Lösung auf Merck DC-Folie Kieselgur 60.



Bezeichnung auf der DC-Platte mit C.I.:

- Nr. 44 = Basic Yellow 37
- Nr. 56 = Acid Yellow 17
- Nr. 73 = Disperse Orange 25
- Nr. 68 = Acid Orange 7
- Nr. 87 = Disperse Red 60
- Nr. 89 = Solvent Red 132
- Nr. 99 = Acid Red 73
- Nr. 102 = Acid Red 276

Der zu analysierende Farbstoffprobe „Shine A. Anklam“ wurde mit „Std“ gekennzeichnet.

Das Farbstoffmuster mit der Bezeichnung „Std“ lässt unter diesen Bedingungen ein Rot (am Startpunkt) und ein Pink (ca. 2 mm über Startpunkt) erkennen.

Das Rot zeigt bezüglich Laufverhalten und optischen Eindruck große Ähnlichkeit mit Farbstoff Nr. 99 „Acid Red 73“.

Das Pink zeigt bezüglich Laufverhalten und optischen Eindruck Ähnlichkeit mit Farbstoff Nr. 102 „Acid Red 276“.

IR-Analyse (ATR-Diamant, Instrument Thermo Nicolet iS50):

Das IR-Spektrum der Farbstoffprobe zeigt ebenfalls über weite Bereiche gute Übereinstimmung mit Farbstoff Nr. 99 „Acid Red 73“ (Farbstoff Nr. 99).

Das IR-Spektrum von „Acid Red 276“ (Farbstoff Nr. 102) passt nur bedingt.

Fazit:

Der Referenzfarbstoff zum für das Kunstobjekt „Shine - A. Anklam“ verwendeten Färbemittel besteht aus mind. 2 Farbstoffen. Bei der dominierenden rötlichen Farbkomponente handelt es sich sehr wahrscheinlich um den Di-Azo-Farbstoff „Acid Red 73“ (unsere Farbstoff Nr. 99, Bezeichnung „Special Crocein MOO“). Der pinke Anteil zeigt gewisse Ähnlichkeit mit „Acid Red 276“. Leider fehlt uns ein passendes Vergleichsmuster in unserer Farbstoffsammlung.

23.11.2017

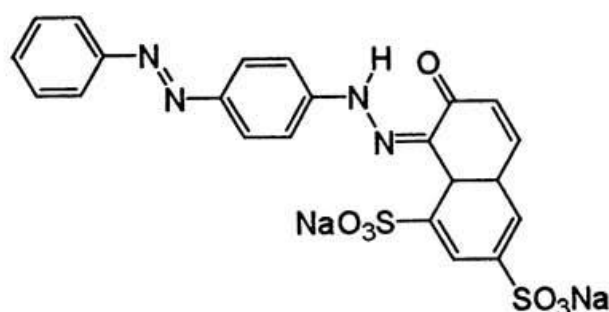
Anhang:

- Info zum Farbstoff „Acid Red 73“
- 4 IR-Spektren:
 - Vergleich Farbstoffprobe mit „Acid Red 73“ Spektrum aus IR-Farbstoff-Bibliothek hubergroup Deutschland, Gesamt- und Fingerprintbereich
 - Vergleich Farbstoffprobe mit „Acid Red 276“ Spektrum aus IR-Farbstoff-Bibliothek hubergroup Deutschland, Gesamt- und Fingerprintbereich

