

**Das kartografische Relief des operativen Ausbildungszentrums Strausberg
– Konzept und Maßnahmenplanung der Erhaltung eines Kunststoffkomposits**

Bachelorarbeit

vorgelegt dem Fachbereich 5, Gestaltung
Studiengang Konservierung und Restaurierung/Grabungstechnik
im Schwerpunkt Moderne Materialien und Technisches Kulturgut
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Eva Wentland
Berlin, den: 10.01.2017

1. Betreuerin: Prof. Ruth Keller
2. Gutachter: Dr. phil. Lutz Strobach

Wentland, Eva: Das kartografische Relief des operativen Ausbildungszentrums Strausberg – Konzept und Maßnahmenplanung der Erhaltung eines Kunststoffkomposits

The cartographic relief of the operational training centre in Strausberg - concept and planning of treatment for the preservation of a plastic composite

Bachelor-Thesis: 10.01.2017, German; 165 p.; 158 ill.

Reporter: Prof. Ruth Keller, Coreporter: Dr. phil. Lutz Strobach

Publication: -

Zusammenfassung:

Ein kartografisches Relief in etwa der Größe eines Tennisplatzes, das den Kriegsschauplatz Mitteleuropa darstellt, bildete das Herzstück des Operativen Ausbildungszentrums der Nationalen Volksarmee. Es ist ein Sachzeugnis des Kalten Krieges Mitte der 1980er Jahre. Das Relief besteht aus über 500 Einzelsegmenten, die industriell gefertigt wurden. NVA-Soldaten installierten die Karte unter strengster Geheimhaltung in einem Saal in Kombination mit modernster Informationstechnik. Zwei repräsentative Einzelsegmente sind das Thema dieser Bachelorarbeit. Sie sind Komposite aus copolymerisierter Polyvinylchlorid-Hartfolie, Polyurethanhartschaum, Textil und elektrotechnischen Bauteilen. Im Rahmen der Bachelorarbeit werden die Segmente dokumentiert. Der historische Kontext des Reliefs wird beleuchtet und daraus zusammen mit der Materialität und dem Objektzustand ein Erhaltungskonzept erarbeitet. Die Planung der Maßnahmen mit einem Vorschlag zur Lagerung stehen am Schluss der Arbeit.

Schlagworte:

Reliefkarte, Vinylacetat-Vinylchlorid-Copolymer, Polyurethanhartschaum, Reinigung, Konsolidierung, Ergänzung

Summary:

A cartographic relief approximately the size of a tennis court depicting Central Europe as theatre of war made up the heart of the East German Army's operational training centre. It forms material proof for the cold war in the mid 1980's. The relief is made up of about 500 single segments, which have been industrially produced. East German soldiers installed the map in a hall in combination with most modern information technology under top secrecy. Two representative segments are the subject of this bachelor thesis. They are composites of copolymerised rigid polyvinylchloride, polyurethane rigid foam, textile and electronic devices. In the framework of the bachelor thesis the segments will be documented. The historical context will be highlighted, from which, together with the materiality and the condition assessment of the object, a preservation strategy is to be developed. The treatment planning together with an advice for storage conclude the thesis.

Key words: Raised-relief map, vinylacetate-vinylchloride-copolymer, polyurethane rigid foam, cleaning, consolidation, filling

Danksagung

Für die vielen inhaltlichen Anregungen und die organisatorische Hilfe möchte ich mich besonders bei Frau Prof. Keller, Herrn Dr. phil. Lutz Strobach, Herrn Dietmar Linke, Frau Caroline Petrahn und Frau Katharina Haider bedanken.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn Stefan Kontra, Historiker im MHM Flugplatz Berlin-Gatow, der mir den Informationsweg über Herrn Dr. Wenzke vom ZMSBw, ebenfalls Historiker, zu Oberstleutnant Hausmann ebnete, Zeitzeuge des Strausberger Reliefs. Zusammen mit einer Begehung der Originalanlage in freundlicher Begleitung von Kasernenfeldwebel Kohl in der Von-Hardenberg-Kaserne konnte so ein umfassender Einblick in die Objekthistorie gewonnen werden.

Mein Dank gilt ebenfalls Frau Cornelia Golle, Herrn Dr. Volker Kösling, Herrn Dr. Stadelmann sowie Andreas Ohde für die naturwissenschaftliche Unterstützung.

Schließlich möchte ich mich herzlich bedanken bei Sabine und Leo Wentland, Patrick Goltzsch sowie Hannah Buchholz, Tobias Froese, Sascha Grewe und Barbara für Beratung, Korrektur und Rückhalt.

Anmerkungen vorab:

Quellenangaben werden in KAPITÄLCHEN, Firmennamen in *KAPITÄLCHEN KLEIN KURSIV* geschrieben.

Registrierte Handelsmarken werden im Text nur einmalig als solche kenntlich gemacht (®).

Im Anhang befinden sich mehrere ausklappbare Zeichnungen, Kartierungen und Fotodokumentationen von Probereihen.

Objekt	Das Strausberger Relief Segment K8 Segment J8
Datierung	Erste Hälfte der 1980er Jahre
Herkunft	Reliefsaal, Operatives Ausbildungszentrum im MfNV Strausberg, DDR
Besitzer	Militärhistorisches Museum Flugplatz Berlin-Gatow Am Flugplatz Gatow 33 14089 Berlin
Zuständiger Restaurator	Dr. phil. Lutz Strobach
Inventarnummer	K8: AAAF3295 J8: AAAF3314
HTW-Nummer	K8: 16059 J8: 16058
Bearbeitungsort	Hochschule für Technik und Wirtschaft Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin Gebäude A - Raum 007
Bildnummern	16058002 - 16058148
DVD-Nummern	

INHALT

1. Einleitung.....	1
2. Historischer Kontext.....	2
2.1 Kulturgeschichtliche Einordnung.....	2
2.2 Kurze zeitgeschichtliche Einordnung.....	3
2.3 Die Rolle der Nationalen Volksarmee.....	4
2.4 Das kartografische Relief im operativen Ausbildungszentrum des MfNV in Strausberg.....	6
2.5 Zeitzeugen / Archivrecherche.....	8
2.6 Ausstellungsentention.....	10
3. Beschreibung.....	15
3.1 Elektronische Bauelemente.....	17
3.1.1 DATEN LICHEMITTERDIODEN.....	18
3.1.2 KONTAKTBAUELEMENTE.....	18
3.2 Lagerungssituation.....	19
4. Materialität.....	20
4.1 Material - Eigenschaften, Herstellungstechnik und Abbau.....	21
4.1.1 POLYURETHAN AUF BASIS DES ISOCYANATS MDI.....	21
4.1.2 VINYLCHLORID-VINYLACETAT-COPOLYMER.....	24
4.1.3 DRUCK.....	27
5. Zustand.....	28
6. Konzept.....	30
7. Maßnahmenplanung.....	35
7.1 Schaum.....	36
7.1.1 REINIGUNG.....	36
7.1.2 KONSOLIDIERUNG.....	37
7.1.3 ERGÄNZUNG.....	39
7.1.4 ZUSAMMENFASSUNG.....	46

INHALT

7. Maßnahmenplanung.....	35
7.2 Folie.....	48
7.2.1 REINIGUNG.....	48
7.2.2 ERGÄNZUNG.....	52
7.2.3 ZUSAMMENFASSUNG.....	55
7.3 Textilklebestreifen.....	56
7.3.1 ZUSAMMENFASSUNG.....	58
8. Lagerung.....	59
9. Schlussbetrachtung.....	63
10. Verzeichnisse.....	64
10.1 Abkürzungen und physikalische Größen.....	64
10.2 Abbildungsverzeichnis.....	65
10.3 Tabellenverzeichnis.....	69
10.4 Probenverzeichnis.....	70
10.5 Verwendete Materialien.....	71
10.6 Verwendete Geräte.....	74
10.7 Literaturverzeichnis.....	75
10.7.2 INTERNETQUELLEN.....	80
11. Anhang.....	81
11.1 a) Zeichnungen und Kartierungen.....	82
11.1 b) Abbildungen.....	95
11.2 Maßnahmen.....	110
11.3 Probereihen.....	115
11.4 Rezepte.....	124
11.5 Materialanalysen	125
11.5.1 THERMOGEFORMTE FOLIE.....	125
11.5.2 HARTSCHAUMSOCKEL.....	127
11.5.3 TEXTILIEN.....	130
11.5.4 KITT.....	135
11.5.5 KABELISOLIERUNG.....	136
11.6 Spektren.....	137
11.7 Technische Merkblätter.....	143

1. Einleitung

Kriegsschauplatz Deutschland¹: Die noch vor wenigen Jahrzehnten realistische Vorstellung strategischer Kernwaffenschläge im Zentrum des dichtbesiedelten Europas wirkt verstörend. Eine speziell gefertigte 273 Quadratmeter einnehmende strategische Reliefkarte aus einem eigens errichteten ehemals hochmodern ausgestatteten Gebäude bildet gerade den Raum der Bundesrepublik (BRD) und der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) ab, und stellt damit ein unmissverständliches Sachzeugnis für die Brisanz des Kalten Krieges Mitte der 1980er Jahre dar.

Die Geoplastik bildete das Herzstück des unter höchster Geheimhaltungsstufe stehenden Operativen Ausbildungszentrums (OAZ) der Nationalen Volksarmee (NVA). Bis zur Wende 1989 war der Zutritt nur hochrangigen Offizieren und Generälen sowie politischen Führungspersonen des Warschauer Paktes erlaubt, hier wurden geheime Kriegsszenarien auf westdeutschem Boden entwickelt, einstudiert und optimiert. Anfang der 1990er Jahre, nachdem das Relief durch die Wiedervereinigung über Nacht seinen Nutzen verloren hatte, wurde es abgebaut und lagert bis heute in Einzelteilen im Militärhistorischen Museum Flugplatz Berlin-Gatow. Ohne Hintergrundwissen lässt sich die einstige Bedeutung des Objekts von den einzelnen Platten nicht ableiten. Doch schon allein seine Größe, die Detailgenauigkeit und die in Handarbeit eingefügten und verkabelten Leuchtdioden regen die Neugier an und werfen Fragen im Betrachter auf.

Die Arbeit befasst sich mit zwei Einzelsegmenten, die mit vierzehn weiteren einen zur Ausstellung gedachten Kartenausschnitt bilden. Im Dokument von Nara wird der Begriff Erhaltung genau als „alle Bemühungen, die das Ziel haben, das Kulturerbe zu verstehen, seine Geschichte und seine Bedeutung zu kennen, seinen materiellen Erhalt und, falls erforderlich, seine Präsentation, Restaurierung und Förderung zu gewährleisten“², definiert. Deshalb stellt diese Arbeit eine Dokumentation³ dar, in der aus der Kontextualisierung mit den historischen Ereignissen, aus dem Erhaltungszustand des Objekts und schließlich den Materialanalysen, welche Rückschlüsse auf das Abbauverhalten des Kunststoffkompositis zulassen, ein Konzept entwickelt wird, das die Bedeutungsebenen des Objekts bestimmt. Diese werden gewichtet und aus ihnen der angestrebte Endzustand abgeleitet. In der darauffolgenden Planung der Maßnahmen wird durch Probereihen und Diskussion geeigneter Restaurierungsmaterialien ermittelt, inwieweit sich das Konzept umsetzen lässt. Am Schluss steht ein Hinweis auf die Lagerung der Reliefplatten. Auf die Zusammenfassung folgt der Anhang mit Kartierungen und Zeichnungen, Abbildungen, Probereihen, Rezepten, Materialanalysen, Schriftverkehr und technischen Merkblättern.

1 LAUTSCH 2013, Titel.

2 Dokument von Nara, Anlage 2, Begriffsbestimmung.

3 KELLER erinnert daran, „dass die Dokumentation einen wichtigen Beitrag zur technikhistorischen Objektforschung leistet, so dass durch sie der soziokulturelle und ökonomische Kontext mancher Objekte klarer fassbar wird und die Objekte dadurch an Wert gewinnen“, aus: KELLER 2010, 87.

2. Historischer Kontext

2.1 Kulturgeschichtliche Einordnung

Ein Relief⁴ ist ein Landschaftsmodell, das eine maßstabsgetreue und dreidimensionale Abbildung eines Ausschnitts der Erdoberfläche darstellt. Es hat den Anspruch etwas abzubilden, was „in situ nicht ins Auge gefasst werden kann“⁵, der wichtigste Effekt dieser Art kartografischer Darstellung ist die Übersicht. WEBER veranschaulicht: das Relief „transponier[t] das Ungreifbare, Unüberschaubare eines bestimmten Areal oder Landstrichs durch genormte abbildende Darstellung in eine begreifliche und anschauliche Ausdrucksform - unabhängig und unberührt von den Imponderabilien der Tages- und Jahreszeiten, von Witterung und Verwitterung, von wechselnden Färbungen, Gerüchen und Geräuschen der Dünste und Nebel, Blütezeiten, Orkane und Gewässer“⁶. In Europa sind die ersten dreidimensionalen Modelle im Mittelalter angefertigt worden, sie zeigten vor allem Gebäude oder Städte. Erst mit den technischen Neuerungen von Artillerie und Stadtbefestigungen im 16. Jahrhundert seien strategische Aspekte dazugekommen, um Festungswerke überblicken zu können und entsprechende Verteidigungsmaßnahmen zu planen.⁷ Bis 1870 betrieb die französische Armee ein Atelier zur Reliefherstellung⁸ - ab dem deutsch-französischen Krieg konnten Festungsanlagen den militärtechnischen Neuerungen nicht mehr standhalten.

Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts war die Landesvermessung und Kartenherstellung in Deutschland in militärischer Hand, mit dem Versailler Vertrag von 1919 wurde dieser Aufgabenbereich zivil.⁹ Nach dem zweiten Weltkrieg blieb die Kartenherstellung Länderaufgabe, in Ost wie West. Der „Militärgeographische Dienst der Bundeswehr“ stellte militärische Spezialkarten in der BRD ab 1956 selbst her. In der DDR wurden alle amtlichen Karten von der Verwaltung Vermessungs- und Kartenwesen hergestellt.¹⁰ Der Militärtopographische Dienst (MTD) bearbeitete alle militärischen Karten des DDR-Gebiets, der Grenzgebiete, West-Berlins sowie mittlere und kleinmaßstäbige „Kartenwerke des ‘westlichen Kriegsschauplatzes’, d.h. BRD von 50°N bis 54°40’N, Niederlande und Belgien, Luxemburg (westlich 6°E und nördlich 50°N), Frankreich (nördlich 48° und 0° bis 6°E)“¹¹. Erwähnenswert ist der Fakt, dass nach der Konferenz der „Leiter der Geodätischen Dienste der sozialistischen Länder“ in Moskau 1964 angeordnet wurde, öffentliche Karten zu verfälschen.¹² Um die Sicherheit im Umgang mit geodätischen und kartografischen Materialien zu erhöhen, sei es erforderlich gewesen „alle wichtigen Elemente einer öffentlichen Karte mit ± 15 bis 20 km Ungenauigkeit darzustellen“¹³. Durch die umfassende Geheimhaltung strategisch wichtiger Informationen suchte der Warschauer Pakt sich vor dem Gegner zu schützen.

4 Lat.: relevare - wieder aufheben, aus der Fläche hervor hochheben, befreien.

5 BÜRGI 2007, 15.

6 WEBER 2007, 36.

7 Der Wert topographischer (zweidimensionaler) Karten für die Planung von Feldzügen sei Friedrich dem Großen (1712-1768) bekannt gewesen. Napoléon Bonaparte (1769 - 1821) benötigte gutes Kartenmaterial für seine bewegliche Gefechtsführung; vgl. HAFENDER 2012, 74.

8 vgl. WEBER 2007, 36.

9 vgl. HAFENDER 2012, 78.

10 vgl. HAFENDER 2012, 79.

11 FASCHING PFAHLBUSCH 2006, 23; entspricht dem vom Relief dargestellten Kartenausschnitt.

12 vgl. HAFENDER 2012, 79.

13 HAFENDER 2012, 80.

2.2 Kurze zeitgeschichtliche Einordnung

Der Ost-West-Konflikt seit 1945 war kennzeichnend für die internationale Entwicklung der Weltorganisationen und der Weltwirtschaft. Dabei ging es hauptsächlich um machtpolitisch-ideologische Auseinandersetzungen, die den „Kalten Krieg“ von 1947 bis 1989 ausmachten. Aus westlicher Sicht standen freiheitliche und demokratische Staaten totalitären Diktaturen gegenüber. Im Osten opponierte die zentral durch die Staatspartei geleitete „allseitige Entfaltung der sozialistischen Persönlichkeit“ gegen die systematische Ausbeutung im imperialistischen Kapitalismus.¹⁴ Ein Rennen in politischer, wirtschaftlicher, technischer und militärischer Hinsicht entspann sich, um die jeweils feindliche Macht zurückzudrängen. Im Osten wie im Westen wurde mit ideologischer Propaganda agitiert, die Wirtschafts- und Kulturentwicklung vorangetrieben, Raumfahrtprogramme wurden angespornt. Das Wettrüsten insbesondere bezüglich nuklearer Waffen brachte die Welt mehrfach an den Rand einer bewaffneten Auseinandersetzung. Maßgeblich für die Bipolarität der Weltpolitik waren die zwei wichtigen Militärbündnisse: 1949 entstand die Nordatlantik-Pakt-Organisation (NATO) als Reaktion auf die Berlin-Blockade¹⁵. Dieses Ereignis stellt die erste „heiße Phase“ des Kalten Krieges dar. Erklärtes Ziel der NATO war die „Erhaltung demokratischer Freiheiten durch kollektive Verteidigung, politische und wirtschaftliche Zusammenarbeit“¹⁶. 1955 errichtete die Sowjetunion mit den ‘Volksdemokratien’ ihres Machtbereichs den Warschauer Pakt¹⁷ zu dem Zweck „automat. Beistand[s] bei bewaffneten Überfällen in Europa; [sowie] polit. Zusammenarbeit“¹⁸. Seit 1945 gab es seitens supranationaler Organisationen wie der Vereinten Nationen (UNO) immer wieder Bemühungen hinsichtlich der Abrüstung, um den Frieden global zu sichern.¹⁹ Bis in die 1990er Jahre sind die Verhandlungen zwischen Ost und West von „Übereinkünften zur Begrenzung bestimmter Rüstungsmaßnahmen“²⁰, das heißt von Abrüstungsverhandlungen, geprägt.²¹ Mit dem Kubakonflikt, als bekannt wurde, „dass auf Kuba sowjetische Raketenstellungen im Bau seien“²², drohte 1962 erneut Krieg auszubrechen. Auf die Entspannungspolitik²³ der sechziger und siebziger Jahre folgte die letzte heiße Phase mit ihrem Höhepunkt im Jahr 1983. Da der Warschauer Pakt die Westeuropa bedrohenden Atomwaffensysteme fortwährend erweiterte und immer mehr Mittelstreckenraketen stationierte, beschloß 1979 die NATO eine „Verbesserung des [Rüstungs]Gleichgewichts“²⁴ durch Aufstellung von knapp sechshundert nuklearen Gefechtsköpfen in Westeuropa.²⁵ In einer Rede im März 1983 bezeichnete der US-Präsident Reagan die Sowjetunion als „Zentrum des Bösen“²⁶, im selben Monat rief er die Strategic Defense Initiative (SDI) ins Leben, die einen Abwehrschirm gegenüber sowjetischen Interkontinentalraketen aufbauen sollte. Ende 1983 trafen durch die 1979 veranlasste Nachrüstung die ersten amerikanischen

14 vgl. PLOETZ 1992, 1227.

15 vgl. PLOETZ 1992, 1243.

16 DTV 1991, 517.

17 PLOETZ 1992, 1245.

18 DTV 1991, 517.

19 vgl. PLOETZ 1992, 1225.

20 ELZE REPGEN 1983, 775.

21 vgl. PLOETZ 1992, 1246.

22 PLOETZ 1992, 1250.

23 vgl. SCHILD 2013, 9ff.

24 PLOETZ 1992, 1255.

25 vgl. Ebenda.

26 PLOETZ 1992, 1256

nuklearen Mittelstreckenraketen in der BRD ein. Die Sowjets verließen am selben Tag die START-Verhandlungen zur Verringerung strategischer Waffen²⁷. 1983 sei das gefährlichste Jahr des Kalten Krieges gewesen, so SCHILD. Er ist der Überzeugung, dass:

„die zentrale Bedrohung des Jahres 1983 [...] in der Ungewissheit über die tatsächlichen Absichten des Gegners [lag]. Die sowjetische Führung unter Generalsekretär Andropow fühlte sich durch Reagans Maßnahmen und Äußerungen in ihrem Verdacht den USA gegenüber bestätigt. Die Rhetorik des Präsidenten und die amerikanischen Aufrüstungsbemühungen schienen auf aggressive Absichten hinzudeuten. Den USA ist es erst im Nachhinein deutlich geworden, wie die eigene Politik in Moskau wahrgenommen worden ist“²⁸.

Erst 1985 beschlossen Reagan und der im selben Jahr neu gewählte Generalsekretär Gorbatschow eine Wiederaufnahme des Dialogs.²⁹ Der Intermediate Range Nuclear Forces Vertrag (INF) über den vollständigen Abbau atomarer Mittelstreckenraketen wurde noch 1985 unterzeichnet. 1989 kam es mit der Wende zur deutschen Wiedervereinigung. Ost und West unterzeichneten 1991 schließlich den schon 1982 initiierten START-Vertrag über die Begrenzung strategischer Atomwaffen³⁰, der Warschauer Pakt wurde offiziell aufgelöst.³¹

2.3 Die Rolle der Nationalen Volksarmee

In dem 2013 veröffentlichten Buch „Kriegsschauplatz Deutschland“ gibt Siegfried Lautsch, ehemals Oberstleutnant der NVA, detaillierte Auskunft über die operative Planung der Nationalen Volksarmee in den 1980er Jahren. Das militärische Denken der NVA sei von der Sowjetunion geleitet gewesen, deren militärische Strategie sich noch auf den Überfall des Dritten Reiches im Juni 1942 bezogen habe: „Mit dem ‘Unternehmen Barbarossa’ verband sich die bittere Erfahrung, dass ein Erstschlag des Gegners verbrannte Erde im eigenen Territorium zurücklassen konnte“³². Aus diesem Grund sei die sowjetische Militärdoktrin seit 1945 darauf ausgerichtet gewesen in jedem Fall dem Eindringen gegnerischer Truppen zuvorzukommen. In den folgenden Jahren sei diese um die Absicht ausgebaut worden, einen „aufgezwungenen ‘imperialistischen Angriff’ so rasch wie möglich zu beenden“³³. Das machte eine anschließende Offensive oder einen Präventivschlag ebenfalls denkbar.³⁴

Auf dieser Grundlage beruht die Tatsache, dass die NVA neben Defensivoperationen vor allem Offensiven einstudierte. So existierte beispielsweise ein Angriffsplan, in dem die 5. Armee der NVA die deutsch-niederländische Grenze in fünf bis sieben Tagen erreichen wollte.³⁵ Es heißt, in der NVA habe grundsätzlich

27 vgl. SCHILD 2013, 14ff.

28 SCHILD 2013, 16.

29 vgl. PLOETZ 1992, 1256.

30 Reduzierung um etwa ein Drittel.

31 vgl. SCHILD 2013, 17.

32 SASS 2013a, 2.

33 Ebenda.

34 vgl. Ebenda.

35 vgl. Ebenda.

2.3 HISTORISCHER KONTEXT

die Meinung vorgeherrscht, dass die NATO aggressive Absichten habe. Deshalb habe man für den Ernstfall präventiv einen Krieg auf dem feindlichen Boden der Bundesrepublik vorbereiten müssen. Durch ausgeprägte Geheimhaltung in der DDR sei es den meisten Bürgern und Soldaten schwer gefallen, diese kriegerischen Pläne zu erkennen. Auf der Seite der NATO wiederum habe es angeblich nie Angriffspläne gegenüber dem Warschauer Pakt gegeben, allein schon weil die westliche Strategie auf Kriegsverhinderung beruht habe.³⁶

Die Nationale Volksarmee wurde von Strausberg aus befehligt, dort befand sich das Ministerium für nationale Verteidigung (MfNV): „[...] in der ganzen DDR war Strausberg ein absolutes Reizwort’ [...]. Strausberg stand für Befehl und Gehorsam und Stechschritten in steingrauen Uniformen“³⁷.



Abb.1: Historische Aufnahme, Blick in den Reliefsaal des OAZ, aus: SCHNEIDER 1994, S.75.

36 vgl. SASS 2013b, 1ff.

37 SUNDERMEYER 2006, 1.

2.4 Das kartografische Relief im operativen Ausbildungszentrum des MfNV in Strausberg

Der VEB Kartografie und Geodäsie Halle stellte das Relief 1983 industriell her.³⁸ Es besteht aus „500 Einzelteilen, die plaste beschichtet und ausgeschäumt sind“³⁹. Sie wurden unter großem Aufwand individuell in „Heimarbeit“⁴⁰, unter strengster Geheimhaltung im Reliefsaal (Abb. 1) des OAZ eingebaut.⁴¹ Strategisch wichtige Punkte wurden verortet, Leuchtdioden eingebracht, Kabelkanäle in die Unterseiten der Platten geschnitten und mit Textilklebeband abgedeckt. Schließlich mussten die Segmente zu dem ganzen Relief aufgebaut und arrangiert werden, jeder Plattenstoß wurde mit Kitt geschlossen und die Versätze der Landkarte händisch durch Retusche angepasst. 1986 war das Relief fertiggestellt, und wurde zur Nutzung überführt. Das OAZ wurde in Betrieb genommen⁴², es bildete einen wichtigen Teil des MfNV in Strausberg (Abb. 17 - 19). Es stand unter der größten Geheimhaltungsstufe⁴³ und lief unter dem Tarnnamen „Projekt 80“⁴⁴. Das OAZ diente der „Aus- und Weiterbildung von Führungspersonal der obersten Führungsebenen“⁴⁵, dafür standen Ausbildungsräume, ein Lage- und Briefingsaal sowie der Reliefsaal zur Verfügung (Abb. 21). Der Reliefsaal reichte über zwei Stockwerke. Von den Ausbildungsräumen im ersten und zweiten Stock konnte man auf Balkone treten, um das Relief von oben zu betrachten. Die Ausschäumung diente sicherlich der Stabilität, da die Soldaten das Relief auf Socken betraten, um taktische Zeichen händisch zu positionieren.⁴⁶ Kurz unterhalb des Fußbodenniveaus des Erdgeschosses in einer Art Becken installiert, war es möglich auf einer 20-Personen-Kommandobrücke über das Relief zu fahren⁴⁷. Es misst zusammengesetzt 13 x 21 Meter. Im Maßstab 1 : 50 000 wird ein Raum von 625 km Ost-West- und 1000 km Nord-Süd-Erstreckung abgebildet. Im Zentrum liegen die Territorien der DDR und BRD. Im Osten reicht das Relief bis Mittelpolen, im Süden bis Mittelösterreich, im Westen bis zu den Beneluxstaaten und Frankreich, im Norden ist Süddänemark abgebildet⁴⁸. Lagedarstellungen wurden manuell durch Hilfsmittel in Form von Zeichen und Symbolen demonstriert.⁴⁹ Der Reliefsaal war zusätzlich mit technischen Hilfsmitteln ausgestattet, die es ermöglichten bis zu 200 Personen gleichzeitig auszubilden⁵⁰. Dazu gehörte die Möglichkeit eine Lage auf dem Relief mit UV-Lichtquellen hervorzuheben.⁵¹ Außerdem konnte ein begrenzter Raum von 120 km x 120 km durch einen Scheinwerfer an einer beweglichen Videokamera erhellt werden. Die Videokamera, die über jeden beliebigen Punkt auf der Karte positioniert werden konnte, übertrug das Zentrum des ausgeleuchteten Bereichs mit einer Erstreckung von 36 km x 32 km in zehnfacher Vergrößerung über einen Großbildprojektor an eine Projektionswand. Ferner war neben der Projektionswand ein programmierbares Informations-

38 Diese Information stammt von einem Zeitzeugen mit dem Usernamen „willy“ aus einem Onlineforum namens LSK/LV (<http://f18189.nexusboard.de/>): „hersteller der reliefplatten [...] war ein kartographisches institut aus halle/saale“, Nachricht vom 23.09.2016, 23:02h. Oberstleutnant a.D. Dipl. Mil. Thomas Hausmann bestätigte diese Information im Telefongespräch am 21.10.2016.

39 ZMSBW, 4; vgl. HAUSMANN 2011, 114.

40 Frdl. mdl. Mitteilung, Oberstleutnant a.D. Dipl. Mil. Thomas Hausmann, Zeitzeuge, Telefonat am 21.10.2016.

41 Ebenda.

42 vgl. HAUSMANN 2011, 112.

43 schriftl. Mitteilung „Eggersdorfer“ im Forum LSK/LV (<http://f18189.nexusboard.de/>), 18.09.2016.

44 OTL KOCH.

45 HAUSMANN 2011, 112.

46 Frdl. mdl. Mitteilung, Oberstleutnant a.D. Dipl. Mil. Thomas Hausmann, Zeitzeuge, Telefonat am 21.10.2016.

47 vgl. SCHNEIDER 1994, 82; vgl. HAUSMANN 2011, 113; vgl. OTL KOCH.

48 vgl. HAUSMANN 2011, 113; vgl. ZMSBW, 2, 3.

49 vgl. ZMSBW, 3.

50 vgl. ZMSBW, 4.

51 vgl. HAUSMANN 2011, 113; vgl. ZMSBW, 4 und Anlage 3.

tableau angebracht, auf dem vortragsunterstützende Informationen eingeblendet werden konnten (Abb. 22).⁵² Auf dem Relief selbst sind etwa 10 000 Leuchtdioden montiert, die als Signallampen zur Darstellung bestimmter feststehender operativer Elemente dienen. Dazu gehören Eisenbahnstrecken, wichtige Straßenzüge und strategisch wichtige Orte wie Grenzübergänge, Kernkraftwerke, Häfen, Flughäfen etc. Ein komplexes informationstechnisches System ermöglichte die Übertragung der Informationen auch in alle Ausbildungsräume sowie den Lage- und Briefingsaal. Es existiert ein Ausbaurelief, das im Westen bis an die Atlantikküste reicht.⁵³ Es sollte einen Probeaufbau gegeben haben, danach sei der Anbau unter dem Hauptrelief eingelagert und nie verwendet worden. Das Relief war aufgestellt, sodass unterhalb ein 1,40 m hoher Keller zur Verfügung stand. Vor allem Techniker nutzten das Untergeschoß, um die Kabelstränge der LEDs zu bündeln und zum Regieraum zu leiten.⁵⁴

Nach der Auflösung der NVA sei das OAZ zu einem „touristischen“ Ziel der Bundeswehr geworden, etwas gleichartiges habe es in der BRD nicht gegeben⁵⁵:

„Bei den Vorführungen vor Soldaten der Bundeswehr konnte man die unterschiedlichsten Reaktionen verfolgen, wenn z.B. im zentralen Computer die Bezeichnung eines Panzerbattalions der Bundeswehr eingegeben wurde, die Reliefkamera daraufhin sofort zur entsprechenden Stelle des Reliefs fuhr, den Geländeabschnitt mit Standort des Objekts beleuchtete und die Angaben zu diesem Battalion, wie Personalbestand, Ausrüstung mit Großgerät, Aufnahmefähigkeit der Kaserne für Fahrzeuge und Personal u.ä. Angaben am Großtableau sichtbar gemacht worden sind. Oder es wurden die flächenmäßigen Darstellungen von Waldbränden oder Überschwemmungen, die in Folge von Kernwaffenschlägen entstanden waren mit Hilfe von 10.000 Leuchtdioden im Relief dargestellt. Weiterhin konnten Liveübertragungen oder Mitschnitte aus dem Fernsehen eingespielt werden, was wir auch bei unseren Ausbildungen nutzten.“⁵⁶

Ein ostdeutscher Reporter, der an einer solchen Führung teilgenommen hatte, formuliert seine Eindrücke so:

„Was einst als „Geheime Kommandosache“ nur ausgewählten Mitgliedern der Partei- und Staatsführung präsentiert wurde, sah nun jeder Besucher mit eigenen Augen: Wie umfassend sich alle NVA Teilstreitkräfte und ihre Führungsorgane auf einen Krieg im Zentrum Europas vorbereitet hatten. Und dabei sogar ungewöhnlich präzise Informationen über die Bundeswehr zur Lagebeurteilung nutzten, die mittels moderner Informationstechnik zur Verfügung standen.“⁵⁷

„Im sogenannten Operativen Ausbildungszentrum wurde bei mancher Übung der Marsch gen Westen erprobt. Die Angriffspfeile konnte man selbst nach der Wende noch sehen. Alle wichtigen Straßen der DDR und Bundesrepublik, auch Flugplätze und Kernkraftwerke, hatte man auf einer Reliefkarte - etwa 20 mal 15 Meter groß - im Maßstab 1 : 50000

52 vgl. ZMSBW, 4 und Anlage 3.

53 vgl. HAUSMANN 2011, 113, vgl. ZMSBW, 4.

54 Diese Information stammt von einem Zeitzeugen mit dem Usernamen „willy“ aus einem Onlineforum namens LSK/LV (<http://f18189.nexusboard.de/>): „das aufbaurelief ist aufgestellt worden, also wie „edv“-fußboden. in jedem einzelnen segment (reliefplatte) waren markante stellen, wie autobahn, kraftwerke, flughäfen, landeplätze, also alle strategisch interessanten standorte mit LED's bunt sichtbar gemacht. das steuerpult für diese ganze „sichtbarmachung“ befand sich im oberen regieraum mit einer großen sichtscheibe nach unten auf das relief. unter der reliefplatte war ein „keller“, hier unten wurden die ganzen reliefplatten „LED's“ miteinander verbunden und dann letztendlich zum regieraum geführt. höhe unter der platte ca. 1.40, diente natürlich gleich als lager für das aufbaurelief.“, Nachricht vom 23.09.2016, 23:02h.

55 vgl. HAUSMANN 2011, 112.

56 HAUSMANN 2011, 113.

57 HEINZE 2013, 251.

*nachgebildet. So konnten schon in Friedenszeiten immer wieder die für den Ernstfall vorgesehenen Fahrtrouten, beispielsweise durch das Ruhrgebiet oder nach Bayern, einstudiert werden.*⁵⁸

Anfang der 1990er Jahre wurde das Relief in seinen 500 Einzelteilen in das Militärgeschichtliche Museum Flugplatz Berlin-Gatow verbracht, wo es heute im Hangar Sieben auf der Empore lagert.

2.5 Zeitzeugen / Archivrecherche

Oberstleutnant a.D. Dipl. Mil. Thomas Hausmann verfasste 2009 eine Studie, in der er auf die Gefechtsbereitschaft der ehemaligen NVA eingeht. Im Kapitel 18.7 beschreibt er das Operative Ausbildungszentrum im Ministerium für nationale Verteidigung. Über Rüdiger Wenzke, Historiker im Zentrum für Militärgeschichte und Sozialwissenschaften der Bundeswehr, konnte diese Studie eingesehen und der Kontakt zu Herrn Hausmann hergestellt werden. In einem Telefonat wurden weitere Details und Hintergrundinformationen zum Relief in Erfahrung gebracht. Er merkt an, dass das OAZ zu einem Vorzeigebjekt der NVA werden sollte. Um das zu realisieren, sei die für DDR-Verhältnisse außergewöhnlich weit entwickelte Technik zum Teil sicherlich für Valutamark aus der BRD importiert worden. Für die Auffrischung der Daten und Kenntnisse über die Bundeswehr gab es das sogenannte „Blaue Wunder“, einen Katalog, der alle relevanten Angaben, die den Gegner betrafen, enthielt. Dazu gehörten beispielsweise die genaue Dislozierung von Streitkräften oder Aufnahmefähigkeit der Kasernen et cetera. Die Informationen wurden direkt in den Digitalen Arbeitsplatz eingespeist und waren so auf dem Informationstableau aufrufbar. Dieser Katalog sei jedes Quartal durch den Bereich Aufklärung erneuert worden.

Herr Hausmann gibt zu bedenken, dass ein Großteil an Informationen, auch die Herstellung der Karte betreffend, wahrscheinlich vernichtet worden ist. Nach der Wende habe innerhalb der NVA ein Frust geherrscht. Die Soldaten zerstörten viele Dokumente, damit sie nicht dem vermeintlichen Gegner in die Hände fielen. Herr Hausmann selbst hat sich dafür eingesetzt geheime Dokumente zu sichern und für die Nachwelt aufzubewahren.

Die Archivrecherche verlief tatsächlich erfolglos. Intendiert war genauere Informationen zur Herstellung des Objekts vor Eingang in die Kaserne zu bekommen. Da die Platten vom VEB Kartographie und Geodäsie in Halle hergestellt worden sind, wurde sowohl am Stadtarchiv in Halle als auch am Landesarchiv Sachsen-Anhalt angefragt. In Halle werden nur solche Dokumente archiviert, die direkte Berührungspunkte zwischen Firma und Stadtverwaltung aufweisen, das heißt in erster Linie Bauakten. Das Stadtarchiv Halle verwies dabei auf eine Recherche im Bundesarchiv, Abteilung DDR, da der VEB „aufgrund seiner umfangreichen Aufträge für sicherheitsrelevante Bereiche - sprich Armee - als zentralgeleiteter Betrieb direkt dem Ministerium des Innern unterstellt“⁵⁹ war. Dem Landesarchiv Sachsen-Anhalt liegen keinerlei Akten bezüglich des VEB vor, hier wurde die Empfehlung ausgesprochen eine Recherche im Bundesarchiv, Abteilung Militärarchiv, in Freiburg im Breisgau vorzunehmen.

58 HEINZE 2010, 27.

59 Frdl. schriftl. Mitteilung von Roland Kuhne, Teamleiter Zentrale Altregistratur, Stadtarchiv Halle, vom 28.09.2016.

Im Bundesarchiv in Berlin, Abteilung DDR, sind Unterlagen zum VEB Geodäsie und Kartographie im Aktenbestand “DO 1 Ministerium des Innern, Teil Verwaltung Vermessungs- und Kartenwesen” vorhanden. Bei einer Recherche vor Ort konnten hauptsächlich Bestände zur Ökonomie des Betriebes gefunden werden, es waren keine Informationen bezüglich einzelner Projekte oder Auftragstellungen, beziehungsweise -ausführungen vorhanden. Interessant ist allerdings eine Vereinbarung zwischen Ministerium für Kultur und dem Ministerium des Innern von 1980, in der festgehalten wird, dass der VEB Kartographie und Geodäsie künftig Reliefkarten ausschließlich für militärische Zwecke herstellen wird und weiterhin dem Ministerium des Innern untersteht. Reliefkarten für zivile Zwecke sollten künftig in den Aufgabenbereich des Ministeriums für Kultur fallen und vom VEB Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha/Leipzig produziert werden. Ziel dieser Maßnahme war die Spezialisierung der Herstellung kartografischer Erzeugnisse in der DDR.⁶⁰

Eine weitere Vereinbarung zwischen Ministerium des Innern und dem Militärtopographischen Dienst des MfNV von 1982 betrifft die „Zusammenarbeit bei Planung, wissenschaftlich-technischer Vorbereitung und einheitliche Durchführung geodätischer, topographischer und kartographischer Arbeiten zur Sicherstellung der Landesverteidigung und der inneren Sicherheit und Ordnung sowie zur Gewährleistung des Geheimnisschutzes für geodätische und kartographische Erzeugnisse, Luftaufnahmen und kosmische Aufnahmen“⁶¹. Einer Anfrage in Freiburg im Breisgau folgte die Auskunft, dass zwar Unterlagen zum Ministerium für nationale Verteidigung vorlägen, aber bei einer kursorischen Recherche keine Hinweise zur Reliefkarte gefunden werden konnten. Gegebenenfalls könnte eine Recherche vor Ort im Aktenbestand „DVW1“ (Ministerium für nationale Verteidigung, DDR) zu Ergebnissen führen. Hier sollte besonders der Militärtopographische Dienst des MfNV verfolgt werden. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit ist diese Möglichkeit nicht wahrgenommen worden.

60 vgl. BArch, Abteilung DDR, DO 1-21102.

61 BArch, Abteilung DDR, DO 1-89354, Reg.-Nr.: 509/88/000001.

2.6 Ausstellungsentention

Das Relief ist zu groß, um in seiner Gänze wieder aufgebaut zu werden. Der Ausschnitt des geteilten Berlins mit Strausberg im Osten wird in der Empfangshalle des Kommando Heer in der Von-Hardenberg-Kaserne in Strausberg ausgestellt. Für die Neukonzeption der Ausstellung im Militärgeschichtlichen Museum Flugplatz Berlin-Gatow sind 16 Segmente ausgewählt worden (Abb. 24) - zwei davon werden repräsentativ in dieser Arbeit behandelt. Der Kartenausschnitt zeigt die innerdeutsche Grenze auf der Höhe von Kassel bis nach Fulda. Ein Codebegriff der Theorie des dritten Weltkriegs: „Fulda Gap“ soll dem Besucher anhand der etwa zehn Quadratmeter nahegebracht werden. Der strategische Wert der Operation habe in dem Gelände gelegen, das die Kleinstadt Fulda umgibt. Mit „gap“, also Lücke oder Senke, seien Täler und Verkehrswege gemeint, die für ganze Heere einen verhältnismäßig einfachen Weg nach Westen geboten hätten.⁶² Von Fulda aus sei es nur ein „leichter, schneller Marsch bis zum strategisch wichtigen Standort Frankfurt und zum Rhein“⁶³. Aufgrund dieser geografischen Gegebenheiten sei die Gegend um Fulda „einer der waffenstärksten Punkte der Erde“⁶⁴ gewesen, auf beiden Seiten der innerdeutschen Grenze. Es heißt, dass hier mit höchster Wahrscheinlichkeit taktische Kernwaffen zur Anwendung gekommen wären, wenn ein Krieg zwischen NATO und Warschauer Pakt ausgebrochen wäre.

62 vgl. MIZOKAMI 2013.

63 Ebenda.

64 Ebenda.

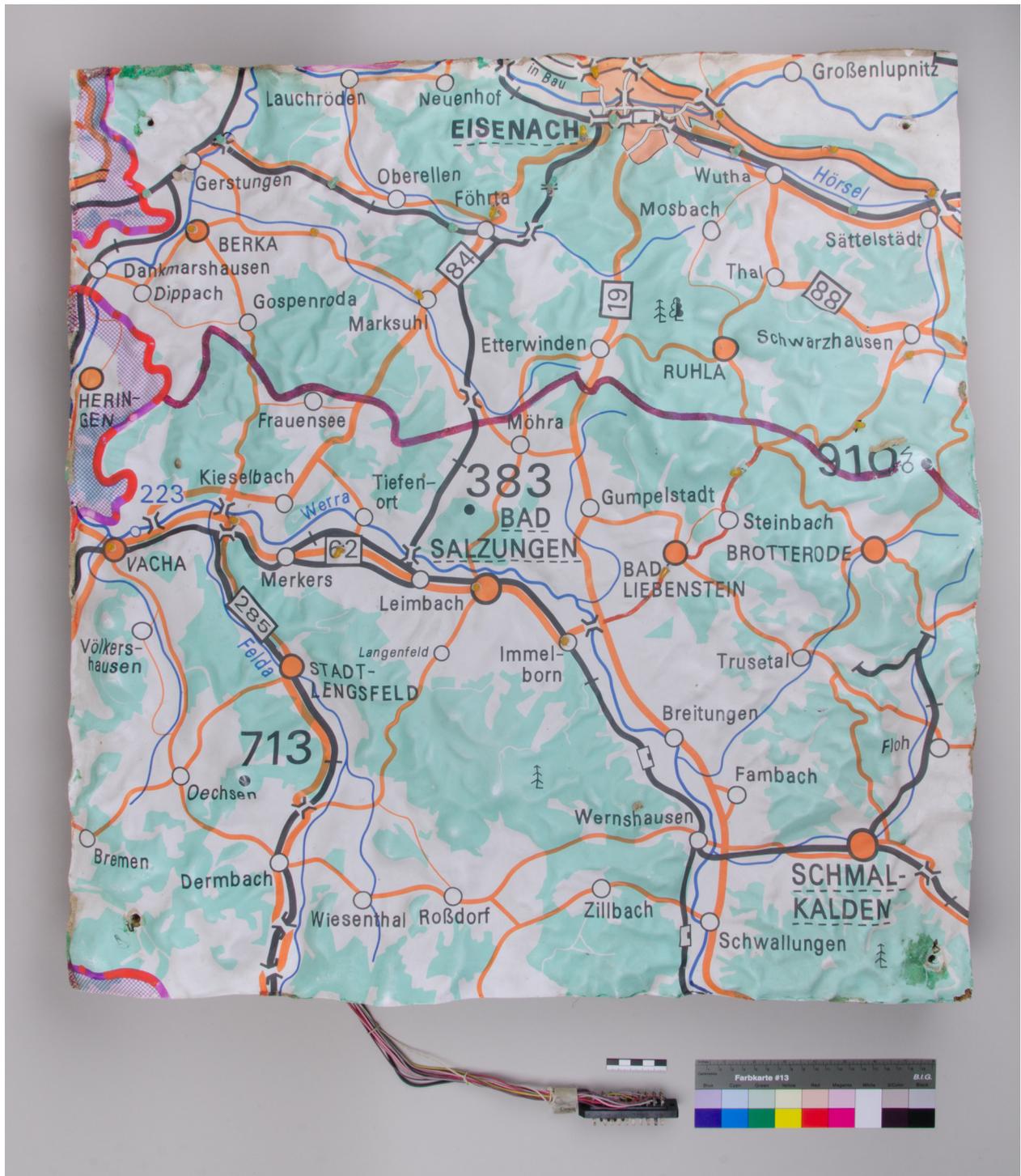


Abb.2: Segment „K8 Eisenach“, Vorzustand, Oberseite. Die ganze Folie bildet ein flaches Relief. Die Folienseite ist glatt, mikroskopisch lässt sich eine feine Riefenstruktur erkennen. Die Druckfarben überlagern sich an Schnittpunkten. Auf der Westseite des Segments wurde auf die violett gedruckte Staatsgrenze rote Fluoreszenzfarbe in einer Strich-Punkt-Linie aufgetragen. Die Bezirksgrenze, die sich in ost-westlicher Erstreckung über den Kartenausschnitt zieht, wurde ebenfalls händisch nachgetragen. Von Immelborn über Bad Liebenstein zur Bezirksgrenze führt eine nachgetragene Straße.

An der nördlichen Seite ist die Folie photooxidativ vergilbt, der an den Kanten anhaftende Kitt ist hier stärker verkrustet. Eine ölige Auflagerung bindet auf den vergilbten Bereichen mehr und größere Partikel, der überwiegende Teil der Folienseite bindet Stäube rein elektrostatisch. Auf den Berggipfeln ist vermehrt Abrieb der Druckfarbe zu verzeichnen, besonders auf der höchsten Erhebung, mittig an der Ostseite, wo ein Funkturm neben „910“ eingetragen ist.

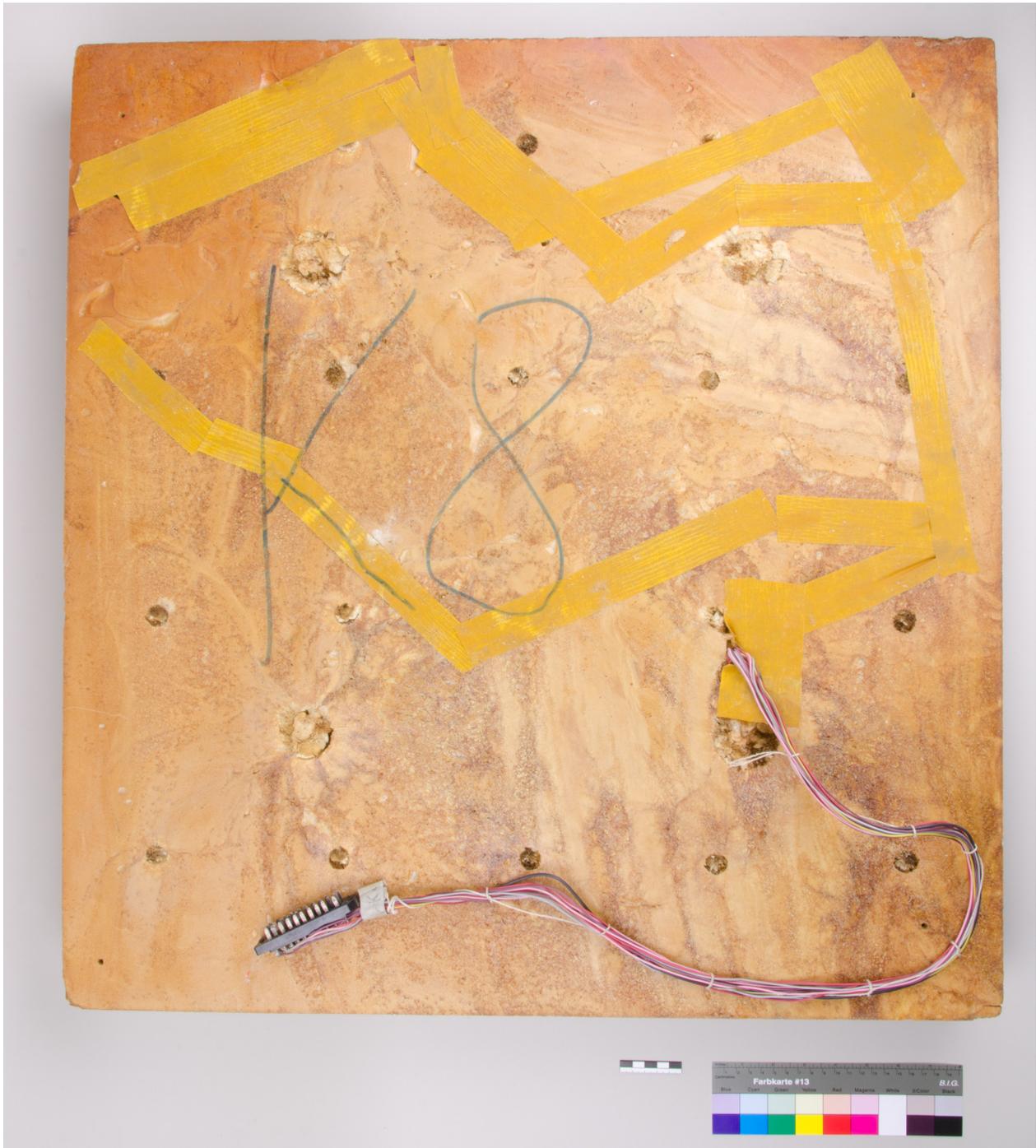


Abb.3: Segment „K8 Eisenach“, Vorzustand, Unterseite. Der Polyurethanschaumsockel hat auf der Unterseite eine verhältnismäßig glatte Oberfläche. Die Zellstruktur der Außenhaut wurde beim Anschäumen von einem Formwerkzeug in eine plane Fläche gezwungen. Dadurch ist die Zellgröße kleiner als im Inneren, die Zellwände bilden den Großteil der Oberfläche. Vereinzelt wurden keine Zellwände ausgebildet oder diese sind beschädigt, sodass eine poröse Struktur entsteht. Nahe der linken Kante zwischen den Textilklebestreifen ist die plane Oberfläche durchbrochen. Hier ist der Schaum nicht bis an die Formwand expandiert.

Der Schaum ist stark verbräunt. Vor allem in den Kantenbereichen oben und rechts ist eine stärkere Verfärbung erkennbar, als habe ein weiteres, rechteckiges Segment den Lichteinfall beeinflusst. Die im Raster auftretenden, runden Strukturen sind wahrscheinlich Anschäumungspunkte, da hier mikroskopisch eine klare, zentriert nach oben gerichtete Fließstruktur erkennbar ist.

Die gelben Textilklebestreifen, die die Kabelkanäle abdecken, haften kaum noch, sind aber vollständig. Die Zeichen der Rasterzuordnung sind etwa 40 Zentimeter hoch.

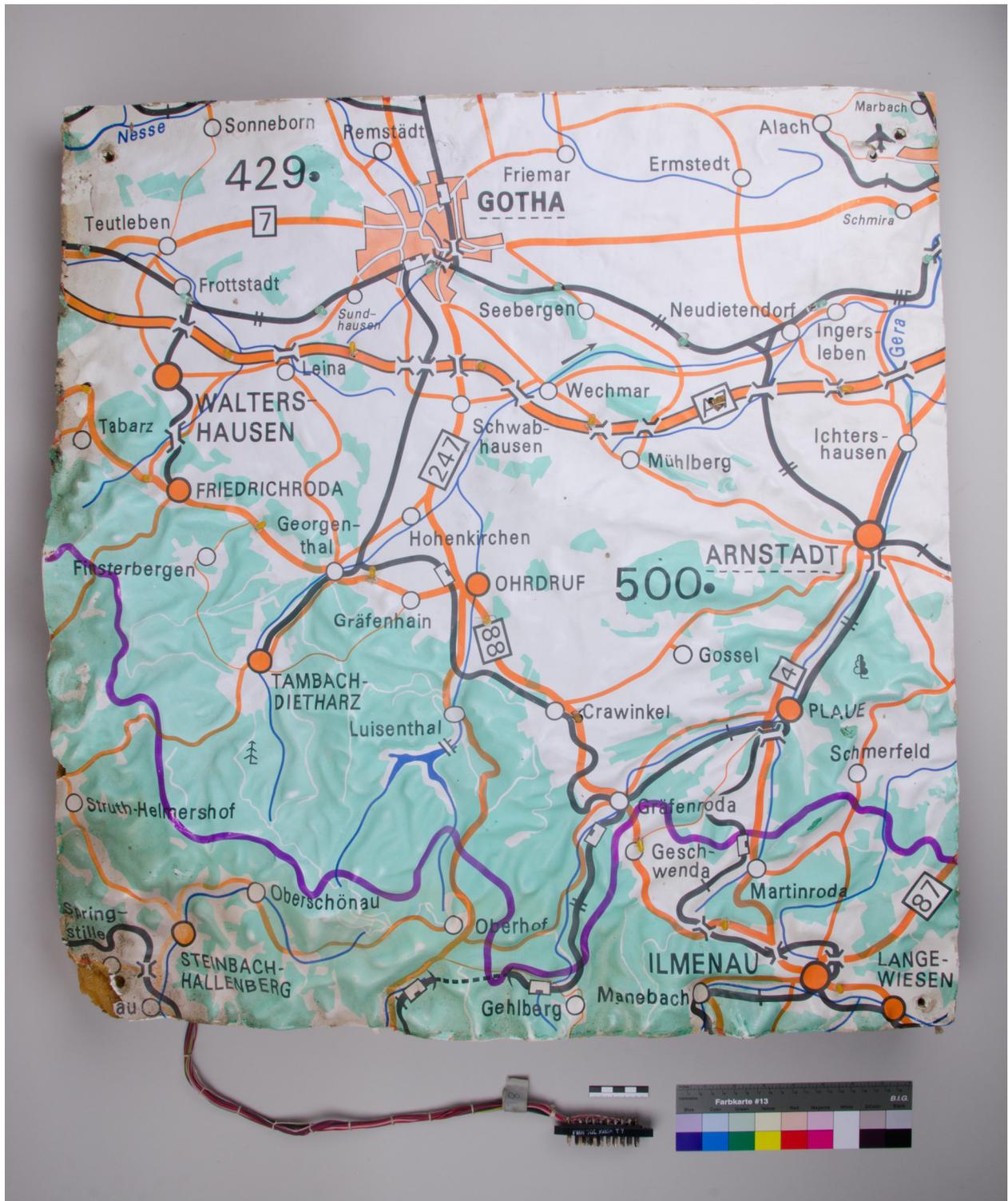


Abb.4: Segment „J8 Gotha“, Vorzustand, Oberseite. Die bewaldeten / grünen Gebiete bilden ein starkes Relief, wohingegen die weißen Gebiete flach sind. Die Folienoberseite ist glatt, mikroskopisch lässt sich eine feine Riefenstruktur erkennen. Die Druckfarben überlagern sich an Schnittpunkten. Erkennbar ist die große Fehlstelle an der Südwestecke, hier fehlt Schaumstruktur und Folie. Ebenfalls sichtbar ist die Verbräunung der Folie an der westlichen und südlichen Seite. Es sieht aus, als habe ein weiteres Segment aufgelegt, sodass Photooxidation auf der freiliegenden Fläche verstärkt stattfinden konnte. In diesem Bereich ist auch der an den Kanten anhaftende Kitt stärker verkrustet und ölige Absonderungen binden mehr und größere Partikel an die Folienoberfläche.



Abb.5: Segment „J8 Gotha“, Vorzustand, Unterseite. Der Polyurethanschaumsockel hat auf der Unterseite eine verhältnismäßig glatte Oberfläche. Die Zellstruktur der Außenhaut wurde beim Anschäumen von einem Formwerkzeug in eine plane Fläche gezwungen. Dadurch ist die Zellgröße kleiner als im Inneren, die Zellwände bilden den Großteil der Oberfläche (Abb. 131). Vereinzelt wurden keine Zellwände ausgebildet oder diese sind beschädigt, sodass eine poröse Struktur entsteht (Abb. 64). Nahe der oberen Kante ist die plane Oberfläche durchbrochen. Hier ist der Schaum nicht bis an die Formwand expandiert.

Der Schaumsockel ist stark verbräunt. Auch hier sind Kanten in der Verfärbung erkennbar, als habe ein weiteres, rechteckiges Segment den Lichteinfall beeinflusst. Die Flächen, die frei lagen, sind stärker oxidiert und dunkler. Die im Raster auftretenden, runden Strukturen sind wahrscheinlich Anschäumungspunkte, da hier eine klare, zentriert nach oben gerichtete Fließstruktur erkennbar ist.

Die gelben Textilklebestreifen, die die Kabelkanäle abdecken, sind zum Teil gänzlich gelöst, am rechten oberen Bereich fehlt bereits ein Streifen. Die zuvor abgedeckte Fläche ist heller als das umliegende Material, die Lichteinwirkung und somit die Photooxidation wurde hier durch das aufliegende Gewebe reduziert. An der rechten oberen Ecke fehlt ein großes, annähernd dreieckiges Fragment (Kantenlängen zehn und dreizehn Zentimeter) im Schaumsockel. Die noch hellere Farbigkeit des Schaumkerns ist sichtbar.

3. Beschreibung

Auf Segment E8⁶⁵ - Raum Karl-Marx-Stadt - befindet sich auf dem an der nördlichen Seite umgeknickten Rand der Folie der Aufdruck: „Ausgabe 1983“. Das Operative Ausbildungszentrum im MfNV wurde 1986 eröffnet. Daraus lässt sich schließen, dass Auftragstellung und -ausführung zur Herstellung des Reliefs in der ersten Hälfte der 1980er Jahre erfolgten.

Das kartografische Relief des OAZ Strausberg wird in dieser Arbeit exemplarisch anhand zweier Segmente untersucht (Abb. 2-5).

Die Segmente werden in der Folge mit der rückseitig vermerkten Rasternummer (vgl. Abb. 3, 5, 63) nach dem Buchstabe/Zahl-Prinzip und dem größten abgebildeten Ort bezeichnet. Die Himmelsrichtungen des Drucks werden zur besseren Verortung auf den Segmentoberseiten zu Hilfe genommen. In Tabelle 1 sind allgemeine Objektdaten festgehalten. N, E, S und W bezeichnen in der Tabelle die Seitenflächen der Segmente auf der jeweiligen Seite der Himmelsrichtung des aufgedruckten Kartenausschnitts.

Tab.1: Objektdaten

	„K8 Eisenach“	„J8 Gotha“
Abgebildeter Raum	Eisenach, Schmalkalden	Gotha, Ilmenau
Inventarnummer	AAAF3295	AAAF3314
HTW-Nummer	16059	16058
Weitere Nummern	K8 N: 54.4.??32.04?.??? 13.32.533.001 E: 54.4.13.32.046.001; "Ausgabe/Blattzahl": 13.32.046.001 S: Ag 117/XXVI 27 54.4.1/4353; "Nomenklatur": 13.32.057.001 W: ???.???.???.001; "Schlüsselnummer": 13.32.044.001	J8 N: 54.4.13.32.058.001 E: 54.?.13.22.???.?01 S: 54.4.13.32.034.001 W: ?
Gesamtmaße (L x B x H), [cm]	70,5 x 74,5 x 10	70,5 x 74,5 x 10
Gewicht [g]	2050	2000
Datierung	Erste Hälfte der 1980er Jahre	
Herkunft	Reliefsaal, Operatives Ausbildungszentrum im MfNV Strausberg, DDR	
Besitzer	Militärhistorisches Museum Flugplatz Berlin-Gatow	
Materialien	Polyurethanhartschaum, VCVAc-Copolymer-Folie, Druckfarben, Textilklebeband, Messerstecker, Kupferkabel mit VCVAc-Ummantelung, Vorwiderstände, Leuchtdioden (grün, gelb, weiß), Aufkleber, Textilschnur, Pappe	

Das Gesamtelief wird aus einzelnen nahezu quadratischen, Platten zusammengesetzt. Die Längen und Breiten variieren dabei wenig, die Höhen ergeben sich aus der jeweils dargestellten Region. In flachen Gebieten beträgt die Höhe 3,5 cm, in der alpinen Region erreicht sie bis zu 20 cm. Die genaueren Maße dieser Segmente lassen sich den Zeichnungen im Anhang entnehmen. Eines der im MHM eingelagerten Segmente (Abb. 6) ist beschriftet mit folgendem Hinweis: „Muster für Seeblätter (nicht tiefgezogen, Sockel angeschäumt)“. Daher ist bekannt, dass die Dreidimensionalität des Reliefs durch Thermoformen von thermoplastischer Kunststoffhartfolie erzeugt wurde. Ihr Eigenfarbton ist durch einen weißen Füllstoff gege-

3. BESCHREIBUNG

ben, ihre Dicke beträgt etwa 0,5 Millimeter. Die Hügel und Berge darstellenden Erhebungen sind herstellungstechnisch bedingt stark abgerundet⁶⁶, sodass die Oberseite des Reliefs eine organisch-fließende Form erhält. Die Folie ist glatt mit einer mikroskopisch leicht pickeligen Oberflächenstruktur (Abb. 44). Sie ist am Rand umgeschlagen und von innen mit einem Sockel aus Polyurethanhartschaum ausgeschäumt, der von der Folienkante aus mindestens 22 mm Überstand und somit eine Plattendicke von mindestens 35 mm gewährleistet.

Der Sockel muss durch ein plattenförmiges Werkzeug mit rechtwinkligen Kanten und Einflussöffnungen bei der Anschäumung geformt worden sein. Die Zellstruktur der Außenhaut wurde beim Anschäumen von einem Formwerkzeug in eine plane Fläche gezwungen, dadurch ist die Zellgröße kleiner als im Inneren. Die Zellwände bilden den Großteil der Oberfläche. Vereinzelt wurden keine Zellwände ausgebildet oder diese sind beschädigt, sodass eine annähernd plane, aber poröse Struktur entsteht (Abb. 64). Die runden, im Raster auftretenden Strukturen sind Unterbrechungen der Oberfläche, in denen das Zellgefüge eine zentriert nach oben gerichtete Fließstruktur aufweist (Abb. 66, 67). Das Werkzeug, das den Schaum während der Expansion in die Sockelform gezwungen hat, wurde während des Bearbeitungsprozesses vermutlich über ein textiles Material mit der thermogeformten Folie verbunden. Dafür sprechen auf den Seiten und an den Ecken des Sockels erkennbare Oberflächenstrukturen von zuvor anhaftendem Textil (Abb. 61, 71). Zum Teil ist an den Ecken und Kantenbereichen zwischen der Folie und dem Schaumstoff Textil vorhanden. Es mag vom Herstellungsprozess übrig geblieben sein. Rundherum wurde es grob entfernt. Möglicherweise sind die Reste intendiert, da sie gerade in den fragilen geknickten Bereichen zur Verstärkung der Folie dienen. Die Westkante der Platte „J8 Gotha“ wurde offensichtlich geschnitten oder gesägt. Die Schaumstruktur liegt hier frei (Abb. 57, 69). In seiner Farbigkeit variiert der Hartschaum an den Außenseiten zwischen hellem gelbbraun und dunklerem rotbraun. Das Innere, welches an Fehlstellen sichtbar ist, ist von heller pastellgelber Farbe (Abb. 5, 66). Die Schaumstruktur ist stark inhomogen. Die Zellgröße variiert im Durchmesser zwischen zehn Mikrometer bis zu stellenweise drei Millimeter (Abb. 66, 131 - 136). Dabei können wirbelartige Schichtungen und Verläufe mit Fließrichtung von unterschiedlichen Schaumstrukturen beobachtet werden. Die Plattenstöße weisen auf der Folienoberseite Kittreste auf, die in bedruckten Bereichen retuschiert wurden (Abb. 12, 58, 62). Sie dienen zum Schließen der Fugen zwischen den Segmenten und zum Angleichen der Versätze im Druck. Die Folie ist mit einer Landkarte bedruckt. Dargestellt sind Straßenzüge,

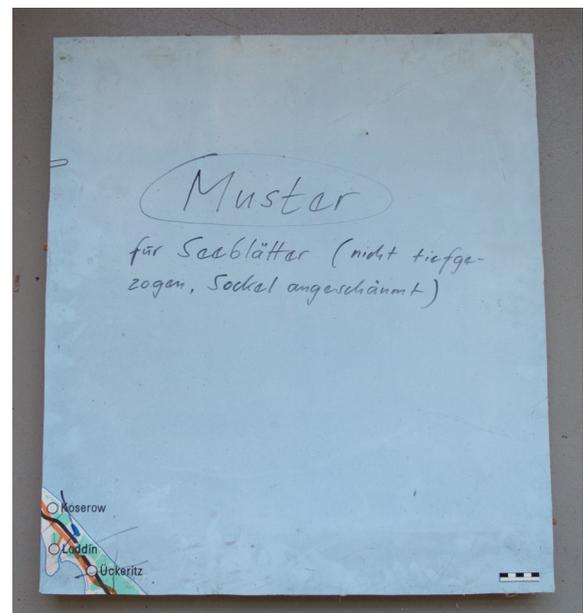


Abb.6: Originales Segmentmuster mit der Aufschrift: „Muster für Seablätter (nicht tiefgezogen, Sockel angeschäumt)“, das auf die Herstellungstechnik hinweist, vergleiche mit Abbildung 23.

66

vgl. LATTERMANN 2016, 8; mittels Formen hergestellte Kunststoffprodukte lassen sich einfacher entformen, wenn keine scharfen Kanten vorhanden sind.

Eisenbahnstrecken, Gewässer, Waldgebiete, Bezirks- und Staatsgrenzen sowie Knotenpunkte oder Details der Infrastruktur: Orte verschiedener Einwohnerzahlen, Bahnhöfe, Flughäfen, Brücken und Tunnel. Die Druckfarben (Abb. 45 - 46, 48 - 51) sind monochrom, gedruckt wurde mit dem Siebdruckverfahren. Die Druckfarben überlagern sich an Schnittpunkten. Gelbe und grüne Leuchtdioden folgen in zehn Zentimeter Abständen wichtigen Straßen und Bahnstrecken. Einzelne und gruppierte weiße Dioden weisen auf strategisch wichtige Objekte hin, wie beispielsweise Grenzübergänge, Flughäfen, Kraftwerke, militärische Stützpunkte etc. Manche Karteninhalte wurden händisch nachgetragen (Abb. 47, 52, 59). Eine Legende des Karteninhalts ist im Anhang, Kapitel 11.2 Abbildungen LEGENDE gegeben (Abb. 25 - 53). Von der Unterseite sind vier bis sieben Millimeter breite und bis zu 20 Millimeter tiefe Kabelkanäle in den Schaumstoff eingeschnitten, diese führen an der Unterseite der Leuchtdioden vorbei. Wo sich eine Leuchtdiode befindet, führt eine 13 Millimeter breite Bohrung bis an die Folienunterseite. Die Leuchtdioden sind mit einzelnen Kabeln, die sich in ihrer Farbe unterscheiden, verlötet. Sie verlaufen durch die Kabelkanäle und werden an einem zentralen Punkt aus der Platte hinausgeleitet. Eine Textilschnur bündelt die Kabel zu einem 80 bis 90 Zentimeter langen Strang, der in einen Messerstecker der TGL Norm 10395 mündet. Die einzelnen Kabel sind mit den Steckkontakten verlötet (Abb. 77 - 80). Gelbes Textilklebeband, das in mehreren Streifen appliziert ist, verschließt die Kabelkanäle (Abb. 3, 5, 63). Rückseitig ist gut sichtbar mit bis zu 40 Zentimeter hohen Buchstaben die Rasterzuordnung mittels Permanentfilzstift mit drei Millimeter breiter blauer Mine verzeichnet. Auf die Seiten der Segmente sind verschiedene Aufkleber geklebt, die vermutlich Aufschluss über den Gesamtzusammenhang des Reliefs geben und verschiedene Nummerierungssysteme aufweisen (Tab.1; Abb. 56, 57). Auf der Westseite des Segments „J8 Gotha“ sind zwischen die horizontal aufgeschnittene Anschäumung Streifen aus Pappkarton eingelegt. Die Platten sind, höchstwahrscheinlich zu Montagezwecken, in allen vier Ecken mit einer senkrechten sechs Millimeter-Bohrung durch den Schaumkern versehen, die Folie ist hier kreisförmig in einem Zentimeter Durchmesser eingedrückt.