Acid Red 73

Name: C.I. Acid Red 73, C.I. 27290

Molecular Structure: Double azo class



Molecular Formula: C₂₂H₁₄N₄Na₂O₇S₂

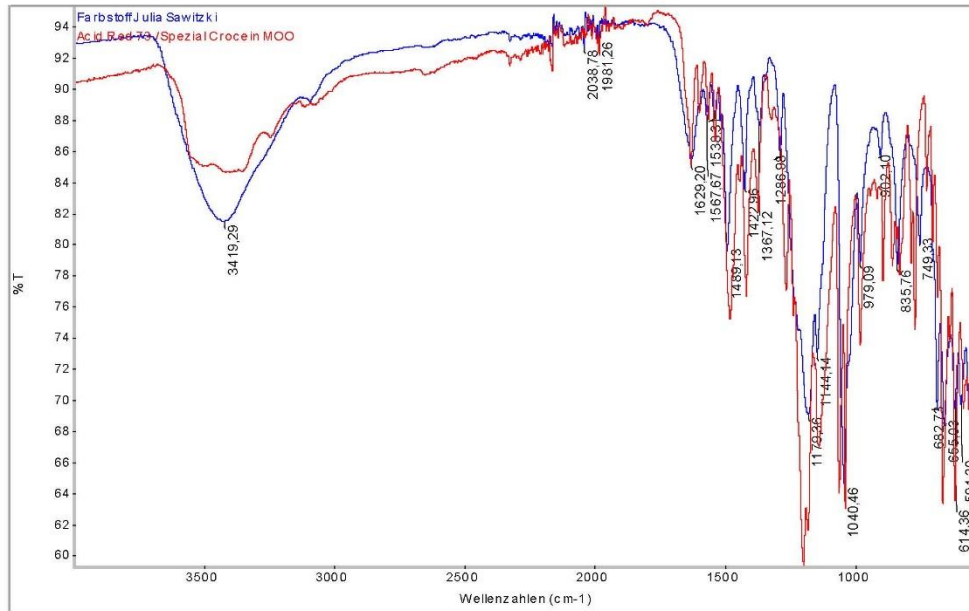
Molecular Weight: 556.48

CAS Registry Number: 5413-75-2

Manufacturing Methods : 4-(Phenyldiazenvyl)benzenamine diazo, and 7-Hydroxynaphthalene-1,3-disulfonic acid coupling.

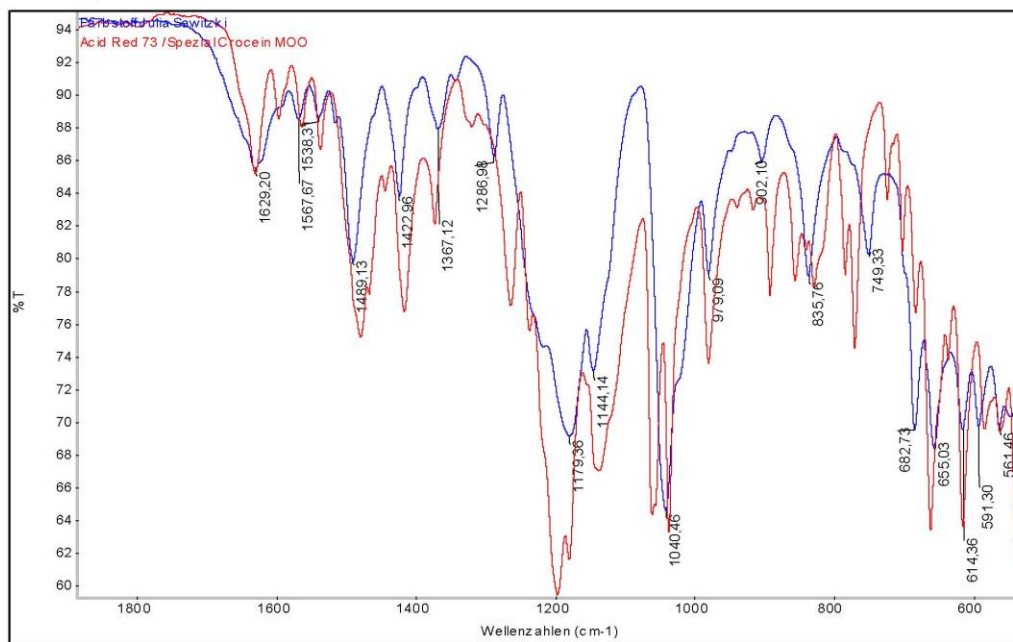
Properties and Applications: yellow light red. Yellow light red powder. Soluble in water red solution, soluble in ethanol and soluble fiber element, soluble in acetone, insoluble in other organic solvents. Meet strong sulfuric acid is red purple, diluted red brown in precipitation; Nitric acid in a blue, orange and brown to olive. Its water solution and strong hydrochloric acid generation dark red brown precipitation; Add sodium hydroxide solution generation dark brown precipitation. In dyeing copper and iron ions are darker color. Discharge the gender is good. Mainly used for wool, silk, paper and leather dyeing. Can also be used for plastic, wood, spices, electrical-controlled aluminum, medicine color. Can make the ink, the heavy metal salt can be used as pigment.