3.1 Elektronische Bauelemente

Strategisch wichtige Objekte sind auf der Karte mit Lichtemitterdioden gekennzeichnet. Auf der Rückseite wird nach Abnahme der Textilklebestreifen die Kabelführung sichtbar (Abb. 87, 88). Vom Steckverbinder führt von den drei mit „0“ bezeichneten Steckkontakten (Abb. 78, 80, 81) ein schwarzes Kabel⁶⁷ mit dem Kabelstrang zu einem zentralen Punkt auf der Sockelrückseite des jeweiligen Kabelsegments. Hier sind Schaumsockel und Kabelstrang verklebt. Das schwarze Kabel verläuft eine kurze Strecke in einem Kabelkanal, wo es an einem bestimmten Punkt endet und in mehrere dünnere braune Kabel⁶⁸ aufgegliedert wird. Diese folgen den verschiedenen Kanälen. Die Abzweigungen zu den anodischen Poldrähnen der parallel geschalteten Dioden sind über Verlotung mit kurzen braunen Kabelabschnitten gelöst. Vor den Anoden ist je ein typenabhängiger Vorwiderstand in Reihe geschaltet. Die Poldrähne der Dioden sind über zwei Bohrungen mit etwa zwei Millimeter Durchmesser durch die Folie gesteckt. Das Gehäuse ist mit einem Klebstoff mit der Folie verklebt. In den 13 Millimeter Bohrungen im Hartschaumsockel, die sich direkt unter den LEDs befinden, sind die Poldrähne verlötet. Die Kathode der Dioden ist jeweils mit einem kurzen gelben

67 2,3 mm Durchmesser.

68 1,4 mm Dicke.

Kabel verlötet, das wiederum mit einem der bunten in den Kabelkanälen verlaufenden Kabeln verlötet ist. Jede vierte Diode ist parallel geschaltet und wird von demselben Kabel gebündelt. Die verschiedenfarbigen Kabel führen zu dem zentralen Punkt zurück, wo sie im Strang zusammengefasst zum Messerstecker führen. Die einzelnen Kabel sind mit den Steckkontakten des Steckverbinders verlötet.

Mit Hilfe eines Labornetzteils konnten die LEDs angesteuert werden, sodass über das Aufleuchten zuverlässig zugeordnet werden konnte, welche Diode mit welchem Steckkontakt verbunden ist.⁶⁹ Im Anhang ist unter Zeichnungen und Kartierungen pro Segment jeweils ein Schaltplan angefügt.⁷⁰

3.1.1 Daten Lichtemitterdioden

Die Dioden konnten anhand ihrer Bauform und Gehäuseeinfärbung als die Typen identifiziert werden, die in folgender Tabelle aufgeführt sind. Die Daten sind aus einem Handbuch des Radiofunkkombinats der DDR übernommen.⁷¹ Die Gehäuse bestehen aus Epoxidharz. Die Widerstände sind exemplarisch in Abbildung 83 und 84 festgehalten.

Tab.2: Daten Lichtemitterdioden

Typ	VQA 13	VQA 23	VQA 33
Emissionsfarbe	rot	grün	gelb
Gehäuseeinfärbung	weiß diffus	grün diffus	gelb diffus
Durchlaßgleichstrom I_{Fmax}	30 mA	30 mA	30 mA
Sperrgleichspannung U_{Rmax}	5 V	5 V	5 V
Betriebstemperatur	-25°C ... 85°C	-25°C ... 85°C	-25°C ... 85°C
Lichtstärke ($I_{Fmax} = 20$ mA)	0,4 ... 3,0 mcd	0,6 ... 4,5 mcd	0,6 ... 4,5 mcd
Durchlaßgleichspannung U_F	$\leq 1,8$ V	$\leq 2,6$ V	$\leq 2,8$ V
Sperrgleichstrom I_R bei $U_R = 5$ V	≤ 100 μ A	≤ 100 μ A	≤ 100 μ A
Wellenlänge der max. spektralen Emission	660 \pm 30 nm	560 \pm 10 nm	590 \pm 10 nm
Öffnungswinkel	60°	60°	60°
Betriebsspannung U_B^*	11,8 V	12,6 V	16,4 V
Verbaute Widerstände	490 R GPN	1KOKT	680 R JT

*Die Betriebsspannung wurde nach folgender Formel errechnet:

$$\text{Vorwiderstand [R]} = \frac{\text{Akkuspg. [V]} - \text{LED-Spg. [V]}}{\text{LED-Strom [A]}}$$

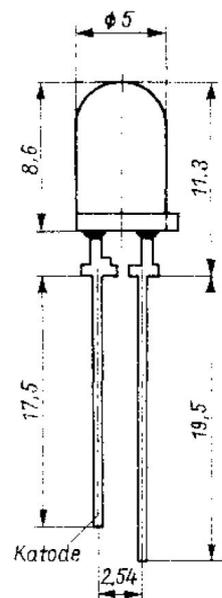


Abb.7.: Bemaßung LEDs, aus: FUNKAMATEUR 1989, 130.

3.1.2 Kontaktbauelemente

Die verwendeten Kontaktbauelemente sind Niederfrequenz-Steckverbinder, welche der TGL-Norm 10395 entsprechen. Sie sind beschrieben mit „8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm“⁷². Die hier verwendeten

69 Das Labornetzteil mit stufenlos regelbarem Strom und Spannung wurde vorher an Referenzdioden desselben Typs getestet. Die Spannung wurde kontrolliert erhöht, bis die angesteuerten Dioden durch leichtes Glimmen identifiziert werden konnten. Der Durchlaßgleichstrom wurde eingehalten, Betriebsspannung wurde nicht angestrebt, um die Belastung der elektronischen Bauteile gering zu halten.

70 Diese wurden mit dem Program sPlan 7.0 von der Firma Abacom erstellt.

71 RFT 1986, 581ff.

72 vgl. TGL-Norm 10395, 1.

Stecker sind versilbert. In der Norm ist “Ag” als Material verzeichnet.⁷³ Messing war als Grundmaterial Standard für Steckkontakte.⁷⁴ Dieses Modell verfügt über 30 Steckkontakte. Aus Abbildung 81 können die Maße der Steckverbinder entnommen werden.

3.2 Lagerungssituation

Da das Relief viel Raum einnimmt, lagert es nicht im Depot des MHM Flugplatz Berlin-Gatow, sondern im Ausstellungshangar Sieben im ersten Stock auf der Nordostseite der Halle. Der Lagerort ist kein abgeschlossener Raum, sondern könnte als eine Empore bezeichnet werden, von der aus man den Hangar überblickt.

Die Reliefplatten stehen frei auf dem Betonfußboden (Abb. 8, 23). Sie lehnen ohne Abdeckung in Gruppen eng aufgereiht an der Außenwand. Sie sind nach dem Buchstabe/Zahl-Rastersystem nach Buchstaben geordnet. Die hintersten Platten einiger Reihen lehnen mit direktem Kontakt an Heizkörpern. Eine Fensterfront erstreckt sich in einer Höhe von etwa einem Meter bis auf Deckenhöhe über die gesamte Außenwand.



Abb.8: Aktuelle Lagerungssituation, Blick über die „Empore“; rechts außerhalb des Bildausschnitts ist ein Geländer, von dem man den Ausstellungs-Hangar 7 überblickt, siehe auch Abb.23

73 vgl. TGL-Norm 10395, 1.

74 frdl. mdl. Mitteilung von Dietmar Linke, Andreas Ohde; diese Technik ist eigentlich ungünstig, da das zur Oxidation neigende Silber immer einen Übergangswiderstand bedingt.

4. Materialität

Das MHM stellte reichlich originales Probenmaterial (Abb. 23, 89) bereit, sodass für die meisten Untersuchungen und für die Planung der Maßnahmen kein objektrelevantes Material verändert oder zerstört wurde. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die am Kompositobjekt vorhandenen Materialien. Genauere Beschreibungen der Materialien und Analysengänge können im Anhang unter Kapitel 11.5 eingesehen werden. Zur Identifikation wurden mikroskopische Untersuchungen, mikrochemische Nachweise, Röntgenfluoreszenzanalysen, Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopien und einschlägige Literatur herangezogen. Materialkartierungen mit Probenverortungen befinden sich ebenfalls im Anhang, Kapitel 11.1.

Tab.3: Zusammenfassung Materialität

Material	Probennummern	Beschreibung	Materialität	Anmerkungen
Folie	16058_P01 16058_P11 16058_P12 16058_P13	0,5 mm stark, Oberseite glatt, stellenweise feine Riefenstruktur, in bedruckten Bereichen mikroskopisch betrachtet aufgeraut, Farbigkeit: weiß, photooxidativ stärker gealterte Bereiche vergilbt	Bindemittel: Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer Füllstoff / Pigment: Titandioxid, fein und homogen	Thermogeformt Steifelastisches Verhalten Nichtlöser: Wasser, Aliphaten, Alkohole
Druckfarben	16058_P05 16058_P06 16058_P07 16058_P08 16058_P09 16058_P10	Schichtdicke 0,2µm Orange Schwarz Blau Violett Grün Rote Fluoreszenzfarbe	Bindemittel: vermutlich PVC-basiert Pigmente: unbekannt, wahrscheinlich synthetisch	Siebdruck Nichtlöser: Wasser, Aliphaten
Hartschaum	16058_P02 16058_P03	Geschlossenzellig, Zellendurchmesser variieren zwischen 10 µm und 3 mm (mikro- bis grobzellig), stark inhomogene durch Fließrichtung gerichtete Struktur der Zellen, handverschäumt Farbigkeit: innen - pastellgelblich, außen - stärker photooxidativ gealtert - rotbraun	Polyurethan Isocyanat: MDI Polyol: vermutlich etherbasiert	Starres, sprödes Verhalten Direkt angeschäumt Quillt nicht in: Wasser, Aliphaten
Textilklebeband	16058_P15 16058_P16	Leinwandbindung, durchgefärbt Farbigkeit Textil: gelb Farbigkeit Klebstoff: bräunlichgrau	Faserstoff: regenerierte Cellulose / Viskose Klebstoff: unbekannt	Steifelastisches Verhalten Wegen seiner geringen Festigkeit ist Viskose als Trägermaterial für Klebeband eigentlich nicht geeignet [Frdl. mdl. Mitteilung Volker Koesling] Klebstoff quillt in Ethylacetat
Textilarmierung Folie	16058_P17	Leinwandbindung, ungefärbt Farbigkeit: grau	Faserstoff: regenerierte Cellulose / Viskose	
Etikett Kabelstrang	16058_P18	Leinwandbindung, ungefärbt Farbigkeit: grau	Faserstoff: regenerierte Cellulose / Viskose	
Schnur Kabelstrang	16058_P19	Gedrillt in S-Richtung, ungefärbt	Faserstoff: vermutlich Hanf	
Fugenkitt	16058_P14	Innerlich weich, äußerlich oxidiert und verhärtet Farbigkeit: grau	Bindemittel: unbekannt Füllstoff: Kaolin	Löser: Aliphaten

Material	Probennummern	Beschreibung	Materialität	Anmerkungen
Kabel	16058_P20	Durchmesser 1,4 mm und 2,3 mm Verschiedene Farbigkeiten Flexibel	Kabelisolierung, Bindemittel: VCVAc	Rein visuelle Beurteilung: Kabelleiter: Kupfer, Lötungen: Zinn
LEDs		Durchmesser Gehäuse 5 mm Farbigkeit: Typ VQA 13, weißes Gehäuse, Emissionsfarbe rot Typ VQA 23, grünes Gehäuse, Emissionsfarbe grün Typ VQA 33, gelbes Gehäuse, Emissionsfarbe gelb	Gehäuse: Epoxidharz	
Kontaktbauelement		Schwarzer Körper, 30 Steckkontakte	Körper: Duroplast Kontakte: versilbertes Messing	TGL 10395
Karton		Graue Streifen	Pappe	
Aufkleber			Papier	

4.1 Material - Eigenschaften, Herstellungstechnik und Abbau

4.1.1 Polyurethan auf Basis des Isocyanats MDI

Polyurethane sind Polyaddukte, bei der Polyaddition entstehen keine niedermolekularen Reaktionsnebenprodukte. Sie sind immer chemisch-strukturell gemischte Polymere, wobei die namensgebende Urethangruppe nicht vorwiegend im Makromolekül enthalten sein muss. Ausschlaggebend für die Polyurethanchemie sind die vielseitigen Isocyanate, welche sich durch die sehr energiereiche, also reaktionsfähige Isocyanatgruppe $-N=C=O$ auszeichnen. Diese reagiert unter entsprechenden Bedingungen exotherm mit sich selbst oder wasserstoffaktiven Verbindungen. Zu letzteren gehören vor allem Amine und Alkohole. Aus Reaktionen mit alkoholischen Gruppen entstehen Urethane (Abb. 9). Wenn die reagierenden Komponenten polyfunktionell sind, entstehen schwach oder stark vernetzte primäre Umsetzungsprodukte. Im Reaktionsgemisch noch vorhandenes, überschüssiges Isocyanat kann sekundäre Folgereaktionen eingehen, die zu weiterer Vernetzung führen.⁷⁵ Das Isocyanat konnte hier mittels abgeschwächter Totalreflexion als MDI identifiziert werden, welches in Kombination mit anderen Polyisocyanaten standardmäßig für Hartschäume verwendet wird.⁷⁶ Um hohe Vernetzung zu erzielen, ist davon auszugehen, dass die Polyolkomponente polyfunktionell⁷⁷ und kurzkettig gewählt wurde. Durch eine höhere Anzahl an Hydroxygruppen wird eine stärkere Vernetzung der Polymermatrix erzielt, zusätzlich können die kurzen Polyolketten nicht als Abstandhalter zwischen den Makromolekülen dienen, sodass ein starres Gefüge entsteht. FRANCK gibt an, dass für Hartschäume kurzkettige verzweigte Polyester, Polyole aus Adipinsäure und Tris(hydroxymethyl)propan, verwendet werden.⁷⁸ DOMININGHAUS hingegen schreibt, dass auf Polyolseite Polyether ver-

⁷⁵ vgl. SAECHTLING 2004, 533; vgl. DOMININGHAUS 2012, 14.

⁷⁶ vgl. DOMININGHAUS 2012, 1173; vgl. FRANCK 2011, 398; vgl. BERGER 1981, 84.

⁷⁷ zwei bis acht Hydroxygruppen pro Molekül sind möglich, vgl. SAECHTLING 2004, 540.

⁷⁸ vgl. FRANCK 2011, 398.

wendet würden.⁷⁹ Diverse Zusatzstoffe sind im Polyurethan zu erwarten. Dazu gehören unter anderem Katalysatoren, Inhibitoren der Isocyanat-Reaktion, Vernetzer und Kettenverlängerer zur Einstellung der Hart- und Weichsegmentreaktionen bei der Schaumstoffherstellung, Tenside zur besseren Vermischung der Komponenten und zur Stabilisierung des Schaums während der Treibreaktion, Zellregler zur Einstellung der Oberflächenspannungsverhältnisse, Treibmittel, Flammschutzmittel, Alterungsschutzmittel⁸⁰ sowie Trennmittel, um die Haftung an Formwerkzeugen einzuschränken.⁸¹

Hartschaumstoffe sind geschlossenzellig⁸², die hohen Festigkeiten kommen zustande, da bei einer Druckbelastung nicht nur die Wandungen, sondern auch das eingeschlossene Gas Druck aufnimmt.⁸³

Die Alterungseigenschaften von PUR-Hartschäumen entsprechen in etwa denen der PUR-Gießharze, mit dem wesentlichen Unterschied der weitaus größeren Oberfläche, die Angriffsfläche für einwirkende Medien bietet. Allgemein sind Polyurethane beständig gegenüber schwachen Säuren und Laugen, mineralischen Fetten, Ölen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen.⁸⁴

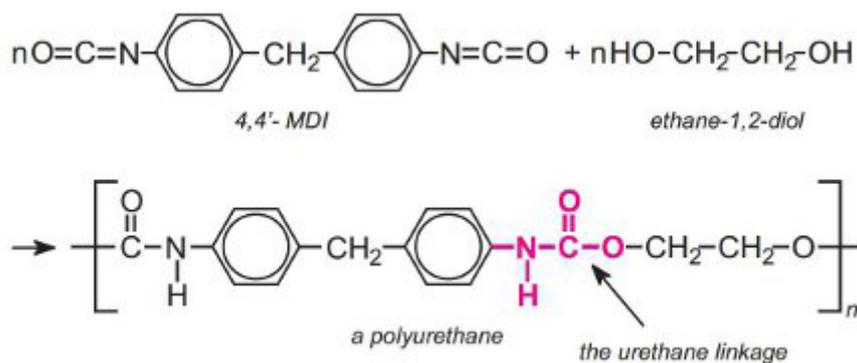


Abb.9: Polyadditionsschema von 4,4'-MDI mit einem Diol, von: http://www.essentialchemicalindustry.org/images/stories/670_Polyurethane/Polyurethanes_14.JPG, Zugriff am 27.11.2016, 23:37h

HERSTELLUNGSTECHNIK

Kurz vor der Verarbeitung werden die flüssigen Komponenten gründlich vermischt, die Additionspolymerisation beginnt sofort und durchläuft die Phasen Topfzeit, Steigzeit und Härtezeit.⁸⁵ DOMININGHAUS gibt an, dass den beiden Komponenten für die Herstellung von Hartschaumstoffen niedrig siedende Flüssigkeiten zugesetzt werden. Beispielsweise fluorierte Kohlenwasserstoffe oder Dichlormethan würden unter der exothermen Reaktion verdampfen und somit als physikalisch aufschäumendes Treibmittel wirken. Bei der Schäumung ist wichtig, dass Auftreiben und chemische Vernetzung in derselben Geschwindigkeit ablaufen, damit das Zellgerüst nicht vorzeitig kollabiert beziehungsweise sich während der Vernetzung ein Schaumgerüst ausbilden kann.⁸⁶ Die direkte Ausschäumung einer Form sei eine „stoffgerechte

79 vgl. DOMININGHAUS 2012, 1185.

80 auf Stabilisatoren für Polyurethane wird weiter unten in Hinsicht auf die Konsolidierung der Reliefsokkel näher eingegangen.

81 vgl. DOMININGHAUS 2012, 1175ff; vgl. SAECHTLING 2004, 541.

82 vgl. SAECHTLING 2004, 547.

83 vgl. VOSS 1970, 14.

84 vgl. FRANCK 2011, 396ff.

85 vgl. Ebenda.

86 vgl. DOMININGHAUS 2012, 1176; vgl. FRANCK 2011, 397.

Fertigungsmethode⁸⁷, die die Materialeigenschaften der flüssigen PU-Schaumgemische voll ausnütze. Entlüftungslöcher für eingeschlossene Luft müssten in den obersten Ecken bedacht werden.⁸⁸ An der Folie sind keine Belüftungslöcher vorhanden, an Fehlstellen sind dagegen teilweise große Lufteinschlüsse direkt unterhalb der Folie erkennbar, die sich hieraus erklären.

ABBAU

Polyurethanschäume unterliegen hauptsächlich der Photooxidation, thermischer Oxidation und Hydrolyse. Schaumstrukturen bieten besonders in offenzelligem Gefüge große angreifbare Oberflächen für Sauerstoff, Licht und Luftfeuchte. Deshalb sind sie verglichen mit Polymerfilmen, -fasern oder -blöcken derselben chemischen Struktur anfälliger.⁸⁹

Die Polyolkomponente des Polyurethans bestimmt maßgeblich das Abbauverhalten, denn hydrolyseanfällig sind Urethan-, Allophanat und vor allem Estergruppen. Esterbasiertes Polyol wird unter basisch katalysierter Hydrolyse zu zwei niedriger molekularen Einheiten verseift, wobei die eine eine Säure-, die andere eine Hydroxylendgruppe aufweist.⁹⁰ Diese Abbauprodukte katalysieren weitere Hydrolyse. Daher sind Polyurethanesterschäume vor allem empfindlich gegenüber hoher Luftfeuchte und wässriger Einwirkung generell. Hydrolyse in Etherschäumen wird sauer katalysiert.⁹¹

Polyurethanether hingegen altern vorwiegend photooxidativ.⁹² Sie verbräunen und ändern ihre mechanischen Eigenschaften. Aromatische Diisocyanate wie MDI absorbieren energiereiches Licht⁹³, dadurch bilden sie chromophore Strukturen aus, die einen veränderten Farbeindruck vermitteln.⁹⁴ Polyesterurethane absorbieren nicht im ultravioletten Bereich und sind deshalb unempfindlicher gegenüber UV-Strahlung.⁹⁵ Metallionen, besonders Kupfer, Aluminium und Zink, bilden mit Urethanen Komplexe, die zu verstärkter Photosensibilität führen. Photooxidation ruft Kettenspaltung hervor, die Kollabieren und Krümeln der Schaumstruktur bedingt. Das Krümeln der Struktur beginnt an der Oberfläche, wenn diese abgefallen ist, oxidieren die „frischen“, unterliegenden Schichten bis zur völligen Zerstörung der Korpusses. Bei unbeschichteten Polyurethanschäumen sei der Verfall nach zwanzig Jahren sichtbar. Oberflächlich gefasste Schäume verbleiben durch die Lichtbarriere strukturell stabil.⁹⁶

Zusammenfassend drückt sich die Alterung von Polyurethanetherschäumen durch Verbräunung und Versprödung aus. Die Struktur kann zerkrümeln, hydrolytisch zersetzte Schäume werden klebrig. Polyurethan gibt über Abbaureaktionen stickstoffhaltige Verbindungen ab.⁹⁷

87 VOSS 1970, 51.

88 vgl. Ebenda.

89 vgl. SHASHOUA 2008, 188.

90 vgl. MENGES 2011, 426.

91 vgl. Ebenda.

92 vgl. RYCHLÝ RYCHLÁ 2012, 162.

93 Photooxidation von Polyurethanen wird durch Licht der Wellenlängen zwischen 335 und 410 nm hervorgerufen, vgl. PONGRATZ EHRENSTEIN 2013, 530.

94 vgl. PONGRATZ EHRENSTEIN 2013, 529.

95 vgl. SHASHOUA 2008, 188.

96 vgl. Ebenda.

97 PU wird den „malignant plastics“ (dt. bösartige Kunststoffe) zugeordnet, die im Zuge der Alterung Schadstoffe abspalten, welche korrosiv und abbaufördernd auf umliegendes Material wirken, vgl. LAVÈDRINE 2013, 161f.

4.1.2 Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer

Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer (VCVAc), ein amorpher Thermoplast, ist eine Modifikation des Polyvinylchlorids (PVC). Beide verarbeiteten Kunststofftypen sind thermoplastische Vinylverbindungen, die über Additionskettenpolymerisation gewonnen werden. Prinzipiell stagniere die Möglichkeit neue Kunststoffe zu entwickeln, weshalb der Abwandlung bekannter Polymerstrukturen durch Einbau von Fremdatomen oder -molekülen heute große Bedeutung zukomme⁹⁸. Hierdurch könnten Kunststoffe gezielt hinsichtlich ihrer Eigenschaften verändert werden - das betrifft vor allem die Beständigkeit gegenüber einwirkenden Medien, Formbeständigkeit bei Temperaturerhöhung sowie mechanisches Verhalten insbesondere bei schlagartiger Beanspruchung.⁹⁹ Die statistische Copolymerisation bedingt vor allem eine Verschiebung der Glasstemperatur, dies wird auch als innere Weichmachung bezeichnet. Sie erfolgt durch Einpolymerisieren einer weiteren Monomerkomponente, die sich weichmachend auf die Makromolekülketten auswirkt. Die hinzugefügte Komponente kann einerseits die Beweglichkeit der Molekülketten, sowie andererseits die zwischenmolekularen Bindungskräfte der Ketten beeinflussen.¹⁰⁰

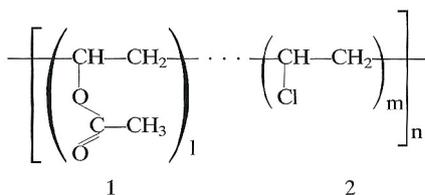


Abb.10: Strukturformel von Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer, aus: FRANCK 2011, 348.

VCVAc besteht aus den Monomeren Vinylchlorid und Vinylacetat, die statistisch zu Makromolekülen copolymerisiert sind (Abb.10). Reines Vinylchlorid wird in der Literatur trotz seines generell guten physikalischen Eigenschaftsbildes als problematisch dargestellt. Es sei schwer löslich und thermoplastisch nur aufwendig zu verarbeiten.¹⁰¹ Baut man Comonomere in das PVC-Kettenmolekül ein, die kein Chlor enthalten und entweder stärker oder weniger polar sind, erhält man einen innerlich weichgemachten Kunststoff, der bei Raumtemperatur elastisch ist. Das geschieht durch Vorbeugen der Kristallisierung, indem die Netzstruktur des PVC gestört wird. Dabei besteht gleichzeitig der Vorteil, dass kein Weichmacherverlust durch Verdampfung, Migration oder Extraktion wie bei der äußeren Weichmachung stattfindet.¹⁰² Vinylacetat verfügt über einen vergleichsweise großen Substituenten, der größere Kettenabstände bedingt und so zu einer amorphen Struktur und erhöhter Beweglichkeit der Molekülketten führt. Dies drückt sich am Objekt durch eine gewisse Elastizität der Hartfolie aus. Reines Polyvinylacetat hat einen Erweichungspunkt von etwa 45°C, Polyvinylchlorid hingegen erweicht bei 75-80°C.¹⁰³ Durch statistische Copolymerisation von VC mit VAc verschiebt sich die Glasstemperatur mit zunehmendem VAc-Gehalt zu tieferen Temperaturen - das Polyvinylchlorid wird innerlich weichgemacht, das heißt VAc wird über Primärbindungen in die

98 DOMININGHAUS 2012, 33.

99 vgl. STOECKHERT 1992, 124.

100 DOMININGHAUS 2012, 34ff.

101 vgl. FELGER 1986a, 78; vgl. SINHA 2004, 75.

102 vgl. FELGER 1986a, 609.

103 vgl. STOECKHERT 1992, 468ff.

PVC-Kette eingebaut.

Hauptanwendungsgebiet der VCVAc-Copolymere ist die Hartfolienherstellung¹⁰⁴, insbesondere von Tiefziehfolien¹⁰⁵ beziehungsweise „Folien und Tafeln zum Warmformen“¹⁰⁶. Der Anteil an VAc liegt bei Hartfolien meistens zwischen sieben und elf Prozent, Copolymere mit 15 % werden für die Schallplattenherstellung im Pressverfahren verwendet.¹⁰⁷ Die technischen Produktdatenblätter der Firmen *VINOLLIT* und *SOLVIN*, die VCVAc herstellen, geben einen idealen VAc-Anteil von elf Prozent für Tiefziehfolien an.¹⁰⁸

Die Eigenschaften des VCVAc-Copolymeren seien dem Vinylchlorid-Homopolymeren insbesondere in Hinsicht auf die Thermoformbarkeit überlegen, eine verbesserte Schmelzdehnbarkeit ermögliche größere Verformungswege bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen, sie seien ebenfalls besser bedruckbar.¹⁰⁹

In seinen Beständigkeitseigenschaften lasse sich VCVAc mit reinem Hart-PVC vergleichen, bis 60°C sei es beständig gegen anorganische Säuren, Laugen und Salzlösungen sowie gegen organische Verbindungen wie Fette, Öle, aliphatische Kohlenwasserstoffe und Tenside. Eine Anfälligkeit für Spannungsrissbildung liege nicht vor. Es sei beständig gegenüber Feuchtigkeit. Nur bei Einwirkung energiereicher Strahlung werde eine sogenannte Dehydrochlorierung in der Kunststoffmatrix angestoßen, die zur Bildung von Doppelbindungen und Verfärbung, sowie zur Abspaltung von Chlorwasserstoff führe.¹¹⁰

HERSTELLUNGSTECHNIK

Abbildung 6 belegt, dass die Hartfolie „tiefgezogen“ wurde, ein Begriff, der aus der Blechverarbeitung kommt und im Zusammenhang mit Kunststoffen korrekt als „Thermoformen“ bezeichnet wird. Dabei ist die Formänderungen von einem zwei- zu einem dreidimensionalen Formteil beabsichtigt.¹¹¹

Zunächst wird das VCVAc-Copolymer durch radikalische Polymerisation im Suspensionsverfahren hergestellt.¹¹² In Wasser schwer lösliche Vinylchlorid- und Vinylacetat-Monomere werden durch Bewegung in feinste Tröpfchen verteilt, die zu Körnern polymerisieren. Dabei werden Schutzkolloide und vinyllösliche Polymerisationsinitiatoren zugegeben. Die festen Polymerteilchen werden durch Zentrifugieren von der wässrigen Phase getrennt, gewaschen und getrocknet.¹¹³

Zum Thermoformen werde vorwiegend kalandrierte Folie verwendet¹¹⁴. Das thermoplastische Halbzeug wird durch Erwärmung in den thermoelastischen¹¹⁵ Zustand überführt, in dem es mit geringem Kraftaufwand verformbar ist.¹¹⁶ Der Rand der zu formenden Folienfläche wird fest eingespannt, sodass die erzielte Flächen-

104 vgl. DOMININGHAUS 2012, 343.

105 vgl. SAECHTLING 2004, 455.

106 FRANCK 2011, 348.

107 vgl. DOMININGHAUS 2012, 343, vgl. FELGER 1986a, 181.

108 vgl. technisches Produktdatenblatt *SOLVIN VC/VAC Copolymers*; vgl. Onlinebroschüre *VINOLLIT* vom 20.03.2008.

109 vgl. DOMININGHAUS 2012 344.

110 vgl. DOMININGHAUS 2012, S.305ff.

111 vgl. HÖGER 1971, 17; vgl. FELGER 1986b, 1133.

112 vgl. FELGER 1986a, 82.

113 vgl. HÖGER 1971, 105; vgl. DOMININGHAUS 2012, 283.

114 vgl. HÖGER 1971, 106; Kalandrieren beschreibt im Kunststoffsektor das Ausformen thermoplastischer Massen zwischen Walzen zu einem endlosen Band, das Kalandrieren sei für PVC und seine Copolymere besonders wirtschaftlich, da sie einen ausgeprägten zähplastischen Schmelzbereich aufwiesen. Die Verfahrensschritte umfassen die Vorplastifizierung und darauffolgend die Folienformung in Dicken zwischen 20 bis 800µm, vgl. SCHWARZ 1988, 29ff.

115 Die Temperaturbereiche gliedern sich wie folgt: unterhalb 0°C sei die PVC-Folie spröde, zwischen 65° und 80°C trete der elastische Bereich ein, in dem noch keine dauerhafte Formveränderung vorgenommen werden könne. Zwischen 115° und 135°C sei dies im thermoelastischen Bereich möglich, oberhalb 160°C werde sie plastisch und verflüssige sich, sodass besonders scharfe Kantenformung vorgenommen werden könne, vgl. HÖGER 1971, 107.

116 SCHWARZ 1988, 185.

vergrößerung eine Dickenverminderung zur Folge hat¹¹⁷. Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Umformung der Folie, wobei die Kraftaufbringung immer durch Stempel oder Gase, bzw. Vakuum oder Druckluft, oder eine Kombination derselben erfolgt.¹¹⁸ Spezifische Details zur Herstellung der Reliefsegmente konnten bei der Recherche nicht gefunden werden. Unklar bleibt daher unter anderem, welche Art von Modellen benutzt wurden, auf denen die Folien zu individuellen Reliefformen stretchgezogen wurden. Da es sich um keine Serienfertigung handelt, könnten die Thermoformwerkzeuge aus Holz gefertigt worden sein.¹¹⁹ Die runde Kantenstruktur der Folie entspricht den Regeln der Warmformung, durch Vermeidung spitzer Winkel kann das Werkstück besser von der Form getrennt werden.¹²⁰ Der Kantenknick der an den Seiten umgeschlagenen Folie stellt allerdings eine fragile Schwachstelle dar, wohl deshalb wurde hier eine Armierung aus Viskosegewebe eingefügt. HÖGER schreibt, dass kalandrierte Folien fast immer eine starke Längsorientierung aufweisen.¹²¹ In der Oberfläche der Folie sind stellenweise gerichtete, schmale, etwa zehn Mikrometer breite, langgezogene, bis zu drei Millimeter lange, kerbenartige Strukturen zu erkennen (Abb. 121 - 124). Diese könnten mit dem Kalandriervorgang zusammenhängen.¹²²

ABBAU

Innerlich weichgemachtes Polyvinylchlorid ist stabiler gegenüber Weich-PVC. Dadurch, dass die weichmachende Komponente kovalent eingebundener Teil des Molekülgerüsts ist, kann sie nicht über physikalische Alterungsprozesse aus der Polymerstruktur entweichen. Migration von Weichmachern ist der Hauptgrund für die Alterung von Weich-PVC. Hart-PVC und PVC-Copolymere unterliegen dagegen hauptsächlich chemischen Alterungsprozessen, also chemischen Reaktionen, die die Molekülstruktur beeinflussen. Sie sind betroffen von Kettenspaltung¹²³, und Eliminierung von Seitengruppen¹²⁴. Diese Phänomene werden durch Hitze und Licht angestoßen.

Grundsätzlich sei die Bewitterungsbeständigkeit von VCVAc-Copolymeren in etwa die gleiche wie die von PVC. Energiereiches Licht sei die Hauptursache für die Zerstörung der Kunststoffmatrix.¹²⁵

Das Alterungsverhalten drücke sich in Vergilbung über gelb nach braun aus, sowie durch erhöhte Sprödigkeit. Unter besonders extremen Bedingungen der Feuchtigkeit oder der Lichteinstrahlung könnten Chlorwasserstoff oder Essigsäure dem Kunststoff entweichen.¹²⁶ Das führe gegebenenfalls auch zu einer Klebrigkeit durch liquide Rückstände auf der Oberfläche.¹²⁷

117 anders als beim Tiefziehen von Metallen, hier werde der Zuschnitt nur lose gehalten und gleite während des Ziehvorgangs zur Mitte hin, vgl. HÖGER 1971, 106.

118 vgl. SCHWARZ 1988, 188f.

119 vgl. STOECKHERT 1992, 650.

120 vgl. LATTERMANN 2016, 8.

121 vgl. HÖGER 1971, 106.

122 Bestätigt von Dr. Dr. h.c. Guenter Lattermann, Email am 08.11.2016.

123 Durch den durch Umwelteinflüsse induzierten Einbau von instabilen O-O Bindungen in die Polymermatrix werden freie Radikale gebildet. Diese können über intramolekulare Transportmechanismen zu anderen Stellen des Polymerstrangs gelangen und dort weitere Kettenspaltung bedingen. Dadurch bleiben gekürzte Molekülketten zurück, die über Doppelbindungen verfügen. Die entstandenen Doppelbindungen sind anfällig für weiteren chemischen Abbau, zudem verschiebt sich auf Grund ihres höheren Energiegehalts der von ihnen absorbierte resp. reflektierte elektromagnetische Wellenlängenbereich, sodass sie somit für das Vergilben des photooxidierten Kunststoffes zuständig sind, vgl. RYCHLÝ RYCHLÁ 2012, 164.

124 Durch Umwelteinflüsse könnten Seitengruppen, in diesem Fall Chloride und Acetate, abgespalten werden. Die molare Masse des Polymers werde dadurch zunächst nicht wesentlich beeinflusst, allerdings würden die entsprechenden Säuren abgegeben. Bei fortschreitender Dehydrochlorierung könne ein ungesättigter konjugierter Polymerstrang zurückbleiben, der anfällig für weiteren chemischen Abbau sei und elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Bereich absorbiere. Dadurch sei abgebautes PVC und seine Copolymere meist vergilbt und spröde, vgl. MENGES 2011, S.433.

125 Abbau wird durch energiereiches Licht der Wellenlängen zwischen 327 und 364 nm hervorgerufen; vgl. DOLEZEL 1978, 203.

126 PVC wird den „malignant plastics“ (dt. bösartige Kunststoffe) zugeordnet, die im Zuge der Alterung Schadstoffe abspalten, welche korrosiv und abbaufördernd auf umliegendes Material wirken, vgl. LAVÉDRINE 2013, 161f.

127 vgl. RYCHLÝ RYCHLÁ 2012, 160.

4.1.3 Druck

Die Folie ist erst bedruckt und anschließend thermogeformt worden. Das ist deutlich an verzogenen Druckbuchstaben oder unrunder Kreisen, die auf einer gebogenen Ebene liegen, zu erkennen.

Bei näherer Untersuchung des Drucks lässt sich dieser als Siebdruck identifizieren. Der Siebdruck ist eine Form des Durchdrucks. Das auf einen Rahmen aufgespannte feine Siebgewebe dient als Schablone. Die Bereiche, die nicht zum Druck gedacht sind, werden manuell oder fotochemisch behandelt, sodass sie undurchlässig werden. Mit einer Rakel wird die Druckfarbe über das Sieb gestrichen. Die Farbe gelangt in den durchlässigen Bereichen gleichmäßig auf die Druckfläche (Abb. 11).¹²⁸ Laut zeitgenössischer Literatur sei das Bedrucken von Kunststoffen eine „echte Domäne des Siebdrucks“¹²⁹, der am häufigsten bedruckte Kunststoff sei Hart-PVC. Dabei verwende man Spezialfarben mit einem auf PVC basierendem Bindemittel. Die enthaltenen Lösemittel würden den Bedruckstoff leicht anlösen und so eine echte Verbindung zwischen Farb-Bindemittel und Bedruckstoff gewährleisten.¹³⁰ Diese Aussage wird in dem Schlibbild der Folie (Abb. 125) bestätigt. Man kann deutlich erkennen, dass die bedruckte Oberseite stark aufgeraut ist, die Folie wurde hier wahrscheinlich durch den Lösemiteleintrag gelöst und ist unregelmäßig aufgetrocknet. Die Unterseite ist dagegen glatt, da das direkt angeschäumte Polyaddukt nur adhäsiv in Wechselwirkung mit der Folie getreten ist. Am Objekt sprechen folgende Indizien für den Siebdruck: einerseits die Monochromie der Farben und auch, dass weder Quetschränder noch Druckschattierungen vorhanden sind.¹³¹ Die verschiedenen Farben überlagern sich an Schnittpunkten, das heißt die Drucke sind aufeinanderfolgend ausgeführt worden - beim Siebdruck wird pro Druck eine Farbe aufgetragen. Außerdem lässt sich im mikroskopischen Schlibbild der beschichteten Folie erkennen, dass die Druckfarbe gewellt aufliegt (Abb. 127 - 128). Dort, wo die feinen Fäden des Siebgewebes auflagen, ist weniger Druckfarbe auf dem Substrat als dort, wo die Farbe frei durch das Sieb gedrückt wurde.

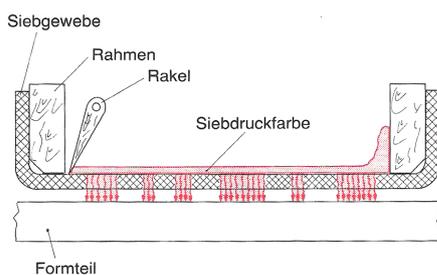


Bild 21.5 Prinzip des Siebdrucks

Abb.11: Siebdruckverfahren, aus: SCHWARZ 1988, 226.

128 vgl. LEUTERT 1983, 360.

129 LEUTERT 1983, 384.

130 vgl. Ebenda.

131 vgl. GASCOIGNE 2004, S.55; vgl. LEUTERT 1983, 361.

5. Zustand

Der Erhaltungszustand der zwei Segmente ist geprägt durch die Lagerungsbedingungen (vgl. Kapitel 3.2) und den Umgang beim Transport. Die in der Folge beschriebenen Phänomene können in den Zustandskartierungen im Anhang im direkten Bezug auf die hier behandelten Segmente nachvollzogen werden.

Da die Reliefplatten unabgedeckt lagern, weisen sie Schmutzauflagerungen auf. Einerseits sind dies elektrostatisch an Schaum und Folie gebundene Stäube, andererseits sind Stäube und größere Partikel in einer öligen Substanz gebunden, die aus dem Fugenkitt ausgesondert wird (Abb. 12). Die Folie ist an photooxidativ gealterten Stellen vergilbt (Abb. 12). Man kann beispielsweise bei „J8 Gotha“ auf der Oberseite erkennen, dass wahrscheinlich ein weiteres Plattensegment versetzt aufgelegt hat und die freiliegende Fläche energiereichem Licht ausgesetzt war. In diesen Bereichen treten auch die klebrigen Aussonderungen des Kitts gehäuft auf (Abb. 4, Zustandskartierung „J8 Gotha“). Eine Vermutung ist, dass diese Substanzwanderung ebenfalls mit photooxidativen Vorgängen zusammenhängt, da die Kittreste in vormals abgedeckten Bereichen oberflächlich weniger stark verkrustet, respektive oxidiert, sind. Unterhalb der Oxidationsschicht ist der Kitt noch weich, in Aussehen und Verhalten erinnert er an klassischen Leinöl-Fensterkitt (Abb. 58, 62).

Die überwiegenden mechanischen Schäden an der Folie sind eingedrückte oder umgeknickte LEDs (Abb. 72 - 76). Vereinzelt ist die Folie durch punktuelle mechanische Einwirkung gebrochen (Abb. 12, 70). Die größte Fehlstelle in Folie und Schaum befindet sich an der Südwestecke des Segments „J8 Gotha“ (Abb. 12). Die Bruchkanten der Folie sind überwiegend glatt. Die Oberfläche der Folie ist nicht zerkratzt¹³², Abrieb und Kratzspuren sind nur in den bedruckten Flächen zu erkennen (Abb. 39). Das Copolymer ist steifelastisch und thermoplastisch, sowie löslich in den meisten polaren Lösemitteln. Die Druckfarben sind ebenfalls überwiegend polar löslich.¹³³ Die nachträglich aufgebraachte rote Fluoreszenzfarbe für die Landesgrenze löst sich stellenweise von der violetten Druckfarbe (Abb. 53, 58).

Der Hartschaum ist an den Außenkanten ebenfalls photooxidativ abgebaut, dies drückt sich in starker Vergilbung aus, die im Vergleich zu Referenzproben vom Schauminneren deutlich wird. Auch ist die Zellstruktur stark versprödet, schon leichte Berührung führt zum Bruch von Zellstegen und -membranen. Besonders die Sägeschnittkanten und der in den Fehlstellen bereits oxidierte offenliegende Schaumkern sind davon betroffen (Abb. 12, 69). Auf der Nordwestseite des Segments „J8 Gotha“ fehlt auf der Unterseite ein dreieckiges, keilförmiges Stück Schaum von etwa zehn und dreizehn Zentimetern Kantenlänge (Abb. 5, 65). Der Schaum ist spröde und duroplastisch, er quillt in aromatischen und stark polaren Lösemitteln.¹³⁴

Die rückseitig aufgebraachten Textilklebestreifen aus Viskosegewebe sind verbräunt. Sie sind steifelastisch und haben überwiegend keine oder nur geringe Haftung an dem Hartschaum (Abb. 65). Mikroskopisch ist zu erkennen, dass die Gewebezwischenräume mit dem Klebstoff aufgefüllt sind, die Gewebestruktur deutet sich nur an (Abb. 102, 103).

Die elektronischen Bauelemente der hier vorgestellten Segmente scheinen funktionstüchtig zu sein. Bei einer

132 Die Kratzunempfindlichkeit hängt vermutlich mit der ermittelten hohen Tg zusammen.

133 vgl. Anhang, Probereihe 1, Löslichkeit.

134 vgl. Anhang, Probereihe 1, Löslichkeit.

Funktionsprüfung mit einem stufenlos regelbaren Labornetzteil konnten alle LEDs angesteuert werden (Abb. 85, 86). Doch die Kabel und vor allem die filigranen Poldröhte der LEDs sind bei mechanischer Beanspruchung gefährdet. Die Versilberungen der Messingkontakte der Steckverbinder weisen charakteristisch schwarze Silbersulfidschichten auf (Abb. 82).



Abb.12: Plattenstoß an der Südseite der Segmente „K8 Eisenach“ (rechts) und „J8 Gotha“ (links);

Die Funktion des Kittes zur Überbrückung der Plattenstöße wird hier deutlich, auf dem rechten Segment ist der Kitt an der Westseite noch vorhanden und entsprechend des überdeckten Karteninhalts einretuschiert.

Folgende Zustandseigenschaften werden anhand dieser Abbildung deutlich:

- Photooxidative Verbräunung der VCVAc-Folie des Segments „J8 Gotha“, die Druckfarben sind ebenfalls betroffen, im Kontrast dazu die weniger von Photooxidation betroffene und somit hellere Folie des Segments „K8 Eisenach“
- Ölige Auflagerungen mit verstärkter Einbindung von größeren Schmutzpartikeln im Bereich der vergilbten Folienoberfläche, diese sind zum Rand hin stärker ausgeprägt
- Elektrostatisch gebundene feinere Stäube, vor allem als Grauschleier erkennbar auf der linken Platte
- Photooxidative Vernetzungsreaktion der Kittmasse mit einhergehender Verbräunung und Verkrustung; unten rechts im Bild fehlt die oxidierte Oberfläche des Kitts, das helle Innere ist sichtbar, das in Farbe und Haptik an Leinölkitt erinnert; es ist davon auszugehen, dass das zur Retusche des verdeckten Drucks verwendete Farbmittel ebenfalls oxidiert und gedunkelt ist, da der Farbton sich stark vom Original abhebt
- Mechanische Schäden in Schaum und Folie an beiden Segmenten; auf der linken Platte ist die Folie oberhalb der Montagebohrung punktuell eingedrückt und gebrochen, die Südostkante weist eine kleinere Fehlstelle auf; die Südwestkante der rechten Platte stellt die größte Fehlstelle in der Folie der beiden Segmente dar, der offengelegte, gealterte Schaum ist extrem empfindlich und spröde, außerdem stark verbräunt, es lässt darauf schließen, dass die Fehlstelle schon länger besteht

6. Konzept

Die wohl brisanteste Phase des Kalten Krieges fand ihren Höhepunkt im Jahr 1983. In diesen Zeitraum fällt auch die Herstellung des Reliefs. Nicht verwunderlich ist also, dass die NVA ein Hilfsmittel dieses Ausmaßes anfertigen ließ, um den scheinbar absehbaren Kriegsfall genauestens und vor allem bequem vorbereiten und einstudieren zu können. Das Relief unterlag mehrfach einem Bedeutungswandel. Der Zeitstrahl bietet eine Übersicht der von dem Relief durchlaufenen Etappen (Abb. 13), welche im Folgenden erläutert werden. Die Schwärze des Pfeils symbolisiert die Wertigkeit, beziehungsweise das Interesse oder Desinteresse an dem Objekt, im Verlauf der Zeit. Es ist klar, je größer das allgemeine Interesse an einem Objekt ist, um so höher liegen der ideelle und auch der wirtschaftliche Wert.

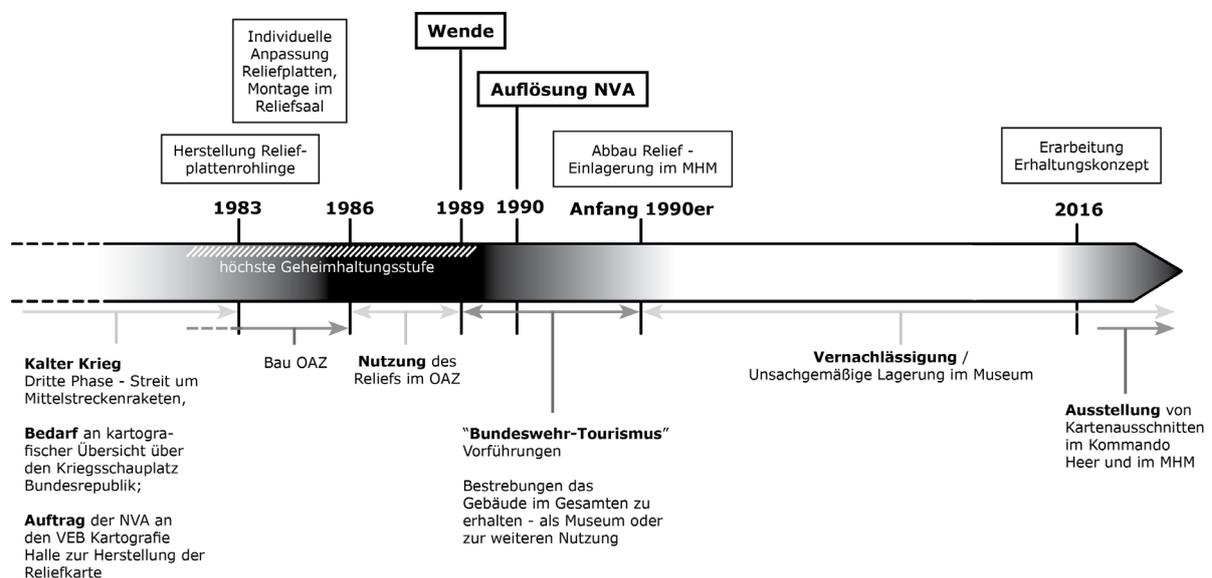


Abb.13: Zeitstrahl: die wichtigsten Ereignisse, die direkten Bezug auf das Strausberger Relief nehmen sind in der Skizze chronologisch dargestellt. Die Schwärze des Pfeils symbolisiert das allgemeine Interesse an dem Objekt. Je mehr Aufmerksamkeit auf einem Gegenstand liegt, desto höher sind der ideelle und der wirtschaftliche Wert

Der Streit um Mittelstreckenraketen Anfang der 1980er Jahre machte eine Kriegssituation in Deutschland immer wahrscheinlicher. Es entstand seitens des Warschauer Paktes ein Bedarf an einer kartografischen Übersicht über den potentiellen Kriegsschauplatz, um den Kriegsfall im großen Stil planen zu können. Deshalb erging wahrscheinlich Anfang der 1980er Jahre ein Auftrag zur Herstellung von Kartenmaterial seitens der NVA an den Volkseigenen Betrieb (VEB) Kartographie und Geodäsie Halle. Die Reliefdarstellung wurde wohl gewählt, da die dreidimensionale Darstellung eine schnelle visuelle Erfassung der Geländestrukturen unterstützt. Ein Hinweis auf 1983 als Herstellungsjahr der Plattenrohlinge (Abb. 6) lässt vermuten, dass die Segmente schon drei Jahre vor Eröffnung des OAZ von Soldaten bearbeitet und angepasst wurden. Es ist wahrscheinlich, dass schon die Auftragsvergabe geheim gewesen ist. HAUSMANN bezeichnete die Herstellung von „Projekt 80“ als „geheimnisvoll“, „keiner wusste, was passiert eigentlich in dem Haus“¹³⁵.

1986 wurde das OAZ eröffnet und bis 1989 wurden hier hochrangige Offiziere in operativer Planung ausgebildet, und es fanden Lagebesprechungen mit den politischen Führungspersonen des Warschauer Paktes statt. Ein Jahr nach der Wende wurde die NVA schließlich ohne kriegerische Auseinandersetzung aufgelöst. Eine Art Tourismus innerhalb der Bundeswehr entspann sich, Soldaten aus ganz Deutschland kamen nach Strausberg, um das OAZ zu sehen. Es gab Bestrebungen das Gebäude mit seiner technischen Ausstattung im Ganzen zu erhalten, zur Nutzung oder zur Musealisierung. Man entschied sich dagegen und Anfang der 1990er Jahre wurde das Relief abgebaut und im Militärgeschichtlichen Museum Flugplatz Berlin-Gatow eingelagert. Bis heute ist das Großobjekt ungunstigen Lagerungsbedingungen ausgesetzt, die den Großteil an Abbauerscheinungen an dem Kunststoffkomposit bedingen. Teile des Reliefs sind zur Ausstellung gedacht, weshalb in dieser Bachelorarbeit ein Erhaltungskonzept erarbeitet wird.

Die Zäsur in der Bedeutung des Objekts, die durch die internationalen militärpolitischen Veränderungen und die friedliche Revolution in der DDR hervorgerufen wurde, stellt ein zentrales Merkmal in der Objektgeschichte dar. Das Relief mitsamt seiner technischen Ausstattung, das ein Symbol akribischer ostdeutscher Militärplanungen im Ost-West-Konflikt war, verlor im Zuge der Auflösung der NVA zunehmend seine ursprüngliche Bedeutung, nämlich der Kriegsplanung gegen die NATO in Mitteleuropa zu dienen. Mit der Wende und der damit einhergehenden kampflosen Auflösung der NVA wurde jegliche Überlegung zu kriegerischer Auseinandersetzung innerhalb des nun vereinten Volkes nichtig – das OAZ wurde somit überflüssig. Doch das Relief musealisierte sich von selbst, durch seine Ausmaße und seine technisch modernste Ausstattung wurde es zum Kuriosum, das unterschiedliche Arten von Emotionen hervorgerufen haben mag. Die Geheime Kommandosache, welche nun eingeschränkt für die Öffentlichkeit zugänglich war, muss bei den verbliebenen NVA-Soldaten ein Gefühl von trotzigem Stolz hervorgerufen haben.¹³⁶ Die Öffentlichkeit sowie der Westen werden in erster Linie Bestürzung erfahren haben: „Aber selbst westliche Militärexperten fielen aus allen Wolken, als ihnen die Planspiele des Warschauer Paktes in die Hände fielen. Nun zeigte es sich, daß die schlimmsten Schwarzseher im Westen die realistischste Sicht der Dinge gehabt hatten“¹³⁷, die NVA habe von den Gefechtsarten Verteidigung, Verzögerung und Angriff vor allem letzteren geübt. Gemäß der sowjetischen Strategie wäre die NVA im Ernstfall unverzüglich über die Grenze nach Westen vorgerückt, um den Krieg auf gegnerischem Territorium zu führen. „[Dabei sollten] ganz im Gegensatz zur offiziellen Militärdoktrin [...] vom ersten Tag an chemische Waffen und taktische Nuklearwaffen eingesetzt werden; ein Planspiel für einen Vorstoß in jütländischer Richtung sah am ersten Tag 20 und am zweiten Tag 27 taktische Nuklearschläge vor“¹³⁸. Wie HAUSMANN in seiner Studie schildert, wurde das OAZ mit dem Reliefsaal zu einer Art touristischem Ziel innerhalb der Bundeswehr. Es soll Überlegungen gegeben haben, das Ausbildungszentrum zu erhalten, um es zur Aus- und Weiterbildung von Bundeswehrsoldaten zu nutzen. Auch die Musealisierung des gesamten Gebäudekomplexes sei eine Option gewesen. Letztlich ist das Relief jedoch abgebaut und in seinen fünfhundert einzelnen Segmenten ins Militärgeschichtliche Mu-

136 vgl. HAUSMANN 2011, 112.

137 SCHNEIDER 1994, 79.

138 SCHNEIDER 1994, 79.

seum Flugplatz Berlin-Gatow gebracht und dort eingelagert worden.¹³⁹ Ob die Hardware verschrottet oder verkauft worden ist, bleibt unklar. Sie ist verschollen. Zum Zeitpunkt der Besichtigung des Gebäudes existierte nur noch die Videokamera auf der Messschiene im obersten Stockwerk und das elektronische Informationstableau an der Wand (Abb. 20).¹⁴⁰ Das OAZ unterlag mehrmals der Umnutzung, steht heute leer und soll abgerissen werden.¹⁴¹ Mit der Einlagerung des Reliefs im Museum begann die über zwanzigjährige Phase des Vergessens, die einstige Bedeutung verschob sich hin zur Bedeutungslosigkeit. Durch die geplante Ausstellung stellt das Relief heute als Sachzeugnis des Kalten Krieges einen Anstoß dar, sich mit der Geschichte auseinanderzusetzen, auch um sie auf die heutige erneut angespannte weltpolitische Lage anzuwenden.

Das andere hauptsächliche Merkmal des Reliefs bezieht sich auf seine reine Zweckgebundenheit. Gerade die dargelegte Art des Zwecks sowie die Ausmaße des Reliefs beeindrucken den Rezipienten, sie erzeugen eine unheilvolle Aura. Der Herstellungsprozess ist durch seine Bipolarität spannend: Höchstwahrscheinlich ist das Relief ein Unikat, dennoch wurden effiziente industrielle Techniken angewandt. Der Siebdruck ist eine vergleichsweise schnelle und bei Einzelanfertigungen rentable Form des Drucks, die auf Kunststofffolien bei der Wahl eines geeigneten Bindemittelsystems problemlos angewandt werden kann. Das Thermoformen und das anschließende Anschäumen stellen ebenfalls effiziente Verarbeitungstechniken von Kunststoffen dar. Durch die Verwendung von leichtem Schaumkunststoff ist eine einfache Handhabung und gleichzeitig eine Stabilität der einzelnen Segmente gegeben. So konnte eine Starrheit der riesigen Karte vermieden werden, indem einzelne Kartenabschnitte insbesondere zur Aktualisierung entnehmbar waren. Den industriell roh gefertigten Platten steht der individuelle Einbau im Reliefsaal gegenüber. Die in situ verrichteten Arbeiten sind nicht unbedingt sorgfältig durchgeführt worden, dafür aber genau. Die reine Zweckmäßigkeit des Reliefs ist evident, sie strahlt eine eigene Form der Ästhetik aus.

Mit der Musealisierung wandelt sich ein Objekt von etwas Nützlichem zu einem Semiophor, einem Bedeutungsträger.¹⁴² Zwischen dieser Wandlung liegt meistens ein Zeitraum der Vernachlässigung. Die Oberfläche ist der Teil eines Sachzeugnisses, den der Betrachter visuell einfangen kann.¹⁴³ Spuren der Vergangenheit, die sich über verschiedene Zeitschichten hinweg überlagern, kommunizieren eine eigene Objektgeschichte, die durch schriftliche oder mündliche Informationen nur ergänzt, nicht aber ersetzt, werden kann.

Es ist die Aufgabe des Restaurators den gewachsenen Zustand des Objekts, der sich aus den Spuren der Vergangenheit in unterschiedlichen Zeitschichten auf der Oberfläche angereichert hat, zu erkennen. Dann entscheidet er, welche Zeitschichten zu einer Maximierung der Bedeutung beitragen.¹⁴⁴ Um diese Zeitschichten zuordnen und bewerten zu können, ist „eine systematische Erfassung aller die Authentizität des Objektes

139 vgl. HAUSMANN 2011, 112ff.

140 Einen herzlichen Dank an Kasernenfeldwebel Kohl von der Von-Hardenberg-Kaserne, Strausberg, der mir am 12.08.2016 eine Führung durch das ehemalige Ministerium für Nationale Verteidigung gab.

141 frdl. mdl. Mitteilung Kasernenfeldwebel Kohl, 12.08.2016; dieser Umstand ist bedauerlich, da wie in Artikel 7 der Charta von Venedig festgehalten, „das Denkmal [...] untrennbar mit der Geschichte verbunden [ist], von der es Zeugnis ablegt, sowie mit der Umgebung, zu der es gehört“; aus: GAZZOLA 1964.

142 vgl. POMIAN 1988, 49f.

143 vgl. VAN DE WETERING 1982, 98ff.

144 vgl. VIOLLET LE DUC 1990, 316.

ausmachenden Aspekte¹⁴⁵ notwendig. Dazu gehören laut JANIS die Untersuchung und Bestimmung von Abbauerscheinungen, materialanalytische Untersuchungen, die Befragung von Experten und Zeitzeugen, die thematisch adequate Literaturrecherche und deren Bewertung bezogen auf die vorliegende Problematik, die Prognose des Materialverhaltens sowie das Aufzeigen von alternativen Maßnahmen.¹⁴⁶ Mit diesem komplexen Ansatz kann die Bedeutung verdichtet werden, indem Spuren der Vernachlässigung entfernt und ein ganzheitliches authentisches¹⁴⁷ Gesamtbild unter dem konservatorischen Aspekt der Materialerhaltung geschaffen werden.

Betrachtet man das Strausberger Relief heute, so fungiert es als Semiophor, der durch seine Existenz eine Brücke schlägt in die Zeit unmittelbar bevorstehender kriegerischer Auseinandersetzungen in bislang ungekanntem Ausmaß. Wie kann diese Bedeutung des Reliefs maximiert und verdichtet werden?

Mitte der 1980er Jahre, als das Relief am Höhepunkt seiner Nützlichkeit war, zeichnete es sich in materieller Hinsicht vermutlich durch Vollständigkeit, Funktionalität¹⁴⁸ und Gebrauchsspuren aus. Die Gebrauchsspuren zeigen sich heute in erster Linie in den Kittresten mit Retusche an den Plattenstößen sowie in Markierungen durch Aufkleber und rückseitige Beschriftung. Da das Relief betreten wurde, könnte sich auch Abrieb der Druckfarbe auf die Nutzung zurückführen lassen.

Die Zeitschicht des Gebrauchs ist allerdings durch Einflüsse der Vernachlässigung stark überlagert. Durch Abbau, Transport, Umsortierung sowie mangelhafte Lagerungsbedingungen (Abb. 8, 23) mögen die hauptsächlichen Schadensphänomene am Relief verursacht worden sein - dazu zählen Schmutzauflagerungen (Abb. 12), in die Folie eingedrückte LEDs (Abb. 72 - 76), Fehlstellen in Schaum und Folie (Abb. 12), ebenfalls abgeriebene Druckfarbe (Abb. 39), gebrochene Kabel und überwiegend gelöstes oder fehlendes Klebeband (Abb. 65). Chemisch-physikalische Veränderungen innerhalb der Kunststoffmatrixen konnten durch unsachgemäße Lagerung verstärkt stattfinden.

Einerseits ist der Erhaltungszustand der Platten authentisch. Die Wende mit dem folgenden Desinteresse an dem Kriegswerkzeug, das sich in seiner Starrheit nicht auf andere Kriegsschauplätze anwenden lässt, führte zur Vernachlässigung, die den größeren Teil der Objektgeschichte ausmacht. Andererseits ist es ein Anliegen des Militärhistorischen Museums, Militärgeschichte in seiner Blütezeit zu präsentieren. Für die zur Ausstellung gedachten Segmente ist demnach ein authentischer Zustand anzustreben, in dem die ästhetische Zweckmäßigkeit hervorgehoben und Spuren der Vernachlässigung abgeschwächt sind. Die Wahrnehmung der Zweckmäßigkeit wird gestört durch Schmutzauflagerungen, Fehlstellen¹⁴⁹ und Kittreste,.

145 JANIS 2005, 86.

146 vgl. JANIS 2005, 87.

147 JANIS merkt an, dass „die Gewähr für die ‘Wahrheit’ von Erkenntnissen, bzw. die ‘Richtigkeit’ von Entscheidungen in einem möglichst multiperspektivischen Zu- und Umgang zu bzw. mit dem Objekt und der Einbeziehung eines breiten Spektrums fachlicher Kompetenzen“ liegt, JANIS 2005, 183.

148 Ansteuerbarkeit der LEDs, intakter Stromkreislauf.

149 „Eine Fehlstelle ist [...] eine Unterbrechung im figurativen Gefüge [...]. Das Hauptproblem [ist] [...] nicht so sehr das, was fehlt, als vielmehr das, was sich nun unrechtmäßig einfügt. Die Fehlstelle wird in der Tat eine Form und Farbe haben [...]. Das heißt, die Fehlstelle fügt sich wie ein Fremdkörper ein“, das heißt, dass der Blick durch die Fehlstelle vom Ganzen abgelenkt wird und somit die Wahrnehmung stört, BRANDI 2006, 57.

Aus rein konservatorischer Sicht ist die Befreiung von Schmutzauflagerungen nötig. Dadurch wird auch die visuelle Beeinträchtigung durch Schmutzränder und -schleier vermindert.

Eine Konsolidierung und Stabilisierung des Hartschaums ist wichtig, um Materialverlust vorzubeugen und das Material zu stärken.

Die Wiederherstellung eines geschlossenen Gesamtbildes durch Ergänzungen an Schaum und Folie begründet sich in einem Kompromiss zwischen Authentizität und Ästhetik. Um die Authentizität zu wahren, bleiben Ergänzungen begreifbar oder inhaltlich korrekt, indem fehlende Kartenabschnitte nur retuschiert werden dürfen, wenn sie eindeutig rekonstruierbar sind.¹⁵⁰

Der Kitt, der im eingebauten Zustand die Plattenstöße verschließen und über Retusche die versetzten Drucke verbinden sollte, ist nur noch fragmentarisch vorhanden und stark verkrustet und verdunkelt. Durch ihn wird maßgeblich ein negativer, ungepflegter Eindruck der Segmente erzeugt. Die Reste wirken wie zufällige Verschmutzung, da die Plattenstöße gelöst wurden und der Kitt nicht mehr im ursprünglichen funktionellen Kontext gelesen werden kann. Er stellt eine Gefährdung dar, da von ihm offensichtlich eine ölige Substanz abgesondert wird, die sich auf der Oberfläche der Folie ablagert und Stäube bindet. Andererseits ist der Kitt Teil des Objekts und belegt die kleinteilige Mühe, die in den Aufbau des Reliefs investiert wurde. Gelingt es, diese Bedeutung durch eine Reinigung zu unterstreichen, dann kann der Kitt durch ein Festigungsmittel abgesperrt werden, das einem Auswandern von weiteren Substanzen vorbeugt. Gelingt es nicht, sodass das Gesamtbild ungepflegt und vernachlässigt erscheint, wird der Kitt entfernt.

Die Textilklebebänder haben ihre Haftung zum großen Teil verloren. Der Klebstoff ist verhärtet und verfärbt, er sitzt fest im Gewebe. Durch die Verhärtung sind die Klebestreifen versteift, sodass bei mechanischer Beanspruchung die eigentlich elastischen Fasern brechen könnten. Es ist wahrscheinlich, dass der Klebstoff die Fasern auch chemisch beansprucht und einen Abbau der regenerierten Cellulose katalysiert.¹⁵¹ Die Entfernung des Klebstoffes aus dem Gewebe ist deshalb konservatorisch sinnvoll. Darauffolgend muss eine erneute, reversible Haftvermittlung zum Schaumstoffkorpus erfolgen um die Funktion wiederherzustellen.

Zu Dokumentationszwecken ist eine genauere Untersuchung der LEDs und Kabelstränge mit Stromquelle und Multimeter sinnvoll. Da die gesamte technische Unterstützung der Reliefnutzung verschollen ist, kann die ursprüngliche Situation nicht mehr dargestellt werden. Funktionierende Leuchtdioden könnten einen kleinen Eindruck geben. Solange die LEDs nicht zu hoher Spannung ausgesetzt werden, dürfte das Objekt keinen Schaden nehmen.

Es wird nicht möglich sein über den gewählten, verhältnismäßig kleinen, Kartenausschnitt den Originalzusammenhang in seiner Gänze deutlich zu machen. Bei der Ausstellung wäre es demnach ratsam, dem Rezipienten über Schautafeln die Bedeutung und die Geschichte des Objekts darzulegen. Besonders, da „die Dokumentation einen wichtigen Beitrag zur technikhistorischen Objektforschung leistet, sodass durch sie der soziokulturelle und ökonomische Kontext mancher Objekte klarer fassbar wird und die Objekte dadurch [hier für den Rezipienten] an Wert gewinnen“¹⁵².

150 GAZOLLA 1964: Gemäß Charta von Venedig, Artikel 9: „[Die Restaurierung] findet dort ihre Grenze, wo die Hypothese beginnt“.

151 Frdl. mdl. Mitteilung Ruth Keller, 02.12.2016.

152 vgl. KELLER 2010, 87.

7. Maßnahmenplanung

Um zu ermitteln, inwiefern das Konzept umsetzbar ist, werden geeignete Methoden zum Materialerhalt recherchiert und über Probereihen die Anwendbarkeit sowie Durchführbarkeit belegt. Die Ergebnisse werden diskutiert, in der Zusammenfassung werden die möglichen Behandlungsmethoden tabellarisch skizziert. Die Probereihen sind im Anhang dokumentiert.

Sämtliche Eingriffe, die am Objekt vorgenommen werden, müssen allgemeinen Anforderungen entsprechen, die in Literatur, Chartas und Codices der Restaurierung nachvollzogen werden können. Bei der Planung jeder Maßnahme gilt es abzuwägen, ob sie aus „restaurierungsethischer Sicht erlaubt, aus ästhetischer Sicht gewünscht oder aus konservatorischer Sicht geboten ist“¹⁵³. Der ethische Aspekt bezieht sich vorwiegend auf die Authentizität¹⁵⁴ des Objekts, die es zu erhalten gilt, um den Wahrheitsgehalt der Sachquelle nicht zu verfälschen. Auch geht der Restaurator davon aus, dass in der Zukunft besser geeignete Restaurierungsmaterialien und -techniken entwickelt werden können.¹⁵⁵ Aus diesem Grund wird eine Reversibilität der Maßnahmen angestrebt, die eine spätere Behandlung des Objekts ohne Materialveränderung oder -verlust zulässt.¹⁵⁶ Die ästhetische Sichtweise fordert meist Beseitigung visueller Disharmonien für einen ungebrochenen Gesamteindruck. Der konservatorische Standpunkt bezieht sich allein auf den Materialerhalt, indem angestrebt wird, Abbaumechanismen zu verlangsamen. Diese drei Aspekte stehen oftmals im Widerspruch, sodass sie für jede Maßnahme neu gewichtet werden müssen, um einen Kompromiss zu finden, der den wichtigsten Ansprüchen genügt.

Der Artikel 10 der Charta von Venedig erlaubt das Heranziehen moderner Konservierungstechniken, solange „deren Wirksamkeit wissenschaftlich nachgewiesen und durch praktische Erfahrung erprobt ist“¹⁵⁷. In Bezug auf die Kunststoffrestaurierung stellt dies ein Problem dar, da dieses Gebiet noch jung und hinsichtlich nachhaltig wirksamer Konservierungstechniken bislang verhältnismäßig wenig erforscht ist. Organische Polymere sind im Gegensatz zu vielen anorganischen Verbindungen vergleichsweise reaktive Materialien, die schon bei moderaten Bedingungen chemische Reaktionen eingehen. Auf Grund der damit einhergehenden Veränderung der Eigenschaften der Kunststoffe spricht man von Abbauprozessen.¹⁵⁸ Oft müssen aus restaurierungsethischer Sicht Kompromisse zu Gunsten des Materialerhalts gemacht werden. Die Maßnahmen, welche im Folgenden geplant werden, halten sich soweit möglich an Hinweise aus der Literatur. Aber auch aus den Eigenschaften (Löslichkeiten) und Abbauerscheinungen der Kunststoffe lassen sich Möglichkeiten der Restaurierung schließen, die diskutiert und erprobt werden. Prinzipiell wird versucht, Maßnahmen zu ermitteln, die dauerhaft sind und sich überwiegend beispielsweise durch Löslichkeit

153 JÄGERS 2006, 12.

154 Gemäß des Dokuments von Nara: ein Objekt stellt ein Sachzeugnis dar, das als historische Quelle und Kulturgut genutzt wird, Voraussetzung dafür sind Wahrheitsgehalt und verlässliche Informationsquellen, vgl. NARA 1994, Artikel 9.

155 BRANDI „bezieht sich auf die Zukunft und schreibt daher vor, dass kein Restaurierungseingriff eventuelle zukünftige Eingriffe unmöglich machen darf, im Gegenteil diese eher erleichtern muss“, BRANDI 2006, 96; vgl. auch Punkt 16 unter Guidance for Practice, CAC 2000, 7.

156 Dieser Aspekt beeinflusst maßgeblich die Auswahl der zur Verfügung stehenden Restaurierungsmaterialien - diese sollten nicht in Wechselwirkung mit dem Originalmaterial treten, weitestgehend chemisch und physikalisch beständig, minimal invasiv und reversibel sein, um zukünftige Eingriffe zu gewährleisten, vgl. DOWN 2015, 1; HORIE 2010, 6f.

157 GAZZOLA 1964.

158 vgl. MENGES 2011, 422f.

wieder ruckgängig machen lassen.

Der Fokus liegt auf der Ermittlung geeigneter Reinigungs-, und Ergänzungssysteme für Folie und Schaum. Die Ergänzungen werden so ausgeführt, dass sie mit Pigmenten angerieben, mit Pigmenten in Acrylat oder mit gebrauchsfertigen PRIMAcryl®-Farben¹⁵⁹ retuschiert werden können. Die Maßnahmen an den Textilklebebändern werden neben der Retusche ebenfalls zurückgestellt.

7.1 Schaum

Da die Kunststoffmatrix des Polyurethanhartschaums an den Außenkanten durch photooxidative Vorgänge stark versprödet ist, führt bereits geringe mechanische Einwirkung zu Materialverlust – offenliegende einzelne Zellstege und -membranen splintern ab. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo durch einen Sägeschnitt oder durch Fehlstellen die obere Lage an Schaumzellen offenliegt. Die Anforderungen an die Maßnahmen sind eine chemische und physikalische Stabilisierung der außenliegenden Zellstrukturen, die durch Reinigung und transparente Konsolidierung erzielt werden sollen.

Die Wiederherstellung des Gesamteindrucks der zur Ausstellung gedachten, bedruckten Oberseite des Komposits, bedingt dort Ergänzungen in der Schaumstruktur, wo auch in der aufliegenden Folie Fehlstellen vorhanden sind. Die Fragmente, welche an der Unterseite verloren gegangen sind, müssen nur dann zwingend ergänzt werden, wenn dies strukturell erforderlich ist. Die Ergänzung ist so auszuführen, dass sie für umliegendes Material weder chemisch¹⁶⁰ noch physikalisch¹⁶¹ gefährdend ist.

Nach der ermittelten Löslichkeit (siehe Anhang, Probereihe 1) dürfen nur wässrige, aliphatische und unter Vorbehalt alkoholische¹⁶² Lösemittel zur Anwendung kommen.

7.1.1 Reinigung

Hauptsächliches Ziel der Reinigung ist die chemische Stabilität des Objekts zu erhöhen¹⁶³, da Anhaftungen durch hygroskopische Eigenschaften oder als Nährboden für mikrobiellen Befall¹⁶⁴ eine Gefahr für das Objekt darstellen können. Wenn die Reinigung selbst eine Gefahr für den Substanzerhalt bedeutet, muss von ihr abgesehen oder ein Kompromiss eingegangen werden.

WINKELMEYER¹⁶⁵ setzte bei der Behandlung von Weichschaum Feuchtreinigung ein. Sie nutzte den Effekt, dass ein Löschpapier an den gefeuchteten Schaum leicht angedrückt werden konnte - so diffundierte das Wasser über Kapillarkräfte durch das Papier an dessen Oberfläche und lagerte die Staubpartikel zwischen den Fasern des Papiers ab. Durch die Steifheit der Schaumzellen kann diese Form der Reinigung hier nicht erfolgen. Für den Hartschaum kommt nur eine rein mechanische Reinigung durch Absaugen in niedrigen Saugstufen in Frage. Vor der Konsolidierung ist ein direkter Kontakt zu den Schaumzellen zu vermeiden, deshalb ist auch eine Reinigung mittels Pinsel ausgeschlossen. Obwohl der Schaum dadurch

159 Sie weisen eine hohe Lichtechtheit auf, sind alterungsbeständig, reversibel und anwenderfreundlich.

160 Absonderung von Schadstoffen bei der Alterung.

161 Zu große Härte; höhere Adsorptions- als Kohäsionskräfte, sodass bei mechanischer Beanspruchung nicht die Ergänzung sonder der Originalschaum beschädigt wird, vgl. DOWN 2015, 5.

162 Ethanol führte zur Lösung der Druckfarben, Alkohole dürfen nur unter größter Vorsicht zur Anwendung kommen.

163 vgl. ASHLEY SMITH 1992, S.13; vgl. SHASHOUA 2008, S.209.

164 vgl. MAIER PETERSEN 2006, 123.

165 vgl. WINKELMEYER 2002, 156.

keine zufriedenstellende Reinigung erfahren kann, muss der Kompromiss gegenüber dem Materialerhalt eingegangen werden. Diese Methode wird an zahlreichen Stellen in der Literatur erwähnt.¹⁶⁶

Um die Reinigung besser kontrollieren zu können, wird ein feines Netz vor die Saugöffnung gespannt.

7.1.2 Konsolidierung

Der Schaum kann durch eine Konsolidierung mechanisch gestärkt werden. Eine höhere Festigkeit wird erzielt, indem ein Mittel in das spröde, abgebaute Material eingebracht wird, das für die verlorenen natürlichen Bindungskräfte aufkommt.¹⁶⁷ Neben der mechanischen Stabilisierung kann die Festigung zusätzlich auf chemischer Ebene inhibierend gegenüber oxidativen Zerfallsprozessen wirken. Dazu müssen dem Bindemittel antioxidative und lichtstabilisierende Stoffe hinzugefügt werden.¹⁶⁸ Eine Konsolidierung ist keine reversible Maßnahme, doch lässt sie eine spätere Behandlung des Objekts¹⁶⁹ zu und begünstigt den Materialerhalt.

Für die Konsolidierung von Polyetherurethanschaumstoffen sind bereits einige Verfahren in der Literatur vorgestellt worden. VAN OOSTEN gibt in ihrer Veröffentlichung PUR facts eine Übersicht über Konservierungsmaßnahmen an Polyurethanweichschäumen seit 1990.¹⁷⁰ Verschiedene Bindemittel¹⁷¹ wurden über die Jahre getestet. Der Auftrag erfolgte meistens durch Aerosole, da so eine gleichmäßige Benetzung der Oberfläche erzielt werden konnte und eine mechanische Belastung der Objekte vermieden wurde¹⁷². Die Einstellung des Bindemittels erfolgte immer so, dass eine Vernebelung und möglichst tiefes Eindringen in die Schaumstruktur möglich war. Auf die Problematik der Eindringtiefe des Festigungsmittels wird hier nicht eingegangen, da die Schaumstruktur der Reliefplattensockel geschlossenzellig ist. Nur die außen liegenden Oberflächen gilt es möglichst homogen mit dem Konsolidierungsmittel zu benetzen. Eine gröbere Tröpfchengröße von bis zu 100 µm durch einfache Zerstäubung wird vermutlich ausreichen.¹⁷³

VAN OOSTEN verwendete 2005 eine Polyurethandispersion mit einem Zusatz von Vitamin E als Antioxidant. Diese Mischung inhibierte unter künstlicher Alterung Verfärbung und Zerbröckelung des Schaums.¹⁷⁴ 2011 formulierte sie ein Rezept basierend auf der aus aliphatischen Isocyanaten bestehenden Polycarbonat-esterpolyetherpolyurethan-Dispersion Impranil® DLV von BAYER mit einem Zusatz von Tinuvin® B75 von CIBA-GEIGY.¹⁷⁵ Aliphatische Isocyanate sind im Allgemeinen lichtbeständiger als aromatische und neigen somit weniger zu Vergilbung.¹⁷⁶ Tinuvin® B75 wurde speziell für Polyurethanstabilisierung entwickelt und bein-

166 vgl. LORNE 1999, 143ff.; vgl. WAENTIG 2004, 302,303,304; SHASHOUA 2008, 207.

167 DOWN 2015, 1.

168 vgl. SHASHOUA 2008, 219.

169 Engl.: retreatability, „[...] a fragile object requires consolidation. How can one expect that this treatment will be „reversible”, i.e. that it can be completely removed without risk of stressing the object even more by this removal? These considerations have led to replacing the „reversibility” concept with that of „retreatability” [...]. In this case, any treatment applied should not preclude or hinder any future treatment”, aus: CHAROLA KOESTLER 2006, 25.

170 vgl. VAN OOSTEN 2011, 47ff.

171 Dazu gehören u.a. Stärke, Gelatine, Methylcellulose, Acryldispersionen oder Polyurethandispersionen, vgl. BÜTZER 2001, 128, WINKELMEYER 2002, 158, VAN OOSTEN 2011, 47ff.; wobei sich die Polyurethandispersion Impranil® DLV laut VAN OOSTEN als effizientestes Mittel herausstellte, vgl. VAN OOSTEN 2011, 51.

172 vgl. auch DOWN 2015, 33.

173 vgl. SHASHOUA 2008, 219; vgl. WINKELMEYER 2002, S.158: Über Druckluft erzeugte Aerosole besitzen eine Partikelgröße zwischen 1-10 µm, das unterscheidet sie von normalen Sprühpistolen, die eine deutlich gröbere Zerstäubung von bis zu 100 µm bewirken.

174 vgl. SHASHOUA 2008, 219.

175 vgl. VAN OOSTEN 2011, 88.

176 vgl. PONGRATZ EHRENSTEIN 2013, 529; vgl. DOMININGHAUS 2011, 1177; noch beständiger wäre ein Polymer auf Basis eines Acrylpolyols, vgl. HORIE 2010, 288.

haltet folgende Stoffe¹⁷⁷ (die Wirkungsweisen können in der Skizze in Abbildung 14 nachvollzogen werden):

- 20% Irganox® 1135 als Hitzestabilisator, bzw. primärer Antioxidant; chemisch betrachtet ist es ein sterisch gehindertes Phenol, das in der Lage ist, mit Peroxyradikalen ($\text{ROO}\bullet$) zu inaktiven Stoffen zu reagieren; sterisch gehinderte Phenole brauchen sich auf
- 40% Tinuvin® 571 als UV-Absorber, das von seiner Molekülstruktur zu den Benzotriazolen gehört; die UV-Absorption und Umwandlung der Energie in "harmlose" Wärme findet über das Prinzip der Tautomerie statt, dabei konkurriert das Molekül mit dem zu schützenden Polymer um die Absorption der energiereichen Strahlung; Benzotriazole können den Prozess der Energieumwandlung unbegrenzt wiederholen, sie sollten einen Absorptionsbereich über den gesamten Abschnitt der ultravioletten Strahlung auf dem elektromagnetischen Spektrum haben, das heißt etwa 290 bis 400 Nanometer
- 40% Tinuvin® 765 als multifunktionaler Antioxidant und sterisch gehindertes Amin (HAS), das lichtstabilisierend wirkt; dieses Molekül fungiert hauptsächlich als Radikalfänger und kann sich aktiv regenerieren

VAN OOSTEN gibt an, dass nach dem Auftrag keine sichtbare Farbveränderung des Schaums stattfindet. Sie hat außerdem durch künstliche Alterungstestreihen belegt, dass Vergilbung bei derart konsolidierten Schäumen noch eintritt, allerdings stark verlangsamt.¹⁷⁸ Durch die Konsolidierung wird die mechanische Festigkeit der behandelten Schäume erhöht¹⁷⁹, ebenso wird weiterer Versprödung des Polymers vorgebeugt¹⁸⁰.

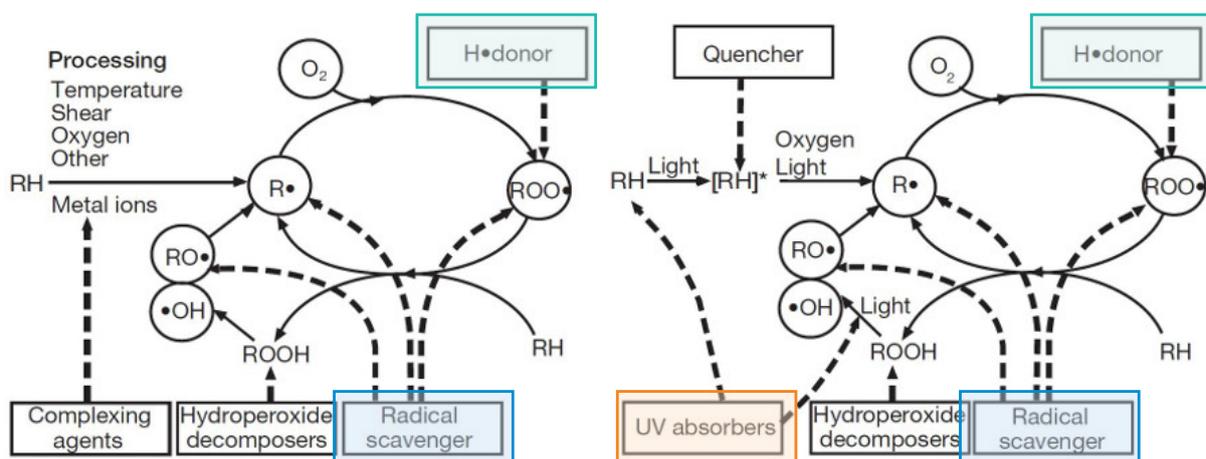


Abb.14: Skizze der Abbauprozesse, die in Polymerstrukturen wirken. Links ist thermooxidativer Abbau dargestellt, auf der rechten Seite lässt sich photooxidativer Abbau nachvollziehen. Die im Tinuvin® B75 enthaltenen Stoffe sind farblich markiert, um zu zeigen an welcher Stelle sie in die Zerfallskreisläufe eingreifen: Irganox® 1135; Tinuvin® 571; Tinuvin®765; Abbildung aus: PONGRATZ EHRENSTEIN 2013, S.278.

177 vgl. VAN OOSTEN 2011, 88.

178 Sie schreibt, dass konsolidierte und nicht-konsolidierte Schäume nach 1100 Stunden Lichtbestrahlung/114444 Kiloluxstunden denselben Vergilbungsgrad zeigen, vgl. VAN OOSTEN 2011, 79; in BERGERS Bericht werden chemisch sehr ähnliche Stoffe getestet und deren Wirkungsgrad ebenfalls bestätigt, vgl. BERGER 1981, 89ff.

179 vgl. VAN OOSTEN 2011, S.79.

180 vgl. VAN OOSTEN 2011, S.73.

Für besonders stark gealterten, bröseligen Polyetherurethanschaum, solle vor dem Aufbringen der Impranil DLV/Tinuvin B75-Mischung eine Konsolidierung nur mit 3%igem Tinuvin B75 in Isopropanol erfolgen.¹⁸¹ Das genannte Rezept ist in jüngster Vergangenheit zur Konsolidierung von Polyurethanetherschäumen vermehrt angewendet worden¹⁸², deshalb wird es auch bei den geschäumten Reliefssockeln zum Einsatz kommen.

Eine Probereihe zur Konsolidierung wurde an Testwürfeln aus Originalschaum durchgeführt (Abb. 113 - 117, Anhang, Probereihe 2). Der Auftrag erfolgte durch Zerstäubung der Dispersion mittels Airbrushpistole¹⁸³. Um die Ergebnisse der verschiedenen Aufträge besser auswerten zu können, wurde der Dispersion Scribtoil zugesetzt.¹⁸⁴ Von den Aufnahmen lässt sich schnell ableiten, dass eine Konsolidierung mit Pinselauftrag nicht in Frage kommt, da hierbei nur eine unzureichende Benetzung der Oberfläche zustande kommt. Erst ein dreifacher Auftrag mittels Airbrushpistole aus verschiedenen Winkeln führt zu einer dichten Schicht, die allerdings in offenen innenliegenden Zellen nur dünn ausgebildet ist. Bei einer intakten Oberfläche mit geschlossenen Zellen genügt ein einfacher Auftrag mittels Airbrushpistole, um eine gleichmäßige Benetzung zu erzielen. Offene innenliegende Zellen können hier von dem Bindemittel nicht erreicht werden.

Es stellt sich die Frage, ob die Tröpfchengröße der Airbrushzerstäubung für die sehr verwinkelte, oberflächlich poröse Struktur, doch zu groß ist. Ein homogeneres Ergebnis mit besserer Tiefenwirkung könnte sicherlich mit einer feineren Airbrushnadel oder einem Aerosolvernebler¹⁸⁵ erzielt werden.

7.1.3 Ergänzung

Die Fehlstellen im Schaum werden geschlossen, um den ästhetischen Eindruck einer Zweckmäßigkeit wiederherzustellen, die durch eine geschlossene Oberfläche der Folie unterstützt wird. Zudem kann die Ergänzung eine strukturelle Stärkung des Materials erwirken. Die Kittung der fehlenden Partien schließt das ganzheitliche Bild und schirmt das originale Material schützend ab.

KITTUNG

GRANER hat an einem Sofa aus Polyurethanesterweichschaum Ergänzungen mit Weichschaumintarsien ähnlicher Zellgröße ausgeführt. Sie setzte die Intarsien mittels Pinzetten ein und fixierte sie vereinzelt mit Polyurethandispersionsklebepunkten.¹⁸⁶ Diese Methode wurde auch von VAN OOSTEN mit der copolymeren Butyl-Methacrylat-Dispersion *LASCAUX* 360 HV als Klebstoff angewendet.¹⁸⁷ WINKELMEYER hat bei der Restaurierung des Kunstwerks „Funburn“ aus Polyurethanetherweichschaum ebenfalls Intarsien eingebracht. Diese wurden kantengenau ausgeschnitten, lose eingesetzt und an den Rändern mit Polyu-

181 vgl. VAN OOSTEN 2011, S.88.

182 vgl. VAN OOSTEN 2011, S.49: 2006, 2009; vgl. GRANER LUTZ 2013: S.51.

183 verwendet wurde ein Druck von 1,5 bar mit einer größeren Nadelstärke von 0,4 mm; Airbrushpistole: *EVOLUTION* Two in One; Kompressor: *WERTHER* Sil Air 50D

184 Der Zusatz der Tinte kann das Verhalten des Konsolidierungsmediums verändern, die Testreihe ist deshalb nur bedingt aussagekräftig.

185 vgl. WINKELMEYER 2002, 158.

186 vgl. GRANER 2013, 52.

187 vgl. VAN OOSTEN 2011, 104.

rethanklebstoff verklebt.¹⁸⁸ Bei dem Hartschaum der Reliefsckel sind Ergänzungen durch Intarsien nicht praktikabel. Das genaue Herantasten an die dreidimensionale Form der Fehlstelle wäre zu zeitaufwendig, besonders da der Hartschaum nicht nachgibt und somit eine extrem hohe Passgenauigkeit erforderlich wäre. Ein schichtweises Auffüllen der Fehlstellen mit einem Füllstoff-Bindemittel-System erscheint dagegen sinnvoll.

Die Methode von BÜTZER, weiche Schaumkrümel mit dem hitzeaktivierbaren Acrylat-Ethylenvinylacetat Gemisch Beva® 371 zu imprägnieren, überschüssiges Bindemittel durch Quetschen auszutreiben und dann über Hitzeeinwirkung in die Fehlstelle einzubringen¹⁸⁹, ist hier nicht anwendbar. Beva als Bindemittel ist an dieser Stelle zu weich, auch sollte der Füllstoff, dem Original entsprechend, eher hart sein.

Für das Kittmaterial sind bestimmte Eigenschaften anzustreben. Im Folgenden wird eine Probereihe zur Auswahl eines geeigneten Füllstoff-Bindemittel-Systems entwickelt. Materialähnlichkeit zum Original hinsichtlich chemischer oder struktureller Natur, das heißt der Materialität oder der Zelligkeit des Gefüges, gilt als erstes Auswahlkriterium. Grobes Kittmaterial mit Teilchengrößen zwischen 0,5 und drei Millimetern ist bei der Dimension der Fehlstellen von Vorteil. VAN OOSTEN hat 1999 Originalschaum kleingerieben und mit einem Acrylat vermischt als Kittmaterial verwendet.¹⁹⁰ Diese Idee wird hier aufgegriffen, zumal reichlich Originalschaum von nicht zuzuordnenden und nicht inventarisierten Plattensockeln vorhanden (Abb. 23) ist. Als beste Variante zur Zerkleinerung des Originalschaums hat sich das Zerschneiden in etwa ein Kubikzentimeter große Würfel bewährt, die dann mit einem Stabmixer kurz gehäckselt werden können. Bei dieser Methode entstehen Partikel in allen Größen zwischen 0,1 und fünf Millimetern. Der Füllstoff stimmt chemisch mit dem Original überein. Die Zelligkeit ist nur bedingt gegeben, da diese überwiegend zerstört ist. Expandiertes Polystyrol in Form von Mikroperlen mit einem Durchmesser zwischen 0,5 und einem Millimeter bietet sich wegen seiner Schaumstruktur ebenfalls als Füllstoff für eine Probereihe an. Polystyrol altert zwar vornehmlich photooxidativ in Form von Vergilbung und zunehmender Sprödigkeit, allerdings solle nach SHASHOUA durch die Abbauprozesse keine Gefahr für umliegende Materialien bestehen.¹⁹¹ Zudem schirmt eine nachträgliche Retusche das Polymer vor Lichteinstrahlung ab.¹⁹² MINTROP berücksichtigt Korkgranulat in seiner Füllstoff-Bindemittel-Reihe. Die Zellwände des schaumigen Rohstoffs bestehen aus Cellulose und Lignin, sie sind mit Harz und Wachsen durchsetzt. Die Gas gefüllten Zellhohlräume führen zu der Elastizität des Materials¹⁹³ und entsprechen hier dem Kriterium der Zelligkeit des Gefüges. Erwogen und wieder verworfen wurden Ethafoam®¹⁹⁴, Papierkaché aus Kozofasern¹⁹⁵, Holz- und Papierschaum¹⁹⁶.

188 vgl. WINKELMEYER 2000, 121f.

189 vgl. BÜTZER 2001, 165.

190 vgl. SHASHOUA 2008, 220.

191 im Englischen unterscheidet man zwischen den sogenannten „malignant“ (dt. bösartige) und „benign plastics“ (dt. gutartige Kunststoffe). Durch Abbaureaktionen setzen bösartige Kunststoffe Schadstoffe frei, die korrosiv und katalysierend auf Materialien in der Umgebung wirken. PVC und PUR gehören zu dieser Gruppe. Polystyrol wird den gutartigen Kunststoffen zugeordnet. Es baut sich vornehmlich durch Photooxidation ab – gegen die die EPS-Mikroperlen hier durch die aufgebrachte Retusche etwas geschützt wird – setzt aber keine Schadstoffe frei, vgl. SHASHOUA 2012, 159f.

192 vgl. SHASHOUA 2008, 189.

193 vgl. MINTROP 1997, 39.

194 Polyethylenschaum, PE ist schwer zu verkleben, da es eine sehr niedrige Oberflächenspannung aufweist und es kaum polymere Klebstoffe gibt, die PE benetzen können, vgl. SHASHOUA 2008, 215.

195 zu dicht gepackt.

196 Die Intention war reinen Zellstoffschaum zu finden. Holzschaum wird vom Fraunhofer Institut als Verpackungsmaterial entwickelt, dabei werden unbehandelte, noch ligninhaltige Holzfasern wässrig verschäumt. Lignin ist der Hauptgrund für die Alterung von Papier. Papierschaum wird in Form von Flupis® von der Firma

Nach dem Quellverhalten des Schaums müssen die Bindemittel in aliphatischen Lösemitteln löslich oder in Wasser dispergiert sein, um neben der Adhäsion nicht weiter mit dem umliegenden Material in Wechselwirkung zu treten. In der Literatur haben sich Acrylate und Polyurethandispersionen bewährt.¹⁹⁷ Getestet werden hier die weiter oben schon genannte wässrige, anionische aliphatische Polycarbonatesterpolyetherpolyurethandispersion Impranil DLV, das in Aliphaten lösliche Isobutylmethacrylat Paraloid® B67¹⁹⁸ (Tg 50°C), das weichere, ebenfalls in Aliphaten lösliche Isobutylmethacrylat Plexigum® PQ 611¹⁹⁹ (Tg 35°C) und die mit Acrylsäureester verdickte Butylmethacrylatdispersion *LASCAUX* 498 HV²⁰⁰ (Tg 13°C).

Als Alternative zum 'klassischen' Füllstoff-Bindemittel-System wird auch die direkte Anschäumung mit Polyurethanhartschaum in Betracht gezogen. Die Firma *KAUPO* Plankenhorn vertreibt verschiedene Polyurethansysteme zu Modellier- und Abformungszwecken. Der Typ „10 Slow“ der Hartschaumserie FOAM-iT® verfügt über eine bequeme Topfzeit von 3,5 Minuten und expandiert um das sechsfache seiner Ausgangsgröße. Wegen dieser Eigenschaften, die eine gute Verarbeitung ermöglichen, wurde der Typ ausgewählt. Als Isocyanatkomponente kommt hier MDI zum Einsatz, das durch infrarotspektrometrische Untersuchungen am Originalschaum nachgewiesen werden konnte. Die FTIR-Spektren des Originalschaums und des ausgehärteten FOAM-iT „10 Slow“ sind sich sehr ähnlich, es wird also kein „fremdes“ Material in das Objekt eingebracht (Abb. 153). Die Polyolkomponente ist, da ungefährlich, im Sicherheitsdatenblatt allerdings nicht näher beschrieben. Ein Telefongespräch mit der Firma brachte bezüglich Ether- oder Estervariante des Polyols keine Auskunft.

Bei der Anwendung werden die Isocyanat- und Polyolkomponente im entsprechenden Verhältnis vermischt. Bei Probeschäumungen hat sich gezeigt, dass das Gemisch kurz vor Ende der Topfzeit auf die Fehlstelle aufgebracht werden kann, ein einfaches Einstreichen der Wandungen genügt zunächst, um zu vermeiden, dass das Gemisch während der Steigzeit über die Fehlstelle hinaus wächst. Je nach aufgebrachtener Menge und Größe der Fehlstelle ist diese nach der Steigzeit bereits ausgefüllt. Falls nicht, kann der fertig geschäumte, ausgehärtete Teil für bessere mechanische Haftung eingeritzt werden und eine zweite Anschäumung in zweiter Schicht erfolgen. In dieser Form lässt sich die Anschäumung gut kontrollieren. Nachteilig ist, dass das ausgehärtete Produkt eine viel höhere Härte besitzt als der Originalschaum. Eine Sollbruchstelle innerhalb der Ergänzung ist damit nicht gegeben.²⁰¹ Auch ist der neu geschäumte Schaum sehr feinporig und regelmäßig in seinem Zellgefüge. Der Originalschaum ist dagegen sehr inhomogen, der Zelldurchmesser reicht von zehn Mikrometern bis zu drei Millimetern.

Hellbut als Verpackungsmaterial verwendet, hier wird allerdings Altpapier verschäumt, das sich selbstverständlich verbietet. Die eigene Herstellung von Papierschaum aus reinen Cellulosefasern wurde an dieser Stelle als zu aufwendig verworfen.

197 vgl. VAN OOSTEN 2011, 47ff.; vgl. SHASHOUA 2012, 277; vgl. BÜTZER 2001, 170; vgl. WINKELMEYER 2002, 158; vgl. GRANER 2013, 52.

198 Dieses Acrylat (PiBMA) aus der Reihe der Paraloide® vernetzt unter UV-Einwirkung, vgl. HORIE 2010, 164.

199 Plexigum® PQ 611 ist ebenfalls ein PiBMA, HORIE erwähnt es nicht spezifisch hinsichtlich der Alterungserscheinungen, wegen seiner engen Verwandtschaft zum Paraloid® B67 ist hier aber auch von einer Vernetzungsreaktion unter energiereicher Strahlung auszugehen.

200 *LASCAUX* Produkte kommen in der Restaurierung häufig zur Anwendung, vgl. DOWN 2015, 85.; Im Datenblatt von *KREMER PIGMENTE* wird die Dispersion für licht- und alterungsbeständige, nicht vernetzende Verklebungen beworben, HORIE erwähnt die *LASCAUX* Produkte nur am Rande. DOWN beschreibt eine geringfügige Abspaltung von Essigsäure bei der Alterung von *LASCAUX* 360 HV, die bei 498 HV vermutlich auch auftreten wird, vgl. DOWN 2015, 85; das Andicken mit Polymethacrylsäure habe nach bisherigen Untersuchungen keinen Einfluss auf das Alterungsverhalten eines Bindemittelfilms, vgl. ERHARDS 1993, 35; laut *LASCAUX* verbleibt der Klebstoff quellbar in Toluol und Aceton und ist somit mechanisch reversibel. Die 498 HV Variante ist wegen des Verdickungsmittels angenehmer zu verarbeiten als andere Acryldispersionen wie beispielsweise Primal® oder Plectol®.

201 vgl. DOWN 2015, 3.

Im Telefongespräch mit der Firma *KAUPO* Plankenhorn wurde der Hinweis gegeben, dass bei der Mischung der Komponenten etwas Wasser zugegeben werden könne, um eine gröbere Zellstruktur zu erreichen. Gleichzeitig wurde gewarnt, dass diese Manipulation, da unkontrolliert, zu unregelmäßigem Zellgefüge und veränderten Eigenschaften des Duromers führen werde. Zum Hintergrund: Polyurethane können neben physikalischen Treibmitteln auch über die Reaktion von Isocyanat mit Wasser aufschäumen. Dabei entsteht Kohlendioxid, das als Treibgas dient.²⁰² Die reagierende Isocyanatkomponente wird bei diesem Vorgang unter Bildung von Harnstoffbrücken, die mit weiteren Isocyanaten Biuretgruppen ausbilden, unter weiterführender Vernetzung zersetzt (Abb. 15).²⁰³

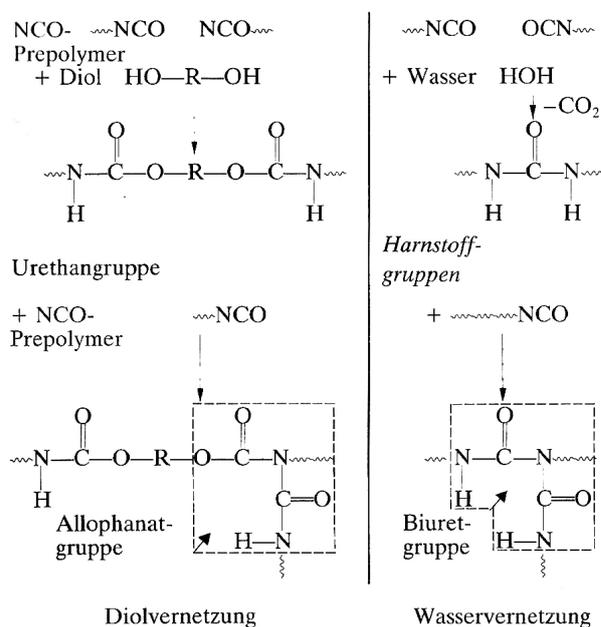


Abb. 15: Vernetzungsmechanismen von PUR-Schäumen; auf der linken Seite wird deutlich, wie Diisocyanate mit Diolen zu Urethanen polymerisieren und mit weiteren Isocyanaten über Allophanatgruppen vernetzen (relevant für den Hartschaum der Reliefsockel); auf der rechten Seite wird aufgezeigt, wie die Wasserzugabe bei Reaktion mit Isocyanaten unter Kohlendioxidabgabe zur Ausbildung von Harnstoffgruppen führt, die mit weiteren Isocyanaten ebenfalls vernetzende Biuretgruppen ausbilden (relevant für die Anschäumung mit FOAMiT® "10 Slow"); aus: FRANCK 2011, 403.

In Versuchsreihen wurde festgestellt, dass mit Wasser versetzte Proben tatsächlich ein gröberes und unregelmäßiges Zellgefüge ausbildeten. In größeren Probeschäumungen wurde allerdings deutlich, dass die großen blasenartigen Einschlüsse selbst keine Zellwände oder -stege aufweisen, sondern das Zellgefüge unterbrechen. Die modifizierten Schäume sind starr, aber weich und lassen sich nicht nur mit der Mikrotrennscheibe, sondern auch mit dem Skalpell nacharbeiten. Es stellt sich die Frage, ob die Modifikation des Schaumes nachteilige Auswirkungen auf die Polymerstruktur hat.

Die Schlussfolgerung liegt nahe, dass die Weichheit des Materials zustande kommt, da mehr Isocyanate als vom Hersteller kalkuliert mit Wasser reagiert haben. Dadurch konnten mehr Harnstoffgruppen entstehen, die durch einen Mangel an Isocyanaten nicht alle über Biuretgruppen zur Vernetzung geführt haben. Somit ist die Vernetzung weniger stark ausgeprägt als bei den Proben, die im selben Mischungsverhältnis aber ohne Wasser angesetzt worden sind. Hier konnten die Isocyanate mit Diolen zu Urethanen reagieren und in sekundären Folgereaktionen über Allophanatgruppen vernetzen. In der Polymermatrix vorhandene Isocy-

202 vgl. DOMININGHAUS 2012, 1176.

203 vgl. FRANCK 2011, 403.

anat-Restmonomere reagieren mit Luftfeuchtigkeit zu ungefährlichen Endprodukten.²⁰⁴

PONGRATZ EHRENSTEIN empfehlen sogar zur Verbesserung der Alterungseigenschaften eine minimale Variation des Mischungsverhältnisses, bei gleichbleibender Rezeptur (Isocyanat- und Polyolart). Mehr Isocyanat führe zu mehr Widerstandsfähigkeit, da die Isocyanate über Biuret- und Allophanatgruppen das Polymer weiterführend vernetzen (Abb. 15). Die Zugabe von Wasser bedinge ebenfalls erhöhte Alterungsbeständigkeit der Polymermatrix durch die Bildung von Harnstoffgruppen. Die Autoren warnen, dass die mechanischen Eigenschaften des Schaums sich bei dargelegter Abwandlung der Rezeptur zwar durch Alterungsprozesse weniger stark verändern, jedoch könnten die Eigenschaften schon zu Beginn nicht den gewünschten Ansprüchen gerecht werden.²⁰⁵

In diesem Fall sind die verschlechterten mechanischen Eigenschaften der Anschäumung gerade von Vorteil, die zusätzlich höhere Beständigkeit erfreulich.

Nach dieser Schlussfolgerung sollte eine Anschäumung mit FOAMIT „10 Slow“ keine Gefahr²⁰⁶ für umliegende Materialien darstellen. Durch Zugabe von Wasser kann die Zellstruktur unregelmäßiger gestaltet und die Härte des Schaums herabgesetzt werden.

Wichtig zu erwähnen ist, dass die Polyaddition des Polyurethans exotherm stattfindet.²⁰⁷ Die entstehende Hitze ist bei kleineren Ergänzungen vernachlässigbar. Bei größeren Fehlstellen sollte in jedem Fall in mehreren Lagen gearbeitet werden.

Die in Tabelle 4 aufgelisteten Gemische sind auf den Probekörper aufgebracht worden (Abb. 118, Anhang, Probereihe 3, ausklappbar). Verhältnisse von Bindemittel zu Füllstoff wurden vorher empirisch getestet, die hier angewandten wurden als geeignet befunden. Dass der gehäckselte Originalschaumkitt mehr Bindemittel benötigt, liegt in der großen Oberfläche der Schaumpartikel begründet.

Tab.4: Kittungssysteme für die Hartschaumergänzung, anhand der fett gedruckten Zahlen können die Gemische in der Probereihendokumentation zugeordnet werden.

Bindemittel/Füllstoff Weight/Volume	EPS-Mikroperlen	Korkgranulat	Originalschaum, gehäckselt	FOAMIT 10 Slow Anschäumung
Impranil DLV	3) 1g/10ml	4) 1g/10ml	5) 2g/10ml	1) nach Angabe im Produktdatenblatt, Verhältnis Isocyanat zu Polyol (Weight/Weight) 100:87 2) identisch 15) identisch 16) 3g Komponente A, 2,61g Komponente B mit einem reproduzierbaren Tropfen Wasser aus einer Pasteurpipette, Typ EA65.1 17) identisch, nur Boden und Seiten der Fehlstelle mit Gemisch benetzt, zwei Schichten 18) identisch, nur Boden und Seiten der Fehlstelle mit Gemisch benetzt, eine Schicht 19) 2g Komponente A, 1,74g Komponente B mit einem reproduzierbaren Tropfen Wasser aus einer Pasteurpipette, Typ EA65.1, nur Boden und Seiten der Fehlstelle mit Gemisch benetzt, eine Schicht
Paraloid B67 35%ig in SGB 100°-140°C	6) 1g/10ml	7) 1g/10ml	8) 2g/10ml	
Plexigum PQ 611 35%ig in SGB 100°-140°C	9) 1g/10ml	10) 1g/10ml	11) 2g/10ml	
Lascaux 498 HV	12) 1g/10ml	13) 1g/10ml	14) 2g/10ml	

204 vgl. FRANCK 2011, 397.

205 vgl. PONGRATZ EHRENSTEIN 2013, 533.

206 diese Aussage ist relativ zu dem gealterten Schaum und Polyurethanen generell zu sehen, die an sich kein stabiles Material darstellen.

207 vgl. HORIE 2010, 289.

Die Füllstoff-Bindemittel-Systeme wurden nach der Trocknung mit einem scharfen Skalpell nachgearbeitet. Die Anschäumungen ohne Wasserzusatz konnten in einem Zeitfenster von 40 bis 60 Minuten nach Vermischung der Komponenten mit einem Skalpell, nach kompletter Aushärtung mit einer Mikrotrennschreibe nachgearbeitet werden. Die Anschäumung mit Wasserzusatz waren auch nach der Aushärtung mit einem Skalpell bearbeitbar.

Die Probereihe (siehe Anhang unter 11.3, Probereihe 3, ausklappbar) ist so gestaltet, dass eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Systeme gegeben ist. Aus dem Probekörper wurden annähernd gleichgroße Quader der Kante entlang ausgeschnitten. Nach Einbringen und Trocknung der Systeme wurden die aufgefüllten Quader mittig sauber durchtrennt, um das Innere der Ergänzung und vor allem den Formschluss mit dem Originalschaum zu beurteilen. Wichtig war hier beispielsweise zu sehen, dass die Bindemittel in aliphatischen Lösemitteln die elektrostatischen Kräfte, die zur gegenseitigen Abstoßung der EPS-Mikroperlen führen, nicht überwinden konnten, sodass die Ergänzungen im Innern stark inhomogen und „löchrig“ sind, obwohl sie an der Oberfläche geschlossen wirken. Gut zu erkennen ist auch die mechanische, irreversible Verankerung und Haftung der FOAMit-Ergänzung am Originalschaum. Bei Verwendung muss deshalb eine Zwischenschicht eingebracht werden, um eine Abnahme der Ergänzung ohne Schädigung des Originals zu gewährleisten.

Die Auswertung der Probereihe erfolgte mittels Punktevergabe hinsichtlich der Kriterien Arbeitsschutz, Verarbeitung, Nachbearbeitung, Härte, Aussehen/Anpassung an Struktur und Adhäsion. Sie ist in Netzdiagrammen übersichtlich dargestellt (siehe Anhang unter 11.3, Probereihe 3.2 - Polyurethanhartschaum, Ergänzung - Kittung, Auswertungen). Von den Füllstoff-Bindemittel-Systemen ergab einzig die Probe 10, eine Kombination aus EPS-Mikroperlen und *LASCAUX* 498 HV, ein vielversprechendes Ergebnis bezüglich der Kriterien. Die Kittung passt sich gut der Form der Fehlstelle an und gibt durch die Kugelform des Füllstoffs eine stabile Packung²⁰⁸, obwohl Bindemittel und Füllstoff eher weich und elastisch sind. Letzteres schafft gleichzeitig eine Sollbruchstelle innerhalb der Ergänzung, die auch auf die im Vergleich mit anderen Klebemitteln geringeren Kohäsionskräfte der Acrylate zurückzuführen ist.²⁰⁹ Eine mechanische, differenzierte Abnahme der Mikroperlen ist damit leicht möglich, eine Nachreinigung der freigelegten Fehlstelle zur Entfernung des Acrylats könnte mit Lösemitteln erfolgen. Die Kittung ist damit stabil aber schwach genug, um vor dem Originalmaterial nachzugeben.²¹⁰ Von Vorteil ist auch, dass die Mikroperlen unterschiedliche Durchmesser besitzen, sodass ein heterogenes System entsteht, das eine idealere Benetzung des Füllstoffs bedingt als in einem homogenen System.²¹¹ Nachteilig ist das Material. Mit dem expandierten Polystyrol wird eine neue unberechenbare Komponente in das Kompositobjekt eingebracht, die zudem strukturell verschieden ist. Außerdem wird der Blick des Betrachters durch die Weiße auf die Ergänzungen gelenkt. Ein weiterer Schritt der Retusche ist nötig um dieses Defizit auszugleichen.

208 vgl. MINTROP 1997, 27.

209 vgl. DOWN 1996, 41.

210 Ethische und Konservatorische Anforderung an die Kittung, vgl. auch DOWN 2015, 3.

211 vgl. MINTROP 1997, 28.

Die wassermodifizierten Schaumergänzungen (Proben 14 und 17, siehe Anhang, unter 11.3 Probereihen 3.1 und 3.2) sind in allen Kriterien vielversprechend. Bezüglich Arbeitsschutz muss bei der Verarbeitung der Komponenten unbedingt auf das Tragen von Schutzbrille, Handschuhen und Laborkittel mit langen Ärmeln geachtet werden. Die Anschäumungen sind ebenfalls farblich einzusetzen, um durch die hellgelbe Eigenfarbe den Gesamteindruck nicht zu stören.

Um eine weitere Bearbeitbarkeit zu gewährleisten und Wechselwirkungen zwischen Anschäumung und Originalschaum zu minimieren, wird eine Sperrschicht zwischen Original und Ergänzung eingebracht (Abb. 95).²¹² Diese verhindert eine mechanische Verankerung des frischen Schaums in der Fehlstelle des Originalschaums. Sie dient zusätzlich der einfachen Entfernbarkeit der Ergänzung, indem die Sperrschicht bei Bedarf gequollen und die Anschäumung im Ganzen herausgenommen werden kann. Für diese Technik bietet sich Weizenstärkekleister²¹³ an, da der Amylopektinanteil wasserlöslich und die enthaltene Amylose wasserquellbar verbleiben.²¹⁴ Um den Transport des zur Quellwirkung bestimmten Wassers innerhalb der Stärkeschicht zu begünstigen, wird die Schicht kapillar gestaltet. Dazu eignet sich Fasermaterial. Hier wird eher dünnes, japanisches Papier aus reinem Kozo²¹⁵ verwendet, das mit Weizenstärkekleister imprägniert mehrlagig aufgebracht wird. Für eine gute Haftvermittlung wird die unterste Schicht auf die noch feuchte Konsolidierungsschicht aus der Polyurethandispersion Impranil DLV aufgebracht. Durch Anstupfen des feuchten Papiers können sich die Fasern der gewollten Struktur anpassen.²¹⁶ Die Wasserstoffbrückenbindungen verschieben sich unter Druck- oder Spannungsbelastung, sodass die Fasern neu arrangiert werden. Beim Auftrocknen werden wieder Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Fasern ausgebildet, die die Stabilität des Papiers ausmachen. Weitere Lagen werden nach Trocknung der vorherigen Schicht mit Weizenstärkekleister stufend aufgebracht. Zwei bis drei Lagen genügen, damit ein Wassertransport über die gesamte Sperrschicht gewährleistet ist. Wird die Ergänzung entfernt, findet der Trennvorgang zwischen den Papierschichten statt, dadurch wird das Originalmaterial geschont. Eine Kozoschicht verbliebe als Konsolidierung auf der Fehlstelle, könnte aber ebenfalls mechanisch, differenziert entfernt werden.

Der Vorteil dieser Methode liegt auch darin, dass die Härte und Adhäsionskraft der Schaumergänzung keine Rolle spielen, da die Sollbruchstelle durch die Zwischenschicht vorgegeben ist. Die unvorteilhaften Eigenschaften der nicht modifizierten Anschäumung können hiermit in Kauf genommen werden, wobei die feinere Zellstruktur visuell nachwievor unpassend erscheint. Der Abbau von Weizenstärkekleister findet vornehmlich über photooxidative Prozesse statt.²¹⁷ Da die Sperrschicht von der Anschäumung gegen Licht einfall überwiegend abgeschirmt ist, ist dies ein untergeordneter Faktor.

212 Engl.: retreatability, hier soll vor allem eine Entfernbarkeit der Ergänzung sichergestellt werden, das frisch geschäumte, noch flüssige Polyurethan verfügt über enorme Klebkraft (vgl. HORIE 2010, 289) und zudem greift zusätzlich eine starke mechanische Haftung, da der Schaum in die oberflächlich offene Zellstruktur der Originals hineinschäumt (vgl. DOWN 2015, 2), das kann in Probereihe 3.1 - Polyurethanhartschaum, Ergänzung - Kittung, Abbildungen nachvollzogen werden

213 Weizenstärkekleister gilt allgemein als der stabilste der Stärkekleister, dennoch degradiert Amylose unter Photooxidation und Hydrolyse, was zu Kettenspaltung und Bildung von organischen Säuren führen kann, vgl. HORIE 2010, 223f.

214 vgl. HORIE 2010, 226.

215 16 g/cm².

216 Wasser funktioniert als Weichmacher in der Papierstruktur, Feuchtigkeit löst die interfibrillären Wasserstoffbrückenbindungen, sodass sich die Fasern gegeneinander verschieben können. Durch Stupfen können die Fasern so arrangiert werden, dass sie sich der gewünschten Form anpassen. Mit dem Auftrocknen verdunstet das freie Wasser und interfibrilläre Wasserstoffbrückenbindungen werden wieder ausgebildet, vgl. BANIK BRÜCKLE 2011, 99, 104.

217 vgl. HORIE 2010, 223.

RETUSCHE

Für die farbliche Anpassung der EPS Ergänzung sind drei Varianten getestet worden. Angelegte Probeergänzungen (Abb. 97 - 101, im Anhang unter 11.2 Abbildungen, Maßnahmen, Schaum) wurden einerseits mit den hoch lichtechten PRIMAcryl®-Farben der Firma *SCHMINCKE* einretuschiert. Eine andere Variante war das Aufstufen von Erdpigmenten mit der Acryldispersion *LASCAUX* 498 HV. Weiterhin wurde eine Grundierung mit PRIMAcryl-Farben und nachträgliches Aufstufen von Pigmenten versucht.

Die Retusche ist insofern schwierig, da je nach Lichteinfall und Blickwinkel die Ergänzungen mehr oder weniger ins Auge fallen. Reine PRIMAcryl-Farben lassen die Struktur und Helligkeit der EPS-Mikroperlen zu stark durchscheinen, auch ist die Oberfläche zu eben. Als beste Variante erwies sich das bloße Aufstufen von Pigmenten, da so eine leichte Unregelmäßigkeit der Oberfläche erzielt werden konnte, die das Auge visuell mit der Schaumstruktur verbindet. Eine zusätzliche Grundierung gibt eine zu dichte Erscheinung.

Die Einfärbung der Anschäumung, wie bei WINKELMEYER für Schaumstoff beschrieben, ist an dieser Stelle nicht möglich. Sie verwendete Lederfärbemittel, die sich auch an Polyurethanen anlagern, da sie in ihrer chemischen Struktur den Proteinen ähneln. Diese Methode setzt voraus, dass die Schaumstoffergänzungen gespült und gewalkt werden können²¹⁸, sie somit auf die vorliegende Problematik nicht anwendbar. Für die Probeinfärbung der Anschäumung wurden Erdpigmente mit der Polyolkomponente angerieben. Der Farbton der Einfärbung muss optimiert werden, die Methode an sich funktioniert gut. (Abb. 94 - 96, 101, im Anhang unter 11.2 Abbildungen, Maßnahmen, Schaum) Bedacht werden muss, dass Metallionen den Zerfall von Polymerstrukturen einleiten können. Sollte diese Methode zur Anwendung kommen, müssen synthetische Pigmente auf Kohlenwasserstoffbasis verwendet werden. Eine weitere Alternative stellen die So-Strong®-Farben dar, die von *KauPo* vertrieben werden. Sie können Polyurethanen beim Vermengen der Komponenten zugefügt werden.

7.1.4 Zusammenfassung

Die Maßnahmenplanung ergab folgende Vorgehensweise. Eine Reinigung des Schaums kann durch Absaugen erfolgen, eine Konsolidierung und Stabilisierung des Schaumgerüsts wird äußerlich erzielt durch die von VAN OOSTEN entwickelte Methode²¹⁹. Dabei sollte als zusätzlicher Schutz vor Aufbringung des Tinuvin/Impranil-Gemisches eine reine 3%ige Tinuvin-Lösung aufgetragen werden. Als eine geeignete Methode zur Ergänzung der Fehlstellen stellte sich eine Kittung aus expandierten Polystyrolkugelchen mit Acryldispersion heraus. Eine zufriedenstellende Retusche konnte hier durch Aufstufen von Pigmenten mit Acryldispersion erreicht werden.

Eine Kontaktaufnahme mit Fachpersonal aus den Laboren der Firma Covestro, ehemals Bayer, die Polyurethan synthetisiert, blieb erfolglos. Es bleibt vorerst ungeklärt, ob sich die theoretischen Überlegungen hinsichtlich der durch Wasserzusatz veränderten Polyurethanschäume auf die Proben beziehen lassen. Da eine Sperrschicht eingebracht wird, kann die Methode der Anschäumung durchaus angewendet werden. Die Schicht dient einerseits der „retreatability“, sie ermöglicht weitere restauratorische Eingriffe, indem sie eine

218 vgl. WINKELMEYER 115ff.

219 vgl. VAN OOSTEN 2011, 87ff.

mechanische Verankerung der Anschäumung in dem Originalschaum verhindert und gewährleistet, dass die Ergänzung entfernt werden kann. Andererseits wirkt sie als Sperre, sollten Stoffe aus der Anschäumung auswandern (Abb. 95). Bei der Einfärbung ist auf die Verwendung von nicht-metallhaltigen Farbstoffen zu achten. Es erscheint sinnvoll, die Anschäumung nachträglich präventiv mit demselben Stabilisierungsrezept zu behandeln, wie weiter oben für den Originalschaum besprochen. Es erscheint sinnvoll, die Anschäumung nachträglich präventiv mit demselben Stabilisierungsrezept zu behandeln, wie weiter oben für den Originalschaum besprochen.

Tab.5: Maßnahmenplanung Polyurethanhartschaum

Maßnahme	Restaurierungsmaterial und Werkzeug	Anwendung	Anmerkung
Reinigung	<ul style="list-style-type: none"> • Staubsauger mit regelbaren Saugstufen • Gaze 	Kontrolliertes Absaugen der Stäube, Saugöffnung zur Kontrolle mit Gaze bespannt	Berührung des fragilen Schaums vermeiden
Konsolidierung und chemische Stabilisierung	<ul style="list-style-type: none"> • 3%ige Lösung Tinuvin B75 in Isopropanol • Impranil DLV / Tinuvin B75 - Gemisch nach Rezept • Airbrush 	Aufsprühen der Mittel auf die gesamte Schaumaußenfläche, zunächst die reine Tinuvin-Lösung, nach Trocknung bis zu drei Aufträge des Gemisches	Nicht zu konsolidierende Flächen sind abzudecken
Ergänzung Variante 1	<ul style="list-style-type: none"> • EPS-Mikroperlen • Lascaux 498 HV • Skalpell • Lichtstabile Pigmente 	Auffüllen der Fehlstelle in Schichten mit einem Kitt mit einem Bindemittel-Füllstoff-Verhältnis von 1:10 (W/V) Nach Trocknung und Nachbearbeitung mit einem scharfen Skalpell Pigmente mit etwas Acryldispersion aufstufen	
Ergänzung Variante 2	<ul style="list-style-type: none"> • WSK nach Rezept • Kozo K38, imprägniert • FOAMit10 Slow • synthetische Pigmente / So-Strong® Farbstoffe 	Fehlstelle nach der Konsolidierung, wenn die letzte Airbrushschicht noch feucht ist mit feuchtem, imprägniertem Kozo ausstufen, mindestens zwei Lagen Polyolkomponente mit Pigmenten anreiben oder Farbstoff zugeben, Anschäumung ggf. mit Zusatz eines Wassertropfens	Bei einer Anschäumung mit Anschluss an eine glatte Seite des Schaums kann silikonisierte Hostaphanfolie als "Überlauf-Barriere" verwendet werden

7.2 Folie

Polyvinylchlorid und seine Copolymere sind insofern problematisch, da sie sich elektrostatisch aufladen und Stäube anziehen. Zudem können Abbauprodukte des Kunststoffes möglicherweise klebrige Schichten auf der Oberfläche ausbilden, diese würden infolge ihres Gehaltes an abgespaltener Salz- und Essigsäure eine Gefahr für umliegende Materialien darstellen.²²⁰ Hinzu kommt eine ölige, aus dem Kitt ausgesonderte Substanz, die Stäube und gröbere Partikel an die Folie bindet.

Ziel der Maßnahmen ist eine chemische und physikalische Stärkung der Folie, die überwiegend durch eine Reinigung erreicht wird. Die Ergänzung der Fehlstellen in der Folie dient einerseits der Wiederherstellung des Gesamteindrucks, andererseits auch der Stabilisierung der eingedrückten LEDs. Deren Poldrähte könnten durch die gegebene Bewegungsfreiheit durch Biegen oder Brechen Schaden nehmen. Die Ergänzungen sind visuell der Folienoberfläche anzupassen, damit sie nicht, wie vorher die Fehlstellen, das Gesamtbild stören. Dazu sind die Tiefenlichtwirkung, die Glätte, der Glanz und die Farbigkeit zu berücksichtigen.

Nichtlöser des VCVAc-Copolymeren sind Wasser, Aliphaten und Alkohole. Letztere müssen mit Vorsicht angewandt werden, da sie die Druckfarben lösen.

Für den Kitt ist Reinigung vorgesehen, damit der ungepflegte Eindruck des Reliefs zurückgenommen wird. Auch muss eine Barrierschicht eingebracht werden, damit der Kitt keine weiteren Aussonderungen auf die Folie abgeben kann. Nicht oxidiertes Kitt ist löslich in Aliphaten.

7.2.1 Reinigung

Mit der Reinigung wird ein Eingriff in die Substanz vorgenommen.²²¹ Um diesen möglichst gering zu halten, wird eine Probereihe angelegt. Verschiedene, in Publikationen empfohlene Reinigungsmittel und -materialien²²² kommen auf einem Referenzkörper zur Anwendung. Es gilt, ein geeignetes Reinigungssystem für die bedruckte VCVAc-Folie zu ermitteln.

Feuchtreinigung sei auf Kunststoffoberflächen sinnvoll, da die Flüssigkeit als Gleitmittel diene und die Kratzwirkung des Materials stark reduziert werde.²²³ Die ermittelte Glasübergangstemperatur (T_g) der Folie liegt bei etwa 55°C, sodass eine sanfte mechanische Trockenreinigung der Folie im ersten Schritt erfolgen kann.²²⁴

Der akapad® „weiß weich“, ein Schwamm auf Faktisbasis, wird vom Hersteller akachemie im Produktkatalog als besonders geeignet für Kunststoffoberflächen angegeben. Die Funktionsweise besteht darin, dass ein Teil des Oberflächenschmutzes an die Arbeitsfläche des Schwamms gebunden wird. Diese bröseln beim Radierprozess ab und gibt frische Arbeitsfläche frei. Die Krümel müssen durch eine Nachreinigung entfernt

220 vgl. RYCHLÝ RYCHLÁ 2012, 163; vgl. SHASHOUA 2008, 209.

221 vgl. JÄGERS 2006, 13.

222 Die hier erprobten Reinigungsmittel und -materialien wurden ausgewählt in Bezugnahme auf die Ergebnisse des POPART Projekts (2008 - 2012). Im Rahmen des internationalen Forschungsprojekts wurden verschiedene Möglichkeiten der Kunststoffreinigung getestet und hinsichtlich Effizienz und ihrer Einflüsse auf die Oberfläche ausgewertet; vgl. LAVÉDRINE 2012, "Preservation Of Plastik ARtefacts".

223 vgl. SHASHOUA 2012, 222.

224 vgl. SHASHOUA 2012, 221; Es sind Kunststoffoberflächen mit Glasübergangstemperaturen nahe der Raumtemperatur, die besonders anfällig für Zerkratzen sind. Kratzer in der Oberfläche sind nicht nur aus ästhetischen Gründen bezüglich der Veränderung der Lichtreflexion, also des Glanzgrades, sondern auch chemisch gesehen bedenklich. Sie bilden Bereiche höherer Reaktivität als ihre Umgebung und sind somit eher anfällig für oxidative Abbaumechanismen, vgl. Ebenda; vgl. SHASHOUA 2008, 209.

werden, beim Reinigen ist auf geringe Kontaktzeit und Druckausübung zu achten.²²⁵ BROKERHOF et al haben den 2002 noch neuen Schwamm akapad „weiß hart“ auf möglicherweise schädigende Auswirkungen durch auf der Oberfläche verbleibende Restkrümel getestet. Das Ergebnis sprach für eine Anwendung von akapad „weiß hart“, da wenige Krümel zurückblieben und diese sich durch Abfegen nahezu restlos entfernen ließen. Auch hatten die verbleibenden Rückstände vernachlässigbare Auswirkungen auf das umliegende Material.²²⁶ akapad „weiß weich“ ist eine Weiterentwicklung des Produkts, die zusätzlich eine geringe Kratzwirkung erhoffen lässt.

Der oft verwendete Latexschwamm „Rußfresser“ oder Wallmaster® kommt hier nicht zur Anwendung, da dieser vergleichsweise hohe Reibungskräfte erzeugt, da er keine Krümel bildet.²²⁷

Das grüne Mikrofasertuch von Wypall® entspricht dem von MORALES MUÑOZ getesteten *PEL* cleaning cloth mit einer Zusammensetzung aus 70% Polyester und 30% Polyamid. Das Tuch wurde als bestes Trockenreinigungsmittel für Oberflächen von weichgemachtem PVC bewertet.²²⁸ Im Gegensatz zum Radierschwamm nutzt sich die Oberfläche hier nicht ab, es findet keine Selbstreinigung statt. Deshalb muss beim Reinigungsvorgang regelmäßig der reinigende Bereich gewechselt werden, da Schmutzpartikel abrasiv wirken können.

Wie von EIPPER empfohlen²²⁹ wurde der auf Polyvinylalkohol basierte mikroporöse BlitzFix® Schwamm als Medium zur Feuchtreinigung neben Wattestäbchen, Baumwoll- und Mikrofasertuch ebenfalls mit einbezogen. Die Schmutzpartikel werden bei der Reinigung nicht abgerieben, sondern durch Kapillarwirkung aufgesaugt.

Für die Feuchtreinigung wurde reines destilliertes und tensidhaltiges Wasser getestet. Um die elektrostatische Aufladung der Folie zu vermeiden, wurden nichtionische Tenside gewählt.²³⁰ Diese weisen meist sehr ge-ringe kritische Micellbildungskonzentrationen (CMC) auf, dadurch können kleinste Konzentrationen verwendet werden, die entsprechend geringe Restmengen an Tensid auf dem Substrat zurücklassen.²³¹ Die Tenside wirken hier lösungsunterstützend. Marlipal® 1618/25 ist ein nichtionischer Wachsrohstoff auf Fettalkoholbasis²³², es gilt als mildes, gut schmutzdispergierendes Tensid mit stark hydrophilen Eigenschaften. Eine Konzentration von 0,003% gilt als ausreichend für stark verschmutzte Oberflächen.²³³ Vulpex® Liquid Soap ist ebenfalls nichtionisch, allerdings auch in Verdünnung noch stark alkalisch²³⁴. VC-VAc ist alkalienbeständig.²³⁵ Nach ROSS PHENIX sei Vulpex besonders wirksam gegenüber hydrophoben Substanzen²³⁶, weshalb es neben Marlipal gewählt wurde. Auf Grund der öligen Anhaftungen auf der Folienoberfläche ist Lösevermögen gegenüber hydrophoben Substanzen günstig. Der CMC-Wert konnte nicht recherchiert werden, es wurde in einer experimentellen Konzentration von 0,1% angewendet.

225 vgl. EIPPER 2013, 37.

226 vgl. BROKERHOF 2002, 19.

227 vgl. EIPPER 2013, 70.

228 vgl. MORALES MUÑOZ 2010, 3571f.

229 vgl. EIPPER 2013, 43.

230 vgl. WINKELMEYER 2002, 156; vgl. SHASHOUA 2008, 212.

231 vgl. PIETSCH 2005, 135.

232 vgl. Produktdatenblatt *KREMER PIGMENTE*, 78057 Marlipal.

233 CMC von 2,4mg/l; vgl. EIPPER 2013, 51.

234 CMC nicht bekannt; vgl. Produktdatenblatt *KREMER PIGMENTE*, 78052 Vulpex®.

235 vgl. DOMININGHAUS 2011, 305.

236 ROSS PHENIX 2005, 15f.

Auch die ermittelten Nichtlöser kamen zum Einsatz, wobei der Blitz Fix Schwamm nur wässrig verwendet wurde, da dieser sich in Lösemittel auflösen kann.

Die Auswertung der erfolgten Versuche wurde durch visuelle Einschätzung bei mikroskopischer Betrachtung vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 aufgelistet, sie können auf Abbildung 119 zugeordnet werden. Das Reinigungsmaterial wurde immer fünf mal in einer Richtung über die Oberfläche geführt, die Proben mit tensidhaltigem Wasser wurden nachträglich erneut fünf mal in einer Richtung mit destilliertem Wasser gereinigt. Die Bewertungen sind mit beispielhaften mikroskopischen Aufnahmen (Abb. 119 - 124) veranschaulicht.

Tab.6: Probereihe Reinigung

Mittel / Material	Wattestäbchen	Baumwolltuch	Mikrofasertuch WypAll	akapad „weiß weich“	Blitz Fix
Trocken	1A	1B	1C	1D*	
Aq.dest.	2A	2B	2C		2E*
Marlipal 0,003%ig in Aq.dest.	3A	3B	3C		3E*
Vulpex 0,1%ig in Aq.dest.	4A	4B	4C		4E
Ethanol	5A	5B	5C		
SGB 100°-140°	6A	6B	6C		
	X	Y	Z		

* mit Rückständen, müssen nachträglich entfernt werden

X mit öliger Auflagerung - zweimal mit Wattestäbchen und SGB 100-140° abgerollt

Y, Z; jeweils zunächst abgesaugt, mit akapad „weiß weich“ vorgereinigt, mit Kunstfaserpinsel und Staubsauger abgekehrt, mit Marlipal (Y) / Vulpex (X) und Mikrofasertuch gereinigt, mit destilliertem Wasser und Mikrofasertuch nachgereinigt

Legende:

Gut	Befriedigend	Ungenügend	Schlecht	Nicht getestet
-----	--------------	------------	----------	----------------

Einzel genommenene Reinigungsmethoden ergaben keine zufriedenstellenden Ergebnisse, es verblieb immer eine Restmenge an Stäuben auf der Oberfläche.

Deshalb wurde auf die Methodik der abgestuften Reinigung zurückgegriffen, die zunächst mechanisch und schließlich chemisch erfolgt. Aus den Ergebnissen der Probereihe wurde folgende Reinigungsstrategie entwickelt. Zunächst können solche Flächen, die von öligen Auflagerungen betroffen sind, mit Wattestäbchen²³⁷ und Siedegrenzbenzin²³⁸ gereinigt werden. Auf Grund der starken Verschmutzung und der Dimension der Oberfläche ist es nicht zweckmäßig, die gesamte Fläche mit Wattestäbchen²³⁹ oder Mikrofasertüchern²⁴⁰ zu reinigen. Mit der ermittelten Tg rechtfertigt sich die Anwendung von akapad „weiß weich“ Schwämmen zur oberflächenwirksamen Trockenreinigung. Der Vorteil liegt darin, dass sich die Schwämme durch Krümelbildung konstant auffrischen und somit größere Flächen bequem bearbeitet werden können. Der Vorgang muss regelmäßig zum Absaugen der Radierkrümel unterbrochen werden. Das Abkehren mit einem Pinsel ist dabei hilfreich, da so auch die feineren, elektrostatisch an die Folie gebundenen Krümel mobilisiert werden können. Anstelle eines Ziegenhaarpinsels, dessen schuppige Haarstruktur die Partikelaufnahme gewährleistet, kann ein Synthetikkaarpinsel der Firma *EBELIN* verwendet werden. Dieser zeigte

²³⁷ Auf Grund der hohen Tg des Kunststoffes ist hier eine vernachlässigbare Kratzwirkung zu erwarten.

²³⁸ Nach der ermittelten Löslichkeit greift Siedegrenzbenzin 100°-140° das VCVAc-Copolymer nicht an.

²³⁹ zu kleinteilig.

²⁴⁰ nicht selbstreinigend.

in einer unveröffentlichten Semesterarbeit an der HTW Berlin eine erheblich bessere Staubaufnahme.²⁴¹ Eine anschließende feuchte Nachreinigung für die Entfernung übriger Stäube und kleinster akapad-Krümel empfiehlt sich. Sie dient auch dazu, die durch die leichte Reibung erzeugte elektrostatische Aufladung der Oberfläche abzuleiten. Das vermeintlich beste Ergebnis wurde durch das nichtionische Tensid Vulpex 0,1%ig in destilliertem Wasser mittels Mikrofasertuch erzielt. Doch bei näherer Betrachtung wirkt die Folienoberfläche zwar gereinigt, doch aufgeraut, fast schon porös. Auch sei Vulpex schwer rückstandsfrei zu entfernen.²⁴² Deshalb wird auf eine mildere Nachreinigung mit Mikrofasertuch und destilliertem Wasser unterstützt durch Marlupal verwiesen, zumal die Trockenreinigung bereits den Großteil an Anhaftungen zu reduzieren vermag. Um die auf dem Substrat zurückbleibende Menge an Tensid zu minimieren, ist eine Endreinigung mit leicht gefeuchtetem Mikrofasertuch nötig.

In der Literatur wird angegeben, dass Siebdruckfarben für PVC-Oberflächen meist ein PVC-basiertes Bindemittel mit entsprechendem Lösemittel beinhalten. Dadurch sei eine echte Verbindung zwischen Druckfarbe und Substrat gegeben.²⁴³ Bei der mikroskopischen Betrachtung des Folienquerschliffs bestätigt sich diese Angabe in der stark aufgerauten, respektive angelösten und wieder getrockneten, Oberfläche. Das bedeutet, dass der chemische Teil der abgestuften Reinigung problemlos auf die bedruckten Bereiche angewendet werden kann. Da die Druckschicht hauchdünn ist, circa 0,2 Mikrometer, darf bei der Reinigung allerdings kein Druck ausgeübt werden, um die Abrasion so gering wie möglich zu halten.

Kritischer sind die nachträglich aufgebrachten Farbmittel zur Aktualisierung der Straßen und Bezirksgrenzen, sowie die fluoreszierende Strich-Punkt-Linie auf der Landesgrenze. Auf eine Trockenreinigung muss verzichtet werden, da hier ein deutlicher Überstand über die Folie vorhanden ist. Durch die mechanische Reibung könnten die Kanten gebrochen oder abgetragen werden. Empfehlenswert ist eine gesonderte gezielte Reinigung mit leicht feuchtem BlitzFix-Schwamm, der eine „besonders schonende Reinigung“²⁴⁴ ermöglicht.