Standard	Light Fastness	Soaping		Perspiration Fastness	Oxygen bleaching		Fastness to seawater	
		Fading	Stain		Fading	Stain	Fading	Stain
ISO	6	3	5	3	1	4	3	2
AATCC	5	4	4	1	2	2	2-3	2-3

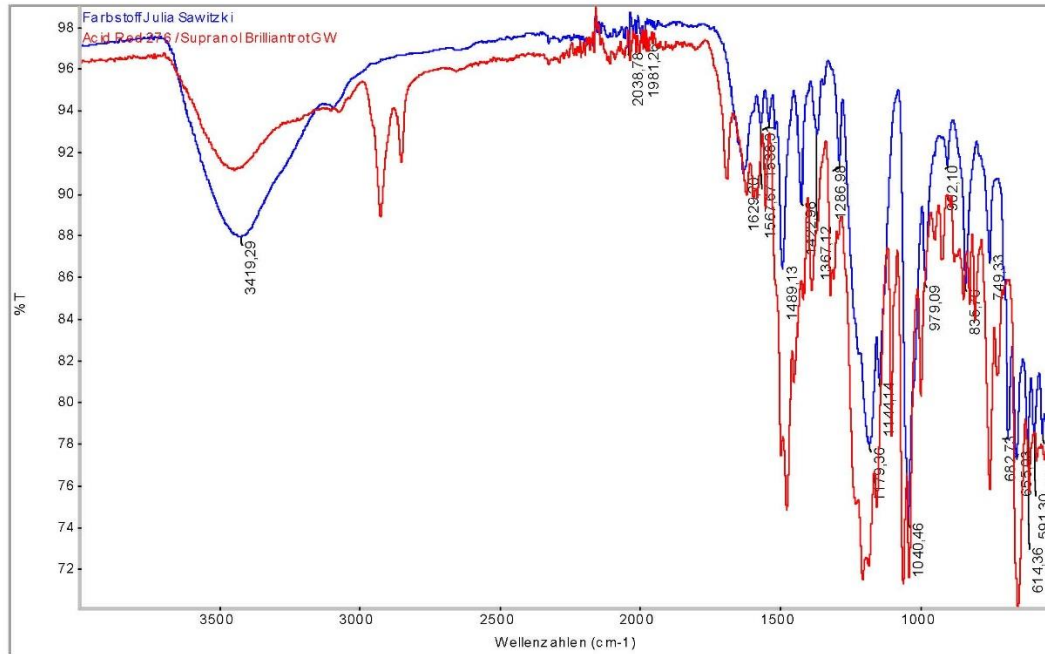


Seite 5 von 8

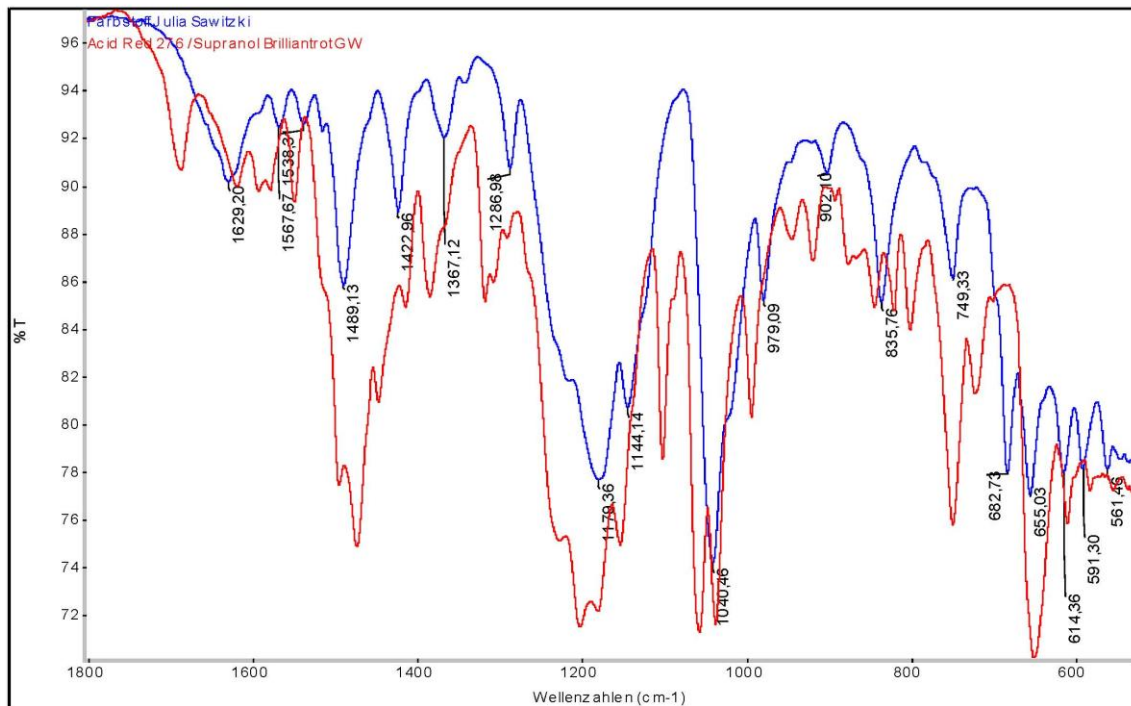
FTIR-Analyse:



Seite 6 von 8



Seite 7 von 8



Seite 8 von 8

C. Verwendete Materialien und Geräte

Verwendete Geräte

Gerät	Hersteller
Feinwaage „LP260P“	Sartorius AG
Magnetrührer-Kochplattenkombi „ret basic“	Ika Labortechnik
Licht- und Klimamessgerät „ELSEC 765 UV + Monitor2“	Littlemore Scientific (<i>ELSEC</i>)
Lichtmessgerät „Mavospec“	Gossen
Xenontester	
Airbrushpistole „SATA graph 2“	SATA GmbH & Co. KG
Spiegelreflexkamera „Canon Eos 500 D“	Canon
Objektiv	TAMRON Europe GmbH
pH-Messgerät „Five easy“	Mettler-Toledo GmbH

Verwendete Materialien

Material	Hersteller/Lieferant
Latex, HA 0,6	Lieferant: Helmuth Bergk GmbH & Co. KG Vertrieb: latex24.de
V2A-Rundstahl (\varnothing 0,4 cm)	Sascha Hörr Edelstahlhandel e.K.
Klemmetall	
Dest. Wasser	Phönix
Isopropanol	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Clou® Pulverbeize	Alfred Clouth Lackfabrik GmbH & Co. KG
Glaspipette	
Pipettensauger	
Kunststoffpipette	
Glasstab	
Schraubdeckelgläser	Schott AG
Labormessbecher	Schott AG
Irganox 1520 L	BTC Chemical Distribution
Polysorbat 80	Julius Hoesch GmbH & Co. KG
Sorbitan Oleat	Julius Hoesch GmbH & Co. KG
Polypropylenschnur	
Ausgießschale	
Nylonschnur	
Dispersion K360	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Dispersion K9	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
Acrylkleber 360 HV	Lascaux Colours & Restauro
Acrylkleber 496 HV	Lascaux Colours & Restauro
Vielzweckklammern (25 mm)	RHEITA-KRAUTKRÄMER GmbH
Cyclomethicone D5	Kremer Pigmente GmbH & Co. KG