Die umliegenden Bereiche einer Folienbruchstelle werden wegen der Krümelbildung nicht mit akapad „weiß weich“ behandelt. Die Gefahr besteht, dass kontaminierte Krümel unter die Folie in den Schaumkern gelangen. Die beschriebene Feuchtreinigung mit Mikrofasertüchern dürfte hier ausreichen.

Die Segmente sind nach der Reinigung möglichst abgedeckt zu lagern, um die Menge an elektrostatisch angezogenen Stäuben gering zu halten.

241 Frdl. mdl. Mitteilung Bele Jenke; höchstwahrscheinlich handelt es sich bei dem Synthetikhaar um alkalisiertes Biko-Filamentgarn mit abgeschälter Oberfläche, dadurch wird die Faseroberfläche mit Mikrokratern oder Querrissen überzogen, die Feuchteleitfähigkeit und Partikelhaftung verbessern, vgl. LATZKE HESSE 1988, 102.

242 Frdl. schriftl. Mitteilung Katharina Haider, Email vom 12.11.2016.

243 vgl. LEUTERT 1983, 384.

244 EIPPER 2013, 43.

KITT

Der Kitt konnte in seinem Bindemittelbestandteil nicht analysiert werden. Die ölige, auswandernde, sowie der nicht oxidierte, weiche Teil des Kitts lösen sich in Siedegrenzbenzin. Die oxidierte und auch retuschierte Oberfläche kann hinreichend gut mit Siedegrenzbenzin und Wattestäbchen gereinigt werden. Eine noch verbräunte, aber gepflegtere Erscheinung kann hiermit erzielt werden (Abb. 111, 112). Eine Festigung des Kittes ist möglicherweise mit Plexigum PQ 611, 10%ig in Siedegrenzbenzin zu erzielen. Wässrige Medien kommen nicht in Frage, da sie das hydrophobe Substrat nicht benetzen würden. Dass das aliphatische Lösemittel auf dem Kitt zu diffusionsklebenden Eigenschaften führt, kann hier von Vorteil sein. Möglicherweise kann dadurch eine verlässliche Sperre aufgebaut werden, die ein Auswandern von weiteren Substanzen vorbeugt.

7.2.2 Ergänzung

Durch Ergänzung von fehlenden Folienabschnitten wird das Gesamtbild der Reliefkarte geschlossen. Neben der chemischen Stabilität der Ergänzungen ist auch mechanische Beständigkeit erforderlich. Die Kittungen müssen in der Lage sein, leichter mechanischer Beanspruchung standzuhalten, beispielsweise wenn die Kartensegmente transportiert oder in der Ausstellung montiert werden. Ledigliches Auffüllen der Fehlstellen mit Kittmasse würde durch die hohe Schichtdicke zu inneren Spannungen und Brüchen führen. Andererseits ist es wahrscheinlich, dass sich die Kittung im Ganzen lösen würde, was wiederum zu Verlust oder Spaltbildung zwischen Original und Ergänzung führen könnte.

KITTUNG

Japanisches Kozopapier hat sich für die Armierung von Ergänzungsschichten und für spannungsfreie Systeme bewährt.²⁴⁵ Zusätzlich zu den oben genannten Eigenschaften zeichnen sich Kozofasern durch ihre Länge und Festigkeit aus. Über zahlreiche Wasserstoffbrücken lagern sich die Fasern zu einem stabilen Filz zusammen. Wasser fungiert in amorpher interfibrillärer Umgebung innerhalb der Cellulose als Weichmacher. Die amorphen Fasern sind bei Beanspruchung in der Lage nachzugeben ohne zu reißen. Endet die Beanspruchung vor dem Reißen des Filzes, bilden sich neue Wasserstoffbrücken aus und die Fasern halten wieder zusammen.²⁴⁶ Diese Eigenschaft der Fasern, die eine Dehnungsbeanspruchung durch mechanischen Stress aufzunehmen vermögen, wirken sich armierend auf die Ergänzungsmasse aus. Entstehende Spannung kann bis zu einem gewissen Grad überbrückt werden. Wenn Papierschichten ohne vorherige Imprägnierung in Verbindung mit Kunstharzen verwendet werden, verkleben die Fasern und werden mit einem hydrophoben Film ummantelt, der das beschriebene Verhalten stört²⁴⁷, da das Wasser als weichmachende Komponente aus dem System ausgeschlossen wird. Werden die Papiere vor der Weiterverarbeitung mit wasserquellbarem Stärkekleister imprägniert, können sich die Fasern in dem umgebenden Kunstharz weiterhin „frei“ bewegen und somit die Ergänzung spannungsausgleichend stabilisieren.

245 vgl. KELLER 2016, 635; vgl. MINTROP 1997, 29.

246 vgl. BANIK BRÜCKLE 2011, 99.

247 Frdl. mdl. Mitteilung Tine Lippert, Versuche im Rahmen einer unveröffentlichten Semesterarbeit an der HTW Berlin.

Auf dieser Grundlage wurde die folgende Ergänzungsmethodik entwickelt, welche auf einer armierten Ergänzung mit einer glättbaren Deckschicht und Retusche beruht (Abb. 90 - 93). Zunächst wird, falls notwendig, die Fehlstelle bis auf das Niveau der Unterseite der Folie mit dem weiter oben beschriebenen Kitt aus EPS-Mikroperlen und Acryldispersion gefüllt. Eine Anschäumung ist in kleineren Fehlstellen ist zu kompliziert, bei größeren Fehlstellen böte sie sich an. Die Oberfläche wird mit einem Skalpell nachgearbeitet. Darauf folgt als unterste Schicht der Folienergänzung eine mit Weizenstärkekleister²⁴⁸ imprägnierte Intarsie aus Kozopapier mittleren Gewichts²⁴⁹. Die langen Faserhärchen am Rand werden mit einer 1:1 Mischung aus Weizenstärkekleister und Acryldispersion 498 HV von *LASCAUX* auf die Unterseite der Folie geklebt. Der große Anteil an Acryldispersion ergibt sich aus der besseren Haftung am Substrat. Die imprägnierten Fasern wirken einem Adhäsionsbruch zwischen Ergänzung und Original durch Spannungsausgleich entgegen. Nach der Trocknung werden gefüllte Kozointarsien zum Schichtaufbau eingebracht. Die Füllung dient einerseits dem Erreichen der Schichtdicke, andererseits tilgt sie die Papierstruktur.²⁵⁰ Eine Probe ergab, dass geschichtete, gefüllte Kozodummies mit ausschließlich Acryldispersion als Bindemittel sich plastisch verhalten. Die Verwendung von Weizenstärkekleister mit einer Zugabe von etwa zehn Prozent Acryldispersion führt zu steifelastischem Verhalten, das dem der Folie ähnelt und deshalb besser geeignet ist. Die Acryldispersion fördert hier Elastizität und Klebkraft auf der VCVAc-Folie, die Weizenstärke fördert Steifigkeit und Reversibilität durch Wasserquellbarkeit. Im restfeuchten Zustand kann die Oberfläche bei Verwendung von Füllstoff mit Plättchenstruktur vorgeglättet werden.²⁵¹ Die verwendeten Füllstoffe lehnen sich an die Auswahl für die Deckschicht an.

Durch die Papierergänzung, welche bis kurz unter Niveau geschichtet wird, sind Armierung und spannungsausgleichende Eigenschaften gegeben. Um die Ergänzung visuell in Farbigkeit, Tiefenlichtwirkung und von der Oberflächenstruktur an die Folie anpassen zu können, muss eine hauchdünne Deckschicht aufgebracht werden, die auf der Ergänzung haftet, und auf der mit Acrylfarben retuschiert werden kann. Zur Anpassung an die Folie ist eine Glättbarkeit der Deckschicht erforderlich, die sich am besten durch Schneiden, Schleifen und Polieren erzielen lässt und somit eine gewisse Härte des Bindemittels voraussetzt.

Erwogen, als Aufstriche erprobt und verworfen wurden das Isobutylmethacrylat Paraloid B67 (Tg 50°C)²⁵², die Kohlenwasserstoffharze Regalrez® 1126 (Tg 67°C)²⁵³ und MS2A (Tg 57°C)²⁵⁴, das Polyvinylacetat Mowilith® 60 (Tg ~ 40°C)²⁵⁵, sowie der natürliche, proteinbasierte Hasenhautleim als „klassischer“ Leim-Kreide-Grund²⁵⁶. Als geeignetes Mittel erwies sich das Isobutylmethacrylat Plexigum PQ 611 (Tg 32°C) 35%ig in Siedegrenzbenzin 100-140°C. Es ist weicher als Paraloid B67, die Neigung zur Photooxidation kann gegebenenfalls durch einen Zusatz an Lichtstabilisatoren gehemmt werden, wie von Diplom-Chemiker

248 verwendet wurde Weizenstärkekleister, da dieser einen hohen Amyloseanteil und somit hohe Klebkraft aufweist, die lineare Struktur der Amylose führt zur Ausbildung besonders stabiler Filme, vgl. HORIE 2010, 223.

249 Verwendet wurde Kozo K38 mit einem Gewicht von 17g/m².

250 vgl. KELLER 2016, 635.

251 vgl. MINTROP 1997, 29.

252 35%ig in SGB 100°-140°C; zu hart, zu unbeständig, vgl. HORIE 2010, 164.

253 35%ig in SGB 100°-140°C; vollhydriertes Kohlenwasserstoffharz, wachstartig, schlechte Haftung auf der Ergänzung.

254 Polycyclohexanol, wachstartig, schlechte Haftung auf der Ergänzung.

255 35%ig in Ethanol mit 5% Wasserzusatz; schlecht nachzuarbeiten, zudem stellt das Lösemittel eine Gefahr für die Druckfarben dar

256 2%ig in Wasser; angelehnt an das Rezept für einen Kreidegrund bei DOERNER 1994, 143; haftet gut, lässt sich gut nacharbeiten, eine Retusche mit wässrig dispergierter Acrylfarbe setzt allerdings eine Sperrschicht voraus. Diese zusätzliche Anforderung verkompliziert das schon komplexe System, zusätzlich ist der Leimkitt extrem spröde, sodass mechanische Beanspruchung sicherlich zum Versagen der Deckschicht führt.

Georg Kremer empfohlen.²⁵⁷ Es verfügt über ausreichende Härte zum Schleifen und Glätten, gleichzeitig ist etwas Flexibilität gegeben.

Die Füllstoffe wurden empirisch durch Probekittungen ermittelt. Getestet wurden einzeln oder als Gemische weißer Kaolin²⁵⁸, feinstes Titandioxidpigment²⁵⁹, feinstes Talkum²⁶⁰ und natürliche Champagnerkreide²⁶¹. Die VCVAc-Folie besitzt ein gewisses Tiefenlicht²⁶², ihr Weißgrad tendiert besonders in photooxidierten Bereichen ins gräulichgelbliche. Titandioxid und weißer Bolus führen einzeln sowie in Kombination auch mit den anderen Füllstoffen zu optisch dichten Eindrücken. Die Probeergänzungen hoben sich deutlich vom Original ab, obwohl der Farbton über Retusche angepasst wurde. Talkum und Kreide führten dagegen in Kombination zu einem guten Ergebnis. Talkum schafft ein gut polier- und schleifbares System, das die Deckschicht durch seine Plättchenstruktur armiert. Die Verwendung von feinstem Talkum wirkt Adhäsionsbrüchen entgegen, denn durch "Erhöhung der Anzahl von Berührungsstellen des mit Bindemittel umhüllten Füllstoffs wird die Anbindung zum Substrat verstärkt"²⁶³. Da Talkum durch seine sehr glatte Fläche hydrophob wirkt und sich schlecht benetzen lässt²⁶⁴, wird Kreide mit kubischer bis amorpher Struktur zugesetzt, um das Füllstoffgefüge aufzulockern und eine zu dichte Packung zu vermeiden. Sie wirkt außerdem aufhellend. Beide Füllstoffe sind optisch weniger dicht. Ein Kitt aus zwei Raumteilen Talkum, einem Raumteil Champagnerkreide angerieben in Siedegrenzbenzin 100°-140°C, vermengt mit einem Raumteil 35%igem Plexigum PQ 611 ergab eine vielversprechende Deckschicht. Durch unterschiedliche Anteile an Talkum und Kreide ergibt sich ein Spielraum von Weißgraden. Die Farbigkeit der oxidierten Folie kann damit ohne Pigmentzusatz so angepasst werden, dass die Ergänzung nur leicht einretuschiert werden muss.

Der Deckschichtkitt kann so verdünnt angerieben werden, dass beim Auftrag mittels Pinsel eine glatte Oberfläche entsteht. Nach der Trocknung kann gegebenenfalls noch ein zweiter dünner Auftrag bis leicht über Niveau erfolgen. Die trockene Deckschicht lässt sich daraufhin mit einem Skalpell und Schleifpapier in den Körnungen 500 bis 6000 an die Folie anpassen.

RETUSCHE

Eine lasierende Retusche mit stark verdünnten PRIMAcryl-Farben kann den Weißgrad der Ergänzung gegebenenfalls imitieren. Dadurch wird auch ein der Folienoberfläche ähnlicher, seidenmatter Glanz erzeugt. Fehlender, rekonstruierbarer Druck lässt sich mit Hilfe von Klebeband und leicht verdünnten PRIMAcryl-Farben ergänzen. Als Klebeband eignet sich Scotch® Magic Tape, das durch seine Transluzenz die zu bear-

257 Frdl. mdl. Mitteilung Hannah Buchholz, sie führte diesbezüglich ein Gespräch mit Herrn Kremer am 22.12.2016; außerdem wurde die positive Wirkung von ausgewählten Lichtstabilisatoren auf bestimmte Bindemittel im Rahmen einer Diplomarbeit von Heidi Mattern erforscht und unter Vorbehalt bestätigt, vgl. MATTERN 2004, 97.

258 Kristallwasserhaltiges Aluminiumsilikat $Al_2[Si_4O_{10}(OH)_2]$; Schichtsilikat mit Plättchenstruktur, die armierend wirkt; feinkörnig; hydrophil; erhöhtes Deckvermögen; vgl. KITTEL 2003, 377f.; vgl. MINTROP 1997, 28f.

259 Titandioxid in der tetragonalen Rutilmodifikation TiO_2 ; optisch dicht, hohes Deckvermögen; vgl. KITTEL 2003, 24ff.

260 Magnesiumsilikat-Hydrat $Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2]$; Schichtsilikat mit Plättchenstruktur, die armierend wirkt; verfügt über natürliche Weichheit durch leichte Parallelverschiebbarkeit der Schichtpakete, welche hochgefüllte, gut schleifbare Systeme ermöglicht; optisch wenig dicht, da die Brechzahl den meisten Bindemitteln ähnlich ist, Teilchen sind transparent; gute Benetzbarkeit in unpolaren, organischen Medien; vgl. KITTEL 2003, 371f.; vgl. MINTROP 1997, 28f.

261 Calciumcarbonat $CaCO_3$; mikrokristalline Calcitkristalle; Durchmesser bis zu $1\mu m$; hoher Weißgrad, Aufhellung; vgl. KITTEL 2003, 431, 442.

262 eventuell lässt sich dies aus dem Schlibbild (Abb. 127, 128) ableiten, man kann die transparente Kunststoffmatrix deutlich zwischen den Füllstoffteilchen erkennen.

263 MINTROP 1997, 32.

264 MINTROP 1997, 38.

beitende Fläche visuell nicht beeinträchtigt und sich durch flaches Abziehen problemlos wieder entfernen lässt. Die durch Kantenflucht an die Klebebandränder entstandenen, fühlbaren Unebenheiten können mit einem feinkörnigen Schleifpapier abgenommen werden.

7.2.3 Zusammenfassung

Aus der Maßnahmenplanung konnte die folgende Behandlungsstrategie entwickelt werden. Die abgestufte Reinigung der Folie führte zu einem schonenden, guten Ergebnis, wobei anhaftender Kitt und nachträglich eingezeichnete Karteninhalte mit einem mikroporösen Schwamm gesondert behandelt wurden. Als eine geeignete Methode zur Ergänzung der Fehlstellen stellte sich eine spannungsausgleichende Kittung aus mehrlagigem, imprägniertem und gefülltem Kozopapier heraus, die mit einer Deckschicht aus Plexigum PQ 611 mit Füllstoffen und gegebenenfalls mit Zusatz von Lichtstabilisatoren versehen wird. Die Deckschicht dient der visuellen Anpassung an die Folie. Eine nachträgliche Retusche mit PRIMAcryl-Farben passt Farbigkeit und Glanz der Ergänzung zusätzlich an (Abb. 90 - 93).

Tab.7: Maßnahmenplanung_Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer-Hartfolie

Maßnahme	Restaurierungsmaterial und Werkzeug	Anwendung	Anmerkung
Reinigung	<ul style="list-style-type: none"> • Wattestäbchen • SGB 100°-140°C • akapad „weiß weich“ • Staubsauger • Gaze • Puderpinsel • Mikrofasertuch Wypall • Marlipal 0,003%ig in destilliertem Wasser • destilliertes Wasser • Blitzfix 	<p>Abrollen der öligen Oberflächenverschmutzungen mit Wattestäbchen und SGB 100°-140°C</p> <p>Leichtes Abreiben der Folie mit akapad, regelmäßiges Absaugen der Krümel mit Hilfe eines Puderpinsels</p> <p>Nachreinigung mit Mikrofasertuch leicht mit Marlipallösung gefeuchtet</p> <p>Nachreinigung mit Mikrofasertuch und destilliertem Wasser</p> <p>Separate Reinigung der kritischen Flächen mit leicht gefeuchtetem BlitzFix</p>	<p>Vermeiden, dass akapad-Krümel Fehlstellen kontaminieren</p> <p>Wenig bis möglichst keinen Druck ausüben</p>
Ergänzung	<ul style="list-style-type: none"> • WSK nach Rezept • Kozo K38, imprägniert • Lascaux 498 HV • Plexigum PQ 611, 35%ig in SGB 100°-140°C • SGB 100°-140°C • Talkum, feinst • Champagner Kreide • Skalpell • Schleifpapier, Körnungen 500 bis 6000 	<p>Imprägnierte Kozointarsie mit WSK/Lascaux 498 HV 1:1 (V/V) an den Härchen auf die Unterseite der Folie kleben</p> <p>Ergänzung mit gefülltem (Füllstoff: Talkum/Champagner Kreide 1:1 (V/V), Bindemittel: WSK/498HV 9:1 (V/V)) Kozopapier auffüllen</p> <p>Deckschicht aus in SGB angeriebenem Füllstoff (Talkum/Champagner Kreide, Verhältnis je nach gewünschter Farbigkeit) mit 35%igem Plexigum, Verhältnis 3:1 (V/V) aufbringen</p> <p>Nacharbeiten mit Skalpell und Schleifpapier</p>	
Retusche	<ul style="list-style-type: none"> • PRIMAcryl-Farben • Scotch Magic Tape • Schleifpapier, Körnung 6000 	<p>Lasierender Auftrag zur Anpassung des Weißgrades der Ergänzung</p> <p>Ableben des rekonstruierbaren Drucks, stufende Retusche</p>	

7.3 Textilklebestreifen

Der Klebstoff auf den Viskosegewebetragern ist stark abgebaut. Die Haftung ist überwiegend nicht mehr gegeben, die Streifen sind noch flexibel aber spürbar verhärtet und durch das oxidierte Bindemittel vergilbt (Abb. 63, 102). Dieser Zustand ist typisch für gealterte Selbstklebestreifen.²⁶⁵ Mikroskopisch betrachtet ist die Gewebestruktur nur zu erahnen, da das Bindemittel die Zwischenräume verkleistert (Abb. 103). Der oxidierte Klebstoff stellt eine Gefahr für die regenerierte Cellulose dar, mit der Zeit wird er den Abbau der Fasern begünstigen.²⁶⁶ Es ist deshalb ratsam, die Gewebestreifen zu entfernen - durch diese Maßnahme kann auch die Kabelführung besser nachvollzogen werden (Abb. 87, 88) -, zu reinigen und ihnen neue Haftung zu vermitteln.

Zunächst wurde ein Anquellen des Klebstoffs mittels hartem Lösemittelgel erwogen, das in Streifen geschnitten kantengenau hätte appliziert werden können, um die Abnahme zu unterstützen. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Klebestreifen sich rein mechanisch gut ablösen ließen. Sie wurden in ihrer Ausrichtung dokumentiert, anhaftende Schaumkrümel wurden abgekehrt und schließlich temporär verpackt (Abb. 109, 110).

Zur Reinigung wurde der Hinweis gegeben, auf die Klebefläche des Gewebes mit Ethylacetat getränktes Kompressenmaterial zu geben und dieses möglichst lange einwirken zu lassen, da der Klebstoff so aus dem Gewebe herausgesogen würde.²⁶⁷ Diese Technik bestätigt sich bei SMITH.²⁶⁸

Vor Anwendung dieses Ratschlages wurde eine Faserprobe mehrere Tage in Ethylacetat eingelegt und wiederholt mikroskopisch beobachtet. Es konnte weder eine Quellung der Faser noch eine Veränderung in der Färbung beobachtet werden. Anhaftender Klebstoff erweichte, schien aber nicht in Lösung zu gehen. Die daraufhin erfolgte Probereinigung an einem kurzen Klebestreifen ist nachfolgend beschrieben (Abb. 102 - 108). Dieser wurde zunächst von beiden Seiten mechanisch mit einem Synthetikaarpinsel²⁶⁹ vorgeeignet und anschließend mit der Klebefläche nach oben auf einer Glasplatte ausgerichtet. Diese gasundurchlässige Unterlage bewirkt, dass die Verdampfung des Lösemittels nach oben gerichtet erfolgt.²⁷⁰ Auf einer Zwischenschicht aus Gampipapier wurde Kaolin²⁷¹ gleichmäßig aufgehäuft, der verdichtet und mit Ethylacetat beträufelt das Kompressenmaterial bildete. Um die Sogwirkung zu verstärken und um Schwemmränder zu vermeiden, wurde weitere trockene Tonerde um die Komresse herum und oben auf gegeben.²⁷² Der Aufbau, mit einer Petrischale abgedeckt, wirkte über Nacht.

Das Ergebnis (Abb. 106 - 108) gibt Anlass zur Diskussion. Einerseits ist direkt und besonders mikroskopisch erkennbar, dass der Klebstoff erfolgreich vom Substrat gelöst werden konnte. Das Gewebe ist flexibel, Schuss- und Kettfäden sind unter mikroskopischer Betrachtung „freigelegt“. Stellenweise sitzt, nicht mehr in den Gewebezwischenräumen, sondern oben auf, eine helle Substanz. Bei dieser könnte es sich um Reste des gereinigten Klebstoffs handeln. Durch weitere Kompresseneinwirkung lässt sich dieser nicht

265 SMITH 1984, 102.

266 Frdl. mdl. Mitteilung Ruth Keller, 25.11.2016.

267 Ethylacetat als Lösemittel sei besonders effektiv, frdl. mdl. Mitteilung Ruth Keller, 25.11.2016.

268 SMITH 1984, 105.

269 Professional Schminkpinsel von *EBELIN*, besonders gute Staubaufnahme.

270 vgl. SMITH 1984, 105.

271 Die Tonerde bildet durch ihre Plättchenstruktur eine große innere Oberfläche, die bei Verdunstung von Lösemittel eine starke Sogwirkung nach oben aufbauen und somit eine Reinigungswirkung auf dem unterliegenden Substrat erzielen kann; vgl. HALLER 1994, 16.

272 vgl. SMITH 1984, 105.

abnehmen, eine mechanische Abnahme der Substanz ist zu aufwendig und zieht das Gewebe in Mitleidenschaft. Da der Klebstoff durch sein Alter chemisch wahrscheinlich abgereagert und nun zusätzlich gereinigt ist, wird auf eine materialgefährdende Abnahme verzichtet.

Mit der Abnahme des offenbar stark verbräunten Bindemittels hat sich die Farbigkeit des Gewebes verändert. Diese hat sich von rotbräunlichem gelb zu leuchtendem gelb gewandelt. Der ästhetische und der ethische Anspruch der Restaurierung stehen hier dem konservatorischen Ansatz des Materialerhalts gegenüber. Es ist offensichtlich, dass durch Anwendung der Kompresse der Zustand des Gewebes deutlich verbessert werden konnte. Da es Teil eines funktionellen Objekts ist und zudem auf der nicht sichtbaren Unterseite verortet ist, kann die veränderte Farbigkeit in Kauf genommen werden,²⁷³ obwohl diese klar dem ästhetischen Empfinden widerspricht. Die Funktion der Schließung der Kabelkanäle ist wiederherzustellen und dauerhaft zu gestalten. Bei Verbleib des Klebstoffs im Gewebe kann dies nicht erreicht werden. Deshalb wird der Schutz vor Abbauerscheinungen als wichtigster Aspekt gewertet.

Die Segmentmarkierung, die mittels Permanentfilzstift verzeichnet wurde, verläuft über einige der Textilklebestreifen (Abb. 63). Die Tinte löst sich bei Einwirkung von Ethylacetat. Deshalb sind die Markierungen vor der Aufbringung von Kompressen abzusperren. Als zuverlässiges temporäres Absperrmittel hat sich Cyclododecan bewährt.²⁷⁴ Als Schmelze aufgebracht und nachträglich mit einem Heizspatel verdichtet, kann eine gleichmäßige geschlossene Schicht erzielt werden. Durch das Nacharbeiten wird die Eindringtiefe des flüchtigen Bindemittels erhöht.²⁷⁵ Sinnvoll wäre eine Ummantelung der mit Tinte behafteten Fasern, jedoch keine Durchtränkung auf die Geweberückseite. Das Verfahren muss empirisch getestet werden. Zur Haftvermittlung bietet sich prinzipiell eine Doublierung mit etwas dickerem Kozopapier²⁷⁶ und zwei Klebesystemen an. Die eine Seite des Papiers haftet durch Bindemittel A als Unterstützung an dem Gewebestreifen, die andere Seite wird über Bindemittel B an den Hartschaum gebunden. Dadurch ist das Gewebe geschützt, wenn zur erneuten Abnahme B gelöst, beziehungsweise angequollen wird, ohne A zu beeinflussen. Eine weitere Option wäre eine thermoplastische Haftvermittlung durch Aufbügeln der Klebestreifen mittels schmalen Streifen aus zuvor ausgestrichener und getrockneter dünner Acryldispersionsfolie. Durch eine verhältnismäßig kurze Wärmeeinwirkung kann der Klebstoff zwar aktiviert, die Eindringtiefe in das Gewebe aber gering gehalten werden, sodass eine Wiederabnahme positiv unterstützt wird.

273 „[die Materie, aus der das Kunstwerk besteht] ist nur dort unersetzlich, wo sie unmittelbar zur Darstellung des Bildes, also zum Aussehen des Kunstwerkes, beiträgt. [...] Dabei lässt sich, im Einklang mit der historischen Instanz, die größtmögliche Handlungsfreiheit [...] ableiten.“, vgl. BRANDI 2006, 57.

274 vgl. GELLER HIBY 2000, 17; KRÄINER 2008.

275 vgl. GELLER HIBY 2000, 25.

276 Typ K36, 25g/m².

7.3.1 Zusammenfassung

Tab.8: Maßnahmenplanung Textilklebebänder

Maßnahme	Restaurierungsmaterial und Werkzeug	Anwendung	Anmerkung
Abnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Spatel 	mechanische Abnahme	
Reinigung	<ul style="list-style-type: none"> • Puderpinsel • Glasplatte • Petrischale • Gampipapier • Kaolin • Ethylacetat • Cyclododecan • Heizspatel 	<p>Vorreinigung mit Puderpinsel Ausrichten auf Glasunterlage, Klebeschicht muss nach oben zeigen, Auflage Gampipapier, Aufbringen Kaolin, Aufträufeln Lösemittel, Aufbringen von weiterem trockenen Kaolin Abdecken mit Petrischale oder ähnlichem über Nacht Bei Klebestreifen mit Beschriftung wird die Tinte mit geschmolzenem Cyclododecan und Heizspatel abgesperrt, bevor die Kompresse aufgebracht wird</p>	Variante der Abspernung ist noch empirisch zu testen
Haftvermittlung	<ul style="list-style-type: none"> • Kozo K36 • Bindemittel A • Bindemittel B 	Aufbringen des Kozo mit Bindemittel A auf die Unterseite des Textilklebestreifens, Haftvermittlung zum Schaum mit Bindemittel B	

8. Lagerung

Neben den aufgeführten invasiven Maßnahmen, die das Objekt chemisch und physikalisch stabilisieren und stärken, sind präventive Maßnahmen zur Erhaltung des Reliefs zu ergreifen. Die aktuelle Lagerungssituation muss verbessert werden, da der momentane Ist-Zustand den Abbau des Kunststoffkomposits maßgeblich vorantreibt (Abb. 8, 23).

In einem zweijährigen Projekt, in dem verschiedene Kunststoffe unter unterschiedlichen, natürlichen Alterungsbedingungen observiert wurden, konnte die generelle Erkenntnis gewonnen werden, dass Licht, Ozon und stickstoffhaltige Gase hinsichtlich der Verbräunung von Kunststoffen den stärksten Einfluss nehmen.²⁷⁷ VAN OOSTEN²⁷⁸ und WAENTIG²⁷⁹ führen beide als Mindestanforderung an die Lagerung geringe Lichteinwirkung und Schutz vor Stäuben an. Das Verpacken oder Abdecken der Objekte sowie die regelmäßige Reinigung des Fußbodens helfen Staubauflagerungen vorzubeugen. Zudem sind auch größere Objekte nie direkt auf dem Boden, sondern immer erhöht auf Paletten, palettenähnlichen Konstruktionen oder bestenfalls in einem Metallregal mit inerter Beschichtung zu lagern. Die Handhabe ist einzugrenzen, indem unnötiger Transport vermieden wird und Kurzinformationen zum Objekt gut sichtbar angebracht werden. Bei Handhabe sind immer Handschuhe zu tragen.²⁸⁰

In der Literatur wird oftmals eine sauerstofffreie Lagerung vorgeschlagen, um oxidative Alterung einzugrenzen.²⁸¹ Polyvinylchlorid und Polyurethan sind beides Polymerstrukturen, die unter Abbaureaktionen reaktive Schadstoffe abgeben, VCVAc kann flüchtige Salz- und Essigsäure abspalten, Polyurethan neigt dazu stickstoffhaltige Schadstoffe abzugeben.²⁸² Diese führen in Mikroklimata unter Sauerstoffabschluss zur Auskristallisation²⁸³, zudem können sie schädigend auf andere im Mikroklima enthaltene Materialien wirken. An dieser Stelle sind besonders die am Relief vorhandenen Metallkomponenten von korrosivem Angriff saurer Schadstoffe bedroht, wobei die Korrosionsprodukte der Metalle ihrerseits die Polymere schädigen können.²⁸⁴ Stickstoffhaltige Schadstoffe können den Abbau von PVC einleiten und Verbräunung beschleunigen.²⁸⁵ Die Hydrolyse von Polyurethanether wird hingegen sauer katalysiert.²⁸⁶ Die Materialkombination stellt somit eine für Komposite typische Problematik dar, dass die schadennehmenden Materialien nicht getrennt gelagert werden können. Von einer Lagerung unter Sauerstoffabschluss ist also abzuraten, vielmehr ist eine Belüftung oder zumindest Atmungsaktivität des Verpackungs- oder Abdeckungsmaterials angebracht, damit Schadstoffe sich verflüchtigen können.²⁸⁷ Adsorbentien können ebenfalls zum Einsatz kommen, um die flüchtigen Schadstoffe zu binden oder in der Luft zu verdünnen und damit Abbauerschei-

277 vgl. PAST 2013, 155.

278 vgl. VAN OOSTEN 2011, 106.

279 vgl. WAENTIG 2004, 169.

280 vgl. WAENTIG 2004, 168.

281 vgl. WINKELMEYER 2000, 123ff.; vgl. WAENTIG 2004, 305; vgl. BÜTZER 2001, 172; vgl. SHASHOUA 2008, 230.

282 vgl. RYCHLÝ RYCHLÁ 2012, 160; vgl. WAENTIG 2004, 170.

283 vgl. VAN OOSTEN 2002, 51f.; vgl. WAENTIG 2004, 172.

284 vgl. WAENTIG 2004, 252.

285 vgl. PASTORELLI STRLIC 2013, 155.

286 vgl. MENGES 2011, 426.

287 vgl. KERR BATCHELLER 1993, 203.

nungen zu verlangsamen.²⁸⁸ Als Schadstoffadsorber kommen neben Aktivkohle die, wie SHASHOUA bemerkt, weitaus effizienteren Zeolithen²⁸⁹ des Typs 4A in Betracht.

Für den Polyurethanschaum wird absolute Dunkelheit als optimal angegeben.²⁹⁰ Tiefe Temperaturen werden für einzelne Kunststoffe empfohlen²⁹¹, doch können sie sich auf Kunststoffkompositen wieder nachteilig auswirken, da auch Kunststoffe sich bei Temperaturveränderungen zusammenziehen. Die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der in direktem Kontakt stehenden Materialien können zu Spannungen im Objekt führen.²⁹² Deshalb sind als Kompromiss depotübliche Parameter von etwa 18°C bei einer relativen Luftfeuchte von 50% einzuhalten, Schwankungen der Klimaparameter sind zu vermeiden.²⁹³

Es folgt ein Vorschlag zur Aufbewahrung der Reliefplatten (Abb. 16). Auf Grund der Menge der Einzelsegmente ist ein Umzug in einen entsprechend großen, fensterlosen oder abgedunkelten und klimatisierten Raum unwahrscheinlich, obwohl dies die beste und wichtigste Maßnahme darstellen würde. Der Vorschlag wird auf den aktuellen Standort bezogen. Am Ende stehen Maßnahmen, die übergangsweise, aber sofort ausgeführt werden sollten, wenn die beschriebene Einlagerung zu diesem Zeitpunkt nicht eingeleitet werden kann.

An erster Stelle steht die Anschaffung von inert beschichteten Metallregalen mit einer Tiefe von 80 Zentimetern, die auf der Empore aufgebaut werden können. Die Reliefplatten dürfen nicht länger provisorisch mit direktem Kontakt zum Boden gelagert werden. Es empfiehlt sich die Platten zu sortieren, und geordnet in die Regale einzustellen. Vorher sind die Segmente zumindest grob mit einem Puderpinsel oder einer Ziegenhaarbürste zu entstauben. Um weiteren Staubeintrag zu vermeiden, müssen sie verpackt werden. Dabei ist auf eine atmungsaktive Verpackung zu achten, die kein Mikroklima schafft. Es ist unwahrscheinlich, dass für jedes Segment ein eigener Karton gebaut wird. Deshalb wird hier Tyvek® empfohlen, ein Polyethylenvlies, das "atmungsaktiv, waschbar ist und nicht mit den Materialien der Objekte reagiert. Es ist leicht, zieht keinen Staub an und kann mit Taschen für Dokumente oder Fenstern zur Beobachtung versehen werden"²⁹⁴. Die Segmente sind so in das Vlies einzuschlagen, dass sie einfach entnommen werden können. Schadstoffabsorber in Form von Zeolithen könnten getrennt von den Segmenten innerhalb des Vliesumschlages, beispielsweise in Beuteln aus Tyvek, eingebracht werden.²⁹⁵ Auf die Kabelstränge ist gesondert zu achten, da diese bei der Handhabung leicht übersehen werden. Gut wäre, diese sichtbar neben der aufrecht einsortierten Platte in einen Haken einzuhängen. So wird gewährleistet, dass nichts auf ihnen abgestellt wird oder sie sich an versteckter Stelle verhaken. Die aufrecht in Vlies eingeschlagenen Segmente sollten sich

288 vgl. WAENTIG 2004, 251.

289 kristalline Alumosilikate, besitzen eine Oberfläche von mehreren hundert Quadratmetern pro Gramm, sie binden Schadstoffe im Gegensatz zur Aktivkohle kovalent, vgl. SHASHOUA 2008, 196; vgl. RÖMPP 1989, 5119.

290 vgl. WAENTIG 2004, 252, 305.

291 vgl. SHASHOUA 2008, 203.

292 vgl. Ebenda.

293 vgl. WAENTIG 2004, 252, 305.

294 WAENTIG 2004, 174.

295 Die Effizienz der Schadstoffabsorber ist hier in Frage zu stellen, da das Vlies atmungsaktiv ist - allerdings findet besonders bei Anbringung von Vorhängen keine aktive Belüftung statt, sodass damit für die Einbringung von Zeolithen argumentiert werden kann. SHASHOUA mahnt allerdings, dass Schadstoffabsorber auf Grund mangelnder Forschung bislang noch unspezifisch seien und regelmäßig erneuert werden müssten, dies stelle für viele Museen eine Herausforderung dar, vgl. SHASHOUA 2008, 230.

nicht berühren, um Abrieb zu vermeiden. Damit sie aufrecht stehen, könnten sie mit der Rückseite an quer zum Regal eingebrachten, stabilen Wabenkartonstreifen angelehnt werden. Böden von Steckregalen haben meistens eine U-Form, die nach innen zeigend leicht abgeknickt ist. In diese könnten passend ausgeschnittene Wabenkartons eingefädelt werden, die dann mit Klammern an der gewünschte Stelle fixiert werden. Diese Kartonstreifen könnten gleichermaßen als „Abteil“ dienen und mit einem Etikett versehen werden. Dieses Etikett mit Inventarnummer, Rasterzuordnung, gegebenenfalls Abbildung des Kartenausschnitts und kurzer Zustandseinschätzung ist günstigerweise am Kabelstrang des Segments, am zugehörigen Wabenkarton und oberhalb des Segments am Regalboden anzubringen. Weitere ausführliche objektspezifische Dokumente können in einer Tasche am Tyvekumschlag verwahrt werden. Wegen der Menge an Einzelsegmenten ist es sinnvoll, zusätzlich für jeden Regalboden eine Übersicht mit Verortung im Gesamtrelied anzubringen, die zeigt, welche Segmente auf dem Regal gelagert sind.

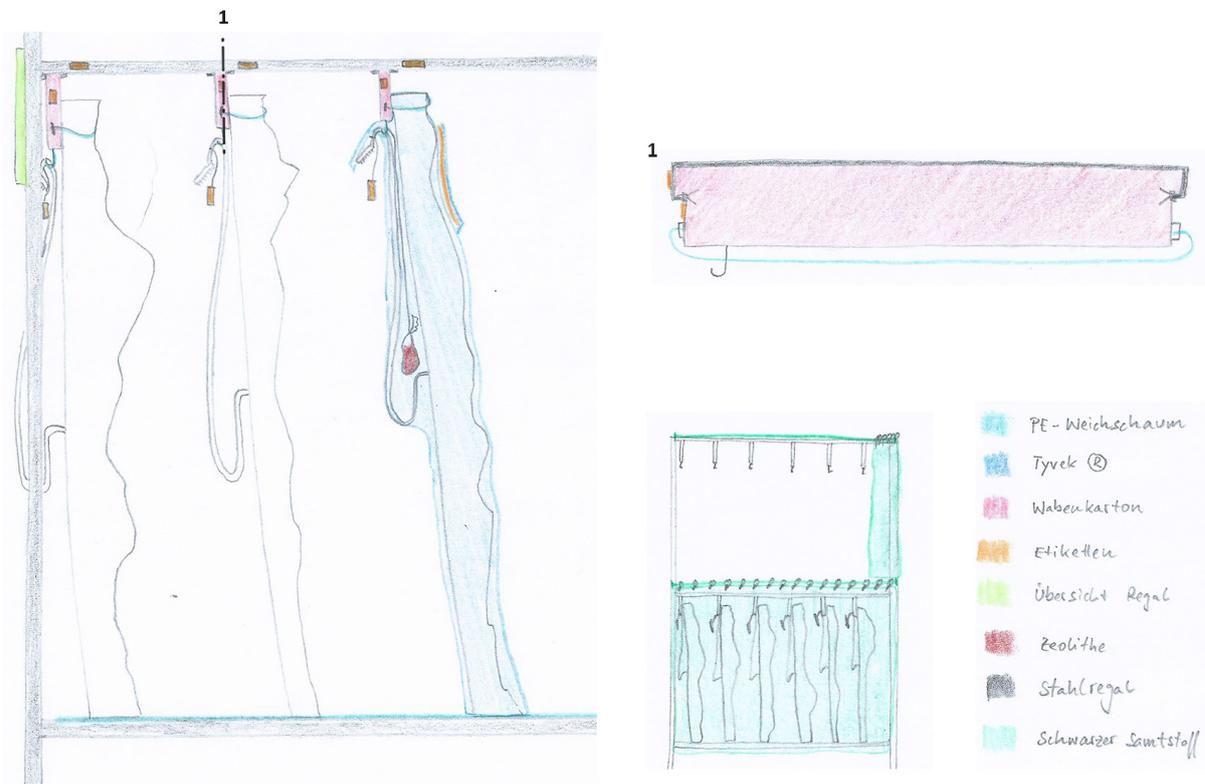


Abb.16: Handskizze des vorgeschlagenen Lagerungssystems; auf der linken Seite eine Darstellung von in ein Stahlregal eingestellten Reliefsegmenten. Diese stehen auf einer PE-Weichschaummatte (türkis) und lehnen rückseitig an den Wabenkarton „abteilen“ (rot), an denen sie lose mit einer Schnur fixiert sind. Nur ein Segment ist mit Tyvek (blau) eingeschlagen dargestellt, um die Abbildung übersichtlicher zu gestalten, natürlich sollten alle Segmente verpackt sein. Ein Beutel mit Zeolithen (dunkelrot) ist freischwiegend innerhalb der Verpackung angedeutet. Die Kabelstränge sind jeweils in einen Haken eingehängt. Etiketten (orange) sind für die einzelnen Segmente sowohl jeweils am Kabelstrang, am Stahlregalboden sowie am Wabenkarton und in der Tyvektasche angedeutet. Eine Übersicht über die auf dem jeweiligen Regalboden lagernden Segmente mit einer Rasterdarstellung des Gesamtrelieds ist an der Regalseite angebracht (grün).

Im Schnitt 1 ist die Wabenkartonkonstruktion dargestellt. Der Regalboden hat im Schnitt eine U-Form mit nochmals nach innen geknickten Kanten. In diese ließe sich ein passend geschnittener Karton einfädeln. An diesem könnte von unten ein Haken für den Kabelstrang angebracht werden. Eine Schnur ließe sich jeweils auf Vorder- und Rückseite in Ösen einhängen, die zur losen Fixierung des anlehenden Segmentes diene. Klammern sind an den umgeknickten Stahlkanten als Positionsfixierung für den Karton angedeutet.

Auf der Miniaturdarstellung des Stahlregals ist die Anbringung von schwarzen Samtvorhängen (grün) für den Lichtausschluss skizziert.

Da die Empore keinen eigenen Raum darstellt, sondern direkt in den Hangar übergeht und über eine Fensterfront verfügt, ist eine Verdunklung des Raumes nicht möglich. Um den idealen Ausschluss von Licht dennoch zu erreichen, könnten die Regale mit schwarzen Samtvorhängen ausgestattet werden. Temperatur und Luftfeuchte können an diesem Lagerort nicht sinnvoll eingestellt werden. Glücklicherweise liegt die Fensterfront in nordöstlicher Ausrichtung, sodass, wenn überhaupt, nur einen kurzen Abschnitt des Tages direkte Sonneneinstrahlung auf den Lagerort trifft.

Das vorgeschlagene Lagerungssystem ist bedacht auf Flexibilität und individuelle Einrichtung für die Segmente, die platzsparend aber mit genügend Sicherheitsabstand gepackt werden können. Die Materialien sind verhältnismäßig kostengünstig und gewähren eine unter den gegebenen Umständen gute Lagerungssituation. Eine regelmäßige Raumpflege durch Fußbodenreinigung empfiehlt sich. Außerdem muss bedacht werden, dass die Beutel mit Zeolithen in regelmäßigen Abständen zu erneuern sind.

Sollte der Vorschlag nicht sofort oder generell nicht umsetzbar sein, müssen dennoch folgende Maßnahmen in jedem Fall ergriffen werden. Die Segmente sind vom Boden abgehoben zu lagern, dabei ist darauf zu achten, dass sie nicht aneinanderlehnen oder gestapelt sind. Bestenfalls stehen sie aufrecht und lehnen rückseitig an einer Stütze an der sie lose fixiert sind. Eine Grundreinigung des Bodens auf der Empore ist ratsam, anschließend sind die entstaubten Platten einzeln abgedeckt und klar gekennzeichnet einzulagern. Lichtausschluss durch eine dichte, dunkle, aber atmungsaktive Abdeckung ist wichtig, besonders solange die Segmente nicht restauriert und chemisch stabilisiert wurden.

Für die Ausstellungssituation ist geringe indirekte Beleuchtung bei maximal 200 lux, ein Staubschutz aber keine luftdichte Lagerung einzuhalten. VAN OOSTEN empfiehlt einen Sensor, der das Licht dann einschaltet, wenn Besucher an das Objekt herantreten.²⁹⁶

296 VAN OOSTEN 2011, 106.

9. Schlussbetrachtung

Das Strausberger Relief ist ein Sachzeugnis des Kalten Krieges. Es besteht die Hoffnung, dass die Darstellung im Kontext seiner Entwicklung, Herstellung und Nutzung Einfluss nimmt auf die Wertschätzung und weitere Aufbewahrung. Durch seine Größe ist es schwer handhabbar, doch gerade durch seine Größe ist es beeindruckend und schlägt eine Brücke in die Zeit unmittelbar bevorstehender kriegerischer Auseinandersetzungen in bislang ungekanntem Ausmaß in Mitteleuropa. Die Sammlung des MHM Flugplatz Berlin-Gatow ist vom Kalten Krieg geprägt. Neben der dargestellten „aktiven Kriegsführung“, die dem Besucher durch Exponate wie Kampfflugzeuge, Bomben und anderem Kriegsgerät der achtziger Jahre näher gebracht wird, könnte das gesamt ausgestellte Relief die bedeutende, abstrahierende Dimension der Kriegsplanung öffnen.²⁹⁷ Sicherlich bliebe dem Besucher das Relief in klarer Erinnerung und könnte einen wichtigen Beitrag zur Ausstellung leisten. Die Ausstellung von bloß 16 Segmenten wird auch durch Schautafeln keinen gerechten Eindruck vermitteln können. Die Räume - Flugzeughangars - sind groß. Die Ausstellung nicht nur eines Ausschnittes, sondern des gesamten Reliefs bietet sich geradezu an, entweder im Fußboden unter Glas, oder an einer der Hallenwände.

Durch Literaturrecherche wurde die restauratorische Maßnahmenplanung erarbeitet und auf die Problemstellungen am Relief angewandt. Zur Reinigung und Konsolidierung von verschiedenen Kunststoffen gibt es bereits einige publizierte wissenschaftliche Forschungsprojekte. Für die strukturellen Ergänzungen an den Einzelsegmenten wurden im Rahmen der Bachelorarbeit Strategien erdacht, die durch logisches Durchdenken angebracht erscheinen. Es gibt zu ihnen allerdings, nach dem Wissensstand der Autorin, keine publizierten Untersuchungen hinsichtlich der Eignung und Alterungsbeständigkeit. Sie wurden auch deshalb so gestaltet, dass sie durch einen leichten Eingriff wieder vom Objekt entfernt werden können. Dazu gehören die Ergänzung der copolymerisierten Vinylchloridfolie mit imprägniertem, gefüllten Kozopapier sowie zwei Varianten zur Ergänzung des Polyurethanhartschaums. Die eine umfasst eine Kittmasse aus expandierten Polystyrolmikroperlen und Acryldispersion, die andere begründet sich in der direkten Anschäumung von modifiziertem Polyurethanhartschaum mit einer wasserquellbaren Sperrschicht.

Die im Rahmen der Maßnahmenplanung entwickelten Restaurierungsstrategien wurden an einem vom MHM bereitgestellten Originalabschnitt der Reliefkarte getestet und nach visueller Einschätzung als zufriedenstellend bewertet.

Zu den verwendeten Materialien und Methoden gibt es bislang wenig Untersuchungen im Kontext der Restaurierung. Es wäre interessant, weiterführende Untersuchungen hinsichtlich des spannungsausgleichenden Verhaltens von mit Stärkekleister imprägnierten Kozoergänzungen durchzuführen. Gleichsam wäre ein Projekt spannend, das sich mit der Variante der Anschäumung an historische Polyurethanschauobjekte näher befasst und hinsichtlich negativer Wechselwirkungen auswertet.

Am Schluss wird nochmals mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass die Lagerungsbedingungen der Reliefsegmente unbedingt verbessert werden müssen, um einen Fortbestand zu sichern.

²⁹⁷ Die Autorin möchte sich an dieser Stelle klar von einer Kriegsbegeisterung distanzieren. Sie fasst die Ausstellung eher als Mahnmal auf, gegenüber der problematischen Abstraktion von Menschenleben und Lebensraum bei der Planung von realen Kriegsszenarien auf entsprechendem Kartenmaterial.

10. Verzeichnisse

10.1 Abkürzungen und physikalische Größen

a.D.	außer Dienst
ATR	attenuated total reflection, dt. abgeschwächte Totalreflexion, Messtechnik der Infrarotspektroskopie
BRD	Bundesrepublik Deutschland
cm	Zentimeter
CMC	Kritische Micellbildungskonzentration
DDR	Deutsche Demokratische Republik
EPS	Expandiertes Polystyryol
g	Gramm
HAS/ HALS	sterisch gehinderte Amine (Hindered Amine Light Stabilizers)
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft (Berlin)
LED	Lichtemitterdiode
LM	Lösemittel
MDI	Methyldiphenylisocyanat
MHM	Militärhistorisches Museum
MfNV	Museum für Nationale Verteidigung
ml	Milliliter
mm	Millimeter
μm	Mikrometer, $1 \mu\text{m} = 0,001\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$
MPa	Megapascal
MTD	Militärtopographischer Dienst
NATO	North Atlantic Treaty Organisation, dt. Nordatlantikpaktorganisation
NW	Nachweisreaktionen
NVA	Nationale Volksarmee
OAZ	Operatives Ausbildungszentrum
PiBMA	Polyisobutylmethacrylat
PUR	Polyurethan
PVAc	Polyvinylacetat
PVC	Polyvinylchlorid
T _g	Glasübergangstemperatur
SGB	Siedegrenzbenzin
STD	Strategic Defense Initiative, dt. Strategische Verteidigungsinitiative
UVA	Absorber ultravioletter Strahlung
UNO	United Nations Organisations, dt. Vereinte Nationen
VCVAc	Vinylchlorid-Vinylacetat Copolymer
VEB	Volkseigener Betrieb
WIWeB	Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abb.nr.	Seite	Inhalt	Quelle	Digitale Abbildungsnr.
1	5	Historische Aufnahme, Blick in den Reliefsaal des OAZ	SCHNEIDER 1994, S.75.	
2	11	Segment „K8 Eisenach“, Vorzustand, Oberseite.	Eva Wentland	16058002
3	12	Segment „K8 Eisenach“, Vorzustand, Unterseite.	Eva Wentland	16058003
4	13	Segment „J8 Gotha“, Vorzustand, Oberseite.	Eva Wentland	16058004
5	14	Segment „J8 Gotha“, Vorzustand, Unterseite.	Eva Wentland	16058005
6	16	Originales Segmentmuster	Eva Wentland	16058006
7	18	Bemaßung LEDs	FUNKAMATEUR 1989, 130.	
8	19	Aktuelle Lagerungssituation, Blick über die „Empore“	Eva Wentland	16058008
9	22	Polyadditionsschema von 4,4'-MDI mit einem Diol	Siehe Internetquellen	
10	24	Strukturformel von Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer,	FRANCK 2011, 348.	
11	27	Siebdruckverfahren	SCHWARZ 1988, 226.	
12	29	Plattenstoß an der Südseite der Segmente „K8 Eisenach“ (rechts) und „J8 Gotha“ (links)	Eva Wentland	16058012
13	30	Zeitstrahl	Eva Wentland	
14	38	Skizze der Abbauprozesse, die in Polymerstrukturen wirken.	PONGRATZ EHRENSTEIN 2013, S.278.	
15	42	Vernetzungsmechanismen von PUR-Schäumen	FRANCK 2011, 403.	
16	61	Handskizze des vorgeschlagenen Lagerungssystems	Eva Wentland	16058016
17	95	Satellitenaufnahme der Von-Hardenberg-Kaserne, ehemals MfNV der DDR	Google Maps	
Operatives Ausbildungszentrum im MfNV				
18	95	Plan des MfNV, der heutigen Von-Hardenberg-Kaserne	Siehe Internetquellen	
19	95	Blick auf das Gebäude des ehemaligen OAZ	Eva Wentland	16058019
20	95	Blick in den Reliefsaal vom zweiten Stock	Eva Wentland	16058020
21	95	Skizze des Gebäudekomplexes des OAZ	ZMSBW, Titelblatt	
22	96	Skizze des Reliefsaals in Funktion	ZMSWB	
23	97	Aktuelle Lagerungssituation	Eva Wentland	16058023
24	97	Vorerst zur Ausstellung gewählter Kartenausschnitt	Eva Wentland	16058024
Legende				
25	98	Großstadtgebiet	Eva Wentland	16058025
26	98	Größere Stadt	Eva Wentland	16058026
27	98	Mittlere Stadt	Eva Wentland	16058027
28	98	Größerer Ort	Eva Wentland	16058028
29	98	Kleinerer Ort	Eva Wentland	16058029
30	98	Bahnstrecke	Eva Wentland	16058030
31	98	Bahnhof	Eva Wentland	16058031
32	98	Zweigleisige, elektrifizierte Vollspurbahn	Eva Wentland	16058032
33	98	Brücke	Eva Wentland	16058033
34	99	Bahntunnel	Eva Wentland	16058034
35	99	Flughafen	Eva Wentland	16058035
36	99	Autobahn	Eva Wentland	16058036
37	99	Landstraße	Eva Wentland	16058037
38	99	Waldgebiet	Eva Wentland	16058038
39	99	Funkturm	Eva Wentland	16058039
40	99	Gewässer	Eva Wentland	16058040
41	99	Unbekannt, womöglich Hafen	Eva Wentland	16058041

Abb.nr.	Seite	Inhalt	Quelle	Digitale Abbildungsnr.
42	99	Bezirksgrenze	Eva Wentland	16058042
43	99	Landesgrenze	Eva Wentland	16058043
44	99	Land, unbedruckt	Eva Wentland	16058044
45	99	Druckfarbe orange gerastert, Stadtgebiet	Eva Wentland	16058045
46	100	Druckfarbe orange	Eva Wentland	16058046
47	100	Farbe orange	Eva Wentland	16058047
48	100	Druckfarbe schwarz	Eva Wentland	16058048
49	100	Druckfarbe blau	Eva Wentland	16058049
50	100	Druckfarbe grün	Eva Wentland	16058050
51	100	Druckfarbe violett	Eva Wentland	16058051
52	100	Farbe violett	Eva Wentland	16058052
53	100	Farbe rot fluoreszierend	Eva Wentland	16058053
Ergänzende Fotodokumentation				
54	101	Segment „K8 Eisenach“, Oberseite unter UV-Anregung	Eva Wentland	16058054
55	101	Segment „J8 Gotha“, Oberseite unter UV-Anregung	Eva Wentland	16058055
56	101	Segment „K8 Eisenach“, Seitenansichten	Eva Wentland	16058056
57	102	Segment „J8 Gotha“, Seitenansichten	Eva Wentland	16058057
58	103	Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, sich ablösende rote Fluoreszenzfarbe, retuschierter Kitt	Eva Wentland	16058058
59	103	Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, nachgetragene Straße und Bezirksgrenze	Eva Wentland	16058059
60	103	Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, Inventarnummer auf sich lösendem Selbstklebeetikett; oberflächliche Textilstruktur	Eva Wentland	16058060
61	103	Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, Textilverstärkung an der Ecke des Reliefsockels, anhaftender Kitt	Eva Wentland	16058061
62	103	Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme Kitt	Eva Wentland	16058062
63	104	Segment „K8 Eisenach“, Detailaufnahme, sich überlappende Textilklebestreifen mit übergreifender Rasternummerverszeichnung	Eva Wentland	16058063
64	104	Segment „K8 Eisenach“, Mikroskopische Aufnahme, Rasternummerverszeichnung, durch den Filzminenstrich ist die beschriebene zwar glatte, aber poröse Oberfläche der Schaumaußenhaut sichtbar, da vereinzelt Zellmembranen nicht ausgebildet wurden oder beschädigt sind	Eva Wentland	16058064
65	104	Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Fehlstelle im Schaumsockel; tordiertes Gewebeklebeband mit verlorener Haftwirkung; fehlender Klebstreifen	Eva Wentland	16058065
66	104	Segment „J8 Gotha“, Mikroskopische Aufnahme, fließende Schaumstruktur im Querschnitt zu einem kleinen Anschäumungspunkt	Eva Wentland	16058066
67	104	Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Anschäumungspunkt, die Schaumstruktur ist zentriert nach oben ausgerichtet	Eva Wentland	16058067
68	105	Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Schrägansicht der Fehlstelle in Schaum und Sockel an der Südwestkante des Segments, herstellungsbedingte Lufteinschlüsse	Eva Wentland	16058068
69	105	Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Westseite; Sägeschnitt-Außenhaut des Hartschaumsockels	Eva Wentland	16058069
70	105	Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Fehlstelle in der Folie mit auch leichtem Verlust in der unterliegenden Schaumstruktur	Eva Wentland	16058070
71	105	Segment „J8 Gotha“, Mikroskopische Aufnahme, Sockelaußenkante mit anhaftendem Rest eines Textilgewebes, auf der unteren Hälfte des Bildausschnitts ist die Gewebestruktur in der Schaumaußenhaut erkennbar	Eva Wentland	16058071
72	106	Segment „K8 Eisenach“, Beispiel für einen intakten Erhaltungszustand einer LED, in der Zustandskartierung durch ein grünes Diodensymbol gekennzeichnet	Eva Wentland	16058072
73	106	Segment „J8 Gotha“, Beispiel für eine eingebrochene LED, in der Zustandskartierung durch ein oranges Diodensymbol gekennzeichnet	Eva Wentland	16058073
74	106	Segment „J8 Gotha“, Beispiel für eine umgeknickte LED, in der Zustandskartierung durch ein gelbes Diodensymbol gekennzeichnet	Eva Wentland	16058074

10.2 VERZEICHNISSE

Abb.nr.	Seite	Inhalt	Quelle	Digitale Abbildungsnr.
75	106	Segment „J8 Gotha“, Beispiel für eine herausgezogene LED, in der Zustandskartierung durch ein rotes Diodensymbol gekennzeichnet	Eva Wentland	16058075
76	106	Segment „K8 Eisenach“, Beispiel für eine fehlende LED, in der Zustandskartierung durch ein graues Diodensymbol gekennzeichnet; vermutlich war hier keine LED vorgesehen und die Bohrungen wurde falsch gesetzt, da der Kabelkanal in einer anderen Richtung verläuft	Eva Wentland	16058076
77	107	Segment „K8 Eisenach“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, „8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm“ der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Seitenansicht	Eva Wentland	16058077
78	107	Segment „K8 Eisenach“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, „8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm“ der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Aufsicht	Eva Wentland	16058078
79	107	Segment „J8 Gotha“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, „8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm“ der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Seitenansicht	Eva Wentland	16058079
80	107	Segment „J8 Gotha“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, „8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm“ der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Aufsicht	Eva Wentland	16058080
81	107	Mikroskopische Aufnahme der Silbersulfidschicht auf einem versilberten Messing-Steckkontakt	Eva Wentland	16058081
82	108	Technische Zeichnung des Niederfrequenz-Steckverbinders mit 30 Kontaktstellen	TGL Norm 10395, 5.	
83	108	Widerstandsbauelement, Typ 1 KOKT (für gelbe Dioden)	Eva Wentland	16058083
84	108	Widerstandsbauelement, Typ 1 680RJT (für grüne Dioden)	Eva Wentland	16058084
85	108	Segment „K8 Eisenach“, Gruppierung weißer LEDs auf der nordwestlichen Ecke des Segments	Eva Wentland	16058085
86	108	Segment „K8 Eisenach“, Zuordnung der Verkabelung und Funktionsprüfung mit einem stufenlos regulierbaren Labornetzteil, Gruppierung weißer LEDs auf der nordwestlichen Ecke	Eva Wentland	16058086
87	109	Segment „K8 Eisenach“, freigelegte Kabelkanäle	Eva Wentland	16058087
88	109	Segment „J8 Gotha“, freigelegte Kabelkanäle	Eva Wentland	16058088
Maßnahmen				
89	110	Vom MHM bereitgestelltes Probenmaterial	Eva Wentland	16058089
90	112	Ergänzung Folie, Fehlstelle	Eva Wentland	16058090
91	112	Ergänzung Folie, Ergänzung mit gefüllten Kozointarsien	Eva Wentland	16058091
92	112	Ergänzung Folie, angepasste Deckschicht	Eva Wentland	16058092
93	112	Ergänzung Folie, retuschierte Deckschicht mit Rekonstruktion des Drucks	Eva Wentland	16058093
94	111	Fehlstelle im Schaum	Eva Wentland	16058094
95	111	Sperrschicht aus Kozo und WSK	Eva Wentland	16058095
96	111	Farblich angepasste, einpigmentierte Anschäumung	Eva Wentland	16058096
97	111	Kittung mit EPS-Microperlen, Bindemittel: Lascaux® 498 HV	Eva Wentland	16058097
98	111	Retusche mit aufgestuften Erdpigmenten, Bindemittel: Lascaux® 498 HV	Eva Wentland	16058098
99	111	Kittung mit EPS-Microperlen, Bindemittel: Lascaux® 498 HV	Eva Wentland	16058099
100	111	Grundierung der Retusche mit PRIMAcryl®-Farben, nachträglich aufgestuifte Erdpigmente	Eva Wentland	16058100
101	111	Probekörper, Unterseite	Eva Wentland	16058101
102	113	Textilklebeband, vor der Reinigung	Eva Wentland	16058102
103	113	Textilklebeband, Mikroskopische Aufnahme, Fasergewebe von oxidiertem Klebstoff durchdrungen	Eva Wentland	16058103
104	113	Kompressenanwendung	Eva Wentland	16058104
105	113	Anhaftungen auf der Zwischenlage aus Gampipapier nach der Kompressenanwendung	Eva Wentland	16058105
106	113	Textilklebeband, nach der Reinigung	Eva Wentland	16058106
107	113	Textilklebeband, Mikroskopische Aufnahme, das Fasergewebe wurde durch die Reinigung sichtlich freigelegt, stark veränderter farblicher Eindruck	Eva Wentland	16058107

Abb.nr.	Seite	Inhalt	Quelle	Digitale Abbildungsnr.
108	114	Textilklebeband, Mikroskopische Aufnahme, das Fasergewebe wurde durch die Reinigung sichtlich freigelegt, stark veränderter farblicher Eindruck; helle Auflagerungen auf dem Gewebe, die sich durch weitere Kompressenanwendung nicht abnehmen lässt, wirkt gereinigt	Eva Wentland	16058108
109	114	Segment "K8 Eisenach", temporäre Lagerung der abgenommenen Textilklebestreifen	Eva Wentland	16058109
110	114	Segment "J8 Gotha", temporäre Lagerung der abgenommenen Textilklebestreifen	Eva Wentland	16058110
111	114	Reinigungsprobe Kitt, Vorzustand	Eva Wentland	16058111
112	114	Reinigungsprobe Kitt, Nachzustand	Eva Wentland	16058112
Probereihen				
113	117	Auftrag mittels Pinsel	Eva Wentland	16058113
114	117	Einfacher Auftrag mittels Airbrushpistole	Eva Wentland	16058114
115	117	Zweifacher Auftrag mittels Airbrushpistole	Eva Wentland	16058115
116	117	Dreifacher Auftrag mittels Airbrushpistole	Eva Wentland	16058116
117	117	Einfacher Auftrag mittels Airbrushpistole bei einer Fläche mit überwiegend intakten geschlossenen Schaumzellen an der Oberfläche	Eva Wentland	16058117
118	119	Übersicht über die Ergänzungsprobereihe im Hartschaum	Eva Wentland	16058118
119	122	Übersicht Reinigungsproben	Eva Wentland	16058119
120	122	Beispiel Staubauflagerungen, ungereinigt	Eva Wentland	16058120
121	122	Beispiel Reinigungsergebnis schlecht	Eva Wentland	16058121
122	123	Beispiel Reinigungsergebnis ungenügend	Eva Wentland	16058122
123	123	Beispiel Reinigungsergebnis befriedigend	Eva Wentland	16058123
124	123	Beispiel Reinigungsergebnis gut, bzw. zu stark	Eva Wentland	16058124
Materialanalysen				
125	125	Querschliff, Auflicht, Probe 16058_P01	Eva Wentland	16058125
126	125	Querschliff, UV-Anregung (Wellenlänge: 336nm), Probe 16058_P01	Eva Wentland	16058126
127	126	Querschliff, Auflicht, Detail Füllstoffgehalt und Druckfarbe orange, Probe 16058_P01	Eva Wentland	16058127
128	126	Querschliff, Auflicht, Detail Füllstoffgehalt und Druckfarbe blau, Probe 16058_P01	Eva Wentland	16058128
129	127	Querschliff, Auflicht, Probe 16058_P01	Eva Wentland	16058125
130	127	Querschliff, Detail Schaumanhaftung, Probe 16058_P01	Eva Wentland	16058130
131	128	Zellstruktur glatte Schaumaußenseite, Auflicht	Eva Wentland	16058131
132	128	Zellstruktur glatte Schaumaußenseite, Licht fällt durch den Schaumkörper	Eva Wentland	16058132
133	128	Zellstruktur Schaumkern, Auflicht	Eva Wentland	16058133
134	128	Zellstruktur Schaumkern, Licht fällt durch den Schaumkörper	Eva Wentland	16058134
135	128	Zellstruktur Außenkante Sägeschnitt, Auflicht	Eva Wentland	16058135
136	128	Zellstruktur Außenkante Sägeschnitt, Licht fällt durch den Schaumkörper	Eva Wentland	16058136
137	130	Faserprobe im Durchlicht, Probe16058_P15	Eva Wentland	16058137
138	130	Faserprobe im polarisierten Licht, Probe16058_P15	Eva Wentland	16058138
139	130	Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg, Probe16058_P15	Eva Wentland	16058139
140	132	Faserprobe im Durchlicht, Textilmierung Folie - Gewebe, Probe16058_P17	Eva Wentland	16058140
141	132	Faserprobe im polarisierten Licht, Textilmierung Folie - Gewebe, Probe16058_P17	Eva Wentland	16058141
142	132	Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg, Textilmierung Folie - Gewebe, Probe16058_P17	Eva Wentland	16058142
143	133	Faserprobe im Durchlicht, Etikett Kabelstrang – Gewebe, Probe16058_P18	Eva Wentland	16058143
144	133	Faserprobe im polarisierten Licht, Etikett Kabelstrang – Gewebe, Probe16058_P18	Eva Wentland	16058144

Abb.nr.	Seite	Inhalt	Quelle	Digitale Abbildungsnr.
145	133	Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg, Etikett Kabelstrang – Gewebe, Probe16058_P18	Eva Wentland	16058145
146	134	Faserprobe im Durchlicht, Schnur Kabelstrang, Probe16058_P19	Eva Wentland	16058146
147	134	Faserprobe im polarisierten Licht, Schnur Kabelstrang, Probe16058_P19	Eva Wentland	16058147
148	135	Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg, Schnur Kabelstrang, Probe16058_P19	Eva Wentland	16058148
149	138	RFA-Spektrum der unbedruckten Folie, Probe 16058_P11	Dr. Christian Stadelmann	
150	138	RFA-Spektrum der pyrolysierten Folie, unbedruckt, Probe 16058_P11	Dr. Christian Stadelmann	
151	139	FTIR-Spektrum mit Peak-Tabelle, Originalschaum, Kernmaterial, Probe 16058_P03	Caroline Petrahn	
152	139	FTIR-Spektren im Vergleich, Originalschaum Kernmaterial (blau, Probe 16058_P03) und Außenhaut (rot, Probe 16058_P02)	Caroline Petrahn	
153	140	FTIR-Spektren im Vergleich, Originalschaum Kernmaterial (rot, Probe 16058_P03) und Ergänzungsmaterial FOAMIT® 10 Slow (grün, Probe 16058_P04)	Caroline Petrahn	
154	140	FTIR-Spektrum im Vergleich mit der Datenbank der HTW, Kitt, Probe 16058_P14	Caroline Petrahn	
155	141	FTIR-Spektrum mit Peak-Tabelle, Kitt, Probe 16058_P14	Caroline Petrahn	
156	141	FTIR-Spektrum im Vergleich mit der Datenbank der HTW, Textilklebeband-Gewebe, Faserprobe 16058_P14	Caroline Petrahn	
157	142	FTIR-Spektrum mit Peak-Tabelle, Textilklebeband, Gewebe, Probe 16058_P15	Caroline Petrahn	
158	142	FTIR-Spektrum, Kabelisolierung grau, Probennr: 16058_P20	Caroline Petrahn	

10.3 Tabellenverzeichnis

Nr	Seite	Inhalt
1	15	Objektdaten
2	18	Daten Lichtemitterdioden
3	20-21	Zusammenfassung Materialität
4	43	Kittungssysteme für Hartschaumergänzung
5	47	Maßnahmenplanung Polyurethanhartschaum
6	50	Probereihe Reinigung
7	55	Maßnahmenplanung Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer-Hartfolie
8	58	Maßnahmenplanung Textilklebebänder
9	115	Ermittelte Löslichkeiten
10	125	Materialanalysen Thermogeformte Folie
11	127	Materialanalysen Hartschaumsockel
12	130	Materialanalysen Textilklebeband - Gewebe
13	131	Materialanalysen Textilarmierung Folie - Gewebe
14	133	Materialanalysen Etikett Kabelstrang - Gewebe
15	134	Materialanalysen Schnur Kabelstrang
16	135	Materialanalysen Kitt
17	136	Materialanalysen Kabelisolierung

10.4 Probenverzeichnis

Soweit möglich wurden Proben von dem vom MHM bereitgestellten Originalmaterial verwendet (Abb.89), das zur Zerstörung freigegeben wurde.

Probennummer	Probe / Verwendung	Quelle
16058_P01	VCVAc-Deckfolie mit Druck und Schaumstoffanhaftung, Querschleiff / Mikroskopische Untersuchung, UV-Anregung, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P02	Originalschaum, Außenkante – stärker oxidativ gealtert / FTIR, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P03	Originalschaum, Kern – weniger oxidativ gealtert / FTIR, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P04	Ergänzungsschaum, KauPo FOAMit 10 Slow / FTIR, Archivierung	Probeschäumung
16058_P05	Druckfarbe orange – Straße / Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P06	Druckfarbe schwarz – Eisenbahn / Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P07	Druckfarbe blau – Gewässer / Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P08	Druckfarbe violett – Staatsgrenze / Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P09	Druckfarbe grün – Waldgebiet / Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P10	Rote Fluoreszenzfarbe – Staatsgrenze / Archivierung	Segment K8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen
16058_P11	Folie unbedruckt / RFA, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P12	Pyrolysierte Folie – anorganischer Rest / RFA, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P13	Schmelzpunktermittlung – Probe Folie / Mikroskopische Untersuchung, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P14	Fugenkitt / FTIR, Archivierung	Bereitgestelltes Probenmaterial
16058_P15	Fasern Textilklebeband / FTIR, Mikroskopische Untersuchung, Archivierung	Segment J8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen
16058_P16	Klebstoff Textilklebeband / FTIR, Archivierung	Segment J8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen
16058_P17	Fasern Textilarmierung Folie / Mikroskopische Untersuchung, Archivierung	Segment J8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen
16058_P18	Fasern Textiletikett Kabelstrang, Segment J8 / Mikroskopische Untersuchung, Archivierung	Segment J8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen
16058_P19	Fasern Textilschnur Kabelstrang / Mikroskopische Untersuchung, Archivierung	Segment J8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen
16058_P20	Kunststoff Kabelisolierung, grau / FTIR, Mikroskopische Untersuchung, Archivierung	Segment J8, Entnahmestelle siehe Materialkartierungen

10.5 Verwendete Materialien

Material	Produktnummer	Beschreibung	Material	Hersteller/Lieferant
Aceton	70700	Farblose, aromatisch riechende Flüssigkeit	Lösemittel, Keton	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Acryldispersion Lascaux® 498 HV	81000 - 81004	Weißer, hochviskose Dispersion in Wasser	Thermoplastische copolymerer Butyl-Methacrylat-Dispersion; mit Acrylsäureester verdickt,	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
akapad® "weiß weich"	780631	blaue Griffkörper und eine darauf aufgeschäumte weiße Wirksubstanz	Schwamm auf Faktisbasis	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Baumwollwatte	Bio-Watte	Baumwollwatte	100 % Bio-Baumwolle	ebelin / dm - Drogerie Markt
„Blitz-Fix“ Saugschwamm	2270000	Gelber, harter Block	Mikroporös geschäumter Polyvinylalkohol	Deffner & Johann GmbH Mühlacker Straße 13 D-97520 Röhlein Telefon +49 (0) 9723 9350-0 Telefax +49 (0) 9723 9350-25 eMail: info@deffner-johann.de, http://www.deffner-johann.de
Weißer Bolus / Kaolin, gelblich	58250	Füllstoff, gelbgrünlich, Plättchenstruktur	Aluminiumsilikathydrat	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Champagner Kreide	58000	Füllstoff, hell	natürliches Calciumcarbonat	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Ethylacetat	70300	Farblose Flüssigkeit, fruchtiger Geruch	Lösemittel, Ester	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Ethylalkohol	70800	farblose Flüssigkeit, schwacher süßlicher Geruch	Lösemittel, Alkohol	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
FoamIt!® 10 Slow	FoamIt!® 10 Slow	Polyurethanhartschaum, zweikomponentig	Komponente A: 4,4' Methylenebis (phenylisocyanat) / MDI Komponente B: Polyol	KauPo Plankenhorn e.K. Max-Planck-Straße 9/3, D-78549 Spaichingen, Telefon +49(0)7424-95842-3, Fax +49(0)7424-95842-55, info@kaupo.de, www.kaupo.de
Hasenleim	63028	Hasenleim, Gries	aus Kaninchenfellen, Glutinleim	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Impranil® DLV/1	DLV/1	Weißer, niedrigviskose Dispersion in Wasser mit einem Feststoffgehalt von ca. 40 %	Anionische aliphatische Polycarbonatesterpolyetherpolyurethan-Dispersion	Covestro AG Kaiser-Wilhelm-Allee 60 51373 Leverkusen, Deutschland

10.5 VERZEICHNISSE

Material	Produktnummer	Beschreibung	Material	Hersteller/Lieferant
Isopropanol	70820	Lösemittel, farblose, nach Ethylalkohol riechende Flüssigkeit	Iso-Propylalkohol, Propanol-2	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Japanpapier	Kozo K 28	Papier aus reinen Kozofasern, handgeschöpft, 17 g/m ² , 62 x 90 cm Bogen	Cellulosefaserpapier, pH-Wert 9,4	Anton Glaser, Feinpapierherstellung, Theodor-Heuss-Straße 34a, D-70174 Stuttgart, Tel.: 0711/297883, e-mail: anton-glaser@t-online.de
Japanpapier	Kozo K 36	Papier aus reinen Kozofasern, handgeschöpft, 25 g/m ² , 64 x 98 cm Bogen	Cellulosefaserpapier, pH-Wert 8,1	Anton Glaser, Feinpapierherstellung, Theodor-Heuss-Straße 34a, D-70174 Stuttgart, Tel.: 0711/297883, e-mail: anton-glaser@t-online.de
Korkgranulat	59792	Korkgranulat, Ø 0,5 -1 mm	„Wenig erforschtes, sehr leichtes, poröses, celluloseartiges Produkt, das sich unter der Epidermis vieler Pflanzenteile bildet“, aus: Kremer Datenblatt	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Marlipal®	78057	Schuppen	Nichtionogener Wachstoffsstoff, Fettalkoholpolyglykoläther	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
MS2 - A Firnis-Glanz	79380	Transparente niedrigviskose Flüssigkeit	Polycyclohexanolharz mit UV-Schutz	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Paraloid® B67	67420	Transparente Pellets	Iso-Butylmethacrylat	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Pasteurpipetten, Einweg	EA65.1	Kunststoffpipette	transparentes LDPE, unsteril, kontrollierte, reproduzierbare Tröpfchengröße	Carl Roth GmbH + Co. KG Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe, Telefon: +49 (0)721/56060 Telefax: +49 (0)721/5606149 info@carlroth.de www.carlroth.com
Plexigum PQ 611	67380	Weißliches Granulat	Isobutylmethacrylat	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Polystyrolkugeln	EPS-Mikroperlen, Ø 0,5 -1 mm	Polystyrolkugeln, Ø 0,5 -1 mm	Expandiertes Polystyrol	Kissenwelt.de, Vitali Klassen Ringstrasse 126 70839 Gerlingen
Polyvinylacetat 60	wird nicht mehr vertrieben	Transparentes Granulat	Polyvinylacetat mit hohem Molekulargewicht	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
PRIMAcryl®	verschiedene Farbtöne	griffig-pastöse Farben	feinste Künstler-Acrylfarben	Schmincke, Vertrieb durch boesner Versandservice GmbH Gleiwitzer Strasse 2 58454 Witten versandservice@boesner.com
Puderpinsel	Professional Puderpinsel	Synthetikaar	kegelförmiger Schnitt	ebelin / dm - Drogerie Markt

10.5 VERZEICHNISSE

Material	Produktnummer	Beschreibung	Material	Hersteller/Lieferant
Regalite® R1025	67266	Transparente Pellets	vollhydriertes Kohlenwasserstoffharz	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Scotch® Magic Tape	810 (grün)	transluzenter Klebestreifen	Trägermaterial aus mattem Zellulose-Acetat	Modulor GmbH Prinzenstr. 85 D-10969 Berlin Tel.: +49 (0)30 69036-0 Fax: +49 (0)30 69036-445 E-Mail: bestellung@modulor.de
Talkum weiß, feinst	58420	Füllstoff, Plättchenstruktur, hell	Natürliche Verbindung von Talkum, Chlorit, Dolomit und Magnesit	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Tinuvin® B75	Tinuvin® B75	gelbliche, hochviskose Flüssigkeit	20% Irganox® 1135 40% Tinuvin® 571 40% Tinuvin® 765	Bodo Möller Chemie GmbH, Senefelderstraße 176, 63069 Offenbach/M., Telefon 069-838326-0, Fax 069/838326-199
Titanweiß	1410000	weißes Pigment, feinst	Titandioxid, Rutilform	Deffner & Johann GmbH Mühläcker Straße 13 D-97520 Röhlein Telefon +49 (0) 9723 9350-0 Telefax +49 (0) 9723 9350-25 eMail: info@deffner-johann.de, http://www.deffner-johann.de
Toluol	70500	Farblose Flüssigkeit, aromatischer Geruch	Lösemittel, Aromat	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Vulpex®	78052	Gelbliche Flüssigkeit	Flüssigseife, Reaktionsprodukt (Kaliummethylcycohexyl-Oleatlösung) aus 2-Methylcycohexanol, Ölsäure und Kaliumhydroxid	Dr. Georg Kremer, Dipl.-Chemiker, Farbmühle, D-88317 Aichstetten/Allgäu, Telefon +49-7565-914480, Telefax +49-7565-1606 kremer-pigmente@t-online.de, www.kremer-pigmente.com
Wypall® Mikrofasertuch	8396	grünes Tuch	80% Polyamid, 20% Polyester, Mikrofasern	Pharmaserv GmbH und Co. KG Emil-von-Behring-Straße 76 - D-35041 Marburg

10.6 Verwendete Geräte

Gerät	Hersteller	Typ	Zweck
Airbrushpistole	Harder und Steenbeck	Two in One, 123003	Auftrag der Schaumkonsolidierung
Digital-Multimeter	Bauhaus / INTER-UNION Technohandel GmbH, www. inter-union.de	MM 2500	Prüfung von Leitungen
Labornetzteil	VEB Statron Fürstenwalde, DDR	3201	Stufenlos regelbare Strom- und Spannungsquelle zur Prüfung von Leitungen
Kamera, digitale Spiegelreflex-	Nikon	D7000	Objektfotografie
Kompressor	Werther	Sil Air 50 D	Druckluftherzeugung für Airbrush
Heiz- und Magnetrührer	Stuart	CB 302	Zubereitung von Lösungen
Mikroskopkamera	Zeiss	Axiocam® 105 color	Mikroskopfotografie
Mikroskopkamera Software	Zeiss	ZEN® lite	Mikroskopfotografie
Stereomikroskop	Leica	DM RXE	Mikroskopie bis zu 1000facher Vergrößerung
Stereomikroskop	Zeiss	Axio Scope MAT	Mikroskopie unter UV-Anregung
Stereomikroskop	Leica	Wild M3C	Mikroskopie bis zu 40facher Vergrößerung
Schmelzpunktmikroskop	Leica	Galen III	Erhitzung von Probenmaterial - Beobachtung von Veränderungen
Stereomikroskop, mobil	Zeiss	Stemi 508	Mobile Mikrofotografie
Tageslichtlampe	Deffner und Johann, Artikelnummer 5510000	Harolux®, Atelierleuchte Typ II - 8120	Künstliches Tageslicht für Retuschearbeiten
UV-Lampe	CAMAG®	CAMAG® UV Lamp 4	UV-Anregung bei 254nm/fern oder 366nm/nah
μ-XRF Spectrometer	Bruker	ARTAX 400	Röntgenfluoreszenzanalyse

10.7 Literaturverzeichnis

BANIK BRÜCKLE 2011: Gerhard Banik, Irene Brückle, Paper and Water, A Guide for Conservators, Butterworth Heinemann, 2011

BERGER 1981: K. Berger, Lichtstabilisierung von Polyurethanen, Ciba-Geigy AG, Division Kunststoffe und Additive, Basel, Schweiz, S.83-94, aus: W. Wobcken (Hg.), Natürliche und künstliche Alterung von Kunststoffen, 13. Donauländergespräch, Budapest, 16./17. Oktober 1980, Kunststoffe Fortschrittsberichte, Band 7, Hanser, München, Wien 1981

BRANDI 2006: Cesare Brandi, Theorie der Restaurierung, München, 2006

BRAUN 2012: Dietrich Braun, Erkennen von Kunststoffen, Qualitative Kunststoffanalyse mit einfachen Mitteln, Hanser Verlag, München 2012

BROKERHOF 2002: Agnes W. Brokerhof, Suzan de Groot, José Luiz Pedersoli jr., Henk van Keulen, Birgit Reissland and Frank Ligterink, Dry Cleaning, The Effects of New Wishab Spezialschwamm and Spezialpulver on Paper, aus: PapierRestaurierung Vol. 3, No. 2, S. 13-19, 2002

BÜRGI 2007: Andreas Bürgi, Zur Einführung: Was ist ein Relief?, S.13-22, aus: Andreas Bürgi (Hg.), Europa Miniature, Die kulturelle Bedeutung des Reliefs, 16.-21. Jahrhundert, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich 2007

BÜTZER 2001: Judith Bützer, Polyurethan-Weichschaum als Werkstoff für zeitgenössische Objekte, Das Sitzobjekt "Pratone" von Gruppo Sturm, S.99-186, aus: Kunststoff als Werkstoff: Celluloid und Polyurethan-Weichschaum, Material - Eigenschaften - Erhaltung, Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Band 13, Siegl, München 2001

CAC 2000: CODE OF ETHICS and Guidance for Practice of the Canadian Association for Conservation of Cultural Property and of the Canadian Association of Professional Conservators, 2000

CHAROLA KOESTLER 2006: A. Elena Charola, Robert J. Koestler, Methods in Conservation, S.13-30, aus: Eric May (Hg.), Mark Jones (Hg.), Conservation Science, Heritage Materials, The Royal Society of Chemistry, Cambridge 2006

DOERNER 1994: Max Doerner, Malmaterial und seine Verwendung im Bilde, Enke 1994

DOLEZEL 1978: Bretilav Doležel, Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi, Carl Hanser Verlag München Wien 1978

DOMININGHAUS 2012: Hans Dominghaus, Peter Elsner (Hg.), Peter Eyerer (Hg.), Thomas Hirth (Hg.), Kunststoffe - Eigenschaften und Anwendungen, 8. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg 2012

DOWN 1996: Jane L. Down, Maureen A. MacDonald, Jean Tétrault, R. Scott Williams: Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute. An evaluation of selected Poly- (VinylAcetate) and Acrylic adhesives. In: Studies in Conservation 41, 1996, S. 19-44.

DOWN 2015: Jane Down, Adhesive Compendium for Conservation, Canadian Conservation Institute, Ottawa 2015

DTV 1991: Hermann Kinder, Werner Hilgemann, dtv-Atlas zur Weltgeschichte, Karten und chronologischer Abriss, Band 2, 25. Auflage, Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH und Co. KG, München 1991

ELZE REPGEN 1983: Reinhard Elze (Hg.), Konrad Reppen (Hg.), Studienbuch Geschichte, Europäische Weltgeschichte in einem Band, 2. Auflage, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart 1983

FASCHING PFAHLBUSCH 2006: Gerhard L. Fasching, René Pfahlbusch, Das staatliche Geowesen der DDR, S. 17-33, aus: Fasching, Gerhard L. (Hg.): Militärisches Geowesen der DDR. Militärgeographie, Militärtopographie, Militärhydrographie, Militärtopographischer Dienst, Seehydrographischer Dienst, Topographische Karten, Spezial- und Seekarten in der Deutschen Demokratischen Republik von den Anfängen bis zur Wiedervereinigung. MILGEO, Schriftenreihe des Militärischen Geowesens, Nr. 20. Bundesministerium für Landesverteidigung, Wien, 2006

FELGER 1986a: Dr. Hans K. Felger, Kunststoff-Handbuch, Polyvinylchlorid Band 1, Carl Hanser Verlag München Wien 1986

FELGER 1986b: Dr. Hans K. Felger, Kunststoff-Handbuch, Polyvinylchlorid Band 2, Carl Hanser Verlag München Wien 1986

FRANCK 2011: Dr. Adolf Franck, Prof. Dr. Bernd Herr, Dipl.-Ing. (FH) Hans Ruse, Prof. Dr. Gerhard Schulz, Kunststoff-Kompodium - Herstellung, Aufbau, Verarbeitung, Anwendung, Umweltverhalten und Eigenschaften der Thermoplaste, Polymerlegierungen, Elastomere und Duroplaste, 7. Auflage, Vogel Buchverlag, Würzburg 2011

GASCOIGNE 2004: Bamber Gascoigne, How to identify prints, A complete guide to manual and mechanical processes from woodcut to inkjet, Thames & Hudson, London 2004

GAZZOLA 1964: Piero Gazzola et al., Internationale Charta über die Konservierung und Restaurierung von Denkmälern und Ensembles, Charta von Venedig, dt. Übersetzung 1989, Venedig 1964.

GELLER HIBY 2000: Birgit Geller, Gudrun Hiby, Flüchtige Bindemittel in der Papierrestaurierung sowie Gemälde und Skulpturenrestaurierung, Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut Band 10, Siegl München 2000

GRANER 2013: Susanne Graner, Luise Lutz, Saving the Flag, The conservation and exhibition of the seating combination Leonardo by Studio 65, S.49-55, aus: FUTURE TALKS 013, MEOX München, 2013

HAFENDER 2012: Rudolf Hafender, Der Beitrag des Militärs zur Kartographie Deutschlands im 19. und 20. Jahrhundert, S.73-83, aus: Dieter Beineke, Otto Heunecke, Thomas Horst, Uwe Kleim (Hg.), Festschrift für Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner anlässlich des Ausscheidens aus dem aktiven Dienst, Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München, Heft 87, München 2012

HALLER 1994: Ursula Haller, Herstellung und Anwendung von Lösungsmittel-Gelen, -Pasten und -Kompressen in der Restaurierung, Diplomarbeit am Institut für Technologie der Malerei an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Studiengang Restaurierung und Technologie von Gemälden und gefaßten Skulpturen, Betreuer: Prof. Dr. Gerhard Banik, Ktl. Dipl. Rest. Ruth Baier, Stuttgart 1994

HANSEN 2007: Charles M. Hansen, Hansen Solubility Parameters, A User's Handbook, CRC Press, Boca Raton 2007

HARDERS 1974: Dr. Marianne Harders-Steinhäuser, Faseratlas zur mikroskopischen Untersuchung von Zellstoffen und Papieren, Gütnter-Staib Verlag, Biberach/Riß 1974

HAUSMANN 2011: Oberstleutnant a.D. Dipl. Mil. Thomas Hausmann, Studie über die Gefechtsbereitschaft der ehemaligen NVA und das Alarm-, und Mobilmachungswesen der Bundeswehr, der Übergang von der NVA zur Bundeswehr unter Einbeziehung persönlicher Erfahrungen eines Zeitzeugen in beiden deutschen Streitkräften, unveröffentlichte Studie im Fond des Zentrums für Militärgeschichte und Sozialwissenschaften der Bundeswehr, Forschungsbereich 3 "Militärgeschichte nach 1945", Potsdam 2011

HEINZE 2010: Peter Heinze, Bundeswehr „erobert“ Deutschlands Osten, Ein ostdeutscher Reporter im Einsatz, Carola Hartmann Miles - Verlag, Berlin 2010

HEINZE 2013: Peter Heinze, Berliner Militärgeschichten, Über Alliierte, NVA und Bundeswehr aus dem Kalten Krieg und danach, Carola Hartmann Miles - Verlag, Berlin 2013

HÖGER 1971: Adolf Höger, Warmformen von Kunststoffen, Kunststoffverarbeitung 18, Carl Hanser Verlag, München 1971

HORIE 2010: Velson Horie, Materials for Conservation, Organic consolidants, adhesives and coatings, Routledge, London, New York 2010

JÄGERS 2006: Elisabeth Jägers, Oberflächenreinigung, eine systematische Annäherung, aus: VDR Schriftenreihe Band 2, S.12-26, Theiss 2006

JANIS 2005: Katrin Janis, Restaurierungsethik im Kontext von Wissenschaft und Praxis, Forum Denkmal und Restaurierung, Band 1, Martin-Meidenbauer Verlagsbuchhandlung, München 2005

KELLER 2010: Ruth Keller, Erhaltung von Sachzeugnissen der Industriekultur, Restaurierung von Technischem Kulturgut an der FHTW/HTW Berlin, Rückblick und Ausblick, Zweiter Teil, S.86-104, aus: Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut, Verband der Restauratoren, Band 1, 2010

KELLER 2016: Ruth Keller, Conservation of Manuscripts unter Local Conditions, S.615 - 637, aus: Ute Franke (Hg.), Martina Müller-Wiener (Hg.), Ancient Herat Volume 3, Herat Through Time, The Collections of the Herat Museum and Archive, Staatliche Museen zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz, Berlin 2016

KERR BATCHELLER 1993: Nancy Kerr, Jane Batcheller, Degradation of polyurethanes in 20th Century museum textiles, S.189-203, aus: D. W. Grattan (Hg.), Saving the Twentieth Century: The Conservation of Modern Materials, Proceedings of a Conference: Symposium '91 - Saving the Twentieth Century, Canadian Conservation Institute, Ottawa, Canada, 15 to 20 September 1991

KRAINER 2008: Kerstin Krainer, Malschichtbefestigung an einer barocken Wanddekoration auf Leinwand und Verwendung von Cyclododecan, S.54-63, aus: Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut, Band 1, VDR 2008

KRAUDZUN 2016: Henning Kraudzun, Die Sandkastenspiele der NVA, in: Märkische Oderzeitung, 07.07.2016, S.3

LATZKE HESSE 1988: Peter M. Latzke, Rolf Hesse, Textile Fasern, Rasterelektronenmikroskopie der Chemie- und Naturfasern, Analysieren, Klassifizieren, Zitieren, Ordnen, Deutscher Fachverlag, Alzey 1988

LAUTSCH 2013: Siegfried Lautsch, Kriegsschauplatz Deutschland, Erfahrungen und Erkenntnisse eines NVA-Offiziers, ZMSBw Potsdam, 2013

LAVÉDRINE 2012: Bertrand Lavédrine (Hg.), Alban Fournier, Graham Martin, Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections, Comité des travaux historiques et scientifiques - CTHS, Paris 2012

LEUTERT 1983: Armin Leutert, Georg Zürcher, Allgemeine Berufskunde der Drucktechnik, Eigenverlag des Herausgebers, Armin Leutert, CH-5105 Untererlinsbach AG

LIPPERT 2015: Tine Lippert, Probereihe zur Zugfestigkeit von japanischem Kozo-Papier in Verbindung mit unterschiedlichen Klebstoffen, unveröffentlichte Semesterarbeit - im Anhang angefügt, HTW Berlin, 2015

LORNE 1999: Aleth Lorne, Experiments in the Conservation of a Foam Object, S.143-148, aus: Modern Art, Who Cares, Hummeln et al. (Hg.), Amsterdam 1999

MAIER PETERSEN 2006: Christina Maier, Karin Petersen, Schimmelpilze auf Papier, Biologische Grundlagen, Erkennung, Behandlung und Prävention, der Andere Verlag, Tönning, Lübeck und Marburg 2006

MATTERN 2004: Heidi Mattern, Beständigkeit von mit Lichtschutzmitteln versetzten Schutzüberzügen auf Basis von natürlichen und synthetischen Harzen, Diplomarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminen/Göttingen, Hildesheim 2004

MENGES 2011: Georg Menges, Edmund Haberstroh, Walter Michaeli, Ernst Schmachtenberg, Menges Werkstoffkunde Kunststoffe, Carl Hanser Verlag, 2011

MfNV 1987: Ministerium für nationale Verteidigung der DDR (Hg.), Handbuch Militärisches Grundwissen, NVA-Ausgabe, Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB), Berlin 1987

MORALES MUÑOZ 2010: Clara Morales Muñoz, Surface modification of plasticized PVC by dry cleaning methods: Consequences for artworks, aus: Applied Surface Science 256, S.3567–3572, 2010

OTL KOCH: Informationsblatt erstellt von Oberstleutnant Martin Koch, Kasernenkommandant der von Hardenberg-Kaserne in Strausberg

PASTORELLI STRLIC 2012: Gianluca Pastorelli, Matija Strlic, Development of dose-response functions for historic plastic materials, S. 151-155, aus: Bertrand Lavédrine (Hg.), Alban Fournier, Graham Martin, Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections, Comité des travaux historiques et scientifiques - CTHS, Paris 2012

PIETSCH 2005: Annik Pietsch, Lösemittel, Ein Leitfaden für die restauratorische Praxis, VDR-Schriftenreihe zur Restaurierung, Band 7, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart 2005

PLOETZ 1992: Dr. Karl Julius Ploetz, Der grosse Ploetz, Auszug aus der Geschichte von den Anfängen bis zur Gegenwart, 31. Auflage, Verlag Ploetz Würzburg, Freiburg 1992

PONGRATZ EHRENSTEIN 2013: Sonja Pongratz, Gottfried W. Ehrenstein, Resistance and Stability of Polymers, Carl Hanser Verlag, München 2013

RFT 1986: VEB Kombinat Mikroelektronik, Aktive elektronische Bauelemente, Band 1 und 2, Erfurt 1986

ROGOWIN 1982: Zakhar Aleksandrowitsch Rogowin, Chemiefasern, Chemie, Technologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1982

RÖMPP 1989: Prof. Dr. Jürgen Falbe (Hg.), Prof. Dr. Manfred Regitz (Hg.), Römpp Chemie Lexikon, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1989

ROSS PHENIX 2005: Suzanne Ross, Alan Phenix, Vulpex spirit soap as a cleaning agent for painted surfaces, aus: WAAC Newsletter, Volume 27, Number 1, January 2005

RYCHLÝ RYCHLÁ 2012: Jozef Rychlý (Koordination), Lyda Rychlá (Koordination), Scientific assessment of plastics degradation, S.157-167, aus: Bertrand Lavédrine (Hg.), Alban Fournier, Graham Martin, Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections, Comité des travaux historiques et scientifiques - CTHS, Paris 2012

SAECHTLING 2004: Oberbach (Hg.), Baur (Hg.), Brinkmann (Hg.), Schmachtenberg (Hg.), Saechtling Kunststoff Taschenbuch, 29. Ausgabe, Hanser Verlag, 2004

SCHNEIDER 1994: Peter Schneider, Die neuen Kameraden, Eine Meisterleistung der Vereinigung: Wie die NVA aufgelöst wurde, in: Spiegel Nr. 24, 1994, S.74-89

SCHRAMM HERING 1995: Hans-Peter Schramm, Bernd Hering, Malmaterialien und ihre Identifizierung, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1995

SCHWARZ 1988: Dr.-Ing. Otto Schwarz, Chem.-Ing. Friedrich-Wolfhard Ebeling, Ing. Götz Lüpke, Ing. Winfried Schelter, Kunststoffverarbeitung, Vogel Buchverlag Würzburg, 1988

SINHA 2004: R. Sinha, Outlines of Polymer Technology: Manufacture of Polymers, Prentice-Hall of India, Neu Dehli 2004

SHASHOUA 2008: Yvonne Shashoua, Conservation of Plastics, Materials Science, Degradation and Preservation, Butterworth-Heinemann, Oxford 2008

SHASHOUA 2012: Yvonne Shashoua (Coordinator), Studies in active conservation of plastic artefacts in museums, S.217-307, aus: Bertrand Lavédrine (Hg.), Alban Fournier, Graham Martin, Preservation of Plastic Artefacts in Museum Collections, Comité des travaux historiques et scientifiques - CTHS, Paris 2012

SMITH 1984: Merrily A. Smith, Norvell M. M. Jones, Susan L. Page, Marian Peck Dirda, Pressure-sensitive tape and Techniques for its Removal from Paper, S. 101-113, aus: Journal of the American Institute for Conservation, 1984

SOLVIN: Produktdatenblatt SolVin®, VC/VAC Copolymers

STOECKHERT 1992: Dr.-Ing. Klaus Stoeckert (Hg.), Prof. Dr.-Ing. Wilbrand Woebecken (Hg.), Kunststofflexikon, 8.Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, 1992

VAN DE WETERING 1982: Ernst van de Wetering, Die Oberfläche der Dinge und der museale Stil, S.98-102, aus: Maltechnik / Restauro, Heft 2, 1982

VAN OOSTEN 2002: Thea van Oosten (Hg.), Plastics in Art, History, Technology, Preservation, Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Band 15, Siegl, München 2002

VAN OOSTEN 2011: Thea van Oosten, PUR facts, Amsterdam University Press, Amsterdam 2011

VIOLLET LE DUC 1990: Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc, Restoration, aus: The foundation of Architecture, Selections of the Dictionnaire Raisonné, New York 1990

VINNOLIT: Vinnolit® Online-Brochure: PVC Grades for Manufacturing of Film, 2003

VOSS 1970: Klaus W. Voss, Chemische Fabrik, Polyurethan-Schaumstoffe und Coatings, Eigenschaften, Verarbeitung, Anwendung, Klaus W. Voss Verlag, Uetersen 1970

WAENTIG 2004: Friederike Waentig, Kunststoffe in der Kunst, Michael Imhof Verlag, Petersberg 2004

WEBER 2007: Bruno Weber, Von oben herab, Gelände in Relief und Panorama als wissenschaftliche und künstlerische Ausdrucksform der Erdoberfläche, S.23-45, aus: Andreas Bürgi (Hg.), Europa Miniature, Die kulturelle Bedeutung des Reliefs, 16.-21. Jahrhundert, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich 2007

WINKELMEYER 2002: Iris Winkelmeier, Perfection for an Instant-Restoration of a Polyurethane Soft Sculpture by John Chamberlain, S.153-164, aus: Thea van Oosten (Hg.) Plastics in Art, History, Technology, Preservation, Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Band 15, Siegl, München 2002

ZMSBW: Informationsblatt zum Ausbildungszentrum, Zentrum für Militärgeschichte und Sozialwissenschaften der Bundeswehr Potsdam, Forschungsbereich 3 "Militärgeschichte nach 1945"

10.7.2 Internetquellen

FUNKAMATEUR 1989: Amateurfunkservice GmbH, Bauelementinformation Lichtemitterdioden, Typenübersicht, FA 3/89, www.funkamateur.de, Zugriff am 15.11.2016, 12:12h

LATTERMANN 2016: Günter Lattermann, The Matrix Design, e-plastory, Journal of Plastics History, Nr.1, 2016

MIZOKAMI 2013: Kyle Mizokami, Fulda Gap Das hübsche Städtchen Fulda, das im Dritten Weltkrieg eine Wüste geworden wäre - Diese kleine deutsche Stadt war „Ground Zero“ für den Fall, dass der Kalte Krieg heiß geworden wäre, 30.09.2013, <http://pointalpha.com/gedenkstaette/historischer-ort/fulda-gap>, Zugriff am 03.10.2016, 14:50h

SASS 2013a: Jakob Saß, Kalter Krieg, Wie die NVA die Bundesrepublik erobern wollte, in: Die Welt, 28.08.2013, <http://www.welt.de/119445108>, Zugriff am 28.09.2016, 16:54h

SASS2013b: Jakob Saß, Kalter Krieg, Warum die NVA den Westen erobert hätte, in: Die Welt, 19.09.2013, <http://www.welt.de/120175507>, Zugriff am 28.09.2016, 16:51h

SUNDERMEYER 2006: Olaf Sundermeyer, NVA-Geschichte in Strausberg, Die uniformierte Stadt, in: Spiegel Online, 01.03.2006, <http://www.spiegel.de/panorama/nva-geschichte-in-strausberg-die-uniformierte-stadt-a-403654.html>, Zugriff am 28.09.16, 12:01h

http://www.essentialchemicalindustry.org/images/stories/670_Polyurethane/Polyurethanes_14.JPG, Zugriff am 27.11.2016, 23:37h

<https://de.wikipedia.org/wiki/Von-Hardenberg-Kaserne#/media/File:MfNV.jpg>, Zugriff am 05.01.2017, 21:57h

11. Anhang

11.1 a) Zeichnungen und Kartierungen

- 1) K8 EISENACH, ZEICHNUNG OBERSEITE
- 2) K8 EISENACH, MATERIALKARTIERUNG OBERSEITE
- 3) K8 EISENACH, ZUSTANDSKARTIERUNG OBERSEITE
- 4) K8 EISENACH, ZEICHNUNG UNTERSEITE
- 5) K8 EISENACH, MATERIALKARTIERUNG UNTERSEITE
- 6) J8 GOTHA, ZEICHNUNG OBERSEITE
- 7) J8 GOTHA, MATERIALKARTIERUNG OBERSEITE
- 8) J8 GOTHA, Zustandskartierung OBERSEITE
- 9) J8 GOTHA, ZEICHNUNG UNTERSEITE
- 10) J8 GOTHA, MATERIALKARTIERUNG UNTERSEITE
- 11) K8 EISENACH, SCHATPLAN
- 12) J8 GOTHA, SCHATPLAN

11.1 b) Abbildungen

OAZ / VON HARDENBERG-KASERNE, STRAUSBERG, EHEMALS MfNV
IM MHM FLUGPLATZ BERLIN-GATOW
LEGENDE
ERGÄNZENDE FOTODOKUMENTATION
ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN
ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE
MASSNAHMEN - SCHAUM, FOLIE, TEXTILKLEBBÄNDER, KITT

11.2 Probereihen

- 1) LÖSLICHKEIT
- 2) POLYURETHANHARTSCHAUM - KONSOLIDIERUNG
- 3) POLYURETHANHARTSCHAUM - ERGÄNZUNG, KITTUNG
- 4) VCVAc-FOLIE - REINIGUNG

11.3 Rezepte

ZUBEREITUNG WEIZENSTÄRKEKLEISTER
ZUBEREITUNG KONSOLIDIERUNGSMITTEL - POLYURETHANHARTSCHAUM

11.4 Materialanalysen

11.4.1 Thermogeformte Folie

11.4.2 Hartschaumsockel

11.4.3 Textilien

TEXTILKLEBBAND – GEWEBE
TEXTILARMIERUNG FOLIE - GEWEBE
ETIKETT KABELSTRANG - GEWEBE
SCHNUR KABELSTRANG

11.4.4 Kitt

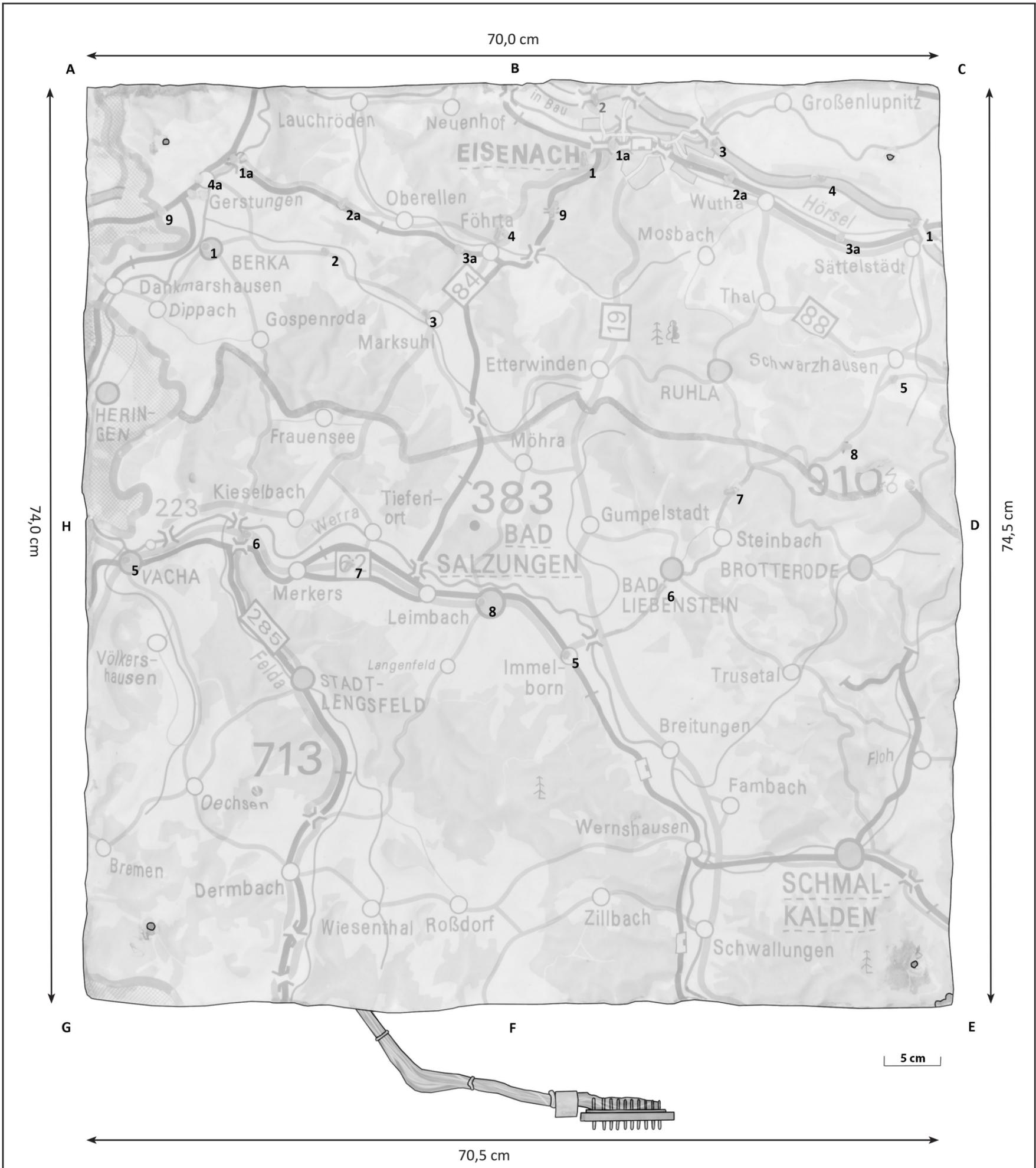
11.4.5 Kabelisolierung

11.5 Spektren

11.6 Technische Merkblätter

11.1 a) Zeichnungen und Kartierungen

- 1) K8 EISENACH, ZEICHNUNG OBERSEITE
- 2) K8 EISENACH, MATERIALKARTIERUNG OBERSEITE
- 3) K8 EISENACH, ZUSTANDSKARTIERUNG OBERSEITE
- 4) K8 EISENACH, ZEICHNUNG UNTERSEITE
- 5) K8 EISENACH, MATERIALKARTIERUNG UNTERSEITE
- 6) J8 GOTHA, ZEICHNUNG OBERSEITE
- 7) J8 GOTHA, MATERIALKARTIERUNG OBERSEITE
- 8) J8 GOTHA, Zustandskartierung OBERSEITE
- 9) J8 GOTHA, ZEICHNUNG UNTERSEITE
- 10) J8 GOTHA, MATERIALKARTIERUNG UNTERSEITE
- 11) K8 EISENACH, SCHATPLAN
- 12) J8 GOTHA, SCHATPLAN



Anmerkungen

Die Ziffern stehen für die Nummer des Steckkontakts, von dem die jeweilige LED angesteuert wird, vergleiche Schaltplan „K8 Eisenach“

Maße

Kantenlänge AC: 70,0cm
 Kantenlänge CE: 74,5 cm
 Kantenlänge EG: 70,5 cm
 Kantenlänge GA: 74,0 cm

Höhe A: 4,5 cm
 Höhe B: 4,0 cm
 Höhe C: 5,0 cm
 Höhe D: 8,7 cm
 Höhe E: 6,5 cm
 Höhe F: 5,7 cm
 Höhe G: 6,0 cm
 Höhe H: 4,5 cm

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Zeichnung / Piktogramm	Zeichnungs-nr.	1
Projekt	Strausberger Relief - Zeichnung Oberseite, Segment „K8 Eisenach“, Bachelorarbeit		



Anmerkungen

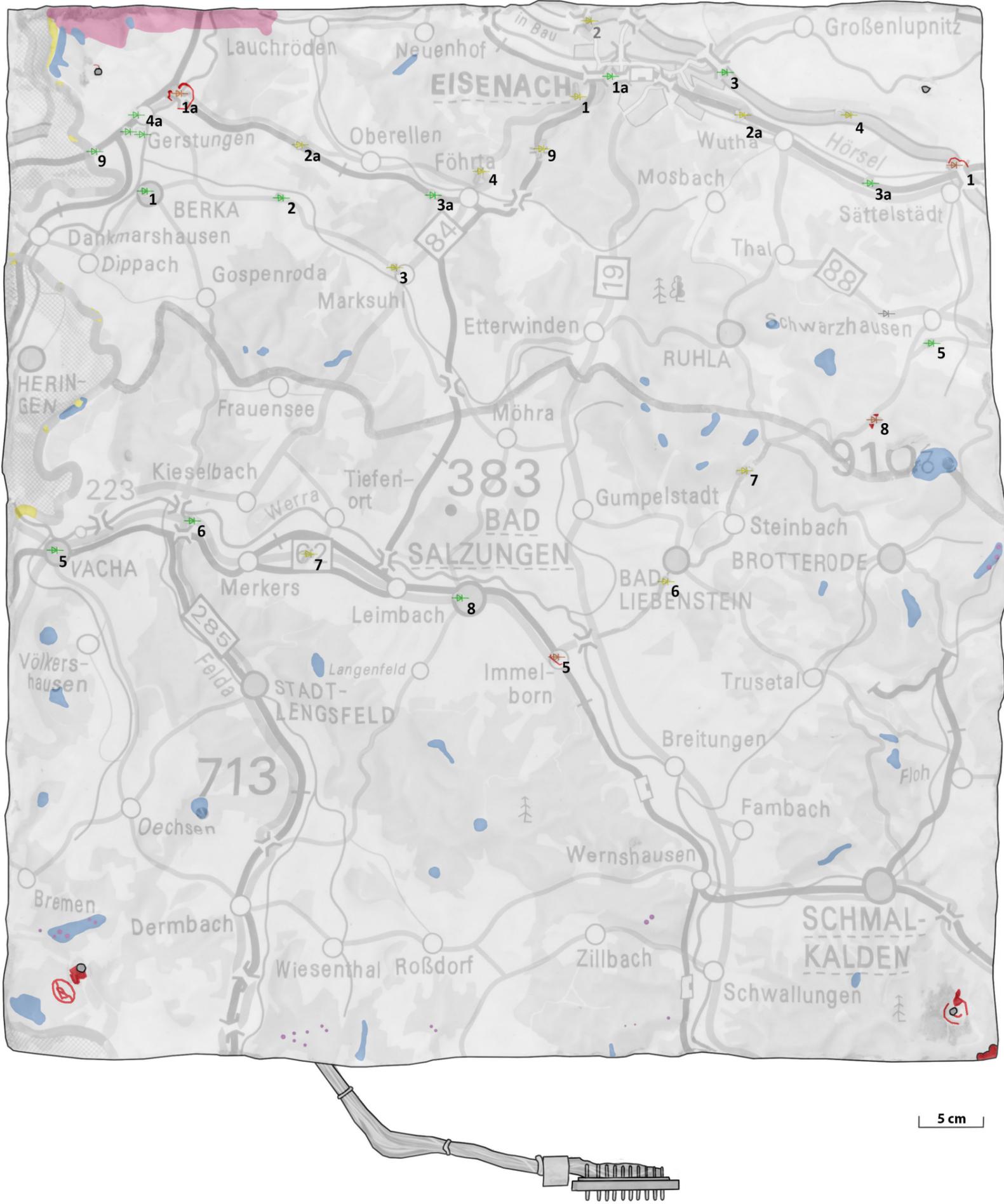
Die Ziffern stehen für die Nummer des Steckkontakts, von dem die jeweilige LED angesteuert wird, vergleiche Schaltplan „K8 Eisenach“

- | | |
|---|--|
| Vinylchlorid-Vinylacetat Copolymer | Permanentfilzstift |
| Polyurethanhartschaum | Klebstoff, LEDs |
| Fugenkitt | Fluoreszenzfarbe, rot |
| Textil, regenerierte Cellulose | Farbe Violett |
| Duroplast | Farbe Orange |
| Versilbertes Messing | LED gelb |
| Textilkleband | LED grün |
| Aufkleber, papierbasiert | LED weiß |
| Pappe | |

Probenentnahmestellen

- 16058_P10 Rote Fluoreszenzfarbe
- 16058_P17 Fasern Textilarmierung Folie

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Kartierung / Piktogramm	Zeichnungs-nr.	2
Projekt	Strausberger Relief - Materialkartierung Oberseite, Segment „K8 Eisenach“, Bachelorarbeit		



Anmerkungen

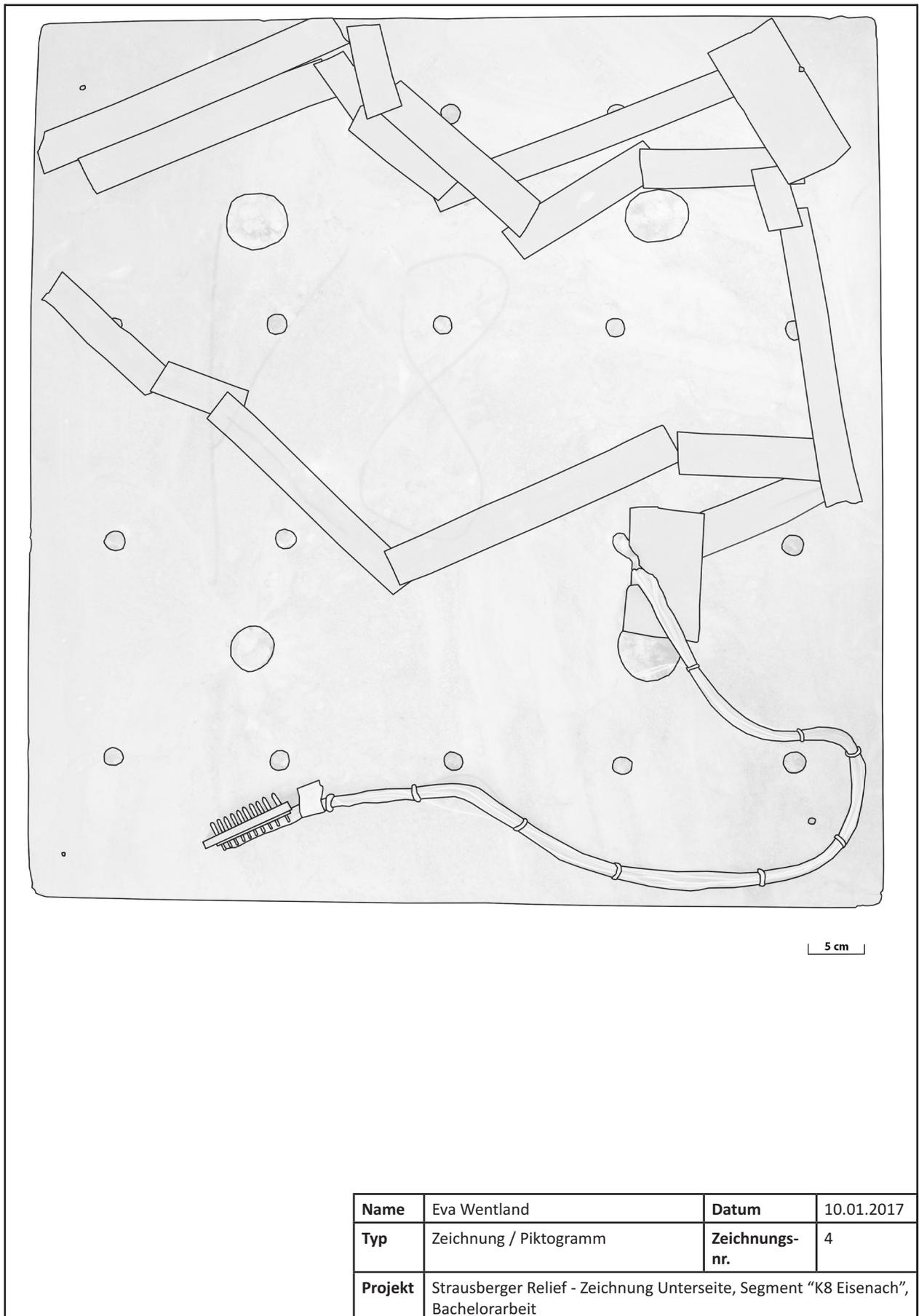
Die Ziffern stehen für die Nummer des Steckkontakts, von dem die jeweilige LED angesteuert wird, vergleiche Schaltplan „K8 Eisenach“

Legende

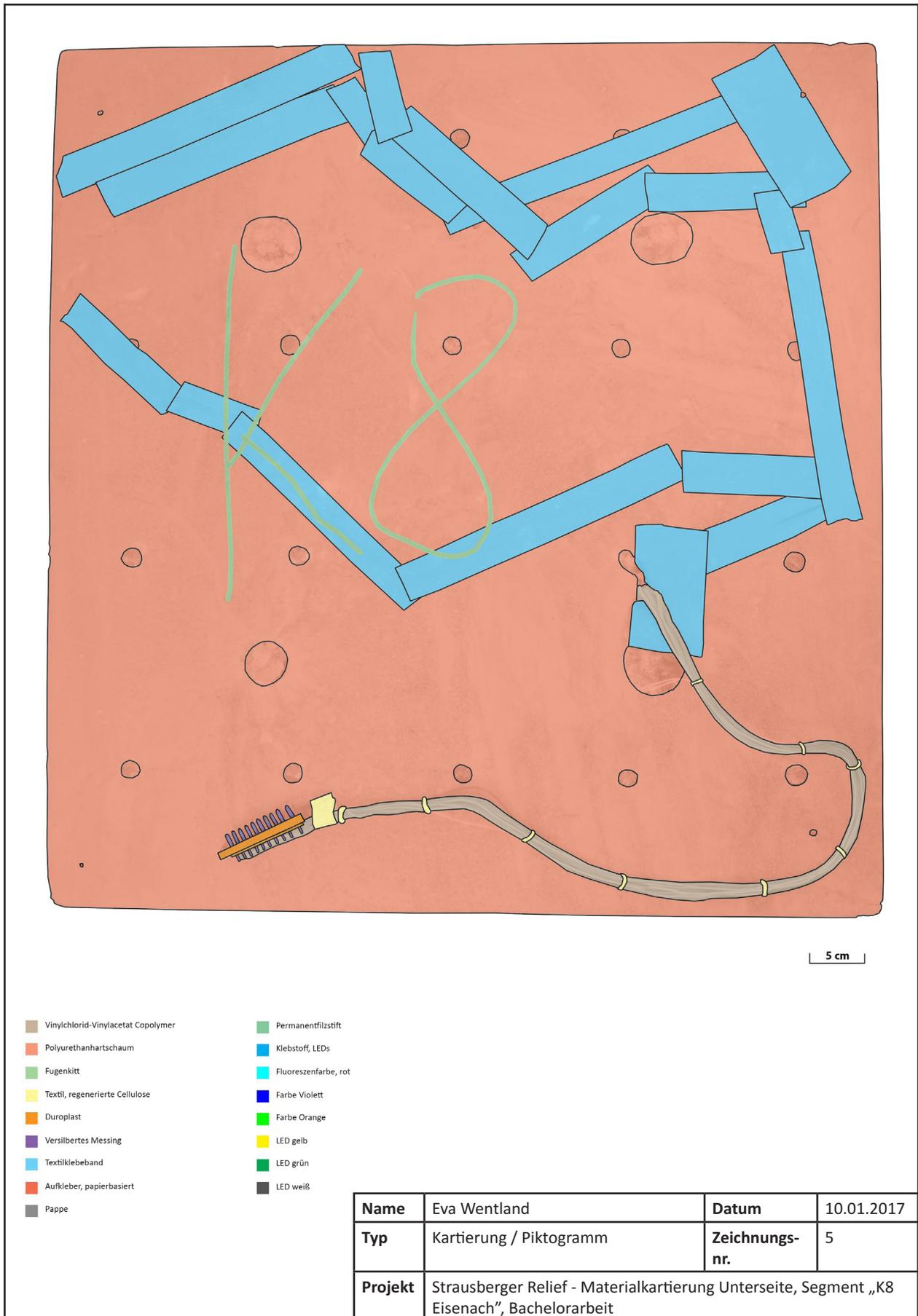
- Brüche, Fehlstellen
- Abrieb der Druckfarbe
- Ablösung Fluoreszenzfarbe
- Besonders starke Schmutzanhaftung/ öliger Film
- Blasenwurf Folie
- LED intakt
- LED umgeknickt
- LED eingedrückt
- LED herausgezogen

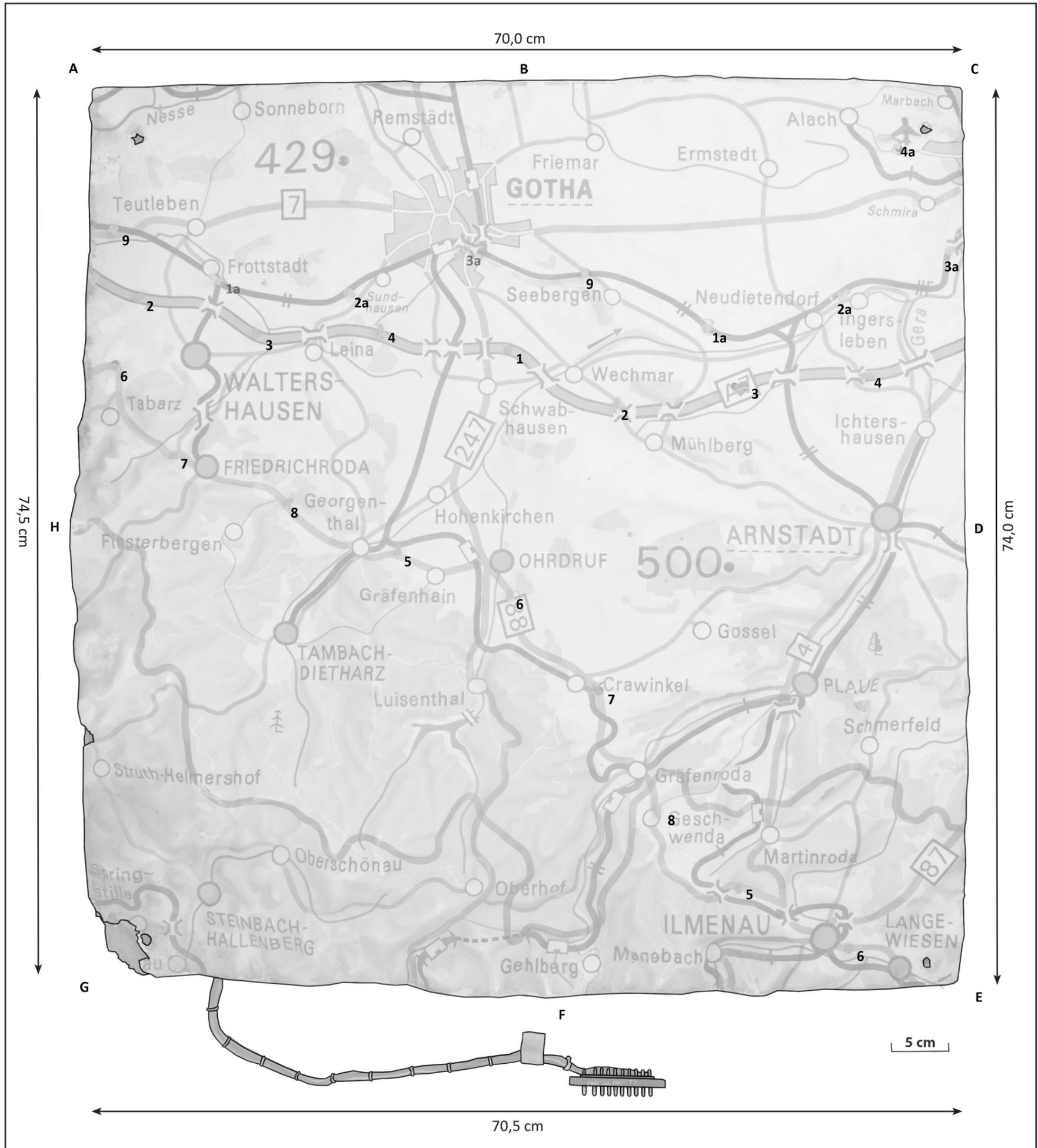
Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Kartierung / Piktogramm	Zeichnungs-nr.	3
Projekt	Strausberger Relief - Zustandskartierung Oberseite, Segment „K8 Eisenach“, Bachelorarbeit		

11.1 A) ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN - 4) K8 EISENACH, ZEICHNUNG UNTERSEITE



11.1 A) ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN - 5) K8 EISENACH, MATERIALKARTIERUNG UNTERSEITE





Anmerkungen

Die Ziffern stehen für die Nummer des Steckkontakts, von dem die jeweilige LED angesteuert wird, vergleiche Schaltplan „J8 Gotha“

Maße

- Kantenlänge AC: 70,0cm
- Kantenlänge CE: 74,0 cm
- Kantenlänge EG: 70,5 cm
- Kantenlänge GA: 74,5 cm

- Höhe A: 4,5cm
- Höhe B: 4,7 cm
- Höhe C: 3,5 cm
- Höhe D: 4,5 cm
- Höhe E: 5,0 cm
- Höhe F: 9,5 cm
- Höhe G: Fehlstelle
- Höhe H: 9,2 cm

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Zeichnung / Piktogramm	Zeichnungs-nr.	6
Projekt	Strausberger Relief - Zeichnung Oberseite, Segment „J8 Gotha“, Bachelorarbeit		

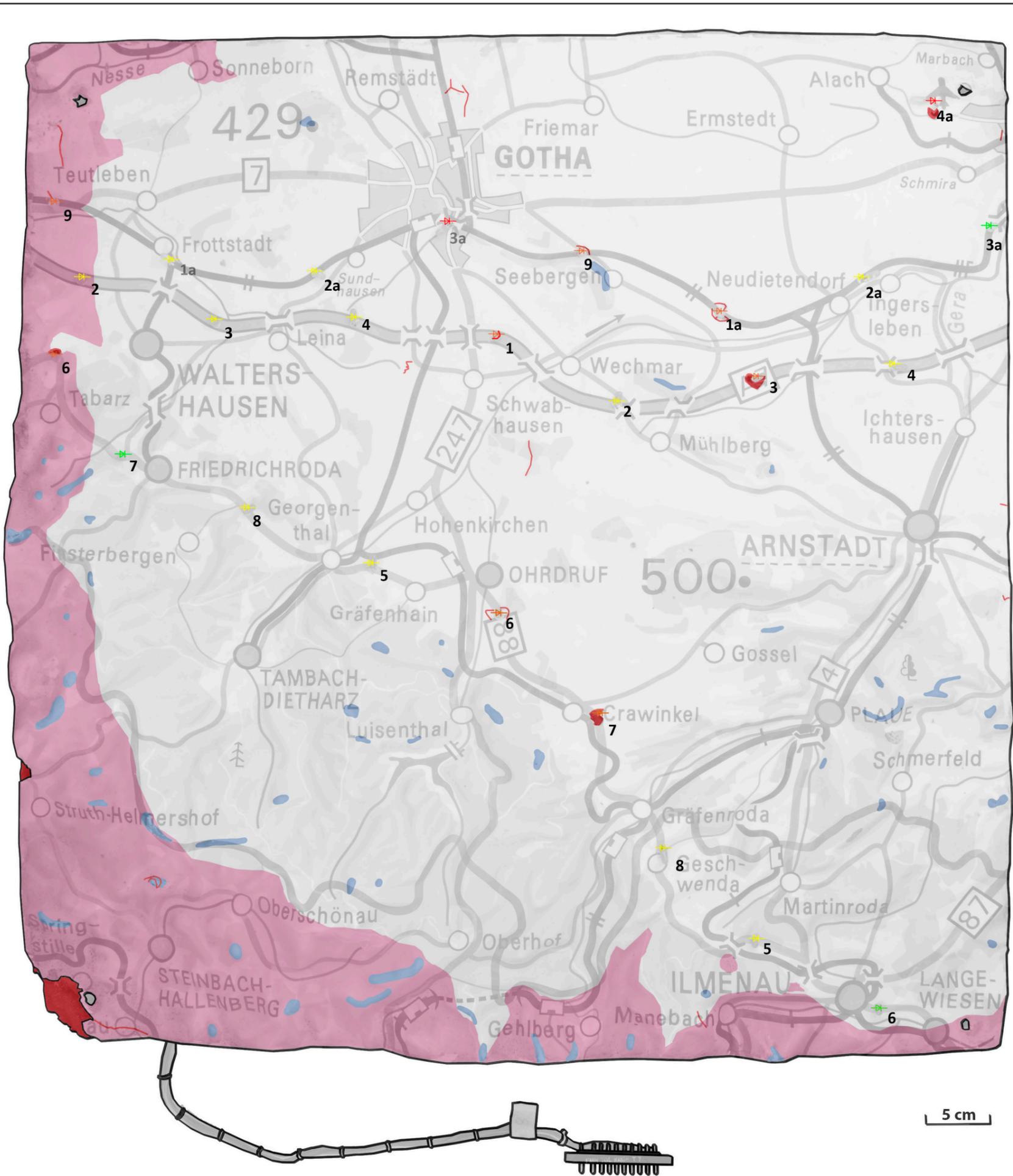


Anmerkungen

Die Ziffern stehen für die Nummer des Steckkontakts, von dem die jeweilige LED angesteuert wird, vergleiche Schaltplan „J8 Gotha“

- Vinylchlorid-Vinylacetat Copolymer
- Polyurethanhartschaum
- Fugenkitt
- Textil, regenerierte Cellulose
- Duroplast
- Versilbertes Messing
- Textilkleband
- Aufkleber, papierbasiert
- Pappe
- Permanentfilzstift
- Klebstoff, LEDs
- Fluoreszenfarbe, rot
- Farbe Violett
- Farbe Orange
- LED gelb
- LED grün
- LED weiß

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Kartierung / Piktogramm	Zeichnungs-nr.	7
Projekt	Strausberger Relief - Materialkartierung Oberseite, Segment „J8 Gotha“, Bachelorarbeit		



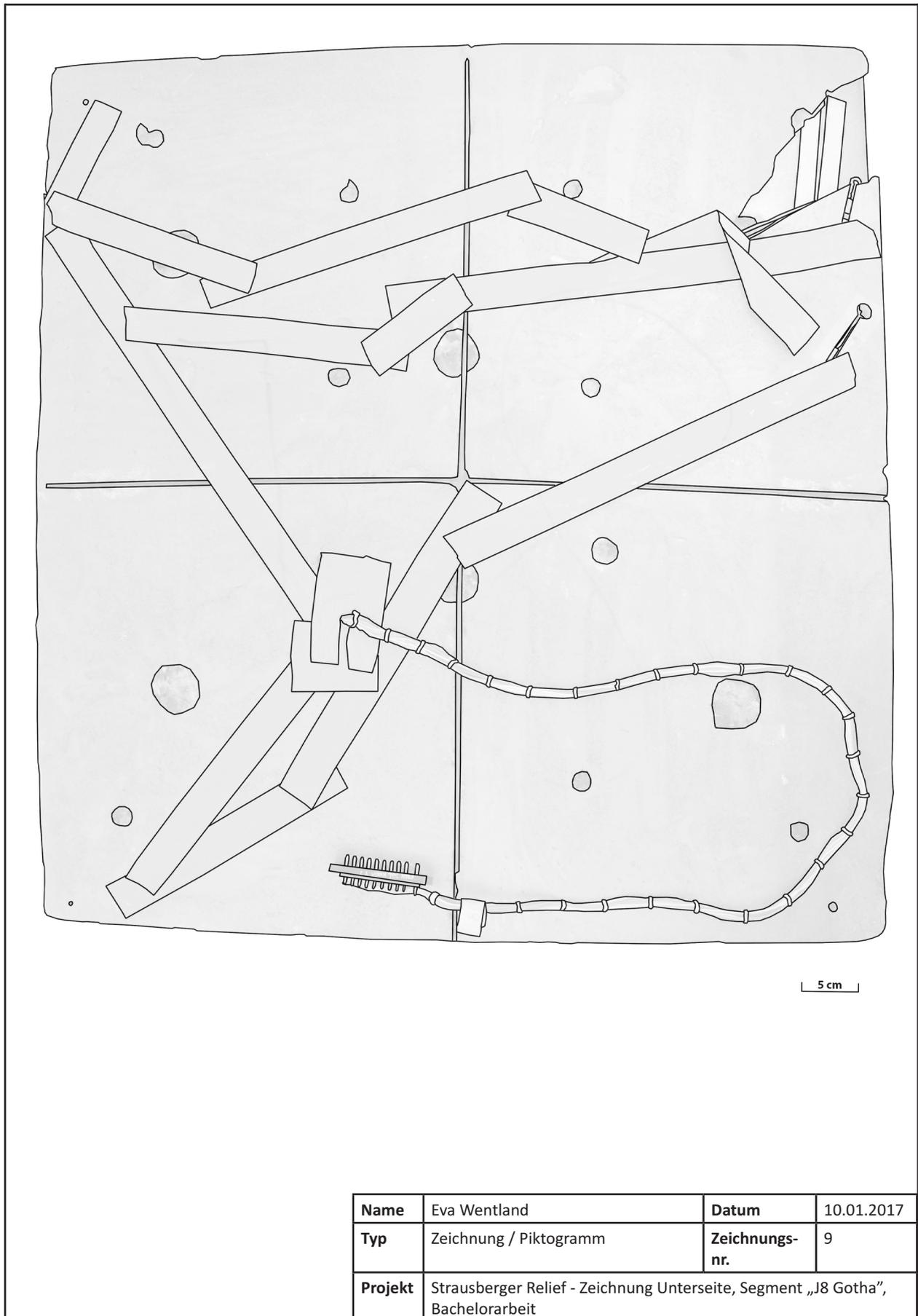
Anmerkungen

Die Ziffern stehen für die Nummer des Steckkontakts, von dem die jeweilige LED angesteuert wird, vergleiche Schaltplan „J8 Gotha“

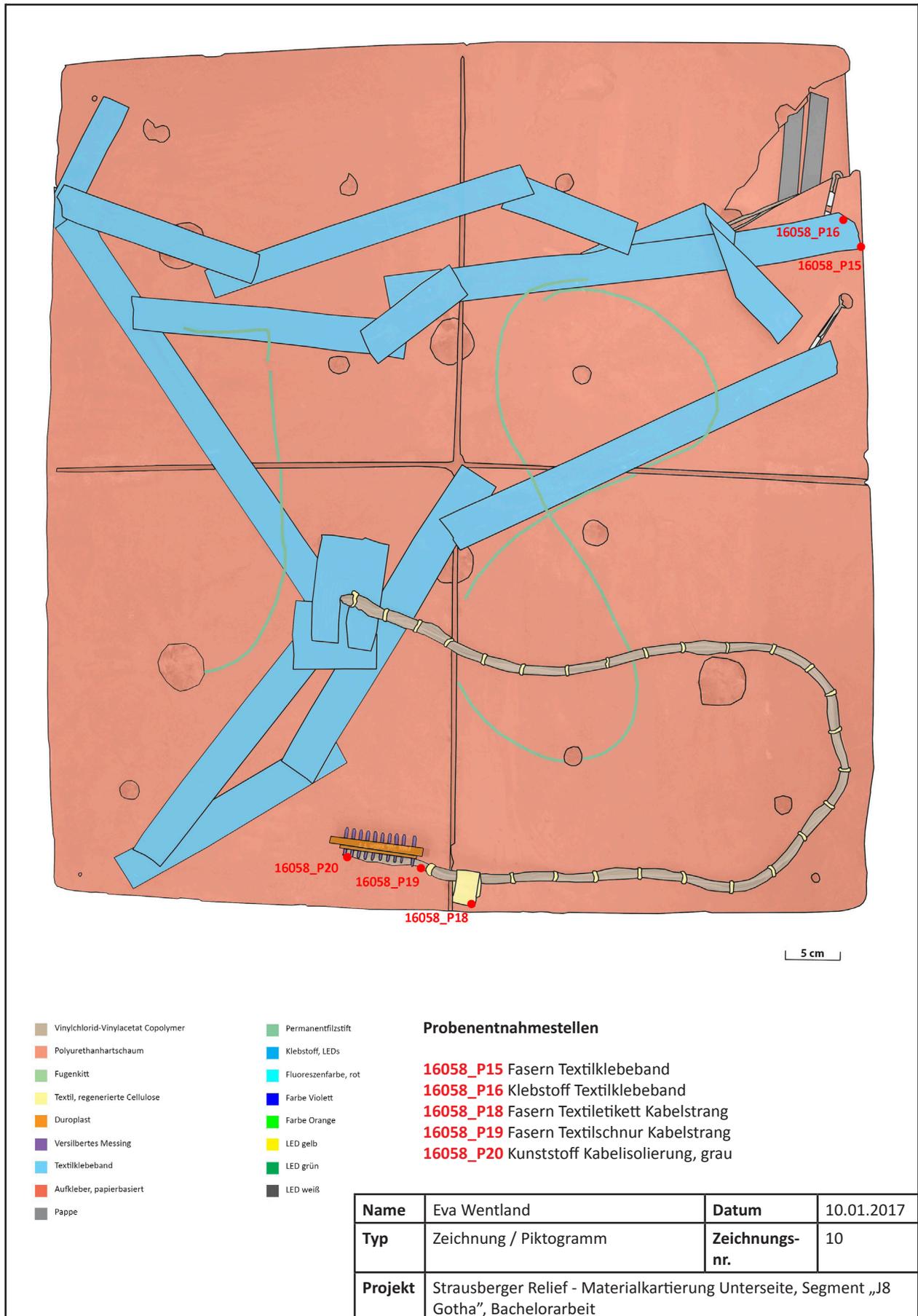
- Brüche, Fehlstellen
- Abrieb der Druckfarbe
- Ablösung Fluoreszenzfarbe
- Besonders starke Schmutzanhaftung/ öliger Film
- Blasenwurf Folie
- + LED intakt
- + LED umgeknickt
- + LED eingedrückt
- + LED herausgezogen

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Kartierung / Piktogramm	Zeichnungs-nr.	8
Projekt	Strausberger Relief - Zustandskartierung Oberseite, Segment „J8 Gotha“, Bachelorarbeit		

11.1 A) ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN - 9) J8 GÖTTA, ZEICHNUNG UNTERSEITE

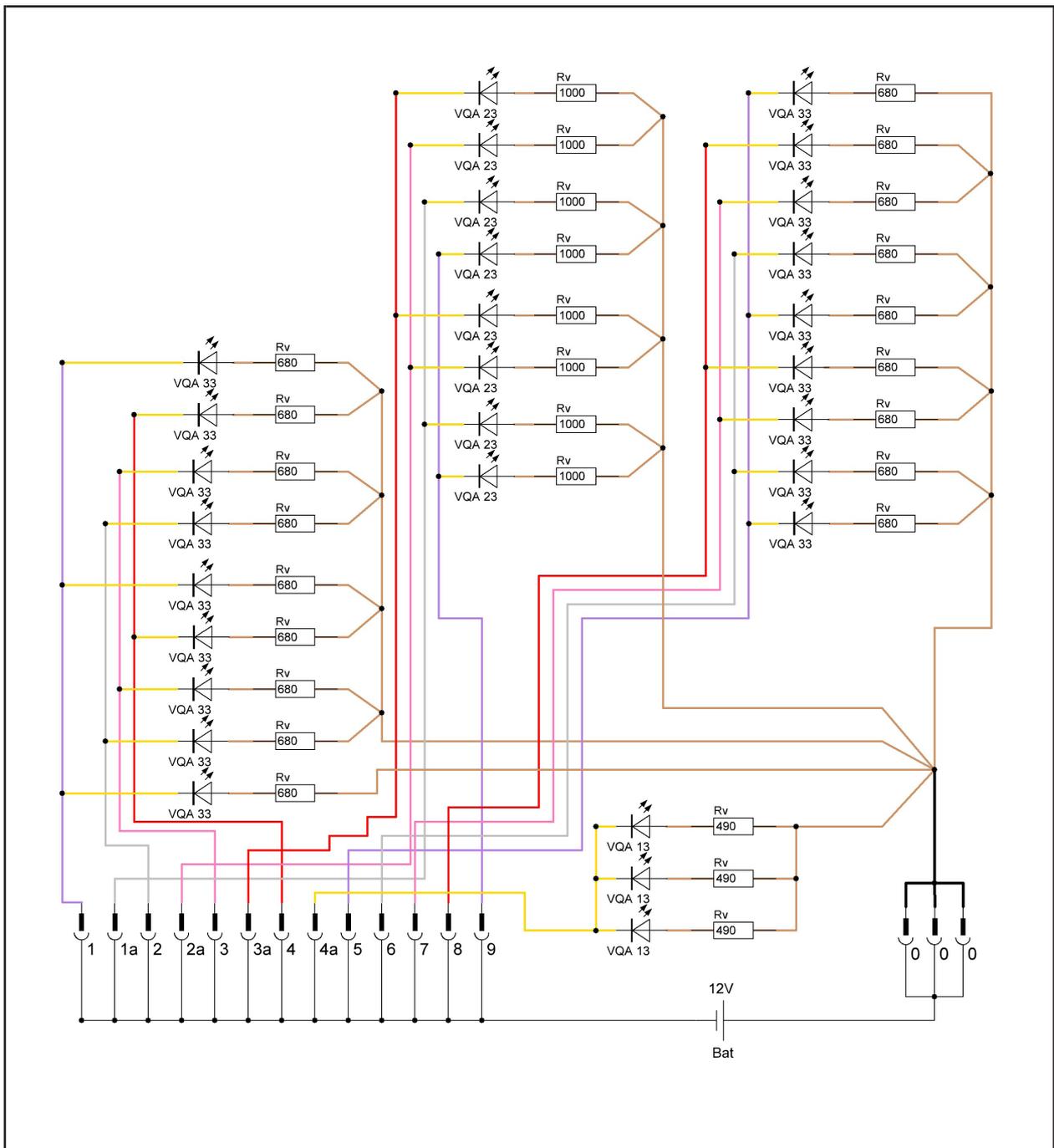


11.1 A) ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN - 10) J8 GOTHÄ, MATERIALKARTIERUNG UNTERSEITE



- Vinylchlorid-Vinylacetat Copolymer
- Permanentfilzstift
- Polyurethanhartschaum
- Klebstoff, LEDs
- Fugenkitt
- Fluoreszenzfarbe, rot
- Textil, regenerierte Cellulose
- Farbe Violett
- Duroplast
- Farbe Orange
- Versilbertes Messing
- LED gelb
- Textilklebeband
- LED grün
- Aufkleber, papierbasiert
- LED weiß
- Pappe

11.1 A) ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN - 11) K8 EISENACH SCHALTPLAN



Anmerkungen

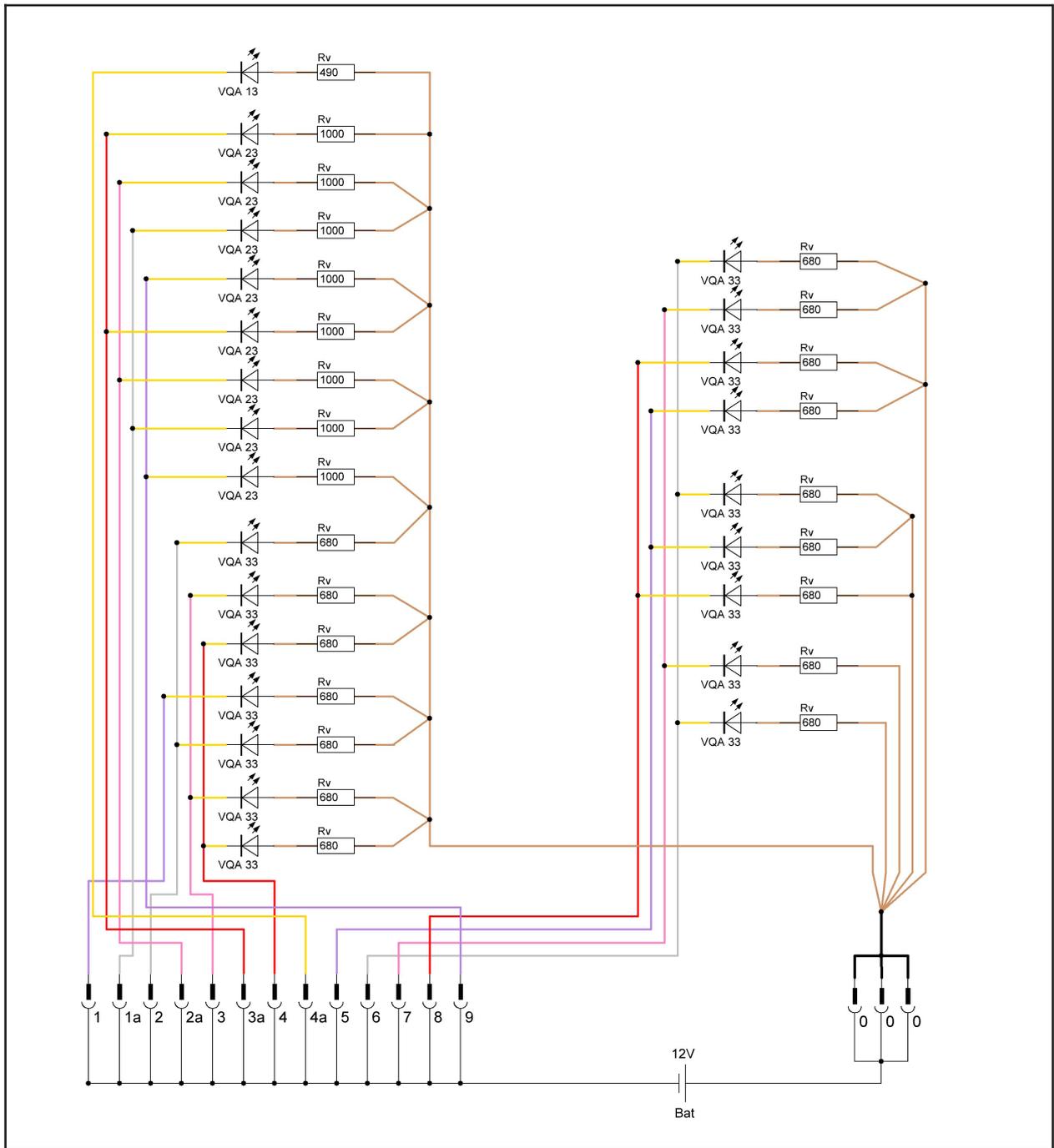
LEDs
 VQA 13 - Emissionsfarbe rot, Gehäuseeinfärbung weiß diffus, UF = 1,8V
 VQA 23 - Emissionsfarbe grün, Gehäuseeinfärbung grün diffus, UF = 2,6V
 VQA 33 - Emissionsfarbe gelb, Gehäuseeinfärbung gelb diffus, UF = 2,8V

Vorwiderstände
 Rv 490 - Beschriftung: 490 R GPN ||
 Rv 680 - Beschriftung: 680 R JT
 Rv 1000 - Beschriftung: 1KOKT

Die Farbigkeiten der Kabelstränge entsprechen den am Objekt verlegten Kabeln

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Zeichnung Schaltplan	Zeichnungs-nr.	11
Projekt	Strausberger Relief - Schaltplan, Segment „K8 Eisenach“, Bachelorarbeit		

11.1 A) ZEICHNUNGEN UND KARTIERUNGEN - 12) J8 GOTHA SCHALTPLAN



Anmerkungen

LEDs

- VQA 13 - Emissionsfarbe rot, Gehäuseeinfärbung weiß diffus, UF = 1,8V
- VQA 23 - Emissionsfarbe grün, Gehäuseeinfärbung grün diffus, UF = 2,6V
- VQA 33 - Emissionsfarbe gelb, Gehäuseeinfärbung gelb diffus, UF = 2,8V

Vorwiderstände

- Rv 490 - Beschriftung: 490 R GPN ||
- Rv 680 - Beschriftung: 680 R JT
- Rv 1000 - Beschriftung: 1KOKT

Die Farbigkeiten der Kabelstränge entsprechen den am Objekt verlegten Kabel

Name	Eva Wentland	Datum	10.01.2017
Typ	Zeichnung Schaltplan	Zeichnungs-nr.	12
Projekt	Strausberger Relief - Schaltplan, Segment „J8 Gotha“, Bachelorarbeit		

11.1 b) Abbildungen

OAZ / VON HARDENBERG-KASERNE, STRAUSBERG, EHEMALS MfNV



Abb.17: Satellitenaufnahme der Von-Hardenberg-Kaserne, ehemals MfNV der DDR, das OAZ befindet sich am rechten unteren Rand, Ausschnitt aufgerufen bei Google Maps, Bildschirmfoto vom 05.01.2017

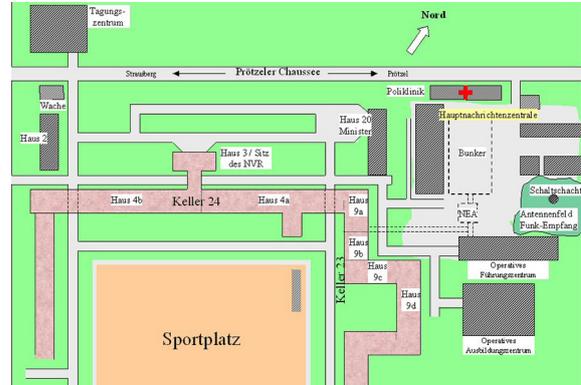


Abb.18: Plan des MfNV, der heutigen Von-Hardenberg-Kaserne, das OAZ befindet sich am rechten unteren Rand, Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Von-Hardenberg-Kaserne#/media/File:MfNV.jpg>, Zugriff am 05.01.2017



Abb.19: Blick auf das Gebäude des ehemaligen OAZ, der Reliefsaal erhebt sich über die Architektur, fotografiert von der Autorin am 12.08.2016



Abb. 20: Blick in den Reliefsaal vom zweiten Stock, links hinten ist das verbliebene Informationstableau sichtbar. Vergleiche mit Abbildung 1. Das Gebäude ist vom Strom getrennt, deshalb musste mit Blitzlicht fotografiert werden. Fotografie der Autorin vom 12.08.2016

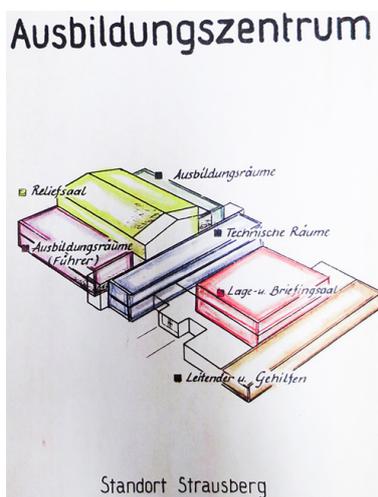


Abb. 21: Skizze des Gebäudekomplexes des OAZ, aus: ZMSBW, Titelblatt

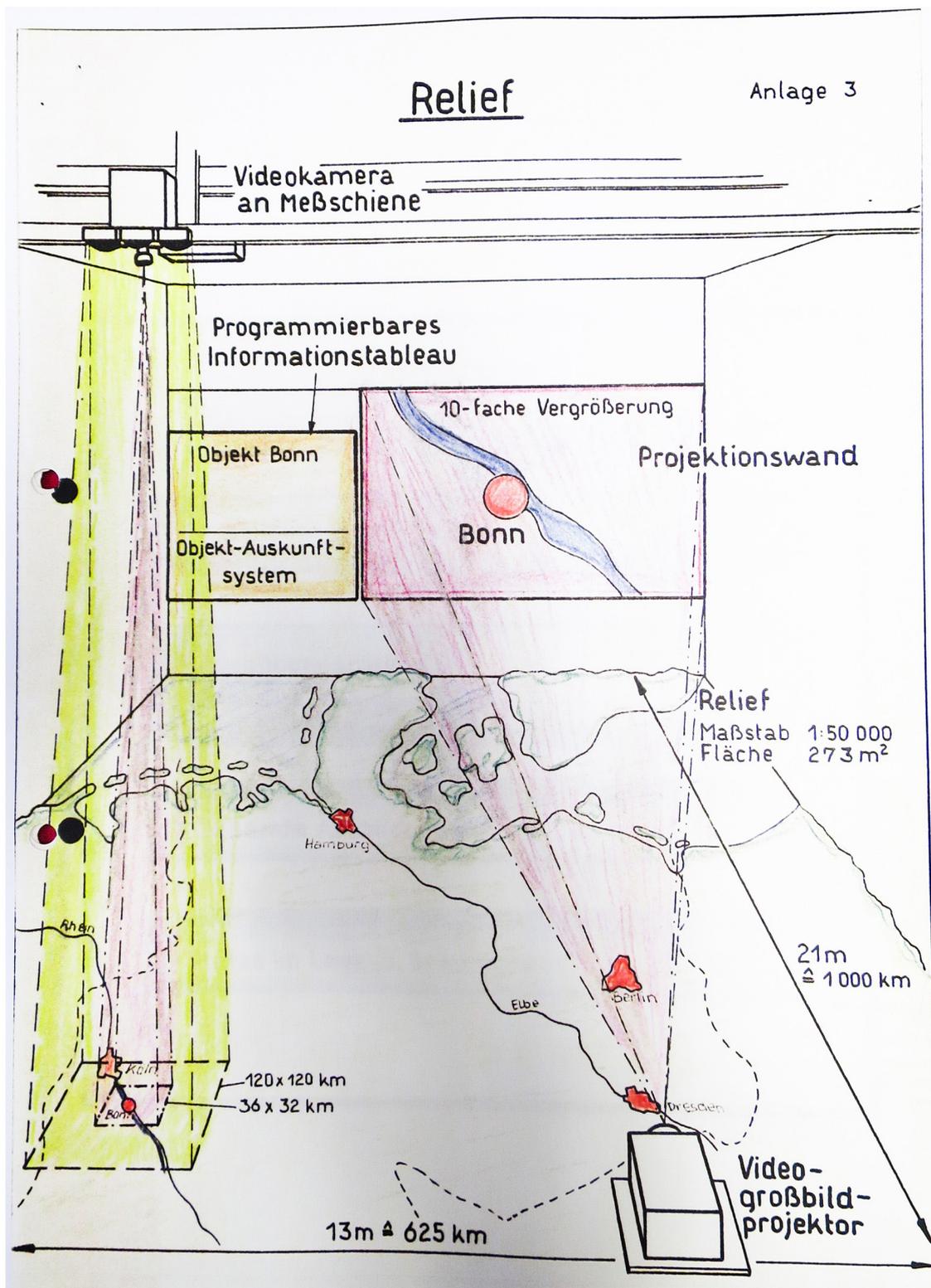


Abb. 22: Skizze des Reliefsaals in Funktion, die Videokamera mit Meßschiene sowie das Informationstableau sind noch vor Ort, aus: ZMSBW, Anlage 3

IM MHM FLUGPLATZ BERLIN-GATOW



Abb. 23: Aktuelle Lagerungssituation, siehe auch Abb.8, das Probenmaterial stammt von links an der hinteren Wand, dort ist originales, schwer beschädigtes Material gelagert; auf der vorderen Reihe liegt oben auf ein flaches, überwiegend blau bedrucktes Segment, dies ist die Musterplatte aus Abbildung 6.



Abb. 24: Vorerst zur Ausstellung gewählter Kartenausschnitt, der helfen soll den Codebegriff „Fulda Gap“ zu veranschaulichen. Die beiden Segmente der zweiten Reihe von unten, rechts außen, werden in dieser Arbeit thematisiert.

LEGENDE

Die Kartenzeichen und ihre Bedeutung wurden abgeglichen mit dem Handbuch Militärisches Grundwissen, NVA-Ausgabe, S.F37ff. Die Abbildungen sind nicht verortet, da sie keinen Zustand abbilden sollen, sondern exemplarisch den Karteninhalt belegen.



Abb. 25: Großstadtgebiet;
Orange gerastert, Größe Quadrate ca. 0,7 mm

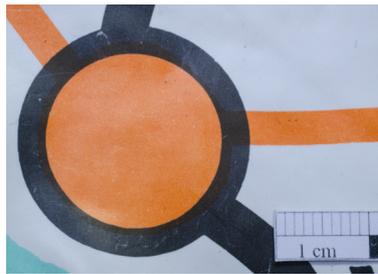


Abb. 26: Größere Stadt;
Schwarz umrundeter orangener Kreis, Ø 25mm



Abb. 27: Mittlere Stadt;
Schwarz umrundeter orangener Kreis, Ø 20 mm



Abb. 28: Größerer Ort;
schwarzer Kreis, Ø 15 mm



Abb. 29: Kleinerer Ort;
schwarzer Kreis, Ø 13 mm



Abb. 30: Bahnstrecke;
schwarze Linie, 5 mm Breite

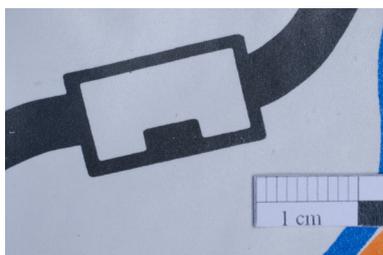


Abb. 31: Bahnhof mit seitlich der Strecke gelegenen Bahnhofsgebäude

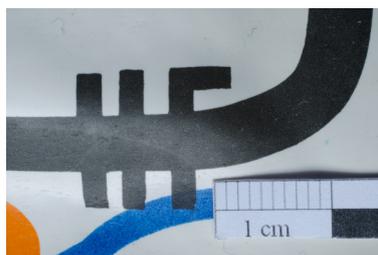


Abb. 32: Zweigleisige, elektrifizierte Vollspurbahn;
zwei Querstriche zeigen eine zweigleisige Vollspurbahn an, ein einzelner Querstrich eine eingeleisige Vollspurbahn



Abb. 33: Brücke

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN

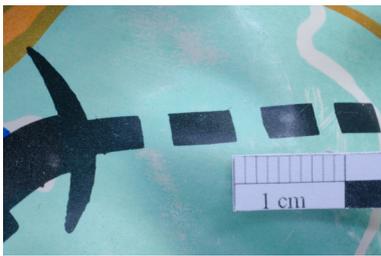


Abb. 34: Bahntunnel



Abb. 35: Flughafen



Abb. 36: Autobahn, schwarz eingefasste orangene Linie, 10 mm Breite



Abb. 37: Landstraße (hier: Kreuzung) orangefarbene Linie, 1,5 mm, 4 mm oder 6 mm Breite



Abb. 38: Waldgebiet hier: Mischwald



Abb. 39: Funkturm



Abb. 40: Gewässer, hier: in einen See mündender Fluss Flüsse generell 2-3 mm Breite



Abb. 41: Unbekannt, eventuell könnte ein Hafen gemeint sein



Abb. 42: Bezirksgrenze, violette Linie, 6 mm Breite



Abb. 43: Landesgrenze, violette Linie mit überlagerter rot fluoreszierender Strich-Punkt-Linie, 6 mm Breite, violettes Raster im Grenzbereich

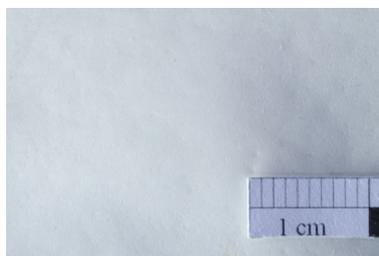


Abb. 44: Land, unbedruckt

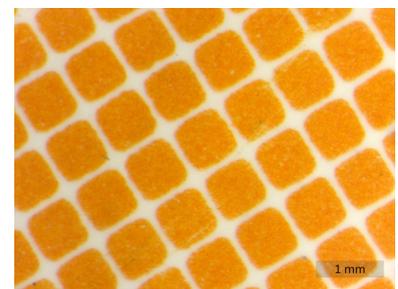


Abb. 45: Druckfarbe orange gerastert, Stadtgebiet

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN

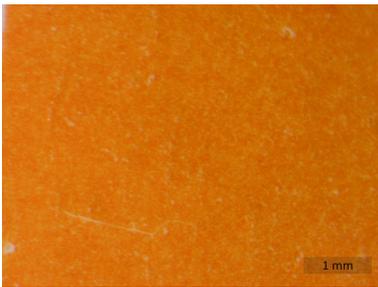


Abb. 46: Druckfarbe orange, Straßenverlauf



Abb. 47: Farbe orange, Straßenverlauf, nachgetragen

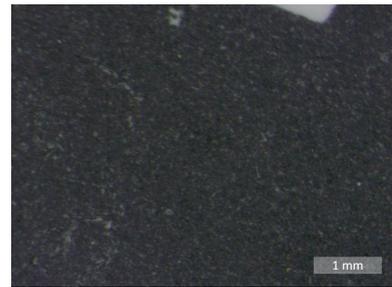


Abb. 48: Druckfarbe schwarz, Bahnstrecke

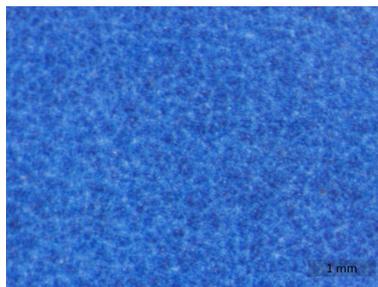


Abb. 49: Druckfarbe blau, Gewässer



Abb. 50: Druckfarbe grün, Waldgebiet



Abb. 51: Druckfarbe violett, Bezirks- und Staatsgrenze

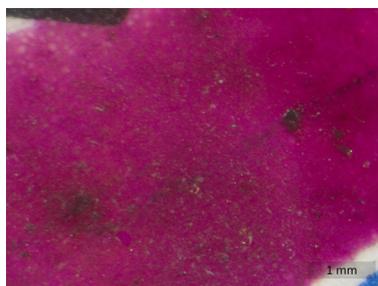


Abb. 52 Farbe violett, Bezirks- und Staatsgrenze, nachträglich aufgetragen



Abb. 53 Farbe rot fluoreszierend, Staatsgrenze, siehe auch Abb. 54, 58

ERGÄNZENDE FOTODOKUMENTATION



Abb. 54: Segment „K8 Eisenach“, Oberseite unter UV-Anregung bei einer Wellenlänge von 254nm, da PVC und Polyurethane erst Wellenlängen ab ca. 330nm absorbieren



Abb. 55: Segment „J8 Gotha“, Oberseite unter UV-Anregung bei einer Wellenlänge von 254nm, da PVC und Polyurethane erst Wellenlängen ab ca. 330nm absorbieren



Abb. 56: Segment „K8 Eisenach“, Seitenansichten in der Reihenfolge: Nordseite, Ostseite, Südseite, Westseite



Abb. 57: Segment „J8 Gotha“, Seitenansichten in der Reihenfolge: Nordseite, Ostseite, Südseite, Westseite

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN



Abb. 58: Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, sich ablösende rote Fluoreszenzfarbe, retuschierter Kitt



Abb. 59: Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, nachgetragene Straße und Bezirksgrenze



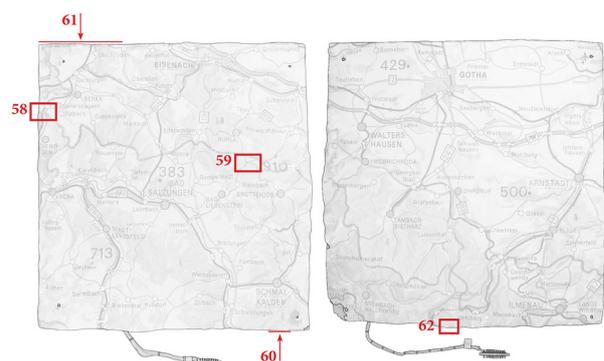
Abb. 60: Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, Inventarnummer auf sich lösendem Selbstklebeetikett; der obere Teil des Schaumkörpers weist die beschriebene oberflächliche Textilstruktur auf



Abb. 61: Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme, Textilverstärkung an der Ecke des Reliefsockels, anhaftender Kitt



Abb. 62: Segment „K8 Eisenach“ Detailaufnahme Kitt, oxidierte, verkrustete Oberfläche links erkennbar; das „frische“ Innere ist auf der rechten Seite zu sehen; in öliger Substanz gebundene Stäube und Partikel; kaum photooxidierte Folienoberfläche rechts, dort wo Kittmasse das Polymer abgeschirmt hatte



Verortung Abbildungen 58 - 62

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN

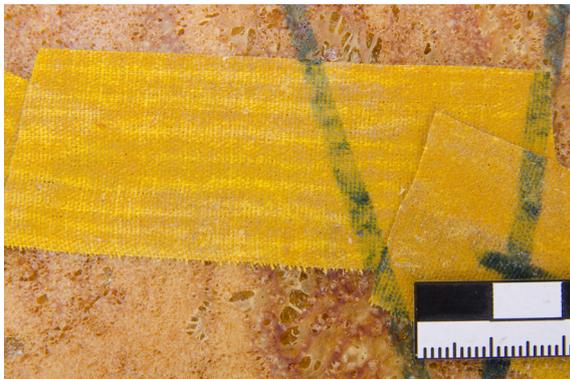


Abb. 63: Segment „K8 Eisenach“, Detailaufnahme, sich überlappende Textilklebestreifen mit übergreifender Rasternummervzeichnung

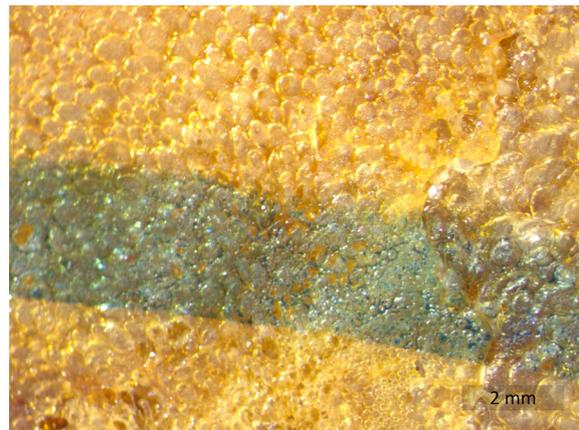


Abb. 64: Segment „K8 Eisenach“, Mikroskopische Aufnahme, Rasternummervzeichnung, durch den Filzminenstrich ist die beschriebene zwar glatte, aber poröse Oberfläche der Schaumaußenhaut sichtbar, da vereinzelt Zellmembranen nicht ausgebildet wurden oder beschädigt sind



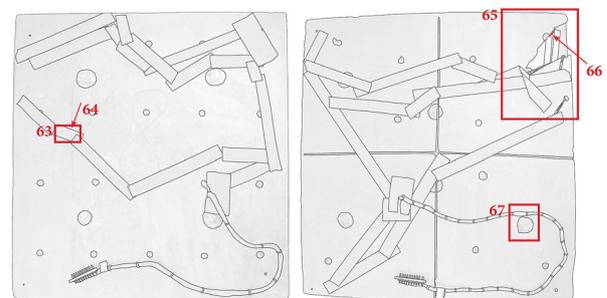
Abb. 65: Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Fehlstelle im Schaumsockel; tordiertes Gewebeklebeband mit verloraener Haftwirkung; fehlender Klebstreifen



Abb. 66: Segment „J8 Gotha“, Mikroskopische Aufnahme, fließende Schaumstruktur im Querschnitt zu einem kleinen Anschäumungspunkt



Abb. 67: Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Anschäumungspunkt, die Schaumstruktur ist zentriert nach oben ausgerichtet



Verortung Abbildungen 63 - 67

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN



Abb. 68: Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Schrägansicht der Fehlstelle in Schaum und Sockel an der Südwestkante des Segments, herstellungsbedingte Lufteinschlüsse sind, vor allem nahe der Südkante, direkt unter der Folie erkennbar

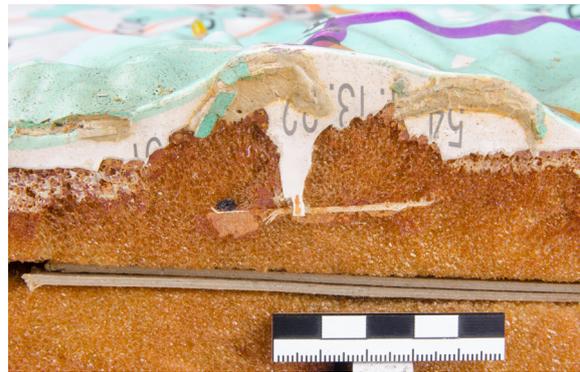


Abb. 69: Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Westseite; Sägeschnitt-Außenhaut des Hartschaumsockels, besonders fragiles oberflächliches Zellgerüst; ausgerissene, um die Kante geschlagene Folie;



Abb. 70: Segment „J8 Gotha“, Detailaufnahme, Fehlstelle in der Folie mit auch leichtem Verlust in der unterliegenden Schaumstruktur

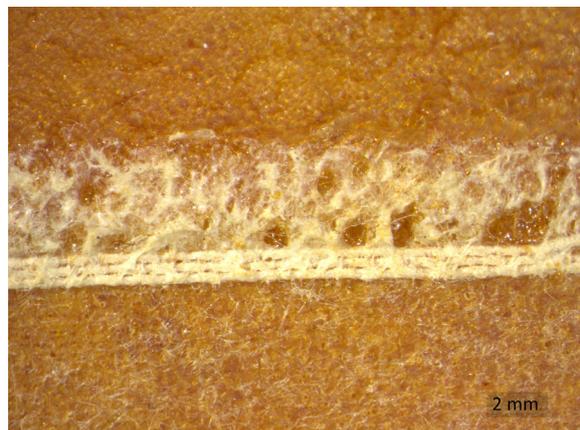
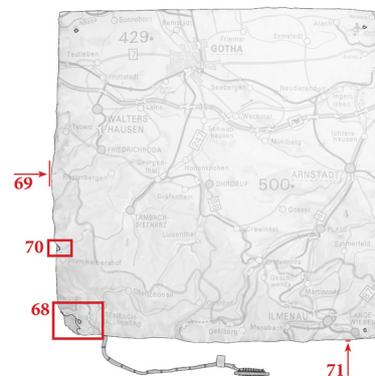


Abb. 71: Segment „J8 Gotha“, Mikroskopische Aufnahme, Sockelaußenkante mit anhaftendem Rest eines Textilgewebes, auf der unteren Hälfte des Bildausschnitts ist die Gewebestruktur in der Schaumaußenhaut erkennbar



Verortung Abbildungen 68 - 71

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN



Abb. 72: Segment „K8 Eisenach“, Beispiel für einen intakten Erhaltungszustand einer LED, in der Zustandskartierung durch ein grünes Diodensymbol gekennzeichnet



Abb. 73: Segment „J8 Gotha“, Beispiel für eine eingebrochene LED, in der Zustandskartierung durch ein oranges Diodensymbol gekennzeichnet



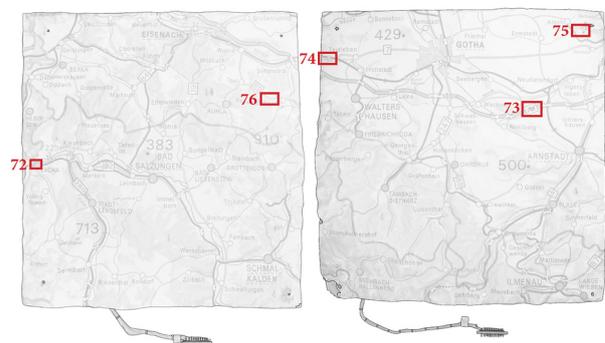
Abb. 74: Segment „J8 Gotha“, Beispiel für eine umgeknickte LED, in der Zustandskartierung durch ein gelbes Diodensymbol gekennzeichnet



Abb. 75: Segment „J8 Gotha“, Beispiel für eine herausgezogene LED, in der Zustandskartierung durch ein rotes Diodensymbol gekennzeichnet



Abb. 76: Segment „K8 Eisenach“, Beispiel für eine fehlende LED, in der Zustandskartierung durch ein graues Diodensymbol gekennzeichnet; vermutlich war hier keine LED vorgesehen und die Bohrungen wurde falsch gesetzt, da der Kabelkanal in einer anderen Richtung verläuft



Verortung Abbildungen 72 - 76

ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE - FOTODOKUMENTATION

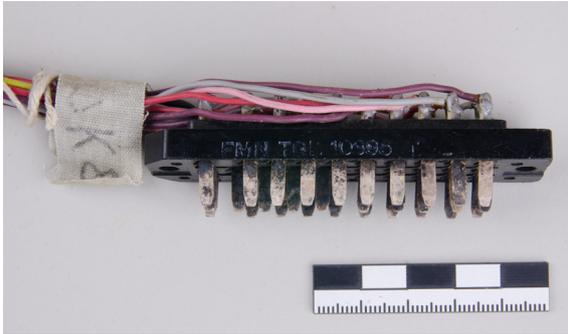


Abb. 77: Segment „K8 Eisenach“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, “8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm” der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Seitenansicht

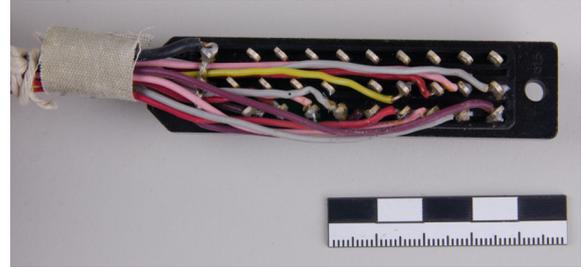


Abb. 78: Segment „K8 Eisenach“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, “8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm” der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Aufsicht



Abb. 79: Segment „J8 Gotha“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, “8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm” der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Seitenansicht

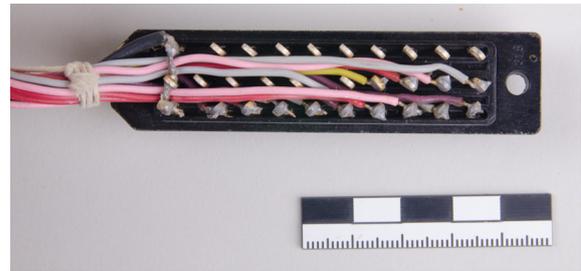


Abb. 80: Segment „J8 Gotha“, Kontaktbauelement, Niederfrequenzsteckverbinder, “8-30 / 47-8 3x20, IP 00 Messerbreite 3mm” der TGL Norm 10395, 30 Steckkontakte, Aufsicht

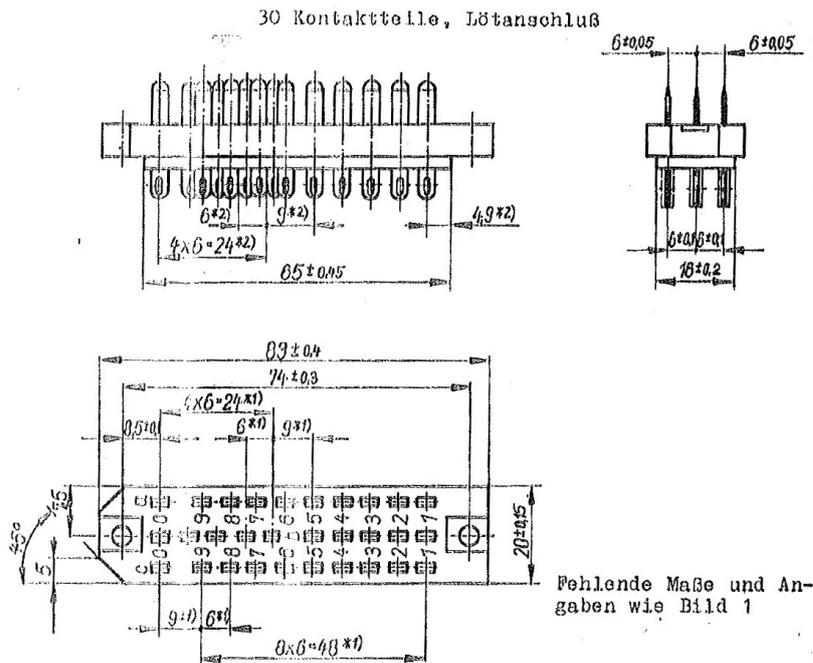


Abb. 81: Technische Zeichnung des Niederfrequenz-Steckverbinders mit 30 Kontaktstellen, aus: TGL-Norm 10395, 5.

11.1. ANHANG B) ABBILDUNGEN

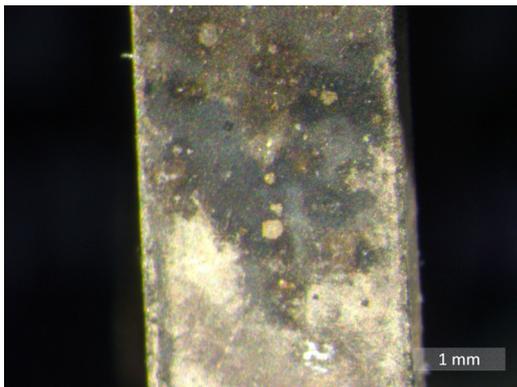
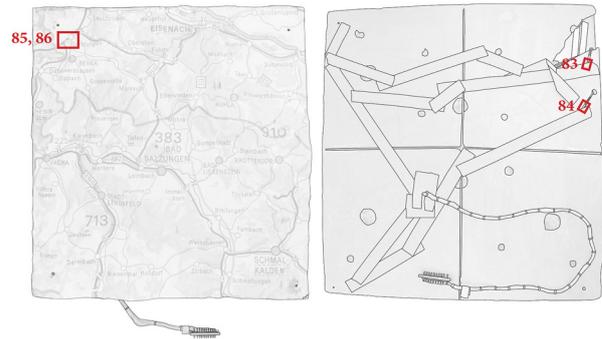


Abb. 82: Mikroskopische Aufnahme der Silbersulfidschicht auf einem versilberten Messing-Steckkontakt



Verortung Abbildungen 83 - 86



Abb. 83: Widerstandsbauelement, Typ 1 KOKT (für gelbe Dioden)



Abb. 84: Widerstandsbauelement, Typ 1 680RJT (für grüne Dioden)



Abb. 85: Segment „K8 Eisenach“, Gruppierung weißer LEDs auf der nordwestlichen Ecke des Segments

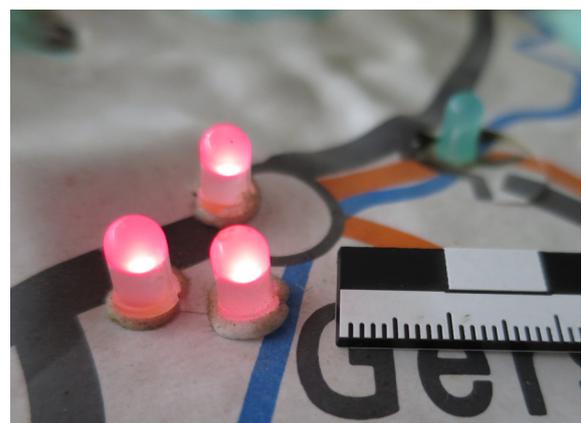


Abb. 86: Segment „K8 Eisenach“, Zuordnung der Verkabelung und Funktionsprüfung mit einem stufenlos regulierbaren Labornetzteil, Gruppierung weißer LEDs auf der nordwestlichen Ecke



Abb. 87: Segment „K8 Eisenach“, freigelegte Kabelkanäle



Abb. 88: Segment „J8 Gotha“, freigelegte Kabelkanäle

11.2 Maßnahmen

PROBEKÖRPER

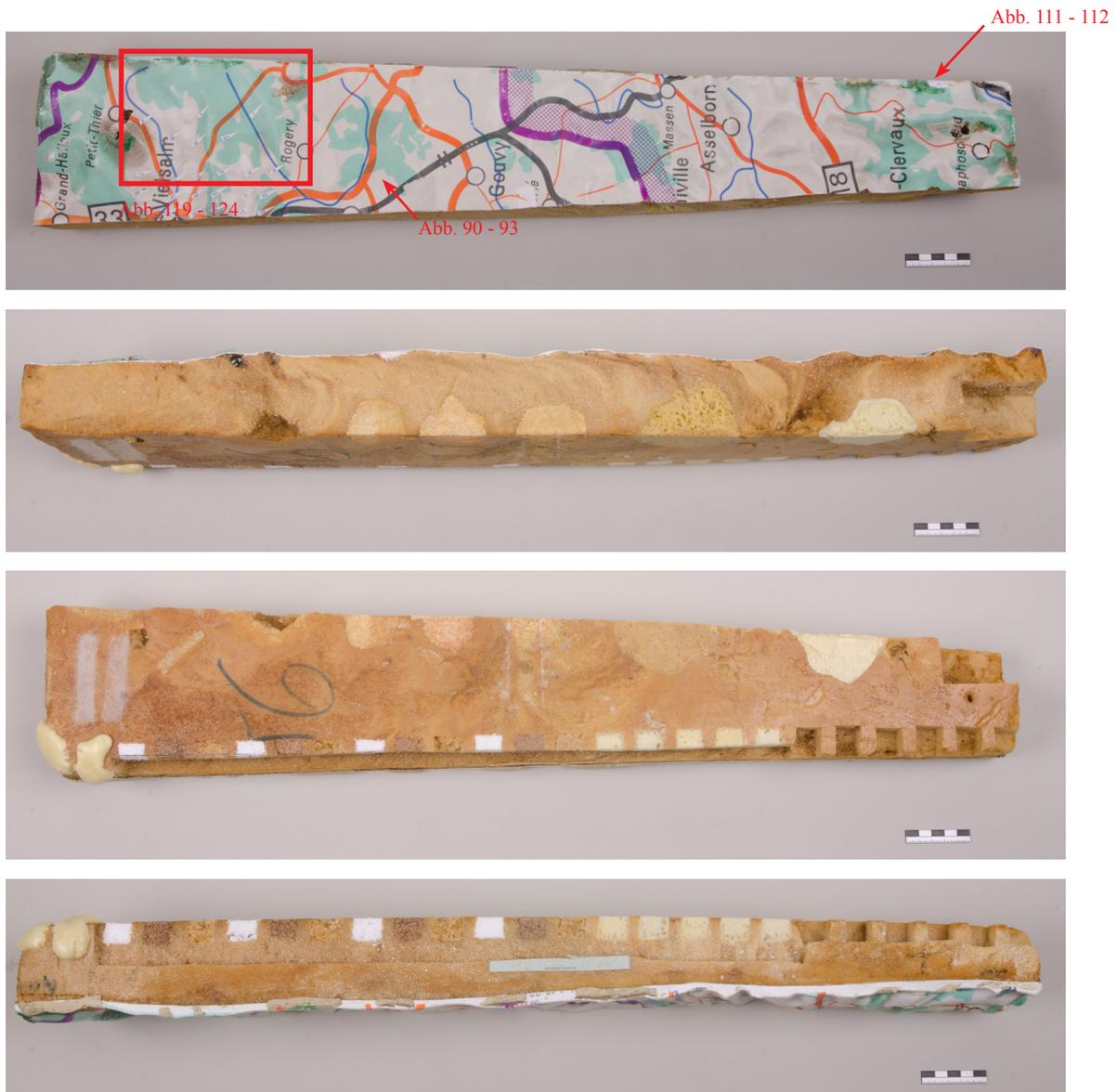


Abb. 89: Vom MHM bereitgestelltes Probenmaterial, an dem sämtliche Probereihen durchgeführt wurden und von dem möglichst alle Proben entnommen wurden. Dieser Abschnitt stammt von dem Stapel mit schadhaftem Originalmaterial, der in Abbildung 23 zu sehen ist.

MASSNAHMEN - POLYURETHANHARTSCHAUM
auf der folgenden ausklappbaren Seite

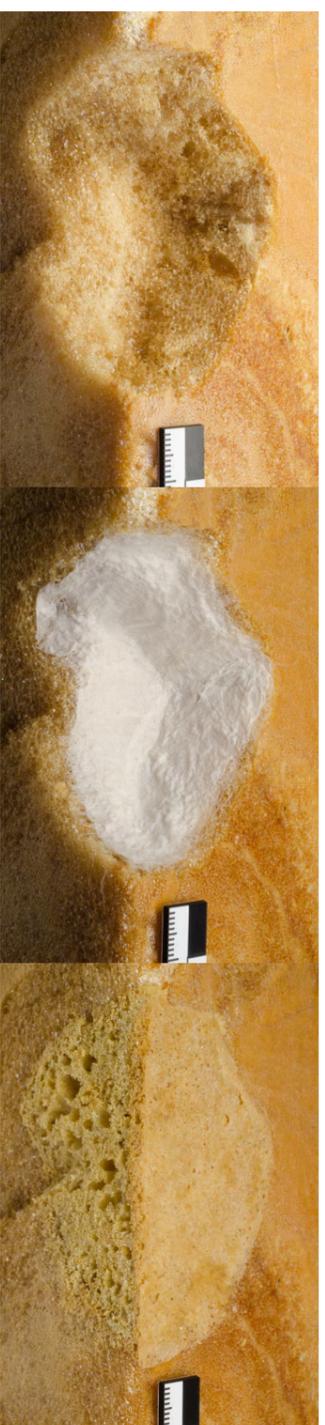
1 Ergänzung Variante 2, Anschäumung mit FOAMIT 10 Slow auf eine Sperrschicht

Von links nach rechts:

Abb. 94: Fehlstelle

Abb. 95: Sperrschicht aus Kozo und WSK

Abb. 96: Farblich angepasste, eingigimentierte Anschäumung



2 Ergänzung Variante 1, Kitt aus EPS-Mikropertlen und Acryldispersion, Retusche: aufgestufte Pigmente

Von links nach rechts:

Abb. 97: Kittung mit EPS-Mikropertlen, Bindemittel: Lascaux® 498 HV

Abb. 98: Retusche mit aufgestuften Erdpigmenten, Bindemittel: Lascaux® 498 HV



3 Ergänzung Variante 1, Kitt aus EPS-Mikropertlen und Acryldispersion, Retusche: Grundierung mit Acrylfarben, zusätzliches Aufstüpfen von Pigmenten

Von links nach rechts:

Abb. 99: Kittung mit EPS-Mikropertlen, Bindemittel: Lascaux® 498 HV

Abb. 100: Grundierung der Retusche mit PRIMAcryl®-Farben, nachträglich aufgestufte Erdpigmente

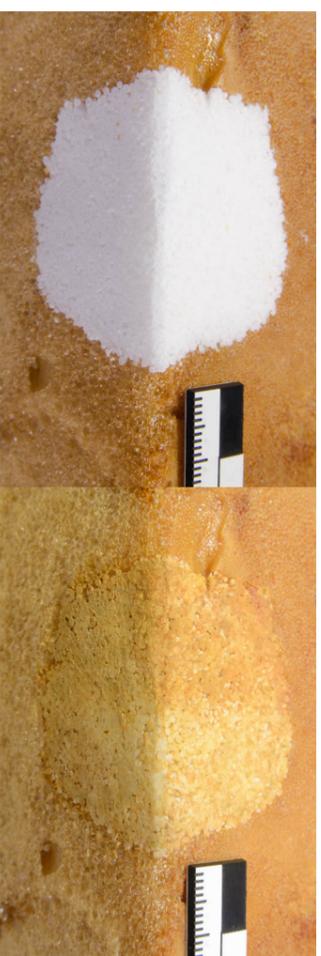


Abb. 101: Probekörper, Unterseite
Diese Aufnahme wurde hinzugefügt, da die Retuschen im Streiflicht visuell anders wahrgenommen werden



11.2. ANHANG, MASSNAHMEN

MASSNAHMEN - VCVAC-HARTFOLIE

Vergleiche Abbildung 89



Abb. 90: Ergänzung Folie, Fehlstelle



Abb. 91: Ergänzung Folie, Ergänzung mit gefüllten Kozointarsien



Abb. 92: Ergänzung Folie, angepasste Deckschicht



Abb. 93: Ergänzung Folie, retuschierte Deckschicht mit
Rekonstruktion des Drucks, die Maßhaltigkeit der gedruckten
Linienstärken ist am Original einzuhalten

11.2. ANHANG, MASSNAHMEN

MASSNAHMEN - TEXTILKLEBEBÄNDER



Abb. 102: Textilklebeband, vor der Reinigung

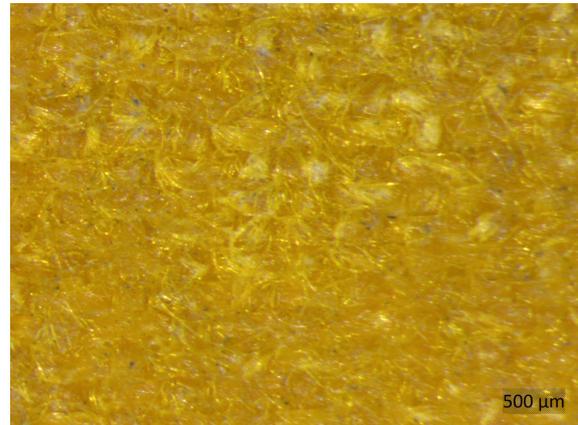


Abb. 103: Textilklebeband, Mikroskopische Aufnahme, Fasergewebe von oxidiertem Klebstoff durchdrungen

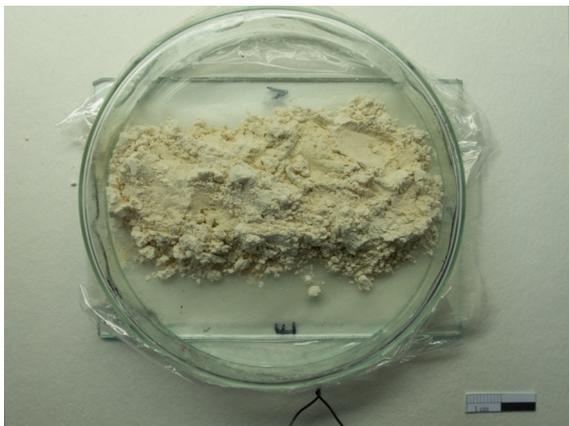


Abb. 104: Kompressenanwendung, System: Glasuntergrund, Klebstreifen mit nach oben gerichteter Klebefläche, Zwischenlage aus Gampi, mit Ethylacetat vermengtes Kompressenmaterial, trockenes Kompressenmaterial, gläserne Petrischale als Abdeckung; Anwendung über Nacht

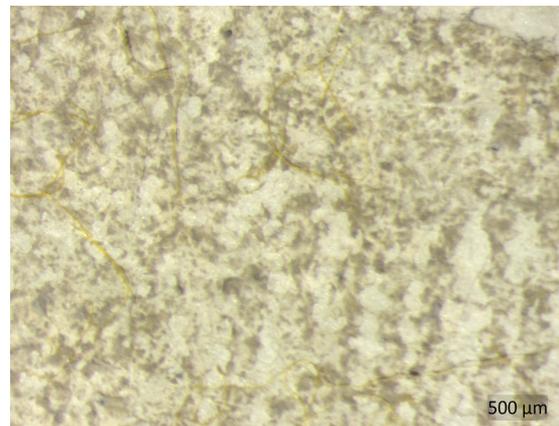


Abb. 105: Anhaftungen auf der Zwischenlage aus Gampipapier nach der Kompressenanwendung



Abb. 106: Textilklebeband, nach der Reinigung



Abb. 107: Textilklebeband, Mikroskopische Aufnahme, das Fasergewebe wurde durch die Reinigung sichtlich freigelegt, stark veränderter farblicher Eindruck

11.2. ANHANG, MASSNAHMEN



Abb. 108: Textilklebeband, Mikroskopische Aufnahme, das Fasergewebe wurde durch die Reinigung sichtlich freigelegt, stark veränderter farblicher Eindruck; helle Auflagerungen auf dem Gewebe, die sich durch weitere Kompressenanwendung nicht abnehmen lässt, wirkt gereinigt



Abb. 109: Segment "K8 Eisenach", temporäre Lagerung der abgenommenen Textilklebestreifen, System: Klebestreifen zusammen mit silikonisierter Hostaphanfolie (Klebeseite liegt auf der silikonisierten Folie auf) mit Dextrinklebestreifen auf säurefreiem Karton fixiert, Nummerierung und Ausrichtung der Klebestreifen zur besseren Zuordnung



Abb. 110: Segment "J8 Gotha", temporäre Lagerung der abgenommenen Textilklebestreifen, System: Klebestreifen zusammen mit silikonisierter Hostaphanfolie (Klebeseite liegt auf der silikonisierten Folie auf) mit Dextrinklebestreifen auf säurefreiem Karton fixiert, Nummerierung und Ausrichtung der Klebestreifen zur besseren Zuordnung

MASSNAHMEN KITT

Vergleiche Abbildung 89

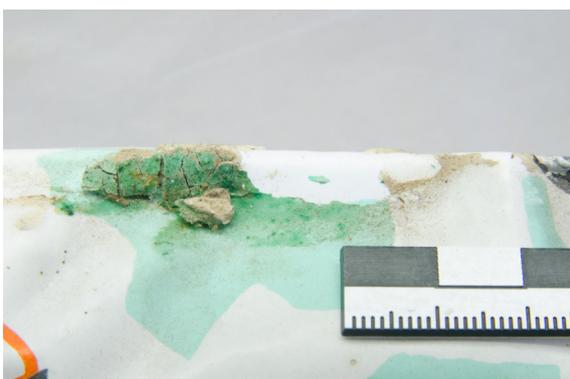


Abb. 111: Reinigungsprobe Kitt, Vorzustand

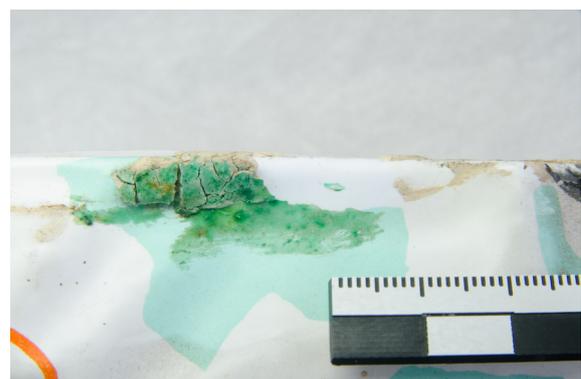


Abb. 112: Reinigungsprobe Kitt, Nachzustand

11.3 Probereihen

1) LÖSLICHKEIT

Die Löslichkeit der verschiedenen Materialien wurde empirisch getestet. Nichtlöser sind als Lösemittel für Reinigungs- und Klebesysteme geeignet, da das Substrat nach Einwirkung physikalisch weitgehend gleichbleibt.²⁹⁸ Die Hansen Solubility Parameters (HSP) wurden herangezogen, um die Löslichkeit der copolymeren thermoplastischen Folie vorhergehend charakterisieren zu können.²⁹⁹ Die Werte ermöglichen einen Vergleich der Polarität von Polymer und Lösemittel. PVC besitzt einen HSP von $19,4 \text{ MPa}^{1/2}$, PVAc liegt bei $18,05 \text{ MPa}^{1/2}$.³⁰⁰ Als Faustregel gilt, wenn die HSP zweier Stoffe sich um ± 2 überschneiden, ist eine Löslichkeit gegeben.³⁰¹ Die Löslichkeit der thermoplastischen Folie, des Kitts, der Fluoreszenzfarbe sowie das Quellverhalten des duroplastischen Schaums wurde überprüft, indem jeweils auf einem Objektträger eine Probe in einen Tropfen Lösemittel geschoben wurde. Das Verhalten wurde stereomikroskopisch observiert. Die Druckfarben wurden mit einem von Lösemittel feuchten Wattestäbchen zweifach abgerollt. Die Menge der an der Watte anhaftenden Druckfarbe wurde visuell bewertet und interpretiert als stark bis leicht und nicht lösend. Aus den HSP und der Löslichkeitstabelle von BRAUN³⁰² lässt sich ableiten, dass die VCVAc-Folie empfindlich gegenüber Aceton, Ethylacetat und Toluol sein müsste. Der Polyurethanschaum dürfte auf den ersten Eindruck unempfindlich gegenüber den gewählten Lösemitteln sein, eine Quellung könnte durch Einwirkung von Toluol erfolgen. Druckfarben, Kitt und Klebstoff können ohne erfolgreiche Analyse nicht eingeschätzt werden.

Tab.9: Ermittelte Löslichkeiten

	Aq.dest. (polar)	Aceton (polar)	Ethanol (polar)	Ethylacetat (eher polar)	Toluol (unpolar, Aro- mat)	SGB 100°- 140°C (unpolar, aro- matenfrei)
HSP [$\text{MPa}^{1/2}$]	48,1	19,7	26,1	18,2	18,3	~14
PU-Hartschaum						
VCVAc-Folie						
Druckfarbe violett						
Druckfarbe grün						
Druckfarbe blau						
Druckfarbe orange						
Druckfarbe schwarz						
Klebstoff Textilklebeband						
Kittmasse						
Fluoreszenzfarbe, rot						

Legende:

Löst nicht
Löst leicht
Löst
Löst stark
Quillt
nicht getestet

298 vgl. PIETSCH 2002, 177.

299 vgl. SHASHOUA 2008, 210f.

300 vgl. HANSEN 2007, 180ff.

301 vgl. DOWN 2015, 5.

302 vgl. BRAUN 2012, S.22f.

11.3. ANHANG, PROBEREIHEN, 1) LÖSLICHKEIT

AUSWERTUNG:

Für die unbedruckte Folie sind wässrige, aliphatische, aromatische und alkoholische Systeme geeignet. Die Druckfarben sind gegenüber Alkoholen und Aromaten empfindlich. Der Schaum wird von Wasser und Aliphaten nicht angegriffen. Die Kittmasse löst sich in Aliphaten und Aromaten, Ethylacetat bringt eine Quellung. Der Klebstoff des Textilklebebands scheint weitgehend vernetzt, eine Löslichkeit ist nicht gegeben. Gequollen wird das Polymer durch Aceton und Ethylacetat. Die Fluoreszenzfarbe löst sich nicht in Wasser, Aliphaten und Alkoholen.

Aus diesen Eigenschaften empfiehlt sich die Verwendung von aliphatischen oder wässrigen Systemen. Ethanol kann ebenfalls herangezogen werden, wenn dieser mit dem Siebdruck nicht in Kontakt tritt.

11.3. ANHANG, PROBEREIHEN, 2) POLYURETHANHARTSCHAUM - KONSOLIDIERUNG

2) POLYURETHANHARTSCHAUM - KONSOLIDIERUNG

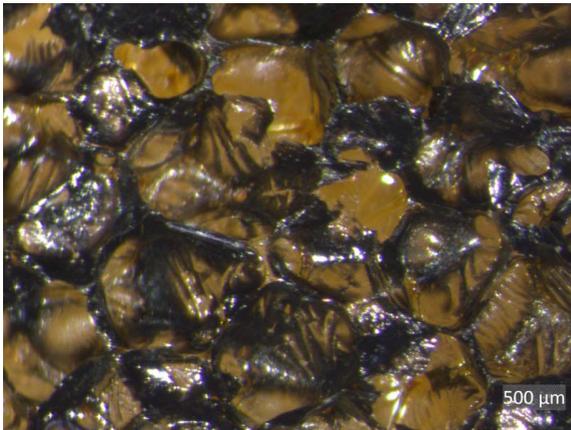


Abb. 113: Auftrag mittels Pinsel, unbefriedigendes Ergebnis: das Konsolidierungsmittel gelangt nicht in die aufgebrochenen Zellen, sondern verbleibt außen oberflächlich, dazu kommt starke Kantenflucht, das Bindemittel staut sich an den winkligen Zellstegen



Abb. 114: Einfacher Auftrag mittels Airbrushpistole, es ist erkennbar, dass das eingefärbte Bindemittel auch in den aufgebrochenen innenliegenden Zellen einen Grauschleier bildet, die Benetzung ist für eine festigende und stabilisierende Wirkung allerdings zu dünn



Abb. 115: Zweifacher Auftrag mittels Airbrushpistole, die Filmbildung ist bereits dichter



Abb. 116: Dreifacher Auftrag mittels Airbrushpistole, die Bindemittelschicht ist geschlossen und dicht auf Oberfläche aufliegend erkennbar, die offenen innenliegenden Zellen weisen eine dünne Bindemittelbenetzung auf mit einem stärkeren Grauschleier als nach einem oder zwei Aufträgen

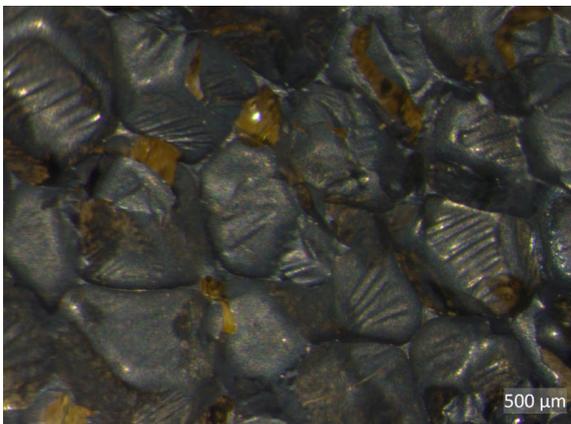


Abb. 117: Einfacher Auftrag mittels Airbrushpistole bei einer Fläche mit überwiegend intakten geschlossenen Schaumzellen an der Oberfläche, homogene, dicht Schichtausbildung, offene innenliegende Zellen haben keinen Bindemittelintrag erfahren

11.3. ANHANG, PROBEREIHEN, 3) POLYURETHANHARTSCHAUM - ERGÄNZUNG

3) POLYURETHANHARTSCHAUM - ERGÄNZUNG

3.1) ABBILDUNGEN, auf der folgenden ausklappbaren Seite

3.2) AUSWERTUNG, darauffolgend

Probereihe zur Ermittlung geeigneter Ergänzungsmassen für die Hartschaumrestaurierung,

die Makroaufnahmen können in der Übersicht unten über die Ziffern zugeordnet werden. Die Ziffern sind auf den zwei folgenden Seiten in der Auswertung ebenfalls aufgeführt.



13) - 17) FOAMiT® Slow 10



7) - 9) Paraloid® B67



10) - 12) Lascaux® 498 HV



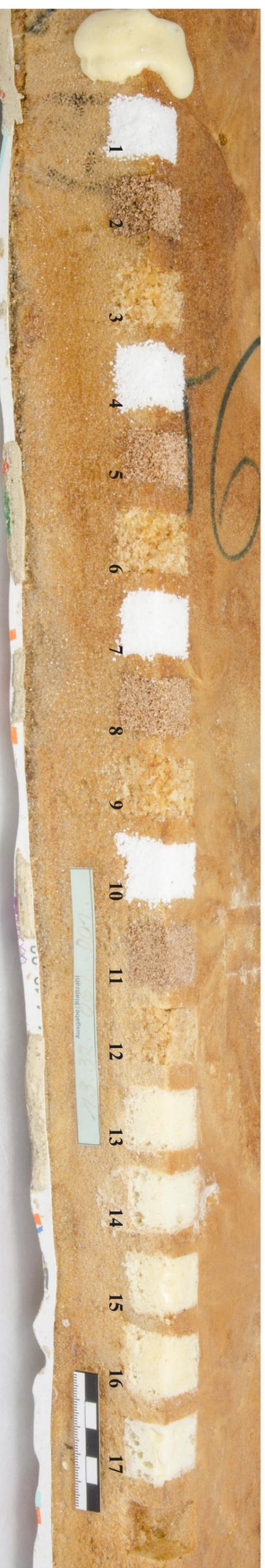
1) - 3) Imprani® DLV/1



4) - 6) Plexigum® PO 611

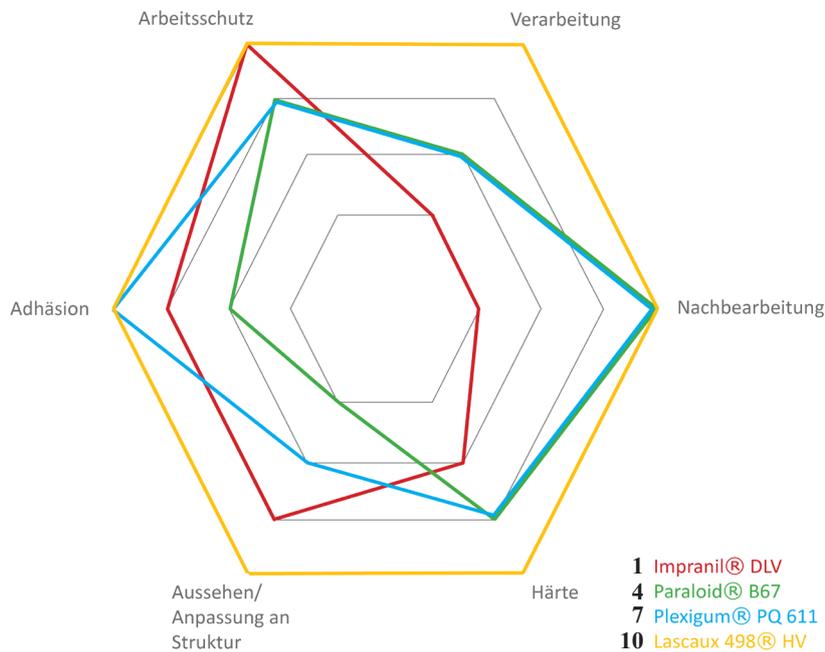
Abb. 118: Übersicht über die Ergänzungsprobereihe im Hartschaum.

Die Probenquader wurden nach dieser Aufnahme mit Mikrotrennschleife und Skalpell sauber mittig durchtrennt, sodass die oben aufgeführten Makroaufnahmen einen Eindruck des "Innenlebens" der Kittung geben



11.3 ANHANG, PROBEREIH E 3 - POLYURETHANHARTSCHAUM, ERGÄNZUNG - KITTUNG, AUSWERTUNG

EPS-MIKROPERLEN 0,5 - 1 MM Ø



Auswertung der Probereihe zur Ermittlung geeigneter Ergänzungsmassen für die Hartschaumrestaurierung

Anmerkung:

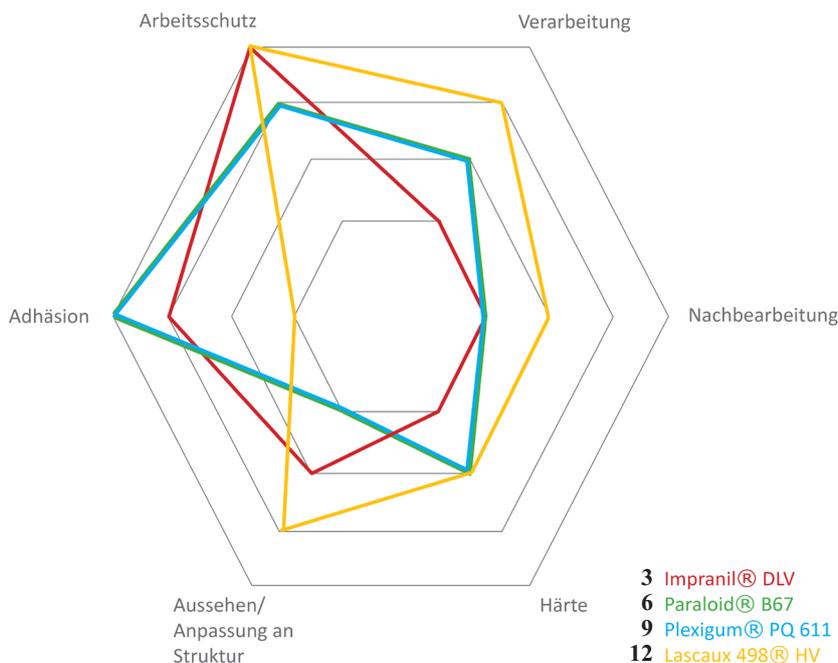
Die Bewertung der Ergänzungssysteme wird in Netzdiagrammen dargestellt. Die einzelnen Netzdiagramme beziehen sich auf den Füllstoff, die Bindemittel sind als farbiges Polygon codiert. Auf den Achsen des Diagramms liegen die Kriterien, welche mit 1-4 Punkten rein empirisch gewertet wurden:

- Arbeitsschutz
- Verarbeitung
- Nachbearbeitung
- Härte / Kohäsion
- Aussehen / Anpassung an Struktur der Fehlstelle
- Adhäsion

Die von den getesteten am besten geeigneten Systeme sind visuell schnell erfassbar: das Polygon, das am meisten Raum einschließt, hat die beste Bewertung.

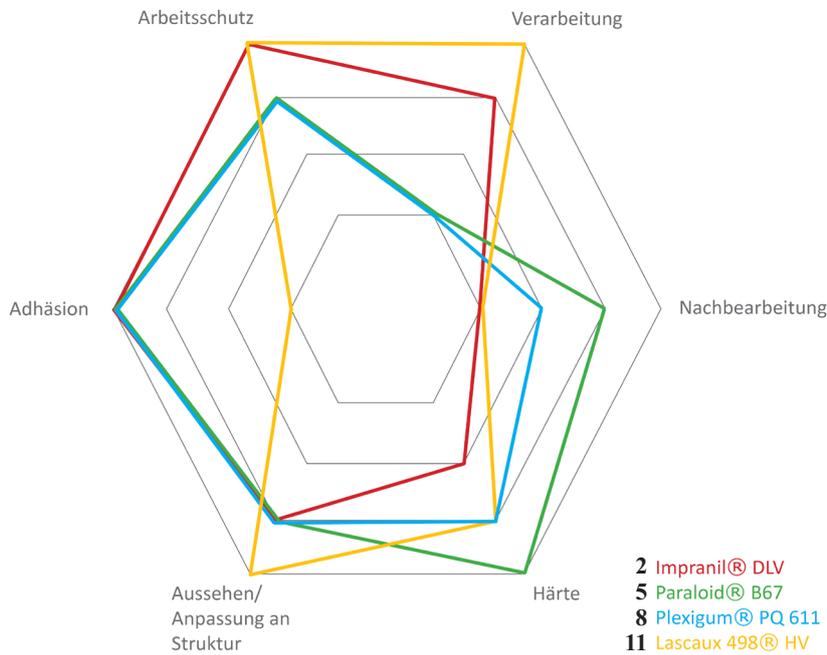
Die Zahlen können den Abbildungen in der Probereihendokumentation unter Probereihe 3.1 zugeordnet werden.

ORIGINALSCHAUM 0,1 - 5 MM Ø



11.3 ANHANG, PROBEREIH E 3 - POLYURETHANHARTSCHAUM, ERGÄNZUNG - KITTUNG, AUSWERTUNG

KORKGRANULAT 0,5 - 1 MM



Auswertung der Probereihe zur Ermittlung geeigneter Ergänzungsmassen für die Hartschaumrestaurierung

Anmerkung:

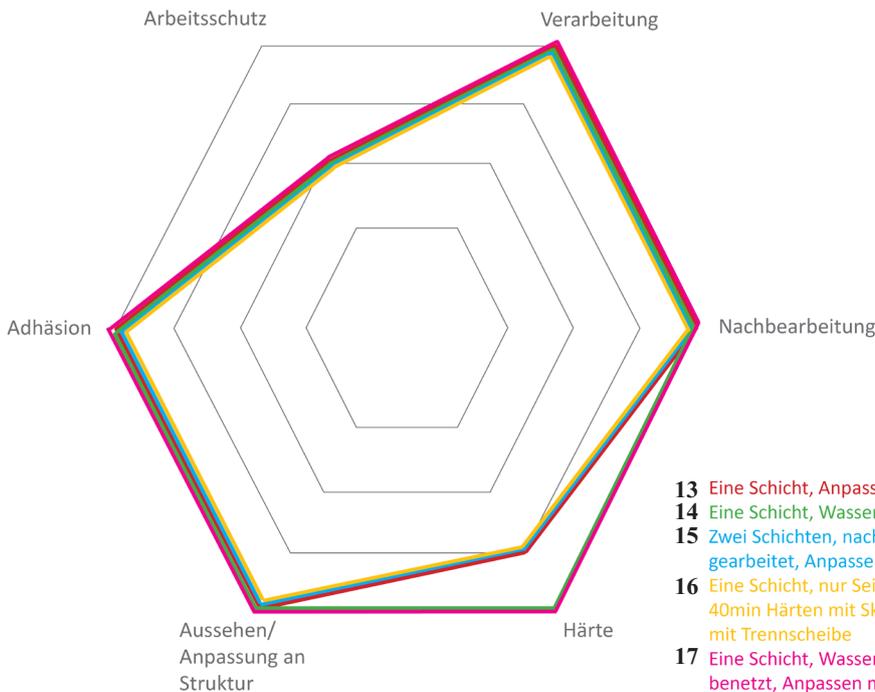
Die Bewertung der Ergänzungssysteme wird in Netzdiagrammen dargestellt. Die einzelnen Netzdiagramme beziehen sich auf den Füllstoff, die Bindemittel sind als farbiges Polymer codiert. Auf den Achsen des Diagramms liegen die Kriterien, welche mit 1-4 Punkten rein empirisch gewertet wurden:

- Arbeitsschutz
- Verarbeitung
- Nachbearbeitung
- Härte / Kohäsion
- Aussehen / Anpassung an Struktur der Fehlstelle
- Adhäsion

Die von den getesteten am besten geeigneten Systeme sind visuell schnell erfassbar: das Polygon, das am meisten Raum einschließt, hat die beste Bewertung.

Die Zahlen können den Abbildungen in der Proberiendokumentation unter Probereihe 3.1 zugeordnet werden.

FOAMIT® 10 Slow, PU-HARTSCHAUM



11.3. ANHANG, PROBEREIHEN, 4) VCVAC-FOLIE - REINIGUNG

4) VCVAC-FOLIE - REINIGUNG

Vergleiche Abbildung 89



Abb. 119: Übersicht Reinigungsproben auf dem Probekörper

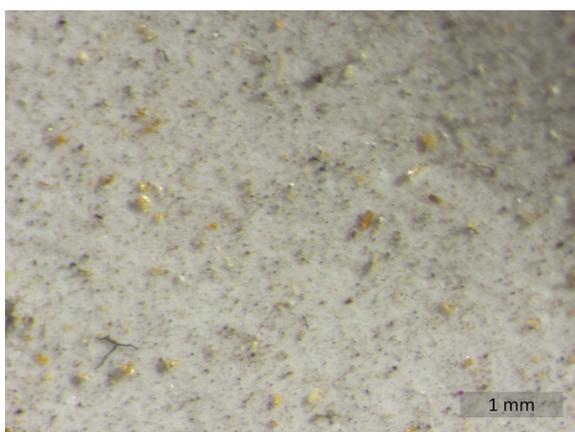


Abb. 120: Beispiel Staubauflagerungen, ungereinigt

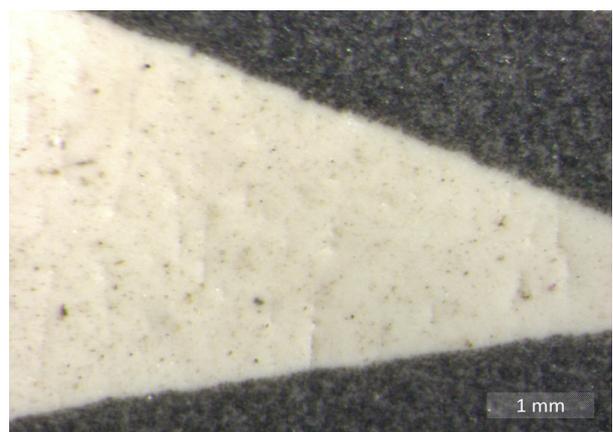


Abb. 121: Beispiel Reinigungsergebnis schlecht, Probe 1A

11.3. ANHANG, PROBEREIHEN, 4) VCVAC-FOLIE - REINIGUNG

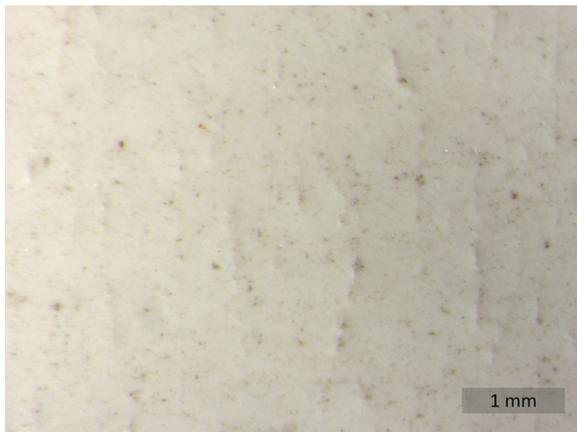


Abb. 122: Beispiel Reinigungsergebnis ungenügend, Probe 6B

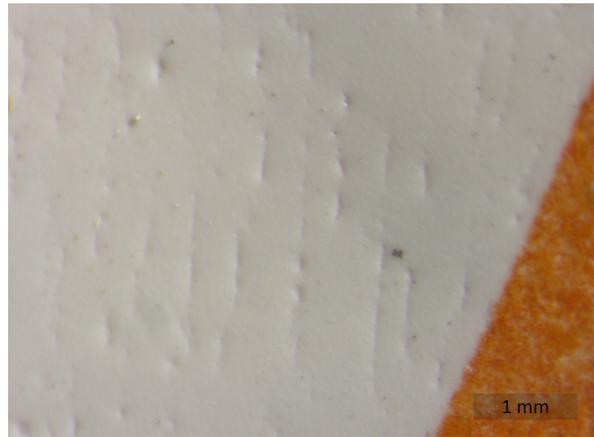


Abb. 123: Beispiel Reinigungsergebnis befriedigend, Probe 2B

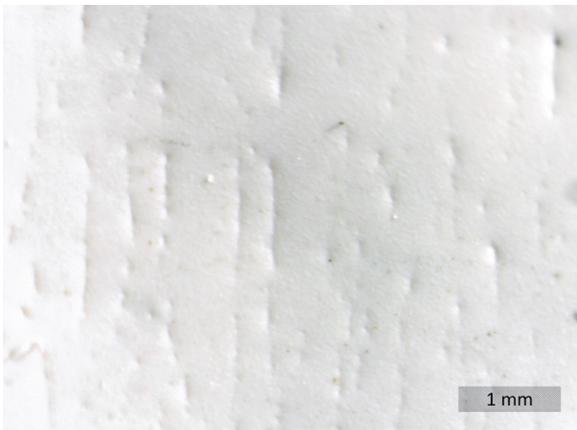


Abb. 124: Beispiel Reinigungsergebnis gut, bzw. zu stark: die Oberfläche wirkt fast porös und angegriffen, Probe Z

11.4 Rezepte

ZUBEREITUNG WEIZENSTÄRKEKLEISTER

Der Weizenstärkekleister wurde im Verhältnis 1:6 angesetzt. Das Pulver wurde zunächst in kaltem Wasser vorgequollen und dann langsam unter stetigem Rühren zum Kochen gebracht. Der Kleister wurde 45 Minuten gekocht und dabei heftig umgerührt. Nach dem Wegziehen von der Kochplatte wurde der Kleister direkt in ein kalt ausgespültes, verschließbares Gefäß umgefüllt und mit Wasser bedeckt gelagert. Vor der Verwendung als Klebstoff wurde die benötigte Menge entnommen und zunächst durch ein japanisches Rosshaarsieb, zuletzt durch ein Analysensieb mit 50µm Maschenweite gestrichen. Der zubereitete Klebstoff wurde in einer nassen Holzschale mit einem feuchten Tuch bedeckt vor dem Austrocknen geschützt.

ZUBEREITUNG KONSOLIDIERUNGSMITTEL - POLYURETHANSCHAUM

Bei der Zubereitung des Konsolidierungsmittels wurde sich strikt an die bei VAN OOSTEN gegebene Rezeptur gehalten, die eine 200 ml-Lösung ergibt³⁰³:

- 10 ml Tinuvin® B75 mit 12,5 ml Isopropanol mischen, bis sich Tinuvin® B75 aufgelöst hat
- 50 ml Impranil® DLV mit 12,5 ml Isopropanol mischen
- Die Lösungen zusammengeben und mit 115 ml demineralisiertem Wasser verdünnen, dabei auf einem Magnetrührer mehrere Minuten rühren lassen

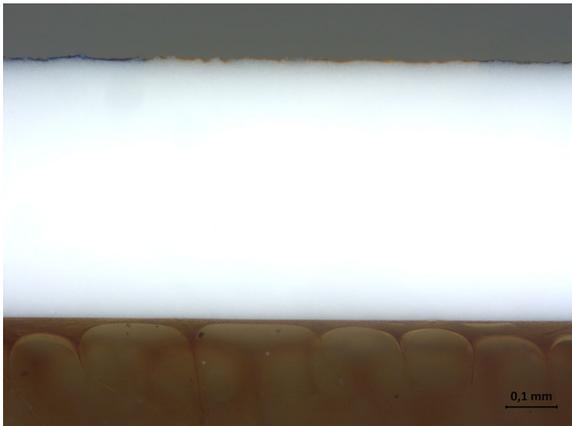
303 vgl. OOSTEN 2011, 88.

11.5 Materialanalysen

11.5.1 Thermogeformte Folie

Die 0,5 Millimeter starke Folie bildet durch ihre dreidimensional gestaltete Form das Relief. Ihr Aufbau erscheint homogen, sie ist glatt mit einer mikroskopisch leicht pickeligen Oberflächenstruktur (Abb. 44). In der Oberfläche der Folie sind stellenweise gerichtete, schmale, etwa zehn Mikrometer breite, langgezogene, bis zu drei Millimeter lange, kerbenartige Strukturen zu erkennen (vgl. 121 - 124.). Diese könnten mit dem Kalandriervorgang zusammenhängen.³⁰⁴

Tab.10: Materialanalysen thermogeformte Folie

Bindemittelanalyse			
Mikrochemische Nachweise (nach SCHRAMM HERING 1993 und BRAUN 2012)		Instrumentelle Analytik	Auswertung
Beilsteinprobe: positiv Pyrolyse: pH-Wert ~1 Brennprobe: schwere Entflammbarkeit, brennt nur innerhalb der Flamme, gelbe Flamme, kurzes grünes Aufleuchten Schmelzpunktmikroskopie: Tg ~ 55°C, Schmelztemperatur ~70°C	Essigsäurenachweis mit Lanthannitratlg.: uneindeutig Löslichkeit: vor allem in polaren LM	ATR (WIWeB): Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer RFA: Chlor, Titan (Probe 16058_P11)	Die mikrochem. NW weisen auf eine halogenhaltige thermoplastische Polymerstruktur hin, die IR-Spektroskopie konnte das Polymer als Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer bestimmen
Pigment- / Füllstoffanalyse			
Mikrochemische Nachweise (nach SCHRAMM HERING 1993 und BRAUN 2012)	(UV-) Mikroskopische Untersuchung	Instrumentelle Analytik	Auswertung
Ausgeschlossen: Bleiweiß, Calciumcarbonat, Calciumsulfat, Sulfide/Lithopone	Hellbläuliche Fluoreszenz, charakteristisch für Titanweiß [vgl. NICOLAUS 1979, 60.]; Zinkoxid ausgeschlossen, da keine charakteristische Fluoreszenz	RFA: Titan (Probe 16058_P12)	Titandioxid
Mikroskopie			
Abb. 125: Querschliff, Auflicht, Probe 16058_P01		Abb. 126: Querschliff, UV-Anregung (Wellenlänge: 336nm), Probe 16058_P01	
			

304 Bestätigt von Dr. Dr.h.c. Guenter Lattermann, Email am 08.11.2016.

Abb. 127: Querschliff, Aufsicht, Detail Füllstoffgehalt und Druckfarbe orange, Probe 16058_P01

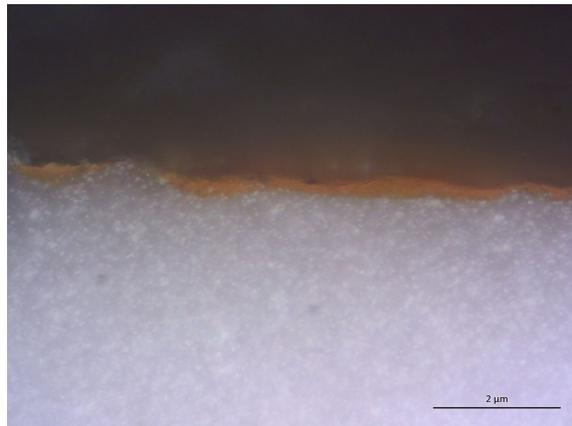
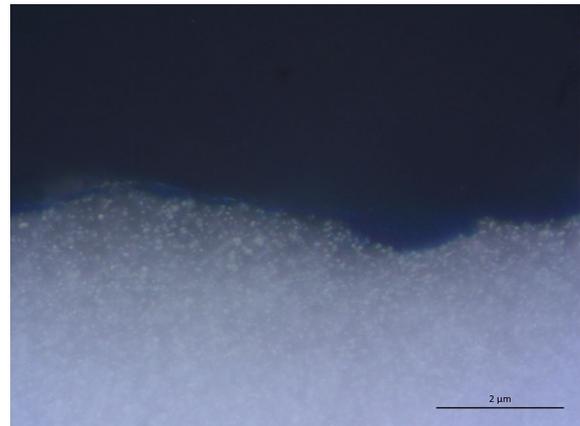


Abb. 128: Querschliff, Aufsicht, Detail Füllstoffgehalt und Druckfarbe blau, Probe 16058_P01

**Auswertung Mikroskopische Betrachtung:**

Sehr homogene Struktur der Folie; Folienstärke 0,5 mm; feinteiliger Füllstoff (industriell gefertigt) mit hohem Weißgrad, hellbläuliche UV-Fluoreszenz spricht für Titanweiß; die Unterseite der Folie ist glatt, die Rauigkeit der Oberseite könnte durch den Lösemittleintrag der Druckfarbe entstanden sein, Schichtdicke Druckfarbe: 0,2 µm

AUSWERTUNG:

Die Folie besteht höchstwahrscheinlich aus Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer mit Titandioxid als Füllstoff. Mikrochemische Nachweise belegen eine halogenhaltige³⁰⁵, thermoplastische³⁰⁶ Polymermatrix. Ein essigsaurer Geruch als Hinweis auf Vinylacetat konnte bei der Pyrolyse nicht festgestellt werden. Auch der Nachweis auf Essigsäure mit *Lanthannitratlösung*³⁰⁷ verlief uneindeutig. Die infrarotspektroskopische Untersuchung des WIWeB belegt allerdings Vinylchlorid-Vinylacetat-Copolymer, das Spektrum ist nicht zur Einsicht verfügbar. Thermoplastische Eigenschaften des gealterten Polymers wurden mit dem Schmelzpunktmikroskop ermittelt.³⁰⁸

Als Füllstoff schieden die meisten gängigen Weißpigmente durch mikrochemische Nachweisreaktionen und durch UV-Anregung aus. Das RFA-Spektrum (Abb. 149, 150) zeigt im pyrolysierten anorganischen Rest nur Titan an. Das Chlorid hat sich durch die Pyrolyse zusammen mit dem Polymer verflüchtigt.

Die Druckfarben wurden nicht weiter untersucht. Zeitgenössische Literatur lässt "Spezialfarben" mit einem auf PVC basierenden Bindemittel vermuten.³⁰⁹ Proben sind unter den Nummern 16058_P03 bis 16058_P10 archiviert.

305 Beilsteinprobe, vgl. BRAUN 2012, 42; Pyrolyse, vergleichende Werte bei BRAUN 2012, 30; Brennverhalten, vgl. BRAUN 2012, 34.

306 Beobachtung im Schmelzpunktmikroskop, vgl. BRAUN 2012, 34.

307 vgl. BRAUN 2012, 57.

308 Kontrollierte Erwärmung bei 2°C pro Minute; Oberhalb 40°C konnte mehrmals ein Zucken der Probe beobachtet werden, ab 50°C veränderten sich die mechanischen Eigenschaften, sodass das Material bald mit einem Holzstäbchen leicht punziert werden konnte. Ab 60°C zeigten sich deutliche gummielastische Eigenschaften, ab 70°C trat eine teilweise Schmelze ein. Die Glasübergangstemperatur liegt somit bei etwa 55°C, die Schmelztemperatur bei etwa 70°C. Reines Hart-PVC hat einen Erweichungsbereich zwischen 75°C und 90°C. Polyvinylacetat besitzt einen Erweichungsbereich von 35°C bis 85°C. Aus der Literatur ist bekannt, dass Hartfolien zum Thermoformen oft aus VCVAc-Copolymeren hergestellt werden; vgl. DOMININGHAUS 2012, 343.

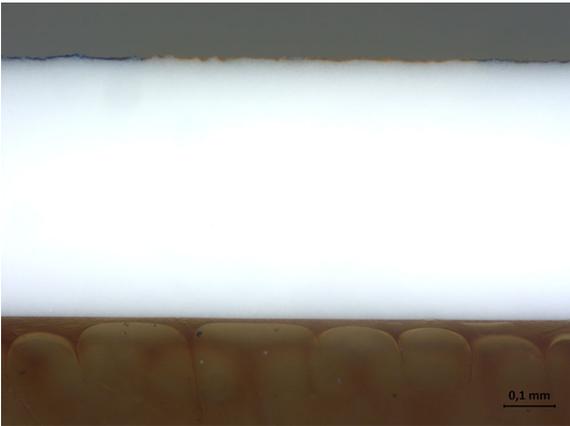
309 vgl. LEUTERT 1983, 384.

11.5.2 Hartschaumssockel

Der Hartschaum stabilisiert das Relief, das in Benutzung regelmäßig betreten wurde. Der Schaum wurde direkt in die thermogeformte Folie eingeschäumt. Die Zellstruktur der Außenhaut wurde beim Anschäumen von einem Formwerkzeug in eine plane Fläche gezwungen, dadurch ist die Zellgröße kleiner als im Inneren, die Zellwände bilden den Großteil der Oberfläche. Vereinzelt wurden keine Zellwände ausgebildet oder diese sind beschädigt, sodass eine poröse Struktur entsteht. Die Westseite des Segments „J8 Gotha“ besitzt keine Außenhaut, es wirkt als wäre der Schaum hier geschnitten worden.

Für die Fotografien der Schaumstruktur wurde ein Quader mittels Skalpell aus dem Probenkörper ausgeschnitten. Die in unterschiedlichen Lichtverhältnissen erstellten Aufnahmen haben denselben Bildausschnitt

Tab.11: Materialanalysen Hartschaumssockel

Bindemittelanalyse			
Mikrochemische Nachweise (nach SCHRAMM HERING 1993 und BRAUN 2012)		Instrumentelle Analytik	Auswertung
<p>Beilsteinprobe: negativ Pyrolyse: pH-Wert ~ 8 Brennprobe: gute Entflammbarkeit, brennt außerhalb der Flamme, gelbe Flamme, mäßige bis starke Rußentwicklung</p>	<p>Löslichkeit: keine, Quellung in polaren und aromatischen LM KOH: Keine Lösung Kein anorganischer Rest nach Durchglühen</p>	<p>ATR (WIWeB): Polyurethan mit MDI FTIR: Aromatisches Polyurethan</p>	<p>Die mikrochem. NW deuten auf Polystyrol hin, was durch die Nichtlöslichkeit in Toluol widerlegt wird. Die IR-Spektroskopie belegt Polyurethan mit MDI, Ether- oder Estervariante des Polyols kann nicht eindeutig bestimmt werden Anorganischer Füllstoff konnte durch Ausglühen nicht belegt werden</p>
Mikroskopie			
<p>Abb. 129: Querschliff, Aufricht, Probe 16058_P01</p> 		<p>Abb. 130: Querschliff, Detail Schaumanhaftung, Probe 16058_P01</p> 	

11.5. ANHANG, MATERIALANALYSEN

Abb. 131: Zellstruktur glatte Schaumaußenseite, Aufsicht; eine Abbildung mit Maßstab wird nachgereicht

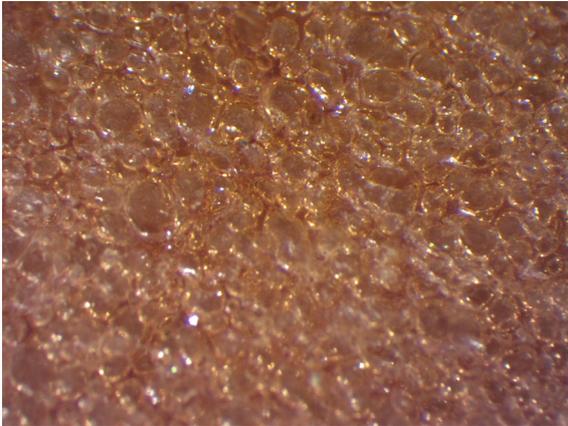


Abb. 132: Zellstruktur glatte Schaumaußenseite, Licht fällt durch den Schaumkörper; eine Abbildung mit Maßstab wird nachgereicht

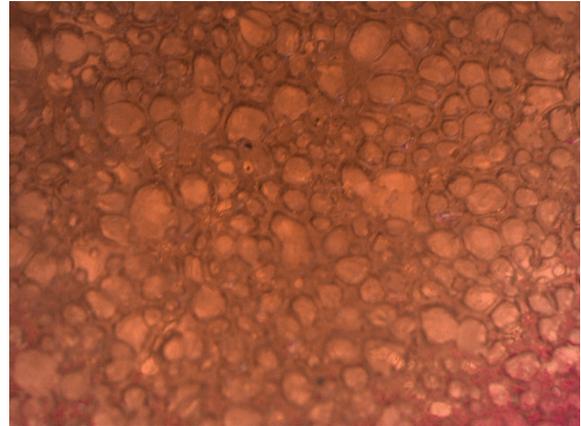


Abb. 133: Zellstruktur Schaumkern, Aufsicht; eine Abbildung mit Maßstab wird nachgereicht

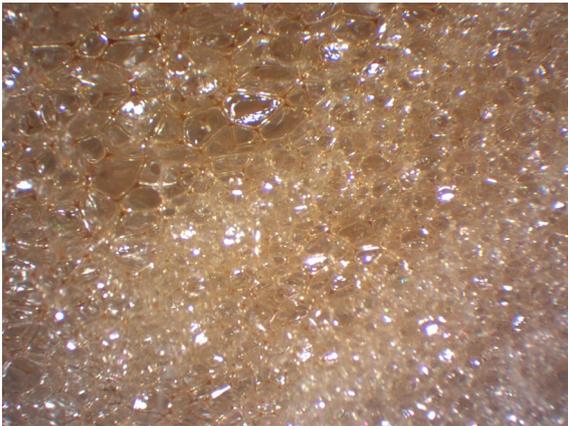


Abb. 134: Zellstruktur Schaumkern, Licht fällt durch den Schaumkörper; eine Abbildung mit Maßstab wird nachgereicht

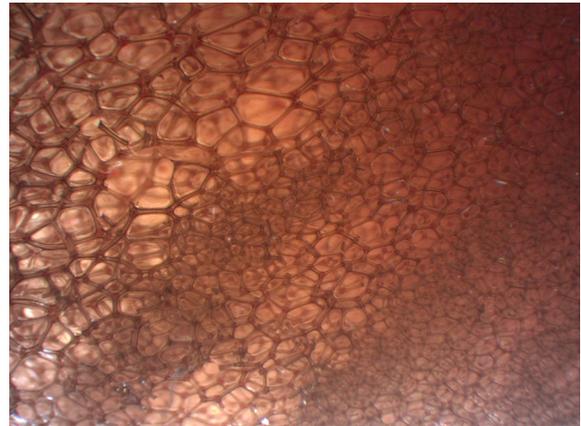


Abb. 135: Zellstruktur Außenkante Sägeschnitt, Aufsicht; eine Abbildung mit Maßstab wird nachgereicht

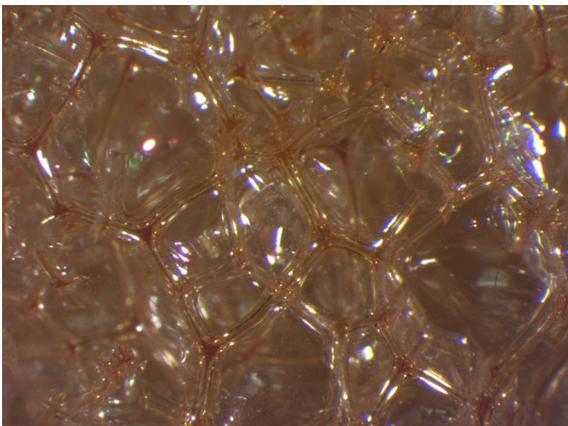
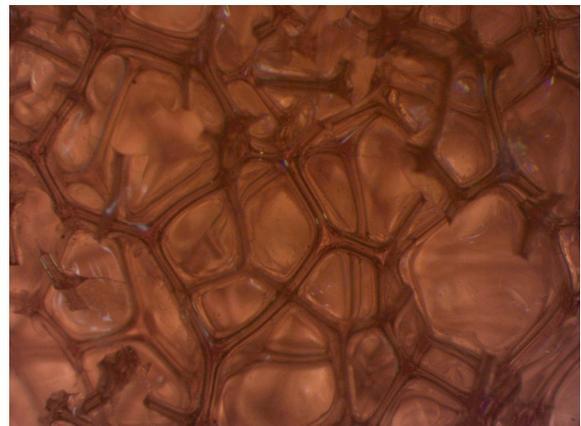


Abb. 136: Zellstruktur Außenkante Sägeschnitt, Licht fällt durch den Schaumkörper; eine Abbildung mit Maßstab wird nachgereicht



Auswertung Mikroskopische Betrachtung:

Geschlossenzellige Struktur, im Auflicht sind die Lichtbrechungen und -beugungen an den Zellmembranen gut sichtbar, bei Beleuchtung durch den Schaumkörper lassen sich die polygonförmigen Zellstege deutlich erkennen, die die Zellen gänzlich umschließen; die Zellstruktur entspricht der typischen Form von Hartschäumen [vgl. VOSS 1970, 9.]; die Zellstruktur der Außenhaut wurde beim Anschäumen von einem Formwerkzeug in eine plane Fläche gezwungen, dadurch ist die Zellgröße kleiner als im Inneren, die Zellwände bilden den Großteil der Oberfläche. Vereinzelt wurden keine Zellwände ausgebildet oder diese sind beschädigt, sodass eine poröse Struktur entsteht; die Zelldurchmesser variieren zwischen 10 µm und 3 mm (mikro- bis grobzellig), stark inhomogen durch Fließrichtung gerichtete Struktur der Zellen ist besonders im Schaumkern erkennbar, diese kann auf eine Handverschäumung zurückgeführt werden. In der Sägeschnittabbildung sind besonders in der rechten Abbildungen die durchtrennten Zellstege und Membranen gut zu erkennen.

AUSWERTUNG:

Der Schaum besteht höchstwahrscheinlich aus Polyurethan mit Diphenylmethan-4'4'-Diisocyanat (MDI) ohne Füllstoffe. Er ist geschlossenzellig mit mikro- bis grobzelliger, unregelmäßiger stark in Fließrichtung gerichteter Struktur, die sich auf eine Handverschäumung zurückführen lässt.³¹⁰ Mikrochemische Nachweisreaktionen ließen zunächst Polystyrol vermuten³¹¹, thermoplastische Eigenschaften und Löslichkeit sprechen jedoch für einen Duroplast. Die infrarotspektroskopische Untersuchung des WIWeB belegt Polyurethan mit MDI, das Spektrum ist nicht zur Einsicht verfügbar. Die abbauspezifisch kritische Information, ob ein ether- oder esterbasierten Schaum vorliegt, ließ sich nicht eindeutig interpretieren. VAN OOSTEN führt an, dass eine Unterscheidung zwischen Polyurethanen auf Ester- oder Etherbasis möglich ist, indem eine Probe des Materials in 10%ige Kalilauge eingelegt wird.³¹² Löst sich der Schaum auf, handelt es sich um einen Ester. Die eingelegte Probe des Hartschaums hat sich weder nach Erhitzung in Kalilauge gelöst, noch nach einwöchiger Einwirkung.

Volker Koesling, Chemiker im DTMB, interpretiert die Spektren (Abb. 151 - 153) wie folgt: "Das könnte wohl ein PU-Schaum sein, Ester, Amid I, Amid II, alles da und auch alles andere sieht gut aus [...]. Was mir aber schon mal auffällt, ist die Veränderung bei den übereinandergelegten Spektren [...]: Bei 1310 ist die Bande beim außen PU intensiver. Da finden sich die sekundären Alkohole (Abbauprodukt). Mehr Alk = mehr Abbau"³¹³, und "mir scheint das eher ein Polyesterurethan zu sein (Signale bei 1070 und 1170 zu erwarten), beim Polyether bei 1120). Nun gut, es ist das Signal bei 1170 nicht wirklich da, aber 1070, und 1120 fehlt völlig. Es ist ein aromatisches PU: Die Valenzschwingung der CO-Einfachbindung liegt bei 1220 (aliphatisch sind bei 1260), die NH-Deformation (Amid II) liegt bei 1520 (aliphatisch wären bei 1540)."

Bemerkenswert ist, dass in der Fachliteratur einerseits Polyester, andererseits Polyether als Standardausgangsmaterial für die Hartschaumherstellung angegeben werden.³¹⁴

Da die Spektren keine eindeutige Interpretation zulassen, wird hier die Erkenntnis aus dem Verseifungsnachweis mit Kalilauge sowie der Zustand des Schaums, der offensichtliche photooxidative Abbauerscheinungen aufweist aber keine strukturellen Schäden, die durch hydrolytische Prozesse eingeleitet werden könnten, gewichtet. Sie sprechen dafür, dass es sich eher um einen Ether als einen Ester handelt.

310 vgl. VOSS 1970, 8f.

311 Beilsteinprobe, vgl. BRAUN 2012, 42; Pyrolyse, vergleichende Werte bei BRAUN 2012, 30; Brennverhalten, vgl. BRAUN 2012, 34.

312 vgl. VAN OOSTEN 2011, 81, Die Base hydrolysiert und zersetzt den Esterschaum, indem die Esterbindungen verseift werden, vgl. VAN OOSTEN 2011, 45.

313 Frdl. schriftl. Mitteilung Volker Koesling, 01.11.2016

314 vgl. FRANCK 2011, 398; vgl. DOMININGHAUS 2012, 1185.

11.5.3 Textilien

Textilklebeband - Gewebe

Der textile Träger des Klebebands ist in Leinwandbindung gewebt, die sich durch eine enge Verkreuzung von Schuss- und Kettfäden auszeichnet.³¹⁵ Das Gewebe ist gelb gefärbt.

Tab.12: Materialanalysen Textilklebeband - Gewebe

Probe16058_P15		
Instrumentelle Analytik	Mikroskopische Untersuchung	Auswertung
FTIR: Cellulose	Längsriefung der Faser Gelbe Durchfärbung Glatter Bruch Kaum Interferenz im polarisierten Licht	Längsriefung/gezählter Querschnitt deutet auf Regeneratfaser hin; die gebrochenen Enden der Fasern sind nicht ausgefranst, was typisch für Synthetikfasern ist; FTIR-Spektrum und die Anfärbung nach Herzberg weisen auf Cellulose hin; Wahrscheinlich ist regenerierte Cellulose / Viskose
Mikroskopie		
Abb. 137: Faserprobe im Durchlicht	Abb. 138: Faserprobe im polarisierten Licht	
		
Abb. 139: Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg		
		

315 vgl. GILLOW 1999, 70.

AUSWERTUNG:

Die mikroskopische Betrachtung der Faser lässt auf eine mit gelbem Farbstoff durchgefärbte Regeneratfaser schließen. Anhaftungen des abgebauten Klebstoffs sind erkennbar.³¹⁶ Im Durchlicht ist deutlich eine Längsriefung der Faser zu sehen, die für Regeneratfasern typisch ist. Diese kommt zustande, da die Faser aus der Spinnöse ins Fällbad eintretend einer Schrumpfung unterliegt. Die Faser zieht sich zusammen, sodass ein gezählter Querschnitt entsteht.³¹⁷ Eine Anfärbung mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg ergab eine rötliche Färbung, die cellulosehaltiges Material identifiziert.³¹⁸ Die Infrarotspektroskopische Untersuchung (Abb. 156, 157) bestätigte im Vergleich mit der hochschulinternen Datenbank cellulosehaltiges Material.

Daher ist es wahrscheinlich, dass der textile Träger aus Viskosefasergewebe³¹⁹ besteht.

Der Klebstoff, der einseitig an dem Textil haftet, konnte analytisch nicht näher bestimmt werden. Wie bei Selbstklebestreifen üblich, wird es ursprünglich ein gummielastisches Bindemittel gewesen sein, das mit oxidativem Abbau nach und nach vernetzt und verhärtet ist.

Textilarmierung Folie - Gewebe

Die VCVAc-Folie ist in an den Außenkanten zwischen Schaum und Folie teilweise armiert. Die Armierung ist an den Stellen eingebracht, wo die Folie über die Sockelkante geknickt ist. Sie ist in Leinwandbindung gewebt und ungefärbt.

Tab.13: Materialanalysen Textilarmierung Folie - Gewebe

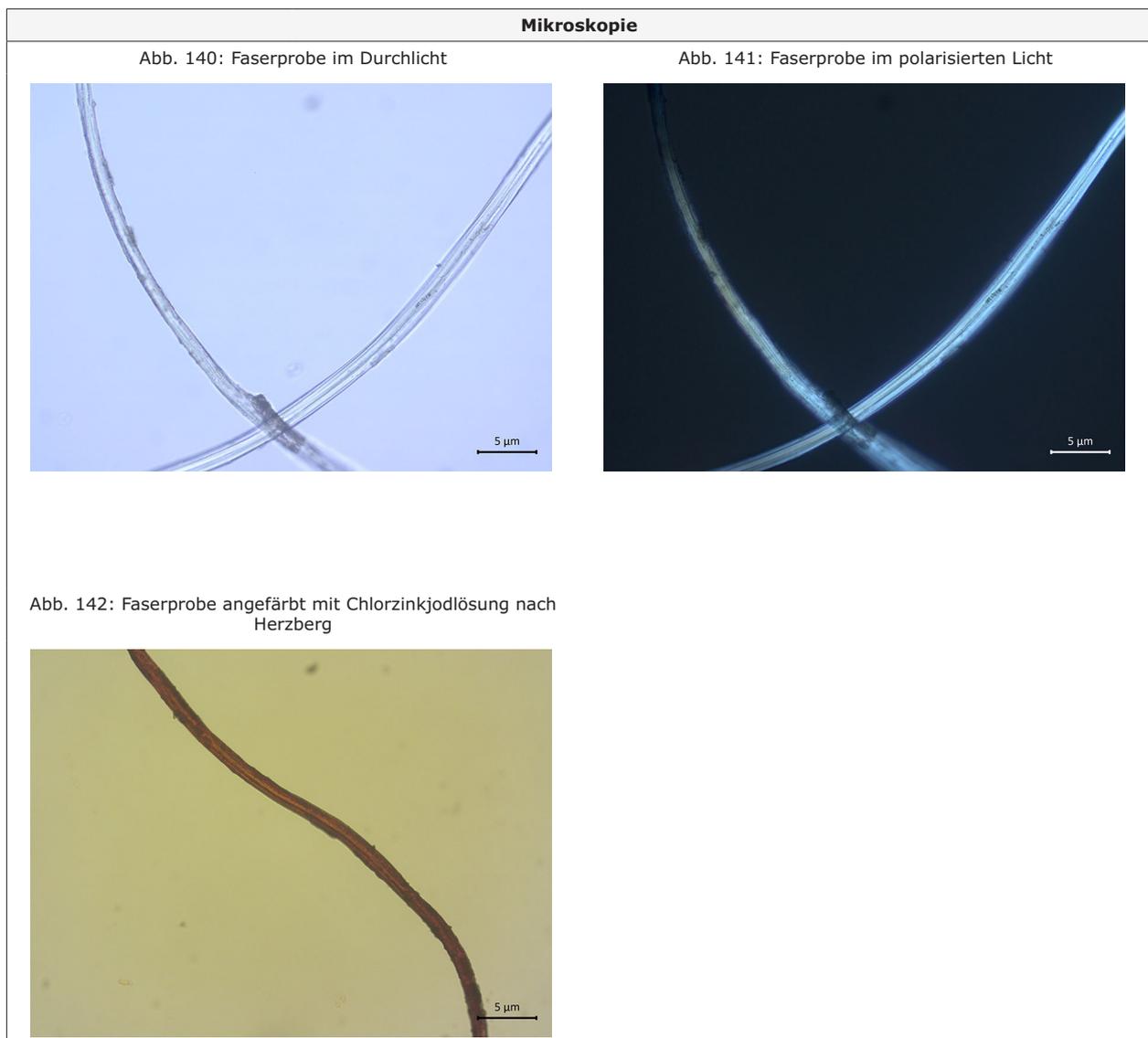
Probe16058_P17	
Mikroskopische Untersuchung	Auswertung
Längsriefung der Faser Ungefärbt Glatter Bruch Kaum Interferenz im polarisierten Licht	Längsriefung/gezählter Querschnitt deutet auf Regeneratfaser hin; die gebrochenen Enden der Fasern sind nicht ausgefranst, was typisch für Synthetikfasern ist; die Anfärbung nach Herzberg weist auf Cellulose hin; Wahrscheinlich ist regenerierte Cellulose / Viskose

316 frdl. mdl. Mitteilung von Cornelia Golle am 14.11.2016, Laboringenieurin Textile Werkstoffprüfung, HTW Facherbereich 5

317 Ebenda, vgl. auch LATZKE HESSE 1988, 59.

318 vgl. HARDERS 1974, S.108f.

319 Viskose gehört zu den Chemiefasern, das Ausgangsprodukt ist hierbei der Zellstoff, der auch aus billigen Holzabfällen gewonnen werden kann. Über Alkalisierung mittels Natronlauge wird Alkalizellulose gewonnen, in einem weiteren Schritt wird der Polymerisationsgrad der Zellulose und damit die Viskosität der Spinnlösung eingestellt. Durch Behandlung mit Schwefelkohlenstoff entsteht Zellulosexanthogenat, dieses wird beim Spinnprozess in ein Fällbad geleitet, in dem die Viskose zu Hydratzellulose neutralisiert wird - die Fäden aus regenerierter Zellulose werden daraufhin gewaschen und nachbehandelt und können schließlich zu Textil verarbeitet werden. vgl. ROGOWIN 1982, S.80f.

**AUSWERTUNG:**

Die mikroskopische Betrachtung der Faser lässt auf eine ungefärbte Regeneratfaser schließen. Im Durchlicht ist deutlich eine Längsriefung der Faser zu sehen, die für Regeneratfasern typisch ist. Diese kommt zustande, da die Faser aus der Spinnndüse ins Fällbad eintretend einer Schrumpfung unterliegt. Die Faser zieht sich zusammen, sodass ein gezählter Querschnitt entsteht.³²⁰ Eine Anfärbung mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg ergab eine rötliche Färbung, die cellulosehaltiges Material identifiziert.³²¹ Daher ist es wahrscheinlich, dass der textile Träger aus Viskosefasergewebe³²² besteht.

320 Ebenda, vgl. auch LATZKE HESSE 1988, 59.

321 vgl. HARDERS 1974, S.108f.

322 Viskose gehört zu den Chemiefasern, das Ausgangsprodukt ist hierbei der Zellstoff, der auch aus billigen Holzabfällen gewonnen werden kann. Über Alkalisierung mittels Natronlauge wird Alkalizellulose gewonnen, in einem weiteren Schritt wird der Polymerisationsgrad der Zellulose und damit die Viskosität der Spinnlösung eingestellt. Durch Behandlung mit Schwefelkohlenstoff entsteht Zellulosexanthogenat, dieses wird beim Spinnprozess in ein Fällbad geleitet, in dem die Viskose zu Hydratzellulose neutralisiert wird - die Fäden aus regenerierter Zellulose werden daraufhin gewaschen und nachbehandelt und können schließlich zu Textil verarbeitet werden. vgl. ROGOWIN 1982, S.80f.

Etikett Kabelstrang - Gewebe

Die Kabelstränge sind kurz vor dem Pfostenstecker mit einem textilen Etikett versehen, auf dem die Segmentnummer verzeichnet ist. Sie sind in Leinwandbindung gewebt und ungefärbt.

Tab.14: Materialanalysen Etikett Kabelstrang - Gewebe

Probe16058_P18	
Mikroskopische Untersuchung	Auswertung
Längsriefung der Faser Ungefärbt Glatter Bruch Kaum Interferenz im polarisierten Licht	Längsriefung/gezählter Querschnitt deutet auf Regeneratfaser hin, die Anfärbung nach Herzberg weist auf Cellulose hin Wahrscheinlich ist regenerierte Cellulose / Viskose

Mikroskopie

Abb. 143: Faserprobe im Durchlicht



Abb. 144: Faserprobe im polarisierten Licht



Abb. 145: Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg



AUSWERTUNG:

Die mikroskopische Betrachtung der Faser lässt auf eine ungefärbte Regeneratfaser schließen. Im Durchlicht ist deutlich eine Längsriefung der Faser zu sehen, die für Regeneratfasern typisch ist. Diese kommt zustande, da die Faser aus der Spinn Düse ins Fällbad eintretend einer Schrumpfung unterliegt. Die Faser zieht sich zusammen, sodass ein gezählter Querschnitt entsteht.³²³ Eine Anfärbung mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg ergab eine rötliche Färbung, die cellulosehaltiges Material identifiziert.³²⁴

Daher ist es wahrscheinlich, dass der textile Träger aus Viskosefasergewebe besteht.

Schnur Kabelstrang

Die einzelnen Kabel werden über die Kabelkanäle zu einer zentralen Stelle geleitet und dort mit einer Schnur zu einem Kabelstrang gebündelt, der dann im Messerstecker mündet. Die Schnur ist in S-Richtung gedreht und ungefärbt.

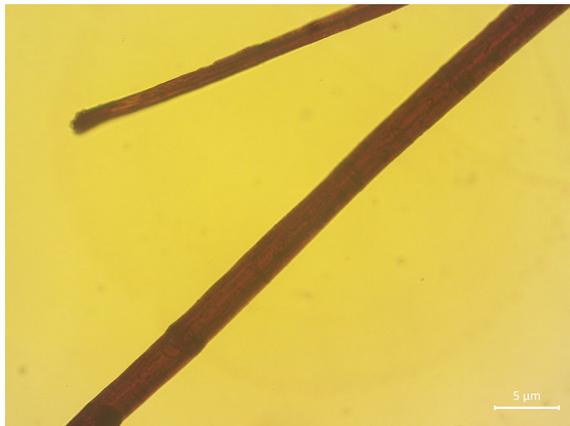
Tab.15: Materialanalysen Schnur Kabelstrang

Probe16058_P19	
Mikroskopische Untersuchung	Auswertung
Vereinzel Querriefung der Faser ohne Verdickung Gleichmäßige, eher glatte Oberfläche der Faser mit leichter Fibrillierung Starke Interferenz bei polarisiertem Licht Ungefärbt	Die nicht verdickten Querriefen und die Interferenz bei polarisiertem Licht deuten auf eine natürliche Faser, die Anfärbung nach Herzberg weist auf Cellulose hin Die größte Ähnlichkeit besteht zu Hanf [vgl. HARDERS 1974, 92f.]
Mikroskopie	
Abb. 146: Faserprobe im Durchlicht	Abb. 147: Faserprobe im polarisierten Licht
	

323 Ebenda, vgl. auch LATZKE HESSE 1988, 59.

324 vgl. HARDERS 1974, S.108f.

Abb. 148: Faserprobe angefärbt mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg



AUSWERTUNG:

Die mikroskopische Betrachtung der Faser lässt eine Hanfschnur vermuten.³²⁵ Im Durchlicht sind vereinzelt Querriefen ohne Verdickung zu sehen, die sich im polarisierten Licht noch deutlicher abheben. Eine Anfärbung mit Chlorzinkjodlösung nach Herzberg ergab eine rötliche Färbung, die cellulosehaltiges Material identifiziert.³²⁶

11.5.4 Kitt

Der Kitt (Probennr. 16058_P20) diente als Übergangsmaterial in den Fugen zwischen den Segmenten. Er ist innerlich noch weich, außen oxidiert und verhärtet.

Tab.16: Materialanalysen Kitt

Bindemittelanalyse			
Mikrochemische Nachweise (nach SCHRAMM HERING 1993 und BRAUN 2012)		Instrumentelle Analytik	Auswertung
Beilsteinprobe: negativ SchwefelNW: negativ Alkalische Verseifbarkeit: uneindeutig	Löslichkeit: löst in SGB, quillt in Ethylacetat	FTIR: Spektrum überlagert durch Füllstoffe, uneindeutig	Das Bindemittel konnte nicht näher bestimmt werden
Pigment- / Füllstoffanalyse			
Mikrochemische Nachweise (nach SCHRAMM HERING 1993 und BRAUN 2012)	Instrumentelle Analytik	Auswertung	
Ausgeschlossen: Bleiweiß, Calciumcarbonat, Calciumsulfat, Sulfide/Lithopone	FTIR: Banden für Kaolin im Spektrum vorhanden	Kaolin	

325 vgl. HARDERS 1974, 92f.

326 vgl. HARDERS 1974, S.108f.

AUSWERTUNG:

Das Bindemittel des Kitts konnte nicht weiter bestimmt werden, die Zuordnung zu Gummi im Vergleich mit der hochschulinternen Datenbank ist unwahrscheinlich, da kein Schwefel enthalten ist. Da die Probe nicht verseift werden konnte, ist trocknendes Öl wie Leinöl als Bindemittel unwahrscheinlich. Die Kenntnis der Löslichkeit in aliphatischem Lösemittel ist für die restauratorische Behandlung ausreichend. Volker Koesling, Chemiker im DTMB, interpretiert das FTIR-Spektrum (Abb. 154, 155) wie folgt: „Kein Wunder, dass die Maschine diesen Kitt zum Gummi erklärt. Ihr Hauptsignal ist die Doppelbande bei 1004/1030 [...]. Das ist auch das Hauptsignal bei diesem Gummi, hat aber mit dem Gummi selbst herzlich wenig zu tun, sondern ist ein Füllstoff: Kaolin. Zum Kaolin gehören noch weitere Banden: 3690, 3620, 1112, 1028, 1004, 911, 780, 750, 690 und auch 640 (hier nicht ausgewiesen). [...] Die Bande bei 873 ist Kreide, und auch die bei 1440 und die bei 712. Kaolin und Kreide als Hauptbestandteil eines Kittes? Passt doch sensationell! Und welches Bindemittel? Da wird es schwierig. Ökitt wäre die klassische Lösung, schöne CH-Valenzen (2920 und 2850) als Hinweis auf lange CH-Ketten haben wir ja auch. Aber es fehlt die Esterbande (Valenz der CO-Doppelbindung) und die klassischen Valenzen der CO-Einfachbindung. Ich sehe weder Triglyceride (Öllack) noch das typische Muster der Acrylharze (wäre alles so zwischen 1100 und 1300)“³²⁷

11.5.5 Kabelisolierung

Tab.17: Materialanalysen Kabelisolierung

Bindemittelanalyse		
Mikrochemische Nachweise (nach SCHRAMM HERING 1993 und BRAUN 2012)	Instrumentelle Analytik	Auswertung
Beilsteinprobe: positiv	FTIR: VCVAc	Halogenhaltig, VCVAc-Copolymer

AUSWERTUNG:

Volker Koesling, Chemiker im DTMB, interpretiert das FTIR-Spektrum (Abb. 158) wie folgt: „PVC ist ein bisschen heikel. Das Spektrum sieht schon nicht so schlecht aus, allerdings gehen alle vorhandenen Schwingungen auf CH und CC zurück. Die eigentlich interessanten C-Cl-Banden liegen zwischen 600 und 700. Aber im Prinzip sieht das Spektrum schon richtig aus. Allerdings dürfte es kein reines PVC sein, sondern ein Copolymeres aus PVC und PVAc (die Esterbande bei 1720 !), oder das Material enthält einen Weichmacher. Ich tendiere aber eher zu erster Deutung“³²⁸.

327 Frdl. schriftl. Mitteilung Volker Koesling, 01.11.2016

328 Frdl. schriftl. Mitteilung Volker Koesling, 15.11.2016

11.6 Spektren

1) RFA

2) FTIR

Abb. 149: RFA-Spektrum der unbedruckten Folie, Probe 16058_P11

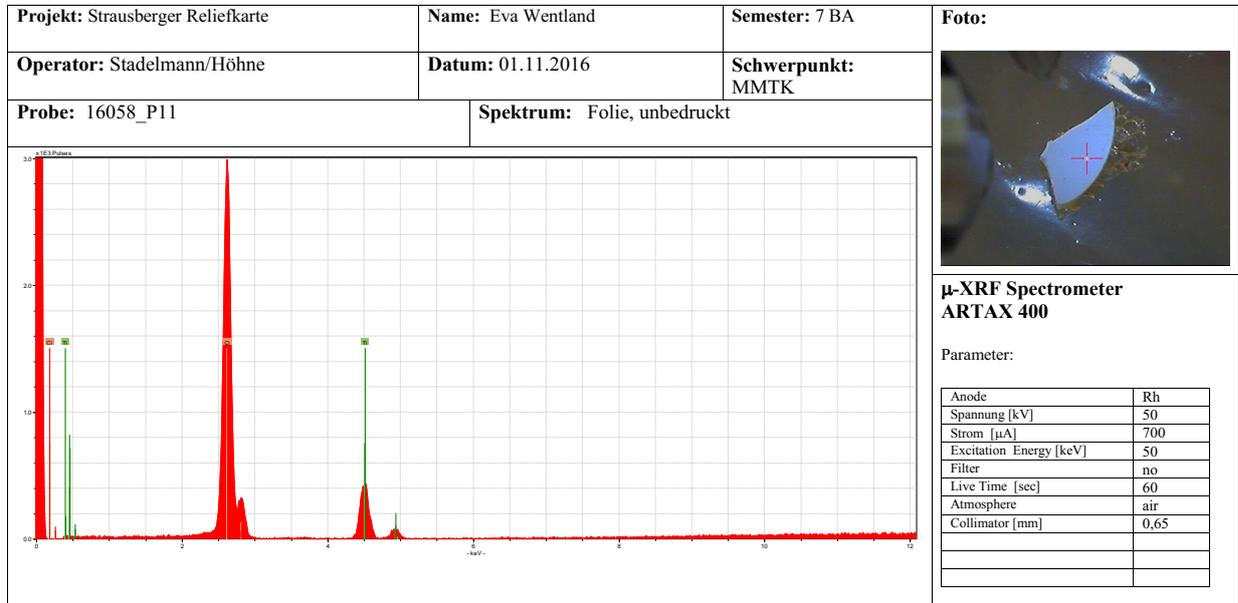
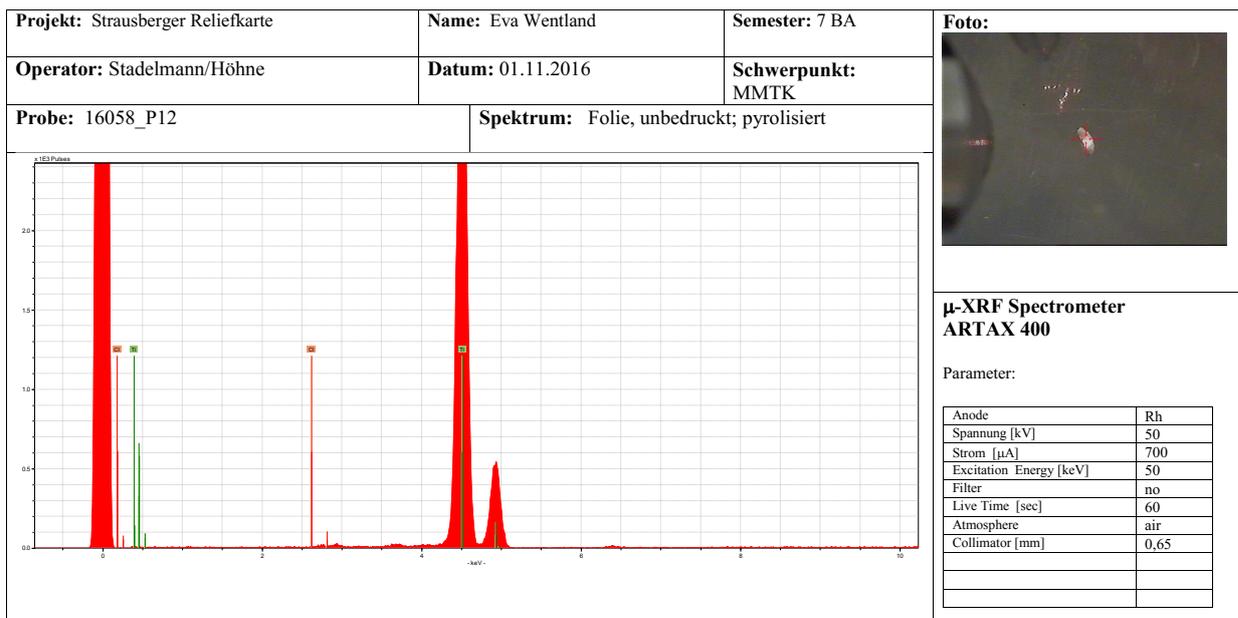


Abb. 150: RFA-Spektrum der pyrolysierten Folie, unbedruckt, Probe 16058_P11



11.6. ANHANG, SPEKTREN, 2) FTIR

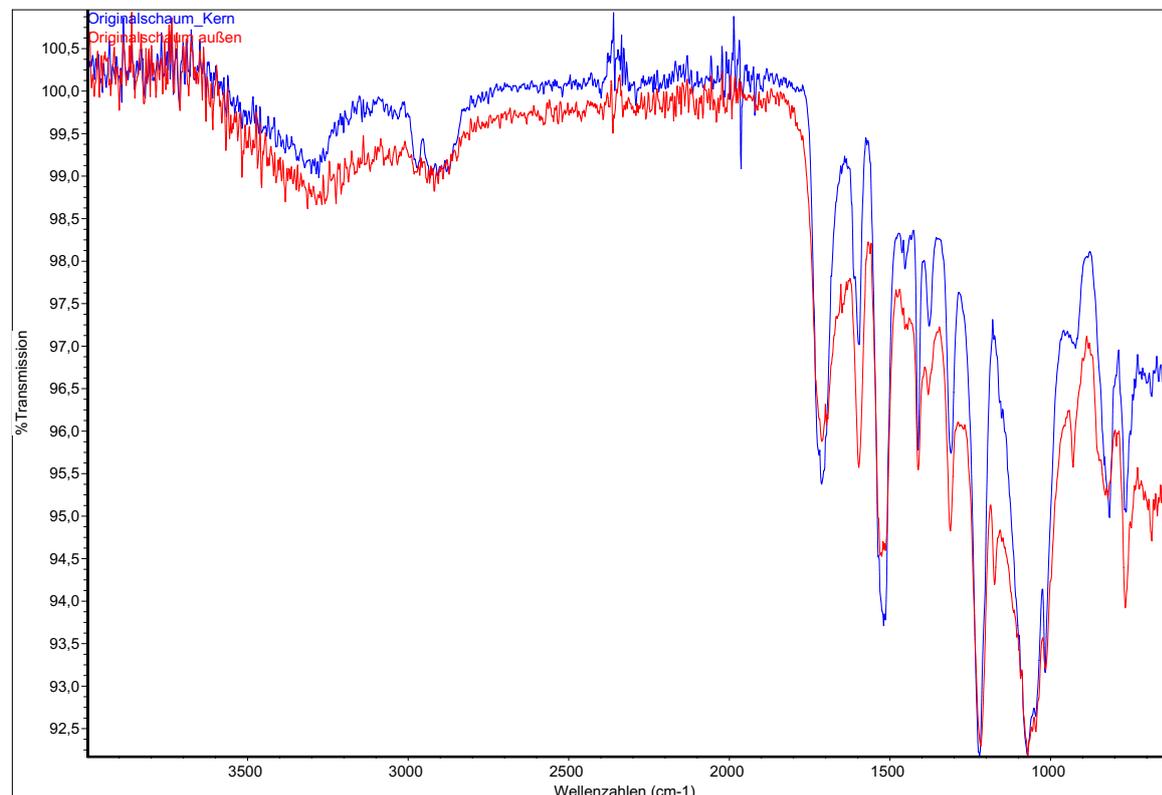
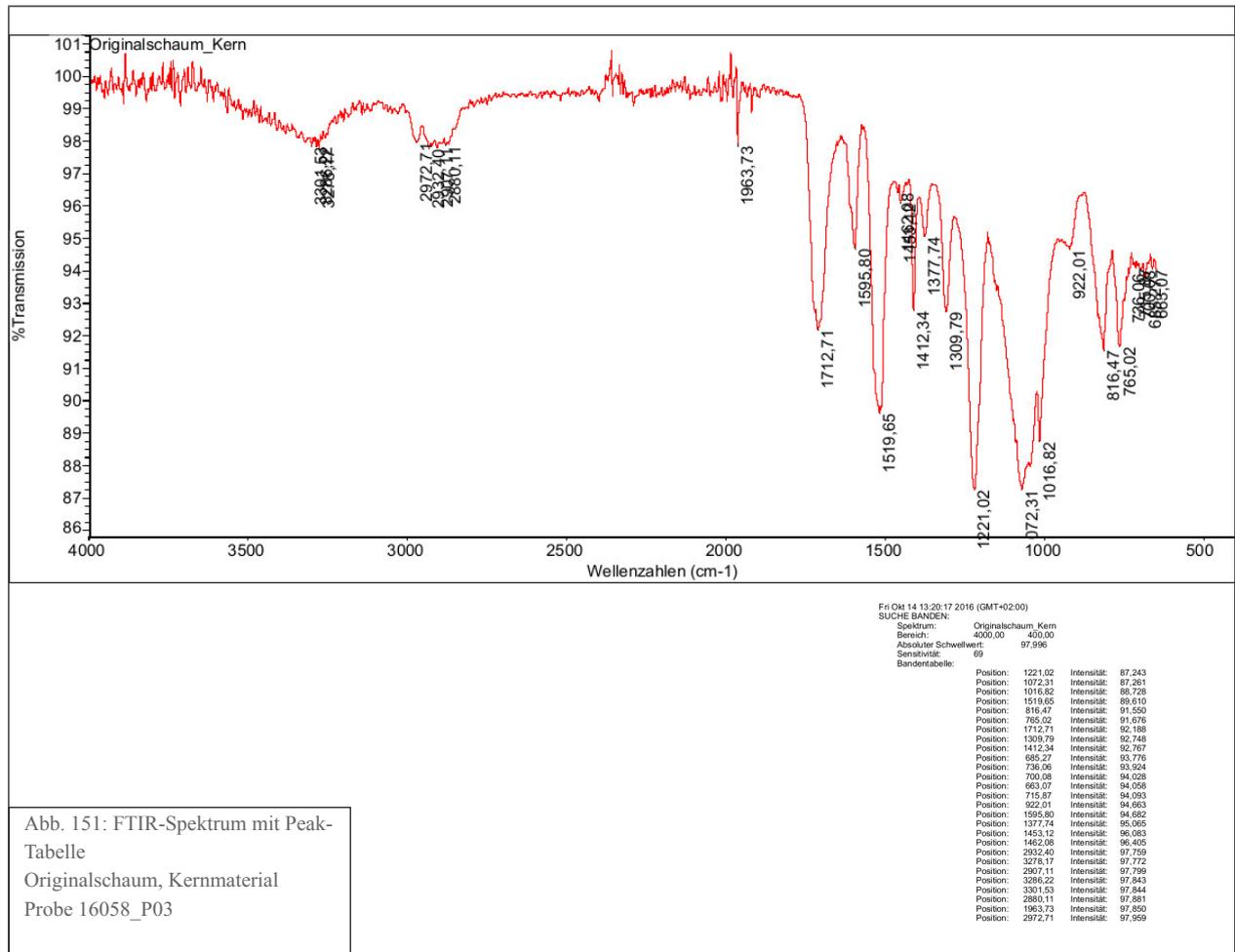


Abb. 152: FTIR-Spektren im Vergleich
 Originalschaum Kernmaterial (blau, Probe 16058_P03) und Außenhaut (rot, Probe 16058_P02)

11.6. ANHANG, SPEKTREN, 2) FTIR

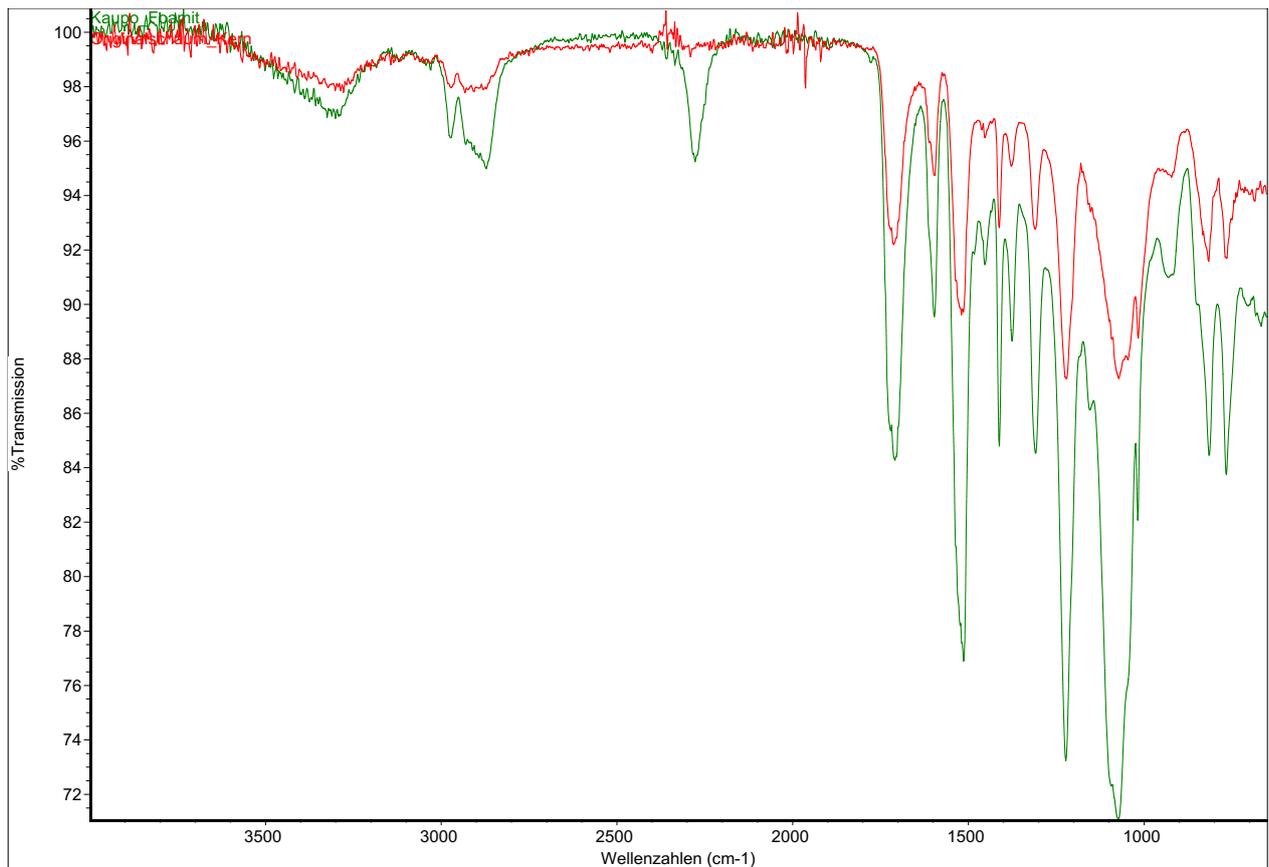
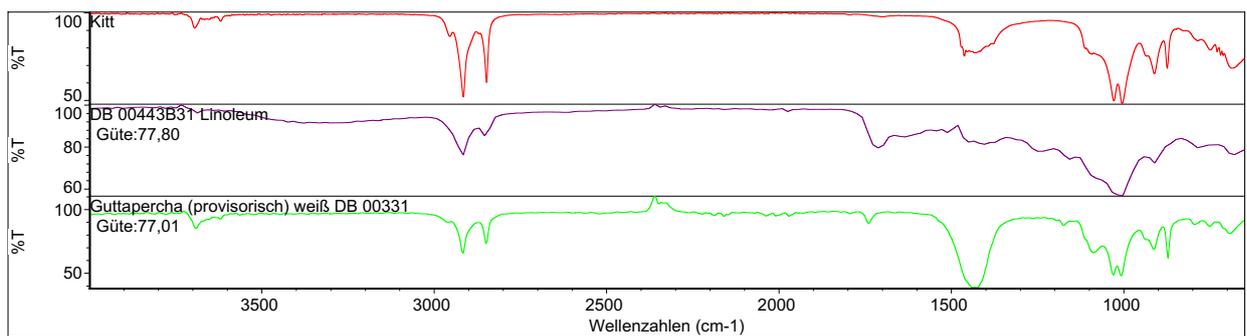


Abb. 153: FTIR-Spektren im Vergleich
 Originalschaum Kernmaterial (rot, Probe 16058_P03) und Ergänzungsmaterial FOAMiT® 10 Slow (grün, Probe 16058_P04)

Suchergebnis für: Kitt
 Datum: Fri Okt 14 13:29:23 2016 (GMT+02:00)
 Suchalgorithmus: Korrelation
 Geprüfte Bereiche: 3495,26-655,68

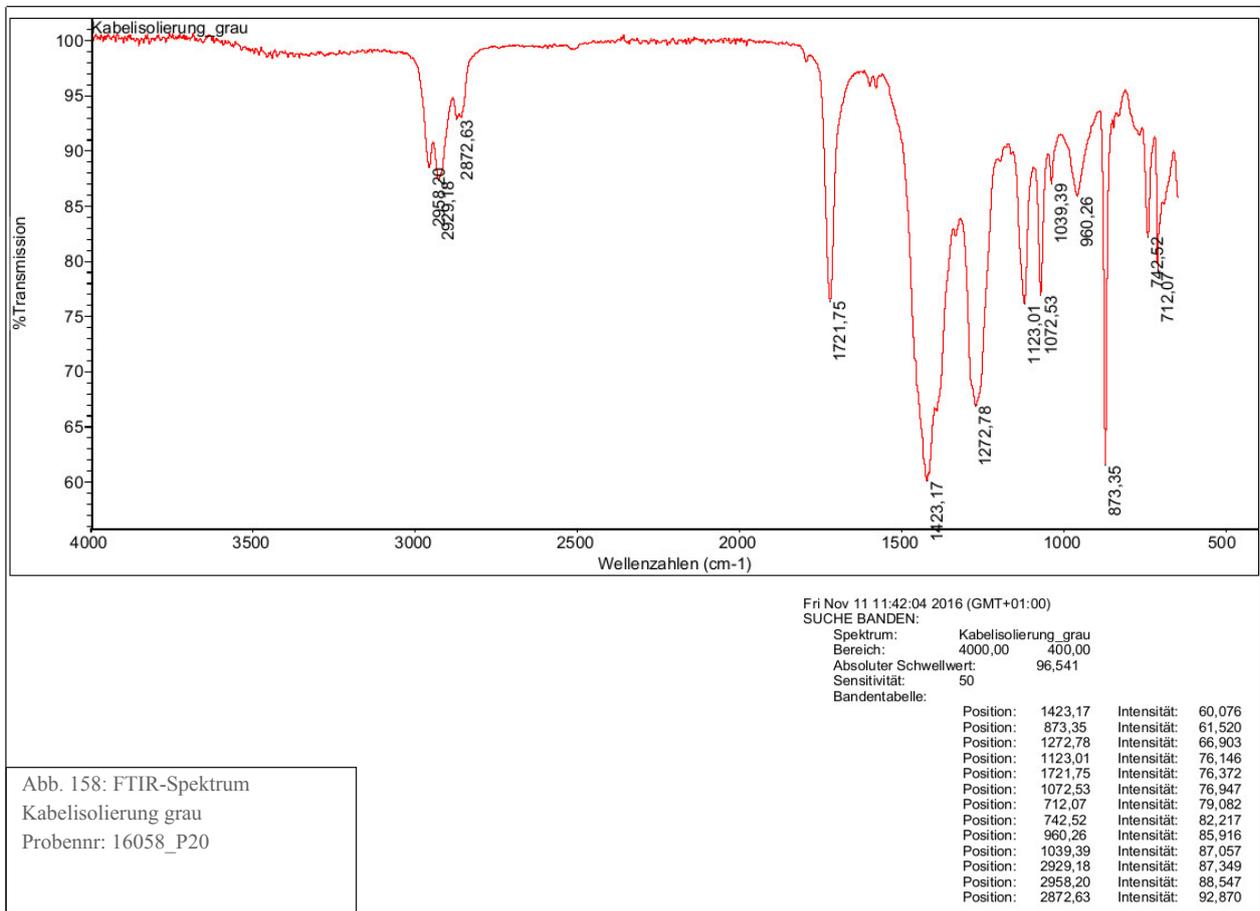
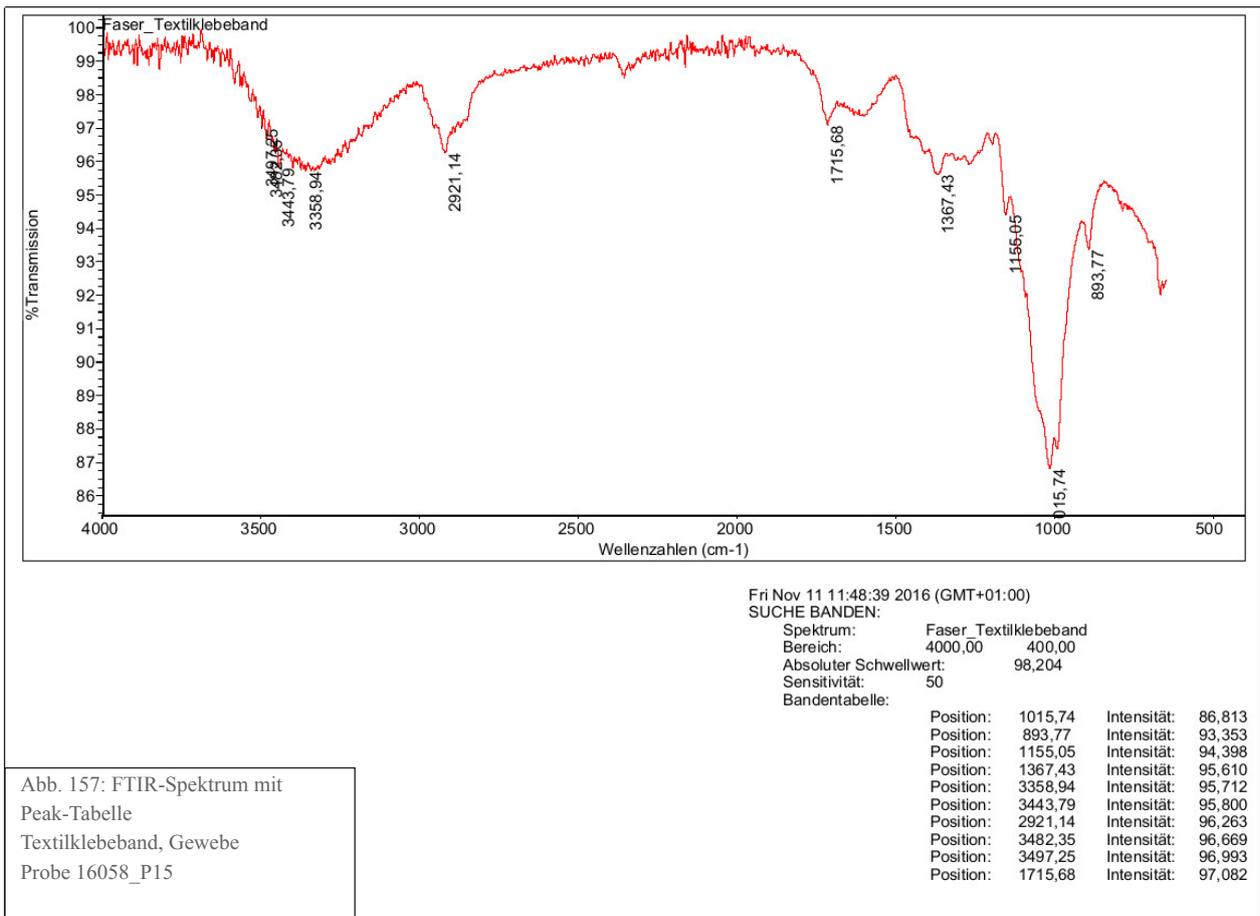


Suchergebnis Gütefaktoren

Index	Güte	Spektrname	Bibliotheksname	
1	24	77.80	DB 00443B31 Linoleum	Synthetisch Technische Materialien
2	118	77.01	Guttapercha (provisorisch) weiß DB 00331	Kunststoffe
3	33	76.13	Gummi Schlauch Aquarienluftpumpe (75,25 NR-Isopren-Kautschu	Gummiwerkstoffe - Kautschuke
4	32	75.19	Gummi (53,46 NR - Isopren Kautschuk) DB 00661	Gummiwerkstoffe - Kautschuke
5	34	73.59	Gummi Tischventilator (85,05 Methylkautschuk rein) DB 00923	Gummiwerkstoffe - Kautschuke
6	115	72.77	Film, Cellulosenitrat positiv sw Beschichtung DB 00444B32	Foto Film Datenträger
7	91	72.60	Klebewachs mikrokristallin weiß - gelblich Kremer 62620	Klebstoffe und Bindemittel
8	97	72.42	Knetwachs mikrokristallin weiß Kremer 62600	Klebstoffe und Bindemittel
9	28	72.29	Schutzbrille Schutzumrandung Gehäuse dunkle Seite (76,35 PE	Gummiwerkstoffe - Kautschuke
10	50	72.23	Cosmoloid H 80 Pastillen Kremer 62800	Klebstoffe und Bindemittel

Abb. 154: FTIR-Spektrum im Vergleich mit der Datenbank der HTW
 Kitt, Probe 16058_P14

11.6. ANHANG, SPEKTREN, 2) FTIR



11.7 Technische Merkblätter



70700 Aceton, Essiggeist, Dimethylketon, Ketonpropan, Propanon

Chemische Zusammensetzung : $\text{CH}_3\text{COHCH}_3$

Farblose, aromatisch riechende, feuergefährliche Flüssigkeit. Aceton ist mit Wasser, Alkohol und Äther beliebig mischbar. Aceton löst Fette, Harze, Schellack, Vinylharze, Asphalt, Acetylcellulose, Nitrocellulose, Acetylen. Aceton ist das einfachste Keton.

Vorkommen:

In der Produktion der trockenen Destillation von Holz und im Harn von Zuckerkranken.

Herstellung:

Durch trockene Destillation (ältestes Verfahren, heute unwichtig) von Calciumacetat (Graukalk). Ferner nach einem von Weizmann entdeckten Gärverfahren aus Mais, Reis usw. (hierbei wird Getreide durch eine Bakterienart in 1 Tl. Aceton und 2-3 Tl. Butylalkohol gespalten), durch Oxidation von Isopropylalkohol bzw. durch Dehydration von synth., aus Acetylen gewonnener Essigsäure, aus Acetylen und Wasserdampf oder durch Einwirkung von Eisenkatalysatoren auf erhitzten Alkohol und Wasserdampf.

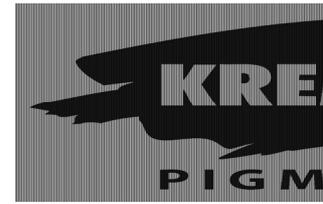
Verwendung:

Als Lösungsmittel, Extraktions- und Kristallisationsmittel, zum Beispiel in Abbeizmitteln für Öl- und Lackfarben, Lösungsmittel für Acetylcellulose bei Lack- und Acetatseidenfarbrikation, Lösungsmittel für Acetylen, zur Klebemittelherstellung, als Alkoholersatz bei der Entwässerung mikroskopischer Präparate, bei der Synthese von Diacetonalkohol, Methylisobutylketon, Bromaceton, Chloroform, Jodoform, Sulfonal usw., zur Lösung von ätherischen Ölen, Balsamen, Chlorophyll, Gummen, Harzen usw.

Als Acetonersatz ist rohes Methaäthylketon verwendbar. Aceton wurde schon 1661 von Boyle bei der Holzdestillation beobachtet.

Produkt-Spezifikation:

Reinheit	min. 99,5%	GC
Dichte bei 20°C	0,789- 0,796 g/ml	DIN 51757
Brechungsindex bei 20°C	1,355 – 1,360	DIN 53169
Siedebereich	55,6 – 57,1°C	DIN 53171
Wassergehalt	max. 0,3 %	DIN 51777
Farbzahl (Hazen)	max. 10	DIN ISO 6271
Abdampfrückstand	< 0,003 g/100 ml	gravimetrisch



780625-780658 Trocken-Reinigung - schnell, sauber, sicher mit AKA

AKA dient zur bequemen und sicheren Trockenreinigung von Oberflächen-Verschmutzungen auf Wänden, Decken, Bildern, Fresken, Wandmalereien, Tapeten, Papier, Textilien, Anstrichen usw.

AKA wird als Trockenschwamm, als Pulver und als Strahlpulver in verschiedenen Einstellungen geliefert: weich, hart und extra hart. Der Einsatz richtet sich nach Art und Empfindlichkeit des Untergrundes.

Restauratoren stehen laufend vor der Aufgabe, Dokumente, Kunstwerke und anderes zu reinigen. Dabei ist nicht nur die optimale Reinigungsmethode von grosser Bedeutung, sondern genauso wichtig ist es, dass auch nach vielen Jahren keine negativen Nebenwirkungen auftreten.

Die AKA Trockenreinigung, die sich bereits seit über 20 Jahren bewährt, hat sich deshalb bei vielen Restauratoren in aller Welt als bevorzugte Reinigungsmethode etabliert. Häufig ist der Einsatz der AKA-Produkte die einzige Möglichkeit, Restaurierungen erfolgreich durchzuführen.

Alle Angaben und Empfehlungen beruhen auf unseren anwendungstechnischen Erfahrungen und sind nach bestem Wissen wiedergegeben worden. Die ausserhalb unseres Einflusses liegenden Arbeitsbedingungen schliessen einen Anspruch aus. Im Zweifelsfalle empfehlen wir ausreichende Eigenversuche. Eine Gewährleistung kann nur für die gleich bleibende Qualität unserer Erzeugnisse übernommen werden. Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, sind vorbehalten.

Jede von uns gegebene anwendungstechnische Beratung stellt nur einen unverbindlichen Hinweis dar - auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter -, der nicht von der eigenen Prüfung der von uns gelieferten Produkte befreit. Verarbeitung, An- und Verwendung unserer Produkte liegen ausschliesslich im Verantwortungsbereich des Kunden. Wir gewährleisten einwandfreie Qualität unserer Waren nach Massgabe unserer allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Akapad Schwämme

Der Akapad-Schwamm dient zur bequemen und sicheren Trockenreinigung von Oberflächen-Verschmutzungen auf Wänden, Decken, Bildern, Fresken, Wandmalereien, Tapeten, Papier, Textilien, Anstrichen usw. Der Akapad-Schwamm besteht aus einem blauen Griffkörper und einer darauf aufgeschäumten, gelb eingefärbten Wirksubstanz. Die Reinigung ist bequem und sicher, da die gelbe Wirksubstanz stets sichtbar und kontrollierbar ist. So wird eine Verletzung der zu reinigenden Oberfläche ausgeschlossen. Der Akapad-Schwamm reinigt sich durch Krümelbildung ständig selbst. Dadurch ist eine streifen-, schmier- und wolkenfreie Reinigung möglich.

Anwendung

Den Akapad-Schwamm am blauen Griffkörper festhalten und mit dem gelben Teil über die zu reinigenden Oberflächen reiben. (Bei glatten Flächen den Schwamm spreizen, damit die Krümelbildung erhöht wird.) Den Akapad-Schwamm nur so fest auf die Oberfläche drücken, dass schmutzgesättigte Krümel entstehen.

Hinweis

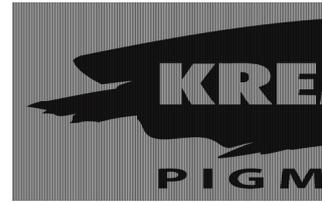
Der weiche Schwamm wird für empfindliche Untergründe, der harte Schwamm für weniger empfindliche und der extra harte Schwamm für unempfindliche Untergründe, wie z.B. Mauerwerk eingesetzt. Die zu reinigenden Flächen müssen unbedingt trocken sein und dürfen weder abfärben noch kreiben.

Technische Daten

Rohstoffbasis:	spezieller, gefüllter, vulkanisierter Latexschwamm
pH-Wert:	neutral
Lagerdauer:	ca. 2-3 Jahre
Vorsichtsmassnahmen:	keine
Entsorgung:	Verbrennung oder Deponie



Seite 1 von 4



58000 Champagner Kreide, natürliches Calciumcarbonat

Die Champagner Kreide ist ein feines, mikrokristallines, weiches Sedimentgestein, das durch Ablagerung der Schalen von fossilen Kleinlebewesen wie Coccolithen und Foraminiferen entstanden ist. Kreiden bildeten im Laufe der Jahrmillionen weisse Kalke, die im Gegensatz zum Kalkstein stark abfärben und daher auch als Pigmente verwendet werden.

Grosse Kreidevorkommen werden in Norddeutschland/ Rügen (Artikel 58010), in Jütland/Dänemark oder im Pariser Becken, in der Champagne/Frankreich gefunden. Kreide zeigt eine amorphe Struktur und kann aufgrund der natürlichen Formation maximal bis zu 5µm im mittleren Teilchendurchmesser und ca. 30 µm grösste Teilchen nach Vermahlung aufweisen.

Die Rohkreide wird von den Gruben "Les Mothées" in das Werk bei Omev befördert. Die Reinheit, Feinheit und der Weissgrad der in Omev abgebauten Kreide ist vorzüglich. Rohkreide ist fast überall in der Champagne zu finden, z.B. direkt an der Autobahn bei Reims.

Verwendung:

- Anstrichmittel
Innen-Dispersionsfarben, Leimfarben, Spachtelmassen
- Kunststoffe
Gummi, Klebstoffe, Tapetenbeschichtungen, Kitte
- Trägerstoff für Pflanzenschutzmittel
Verschnittmittel für Düngemittel
- Poliermittel
- Puderstoffe
- Keramik
- Papier

Die unten angegebenen Daten sind als typische Werte zu betrachten. Abweichungen sind möglich.

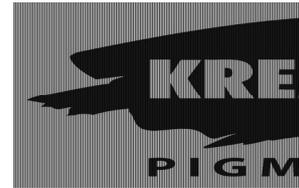
Chemische Analyse:

CaCO ₃	98 %
MgCO ₃	0,5 %
Fe ₂ O ₃	0,2 %
HCl unlösliche	1,2 %

Physikalische Eigenschaften:

Dichte	2,7 g/ml
Stampfdichte	1,1 g/ml
pH - Wert	9
Ölzahl	17 g / 100 g
DOP - Zahl	24 g/ 100 g

Siebrückstand 45 µm	0,15 %
Oberer Schnitt D 98%	20 µm
Mittlerer Teilchendurchmesser D 50%	2,4 µm
Teilchenanteil < 2 µm	42 %
Weißgrad	84,5 %
Feuchtigkeit ab Werk	0,2 %



70800 Ethylalkohol

Chemisch reiner Ethylalkohol ist eine leichtbewegliche, farblose, wasserklare, angenehm riechende, brennend schmeckende Flüssigkeit, die bei 78,3°C siedet und bei etwa -112°C erstarrt. Ethylalkohol verbrennt leicht mit bläulicher Flamme zu Kohlendioxid und Wasser. Der Flammpunkt des reinen Ethylalkohols liegt bei +11°C. Ethylalkoholdämpfe entzünden sich bei 400 bis 500°C. Ein brennendes Streichholz erreicht diese Temperatur. Enthält Luft 3,1 bis 12,45 Volumenprozent Alkoholdampf, so findet bei Annäherung der Flamme oder eines Funkens eine Explosion statt.

Reiner Ethylalkohol gibt mit Äther, Benzin, Benzol, Petroleum, Tetrachlorkohlenstoff u.a. organischen Flüssigkeiten klare Gemische. Treten Trübungen auf, so sind diese meist auf Wasser zurückzuführen, das sich im Äther, Benzin usw. nicht lösen kann und daher feine "Emulsionen" gibt. Ethylalkohol und Wasser sind beliebig miteinander mischbar.

Reiner Ethylalkohol ist für Organismen aller Art ein starkes Gift. Bakterien werden in 70%igem Ethylalkohol abgetötet oder in ihrer Entwicklung gehemmt, deshalb kann man in ihm anatomische Präparate aufbewahren, ohne Fäulnis befürchten zu müssen. Gibt man zu einer Kolonie Pantoffeltierchen während der mikroskopischen Beobachtung einen Tropfen Alkohol, so stellen sie in wenigen Augenblicken ihre Bewegung ein und gehen zugrunde. Ein Pferd, dem 30 g reiner Alkohol in die Venen gespritzt wurde, war schon nach drei Minuten tot. Die alkoholischen Getränke sind umso schädlicher, je höher ihr Alkoholgehalt ist. Schnaps schadet mehr als Wein (bei gleichen Mengen an C₂H₅OH) - und dieser wieder mehr als Bier. Gewöhnlich wird der Alkohol getrunken, doch kann auch eine intravenöse Alkoholinjektion oder längeres Einatmen von Alkoholdämpfen Berausung hervorrufen.

Formel:	CH ₃ CH ₂ OH
Synonyme:	Äthanol, Äthylalkohol, Alcohol aethylicus, Spiritus, Sprit, Weingeist
Erscheinungsbild:	farblose Flüssigkeit, schwacher süßlicher Geruch. Bei vergälltem Alkohol (Spiritus) unangenehmer Geruch durch das Vergällungsmittel.
MAK-Wert:	1000 ppm
Eigenschaft:	Leicht verdunstende, brennbare Flüssigkeit mit entzündlichen Dämpfen. Entzündung durch heiße Oberflächen, Funken oder offene Flammen.

Gefahren für die Gesundheit:

Unter normalen Umständen wenig giftig. In hohen Konzentrationen haben die Dämpfe betäubende Wirkung.

Bemerkungen:

Mischt sich vollständig mit Wasser. Keinen Brennspritus benutzen, da das verwendete Vergällungsmittel (Pyridin oder Methanol) gesundheitsschädlich ist! Alkohol ist auch erhältlich mit ungefährlichen Vergällungsmitteln wie Petrolether oder n-Butanol/Methylethylketon. Ist nur in sehr grossen Mengen Wassergefährdend.

Produkt-Spezifikation:

Prüfmerkmale	Spez.-Grenzen	Einheit	Prüfmethode
Gehalt	Min. 99,9	Vol.-%	D 2111
Dichte bei 20°C	0,786 – 0,793	g/cm ³	ASTM D4052, DIN 51757
Brechungsindex bei 20°C	1,359 – 1,365		DIN 53491
Wassergehalt	max. 0,1	Gew.-%	DIN 51777
Permanganattest	min. 20	Min.	ISO 1388/12
Farbzahl (Hazen)	max. 10		ISO 2211

Vergällt mit MEK 1,0 – 1,3 Vol.-%

PRÄZISE ABFORMEN.
DETAILGETREU REPRODUZIEREN.



KauPo Plankenhorn e.K.
Max-Planck-Straße 9/3
D-78549 Spaichingen
Fon +49 (0) 74 24 - 958 42 - 3
Fax +49 (0) 74 24 - 958 42 - 55
info@kaupo.de · www.kaupo.de

FOAM-iT!® Serie

Harte 2-Komponenten Polyurethanschäume

A. Produktbeschreibung

FOAM-iT!® sind harte, wassergeblähte 2-Komponenten Schäume, die zumeist in einem einfachen Volumenverhältnis gemischt werden. Die Mischung kann in eine Form gegossen oder gestrichen werden (ggf. mit Einsatz eines Trennmittels) und dehnt sich je nach Produktversion um ein Vielfaches des Flüssigvolumens aus. Dabei entwickelt der Schaum eine gleichmäßige Zellstruktur.

Die Schäume dehnen sich innerhalb von wenigen Minuten zu ihrem vollen Volumen aus. Die Handhabungsstabilität wird nach ca. 20 Minuten erreicht, nach 2 Stunden sind sie vollständig ausgehärtet.

FOAM-iT!® 4 Black ist eine bereits tiefschwarz eingefärbte Variante des FOAM-iT!® 4.

FOAM-iT!® 8 erzeugt eine besonders geschlossene Außenhaut und eine noch feinere Zellstruktur als andere

FOAM-iT!®-Versionen. Des Weiteren ist FOAM-iT!® 8 zusammen mit FOAM-iT!® 15 und 26 optimal als Blockmaterial fräsbär.

FOAM-iT!® 10 Slow ist eine langsamer reagierende Variante des FOAM-iT!® 10 mit längerer Topfzeit und langsamerer Ausdehnung. Es ist daher auch gut für großvolumige Anwendungen geeignet.

Alle FOAM-iT!® - Schäume können mit So-Strong®, UVO® und Ignite® Farben eingefärbt werden.

Anwendungen: Herstellung leichtgewichtiger Requisiten für Theater und Film, Stabilisierung hohler Objekte von innen, sowie zahlreiche Anwendungen in der Industrie und im Kunsthandwerk.



Ausdehnungsbeispiele von 250 ml fertig gemischtem Schaum in einem ca. 1 Liter großen Becher

B. Technische Daten

FOAM-iT Version	Mischungsverhältnis nach Volumen	Mischungsverhältnis nach Gewicht	Viskosität (gemischt)	Farbe	Topfzeit*	Handhabungsstabilität nach*	Aushärtezeit*	Ausdehnung (ca.)*	Raumgewicht (ca.)*
3	1 A : 1 B	100 A : 87 B	200 mPas	beige	60 Sek.	20 Min.	2 St.d.	18-fach	48 kg/m³
4	1 A : 1 B	100 A : 87 B	300 mPas	beige	90 Sek.	20 Min.	2 St.d.	14-fach	64 kg/m³
4 Black	1 A : 1 B	100 A : 87 B	300 mPas	schwarz	90 Sek.	20 Min.	2 St.d.	14-fach	60 kg/m³
5	1 A : 1 B	100 A : 87 B	300 mPas	beige	95 Sek.	20 Min.	2 St.d.	10-fach	80 kg/m³
8	k. A.	2 A : 1 B	300 mPas	weiß	95 Sek.	20 Min.	2 St.d.	8-fach	128 kg/m³
10	1 A : 1 B	100 A : 87 B	400 mPas	beige	95 Sek.	20 Min.	2 St.d.	6-fach	160 kg/m³
10 Slow	1 A : 1 B	100 A : 87 B	400 mPas	beige	3,5 Min.	1 St.d.	4 St.d.	6-fach	160 kg/m³
15	1 A : 1 B	100 A : 87 B	500 mPas	beige	90 Sek.	20 Min.	2 St.d.	4-fach	240 kg/m³
26	1 A : 1 B	100 A : 90 B	500 mPas	weiß	90 Sek.	20 Min.	2 St.d.	2-fach	416 kg/m³

* Angaben bei Raumtemperatur (23°C) gemessen. Topf- und Aushärtezeiten sowie Ausdehnung und Raumgewicht können variieren, da abhängig von Größe und Formkonfiguration.

C. Lagerung • Haltbarkeit

Bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) und möglichst geringer Luftfeuchtigkeit lagern und verwenden. Nach Öffnung der beiden Behälter verkürzt sich die Haltbarkeit des Materials erheblich. Restmengen so schnell wie möglich verbrauchen.

Nach Materialentnahme die beiden Behälter sofort wieder verschließen. Das Einsprühen von XTEND-IT Trockengas (bei KauPo erhältlich) verlängert die Lagerzeit nach der Öffnung deutlich.

Technisches Merkblatt

D. Vorbereitung • Trennmittelauftrag

Das Tragen von Augenschutz, Gummihandschuhen und langärmeliger Bekleidung wird unbedingt empfohlen. Ein Trennmittel ist für die einfache Entformung von den meisten Oberflächen notwendig (auch bei Silikonformen). Es sollte ein Trennmittel verwendet werden, welches speziell für die Trennung von PUR-Schäumen entwickelt wurde (z. B. Ease Release® 2831 – bei KauPo erhältlich). Kein silikonhaltiges Trennmittel verwenden! Ausnahme: Falls der Polyurethanschaum in eine Form aus Polyurethankautschuk

gegossen wird, sollte zuerst eine dünne Schicht silikonhaltiges Trennmittel wie z.B. Universal® aufgetragen werden, gefolgt von einer weiteren Schicht Ease Release® 2831. Trennmittel auf alle Flächen auftragen, die mit dem Schaum in Kontakt kommen.

Da zwei Anwendungen niemals vollständig identisch sind, wird eine kleine Testanwendung empfohlen, um die Eignung des Materials für das jeweilige Projekt zu überprüfen.

E Vormischen • Dosieren

Beide Komponenten müssen vorab gut geschüttelt bzw. aufgerührt werden. Das maschinelle Aufrühren, vor allem der B-Komponente, wird empfohlen, um best mögliche Ergebnisse zu erzielen. Achten Sie bei der Dosierung und der Entnahme auf das korrekte Mischungsverhältnis! Die

meisten FOAM-IT!®-Versionen lassen sich einfach im Verhältnis nach Volumen 1 A : 1 B mischen, andere Versionen jedoch nur in einem bestimmten Gewichtsverhältnis (Waage erforderlich). Siehe Tabelle unter Abschnitt B.

F. Mischen • Gießen

Geben Sie die entsprechende Menge von Part A und B in saubere Behälter aus Kunststoff oder Metall. Stellen Sie sicher, dass die Mischwerkzeuge sauber und frei von Verunreinigungen wie Staub, Schmutz oder Fett sind. Maschinelles Mischen z.B. mit einer Bohrmaschine und Rühraufsatz ist dem Mischen von Hand zu bevorzugen. Mischen Sie Part A und B mindestens 15 Sekunden lang sehr gründlich. Beim Mischen von Hand einen kantigen Rührstab

verwenden. Gehen Sie äußerst gründlich vor und kratzen Sie die Seiten und den Boden des Mischbehälters mehrmals ab. Benutzen Sie die Kante des Rührstabs, um Material von den Seiten des Behälters abzukratzen und zu vermischen. Achten Sie auf die kurze Topfzeit! Nachdem die zwei Komponenten ordentlich und homogen gemischt sind, kann die Masse in die Form gegossen werden.

G. Aushärtung • Verarbeitungstipps

Je nach verwendeter FOAM-IT!®-Version, kann der ausgedehnte Schaum bereits nach ca. 30-60 Minuten gehandhabt und ggf. entformt werden. Die Gesamtmasse und Konfiguration des Gussteils wirken sich sowohl auf die Aushärtezeit, als auch auf den Ausdehnungsfaktor aus. Die komplette Aushärtung benötigt ca. 2 Stunden. Verbessertes Oberflächenfinish und Minimierung von Luftlöchern: Mittels eines Gegendruckkörpers (z. B. Holzbrett), der die komplette Gussform bedeckt, kann oftmals ein besseres Resultat (dichtere Zell- & Oberflächenstruktur) erzielt werden. Dazu zwei oder drei Löcher mit etwas Abstand an verschiedene Stellen des Bretts bohren, um einen

Druckabbau durch den sich ausdehnenden Schaum zu ermöglichen. Das Auftragen eines Trennmittels (Ease Release® 2831), über die gesamte Fläche (vorne und hinten) sowie in die Löcher des Bretts, nicht vergessen! Nach dem Eingießen des Schaums den Gegendruckkörper mit den Löchern umgehend auf die Form platzieren und fixieren. Einfallen (Kollabieren) des Schaums. Mögliche Ursachen dieses Phänomens:

- Zu geringe Temperatur der Umgebung, der Form oder des flüssigen Materials. Mindestens 21-23° C erforderlich!
- Nicht ausreichend oder schlecht gemischtes Material.
- Inkompatibles Trennmittel (z.B. silikonhaltiges).

H. Sicherheitshinweise

Das EG-Sicherheitsdatenblatt für dieses oder andere Smooth-On Produkte sollte vor deren Anwendung gelesen werden und ist bei KauPo erhältlich. Alle Smooth-On Produkte sind bei Befolgung der Hinweise ungefährlich. **Vorsicht:** Part A (gelber Aufkleber) enthält Methylendiphenyldiisocyanat. Dämpfe, die erheblich sein können wenn das Prepolymer erhitzt oder versprüht wird, können Reizungen und Schädigungen der Lunge verursachen. Nur mit entsprechender Belüftung und Atemschutz anwenden. Kontakt mit Haut und Augen kann schwere Irritationen verursachen. Augen 15 Minuten lang mit Wasser ausspülen und sofort Arzt aufsuchen. Von der Haut mit Seife und Wasser entfernen. Part B (blauer Aufkleber) reizt die Augen und die Haut. Vermeiden Sie längeren oder wiederholten Hautkontakt. Falls kontaminiert, die Augen 15 Minuten lang

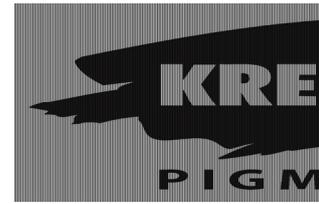
mit Wasser ausspülen und sofort Arzt aufsuchen. Von der Haut mit Seife und Wasser entfernen. Beim Mischen mit Part A Hinweise für den Umgang mit Isocyanat beachten. Bei der maschinellen Bearbeitung von ausgehärteten Gussteilen, sollte eine Staubmaske oder eine Atemschutzmaske getragen werden.

Wichtig: Die Angaben dieses Informationsblattes werden als korrekt betrachtet. Allerdings wird keine Garantie übernommen bezüglich der Daten, den Ergebnissen die daraus resultieren oder dass eine Anwendung ein bestehendes Patent verletzt. Der Anwender hat die Eignung des Produktes für die vorgesehene Anwendung zu bestimmen und alle Risiken und Verpfichtungen die damit in Verbindung stehen zu berücksichtigen.

BEI FRAGEN ZU IHRER ANWENDUNG HELFEN WIR IHNEN GERNE WEITER:

+49 (0) 74 24 - 9 58 42 - 3 • info@kaupo.de AUF WWW.KAUPO.DE FINDEN SIE ZAHLREICHE PRODUKTINFORMATIONEN SOWIE HINWEISE ZUR HERSTELLUNG VON FORMEN UND ABGÜSSEN.

Stand: 15.09.2016. Änderungen vorbehalten



63028 Hasengries echt

Trotz der relativ dunklen Eigenfarbe wird seit langher einem in dünnen, fast quadratischen Platten gehandelten Leim aus Hasenhaut der Vorzug gegeben, weil er die ihm nachgerühmte besonders hohe Elastizität tatsächlich aufweist.

Das Ausgangsmaterial dienen sogenannte Hasennudeln. Das sind kleine Hautschnitzel, die bei der Haarfilzbereitung von Hasenfellen als Abfälle zurückbleiben. Die Klebekraft solcher Hasenhautleime ist etwas geringer, was jedoch bei Grundierungs- und Vergoldungstechniken keineswegs störend ins Gewicht fällt.

Hasenleim wird, je nach Verwendungszweck, in 2 bis 60%igen Lösungen verwendet wird, ist zunächst klumpenfrei in kaltes Wasser einzurühren, wo er quillt ohne in Lösung zu gehen. Nach vollständiger Quellung in 1-2 Stunden (bei Platten über Nacht) tritt durch Erwärmen auf ca. 60°C sofortige Lösung (Schmelze) ein.

Die Erwärmung erfolgt durch indirektes Aufheizen im Wasserbad. Zur Herstellung nicht so hoch konzentrierter Lösungen kann man die Wassermenge teilen und die eine Hälfte vorlegen, den Leim einrühren und die andere Hälfte nach erfolgter Quellung zufügen.

Die Verarbeitungstemperatur wird mit 60°C empfohlen.

Quelle: "Werkstoffe und Techniken der Malerei" (1967) von Kurt Wehlte

Technische Spezifikation

Form: Gries
 Farbe: braun / gelb
 Geruch: leicht artspezifisch

pH-Wert: 5.5 - 6.5
 Gallertfestigkeit (12.5 %): 340 – 360 Bloom
 Viskosität: 4.25 – 5.50 Engler bei 17.75 % und 60°C
 Zersetzung: > 320°C – Verdunstung von Wasser folgt
 Fettgehalt: 1,0 – 2,5 %

Lagerung: Produkt ist mindestens 6 Monate unter normalen Bedingungen stabil. Um die Qualität und Eigenschaften des Produktes zu sichern, Produkt in gut verschlossenen Behältern, nicht über 30°C lagern.

Hinweis

Die Qualität einer Leimverklebung hängt nicht nur von der Qualität des Leims, sondern auch von der Zubereitung und der Art der Verarbeitung ab. Der Leim klebt nur, wenn beide Flächen wärmer als der Gelpunkt des Leims sind. Während des Trocknens des Leims in der Klebefuge darf diese sich nicht bewegen. Längeres Erhitzen und das Nachgiessen von Wasser können die Eigenschaften unkontrolliert verändern.



Impranil® DLV/1

Charakterisierung

Anionische aliphatische Polycarbonatesterpolyetherpolyurethan-Dispersion. Impranil® DLV/1 eignet sich zur Herstellung von Textilbeschichtungen in verschiedenen Anwendungsbereichen.

- Oberbekleidung
- Täschnereien
- Arbeitsschutzkleidung
- Technische Artikel

Lieferform

Weißer, niedrigviskose Dispersion in Wasser mit einem Feststoffgehalt von ca. 40 %

Spezifikation

Eigenschaft	Wert	Maßeinheit	Prüfmethode
Auslaufzeit bei 23 °C, 4 mm DIN Becher	25 ± 15	s	AFAM 2008/10503
pH-Wert	6,5 ± 1		DIN ISO 976
Nichtflüchtiger Anteil (0,9 – 1,1 g/1 h/125 °C)	40 ± 1	%	DIN EN ISO 3251

Besondere Eigenschaften

- Hervorragende Hydrolysebeständigkeit
- Vernetzbar
- Mechanisch verschäumbar
- Hohe Lichtechtheit

Sonstige Daten*

Eigenschaft	Wert	Maßeinheit	Prüfmethode
Dichte bei 23 °C	1,1	g/cm ³	DIN EN ISO 2811/3

*Dies sind nur allgemeine Informationen. Die angegebenen Werte sind kein Bestandteil der Produktspezifikation.



70820 Isopropanol

Farblose, nach Ethylalkohol riechende Flüssigkeit. Bildet mit 12,1% Wasser ein bei 80,37° konstant siedendes Gemisch. Mit Wasser ist Isopropanol beliebig mischbar und in Alkohol und Äther löslich.

Isopropanol wird technisch durch katalytische Reduktion von Aceton gewonnen oder aus dem Propylen der Crackgase von Petroleumraffineirien dargestellt. Isopropanol zeigt in seinem Verhalten grosse Ähnlichkeit mit Ethylalkohol und findet eine ziemlich umfangreiche Verwendung bei org. Synthesen, Desinfektionsarbeiten, Extraktion von Blütendüften, bei der Herstellung von Seifen, Parfüms, Haarwässern, Spritlacken, Polituren usw. Er eignet sich auch als Ersatz für Ethylalkohol in der mikroskop. Technik, ferner als Frostschutzmittel, Lösungsmittel für ätherische Öle, Wachse und Ester, als Entwässerungsmaterial für Nitrocellulose, zur Trocknung und Konservierung tierischer und pflanzlicher Stoffe.

Formel:	$\text{CH}_3 \text{CH} (\text{CH}_3) \text{OH}$
Symbole:	F = Entzündlich Xi = Reizend
Synonyme:	Iso-Propylalkohol, Propanol-2, sekundärer Propylalkohol, "Persprit", "Petrohol", "Petrosol"
Erscheinungsbild:	Farblose Flüssigkeit mit scharfem Geruch
MAK-Wert:	500 mg/m ³

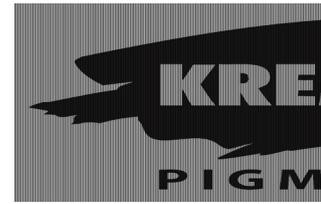
Eigenschaften:

Schnell verdunstende, brennbare Flüssigkeit mit leicht entzündlichen Dämpfen. Die Dämpfe sind schwerer als Luft. Entzündung durch heisse Oberflächen Funken oder offene Flammen.

Gefahren für die Gesundheit:

Die Dämpfe wirken betäubend, bei guter Lüftung sind sie jedoch relativ ungefährlich. Kontakt mit der Flüssigkeit verursacht Reizungen der Augen und Schleimhäute.

Bemerkungen: Mischt sich vollständig mit Wasser. Ist in grossen Mengen wassergefährdend.



58250 Kaolin

Chemische Zusammensetzung: Aluminiumsilikathydrat $\text{Al}_4(\text{OH})_8 \text{Si}_4(\text{O}_{10})$
 CAS-Nr.: 1332-58-7

Kaolin (Porzellanerde) ist ein Kaliumsilikat, mit dem Mineral Kaolinit. Es entsteht durch Zersetzung und Umwandlung silikatischer Gesteine. Reiner Kaolin ist schneeweiss, bei Gemengen mit Quarz und Feldspäten grau gelblich (Rohkaolin, Kaolinsand).

Kaolin als Endprodukt der Verwitterung von Granit und Feldspat findet sich an sehr vielen Orten der Erde, selten jedoch in der notwendigen Reinheit. Kaolin setzt sich aus primären und sekundären Kaoliniten zusammen. Die primären Kaolinite weisen in ihrer Plättchenstruktur ein Verhältnis von Länge zu Dicke von 10:1 auf. Die einzelnen Plättchen haben eine hexagonale Kristallform.

Zur Aufbereitung des Kaolins ist es notwendig, das Produkt einer Reinigung zu unterwerfen, um es von den groben Verunreinigungen zu befreien und im Weissegrad zu verbessern. Der Abbau erfolgt mittels nasschemischer Flotationsmethoden, an die sich eine Reinigung durch Siebung und zentrifugale Abtrennung in gröbere und feinere Anteile anschließt.

Eigenschaften:

Kaoline sind Aluminiumsilikathydrate mit einem eindeutig bestimmbareren Kristallgitter von tellerartiger, hexagonaler Struktur. Die typische chemische Formel lautet:

SiO_2	49,3 %
Al_2O_3	35,0 %
Fe_2O_3	0,6 %
TiO_2	0,5 %
K_2O	2,1 %
Na_2O	0,1 %

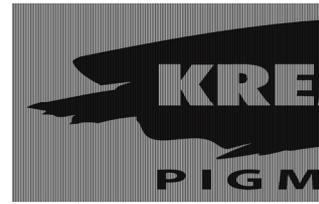
Schüttgewicht (DIN 53466):	350 kg/m^3
Weissegrad (ISO 2470- R 457):	74,0 %
Glühverlust:	11,7 %
Feuchtigkeit (DIN EN ISO 787/2):	< 1,0 %
pH-Wert	6,5

Korngrößenverteilung :

> 45 μm	0,03 %
< 2 μm	51 %

D50 2,0 μm

Dichte: 2,6 g/cm^3
 Spezifische Oberfläche: ab 8,33 m^2/g .



59792 Korkmehl

Wenig erforschtes, sehr leichtes, poröses, celluloseartiges Produkt, das sich unter der Epidermis vieler Pflanzenteile (z.B. auch in der Kartoffelschale) bildet. Der gewöhnliche Naturkork stammt von der in Spanien, Portugal und Nordafrika häufig angebauten Korkeiche (*Quercus suber*), die etwa alle 10 Jahre geschält wird.

Auf einem mikroskopischem Schnitt erkennt man, dass die Zellen innen alle hohl (luftefüllt) sind. Dies bedingt die schlechte Leitfähigkeit für Schall und Wärme sowie das auffällig niedere spez. Gewicht. Für Gase und Flüssigkeiten sind die Korkzellwände infolge des eingelagerten Suberins nur wenig durchlässig.

Guter Kork ist hellbraun, dicht und elastisch. Die billigeren Sorten sind löcherig, mehlig und härter. Um ältere Korke vor der Benutzung weich zu machen, werden sie in einem Korb in halbstündigen Abständen mit kaltem Wasser übergossen. Im Laboratorium kann man Kork mit der Korkpresse weich und elastisch machen.

Gegen Flüssigkeiten dichtet man Kork durch Bestreichen mit Kollodiumlösung oder Eintauchen in geschmolzenes Paraffin ab. Die grösseren Naturkorkstücke verwendet man zur Herstellung von Flaschenkorken, Korkplatten, Schwimmgürtel, Zapfen, Spunden, Schuhsohlen, Absätzen usw. Der weitaus meiste Kork wird jedoch zermahlen und als Korkschat oder Korkmehl für Schüttungen, zur Stopfung von Wärmeisolierungen oder zusammen mit Bindemitteln zu Linoleum bzw. künstlichem Kork (Badefussmatten, Sohlen, Korksteinplatten, Teppichen usw.) verarbeitet.



PAPER NAO Japanpapiere

PAPERNAO Japanpapiere werden von den besten japanischen Papiermachern gefertigt und bei der Herstellung kommt ausschließlich reines Faser-Material wie Kozo, Mitsumata oder Gampi zum Einsatz. Traditionelle Methoden beim Kochen der Fasern, beim Mahlen des Rohstoffes und der Trocknung der Bogen garantieren die Qualität und die Alterungsbeständigkeit, die man von **echten** Japanpapieren (Washi) erwartet.

Viele sogenannte "Japanpapiere" kommen heute aus Taiwan oder Korea und werden auf die billigste und schnellste Weise hergestellt. Diese Papiere enthalten oftmals Holzschliff. Japanpapiere die nach traditionellen Methoden produziert werden, müssen längere Zeit reifen und manche Sorten gelangen erst mehrere Jahre nach der Herstellung zum Verkauf.

Schlecht hergestellte Papiere sind sicher billiger und sehen am Anfang sogar gut aus, werden jedoch sehr schnell schlechter.

PAPER NAO bemüht sich, die traditionelle Qualität von echten Japanpapieren zu erhalten und verschiedene Tests haben die hervorragenden Eigenschaften dieser Papiere bewiesen. Die handgeschöpften Papiere werden in Bogen geliefert; außerdem gibt es maschinell gefertigte Papiere auf Rollen, bei denen jedoch derselbe hohe Qualitätsmaßstab angelegt wird.

PAPER NAO Japanpapiere werden in Deutschland von der Feinpapiergroßhandlung Anton Glaser vertrieben.



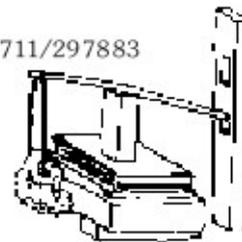
ANTON GLASER

Feinpapiergroßhandlung

D-70174 Stuttgart · Theodor-Heuss-Straße 34a · Telefon 0711/297883
e-mail: anton-glaser@t-online.de



Stand: 12.15.06-07



**PAPER NAO - hochwertige Japanpapiere
für Restauratoren und Künstler**

handgeschöpft - Musterbuch 1

Artikel	Format	Gewicht	Rohmaterial	Kochlauge	Trocknung	pH-Wert
K - 28	62 x 90 cm	17 g/m ²	K	S	S	9.4
K - 38	64 x 98 cm	16 g/m ²	K	L	S	8.1
K - 37	64 x 98 cm	19 g/m ²	K	L	S	8.1
K - 36	64 x 98 cm	25 g/m ²	K	L	S	8.1
K - 32	64 x 98 cm	48 g/m ²	K	L	S	8.1
K - 60	73 x 102 cm	36 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 56	66 x 181 cm	35 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 61	75 x 140 cm	36 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 57	73 x 102 cm	49 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 78	73 x 102 cm	69 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 39	66 x 181 cm	67 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 79	75 x 140 cm	75 g/m ²	K	L	W	7.2
K - 91	64 x 91 cm	62 g/m ²	K	S	S	8.9
K - 145	64 x 98 cm	16 g/m ²	K	S	S	8.2
K - 148	64 x 98 cm	40 g/m ²	K	S	S	8.2
M - 12	62 x 98 cm	48 g/m ²	M	L	W	7.5
M - 16	75 x 102 cm	35 g/m ²	M	L	W	7.3
M - 18	66 x 181 cm	37 g/m ²	M	L	W	7.3
M - 17	75 x 140 cm	32 g/m ²	M	L	W	7.3
M - 22	75 x 102 cm	52 g/m ²	M	L	W	7.3
M - 20	66 x 181 cm	67 g/m ²	M	L	W	7.3
M - 21	75 x 140 cm	62 g/m ²	M	L	W	7.3

Rohmaterial: K = Kozo, M = Mitsumata, G = Gampi,

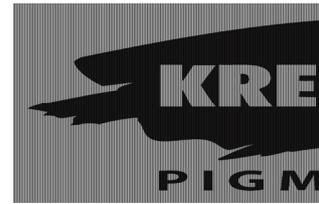
Kochlauge: L = Kalk (Ca(OH)²), S = Natriumcarbonat (Na₂CO₃), W = Holzasche, C = Ätznatron (NaOH)

Trocknung: W = Holzplatte, S = rostfreier Edelstahl

Der pH-Wert wurde nach der japanischen Industrie-Norm (JIS) P-8133 bei kaltem Auszug ermittelt.

Von diesen wertvollen Papieren gibt es eine Musterkollektion (3 separate Heftchen ca. 15x23 cm) in denen sämtliche Papiere enthalten sind. Aufgrund der hohen Kosten dieser Papiere muß die Kollektion mit EUR 34,- in Rechnung gestellt werden.

Die gängigsten Sorten sind am Lager Stuttgart vorrätig, die anderen Papiere werden direkt ab Japan geliefert, wobei die Lieferzeit ca. 6-8 Wochen beträgt. Mindestmenge pro Sorte 10 Bogen bzw. 1 Rolle.



81000 - 81004 LASCAUX® Acrykleber 303 HV / 498 HV / 498-20 X

Technische Daten

Thermoplastische copolymerer Butyl-Methacrylat-Dispersion; die beiden Typen 303 HV und 498 HV sind mit Acrylsäureester verdickt, der Typ 498-20 X mit 20% Xylol. Alle Typen pH 8-9 stabilisiert und mit Biociden ausgerüstet.

Lieferform: gebrauchsfertig

Filmeigenschaften	303 HV	498 HV	498-20 X
Minimale Filmbildungstemperatur:	ca. 0°C	ca. 5°C	ca. 5°C
Glasübergangstemperatur TG:	ca. -31°C	ca. 13°C	ca. 13°C
Reissdehnung:	ca. > 1000 %	ca. 400 %	ca. 400 %
Minimale Siegeltemperatur:	ca. 50°C	ca. 68 - 76°C	ca. 68 - 78°C
Trockener Film:	klebend, klar	klebfrei, klar elastisch hart	klebfrei, klar elastisch hart

Löslichkeit

Mit Wasser verdünnbar. Film nach der Trocknung wasserfest. Permanent löslich in Aceton, Alkohol, Toluol, Xylol. 303 HV gering löslich, 498 HV und 498 20-X unlöslich in Terpentinersatz (White Spirit).

Anwendungsgebiet

Für licht- und alterungsbeständige, nicht vernetzende Verklebungen wie Doublierungen, Marouflagen, Laminierungen, Collagen usw. Anwendbar im Nass- oder reaktiven Trockenverfahren, auf saugenden und nichtsaugenden Unterlagen wie Papier und Karton, Textilien, Holz- und Faserplatten, Polyesterplatten, Gipsputz und Beton, Glas und Acrylglas, Aluminium usw.

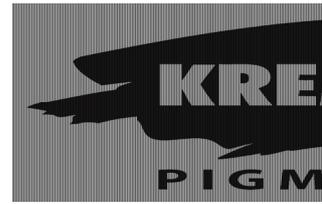
Lascaux® Acrykleber 303 HV ist extrem elastisch; der trockene Film bleibt permanent klebrig. Geeignet zur Wärmeversiegelung bei Doublierungen. Kann als Kontaktkleber verwendet werden.

Lascaux® Acrykleber 498 HV ergibt einen zähelastischen Film, ist extrem zugfest. Geeignet für Nass- und Trockenapplikationen (Reaktivieren mit Lösungsmitteln). Standard-Typ für Doublierungen und Marouflagen.

Lascaux® Acrykleber 498-20 X ist speziell für Anränderungen (strip-lining) geeignet, sowie Textilverklebungen und Montagearbeiten.

Lagerung

In gut verschlossenen Gebinde bei möglichst gleichmäßiger Temperatur im Bereich von 5-25°C lagern.



78057 Marlipal® 1618/25

Nichtionogener Wachsrohstoff, Fettalkoholpolyglykoläther, beständig gegen Laugen, Säuren und Härtebildner des Wassers, hohes Netz- und Schmutztragevermögen, wird in Spülmittel, Shampoos, Autosshampoos usw. verwendet.

Die Bezeichnung 16/18 bezieht sich auf die Zahl der Kohlenstoffatome im Fettalkoholpolyethylenglykoether. Die Zahl bezieht sich auf die Ethoxylierungszahl.

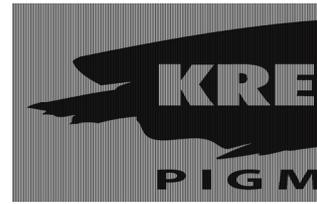
Eigenschaften	
Aussehen (25°C)	Schuppen
Farbe (50% w/w in Isopropanol)	≤ 70 APHA
Erstarrungspunkt	45 – 49°C
Trübungspunkt 2 %ig in 10 %iger NaCl Lösung	76 – 78°C
Hydroxylzahl	33 – 39 mg KOH/g
Molare Masse	1440 – 1700 g/mol
pH-Wert (5%)	5,0 – 7,0
Wasser (Karl-Fischer)	≤ 0,80 Massen-%
Asche	≤ 0,20 Massen-%
H.L.B.	16,6
CMC	1 mg/l
Oberflächenspannung	45 mN/m

Biologische Abbaubarkeit

Entsprechend den Anforderungen der RVO zum deutschen Wasch- und Reinigungsmittelgesetz durchschnittlich zu mindestens 90% biologisch abbaubar.

Die übliche Anwendungskonzentration liegt zwischen 0,1% und 2%. Marlipal ist in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Allerdings bilden sich bei Konzentrationen über 25% hochviskose Gelphasen die schwer zu rühren und weiterzuverarbeiten sind.

Die Stabilität der wässrigen Lösung ist sehr gut. Marlipal hat eine Haltbarkeit von etwa 12 Monaten. Die Haltbarkeit hängt von der Reinheit der Lösung ab und ob die Lösung anschließend Luftsauerstoff ausgesetzt ist.



67380 Plexigum® PQ 611

Bindemittel für geruchsarme Innen- und Aussenfarben für den Bautenschutz gemahlenes Substanzpolymerisat auf Basis von Isobutylmethacrylat.

Produkteigenschaften:

Dichte	(DIN 53 479) 1,04 g/cm ³
Schüttgewicht	ca. 600 g/l
Löslichkeit löslich in Estern, Ketonen, Benzolkohlenwasserstoffen und vor allem in aromatenfreien, aliphatischen Kohlenwasserstoffen, unlöslich in Alkoholen.	
Reduzierte Viskosität 25 - 35 cm ³ /g	(sp/c (CHCl ₃ ; 20°C; (rel. 1,1 - 1,2)
Glastemperatur (T _g) (DIN 53765)	ca. 32°C
Lagerung	kühl und trocken, 5 Jahre lagerfähig

Allgemeine Hinweise:

Filmeigenschaften (gemessen an lösemittelfrei getrockneten, unpigmentierten Filmen)	
Torsionsschwingungsversuch	(DIN 53 445) (Frequenz: 1 Hz)
Temperatur	im T ca. max 52°C Dämpfungsmaximum

Anwendungsgebiete:

Bindemittel für besonders geruchsarme und physiologisch unbedenkliche Farben für den Bautenschutz im Innen- und Aussenbereich; beispielsweise auch für Vollwärmeschutzsysteme (Polystyrol). Als Hauptlösemittel können aromatenfreie aliphatische Kohlenwasserstoffe Verwendung finden. Plexigum® PQ 611 wird auch eingesetzt bei der Herstellung von Druckfarben auf Mineralölbasis.

Für die Festigung von Farbschichten wird Plexigum PQ 611 gelöst in Shellsol T eingesetzt. Mit Shellsol T kann man nur geringe Konzentrationen von 1 – 2 % des Plexigum PQ 611 erreichen. Werden höhere Konzentrationen benötigt, kann man mit Shellsol A das Harz lösen.

Anwendungshinweise:

Plexigum® PQ 611 ist verträglich mit Phthalatweichmachern und Chlorparaffinen. Bei warmer Lagerung kann Plexigum® PQ 611 schwach verkleben. Diese Eigenschaft hängt mit der speziellen Chemie des Harzes zusammen und ist produktionstechnisch unabdingbar.



Schmincke / PRIMAcryl /- Fluid | Feinste Künstler-Acrylfarbe

Primacryl®, die pastose Spitzenacrylfarbe, beinhaltet eine reiche und ausgewogene Palette von 84 Farbtönen. Als Primacryl® Fluid werden zusätzlich 36 farblich identische Töne in weich-fließender Konsistenz angeboten. Die Auswahl moderner, bester und beständigster Pigmente sowie der überdurchschnittlich hohe Pigmentgehalt verleihen den Farbtönen beider Sortimente eine starke Brillanz und Ausdrucksstärke. Höchste Lichtechtheit sowie eine gleichmäßige, seidenglänzende Oberfläche zeichnen diese Spitzenfarbe aus. Dank der individuellen Rezepturen auf Basis hochwertiger Reinacrylat-Bindemittelsysteme sind die Farben gilbungsfrei, UV-stabil und auch in dicken Schichten anwendbar. Die getrockneten Farbschichten sind dauerhaft, flexibel und wasserunempfindlich.

Künstler-Acrylfarbe mit überdurchschnittlich hohem Pigmentanteil, starke Brillanz, trocknet seidenglänzend auf, Reinacrylatbasis.

Sortiment: 70 Farbtöne in 75 ml- und 150 ml-Tuben, 40 Farbtöne in 400 ml-Töpfen.

ab 18,12 EUR

Nettopreis: 15,23 EUR

zzgl. Versandkosten

© copyright 2012 boesner

Impressum

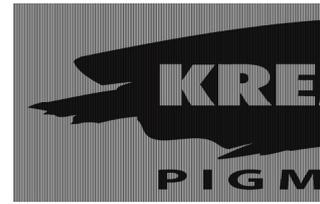
boesner Versandservice GmbH
Gleitwitzer Strasse 2
58454 Witten

E-Mail: versandservice@boesner.com

Tel.: +49 (0) 23 02 / 9 10 66 - 0
Fax: +49 (0) 23 02 / 9 10 66 -32

Erreichbarkeit:
Montags bis Samstag 08:00 - 20:00 Uhr

Geschäftsführer: Jörg Vester
Amtsgericht Bochum HRB8280
USt-IdNr.: DE 812595979
Steuer-Nr.: 348/5886/0120



67260 Regalite® R1090
67266 Regalite® R1025

Die **Regalite®-Harze** sind vollhydrierte Kohlenwasserstoffharze, welche sehr gute Lichtbeständigkeiten aufweisen. In Verbindung mit dem synthetischen Gummi Weichmacher 1650 und einem geeigneten UV-Stabilisator, dem Tinuvin® 292 (unsere Nr. 78152) entstehen die von René de La Rie empfohlenen modernen Bilderfirnisse. Die Haltbarkeit dieser Firnisse ist sehr gut. Die Farbigkeit dieser Firnisse ist praktisch nicht wahrnehmbar, so dass der Eindruck des Bildes gegenüber einem Bild mit Dammar- oder Mastixfirnis kühler erscheint.

Regalite® R1090 (67260) ist das Standardharz für Firnisse auf Bildern. Die TG-Temperatur von Regalite® R1090 ist 40°C. Dadurch kann beim Anfassen eine Klebrigkeit entstehen.

Regalite® R1125 (67266) hat eine TG-Temperatur von 67°C und verhindert damit das Klebrigwerden.

Regalite-Firnisse können crepieren, wenn man mit wachshaltigen Schichten darüber geht.

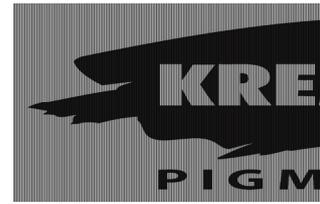
Rezeptur

z.B. für Bilderfirnis

100 g	Regalite® R1090	Best.-Nr. 67260
2 g	Weichmacher 1650	Best.-Nr. 67580
2 g	Tinuvin® 292	Best.-Nr. 78152
800 g	Shellsol® D 40	Best.-Nr. 70470
100 g	Xylol	Best.-Nr. 70503

z.B. für Möbelfirnis

100 g	Regalite® R1125	Best.-Nr. 67266
2 g	Weichmacher 1650	Best.-Nr. 67580
2 g	Tinuvin® 292	Best.-Nr. 78152
800 g	Shellsol® A	Best.-Nr. 70520



70400 Siedegrenzbenzin 100/140

1. **Produkt:** **Siedegrenzbenzin 100/140**
entaromatisiertes, aliphatisches Kohlenwasserstoffgemisch
- CAS - Nr.:** 64742-49-0
2. **Lieferant:** Fa. Dr. Kremer, 88317 Aichstetten
- Artikel-Nr.:** 70400
3. **Lieferform:** farblose Flüssigkeit

Das Produkt entspricht folgenden Angaben:

Prüfmerkmale	Spez.-Grenzen	Einheit	Prüfmethode
Farbzahl	Min. 30	Saybolt	DIN 51411/ ASTM D 6045
Siedebereich	98 - 142	°C	
Gesamtaromaten	< 0,5	Gew.-%	GC
Benzol	< 0,005	Gew.-%	GC
Dichte bei 15°C	0,725 - 0,748	g/ml	DIN 51757 / ISO 12185
Brechungsindex bei 20°C	1,4020 - 1,4130		DIN 51423 / ASTM D 1218
Siedebereich	100 – 140	°C	
Gesamtschwefel	< 2	ppm	DIN 51400 T8 / ASTM D 4045
Kauri-Butanol-Wert	33 – 35		ASTM D-1133
Flammpunkt Abel/Pensky	< 0	°C	DIN 5175 / ASTM D 56
Verdunstungszahl (Ether=1)	6,5 – 9		DIN 53170

Eigenschaften:

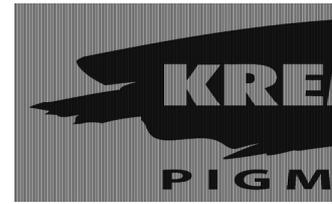
Apolares Lösemittel

Löslichkeit:

Praktisch unlöslich in Wasser

Vorsichtsmassnahmen:

Für gute Entlüftung des Arbeitsplatzes sorgen, Hautberührung und Augenkontakt vermeiden, Dämpfe nicht Einatmen. Etikette und Schutzausrüstung beachten.



58400 - 58420 Talkum

Chemische Zusammensetzung : $Mg_3(OH)_2 Si_4O_{10}$

Talkum ist ein plättchenförmiges Magnesium-Silikat-Hydrat, das durchsichtige bis undurchsichtige, farblose oder hellgrüne Massen bildet, die aus blättrig-kristallinen, schuppigen, perlmuttglänzenden, glimmerartigen Aggregaten bestehen.

Aufgrund seiner anwendungstechnischen Eigenschaften, bedingt durch chemische Struktur und Teilchengestalt, ist Talk ein wichtiges Füll- und Verstärkungsmittel, insbesondere für die Farben- und Lacktechnologie:

- verfestigt und verfilzt den Anstrichfilm
- bewirkt Armierungseffekt/Wetterbeständigkeit
- begünstigt Haftung und Schleifbarkeit
- erhöht Biegefestigkeit, Gleiteigenschaften, Elastizität
- verhindert Bodensatz bei der Lagerung
- ermöglicht die Herstellung hochwertiger matter und halbmatter Decklacke
- erhöht die Haftfähigkeit bei Anstrichstoffen auf Metalluntergründen
- selbst-dispergierend in Anstrichsystemen
- verbessert die Dispergierbarkeit der eingesetzten Pigmente
- begünstigt rheologische Eigenschaften, Filmhärte und Filmbeständigkeit
- bewirkt höhere Scheuerfestigkeit in Decklacken
- sperrt in Korrosionsschutzsystemen gegen Feuchtwanderungen

Empfohlene Anwendungsgebiete

- Farben und Lacke
- Beschichtungsstoffe
- Papier
- Klebstoff- und Dichtungsmassen
- Gummi
- Kunststoffe
- Keramik
- Kosmetik/Pharmazie

Im Einzelnen hat sich Talkum in folgenden Bereichen besonders bewährt:

1. Farben und Lacke

Haftgrund, Korrosionsschutzgrund, Korrosionsschutzlacke, säurehärtende Lacke, Einbrennlacke, Beschichtungspulver, Industrielacke, Strassenmarkierungsfarben, Tapetendruckfarben, Lasurfarben, Mattfarben, Thixotrope Lacke, Schleiflacke, Elektroisolierlacke, Malerlacke, Innendispersionsfarben, Dispersionsrelieffarben, Fassadenfarben.

2. Kunststoffe

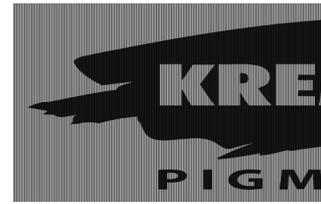
Polypropylene, Polystyrol, PVC, Polyäthylen, Polyurethan, Polycarbonat, Polyamid.

3. Spezialanwendungen

Polyesterspachtel
Antidröhn- und Vergussmassen
Unterbodenschutz
Dichtungs- und Fussbodenmassen
Porenfüller
Dispersionsspachtel und -putze
2-K-Massen

4. sonstige Einsatzgebiete

Poliermittel, Klebstoffe
Gleit-, Isolier- und Trennmittel



78052 Vulpex Liquid Soap

Vulpex - Flüssigseife ist ein vielseitig einsetzbares Reinigungsmittel für die Restaurierung.

Vulpex Liquid Soap ist ein Reaktionsprodukt (Kaliummethylcyclohexyl-Oleatlösung) aus 2-Methylcyclohexanol, Ölsäure und Kaliumhydroxid.

Vulpex wird seit 1970 in der Restaurierung und Konservierung historischer Oberflächen eingesetzt. Hervorragende Reinigungserfolge wurden auch bei empfindlichen Materialien wie z.B. Federn, Kostümen, Leder, Teppichen und Möbeln, bis hin zu Rüstungen, Edelmetallen, Marmor und Stein erzielt.

Insbesondere Wand- und Steinoberflächen lassen sich mit der säurefreien Seife reinigen, ohne die Patina auf dem Stein zu beschädigen. Beispielsweise wurde Vulpex mit großem Erfolg für die Reinigung der Sandstein-Aussenfassade der New York Public Library verwendet. Zuerst wurde mit heißem Dampf die harte, gealterte Verschmutzung erweicht und dann mit verdünnter Vulpex-Lösung entfernt.

Vulpex ist hochkonzentriert und muss vor dem Gebrauch verdünnt werden. In der Regel wird ein Teil Seife mit mindestens sechs bis sieben Teilen kaltem Wasser vermischt. Bei leicht verschmutzten Oberflächen kann auch stärker verdünnt werden. Eine Nachreinigung mit klarem demineralisiertem Wasser ist erforderlich, um Rückstände des Reinigungsmittels zu entfernen. Für die Reinigung wasserempfindlicher Materialien (z.B. bei der Lederreinigung) kann Vulpex mit Testbenzin anstatt mit Wasser verdünnt werden. Hierfür mischt man einen Teil Vulpex mit zehn bis zwanzig Teilen Lösungsmittel.

Vulpex ist stark alkalisch. In hoher Konzentration angewendet oder bei langer Einwirkzeit ist Vulpex in der Lage, empfindliche Materialien anzugreifen oder Malschichten zu quellen und anzulösen. Die Materialverträglichkeit ist daher im Einzelfall vor der Anwendung zu überprüfen.

Da Vulpex ein hochwirksamer Entfetter ist, müssen die Hände mit Handschuhen geschützt werden. Augen sollten vor Spritzer geschützt werden.

Dem Leder kann z.B. mit Rinderklauenöl wieder Fett zugeführt werden.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Sie wurde bei keiner anderen Prüfungskommission mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen vorgelegt.

Ort: Berlin

Datum: 10.01.2017

Unterschrift: