



**Impressum:**

Herausgegeben vom Institut für Museumskunde  
(Leitung: Prof. Karl-Werner Bachmann)  
an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart 2000

(16) © Institut für Museumskunde  
**ISBN 3-931485-38-2**

**Gestaltung, Konzeption, Produktion:**

Konzept + Design Thomas Weitzel  
[www.designonline.de](http://www.designonline.de)

**Labelgestaltung:**

Horst Wöhrle

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung, der Vervielfältigung (auch fotomechanisch), der elektronischen Speicherung auf einem Datenträger oder in einer Datenbank, der körperlichen und unkörperlichen Wiedergabe (auch am Bildschirm, auch auf dem Weg der Datenfernübertragung) ausdrücklich vorbehalten.

Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart

**ZEITGENÖSSISCHE KUNST AUS POLYURETHANWEICHSCHAUM**

**ENTSTEHUNG - ALTERUNG - RESTAURIERUNG - LAGERUNG**

**von IRIS WINKELMEYER**

Diplomarbeit  
ausgeführt  
im Rahmen des Studienganges  
Restaurierung und Konservierung von Gemälden und gefaßten Skulpturen  
am Institut für Technologie der Malerei

Mai 1999

Referenten: Prof. Dr. Gerhard Banik, Prof. Karl-Werner Bachmann

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung/ Abstract .....	8
Dank .....	9
Vorwort .....	11
Überblick .....	12
<b>I Polyurethanweichschäume .....</b>	<b>17</b>
<b>"Schaumstoff" und "Schaumgummi" .....</b>	<b>17</b>
<b>Geschichte .....</b>	<b>18</b>
<b>Chemische Grundlagen .....</b>	<b>19</b>
<b>Technologie .....</b>	<b>24</b>
Schäumung .....	24
Verfahrenstechnik .....	24
Zustandsformen .....	25
Handelsmarken .....	26
Mechanische Eigenschaften .....	27
Flammbarkeit und Toxizität .....	28
<b>II Alterung .....</b>	<b>29</b>
<b>Erscheinungsformen .....</b>	<b>29</b>
Ergänzung und Resumée .....	32
Physikalischer Abbau .....	33
Chemischer Abbau .....	34
Fotooxidation und Thermoxydation .....	35
Atmosphärische Oxidation .....	36
Hydrolyse und mikrobieller Abbau .....	37
Zusatzstoffe .....	38
Stabilisatoren .....	38
Weichmacher .....	41
Identifizierung von gealterten Weichschäumen .....	41
FT-IR .....	41
GC-MS .....	42
Resumée .....	42

<b>III</b>	<b>Kunstwerke aus Weichschaum Heute: Restaurierungsprobleme und Lösungen ..</b>	<b>43</b>
	Weichschäume als Füllstoff bei Gotthard Graubner und Claes Oldenburg.....	43
	Gotthard Graubner .....	43
	Beispiel .....	45
	Technik und Zustand.....	45
	Recherche .....	46
	Problematik .....	49
	Vorgehensweise.....	49
	Resumée .....	50
	Aussagen des Künstlers zur Restaurierung seiner Werke .....	51
	Claes Oldenburg.....	52
	Beispiel .....	52
	Technik und Problematik.....	53
	Technik.....	54
	Problematik .....	55
	Recherche .....	55
	Vorgehensweise.....	55
	Resumée .....	56
	Weichschaum als künstlerisches Medium bei Piero Gilardi und Ferdinand Spindel .....	57
	Piero Gilardi .....	57
	Technik.....	59
	Farbigkeit.....	59
	Ansichten des Künstlers zur Restaurierung seiner Werke .....	60
	Beispiel.....	62
	Technik.....	62
	Problematik .....	62
	Recherche .....	63
	Vorgehensweise.....	64
	Oberflächenreinigung und Konsolidierung .....	64
	Klebung.....	64
	Recycling als Retuschemethode.....	65
	Ergänzungen .....	65
	Resumée .....	66

Ferdinand Spindel .....	67
Technik.....	67
Farbigkeit.....	68
Haltbarkeit.....	69
Ansichten des Künstlers zur Restaurierung und Konservierung seiner Werke .....	69
Beispiel.....	70
Problematik.....	70
Restaurierungskonzept und Durchführung .....	71
Resumée.....	72
John Chamberlain.....	73
Vita .....	73
Material und Technik .....	74
Farbigkeit.....	77
Werke nach 1970.....	78
Ansichten des Künstlers zur Restaurierung und Konservierung seiner Werke .....	80
"Funburn" .....	82
Die Werke des Dia Center for the Arts, New York.....	83
Erhaltungszustand.....	83
Erläuterung der Problematik von "Funburn" hinsichtlich ethischer und technischer Durchführbarkeit einer Restaurierung.....	87
<b>IV</b>	
<b>Untersuchung von Materialien und Anwendungsverfahren zur Konsolidierung,     Reinigung und Intarsierung von „Funburn“ .....</b>	<b>89</b>
Material und Zustand.....	89
Konzept .....	92
Konsolidierung.....	92
Anforderungen.....	93
Anwendung.....	93
Zusätze .....	93
Lichtechtheit und Alterungsstabilität .....	94
System.....	94
Adhäsion und Klebkraft .....	94
Elastizität und Trocknungsschwund.....	95

Aerosole .....	96
Ziel der Festigung.....	97
Materialien.....	97
Gelatine .....	99
Methylcellulose.....	99
Polyurethandispersion.....	100
Versuchsreihen zur Vernebelung der Konsolidierungsmittel.....	100
Gelatinen.....	100
Schlußfolgerung .....	102
Methylcellulose .....	102
Schlußfolgerung .....	103
Polyurethandispersion .....	103
Lichtalterung.....	106
Ergebnis und Interpretation .....	106
Schlußfolgerung .....	107
Reinigung .....	108
Tenside .....	109
Anwendung.....	110
Auftrag .....	111
Risiken.....	111
Rückstände.....	112
Schlußfolgerung.....	112
Intarsien .....	<b>112</b>
Ziel der Intarsierung, Materialwahl und Formgebung.....	112
Praktische Umsetzung und Ergebnis .....	115
Färbung .....	115
Azometallkomplexfarbstoffe .....	116
Versuchsreihe zur Feststellung der optimalen Konzentration und Haftung.....	117
Schlußfolgerung .....	117
Vorkochen bereits gefärbter Schäume .....	117
Herstellung einer geeigneten Farbpalette.....	118
Ergebnis und Interpretation der Lichtalterung.....	119
Praktische Umsetzung und Ergebnis .....	120
Schlußfolgerung.....	121
Verklebung .....	122

<b>V</b>	<b>Lagerung .....</b>	<b>123</b>
	Überlegungen .....	123
	Vorschläge.....	124
	Ausstellung .....	126
<b>VI</b>	<b>Kritische Schlußbetrachtung und Ausblick .....</b>	<b>128</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>130</b>
	<b>Materialverzeichnis .....</b>	<b>142</b>
	Technisches Gerät.....	142
	Arbeitsschutz.....	143
	Farbstoffe.....	143
	Chemikalien und Materialien.....	143
	Konsolidierungsmittel.....	144
	Schneidwerkzeug.....	145
	Polyurethanweichschäume.....	145
	Sonstige Hilfsmittel.....	146
	<b>Abbildungsnachweis und -verzeichnis .....</b>	<b>147</b>
	Erklärung der Verfasserin .....	157
	<b>Anhang .....</b>	<b>158</b>
	English Summary .....	173
	Filme .....	181

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit Kunstwerken aus Polyurethanweichschaum, deren Entstehung, der Erhaltungsproblematik und möglichen Lösungen für Restaurierung und Lagerung.

Im Mittelpunkt der Diplomarbeit steht die Erarbeitung eines Konzeptes für die Restaurierung und Lagerung des Werkes "Funburn" von John Chamberlain, das das Museum für Moderne Kunst in Frankfurt/M. für diesen Zweck zur Verfügung stellte. Anhand des amerikanischen Künstlers wird der Werkblock "Weichschaum" innerhalb seines Gesamtwerkes vorgestellt, künstlerische Intension, Technik und Erhaltung erläutert und mit weiteren Werken im Besitz des Dia Center for the Arts, New York, verglichen. In einem experimentellen Teil werden Materialien und Anwendungstechniken zur Konsolidierung, Reinigung, Intarsierung und Färbung von Intarsien untersucht. Zusätzlich erfolgt in einem vorhergehenden Teil die Erläuterung der Problematik restaurierungsbedürftiger Werke und deren mögliche Lösungen, wobei die Künstler weitgehend zu Technik und Restaurierung befragt wurden.

## Abstract

The following thesis deals with artworks made of polyurethane soft foam, their making, conservation /restoration problems and possible solutions.

The center of the thesis is based on the investigation into one particular foam work titled "Funburn" by the american artist John Chamberlain, in order to produce a rationale for conservation, restoration and storage. Background information on the "soft foam period" in Chamberlains oeuvre and comparison with other foam works, owned by the Dia Center for the Arts, New York , as well as his personal comments are an essential part of this chapter. The conservation proposal is supported by an experimental, empirical part, in which materials for consolidation, cleaning, "inlaying" and dyeing of the inlays are investigated and critically examined.

The part closes with the construction of an ideal storage situation for "Funburn" and other foam works. Additonally, a number of other works of art made from polyurethane soft foam, is investigated, solutions presented, and the artists´ opinion towards techniques and restoration issues discussed.

## Dank

Ich danke Herrn Prof. Dr. Gerhard Banik für die engagierte und intensive Betreuung meiner Arbeit, die ohne seinen Einsatz so nicht hätte ausgeführt werden können, und Herrn Prof. Karl-Werner Bachmann für die ausführlichen Anregungen und Korrekturen.

Ein herzlicher Dank auch an Herrn Dipl.-Des. Thomas Weitzel, der Umsetzung und Layout einer komplett digitalisierten Diplomarbeit ermöglichte, und an Markus Pöhlmann für seine eingehende Kritik. Frau Dipl. Rest. Andrea Pataki möchte ich für die Unterstützung bei zahlreichen Versuchen danken.

Ein weiterer, herzlicher Dank geht an Frau Thea B. van Oosten vom Instituut Collectie Nederland für die FT-IR Analysen aller von mir untersuchten Weichschaumwerke und an Herrn Dr. Karpf und Dr. Schlipf vom Landeskriminalamt Baden-Württemberg, die die GC-MS Analysen der Luft im Innern der Kiste des Werkes von John Chamberlain und die komplizierte Auswertung der Ergebnisse vornahmen.

Dem Museum für Moderne Kunst in Frankfurt/M., das mir die Skulptur "Funburn" von John Chamberlain zur Verfügung stellte, insbesondere Herrn Chefrestaurator Erich Gantzert-Castrillo, gilt Dank für das Vertrauen in meine Arbeit.

Frau Dr. Gabriele Hardtmann vom Institut für Textil- und Faserchemie der Universität Stuttgart gilt Dank für die Benutzung der Xenotestanlage und ihre Hilfe bei der Auswertung der Lichtalterung.

Ebenfalls danken möchte ich Frau Gertrud Otterbeck, Chefrestauratorin an der Staatsgalerie Stuttgart, die mich in den bereits Jahre zurückliegenden Anfängen zu dem Thema ermutigte und mich in jeder Hinsicht unterstützte, sowie Frau Patricia Houlihan, Chefrestauratorin am Museum of Modern Art, New York, die mir alle Möglichkeiten des Museums für Recherchen und Kontakt zu John Chamberlain ermöglichte.

Die Untersuchung der weiteren Arbeiten von John Chamberlain in Houston, Texas wäre ohne die großzügige Einladung von Carol Mancusi-Ungaro, Chefrestauratorin an der Menil-Collection, Houston nicht möglich gewesen.

Ein weiterer Dank geht an die Firma Henkel KG, Düsseldorf und deren Mitarbeiter, vor allem Herrn Dipl. Ing. Hermann Kluth, die geduldig zu verschiedensten Problemen Stellung bezogen. Für die Übersetzung eines Katalogtextes aus dem französischen bedanke ich mich bei Oliver Zeidler, Augsburg.

Bei vielen KollegInnen und Fachleuten bedanke ich mich ebenfalls, die mir bereitwillig Fotos, Literatur, Restaurierungsberichte und Probenmaterial zur Verfügung stellten, mir ermöglichten, an Schaumstoffwerken zu arbeiten und zu dokumentieren oder sich in Gesprächen auseinandersetzten - es sind so viele gewesen, daß ich nur einige einzeln nennen kann:

Louis Damen, Museum Boijmans van Beuningen, Rotterdam  
Dr. Dierk Knittel, Deutsches Textilforschungszentrum Nordwest e.V., Krefeld  
Chris McGlinchey, Metropolitan Museum, New York  
Dr. Ulrike Gauss, Staatsgalerie Stuttgart  
Lynda Zyberman, MoMA, New York  
Patricia B. Langen, Bonn  
Lydia Beerkens, Maastricht  
Dieter O.Schmid, AGS Schaumstoffe, Stuttgart  
Dr. Cornelia Weyer und Gunnar Heydenreich, Restaurierungszentrum Düsseldorf  
Malcolm Bilz, CCI, Ottawa  
Lisa Nilson, Norwegen  
Adelheid Wiesmann-Emmerling, Chefrestauratorin des Hessischen Landesmuseums, Darmstadt  
Dr. Wiedemann, Stuttgart  
Frau Ipawitz, Fa. Paul Hartmann AG, Heidenheim  
Herr Eble, Fa. Messer Griesheim  
Arthur Ketnath, Neues Museum Weserburg, Bremen  
Heike Möller, Kunsthalle Hamburg  
Aleth Lorne, Amsterdam  
Serge Mauduit, Vitra Design Museum, Weil am Rhein  
Günther Franke, Galerie Franke, Stuttgart  
Dr. Johann Koller, Doerner Institut, München  
Dipl.Rest. Christoph Waller, Gottenheim

Den Künstlern John Chamberlain, Günther Weseler, Gotthard Graubner und vor allem Piero Gilardi danke ich für die Gespräche, Briefe oder Atelierbesuche, die mir Einblick in ihr Werk und ihre Vorstellungen ermöglichten.

## Vorwort

Das Problem der Erhaltung der Kunstwerke aus Polyurethanweichschaum ist äußerst dringlich und aktuell, wie die Konferenzen<sup>1</sup> zur Erhaltung moderner und zeitgenössischer Kunst in den letzten Jahren gezeigt haben. Es gibt bisher außer vereinzelt Publikationen, die das Material meist im Zusammenhang mit der Problematik der Erhaltung von Kunststoffobjekten allgemein betrachten, keine systematische und umfassende restaurierungsbezogene Erarbeitung des Themas. Auch die Anwendungen von Materialien zur Festigung, Ergänzung, Verklebung und Reinigung sind bisher stark empirisch geprägt und wenig systematisiert.

Die vorliegende Diplomarbeit soll helfen diese Lücke zu füllen und als Anregung für weitere Forschung zum Thema "Polyurethanschäume als künstlerisches Medium" dienen, die keineswegs nur eine Ausdrucksform der sechziger und siebziger Jahre darstellen, sondern auch von Künstlern der Gegenwart verwendet werden.

---

<sup>1</sup> „From Marble to Chocolate“, London 1995.  
„Modern Art: who Cares?“, Amsterdam 1997.  
„Mortality - Immortality“, Los Angeles 1998.

## Überblick

"Soft Sculpture is in a primitive state, but with the aid of plastics and latex and techniques to come, there will soon be the completely articulated... sculpture..."

Claes Oldenburg, 1966<sup>2</sup>

Die Wiederentdeckung der Kunst der Naturvölker zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch die Kubisten und Fauves bot einen Reichtum an neuen, in der westlichen bildenden Kunst bis dahin ungewöhnlichen Materialien: Masken und Plastiken aus Afrika und Ozeanien waren mit Federn, Perlen, menschlichem Haar, Leder, Häuten, Fellteilen und Stoffen geschmückt. Diese Vielfalt beeinflusste die Künstler der Zeit:

Picasso integrierte 1911/12 in dem Werk "Nature morte a la chaise canée" ein Stück Wachstuch mit aufgedrucktem Gewebemuster in ein Gemälde und vereinte so Malerei und Gegenstand. Anfänglich noch in Form von Montagen oder Collagen, verselbständigte sich die Verwendung weichen Materials zusehends. (Billeter 1981: 15)

1916 montierte Marcel Duchamp eine Schreibmaschinenhülle auf einen Stab, betitelte es "Pliant...de voyage" und schuf damit das vermutlich erste "Soft Art"-Objekt. Die Linie der Verwendung weicher Materialien führt weiter über den Dadaismus und Surrealismus bis in die sechziger Jahre, wobei der Unterschied zur künstlerischen Produktion der zwanziger Jahre in der Wahl des Materials hinsichtlich seiner spezifischer Eigenschaften und weniger im Sinne des "Objet trouvé" oder eines Collageelementes liegt. Weiche Materialien werden in den sechziger Jahren als eigenes künstlerisches Medium herangezogen und zu autonomen Skulpturen und Objekten ge- und verformt.

Die traditionellen, natürlichen Materialien wie Latex, Stoff, Filz und Fett, deren immanente Botschaft - z. B. Joseph Beuys - oder deren Form - z. B. Robert Morris - die Künstler beschäftigte, wurden durch die neuen, in den sechziger Jahre boomenden Kunststoffe bereichert: Niki de Saint Phalle und Armán produzierten Skulpturen und Objekte aus Polyesterharz, Dubuffet verwendete für die "Hourloupe"-Serie Polystyrolschaum. Kunststoffe waren zwar schon vor dem Zweiten Weltkrieg bekannt, ihren eigentlichen Höhepunkt erreichte ihre Verwendung im Alltag jedoch in den Zeiten des Wirtschaftswunders. Ausstellungen wie "Kunst und Kunststoff" in 1968 im Städtischen Museum Wiesbaden oder "When Attitudes become Form", 1969 in Bern, "Weich und Plastisch - Soft Art", 1981 in Zürich oder "L'Utopie du tout Plastique", in Brüssel 1994, oder "Plastik - Eine Ausstellung zeitgenössischer Skulptur" in Stuttgart 1997, dokumentierten die Verwendung der Kunststoffe in der bildenden Kunst. Auch die Zusammenarbeit von Künstlern mit der Industrie - Victor Vasarely mit BASF zur Fertigung von sogenannten "Unités Plastiques" - zeugt von der Intensität

---

<sup>2</sup> (Billeter 1981: 21).

der Auseinandersetzung mit synthetischen Werkstoffen. Weiche Kunststoffe sind neben den bekannten Latexschäumen - als "Schaumgummi" bezeichnet - die als Polstermaterial produzierten "Schaumstoffe", d. h. Weichschäume aus Polyurethanverbindungen. Künstler in Amerika und Europa entdeckten in den sechziger Jahren gleichermaßen die Qualitäten dieses Materials für ihre Produktion, wobei die Gründe für die Materialwahl ebenso unterschiedlich ausfielen wie die Kunstwerke selbst.

Das früheste bekannte Werk aus synthetisch hergestelltem Weichschaum stammt wiederum von Marcel Duchamp. 1947 schmückte er den Einband des Katalogs "Prière de toucher" (Abb.1) mit einer weiblichen Brust aus Latexschaum.<sup>3</sup>

Über ein Jahrzehnt später entstanden Skulpturen, die durch Verwendung des gewöhnlichen Materials die Definition von Skulptur erweiterten, wie beispielsweise das Werk des Amerikaners John Chamberlain (Abb.2), dessen Weichschaumskulpturen sich ein Großteil der vorliegenden Arbeit widmet. Auch der Italiener Piero Gilardi verwendet das Material bis heute dreidimensional, jedoch mit völlig anderem Ergebnis - sein Ziel ist die Abbildung der Realität mit synthetischen Mitteln mit dem Ziel, benutzbare Objekte herzustellen (Abb.3).

Als unveränderten Werkstoff benutzte der Amerikaner Garry Kuehn Weichschaummatten (Abb.4), die er verformte oder mit anderen, vorzugsweise harten Materialien, konfrontierte.

Die Gestaltung von "Environments" war eine weitere Entwicklung, unabhängig voneinander ausgeführt z. B. von den deutschen Künstlern Ferdinand Spindel und Günter Weseler. Spindel baute neben den bekannteren Schaumstoffreliefs mit Weichschaummatten ausgeschlagene höhlenartige Räume (Abb.5), in die man



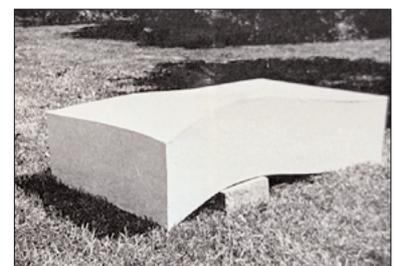
**Abb.1**  
M. Duchamp "Prière de toucher", Katalogeinband, 1000 Exemplare - die Brust ist ein auf schwarzen Samt geklebtes Readymade.



**Abb.2**  
J. Chamberlain "Stuffed Dog 9"; Polyurethanweichschaum mit Kordel geschnürt und farbig behandelt.



**Abb.3**  
P. Gilardi "Tappeti-natura" aus Polyurethanweichschaum, Ausstellung in der Galerie Ileana Sonnabend, Paris 1966.



**Abb.4**  
G. Kuehn o.T., 1969<sup>4</sup>, Weichschaummatte.

<sup>3</sup> Erwähnt von David Grattan, CCI, anlässlich der Konferenz „Mortality-Immortality“, Los Angeles, 1998.

<sup>4</sup> Zahlreiche Arbeiten tauchen in den Jahren 1967-71 auf der Messe „Kunstmarkt Köln“ (heute „Art Cologne“) auf, danach verehbt die „weiche Welle“.

einsteigen konnte. Die schalldämmende und haptische Qualität des Materials trugen zu einer neuen Raumerfahrung bei.

Weseler (Abb.6) konstruierte "Atemwände", die mittels dahinter montierten Motoren große Flächen von Profilweichschaum in Bewegung versetzten.

Auch als Material für Außenskulpturen (Abb.7) setzte er den Weichschaum ein.

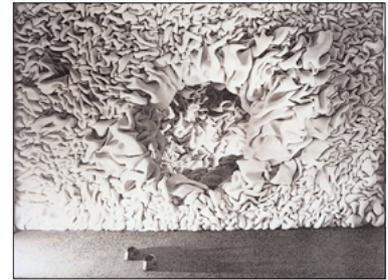
Viele der als großformatige Innenauskleidungen oder Außenobjekte angelegten Werke sind nicht mehr erhalten und existieren nur noch als Fotografien (Abb.8).<sup>5</sup>

Eine andere Variante der Materialverwendung überlebte, da sie dem eigentlichen Zweck des Stoffes gerechter wurde: Eine ganze Reihe von KünstlerInnen verarbeiteten den Weichschaum als Füllmaterial, sei es zum Ausstopfen von Stoffhüllen, wie Claes Oldenburg (Abb.10), oder zum Unterfüttern von Bildobjekten, die eine Bespannung erhielten (Abb.9), wie bei Jos Manders.

Im Gegensatz zu diesen Künstlern, die das Material fast ausschließlich als Fertigware kauften, bestand eine andere Variante in der Produktion eigener Schäume aus Rohstoffen, die im Handel erhältlich waren: Lynda Benglis (Abb.12) und César Baldaccini (Abb.11) vermischten die Chemikalien in Eimern und gossen den quellenden Schaum in Lagen übereinander. Das erstarrende Material bildete eine dichte, geschlossene Außenhaut:

Einige Künstler arbeiteten mit dem Werkstoff auch auf anderen Gebieten; so gibt es Arbeiten im Bereich Möbeldesign von bildenden Künstlern wie Gilardi, der Sitzobjekte in Steinform (Abb. 13) entwarf, die bei der Fa. Gufram in Turin heute noch produziert werden.

Gaetano Pesce schuf 1969 die Sitzskulptur "Il Piede" (Abb.14) aus gegossenem Polyurethanweichschaum, die heute im Vitra Design Museum, Weil am Rhein, zu sehen ist. Der Stuhl "Armchair" von Gunnar A. Andersen



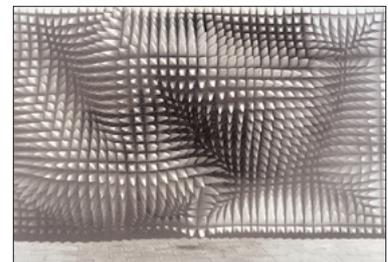
**Abb.5**

F. Spindel "Hole in home", 1966  
Installation aus Polyurethanweichschaum, der auf ein Holzgerüst 1966 getackert wurde.



**Abb.6**

G. Weseler "Selbstportrait", 1972.



**Abb.7**

G. Weseler "Atemwand", 1970.



**Abb.8**

Der Künstler beim Reparieren seines Werkes "Ungeheuer von Kettwig", 1971.  
Die Überschrift des Artikels, aus dem das Foto entnommen wurde, lautete: "Steine und Fußstritte gegen das zuckende und glucksende Ungeheuer."

<sup>5</sup> Weseler hierzu in einem Brief an die Verfasserin vom 1.3.99: „Das Ungeheuer von Kettwig ist einem Brandanschlag zum Opfer gefallen und nicht wieder hergestellt.“ Der Künstler berichtet im selben Brief von einem selbst entwickelten Roboter, der ihm Schaum für neue Objekte produziert. Die noch existierenden Skulpturen restauriert Weseler selbst.

(Abb.15) ähnelt in Technik und Form Benglis´ und Césars´ Werk. Auch Andersen schäumte mit gegossenem Material Stuhlformen.

Das Interesse am Weichschaum nahm Mitte der siebziger Jahre ab. In Ausstellungs- und Messekatalogen finden sich kaum noch Weichschaumwerke. Erst in den späten achtziger und neunziger Jahren gelangte das Material in unterschiedlicher Form und Verwendung wieder zum Einsatz. Sowohl Hart- als auch Weichschäume wurden verarbeitet, wobei man technologisch wieder ähnlich wie in den sechziger Jahren verfuhr; z. B. als spannungsreicher Füllstoff in den glatten, organischen Skulpturen von Thomas Grünfeldt (Abb.16), oder bei Wilhelm Mundt als "industrielles" Produkt (Abb.17).

Die Schweizer Künstler Fischli und Weiss verwenden Polyurethanhartschaum als Material, daß sie in z. B. Form von Alltagsgegenständen schnitzen und bemalen - so entstehen illusionistisch Bilder der Realität.

Nur wenige der von mir recherchierten KünstlerInnen<sup>6</sup>, deren Werke in den sechziger und siebziger Jahre entstanden, arbeiteten ausschließlich mit dem Werkstoff. Die meisten KünstlerInnen benutzten den Stoff entweder für eine zeitlich begrenzte Phase, wie John Chamberlain, oder parallel mit der Verwendung anderer Medien, wie Lynda Benglis und César:

Ursache dafür ist neben der persönlichen Entwicklung der Einzelnen sicherlich auch die Erkenntnis, daß der Schaumstoff nicht haltbar war und zumindest als sichtbarer Stoff auf dem Kunstmarkt nie besondere Popularität besaß, da er im Gegensatz zu anderen "billigen" Materialien nie den Beigeschmack eines trivialen Produktes verlor und sich somit schlecht verkaufen ließ. Heute hat sich die Qualität der Weichschäume hinsichtlich ihrer Haltbarkeit verbessert, zudem modifizierten die



**Abb.9**  
J. Manders "Communicatie", 1968, Schaumstoff auf Polyesterform mit PVC Folie überspannt.



**Abb.10**  
C. Oldenburg: "Giant Floorcake", 1962 - der "Kuchen" ist mit Polyurethanweichschaumresten gefüllt.



**Abb.11**  
César "Expansion No. 35", 1971, pigmentierter und gegossener Polyurethanschaum.

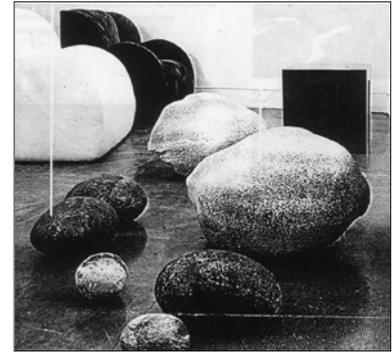


**Abb.12**  
L. Benglis "Köln 1", 1970, pigmentierter und gegossener Polyurethanschaum.

<sup>6</sup> Weitere Künstler, die mit den Polyurethanweichschäumen arbeite(te)n, sind: Henk Peeters, Gilberto Zorio, Sante Monachesi, Giulio Turcato, Arlene Seitzinger, Gerhardt Knodel, Siegfried Neuenhausen, Otto Dressler, Michelangelo Pistoletto, Jan Niedojadlo, Konrad Schulz.

Künstler; sofern sie noch mit dem Material arbeiten, ihre Technik, z. B. werden die Werke mit abschließenden Überzügen versehen.

Die Faszination der KünstlerInnen der sechziger Jahre an den Weichschäumen als künstlerisches Medium scheint heute zurückgegangen. Die heute verwendeten Polyurethanschäume sind vorrangig ein willkommenes technisches Mittel zum Zweck - eine Weichschaumskulptur wie die von John Chamberlain, ist heute kaum mehr denkbar:



**Abb. 13**  
P. Gilardi für Gufram: "Sassi", 1966 - Sitzsteine aus Polyurethanweichschaum "Guflex", mit einem elastischen Firnis "Guflac", (70 x 58 x 55 cm). Die Steine sind heute noch bei Gufram, Turin erhältlich.

\* \* \*



**Abb.15**  
G. A. Andersen "Armchair", 1964, vermutlich über eine Armierung oder einen Stuhl gegossener Polyurethanschaum. Das Werk trägt existiert auch unter dem Titel "Portrait of My Mother in a Chesterfield Chair".



**Abb.16**  
T. Grünfeldt "Gummi 1", 1990, geflickter Prototyp, Polyurethanschaum auf Holz mit Kautschuk "haut".



**Abb.14**  
G. Pesce, aus der Serie "UP 7" für Cassina & Bussinelli: "Il Piede", 1969.  
Die Sitzgelegenheiten für diese Serie wurden nach der Herstellung im Vakuum gepreßt, mit PVC-Folie versiegelt und so verkauft. Erst beim Öffnen der flachen Schachtel expandierte der Sitz zu seiner eigentliche Form.



**Abb.17**  
W. Mundt "Stapel", 1990, in Form gegossener Polyurethanhartschaum.

## I Polyurethanweichschäume "Schaumstoff" und "Schaumgummi"

Seit den sechziger Jahren werden Polyurethanweichschäume als künstlerischer Werkstoff in unterschiedlichster Art und Weise eingesetzt. Es handelt sich bei den Schäumen vorrangig um Polyurethanweichschäume auf Polyester- oder etherbasis, die allgemein als Schaumstoffe bezeichnet werden.

Der Begriff "Schaumstoff" wird dem als Werkstoff in der Kunst benutzten Material nur begrenzt gerecht. Es gibt eine Vielzahl von Schaumformen unterschiedlicher Qualitäten. Synthetische Schäume können aus diversen Kunststoffen in Weich- oder Hartform mit unterschiedlichen Qualitätsstufen erzeugt werden. Die mit "Schaumstoff" bezeichneten synthetischen Weichschäume sind Polyurethanverbindungen, die sich durch Elastizität, Offenporigkeit und geringes Gewicht auszeichnen. Bekannt sind diese Stoffe im Alltag als Block- oder Flockenverbund in Form von Polstermaterial, Matratzen oder Haushaltschwämmen, in der Restaurierung werden sie als Polstermaterial für Verpackungszwecke eingesetzt. Die Verbindungen der Polyurethane<sup>7</sup> sind äußerst vielseitig und begegnen im Alltag neben den erwähnten Weichschäumen in Form von Schuhsohlen, Autoteilen, Anstrichfarben, Auftragen und Klebstoffen. Abgekürzt werden die Polyurethane<sup>8</sup> international mit "PUR", obgleich im angelsächsischen Sprachraum das Kürzel "PU" auch verwendet wird.

Der Begriff "Schaumstoff" wird gerne synonym mit "Schaumgummi" verwendet, der sich jedoch auf eine besondere Weichschaumform bezieht, den synthetischen "Schaumgummi"<sup>9</sup>, dessen Kommerzialisierung 1927 mit BUNA-S begann. (Jentzsch 1994: 316) Der Vorläufer des "Schaumgummi" ist das natürliche Produkt aus geschäumtem Kautschuk, der bereits Ende des vorigen Jahrhunderts produziert wurde und heute ebenfalls wieder hergestellt wird. Ein weiterer, ähnlicher klingender Begriff ist der "Polyurethankautschuk", bei dem es sich jedoch nicht um Schaum, sondern ein festes Material handelt, daß z. B. für Rollschuhrollen oder Zahnriemen verwendet wird.

### Resumée

Weder "Schaumstoff" noch "Schaumgummi" sind geeignete Bezeichnungen für das von den Künstlern der sechziger Jahre bis heute verwendete Polyurethanweichschaummaterial. Selbst wenn diese Termini weiter im Umlauf bleiben, soll hier als Kompromiß die Bezeichnung "PUR (ES)" für Polyesterweichschaum und "PUR (ET)" für Polyetherweichschaum eingeführt werden, sofern das Material analysiert wurde. Ist dies nicht erfolgt, wird allgemein von PUR-Weichschaum gesprochen.

<sup>7</sup> Etymologische Ableitung aus: poly (griech.)= viele, ouron (griech.)= Harn und Éthanol (frz.)= Ethanol.

<sup>8</sup> Die Polyurethane zeichnen durch die Urethan-Gruppe aus, die heute in den Weichschäumen meist nur 4-6 % ausmachen. Insofern ist Polyurethan auch wiederum ein ungenauer Begriff und sollte in dieser Arbeit durch Polyetherharnstoff oder Polyesterharnstoff ersetzt werden, da die Polymere einen größeren Anteil an Harnstoffgruppen besitzen.

Da der Begriff Polyesterharnstoffweichschaum zwar korrekt, aber nahezu unaussprechlich ist, soll in der vorliegenden Arbeit von PUR-Weichschäumen (ES oder ET) die Rede sein.

<sup>9</sup> Der natürliche Latex (Gummimilch) wird durch Wasserentzug zu Kautschuk verarbeitet.

## Geschichte

Bereits 1849 berichtet der französische Chemiker C.A. Wurtz von der Herstellung der Isocyanate, die eine der wesentlichen Komponenten für die PUR-Weichschaumherstellung bilden, durch Alkylierung von Kaliumcyanat mit organischen Schwefelsäureestern. 1884 erfand W. Hentschel die Phosgenierung primärer Amine zur Herstellung von Isocyanaten, wie sie auch später von Otto Bayer verwendet wurde. (Oertel 1993: 78) Isocyanate besitzen die allgemeine Formel  $R-(N=C=O)_n$  und zeichnen sich durch ihre hohe Reaktivität aus.

Rund 50 Jahre später entdeckte Otto Bayer an den IG Farbenwerken Leverkusen die Diisocyanat-Polyaddition. Diese Reaktion bildet bis heute die Grundlage zur Herstellung der PUR-Weich- und Hartschäume: Polyisocyanate reagieren mit Polyolen, d. h. Verbindungen mit zwei oder mehr funktionellen OH-Gruppen zu Polyurethanen. Nach der Erfindung der Polyurethane durch Bayer wurde 1952 die Herstellung von PUR-Weichschäumen auf der Basis von Polyester eingeleitet. 1954 führte die Bayer Tochterfirma Mobay die Technologie in USA ein. (Oertel 1993: 226)

Neben IG Farben arbeiteten auch andere Chemiefirmen an der Entwicklung von Polyurethanen: Du Pont begann in USA 1938 mit den Forschungsarbeiten, und im selben Jahr wurde ein italienisches Patent erteilt, das sich mit aus Dicarbonsäuren und Diisocyanaten hergestellten linearen PUR beschäftigte. (Domininghaus 1998: 1140)

Das erste aromatische Isocyanat, abgekürzt TDI: Toluylen-2,4-Diisocyanat bildete zusammen mit Polyester die Basis für die ab 1950 von Bayer kommerziell gehandelten PUR-Weichschäume. Weitere Isocyanate waren MDI : 4,4-Methylendiphenylisocyanat), entwickelt 1962, gefolgt von HMDI: Hexamethylendiisocyanat. Als Polyole dienten in Deutschland zunächst ausschließlich Polyesterverbindungen. Obwohl die Eignung von Polyethern bereits 1951 gefunden war, gelangten sie erst ab ca. 1964 zu größerer Bedeutung und ersetzten allmählich die Polyesterschäume. Es wurden auch Polyether-Polyester Mischpolyurethane hergestellt. (Oertel 1993: 23)

Neben der Weiterentwicklung der Verarbeitungsverfahren - 1958 das "one-shot" Verfahren, in den siebziger Jahren das "Reaction Injection Molding" Verfahren (RIM) für die Herstellung komplizierter Spritzgußformen - wurden die Polyurethane insgesamt verbessert und modifiziert. Mit dem wachsenden Umweltbewußstein der achtziger und neunziger Jahre wurden schonendere Verfahren entwickelt, z. B. Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstofffreie Treibstoffe für PUR-Hartschäume, oder in den letzten Jahren verstärkt PUR-Beschichtungen und Lacke auf wässriger Basis. Die Forschung bemüht sich auch, z. B. Sojaprotein, Lignin, Pflanzenöle u. a. als Polyolkomponente für die PUR-Herstellung zu gewinnen. (Uhlig 1998: 149) Eine weitere Errungenschaft sind die neueren  $C_4$ -Polyether, die gegen Fotooxidation weniger empfindlich

---

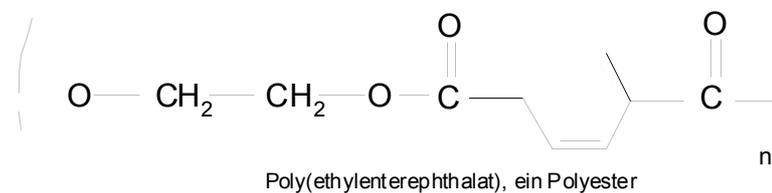
sind als die bisher hergestellten. Der PUR-Weichschaum Weltverbrauch stieg von 900 000 t 1971 auf 3 Mio. t 1996. (Uhlig 1998: 18) Polyetherweichschäume auf TDI-Basis bestreiten heute zu 94% den jährlichen Weltmarktverbrauch an PUR-Weichschäumen. (Uhlig 1998: 55) Die Menge der Polyesterweichschäume auf TDI-Basis macht einen geringeren Prozentsatz aus, da sie *hi-tec*<sup>10</sup> sind in der Herstellung und zusätzlich anfälliger für hydrolytische Abbaureaktionen sind.

## Chemische Grundlagen

Polyurethanschaumstoffe - ob hart oder weich - bestehen im wesentlichen aus gleichbleibenden Komponenten. Vereinfacht dargestellt reagiert ein Polyol, zum Beispiel eine Polyester- oder etherverbindung mit einem Isocyanat unter Einfluß von Wasser oder Säure durch Polyaddition zu einem Polymer, das mit Urethanbrücken verbunden ist.

### Polyester

Polyester entstehen durch Kondensation von Dicarbonsäuren und bifunktionellen Alkoholen oder durch eine Umesterungsreaktion. (Allinger 1980: 1010) Als Säuren kann z. B. Terephthalsäure oder Adipinsäure verwendet werden, als Alkohole (Diöle) können Glykol oder Butandiol Verwendung finden.

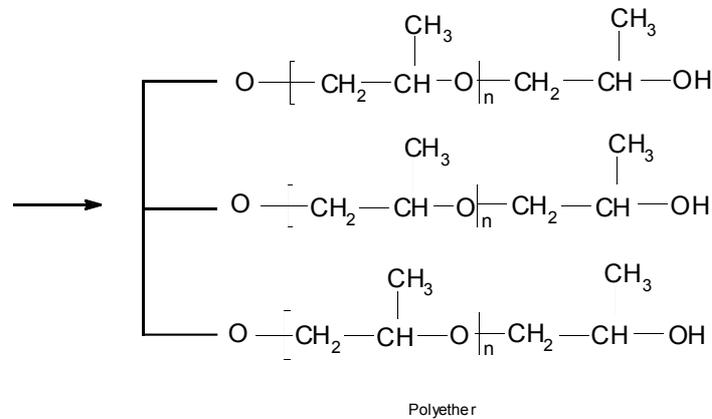


**Darstellung 1**  
Polyester (Allinger 1980: 1011).

Spezial sind Carbonat-Ester-Polyole, die durch Umesterung von Diphenylcarbonat mit Diolen entstehen. Diese und noch ein weiterer Polyestertyp sind beständiger gegen Hydrolyse als die konventionellen Typen, werden aber nur für hochwertige PUR-Elastomere verwendet. (Uhlig 1998: 123)

<sup>10</sup> Pers. Mitteilung Dr. Ralf Busch, Bayer AG.

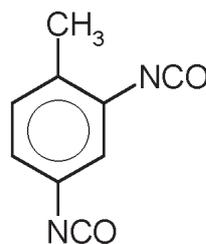
- Polyether aus Propylenoxid und einem dreiwertigen Alkohol



**Darstellung 2**  
Polyether (Uhlig 1998: 122).

Isocyanate

Isocyanate werden durch Reaktion von primären Aminen (R-NH<sub>2</sub>) mit Phosgen hergestellt. Sie besitzen die allgemeine Struktur R - N=C=O, also ein C-Atom, das sowohl einer Carbonylgruppe als auch einer Iminogruppe angehört.

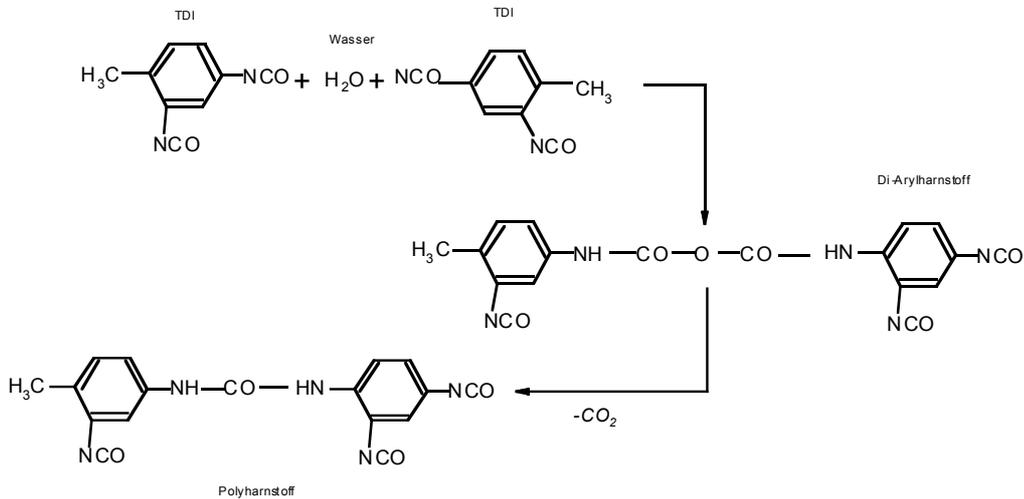


**Darstellung 3**  
TDI (Uhlig 1998: 117).

Der Vorteil der Isocyanate besteht in ihrem Reaktionsvermögen mit Hydroxygruppen zu hochmolekularen Stoffen, z. B. den OH-Gruppen polymerer Harze. Es gibt sowohl aliphatische als auch aromatische Diisocyanate: Die für die Weichschäumherstellung wichtigsten aromatischen Diisocyanate sind TDI und MDI, die als im frischen Zustand klare Flüssigkeiten

vorliegen. TDI besteht heute häufig aus einer Mischung zweier TDI Typen, z. B. Toluylen- 2,4 und Toluylen- 2,6 Diisocyanat. (Modern Plastics 1998: B-18) Die Zahlen hinter der Abkürzung TDI bezeichnen den Gehalt an OH-Gruppen, der für die Eigenschaften der Schäume mitverantwortlich ist.

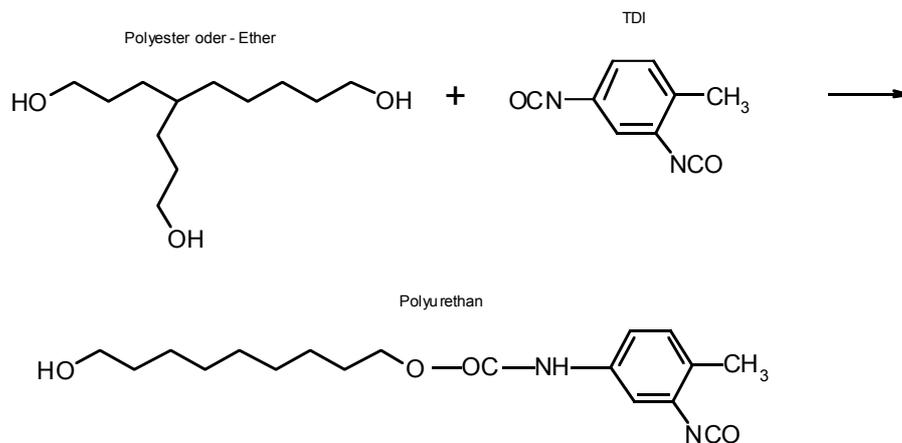
Die von Bayer entdeckte Polyaddition läuft in zwei Schritten ab:



**Darstellung 4**

Reaktion 1 : Harnstoffreaktion (Oertel 1993: 193).

Das Ausgangsprodukt Isocyanat (TDI) bildet mit Wasser unter Abspaltung von Kohlendioxid Harnstoff. Dieser primär gebildete Di-Arylharnstoff trägt freie NCO-Gruppen (Harnstoffgruppen) und reagiert mit Wasser unter Kettenverlängerung weiter zu einem Polyharnstoff oder greift in Reaktion 2 ein. Das gebildete CO<sub>2</sub> entweicht und bildet die Zellen. Die Polyaddition von OH-Gruppen haltigen Polyolen (Polyester; Polyether) an TDI ergibt Polyurethane.



**Darstellung 5**

Reaktion 2: Urethanreaktion (Oertel 1993: 194).

Die zunächst entstandenen Präpolymere addieren zu den freien NCO-Gruppen weitere OH-Gruppen unter Kettenverlängerung oder reagieren mit H<sub>2</sub>O nach Reaktion I weiter: Diole als Kettenverlängerer bilden Urethanbrücken und Amine Harnstoffbrücken.  
 (Oertel 1993: 193,194)

Die Elastizität der Weichschäume beruht auf der Molekularstruktur der Verbindung. Auf ein elastisches Polyester- oder ethersegment folgt eine kurze, starre Urethanbrücke. Auswahl und Gewichtung der Ausgangsstoffe Isocyanat, und die Wahl des Polymers und Kettenverlängerers sind bestimmend für das Endprodukt. Es entstehen bei Verwendung von langkettigen, d. h. linearen Polyester- oder ethertypen (hohe OH-Zahl) und bei einem Überschuß von Isocyanaten in der Mischung Weichschäume, bei denen lange elastische Ketten zwischen den Urethangruppen vorliegen. Werden hingegen kurzkettinge, also verzweigte Polyester- oder ether (niedrige OH- Zahl) und ein bestimmtes Isocyanat gemischt, so entstehen harte Schäume, wobei der Vernetzungsgrad, also das Maß für die Härte, ansteigt, da die Bindungen zwischen den Urethangruppen kurz und unelastisch sind.

Eine einfache Rezeptur<sup>11</sup> für die Herstellung eines Polyesterweichschaumes erläutert die einzelnen Stoffe und ihre Funktion

Ausgangsstoffe	Funktion	Gewicht in g	Handelsname
Polyester OH-Zahl 60 als Granulat	Kettenverlängerer	100	Desmophen 3900
Emulgator in wässriger Lösung	Schaumstabilisator	2	Arkopal 300
TDI flüssig	Isocyanat	35	Desmodur 65
N, N Dimethylbenzylamin	Katalysator	1	ohne
Dimethylpolysiloxan	Zellregulator	0,25	Silikonöl 100
Natriumlaurylsulfat	Netzmittel	1 (50 % wässrige Lsg.)	ohne
Wasser	CO <sub>2</sub> Bildung	1	ohne

**Tabelle 1**  
 Rezeptur zur Herstellung eines Polyurethanschaumes.

<sup>11</sup> Pers. Mitteilung Dr. Johann Koller, Doerner Institut, München.

Die Vermischung erfolgt schrittweise unter Rühren in einem 600 ml Becherglas (Abb.18) Sobald das Gemisch aufschäumt, muß in einen Zweiliterbehälter umgegossen werden. Nach weiterem Rühren kann der Schaum auf Papierbahnen ausgegossen werden. Nach 20 bis 30 Minuten ist die Oberflächen nicht mehr klebrig und der Schaum kann bearbeitet werden.



**Abb.18** Stadien der Entwicklung eines Polyurethanweichschaumes.

Es gibt eine Reihe von Zusätzen und Behandlungen für PUR-Weichschäume, die auch für das Alterungsverhalten mitverantwortlich sein können. Neben den sogenannten Kettenverlängerern werden Katalysatoren, Treibmittel, Füllstoffe, Farbmittel, Schaumstabilisatoren, Antioxidantien, Biozide und UV- Stabilisatoren hinzugefügt.

\* \* \*

## Technologie

### Schäumung

Es sind unterschiedliche Schäumverfahren möglich. Für die Produktion von Weichschäumen ist die chemische Treibmethode oder das Misch- oder Rührverfahren ausschlaggebend, für die Hartschaumstoffe hingegen auch das physikalische Treibverfahren<sup>12</sup>. Die chemische Treibmethode nützt die Reaktion der Hydroxykomponente mit Wasser oder Säure, wobei CO<sub>2</sub> freigesetzt wird und so Blasen, sprich Zellen erzeugt werden. Das für die Weichschäume benötigte chemische Treibverfahren läßt sich technisch unterschiedlich durchführen: Im "one-shot" Verfahren reagieren alle Komponenten gleichzeitig, während im "Präpolymerverfahren" die Reaktion in zwei Schritten abläuft<sup>13</sup>; letztere Reaktionsform ergibt geordnetere Produkte mit geschlosseneren Zellen (Biederick 1977: 155). Welches Verfahren angewandt wird, hängt von der Qualität des gewünschten Endproduktes ab.

### Verfahrenstechnik

Je nach Verfahren variiert auch die benötigte technische Anlage. Die Reaktionskomponenten müssen häufig erst in geheizten Arbeitsbehältern entwässert und geschmolzen werden, um dann über Dosieraggregate einem Mischkopf zugeleitet zu werden. Diesen Prozeß bezeichnet man als "Zudosierung". Menge und Mischungsverhältnis der Rohstoffe entscheiden über die Qualität des entstehenden Schaumes. Im Mischkopf erfolgt die mechanische Vermengung der Rohstoffe unter Hochdruck, Niederdruck oder einer Mischung der beiden Systeme. Die fertige Mischung wird dann je nach gewünschter Zustandsform durch einen Auslaufkanal entweder im "kontinuierlichen Gießverfahren" oder "diskontinuierlichen Gießverfahren" weiterverarbeitet: Im "kontinuierlichen Gießverfahren" wird die Schaummasse auf vorübergleitende Papierbahnen gegossen und härtet dort aus, es entstehen je nach Mischung und Aushärtezeit Blöcke zwischen 30 und 100 m Länge. Nach dem endgültigen Aushärten im "Reaktionslager" werden die Schäume weiterverarbeitet. (Uhlig 1998: 90)

Der fertige Schaumstoff wird als Blockware, häufig noch mit "Kuppe" und "Boden"<sup>14</sup> an den Konfektionierer verkauft. Die Weiterbearbeitung kann durch computergesteuerte Technologie, oder mit einfacheren, auch im Baumarkte erhältlichen Fräsen erfolgen. Das Material wird besäumt, beschnitten, in Form gefräst oder in Matten gespalten.

Das diskontinuierliche Gießverfahren unterscheidet sich vom kontinuierlichen dadurch, daß die Gießmasse statt auf gleitende Papierbahnen in Schäumboxen gegossen wird, in denen der Schaum hochsteigt und härtet. Dies kann entweder von Hand - "Kistenschäume" genannt - oder im Langblockverfahren in einer autonom arbeitenden Anlage geschehen. Die Herstellung

<sup>12</sup> Das physikalische Treibverfahren beruht auf der Zugabe eines leichtsiedenden Treibmittels, früher Fluortrichlormethan ("Frigen"), wobei durch die entstehende Wärme das Treibmittel verdampft und sich dadurch Schaum bildet.

<sup>13</sup> Wie auf Seite 5.21 dargestellt.

<sup>14</sup> Bei der Gießverschäumung entsteht eine Zone, wo der Schaum auf die Papierbahn trifft, sowie eine oben offener Bereich: man spricht von "Kuppe"- oben - und "Boden".

der Schaumstoffe per Hand, d. h. das Eingießen der Rohkomponenten, Verrühren und Ausgießen, ist eine heute noch zum Teil für bestimmte aufwendige Formen in der Industrie angewandte Technik. Interessant ist sie in diesem Zusammenhang deshalb, weil einige Künstler mit dieser Technik gearbeitet haben. Der große Vorteil der gesamten Polyurethanschaumherstellung ist, daß die Rohstoffe einzeln im Handel sind und individuell vom "Schäumer" zu Schäumen verarbeitet werden können.

### Zustandsformen

Die Polyether- und esterweichschäume liegen heute in folgenden Formen vor:

- als PUR-Weichblockschaumstoffe.
- als PUR-Flockenverbund. Er ist eine Form der Wiederverwendung von Resten, wobei geschredderte Schaumstoffreste mit Klebstoff zusammen verpreßt werden.

Nur als Polyetherweichschäume liegen heute vor :

- als "HR-Schaumstoffe" (engl. *high resilient* = hochelastisch) oder "Kaltblockschaumstoffe"<sup>15</sup>.
- PUR-Weichformschaumstoffe werden in Formen durch Spritzguß eingeschäumt; so können komplizierte Formen gegossen werden oder auch Verbundstoffe mit anderen Materialien produziert werden, z. B. in der Autoindustrie Schalensitze.
- PUR-Weichschäume in Form von "CMHR-Schaumstoffen" (engl. *combustion modified high resilient* = flammhemmend modifizierte hochelastische Schaumstoffe)
- PUR-Weichschäume als "HL-Schaumstoffe" (engl. *high load bearing* = hochtragfähige Schaumstoffe) (Uhlig 1998: 55)

---

<sup>15</sup> Die "Kaltblockschäume" ähneln den Latexschäumen in der Oberfläche und den Sprungeigenschaften und stellen die heute im Polsterbereich verstärkt hergestellte Gruppe dar. Der Begriff "Kaltschaumverfahren" ist deshalb etwas irreführend, weil die Schäume nach wie vor bei der Entstehung Wärme entwickeln. Der Unterschied besteht im wesentlichen darin, daß die Behälter nicht mehr von außen angewärmt werden. Die entstehenden Schaumstoffe sind Latexschäumen ähnlich: Sie sind etwas grobporiger und äußerst elastisch.

## Handelsmarken

Seit 1943 waren Polyurethane kommerziell erhältlich, ab ca. 1951 befanden sich in Deutschland vorrangig PUR-Weichschäume von Bayer im Handel: Die "Moltoprene" von Bayer bezeichnen zunächst Hart- und Weichschaumstoffe auf Polyesterbasis. Sie werden in der Literatur als auch Hart- und Weichmoltoprene bezeichnet. (Schurz 1964: 76) Polyesterweichschäume waren die zunächst entwickelten Schäume, die bis 1963/64 auf dem Markt dominierten. Sie liegen, sofern sie erhalten sind, (Abb.19) heute als braunes und versprödetes Material vor:

Dem "Moltopren S" (Ester) folgte der "Moltopren T" Schaum auf Etherbasis um 1963-64, der verbesserte Eigenschaften aufwies. Diese "Moltopren"- Typen sind heute nicht mehr erhältlich. Die "Moltoprene" waren anfänglich weiß - als Basisprodukt "Desmodur T" - oder beige-grau mit "Desmodur 44V" als Isocyanat (Schurz 1964: 65) Auch heute sind die Estertypen nur grau und weiß erhältlich, während die Polyetherschäume in unterschiedlichen Farben (Abb.20) zu kaufen sind. Sind die Schäume nicht

bereits in der Herstellung für bestimmte Zwecke durchgefärbt, sind die Farben für Polsterware meist hell, um subtraktive Farbmischung mit dem Bezugsstoff nicht zu verstärken. Die Töne bezeichnen je nach Hersteller unterschiedlich die Raumgewichte und somit die Qualität. Die Farbstoffe für diesen Zweck sind häufig nicht besonders lichtbeständige Azofarbstoffe. (Horie 1992: 204) Bayer produziert im Gegensatz zu den sechziger Jahren keine eigenen Weichschaumstoffe mehr, sondern nur noch die Rohstoffe. Die Isocyanate sind in

verschiedenen Modifikationen als "Desmodur"-Typen, die Polyole als "Desmophen"-Typen auf dem Markt. Die in den USA produzierten Schäume wurden nach dem Krieg von einem Tochterunternehmen der Firma Bayer dort eingeführt. Heute produzieren in USA neben Bayer, DOW Chemicals und in England ICI die Rohstoffe für die Schaumherstellung. Unternehmen wie Eurofoam und Metzeler sind sog. "Schäumer", die die Schäume herstellen und sie dann an die Konfektionierer weiterverkaufen, von denen aus sie dann zu den Endverbrauchern gelangen.



**Abb.19**  
C.P. Millig, 1974, "Schienbeinschützer für das linke Bein von Klaus Staech", beschriftete Pastickschiene auf PUR (ES).



**Abb.20**  
Polyurethanweichschäume unterschiedlicher Raumgewichte. Diese sind durch Farben gekennzeichnet, die je nach Hersteller verschieden sind.

## Mechanische Eigenschaften

Die PUR-Weichschäume besitzen als hervorragende Eigenschaften einen Luftanteil von 98-99%. Der Anteil der Zellwände beträgt demnach unter 2% und dementsprechend leicht ist das Material. Man spricht in diesem Zusammenhang von niedriger Rohdichte<sup>16</sup> oder geringem Raumgewicht. Die Struktur der Weichschaumstoffe ist offenzellig im Gegensatz zu der geschlossenen oder gemischtzelligen Struktur der Hartschäume. Die Zellform der Weichschäume ist anisotrop, d. h. nicht exakt rund sondern nach oben etwas verlängert, was mit dem Auftrieb des Treibmittels bei der Reaktionsführung zusammenhängt. Offenzelligkeit bedeutet für die Eigenschaften des Schaumes Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeit.

	<b>PUR auf Polyesterbasis</b>	<b>PUR auf Polyetherbasis</b>
<b>Stauchhärte<sup>17</sup> DIN53577</b>	6,5 kPa	4,5 kPa
<b>Druckverformungstest DIN53572</b>	4 - 15 %	2 - 10 %
<b>Zugfestigkeit DIN53571</b>	160 -220 kPa	100 - 180 kPa
<b>Bruchdehnung DIN53571</b>	100 - 450 %	100 400 %
<b>Tg</b>	-60 °C	-40 °C

**Tabelle 2**  
 Unterscheidungsmerkmale der mechanischen Eigenschaften von Polyether- und esterpolyurethanen (Uhlig 1998: 56)

Die PUR (ES) Weichschäume sind demnach kompakter und steifer als die PUR (ET) Weichschäume, sie verursachen ein raschelndes Geräusch bei Berührung und fühlen sich härter an; drückt man die Fingerkuppe gegen das Material, verformt es sich schneller zurück. Polyetherweichschäume sind elastisch, fühlen sich weicher an und verformen sich unter Druck langsamer zurück. Im Kugelfallversuch<sup>18</sup> springt Polyester niedriger als Polyether. Optisch sind sie nicht unbedingt zu unterscheiden.

Die Festigkeit der Polyester ist durch die Fähigkeit zur vermehrten Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen höher als bei den Ethern.

<sup>16</sup> Rohdichte = Gewicht eines Schaumes in 1m<sup>3</sup>.

<sup>17</sup> Stauchhärte = Kraft in kPa (Kilopascal: Maßeinheit für Druck), die zu einer festgelegten Verformung von ca. 40% führt.

<sup>18</sup> Kugelfallversuch nach Schurz (1964: 71): Zwei gleich große Schaumkugeln werden aus gleicher Höhe fallengelassen, gemessen wird die Höhe der zurückfedernden Kugeln.

## Flammpunkt und Toxizität

Der Flammpunkt ausgehärteter Weichschäume ist relativ hoch, bei einem Raumgewicht von ca. 30 kg liegt der Flammpunkt bei 600 °C. Die Feuergefahr besteht nicht bei Verwendung der fertigen Schäume, sondern bei der stark exothermen Reaktion bei der Herstellung. Die Schäume werden deshalb auch unmittelbar nach der Herstellung außerhalb des Fabrikgeländes in Reaktionslager verbracht, wo sie mehrere Wochen gelagert werden. Andernfalls bestünde die Gefahr der Selbstentzündung.

Einige Schaumstoffe werden mit Flammschutzmitteln versehen, wenn sie unter bestimmten Bedingungen eingesetzt werden sollen ("CMHR"-Schäume). Beim Verbrennen eines Weichschaumes können neben Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickoxide und unter Umständen auch Isocyanatdämpfe freiwerden, die sehr gesundheitsschädlich sind. Die Dämpfe, die bereits bei der Verarbeitung der Schäume durch die Isocyanate entstehen, sind ebenfalls gesundheitsschädigend.

Weichschaumstoffe mit größeren Poren und geringer Stärke brennen leichter, da sich mehr Sauerstoff im Material befindet. Auch können Zusätze wie aufgetragene Farben, auch wenn diese als nicht entflammbar gekennzeichnet sind, mit dem Material erhöhte Brennbarkeit verursachen, sofern das Material rückseitig offen ist, also Sauerstoffnachschub möglich ist.<sup>19</sup> In ausgehärtetem Zustand sind die Polyurethanweichschäume selbst inert. Die ihnen zugegebenen Zusatzstoffe können sich jedoch nach und nach verflüchtigen. Die eigentliche Toxizität der Polyurethane liegt jedoch in den krebserregenden Isocyanatdämpfen, die bei der Herstellung und Verarbeitung freiwerden. Daher warnt der Autor Chris Proctor in der Zeitschrift „Art Hazard News“ 1978 Künstler vor dem unsachgemäßen Umgang mit Zweikomponenten PUR-Schäumen und weist auf die Gefahren der Isocyanatverbindungen für Lungen, Haut und Augen hin. Er empfiehlt Schutzmaßnahmen wie Plastikbrillen und Absaugeanlagen. (Proctor 1978: 1)

\* \* \*

---

<sup>19</sup> Pers. Mitteilung Dieter O. Schmid, AGS Schaumstoffe, Stuttgart.

## II Alterung

Die Polyurethane werden industriell hauptsächlich hinsichtlich ihrer Struktureigenschaften entsprechend ihrem Einsatzbereich getestet und gealtert, d. h. vorwiegend in der mechanischen Beanspruchung. Es gibt zahlreiche DIN Prüfformen für die Stauchhärte, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Biegeversuche, Scherfestigkeit, Wasserdampfdurchlässigkeit, Wasseraufnahme, Formbeständigkeit usw.

Die Alterung der Weichschaumstoffe hinsichtlich Licht, Wärme, Schadstoffen, Klimaschwankungen und anderen Faktoren, die im musealen Bereich von Interesse sind, werden von Industrie nur dann durchgeführt, wenn es für den Verwendungszweck des Materials sinnvoll ist. Matratzenschaumstoffe werden zwar Licht-, Wärme- und Feuchtalterungen unterzogen, wobei das Maß für die Alterung die Veränderung der Stauchhärte ist und nicht die Vergilbung, wie sie für Kunstwerk interessant wäre. Eine Prüfform ist z. B. die Alterung im Dampfautoklaven nach DIN 53578 bei 3h und 105° C oder 5h bei 121° C. Danach wird die Änderung der mechanischen Kernwerte bestimmt. Diese Art der Alterung ist nicht realistisch. Durch die überhöhte Temperatur können völlig neue Polymer-Prozesse ablaufen, die realiter<sup>20</sup> nie entstehen könnten. (Oertel 1993: 553)

Die von den Künstlern benutzten Polyurethane sind, wie bereits erwähnt, entweder Blockschaumstoffe, selbstgerührte oder Ortschäume<sup>21</sup>, die zweckentfremdet eingesetzt wurden und deren Stärke primär nicht Lichtehtheit, sondern Elastizität und Wärmespeicherfähigkeit ist. Es ist äußerst schwierig, von den führenden Rohstoffherstellern Angaben zu Prüfergebnissen und Zusammensetzungen zu bekommen, da diese häufig als Firmengeheimnis behandelt werden.

Die Lebensdauer von Polstermaterial wird von den Herstellern mit ca. 10-20 Jahren bei normaler Beanspruchung derzeit gebräuchlicher Ware veranschlagt. Die Ermüdung eines Polsterschaumstoffes hängt nicht nur von seiner Zusammensetzung sondern auch von den Umweltfaktoren seiner Umgebung ab. Für Matratzen sind das Faktoren wie Gewichtsbelastung, Wärme, Feuchtigkeit, Harnstoff oder Säureeinwirkungen, Cremerückstände u. a. Die Übertragbarkeit der Prüfergebnisse der Industrie, soweit sie überhaupt zugänglich sind, auf die Kunstwerke aus Polyurethanschaum ist sehr fragwürdig. Die im Museumsalltag getätigten Beobachtungen sind daher weitaus interessanter.

### Erscheinungsformen

Zum einen läßt sich feststellen, daß alle Kunstwerke aus PUR (ES)- Weichschaum, die aus den frühen sechziger Jahren stammen, heute zu einer spröden, unelastischen und verbräunten

---

<sup>20</sup> Grattan befaßt sich mit der Konstruktion einer Alterungsanlage zur Simulation der Alterung von Kunstwerken unter Museumsbedingungen. (Grattan und Bilz 1993: 559).

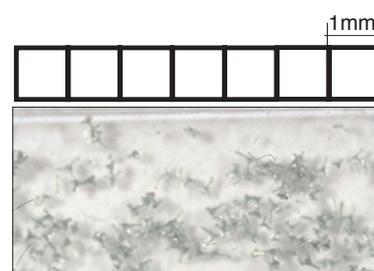
<sup>21</sup> In Sprühdosen fertig gemischte Schäume.

Masse abgebaut sind. Die mir bekannten Werke sind entweder im Fluxus-Umkreis oder bei Graubner und Spindel im Frühwerk (Abb.21, Abb.22) zu finden. Im Falle C.P. Millig (Abb.19) war der Schaum ungeschützt Licht und Wärme ausgesetzt, bei Takako Saito als Schutzeinlage (Abb.24) in einem Aktenkoffer; also lichtgeschützt. Beide weisen einen ähnlichen Zustand auf. Das Kissenbild von Graubner, von dem noch die Rede sein wird, ist trotz der schützenden Hülle völlig zerbröselst, ebenso ein Schaumstoffrelief von Spindel.

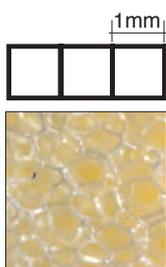
Die Werke aus PUR (ET)-Weichschaum hingegen übertreffen ihre Prognosen. Die ungeschützten Werke von John Chamberlain sind z.T. heute noch in einem sehr frischen "knackigen" Zustand (Abb.26), und selbst bei den stark beanspruchten wie "Funburn" (Abb.25) ist das Material nach wie vor elastisch, wenn auch verbräunt.



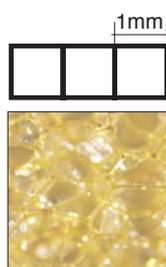
**Abb.21**  
F. Spindel: "Schaumstoffobjekt", 1965  
Das Material ist so stark zerfallen, daß das Werk nicht mehr ausgepackt werden kann.



**Abb.22**  
F. Spindel: Detail des Materials.<sup>22</sup>



**Abb.23**  
PUR (ET), gekauft 1998.

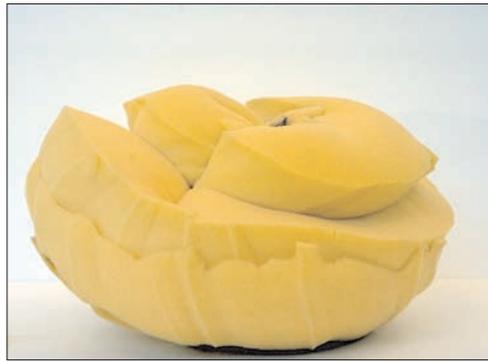


**Abb.24**  
PUR (ES) von 1966.  
Die Zellstege des alten Schaumes sind vielmehr versprödet und zeigen starke Verbräunung; bei Berührung zerbrechen sie glasartig, während der neue Schaum elastisch zurückfedert.

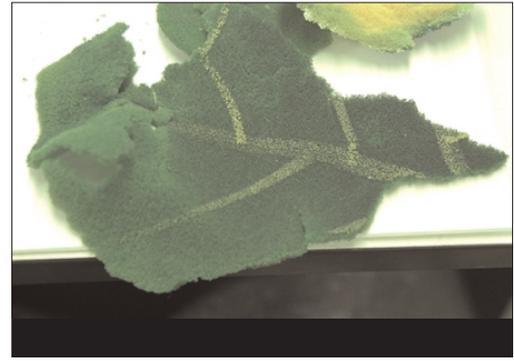


**Abb.25**  
John Chamberlain: PUR (ET) "Funburn".

<sup>22</sup> Allen Makrofotos ist eine Millimeterskala beigelegt.



**Abb.26**  
John Chamberlain: "Stuffed Dog 3", 1970. (21,5 x 37 x 33 cm).



**Abb.27**  
Piero Gilardi: "Still Life with Watermelons", 1967,  
brüchiges Blattfragment.



**Abb.28**  
A. Andersen, "Armchair", 1964, Detail der Oberfläche.



**Abb.29**  
A. Andersen, Detail: Verluste der lederartigen PUR-Haut.

PUR(ET) scheint sich auch unter Lichtausschluß ähnlich zu verhalten. In den Füllungen der "Soft Art" Werke von Claes Oldenburg ist der Schaum ebenso verbräunt, aber noch elastisch wie in den Arbeiten von John Chamberlain. Die PUR (ET)-Werke von Gilardi sind in den Bereichen, wo das Material stärker ist, z. B. den Melonen, besser erhalten als in den Blattpartien (Abb.27), die von Sauerstoff durchflutet sind.

Bei den gegossenen Schäumen (Abb.28) ist festzustellen, daß die lederartige Außenhaut bröselig wird und abfällt (Abb.29).

Diese Beobachtungen bestätigen die Erkenntnis, daß die PUR (ET) aus den sechziger und siebziger Jahren länger haltbar sind als die PUR (ES) aus dieser Zeit.

Farbveränderungen lassen sich bereits im Schaufenster von Schaumstoffgeschäften beobachten. Häufig ist die ausgestellte Ware an den Kanten bereits verbräunt oder vergilbt. Die Verkäufer behaupten meistens, daß diese Farbveränderung keine Auswirkung auf die strukturellen Eigenschaften des Materials hat, es sich vielmehr um eine Gilbung der zugesetzten Farbstoffe handelte.<sup>23</sup> Setzt man einen handelsüblichen Polyetherschaum an einem Fenster den üblichen Licht- und Wärmeschwankungen sowie Luftverunreinigungen aus (Abb.30), läßt sich nach einigen Wochen neben der innerhalb weniger Tage beginnenden Verbräunung eine Oberflächenveränderung feststellen:

<sup>23</sup> Pers. Mitteilung eines Mitarbeiters der Fa. AGS Schaumstoffe, Stuttgart.

Die oberste Schicht des an Licht und Luft gealterten Materials kreidet, sie wird stumpf und bröselig. Diese Erscheinung ist sowohl auf den optisch als Filter wirkenden angesammelten Staub zurückzuführen, als auch auf den molekularen Abbau des Polymers. Nach drei Jahren Alterung haben sich die Abrieberscheinungen nicht intensiviert. Auch die Verfärbung scheint verlangsamt. Es folgt also scheinbar auf einen relativ schnellen Abbau eine zunächst beständige Phase.



**Abb.30**  
PUR (ET), drei Jahre im Restaurierungsatelier der Staatsgalerie Stuttgart auf Fensterbank mit darunterliegender Heizung gealtert. Die verbräunteste Probe links war nicht abgedeckt. Die zweitbräunste - Mitte - war mit einem schwarzen Karton bedeckt, die rechte Probe hingegen im Kühlschrank in einer Dose aufbewahrt.

### Ergänzung und Resumée

Im Endstadium zerfällt Schaumgummi in orangebraune, trockene Partikel mit Gummigeruch (Abb.31). Weichschäume auf Polyesterbasis zerfallen in braunen bis braun-orangen Partikeln, die bei Berührung spröde zerbrechen. (Abb. 24)

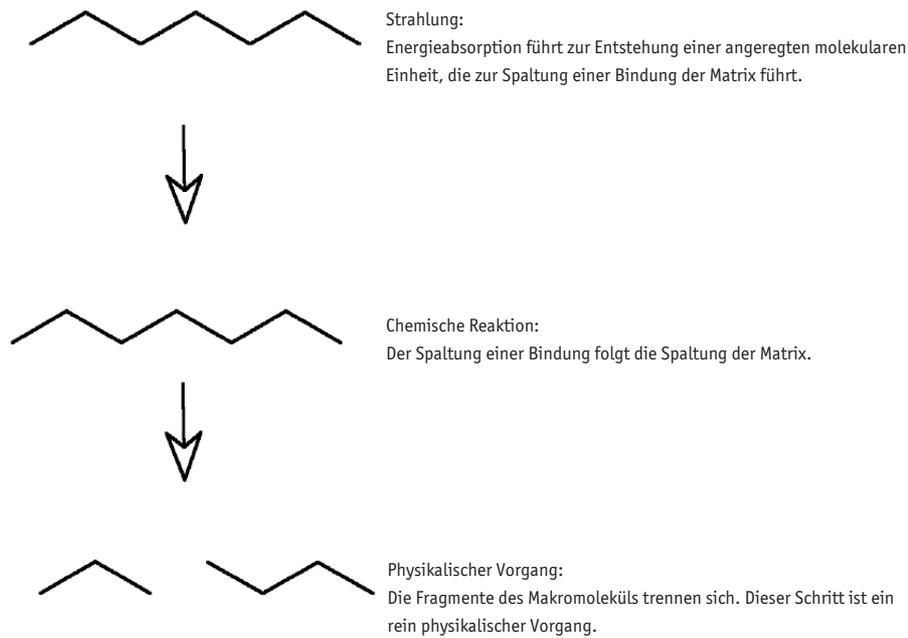
PUR (ET)-Weichschäume sind meist nicht völlig zerfallen, sondern zeigen Vergilbung oder Verbräunung, sowie bei fortgeschrittener Alterung an der Oberfläche Kreidung oder Abrieb, wobei der Kern weniger betroffen ist. Dies hängt auch mit der Stärke des Materials zusammen. Ein 0.5 cm starker PUR-Weichschaum wird sicherlich schneller von Sauerstoff und Licht angegriffen als ein 20 cm starkes Material, da Feuchtigkeit und Wärme sowie Sauerstoff das Gefüge im Falle des dünneren Teiles völlig durchdringen können.



**Abb.31**  
L.M. Wintersberger: "Folterdaumen", 1967. Der Latexschaum kreidet stark.

Entsprechend zerfallen Weichschäume großzelligere Weichschäume - schneller, da sie durch die größere Zellform mehr Sauerstoff speichern können.

Um diese empirisch beobachteten Vorgänge zu verstehen, sind allgemeine theoretische Kenntnisse des Polymerabbaus nötig. Der Abbau von Polymeren hat nach heutigem Kenntnisstand verschiedene Ursachen: In der Erforschung der Ursachen und Mechanismen unterscheidet man physikalische von chemischen Prozessen. Beide sind nicht exakt zu trennen und bedingen sich gegenseitig. Jellinek (1983: 248) veranschaulicht diese Vorgänge in einem einfachen Schema:



**Darstellung 6**  
Zusammenhang von chemischem und physikalischem Polymerabbau.

## Physikalischer Abbau

Die physikalischen Eigenschaften eines Stoffes hängen von mehreren Faktoren ab: Dem Molekulargewicht, der Gewichtsverteilung des Molekulargewichtes, dem Verzweigungsgrad der Seitenketten des Polymers und den Sekundärkräften seiner chemischen Bindungen. Man kann den physikalischen Abbau als Veränderung der räumlichen Verhältnisse der Makromoleküle zu ihren Seitenketten verstehen. (McGlinchey 1992: 113)

Der Grund für die physikalische Veränderung Polymers liegt in der Tatsache, daß temperaturabhängige Eigenschaften sich unter der Glas temperatur<sup>24</sup> teilweise über Jahre langsam verändern. Diese Veränderung resultiert optisch und haptisch in Sprödigkeit des Materials sowie veränderten Löslichkeitsparametern.

Je nach Molekularstruktur können Polymere durch physikalischen Abbau entweder einen kristallinen Zustand durch Erhöhung der molekularen Ordnungsstruktur oder einen amorphen Zustand durch zunehmende Unordnung erreichen. So steigt die Tg °C mit oxidativem Abbau aufgrund einer Zunahme der Sekundärkräfte; auf der anderen Seite kann die Tg °C ausschließlich durch physikalischen Abbau zunehmen, ohne daß sich das Molekül chemisch verändert.

<sup>24</sup> Glas temperatur: Temperatur, bei der ein Polymer von glasartig in den elastischen Zustand übergeht. Einige Polymere sind in ihrem Normalzustand unter; andere über ihrem Tg: z. B. 100°C für Polystyrene, - 67°C für Gummi (Wiles 1991: 110).

Im Falle der Polyurethane bedeutet physikalische Alterung Rißbildung im Materialgefüge und Verlust der Stauchhärte, also der elastischen Eigenschaften. Die Vergilbung oder Verbräunung sind Resultate der chemischen Reaktionen des Polymers im Gegensatz zum Vergrauen von Kunststoffoberflächen, denen physikalische Ursachen zugrunde liegen.

### Chemischer Abbau

Verantwortlich für den chemischen Abbau sind laut McGlinchey Veränderungen der kovalenten Bindungen der C-Atome. Das Polymer depolymerisiert, d. h. es zerfällt in kleinere Molekülfragmente, was eine Verringerung des Molekulargewichtes zur Folge hat.<sup>25</sup> (Horie 1992: 22)

Reaktionen, die hierzu führen, werden durch unterschiedliche Mechanismen ausgelöst und können auch durch die dem Kunststoff beigegebenen Zusatzstoffe initiiert oder beeinflusst werden. Äußere Einflüsse sind primär Energiezufuhr durch Licht, Wärme, Sauerstoff sowie mikrobieller Abbau, Hydrolyse und Abbau durch Schadstoffe, die auch aus Zerfallsprodukten des Polymers bestehen können. Als innerer Einfluß kann das Alterungsverhalten von Zusatzstoffen wie Antioxidantien oder UV-Absorbern gelten, deren Wirkung nach ca. 10 Jahren nachläßt.

---

<sup>25</sup> Die Molekülfragmente können mit Pyrolyse, Gaschromatographie in Kombination mit Massenspektroskopie nachgewiesen werden.

## Fotooxidation und Thermoxydation

Energie ist die Ursache für die chemische Veränderung eines Moleküls durch thermische oder fotochemische Oxidation. Energie kann in das Makromolekül während der Herstellung oder Handhabung des Artikels oder durch äußere Einflüsse wie Strahlung oder Wärme gelangen, wobei diese Faktoren meist gekoppelt sind. Polyurethanweichschäumen, wobei gasförmige Stoffe abgespalten werden und ein unlöslicher Anteil als Indiz für die fortschreitende Vernetzung zurückbleibt. (Doležel 1978: 228)

Die funktionellen Gruppen eines Moleküls besitzen unterschiedliche Bindungsenergien und können durch Strahlung angeregt werden. Die kurzwellige UV-Strahlung zwischen 290 und 380 nm ist zugleich die aggressivste, d. h. die energiereichste. Trifft sie auf Chromophoren, das sind lichtabsorbierende Gruppen wie die Carbonylgruppen C=O des Polyethers oder die OH-Gruppen des Polyesters, so können diese durch Erhöhung des Energieniveaus zum Schwingen gebracht und dann gespalten werden, wobei sich die schwächsten Bindungen, d. h. die energieärmsten, sich zuerst lösen. Hierbei werden Radikale frei, die wiederum mit Sauerstoff reagieren können. Es entsteht also eine Kettenreaktion, die zum völligen Abbau des Polymers führen kann. Laut Doležel ist die Fotooxidation die Hauptursache für den Abbau von Polyurethanweichschäumen, wobei gasförmige Stoffe abgespalten werden und ein unlöslicher Anteil als Indiz für die fortschreitende Vernetzung zurückbleibt. (Doležel 1978: 228)

Wie beschrieben, sind Polyurethane Copolymere<sup>26</sup> mit einem Kohlenstoffgerüst, an das sich Seitenketten mit unterschiedlichen Gruppen binden. Im Falle der Polyetherpolyurethane sind es z. B. Carbonylgruppen mit der Bindungsenergie  $732 \text{ kJ mol}^{-1}$  bei  $298 \text{ °K}$  ( $24,85\text{°C}$ ) bei den Polyesterurethanen Hydroxyl-Gruppen mit  $464 \text{ kJ mol}^{-1}$ . (Horie 1992: 20)

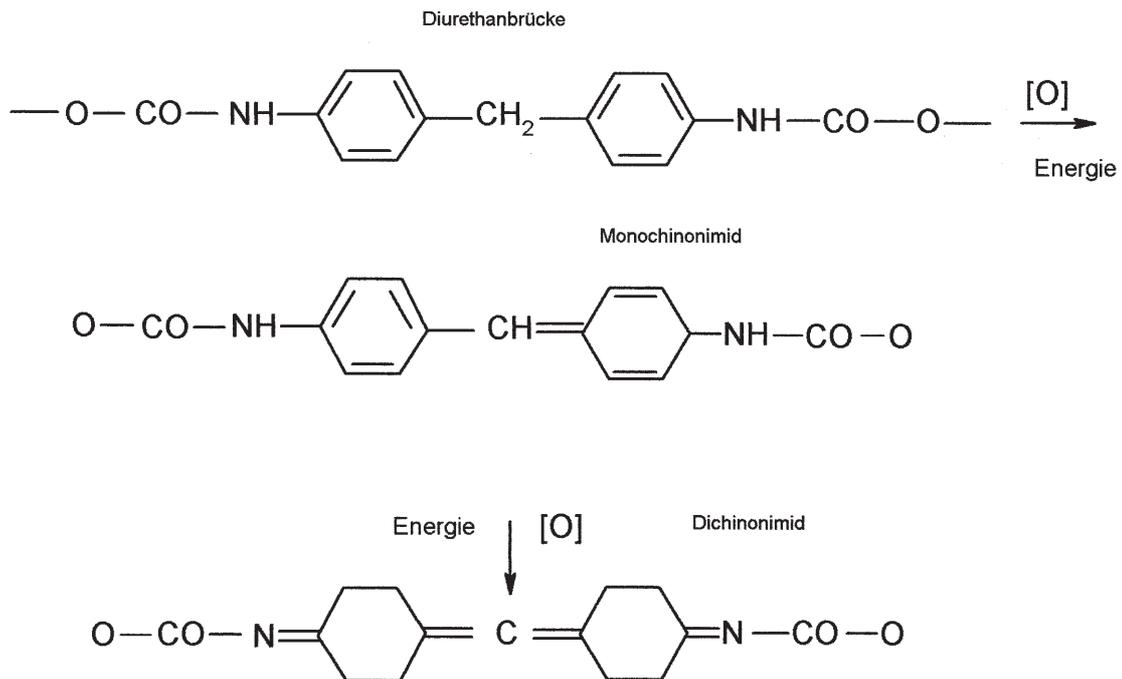
Neben den funktionellen Gruppen des Polyols sind die Isocyanate bzw. den NCO-Gruppen maßgeblich an den Alterungseigenschaften eines Polyurethanschaumes beteiligt: Die lichtempfindlichsten Polyurethanweichschäume sind die auf Polyether und aromatischer (ringförmiger) Isocyanatbasis (TDI, MDI). Die lichtstabilsten hingegen wären Polyesterpolyole und aliphatische, also lineare Diisocyanate (HMDI) (Rosthauser und Nachkamp zit. in Kerr 1991: 195), die jedoch aus Kostengründen industriell kaum hergestellt werden.<sup>27</sup> Die Lichtstabilität ist bei HMDI als aliphatisches Isocyanat am besten, beim aromatischen Methyldiphenylisocyanat MDI am schlechtesten.

Nach Jellinek (1983: 181) ist die Photosensitivität der Polyurethane von den aromatischen Diurethanbrücken abhängig, die durch Oxidation in eine Chinon-imid-Verbindung überführt werden. Als Begleiterscheinung werden Verfärbung und Veränderungen der mechanischen Eigenschaften beschrieben. Polyurethane auf Basis aliphatischer Isocyanate besitzen dieses Problem nicht.

---

<sup>26</sup> Copolymere sind im Gegensatz zu homopolymeren Polymeren mit mehr als einer sich wiederholenden Moleküleinheit.

<sup>27</sup> Die im experimentellen Teil eingesetzte Polyurethandispersion besteht aus den genannten Komponenten.



**Darstellung 7**

Ursache für Verfärbung und Veränderung mechanischer Eigenschaften (Jellinek 1983: 181).

Die künstliche thermische Alterung eines PUR-Films auf Polyesterbasis zeigte in derselben Untersuchung als Spaltprodukt CO<sub>2</sub> und CO, deren Entstehung durch die Spaltung der N-C und C-O Bindungen in den Urethangruppen erklärt wird. Grassie et al. untersuchten thermisch oxidierte PUR (ES)-Weichschäume mit Butandiol als Kettenverlängerer, MBPI<sup>28</sup> als Isocyanat und unterschiedlichem Polyestergehalt, d. h. unterschiedlich hoher Anzahl an weichen Segmenten im Molekül. Die Polymere wurden in Dimethylformamid gelöst und als Filme thermisch gealtert. Mittels TVA<sup>29</sup> wurden flüchtige Abbauprodukte aufgezeichnet. Es handelte sich um Kohlendioxid und Tetrahydrofuran (THF) sowie Harnstoffverbindungen, Carbodiimide und andere "mindere" Produkte. Es war auch festzustellen, daß sich mit zunehmender Weichsegmentzahl<sup>30</sup> die thermische Stabilität erhöht. Die Polyestersegmente sind stabiler als die Urethanbrücken, deren Abbau vornehmlich im Temperaturbereich bis 210° C stattfindet (Grassie 1980: 265-274)

Atmosphärische Oxidation

Der in der Luft vorhandene Sauerstoff im molekularen Grundstadium besitzt zwei bindungsfähige Elektronen, die sich mit freien Radikalen verbinden können. Oxidation kann sich bei normaler Raumtemperatur ohne UV-Licht ereignen, ist jedoch meist mit fotochemischer

<sup>28</sup> MBPI = Methan-Bisphenylisocyanate = MDI, pers. Mitteilung Dr. Karpf, LKA Stuttgart.

<sup>29</sup> TVA = Thermal Volatilization Analysis (Pyrolyse) (McNeill 1977:43).

<sup>30</sup> Anzahl der flexiblen Polyester/ether Segmente.

oder thermischer Oxidation verbunden. Häufig ist erst der Abbau durch Licht die Voraussetzung für die eigentliche Oxidation durch Sauerstoff. (Blank 1990: 53-63)  
Neben der Foto und Thermooxidation können in der Luft präsenste Gase Einfluß auf den Abbau nehmen: Stickoxide  $\text{NO}_x$  und Schwefeldioxid  $\text{SO}_2$  können sich mit Wasser zu Säuren verbinden und ein Polymer schädigen. Polyurethane sind besonders anfällig gegen Stickoxide: Die Aminogruppe spaltet sich meist unter Bildung von salpetriger Säure  $\text{HNO}_2$ . Es wurde beobachtet, daß Weichschäume, die in Acrylglasvitriolen oder ähnlich abgeschlossen verwahrt wurden, sich schneller zersetzten als Objekte, die in freier Luftzirkulation präsentiert waren.<sup>31</sup> Die Ursache liegt vermutlich darin, daß bei der Spaltung freiwerdende gasförmige Produkte wie z. B.  $\text{NH}_3$  wiederum mit dem Polymer reagieren und den Abbau fördern. Auch hohe Ozonkonzentration kann Polymerabbau beschleunigen; Polyurethane auf Polyether- und -esterbasis sind jedoch durch Ozon wenig angreifbar. (Wiles 1991: 107)

#### Hydrolyse und mikrobieller Abbau

Unter Hydrolyse versteht man eine Form der Depolymerisation unter Einfluß von Wasser: Je hydrophober ein Kunststoff, desto geringer ist seine Anfälligkeit gegenüber Wasser, da er keine hydrolysierbaren Gruppen enthält. Hydrolysierbare Polymere sind -Ester, -Amide, -Urethan und Kohlenstoffverbindungen sowie Polysaccharide und Proteine. Hydrophile Gruppen sind Hydroxylgruppen, Carboxylgruppen und Aminogruppen.

Bei Polyesterpolyurethanen kann Hydrolyse durch den Einfluß von Alkalien stattfinden, indem die veresterten Carboxylgruppen verseift werden. Ist eine solche Gruppe gespalten, entstehen Alkohol und weitere Carboxylgruppen. Polyetherpolyurethane hingegen werden durch Säuren hydrolysiert, sind aber beständig gegen Alkalien. (Pavlova zit. in Kerr 1991: 195) Eng verbunden mit der Hydrolyse ist der Abbau des Polymers durch Mikroorganismen. Vereinfacht formuliert, produzieren Pilze wasserlösliche Enzyme, die auf geeignetem Nährboden - z. B. PUR (ET) - das Polymer in wasserlösliche Reste abbauen. Mikrobieller Abbau steht mit Thermooxidation in Verbindung, denn die Pilze benötigen Wärme und Sauerstoff zur Energiegewinnung - sie oxidieren Kohlenstoff zu Kohlendioxid - und Feuchtigkeit zum Wachstum.

PUR (ES) sind äußerst anfällig gegenüber Hydrolyse und daher auch gegen mikrobiellen Abbau. Umgekehrt sind die PUR (ET) resistenter:

Optisch zeigt sich der mikrobielle Befall durch Fleckigkeit, Rißbildung, Mattigkeit der Zellstege bei Schäumen sowie Verfärbung der Oberfläche.

pH Werte unter 7 fördern generell mikrobielles Wachstum (McNeill 1992: 30).

Zusammenfassend in Tabellenform hier die soeben erläuterten Unterschiede zwischen Polyurethanen auf Ether- und Esterbasis:

---

<sup>31</sup> Schriftliche Umfrage der Autorin an Restauratoren Moderner Kunst, 1996.

	<b>PUR (ET)</b>	<b>PUR (ES)</b>
<b>Hydrolyse</b>	weniger anfällig gegen Hydrolyse durch Alkalien und Wasser	anfällig gegen Hydrolyse durch Alkalien, (Verseifung der Hydroxygruppe) Säuren und Wasser
<b>mikrobieller Befall</b>	nicht anfällig	anfällig
<b>Lösungsmittel</b>	weniger beständig	beständiger in organischen Lösungsmitteln, geringere Quellung
<b>Fotooxidation</b>	sehr lichtempfindlich, wenn auf MDI-Basis, ansonsten anfällig für Vergilbung	weniger anfällig gegen Vergilbung
<b>thermische Oxidation</b>	anfällig	weniger anfällig
<b>Oxidation</b>	anfällig	weniger anfällig
<b>Ozon</b>	wenig anfällig	wenig anfällig

**Tabelle 3**  
 Chemische Eigenschaften von Polyether- und esterpolyurethanen

## Zusatzstoffe

Kunststoffe können mit einer Reihe von Zusatzstoffen versehen werden, die bestimmte Eigenschaften besitzen und die Qualitäten des Polymers beeinflussen.

## Stabilisatoren

Unter Stabilisatoren versteht man Stoffe, die die Alterung des Polymers verzögern. Die energetische Anregung eines Chromophoren (lichtabsorbierende Gruppe im Molekül) kann entweder in erhöhter Schwingung des Moleküls selbst oder benachbarter Moleküle oder direkt im Aufbrechen schwacher Bindungen und somit zu Polymerabbau führen. Je nach zu absorbierender Wellenlänge unterscheidet man UV-Stabilisatoren, "Energy transfer agents"<sup>32</sup>, "quenchers" und "free radical scavengers". UV-Absorber funktionieren, indem sie die eintreffende Energie schneller binden und in unschädlichere Bewegungsenergie verwandeln. Pigmente wie Zinkoxid oder Kohlenstoff, substituierte Benzophenone, Benzotriazole, Acrylonitrile, Salicylate oder Benzoylate erfüllen diese Anforderungen. Die genannten farblosen Benzophenone, die Einsatz in klaren Plastikfilmen finden, absorbieren im Bereich

<sup>32</sup> für diese Begriffe gibt es m.VV. keine deutschen Äquivalente.

230 nm-350 nm und werden zwar nicht selbst aufgebraucht, produzieren aber als Reaktionsprodukt mit freien Radikalen gelbe Spaltprodukte, die den klaren Plastikfilm verändern. Dies gilt ebenso für Arylester, die durch die eintreffende Energie neu angeordnet werden, wobei ebenfalls fotochemisch stabile Produkte entstehen, die im Wellenbereich 230-380 nm absorbieren, aber ebenfalls gelb erscheinen.

"Energy quencher" stabilisieren das angeregte Chromophore, indem sie die Energie in ihre hochkonjugierte Anordnung übernehmen und sie als harmlosere IR-Strahlung abgeben. Meist werden Nickel oder Kobaltchelate verwendet, deren Einsatzbereich durch deren grünlich-bläuliche Tönung limitiert ist - für klare Filme sind sie nicht verwendbar. Im Gegensatz zu den Absorbieren und "quencher" binden die "free radical scavengers" freie Radikale unmittelbar nach ihrer Entstehung und verhindern so weitere Reaktionen. Hierfür werden hauptsächlich Amine eingesetzt, die sich nicht verbrauchen und daher langlebig sind. Ihr Vorteil besteht zusätzlich darin, daß sie keine Verfärbung aufweisen. (Williams 1991: 143-150)

Antioxidantien und Stabilisatoren können im Laufe der Zeit flüchtig werden. PUR (ET) sind zwar weitgehend hydrolysestabil, müssen jedoch gegen Fotooxidation geschützt werden.

Folgende Tabelle stellt eine Übersicht über die Zusatzstoffe der Polyurethane und deren Wirkung dar:

<b>Antioxidantien</b>	sterisch Phenole, Alkyl- und Arylphosphite	Verzögerung der Oxidation durch Bindung der Peroxy- und Aloxyl-Radikalen
<b>UV Stabilisatoren</b>	z. B. Benzophenone, anorganische Pigmente	Licht bestimmter Wellenlänge wird in Wärmeenergie umgewandelt
<b>Biozide</b>	Zink Pyrithion, Chinolinderivate	Zerstörung oder Verzögerung mikrobiellen Befalls
<b>Hydrolyse- schutzmittel</b>	Polycarbodiimide	Verzögerung von Hydrolyse
<b>Farbmittel</b>	organische und anorganische Pigmente, Azofarbstoffe	Koloration z. B. als Kennzeichnung der Raumgewichte
<b>Antistatica</b>	Ammoniumverbindungen	verhindern elektrischer Aufladung
<b>Ketten- verlängerer</b>	Diamine, Di- oder Triole, z. B. Butandiol, Glycerin	initiiert Reaktion bei Herstellung Reaktionsinitiatoren
<b>Flammschutz- mittel</b>	Aluminiumoxyhydrate, Phosphate, Brom und Chlorverbindungen	Herabsetzung der Brennbarkeit
<b>Katalysatoren</b>	tertiäre Amine, organische Zinnverbindungen	Beschleunigung des Reaktions- ablaufes
<b>Füllstoffe</b>	Glasfasern, Kreide, Kaolin	Versteifung für industrielle Zwecke
<b>Schaum- stabilisatoren</b>	Organo-Silicium-Verbindungen (Phenole, Phosphite, Metallseifen)	Regelung der Zellbildung Stabilisierung des Schaumes bis zur Aushärtung
<b>Tenside</b>	Emulgatoren	Verbesserung der Polyol-Isocyanat Mischbarkeit
<b>physikalische Treibmittel</b>	Pentan, Cyclopentan, HFCKWs	Verdampfen des niedersiedenden Treibmittel mit Schaumbildung als Folge

Tabelle 4  
 Zusatzstoffe, Beispiele und deren Wirkung.

## Weichmacher

Weichmacher sind eine weitere Zusatzstoffgruppe, die die Polymeralterung beeinflussen, werden jedoch für PUR-Weichschäume oder Latexschäume angeblich nicht eingesetzt; im Falle von "Funburn",<sup>33</sup> wurden Weichmacher in geringer Konzentration nachgewiesen, z. B. Isopropylmyristat, butyliertes Hydroxytoluol, Phtalsäure-2-ethyl-Hexylester, die jedoch auch aus weichmacherhaltigen Folien oder anderen Materialien stammen könnten, die mit dem Objekt in Berührung waren.

## Identifizierung von gealterten Weichschäumen

Die Identifizierung von Weichschäumen ist für die restauratorische Behandlung von Kunstwerken aus PUR-Weichschäumen unerlässlich. Grundsätzlich gilt zwischen Latexschäumen, Polyurethanweich- oder Hartschäumen zu unterscheiden, was in einzelnen Fällen ohne Erfahrung nur aufgrund des Erscheinungsbildes schwierig sein kann. Neben der bereits beschriebenen optischen Zuordnung kann eine Pyrolyse Aufschluß über das Material geben: In offener Flamme verbrannt, brennt der Schaum gelb mit blauem Rand. Bei der Verbrennung entstehen hochgiftige Wasserstoffcyanverbindungen, Bromsäure, Wasserstoffbromid aus Flammschutzmitteln sowie NO<sub>x</sub>-Verbindungen. (Jellinek 1983: 71) Der stechende Geruch ist auf das Isocyanat, meist TDI, zurückzuführen. (Braun 1986: 45) Zurückbleibende Reste sind kein Indiz für PUR (ES), sondern Anzeichen nicht vollständiger Verbrennung. Diese Prüfmethode sind jedoch unzureichend, wenn es um die exakte Bestimmung der PUR-Weichschäume geht.

## FT-IR

Zur naturwissenschaftlichen Identifikation von Polymeren FT-IR und GC-MS zur Verfügung<sup>34</sup>. Mit Fourier-Transform-Infrared Spektroskopie kann durch das Infrarotemissionsspektrum einer Probe anhand eines bestimmten Referenzmusters ein Kunststoff qualitativ identifiziert werden. Die Probe<sup>35</sup> kann unterschiedlich aufbereitet werden, wobei die "ATR-Methode", d. h. die Positionierung der Probe zwischen zwei Prismen, den Vorteil hat, daß die PUR-Schäume nicht in Dimethylformamid gelöst werden müssen.

Das Prinzip der FT-IR beruht darauf, daß die Molekülgruppen einer Substanz Infrarotstrahlung im Bereich 2000 bis 16000 nm unterschiedlich absorbieren. Die nicht absorbierte Strahlung wird nach Wellenlänge getrennt und in einem Spektrogramm aufgezeichnet, das charakteristisch für die Bindungsverhältnisse im Molekül ist, wobei die Wellenlängen in

---

<sup>33</sup> Skulptur von John Chamberlain, auf die noch ausführlich eingegangen wird.

<sup>34</sup> Es soll an dieser Stelle nur auf die in der Diplomarbeit angewandte Methodik eingegangen werden.

<sup>35</sup> Alle vorgenommenen Proben wurden auf der Basis verminderter Totalreflexion (ATR: attenuated total reflexion) zwischen zwei Prismen fixiert, durch die die Infrarotstrahlung geschickt wird (Reuss 1997: 68).

Wellenzahlen umgerechnet werden. (Reuss 1997: 68) Anhand eines Vergleiches mit einem Referenzspektrum kann der Kunststoff identifiziert werden. Alle in der vorliegenden Diplomarbeit identifizierten Polyurethanweichschäume wurden mit FT-IR analysiert. Die FT-IR ermöglicht mit geringster Probenmenge eine Identifizierung der Qualität eines Polymers. Die quantitative Analyse ist jedoch ungenau. Hierfür kann zusätzlich GC-MS eingesetzt werden:

## GC-MS

Die Gaschromatographie in Kombination mit der Massenspektroskopie<sup>36</sup> funktioniert nach folgendem Prinzip:

Eine verdampfte Probe wird mittels einem Trägergas durch eine Trennsäule geleitet, wobei die Bestandteile unterschiedlich absorbiert werden und daher unterschiedlich lange für den Durchlauf benötigen. Am Ende der Säule werden die Bestandteile in einem Chromatogramm registriert. In Kombination mit der Massenspektroskopie können die so registrierten Verbindungen quantitativ erfaßt werden, indem sie ionisiert und dann anhand ihres Masse/Ladungsverhältnisses voneinander getrennt und als Strichspektren registriert werden. Das so entstandene Massenspektrum gibt Aufschluß über Masse und Häufigkeit einer Verbindung in einer Substanz. In der vorliegenden Arbeit wurden die Luftmessungen in der Kiste von "Funburn" mit GC-MS vorgenommen. An die GC-MS kann eine Pyrolyseeinheit (Py-GC-MS) vorgeschaltet werden, die bei unlöslichen oder unverdampfbaren Proben durch starke Erhitzung der Probe zur Zersetzung derselben in kleinere Molekülfragmente führt, die dann in den Gaschromatographen eingeleitet werden können. Im Falle von "Funburn" wurde, um die Ergebnisse der Luftmessung in der Kiste des Kunstwerkes mit GC-MS mit den im Weichschaum selbst vorhandenen Substanzen zu vergleichen, die Schaumprobe mit Py-GC-MS und FT-IR analysiert. Wie aus Tab. 5 zu entnehmen ist, liegen butyliertes Hydroxytoluol (Weichmacher) und Phtalsäure-2-Ethyl-Hexylester (Antioxidans) vor.

## Resumée

Die Fragestellung an die Naturwissenschaftler im Bezug auf die Polyurethanschäume war zum einen die Identifizierung der Schäume hinsichtlich der verwendeten Polyole, sprich Polyester oder Polyether und soweit möglich, des Isocyanats. Zum anderen sollte der stechende Geruch in der Kiste des Werkes "Funburn" analysiert werden, um festzustellen, ob die flüchtigen Verbindungen aus dem Schaum austreten oder aus der Kiste selbst stammen. Für die erste Frage wurde FT-IR eingesetzt, da es um die Klärung der Qualität und nicht um

---

<sup>36</sup> Man unterscheidet zusätzlich: Flüssig-Verteilungschromatographie und Fest-Adsorptionschromatographie. Die vom LKA Baden-Württemberg vorgenommenen Analysen der Luft in der Chamberlain Kiste erfolgte mit Fest-Verteilungschromatographie.

die quantitative Analyse ging. Für die zweite Fragestellung nach dem Geruch wurde mit GC-MS eingesetzt und zusätzlich noch eine Probe des Materials mit Py-GC-MS untersucht, um die Ergebnisse vergleichen zu können: findet man z. B. einen bestimmten Weichmacher in der Luft und im Material, so ist es wahrscheinlich, daß er aus dem Material stammt.

Probe	Retention s-zeit	Verbindung	Interpretation
Luft aus der Kiste in Gläsern gesammelt und im Labor mit SPME angereichert kak.C1.D	12,534	1,1 (Dimethylethyl) 2,5 - 2,6-Bis Cyclohexadien-1,4-Dion	unklar
	13,109	Butyliertes Hydroxytoluol BHT	Antioxidans
Probe des Schaums erwärmt mit SPME angereichert kak.03.D	15,243	Trisiloxan	evtl. durch saure Dämpfe gebildet? evtl. durch die Silikonsonde?
	16,873	Isopropylmyristat	Weichmacher
	5,780	Triethylendiamin	Katalysator
	8,118	2-Ethylhexansäure	evtl. a. d. Weichmacher abgespalten?
	12,553	1,1 (Dimethylethyl) 2,5-2,6-Bis Cyclohexadien-1,4-Dion	unklar
	13,130	BHT	Antioxidans
	16,124	2,6 tert.-Butyl-4-Methylphenol	
	21,027	Phthalsäure-2-Ethyl-Hexylester	Weichmacher
Probe der Luft in der Kiste direkt angereichert mit SPME kak.-0,2 D	5,371	Octamethyl-Cyclotetrasiloxan	unklar
	12,548	1,1 (Dimethyl) 2,5-2,6-Bis Cyclohexadien-1,4-Dion	unklar
	13,083	BHT	Antioxidans
	16,865	Isopropylmyristat	Weichmacher
	16,089	2,6 tert.-Butyl-4-Methylphenol	Antioxidans
	17,218	Phthalsäure-2-Ethyl-Hexylester	Weichmacher
	18,213	Phthalsäure-2-Ethyl-Hexylester	Weichmacher
	23,417	Phthalsäure-2-Ethyl-Hexylester	Weichmacher
Probe des Schaums Pyrolyse + und GC-MS kak.05.D	0,790	Propenylpropylether	Etherfragment
	6,347	Triethylendiamine	Katalysator
	9,118	2-(2-Hydroxypropoxy) 1-Propanol, ..	Etherfragment
	9,748	2-Ethylhexansäure	
	13,788	1,3 Diisocyanato-2- Methyl-Benzene	TDI aromatisches Isocyanat
	14,658	1,3-Dihydro-5-Methyl...-2H-Benzimidazol-2-one	UV-Absorber
	16,016	BHT	Antioxidans
	24,036	Phthalsäure-2-Ethyl-Hexylester	Weichmacher
	26,411	Phthalsäure-2-Ethyl-Hexylester	Weichmacher

**Tabelle 5**  
 Zusammenstellung der Ergebnisse der GC-MS und Py-GC-MS.

Untersuchungen flüchtiger Substanzen in einem abgeschlossenen System im Falle von "Larry the Lamb"<sup>37</sup> zeigen ähnliche Ergebnisse wie die eigenen Messungen: Es handelte sich dort um "nicht länger funktionsfähige Antioxidantien", um ein "Spaltprodukt des Polyols" und um ein "Mittel zur Verbesserung der Luftdurchlässigkeit und Flexibilität" und andere "mindere Produkte". (Keneghan 1995: 6)

\* \* \*

---

<sup>37</sup> Name einer von der BBC produzierten, im englischen Fernsehen ehemals prominenten Lammfigur; die Gegenstand der Untersuchung eines Konferenzbeitrages von Brenda Keneghan war, der sich mit bröselnden PUR-Beschichtungen auf eben diesem Spielzeugtier beschäftigte.

### III Kunstwerke aus Weichschaum heute: Restaurierungsprobleme und Lösungen

Das folgende Kapitel soll die Verwendung von PUR-Weichschäumen als künstlerischen Werkstoff in den sechziger und siebziger Jahren aufzeigen und zugleich einen Überblick über typische Schadensformen geben. Es wurden exemplarisch vier Künstler gewählt, die den Werkstoff unterschiedlich verwenden. Soweit möglich, wurden Proben der Schäume von Thea van Oosten am ICN, Amsterdam mit FT-IR analysiert.<sup>38</sup>

#### Weichschäume als Füllstoff bei Gotthard Graubner und Claes Oldenburg

Gotthard Graubner

Geb. 1930 in Erlbach, Vogtland, lebt und arbeitet heute in Düsseldorf.



**Abb.32**  
Gotthard Graubner am Werk für die XI. Biennale in Venedig.

Zu Beginn der sechziger Jahre verändert sich sein vormals malerisches Werk:  
"Mir hat damals, Ende der fünfziger Jahre, der Pinsel nicht mehr ausgereicht. Ich habe mir also selbst Pinsel, nämlich Tampons gebaut, Schwämme waren mir zu teuer. ... Und da kam es zu der Entdeckung, daß Farbe - die ja meist flüssig aufgeschwemmt war - sich in diesen Schwamm oder Tampon hineinsog und dort eine andere Räumlichkeit hervorrief. Wenn Sie mit einem Pinsel über eine Farbschicht gehen, nehmen Sie die darunterliegende schon wieder weg. Durch das schnelle Übereinanderlagern von Schwamm oder Tampon kommt hingegen eine andere Räumlichkeit zustande. Und so ist dieser Dialog entstanden zwischen Fläche und Objekt. Ich habe sie damals Leiber genannt und nenne sie heute Farbraumkörper (Abb.32)."  
(Reuther 1991: 6)

<sup>38</sup> Alle Spektren befinden sich im Anhang S. 158 - 169.

Die Farbleiber bestehen aus einem auf Keilrahmen gespannten textilen Träger, auf den Füllmaterial befestigt wird. Darüber spannte Graubner einen weiteren Stoff, der dann mit Farbe durchtränkt wurde. In den frühen Arbeiten um 1960 benutzte er PUR-Weichschaum als Füllmaterial und Nylon<sup>39</sup> oder Perlon - in jedem Fall Kunstfasermaterial - als oberste Bespannung.<sup>40</sup> Der Weichschaum wurde häufig nur an einigen bestimmten Stellen angebracht, so daß sich diese Stellen nach dem Überspannen als Erhebung markierten und die Farbe sich anböschte und so eine andere Wirkung entstand als im Umfeld.

Im Laufe der Zeit wurden die Werke großformatiger und auch der Aufbau veränderte sich. In den Anfängen verwendete Graubner häufig Matratzen, die er im Sperrmüll fand, da er kein Geld für neue Ware hatte.<sup>41</sup> Später kaufte er dann die Schaumstoffe neu und benutzte diese bis Mitte der siebziger Jahre, bis er durch den Zerfall der Schäume alarmiert, auf Polyesterwatte (Abb.33) umstieg und diese bis heute verwendet. Zu sehen ist die Rückseite einer der Farbraumkörper. Am unteren Rand ist die Synthetikwatte sichtbar. Die die farbigen Flecken auf der Leinwand stammen von der vorderseitigen Bearbeitung. Eine weitere Änderung war die Minimierung der Form zugunsten der Farbe; die früheren, nur teilweise unterfütterten Werke, in denen die Form stark mitsprach, wichen den gleichmäßig bespannten Bildern, in denen die Flächigkeit dominiert. Nach wie vor bespannt Graubner seine Bilder mit Textilien, doch von den Nylon bzw. Perlonbezügen ist er abgekommen und benutzt stattdessen feste Leinwände.

Bei den Farben, mit denen der Künstler die Farbraumkörper tränkt, handelt es sich nach eigenen Angaben um Ölharzfarben, die er in Testbenzin verdünnt. Früher verwendete er auch Kasein mit Aceton als Verdünner, wobei ihm jedoch die Dämpfe zu schaffen machten.

Die Restaurierungsproblematik liegt bei den Weichschäumen in den empfindlichen Oberflächen, der Deformation und dem Abbau des Trägermaterials. Durch das Volumen und die Weichheit der Werke fühlen sich Besucher immer wieder veranlaßt, mit den Fingern in die Flächen hineinzudrücken. Es bleiben Eindrücke in der teilweise doch durch die Farben spröden Malschicht zurück. Transport ist ein weiteres Problem; sind rückseitig keine Griffe oder Schlaufen angebracht, bleiben Fingerabdrücke an den Seiten unvermeidlich.

Die älteren Werke weisen neben diesen Empfindlichkeiten zusätzlich die Alterungsmerkmale der Materialien Nylon und Weichschaumstoff auf:



Abb.33

Gotthard Graubner "Tryptichon Venezia", 1982.

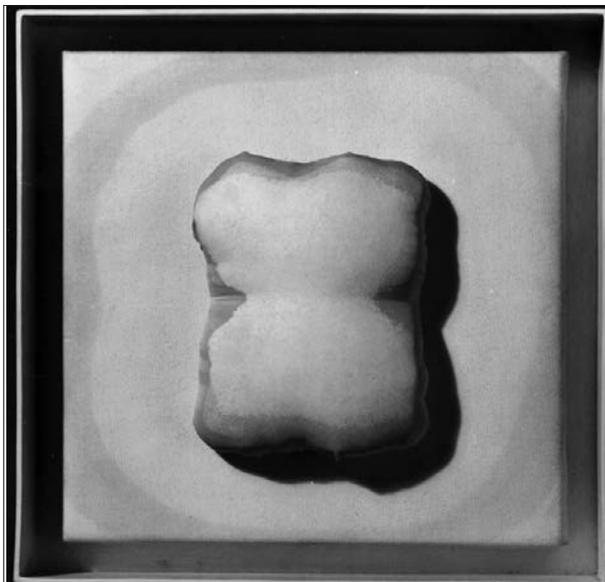
<sup>39</sup> Nylon = Nylon 6.6 ist ein Polyamid aus Adipinsäure und Hexamethylendiamin. Perlon ist eine weitere Nylonform.

<sup>40</sup> Bei einem Atelierbesuch zeigte er mir Reste des Materials auf einer Rolle. Ware, die aus der DDR stammt und heute nicht mehr produziert wird.

<sup>41</sup> Pers. Mitteilung bei einem Atelierbesuch 1996.

## Beispiel

Künstler	Gotthard Graubner
Titel	"o.T." (Abb. 34 - Abb.38)
Maße	25,7 cm x 25,5 cm
Datierung	1962
Signatur	rückseitig „Graubner 62“
Besitzer	Privatbesitz
FT-IR	Polyurethan auf -esterbasis



**Abb. 34**  
Das Werk von 1962 in einer alten S/W-Aufnahme unbekanntes Datum.



**Abb. 35**  
Dieselbe Arbeit 1996. Das Kissen ist zusammengefallen, der Füllstoff versprödet.

## Technik und Zustand

In einem weißen Kastenrahmen aus Holz, einer späterer Ergänzung, ist ein mit Leinwand bespannter Keilrahmen montiert. Die Leinwand ist lasierend mit zwei unterschiedlichen weißen Farbschichten versehen; darauf mittels Tackerklammern geheftet in der Mitte ein mit Perlons bespanntes und mit Weichschaum gefülltes Kissen, das ebenfalls mit zwei weißen Schichten Farbe bemalt ist, die heute hellgrau erscheinen. Das Kissen zeigt in der Mitte eine Taillierung. Gespannt ist das Perlons über ein kleines rechteckiges Stück Pappkarton, auf dessen Rückseite das Material mit zahlreichen verzinkten Tackerklammern geheftet ist. Gertrud Otterbeck<sup>42</sup> berichtet, daß das Kissen ehemals strahlend rosa war, besaß und die zwei

<sup>42</sup> Chefrestauratorin der Staatsgalerie Stuttgart.

Weißschichten einen Kontrast zum Rosa der Kissenoberfläche bildeten. Das Rosa kam nach Graubners Aussage von der Farbigkeit des Rosa getränkten Weichschaumes und nicht vom gefärbten Perlon. Der vermutlich im feuchten Zustand aufgespannte Perlonüberzug wurde nach dem Trocknen mit dem Farbmittel - Ölharzfarbe in Testbenzin - bemalt.

Der Füllstoff des Farbleibes befand sich in einem bereits fortgeschrittenem Stadium der Auflösung. Die ehemals schaumige, zusammenhängende Masse hat sich bis auf einen etwas festeren Kern in zahlreiche kleine, unter dem Mikroskop astförmige erscheinende Partikel abgebaut (Abb.36), die eine geringe Klebrigkeit aufweisen. Die Schaumstoffreste lagen vor allem in den Tiefen der Kissenfalten.

Der volumenreduzierte Füllstoff ließ die zur Versprödung neigende Hülle lose stehen. In einer der beiden Einschnürungen des Kissens, der Taille, war das etwas spröde Perlon in einen etwa 4-5 mm langer Riß gebrochen.

Die gesamte bemalte Oberfläche war durch einen Gegenstand, der auf das Kissen gestellt worden war<sup>43</sup>, deformiert. Die

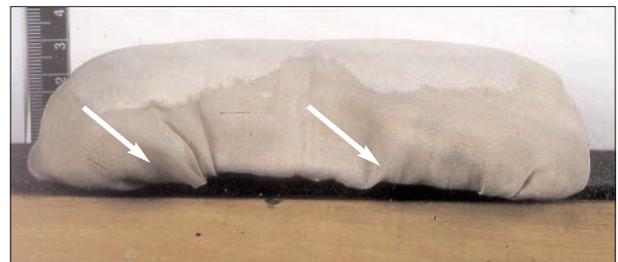
Oberfläche, d. h. die Farbschichten sowohl als auch der Träger selbst waren verschmutzt. Die zweischichtig bemalte Leinwand, die auf den Keilrahmen gespannt ist, war ebenso durch Staub und Oberflächenschmutz beeinträchtigt, sonst jedoch intakt. Das Kissen wurde von Stecknadeln notdürftig auf der Leinwand gehalten. Zahlreiche Einstiche in der Leinwand und in der Hartfaserplatte zeugten von wiederholten Versuchen, das Kissen zu befestigen. Die originale Helligkeit der Leinwand wurde nach Abnahme des Kissens sichtbar; ein heller Fleck dokumentierte dessen Umrisse.

Kastenrahmen und Leinwand befanden sich in einem akzeptablen, wenn auch gealterten Zustand, das Kissen hingegen war seiner ursprünglichen Wirkung beraubt.

## Recherche

Um weitere Erfahrungen und Fakten im Hinblick auf die Schaumstoffproblematik zu sammeln, wurde 1996 eine Umfrage an Restauratoren zeitgenössischer Kunst im In- und Ausland verschickt. Die sich auf eine Erfassung von Schäden an Graubners Werk und deren Restaurierungsproblematik konzentrierte.

Es ergab sich, daß Museen hauptsächlich spätere Arbeiten von Graubner besitzen, die als Füllmaterial weniger Weichschaum, sondern Synthetikwattlagen enthalten.



**Abb.36**  
Seitenansicht des Kissens. Der Füllstoff ist zerfallen und sammelt sich in den Tiefen der Falten der Bespannung.

<sup>43</sup> Pers. Mitteilung G. Otterbeck, Stuttgart.

Zersetzung oder Absacken treten dort seltener auf, das Hauptproblem besteht im Brechen oder Reißen der Bespannung oder aufgrund der schwach gebundenen Farbschichten schwer zu entfernenden Oberflächenverschmutzungen. In den Fällen, wo der Schaumstoff die Ursache für einen Eingriff war, wurde unterschiedlich vorgegangen: Der alte Schaumstoff wurde entweder entfernt und durch neuen Schaumstoff ersetzt oder der noch feste Kern wurde belassen, die versprödeten Partien entfernt und mit einem anderen Füllstoff, z. B. Synthetikwatte, ergänzt. Risse oder Brüche wurden mit Gaze unterlegt und intarsiert. Oberflächenverschmutzung wurde meist durch Absaugung entfernt. Die FTIR Analyse identifizierte den Weichschaum als Polyurethanschaum auf Polyesterbasis; Wie bereits erläutert, gab es erst in den Jahren 1962/63 Polyetherweichschäume. Die Alterung ist typisch für einen alten Esterschaum; selbst in eingehülltem Zustand ist er völlig abgebaut und ist kaum noch zu festigen.

### Problematik

Die Restaurierungsproblematik gestaltete sich deshalb diffizil, weil nicht nur der Füllstoff stark gealtert war, sondern auch die Außenhülle und die Farbschichten. Würde man den Füllstoff ersetzen, hätte man zwar das Problem der eingefallenen und verfärbten Füllung gelöst, jedoch erhielte man dann ein gefülltes Kissen mit gealterter Oberfläche, also einen auseinanderklaffenden Erhaltungszustand. Zusätzlich zu diesem Problem wäre das Spannen der versprödeten und gebrochenen Kissenhülle in die originale Position nur sehr schwer möglich gewesen. Eine nur teilweise Öffnung und Entfernung des bröseligen Material und danach erfolgende Füllung mit Polyesterwatte schien auch unrealistisch, weil man die Faltengebung vermutlich nicht mehr genau so hätte wiederherstellen können. Eigentlich sprachen alle Faktoren dafür, das Werk so zu belassen, evtl. die Perlonoberfläche und die Leinwand zu reinigen und sich mit der Alterung abzufinden.

### Vorgehensweise

Damals fand ich diese Lösung unbefriedigend, da es mir nicht zumutbar schien, statt eines Kunstwerkes mit einer definierten Aussage ein historisches Dokument mit einer verminderten Aussage auszustellen.

Ich wollte den Füllstoff austauschen und vorher jedoch noch mit Graubner über die Restaurierung sprechen, da ich den Eingriff als Restauratorin als bedenklich empfand; es konnte nicht sichergestellt werden, daß die ursprüngliche Form des Kissens nach der Neubefüllung wieder herzustellen war und der Gesamteindruck gewahrt blieb. Ich fuhr daher zu einem

Atelierbesuch zu Graubner nach Düsseldorf. Da ich die Erfahrung gemacht hatte, daß man Künstlern das Werk, um das es geht, am besten zeigt anstatt Fotos auszubreiten, nahm ich das Objekt mit. Graubner erinnerte sich an das Werk und fand den Zustand ebenfalls nicht angenehm. Da ihm selbst Fälle von zerfallenem Weichschaum und sprödem Perlon zur Restaurierung gebracht werden, schlug er mir vor, das Kissen neu zu befüllen.

Dies geschah wie folgt:

Er öffnete das Kissen (Abb.37), indem er die Tackerklammern herauzog, nahm die Kissenhülle ab, die fast in ihrer Form erstarrt blieb und klopfte die bröseligen orangebraunen Weichschaumpartikel heraus. Dann befeuchtete er die Hülle, um die Deformationen zu beseitigen, was auch gut gelang. Da das Perlon zu spröde war, entschloß er sich zu einer Doublierung mit demselben Material, das er noch vorrätig hatte. Als Klebemittel für die Doublierung nahm er einen japanischen Klebstoff - „konnyaku“<sup>44</sup> - genannt, der in Wasser gequollen eine Gummi Arabicum ähnliche Dispersion ergab und den er auf die Nylongaze auftrug und dann die Originalspannung darauf legte. Mit dem Föhn wurde die Trocknung beschleunigt. Als Füllstoff nahm er Polyesterwatte, die er zuschnitt und über die kleine rechteckige Originalpappe mit der doublierten Nylonbespannung überzog, indem er sie auf der Rückseite festtackerte.

### Resumée

Das Kissen erscheint heute wieder prall, ist jedoch größer und etwas klobiger als vor der Überarbeitung (Abb.38). Das Ergebnis der Überarbeitung ist ambivalent; als Restaurierung eigentlich inakzeptabel, als Neufassung vom Künstler autorisiert, hat sich das Werk doch wieder einem aussagekräftigeren Zustand genähert.



**Abb.37**

Während der Bearbeitung durch den Künstler. Die Bespannung ist geöffnet, der rotbraune bröselnde Füllstoff sichtbar.



**Abb.38**

Nach der Überarbeitung durch den Künstler, 1996.

<sup>44</sup> Es handelt sich um einen pflanzlichen Klebstoff aus der „Amorphophallus konjac“ oder Teufelszunge genannten Pflanze. In Japan wird diese Substanz als Papierlösch verwendet (Ikegami 1990:29).

## Aussagen des Künstlers zur Restaurierung seiner Werke

Die älteren Werke restauriert Graubner selbst, indem er sie neu befüllt, wozu er neuen Schaumstoff benutzt und mit den noch in Resten vorhandenen Nylon bespannt und farbig behandelt. Die Werke werden somit stark überarbeitet und verändert. Graubner hält seine Werke, wenn sie durch Fingerabdrücke beschädigt sind oder die Farbschicht verletzt ist, für inakzeptabel. Der Künstler vergleicht den Zustand mit einem "Luftballon, aus dem die Luft raus ist". Er empfiehlt die Restaurierung durch Ergänzung oder Ersetzen des Füllstoffes und Retusche, falls die Farbschicht versehrt ist. Er erwähnt auch einen Restaurator, mit dem er zusammenarbeitet.<sup>45</sup>

Abschließend möchte ich bemerken, daß aus der Museumspraxis zahlreiche Fälle bekannt sind, wo Künstler gebeten wurden, Restaurierungen vorzunehmen oder auch selbst darauf bestehen, zu restaurieren. Diese "Restaurierungen" resultierten fast immer in kompletten Überarbeitungen oder Erneuerungen, die dem Kunstwerk ein verändertes Erscheinungsbild verleihen. Es gibt selbstverständlich auch Fälle, wo eine Zusammenarbeit zwischen Restaurator und Künstler stattfindet, die für beide Seiten befriedigend ist. Man sollte sich jedoch immer vergegenwärtigen, daß die Einbeziehung des Künstlers bei Restaurierungen ein gewisses Risiko birgt, wenn der Grundsatz der Pflege und Erhaltung der Werke im Originalzustand gewahrt sein soll.

\* \* \*

---

<sup>45</sup> Herr Hubacek, Restaurator am Hamburger Bahnhof und der Nationalgalerie, Berlin.

## Claes Oldenburg

Geb. 1929 in Stockholm, lebt und arbeitet in New York.

Anfang der sechziger Jahre schuf Claes Oldenburg eine Reihe von Skulpturen, die sich mit der Aufweichung und Verhärtung von Form beschäftigen. Es entstanden überdimensionierte Alltagsgegenstände aus Pappe, Stoff, gefülltem Leinen oder Kunststoff. Thematisiert wurden neben Hamburgern, Tortenstücken oder Eiswaffeln, Gegenstände des Heimes wie Ventilatoren und Waschbecken. Die Verarbeitung geschah auf unterschiedliche Art und Weise. Die "Soft sculptures" aus Vinylkunststoff wurden genäht, aber nicht befüllt, diejenigen aus Leinwand wurden gefüllt und bemalt. Als Füllstoff fungieren meist neben Weichschaumstücken höchst unterschiedliche Gegenstände, die dem Material mehr Volumen und Halt verleihen, wie z. B. Pappschachteln und Kunststoffeimer. Die von Oldenburgs erster Frau auf einer Industrienähmaschine gefertigten Hüllen<sup>46</sup> besitzen meist unterseitig starke Reißverschlüsse, die die Befüllung erleichterten. Bemalt wurden die ungründerten Leinwandoberflächen mit Latex- und Acrylfarben. Die Skulpturen bestehen im Falle der Tortenstücke und Hamburger aus mehreren gefüllten Einzelhüllen, die übereinandergelegt werden. Im Falle von "Giant Floor Cake" befinden sich geschriebene Instruktionen für den Aufbau auf den Innenseiten der Reißverschlusssäume.

Zur Biennale 1976 in Venedig zeigte Oldenburg eine überdimensionale Polyurethanweichschaumkugel, die mit Möbeln aus demselben Material bestückt war. Der Titel der Arbeit war "Il Corso del Coltello", hergestellt wurde sie von Piero Gilardi, einem italienischen Künstler, von dem noch die Rede sein wird.

## Beispiel

Künstler	Claes Oldenburg
Titel	"Giant Floorcake" (Abb.39)
Maße	ca. 200 cm x 100 cm x 80 cm
Datierung	1962
Signatur	unsigned
Besitzer	Museum of Modern Art, New York
FT-IR:	Polyurethan auf -etherbasis



**Abb.39**  
Oldenburg "Floorcake", 1962 Leinwand bemalt mit PUR (ET)-Stücken und Papiereisboxen gefüllt.

<sup>46</sup> Pers. Mitteilung von Patricia Houlihan, Chefrestauratorin der Skulpturenrestaurierung am Museum of Modern Art, New York.

## Technik und Problematik

Die aus fünf Einzelschichten und zwei Sahnehäubchen bestehende Skulptur repräsentiert die Problematik aller mit Weichschaum gefüllten „Soft Sculptures“. Der Schaum ist lichtgeschützt und altert unter Umständen langsamer als bei Tageslicht. Nach ca. dreißig Jahren ist der Schaum verbräunt, besitzt aber noch seine Form, obgleich er auch in seiner Elastizität etwas vermindert ist. Dies hat zur Folge, daß das ehemals sehr appetitlich aussehende Werk zusehends zusammenfällt und an Form verliert. Zum Formverlust hinzu kommt das Vergrauen der Farbe durch Alterung und Verschmutzung, was zu einem insgesamt getrübbten Erscheinungsbild führt.

Beim Öffnen der Einzelteile mithilfe der Reißverschlüsse wurden neben den Weichschaumschnitzeln unterschiedlicher Form und Größe auch verklebte Pappschachteln (Abb.40) gefunden, wie sie zum Abfüllen von Eiscreme in den sechziger Jahren in Amerika gebräuchlich waren.

Da es sich bei dem Füllstoff um ein in erster Linie funktionales und nicht künstlerische wirksames Material handelt, könnte die Füllung durch neues Weichschaummaterial ergänzt werden, auch wenn dies konservatorisch kein stabiles Material ist, denn das Einbringen



Abb.40  
Detail der Füllung.

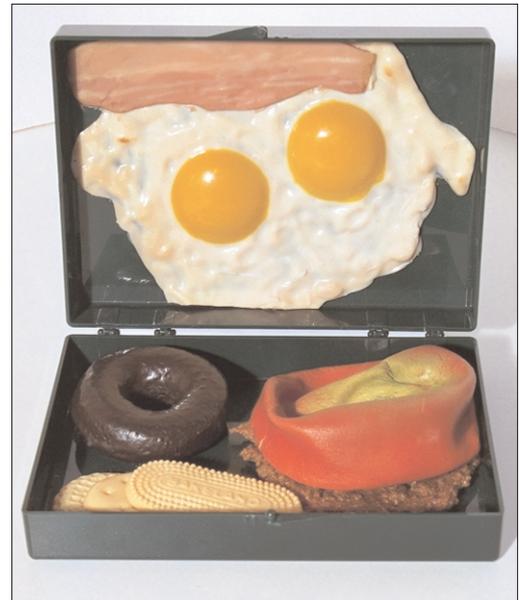
einer weiteren fremden Substanz wie Styropor oder Synthetikwatte scheint mir das Kunstwerk in diesem Falle "verbessern" zu wollen, was nicht unbedingt im Sinne restauratorischer Tätigkeit sein muß, obwohl eingewendet werden könnte, daß es sich nur um den Füllstoff als Mittel zum Zweck handelt.

Der zum Auffüllen gewählte Weichschaum sollte möglichst unbehandelt sein und eventuell andersfarbig, um später die ergänzten Stücke vom Original unterscheiden zu können. Da die Befüllung und Entleerung dank der Reißverschlüsse unproblematisch ist, kann bei Bedarf mehr Füllstoff zugegeben oder völlig zerfallene Teile entfernt werden. Im vorliegenden Falle wurde die Füllung nur aufgeschüttelt und nicht zusätzlich befüllt, was das Problem vorübergehend löste.

Ein weiteres Problem ist die Oberflächenverschmutzung der craquelierten Farbschichten, die z.T. ohne Grundierung direkt auf dem textilen Träger liegen. Im Falle von "Giant Floorcake" wurde die Oberfläche mit Triammoniumcitrat (5% in aqua dest.) gereinigt und mit destilliertem Wasser nachgereinigt. Hierzu wurde das Tortenstück entleert, die Hülle flach ausgelegt und mit

Löschkarton innen unterfüttert, um durchdringende Feuchtigkeit aufzunehmen.  
Ein völlig andere Schwierigkeit präsentierte ein Doughnut von Claes Oldenburg, dessen Füllstoff ebenfalls aus PUR-Weichschaum bestand, der aber sehr viel kleiner als der "Giant Floorcake" und industriell gefertigt war:

Künstler	Claes Oldenburg
Titel	"False Food Selection"(Abb.41)
Datierung	1975/76
Maße Box	17,8 × 12,8, 4,7 cm
Maße Doughnut	Δ 8 cm, H.: 2.5 cm
Signatur	unsigned
Besitzer	Archiv Sohm, Staatsgalerie Stuttgart



**Abb.41**  
Oldenburg "False Food Selection", 1967.

Der Weichschaum wurde nicht analysiert, es handelte sich jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit um PUR (ES).

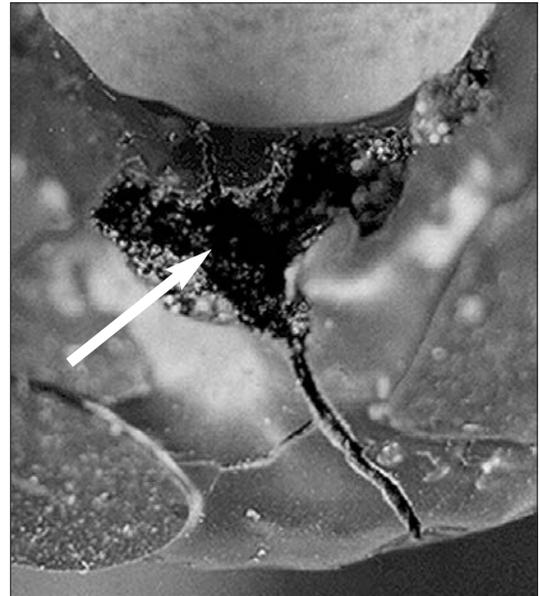
#### Technik

Der in braune Latexfarbe getauchte Doughnut ist Bestandteil einer grünen Kunststoffschachtel, in der sich als weitere Nahrungsmittel noch zwei Kunststoffkekse, eine heute völlig verschrumpelte Gummifrucht, eine Gummigurke und ein Kunststoffspiegelei mit Schinken sowie ein Burger befinden. Der Doughnut wurde vermutlich hergestellt, indem ein fertiger Weichschaumring aus grauem Polyesterpolyurethan in braune Latexfarbe getaucht und anschließend auf einer Unterlage getrocknet wurde, ähnlich wie der Prozeß des In-Schokolade-Tauchens des tatsächlichen Eßartikels.

## Problematik

Der Doughnut war innerhalb des inneren Ringes aufgebrochen (Abb. 42) und schwarzgraue Weichschaumreste waren zusammen mit Latexfarbpunkten herausgefallen. Ein ca. 1 cm messender Bereich zeigte ein Loch (siehe Pfeil):

Der Doughnut hatte beträchtlich an seinem originalen Füllmaterial durch Polymerabbau eingebüßt; die Latexhaut hielt das Stück mehr oder weniger zusammen; bei Berührung drohte die Haut weiter einzureißen. Die Ursache für das Zusammenbrechen des Ringes lag vermutlich an dem Zerfall des Schaumes innen. Nachdem der Schaum innen zerfallen war und keinen Halt mehr für die Farbe bot, zerbrach die Außenhaut bei Berührung. Der Doughnut mußte stabilisiert werden, da er lose in der Schachtel lag und die Gefahr des Auseinanderbrechens bestand.



**Abb. 42**  
Detail vor der Restaurierung (Abbildungsmaßstab 2:1).

## Recherche

Das komplette Ersetzen des Kunstobjekts wäre sicherlich die einfachste Möglichkeit und, da es sich um ein Fertigobjekt und nicht um ein künstlerisches Werk per se handelt, auch vertretbar gewesen. Die Beschaffung desselben Artikels gestaltete sich jedoch äußerst schwierig, da sich die heutigen Doughnuts von denen der sechziger Jahre in Größe und Aussehen unterscheiden; es war nicht möglich, ein identisches Objekt aufzutreiben.

## Vorgehensweise

Daher mußte ein Füllstoff gefunden werden, der den PUR-Weichschaum ersetzen und die gefährdete lose Farbhülle wieder stützen konnte, die sonst bei weiterer Berührung zusammenzufallen drohte. Die Füllmasse sollte leicht und injizierbar sein, weder beim Trocknen quellen noch schrumpfen noch zu hart werden. Die Wiederentfernbarkeit des Füllmaterials erschien angesichts der Anforderung an Verzahnbarkeit und Retuschierbarkeit sekundär; loses

Einlegen von Synthetikwatte hätte dem Anspruch genügt, hätte jedoch keine Oberfläche für eine Ergänzung der größeren Latexhautfehlstellen geboten.

Zahlreiche Proben ergaben als Lösung eine Masse aus Hohlglaskügelchen (Fa. Kremer), Cellulosefasermehl und Mowiol 4-86 10% in aqua dest. Dies ergab nach der Trocknung eine relativ elastische, extrem leichte, schaumartige Füllung, die beim Trocknen etwas elastisch blieb und sich mit Bienenwachskreidekitt kitten ließ.

Die Masse wurde dem Doughnut mit einer Spritze injiziert und das Objekt zum Trocken auf einen Latexschwamm gelegt, der von unten angewärmt wurde. Nach der Trocknung der Füllmasse wurden die Fehlstellen mit braunpigmentierten Wachskreidekitt geschlossen (Abb. 43). Sicherlich hätten sich auch andere Füllmethoden als geeignet erwiesen; es soll an dieser Stelle nur eine Variante im Umgang mit einem Werk, das aus Readymades besteht, gezeigt werden.

#### Resumée

Liegen in einem Kunstwerk Einzelteile als industrielle Fertigprodukte vor, kann der Schritt zur Auswechslung näher liegen als bei einem originären Werk, da die Funktionalität des Gesamtobjektes vor der "Aura" des Einzelteiles zählt. In diesem Falle wurde Claes Oldenburg nicht zu Rate gezogen, da mir die Ansicht des Künstlers zur Erhaltung seiner großformatigen Werke der letzten Jahre bekannt war;<sup>47</sup> die überdimensionalen Metallsulpturen sollen regelmäßig gereinigt und neu gestrichen werden, darauf legen sowohl Oldenburg als auch Coosje van Bruggen, seine derzeitige Ehefrau, Wert. Es kann daher angenommen werden, daß dem Künstlerpaar auch an der Erhaltung und Vollständigkeit früherer Werke gelegen ist.



Abb. 43  
Zustand nach der Restaurierung.

Zusammenfassend zum Thema PUR-Weichschäume als Füllmaterial kann festgestellt werden, daß der Materialzweck über den ästhetischen Materialwert gestellt wurde. Ist Austausch oder Ergänzung nötig, sollten Proben der Originalreste aufbewahrt werden und die Entscheidung über den Austausch auch schriftlich begründet vorliegen. Persönlich wäre ich geneigt, wieder dasselbe Material zu benutzen, wenn das technisch machbar wäre. Die heutigen PUR sind haltbarer und es gibt kaum Materialien, die dieselben Eigenschaften besitzen.

<sup>47</sup> Pers. Mitteilung Coosje van Bruggen anlässlich eines Vortrages am MMK, Frankfurt/M., 1997.

## Weichschaum als künstlerisches Medium bei Piero Gilardi und Ferdinand Spindel

Piero Gilardi

Geb. in Turin 1942, arbeitet in Turin und Rom.

In den sechziger Jahre beschäftigte sich Gilardi als Vertreter des "Nouveaux Realisme" mit Objekten und Environments; 1965 realisierte er in Zusammenarbeit mit der Galerie Ileana Sonnabend (Abb.44), Paris und Sperone, Turin die ersten "Tappeti-natura" genannten "Naturteppiche".

Die Teppiche sind maßstabsgetreue dreidimensionale Abbildungen der Natur aus Kunststoff. Gilardi wählt einen Ausschnitt, häufig aus Illustrierten - ein Melonenbeet, ein Stück Meer; ein Feld mit Kohl, ein Bachbett mit Kieseln - und öffnet dem Betrachter eine weiche, bunte und haptische künstliche Welt aus Stücken der Erde, der Meere und des Himmels. Wichtig ist ihm die Benutzbarkeit der Teppiche: Man soll auf ihnen gehen (Abb. 45) wie auf einem wirklichen Teppich.<sup>48</sup>



Abb.44

P.Gilardi "Still Life with Watermelons",  
Ausstellung des Werkes als Wandteppich in  
der Galerie Sonnabend, Paris 1967.

Es folgen Auszüge aus einem Interview mit Marina Pugliese, 1992:<sup>50</sup>

MP: "What Intentions did you have in producing these works?"

PG: "I wanted to represent a nature filtered through memory in a subjective way, with its brutality, its liveliness and disorder; with the living and dyeing elements of a natural cycle. Such as a rotten trunk, some fresh apples, alive and dead leaves."

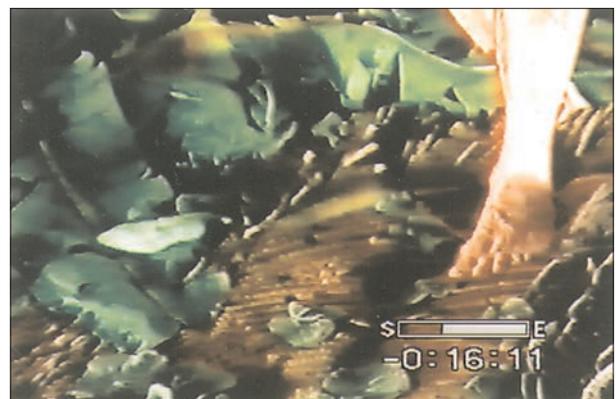


Abb. 45

Gilardi geht auf einem seiner Teppiche<sup>49</sup>, Videoprint.

Heute arbeitet Gilardi mit virtueller Realität am Computer und Elektronik, manchmal auch im Zusammenhang mit Polyurethanschäumen. Die eigentliche Phase mit den „Tappeti-natura“ ist sehr begrenzt in den Jahren 1965-67 zu sehen. Danach wandte er sich seinem Ziel der

<sup>48</sup> Pers. Mitteilung bei einem Atelierbesuch in Turin, 04/99.

<sup>49</sup> Die schlechte Qualität der Fotos liegt an der mangelnden Fähigkeit des Videoprinters, rasche Abläufe "einzufrieren".

<sup>50</sup> Der originale Wortlaut des Interviewes wird ungeachtet der Fehler wiedergegeben.

Verbindung von Leben und Kunst auf andere Art und Weise zu: Er arbeitete als Kunsttherapeut, u. a. auch in Südamerika. Heute stellt er immer noch "Tappeti-natura" her; um finanziell zu überleben, da die Computerwerke kaum Käufer finden. Die Gemeinsamkeit zwischen der virtuellen Realität und den Polyurethanschäumen liegt in der Qualität des Anfassens, der sinnlichen Erfahrung durch Berührung: Mit einem "Dataglove"<sup>51</sup> wird in der virtuellen Welt durch Berührung interagiert, ebenso werden die Teppiche durch das Begehen und Befühlen zu sinnlichen Erfahrungen.

Der Polyurethanschaum erlaubt Gilardi die Formgebung dieser dreidimensionalen Teppiche, die er in modifizierter Technik bis heute herstellt. Im Katalog zu einer seiner ersten Ausstellungen in der Galerie Ileana Sonnabend, Paris 1967, wird seine euphorische Sichtweise des Materials in einem erstaunlichen Text von Jerome Peignot beschrieben - erstaunlich deshalb, weil sich der Verfasser ausgiebig mit dem Material aus technologischer Sicht beschäftigt. Der Text hat eine eigenwillige Vortragsform und ist etwas gewöhnungsbedürftig.

" ... die Teppiche von Gilardi sind noch viel widerstandsfähiger als man glaubt. Er hat das Material, mit dem er arbeitet, nicht leichtfertig gewählt. Die Widerstandsfähigkeit des Harzes gegenüber Feuer und Formveränderungen ist beeindruckend. In dieser Hinsicht wagt sich Gilardi sogar sehr weit vor. Er behauptet, daß die chemische Formel dieser Substanz ihr Pendant in der molekularen Zusammensetzung der Erde selbst findet ... Wenn Sie ihn um eine Beweis bitten würden, würde er ihnen ernsthaft versichern, daß dieses Material so ewig wie die Erde selbst sei ... Tatsächlich hält er sich mehr für einen Mechaniker der Natur; also für einen Poeten. So ist es wohl besser, Ihnen deutlich zu sagen, daß dieses Harz, ist es einmal aus den Bottichen gegossen, in die man es geschüttet hat, gewissermaßen erfaßt wird. Zerlegt in Würfel, beginnt Gilardi also ein Stück Polyurethan mit einem vollständigen Sortiment scharfer Utensilien aber auch Messer, Scheren oder Rasierklingen zu schlitzen. Und die Farbe? Auf der Grundlage eines synthetischen Pigments, das in Vinylharz aufgelöst wurde, wird sie vom Künstler auf den Teppich verteilt... Manchmal, wie zum Beispiel im Falle des "Mohns auf einem geschnittenen Weizenfeld" genügt ein Bad der passenden Farbe. Schließlich, um im technischen Universum zu bleiben, in dem Gilardi sich bewegt, sollte man festhalten, daß er seine Zusammenstellungen mit einem so starken Kleber verarbeitet, so daß sich die Stücke aus Polyurethanharz, die er auf seinem Teppich befestigt, sich dort vollkommen einfügen und es praktisch unmöglich ist, sie wieder abzunehmen. Die Stabilität der Verbindung ist dergestalt, daß man von einer Transplantation sprechen kann ... "(Peignot 1967)<sup>52</sup>

Die aus diesen Zeilen sprechende Euphorie ist sicherlich abgeebbt: Für Gilardi stellt jedoch der Polyurethanschaum, wie er heute noch betont, ein eigenes künstlerisches Medium dar.

<sup>51</sup> Datenhandschuh, der durch elektronische Signale - durch Handbewegungen erzeugen - Computerprogramme steuern kann.

<sup>52</sup> Übersetzung von Oliver Zeidler; Augsburg.

## Technik

Als Grundmaterial verwendet Gilardi heute in Turin produzierte Weichschäume des Raumgewichtes  $25\text{kg/m}^3$  und  $40\text{kg/m}^3$  in Blockform oder als dünne Matten. Die Schäume sind hellgrau. Es handelt sich um PUR (ET)-Weichschäume. Von großen Teppichen stellt Gilardi eine Art Bozetto aus PUR-Weichschaum in Kleinform her; er arbeitet jedoch ansonsten ohne Unterzeichnung oder Skizzen, was große Geschicklichkeit erfordert.

Die Schäume werden folgendermaßen bearbeitet:

1. Zuschneiden der groben Form mit Skalpellklingen
2. Absägen der Kanten mit "Bosch"-Spezialsäge
3. Nachschneiden der Kanten mit gekrümmten Scheren
4. Glätten der Oberfläche z. B. für Steinformen mit Schleifscheiben
5. Tauchen der Formen in Kautschuklösung oder in Farbmischung
6. Ausdrücken der Farbe je nach gewünschtem Effekt
7. Kolorieren der Formen mit Pinseln oder Sprayen mit Schablonen (Abb.46)
8. Montage mittels Klebstoff und Tacker

## Farbigkeit

Das Interessante an Gilardis Technik ist u. a. die Tatsache, daß er sie modifiziert hat, um seine Werke länger haltbar zu machen. Dies geschah einmal dadurch, daß er 1971 eine spezielle Bindemittelmischung patentieren ließ, die neben einer Kautschuklösung (65%) einen von ihm als "Ossido" (Oxid) bezeichneten UV-Absorber und andere Substanzen enthält. In diese Mischung gibt

er Pigmente in Pulverform, um die benötigten Farben zu erhalten. Für Details wie die Äderung der Blätter verwendet er Schablonen und Farben aus der Sprühflasche.

Nach dem Abschluß eines Werkes spritzt er die Oberfläche mit Plextol (Polyvinylalkohol).

Zum anderen taucht er die fertigen Teile in eine weiße Latexlösung, die mit Ammoniak verdünnt ist. Der Ammoniakzusatz verhindert laut Gilardi den mikrobiellen Befall des Kautschuks, den er als vulkanisiert bezeichnet und somit als absolut stabil einstuft. Die in Kautschuk getauchten Formen werden nach dem Trocknen mit der oben beschriebenen Farbe



**Abb.46**  
Gilardi bei der Arbeit, Videoprint.

bemalt, sie sind im Vergleich zu den ungetauchten Arbeiten glänzend und die Kautschukhaut ist bis zu 1mm stark.

MP: "Is the colour sprayed on?"

PG: "Colour is applied in many different ways. Spraying is one of the most common, but I also use pencils (sic) and immersions in colour baths. Varnish is composed by normal pigments stuck by a vinyl or acrylic solution with rubber (caouchaouc 60%) more than a dozen of stabilizing agents and oxyd that filters UV rays. Then there is also the synthetic rubber that is less flexible than the natural one but is more glossy. Thanks to a restorer I've found a very stable kind of synthetic rubber. I'm using high quality materials with excellent results, but what else is to come?" (Pugliese 1992)

Die Werke aus den Jahren 1965 bis 1967 sind jedoch ohne die Kautschukvariante in Farbe getränkt und bemalt. Optisch sind sie deutlich zu unterscheiden: Die älteren sind matt und der Schaum sichtbar; die neueren sind durch den Überzug glänzend und wirken trotz der Elastizität starr.

Ansichten des Künstlers zur Restaurierung seiner Werke

Gilardi restauriert seine Werke entweder selbst oder überläßt die Restaurierung einem von ihm eingewiesenen italienischen Restaurator.<sup>53</sup>

MP: "How do you restore your works?"

PG: "I cut the damaged parts until I find the healthy core. In fact UV rays are penetrating but not so deep. After I stick a new layer of foam rubber (T40) on the old one. Then I make injections of synthetic rubber to fill the whole work. In this case I can't use the natural one as it is too strong. Synthetic rubber is more neutral and injected slowly at different times, gives a new lining inside the holes of the Polyurethane. Then I have to colour it again and to sculpt the missing parts. I agree with the reconstruction of the missing parts and when this is a massive work, at the end I give the collector a certificate." (Pugliese 1992)

Gilardi behauptete, er erinnere sich bei der Restaurierung genau daran, wie er damals gearbeitet hat. Sammler oder Museen seien häufig erstaunt über den Zustand nach der „Restaurierung“, denn sie hätten den gealterten Zustand als Original in ihrer Vorstellung, er jedoch den eigentlichen Originalzustand. Er zeigte mir Vor- und Nachzustände einer von ihm vorgenommenen Restaurierung und erklärte auf meine Einwände bezüglich der "Neufassungen", er müßte als Künstler am besten wissen, wie sein Werk aussehen solle.

---

<sup>53</sup> Sowohl sein Vater als auch sein Bruder sind Restauratoren und er kennt das Metier von klein auf.

Er erzählte von Fällen, in denen die Besitzer darauf bestanden, daß er einen braunpigmentierten Plextolüberzug über das gesamte "restaurierte" Werk spritzte, um die Patina wieder zu imitieren, die nach der Restaurierung fehlte. Er verstehe diesen Wunsch nicht. Eine lange Diskussion des von mir erarbeiteten Konzeptes für "Funburn" von John Chamberlain, mit dem Gilardi befreundet ist, zeigte die extrem unterschiedlichen Ansichten bezüglich des Werkes selbst und damit verbunden seiner Restaurierungsmaßnahmen. Leider hatte ich 1997, als das nachfolgende Konzept für die Restaurierung des Rotterdamer Teppichs gemacht wurde, noch keinen Kontakt zu Gilardi. Das Konzept orientiert sich weitgehend an den Vorgaben, die auch für die Restaurierung alter Kunst gelten, und unterscheidet sich somit von den Neufassungen anderer Werke durch den Künstler:

Beispiel

Künstler

Piero Gilardi

Titel

"Still life with  
Watermelons"  
(Abb. 47)



Abb. 47

Gilardi "Still Life with Watermelons", Ausschnitt. 1967.

Datierung

1967

Maße

ca. 280 cm x 170cm x 30 cm

Signatur

unsigned

Besitzer

Museum Boijmans van Beuningen, Rotterdam

FTIR

Polyurethan auf -etherbasis, Farbe mit Polyvinylacetat als  
Bindemittel (Lorne 1997: 4)

Technik

Als Grundlage dient eine ca. 3 x 1,5 m große, gelbliche PUR-Weichschaummatte, deren Oberfläche grasartig zerschnitten und mit hellgrünem Polyvinylacetat (Acryl) gespritzt ist. Auf diesem Rasen befinden sich Wassermelonen aus Weichschaum, die untereinander mit ebenfalls grünen Luftwurzeln verbunden sind. Die Luftwurzeln tragen Weichschaumblätter; die fast einheitlich die Stärke 0,5 cm besitzen und unisono grün gespritzt sind; darauf wiederum liegen Schattierungen in dunklerem Grün, ebenfalls aufgespritzt. Rottöne finden sich nur im Innern der offenen Melonen. Über die gesamte Oberfläche verteilt sind wenige braune, welke, kleinere Blätter; die dünner sind als die oben erwähnten. Alle Einzelteile sind mit Klebstoff<sup>54</sup> oder mit Tackerklammern befestigt.

Problematik

Der Zerfall des Materials ist zwar fortgeschritten, die Tatsache jedoch, daß das Material farbig bemalt ist, hat ihm vermutlich eine gewisse Stabilität verliehen. Der Verbund der Zellen des PUR-Weichschaumes auf Etherbasis ist vor allem im Bereich der dünnen Luftwurzeln sowie der welken braunen Blätter und der hellgrünen Partien der großen Blätter fast völlig zerstört, d. h. das Material ist extrem brüchig.

<sup>54</sup> Als Klebstoff verwendet er seit dreißig Jahren "Bostik" (Pers. Mitteilung 1999).

Der Zerfall scheint sich jedoch insgesamt auf eine kleiner als 1 cm starke Schale zu beschränken, darunter scheint das Material intakt. Die Oberfläche ist stark verstaubt und mit zahlreichen Haaren, Fusseln, Partikeln etc. behaftet. Die Blätter zeigen Risse und Löcher (Abb.48), die Luftwurzeln sind gebrochen, Stücke fehlen. Häufig sind die Ränder der Blätter nicht mehr vorhanden, besonders in den Kantenbereichen des Objektes, was wohl auf Abnutzung und auch Vandalismus zurückzuführen sein könnte. In den Tiefen des Grases liegen unzählige Verunreinigungen wie feine Teilchen oder Haare.

Die Plastikfolie, in die das Objekt lange Zeit geschlagen war, scheuerte an den Eckpunkten auf den erhabenen Stellen, besonders den Melonen. Die grüne Farbe fehlt dort völlig und gibt den Blick auf den gelblichen Schaumkunststoff frei. Ein Teil des Abriebes ist unterhalb der Teile zu finden. Die Kanten des Rasens sind berieben und zeigen Farbverluste.

Farbigkeit und Plastizität des Objektes sind trotz Verschmutzung und Materialverlust erstaunlich frisch und beeindruckend.

## Recherche

Im Widerspruch zu dieser Einschätzung stehen die Zitate, die Piet de Jonge in dem Preprint Project "Conservation of Modern Art", 1996, anführt. Das Werk "Still Life with Watermelons" ist 1967 datiert, und wurde 1972 vom Museum erworben. Bereits ein Jahr später stellt der damalige Direktor fest, daß die Konservierung "Probleme bereiten

wird. Es [das Material] wird austrocknen, was Zerbröseln zur Folge haben wird ... was bedeutet, das Fragmente abfallen werden." (de Jonge 1996: 33). Bereits sechs Jahre nach der Anfertigung des Werkes schienen die ersten Verfallserscheinungen aufzutreten. Das Werk wurde daraufhin als Totalverlust gekennzeichnet und ins Depot verbracht.

Wiederum vier Jahre später findet sich in der Publikation des Düsseldorfer Symposiums eine Abbildung, die in der Publikation nicht näher beschrieben ist, und deren Begleittext lautet: "...hier und da werden in der modernen Kunst Materialien verwendet, die eine relativ geringe Alterungsbeständigkeit haben. Dazu gehören bestimmte Schaumgummiarten, die schon nach wenigen Jahren verfallen..." (Althöfer 1977: 41) Meine Nachforschungen ergaben, das es sich bei der Abbildung um ein Werk von Gilardi handelt, "Objekt mit Maiskolben" (ohne Datierung), das zwischen 1977 bis 1978 aufgrund des wie folgt beschriebenen Schadens behandelt wurde: "Objekt weist starke farbliche Veränderungen auf, Schaumstoff löst sich auf (abpulvern),



Abb.48

Details: Risse im Blatt, Verschmutzung, brüchige Luftwurzel.

2 ausgebrochene Stücke".<sup>55</sup> Das Werk wurde mit "Technicoll Nr. 8100" gefestigt und befindet sich nach Althöfers mündlicher Auskunft nach in gutem Zustand.<sup>56</sup>

### Vorgehensweise

Grundlage für den folgenden Abschnitt ist die Entscheidung des Museums Boijmans van Beuningen in Zusammenarbeit mit dem Projekt: "Modern Art: Who Cares?", ein Restaurierungskonzept auszuarbeiten, daß es ermöglichen würde, das Werk wieder auszustellen. An einem abgegrenzten Stück des Originals konnte ich während eines einwöchigen Aufenthaltes am Museum folgendes Restaurierungskonzept exemplarisch durchführen:

### Oberflächenreinigung und Konsolidierung

Nach der Abnahme von Staub und Flusen mit einem Staubsauger und speziellen Düsen, feuchten Pinseln Stärke 0 und Neschen Klebeband wurde die pudernde Oberfläche mit 10 %iger Störleimlösung in destilliertem Wasser mittels japanischer Handpumpflasche sowie Firnispistole angewärmt aufgebracht. Eventuell noch vorhandener Staub verschwand optisch durch die Fixierung; die Farbe erschien wieder satt und kräftig.

### Klebung

An zahlreichen Stellen sind vor allem die 0,5 cm starken Blätter durch Alterung gebrochen. Teilweise haben sich die Rißkanten verzogen und lassen sich nicht mehr ohne weiteres schließen. Die vom Künstler verwendeten Tackerklammern sind korrodiert, in ihrem Umkreis befinden sich häufig Fehlstellen im Material.

Als Klebstoff für die Rißkanten wurde Plexisol P 550 eingesetzt. Es besitzt in Alkohol gelöst eine vorteilhaft kurze Offenzeit, ist leichter als eine vergleichbare Dispersion und verdunstet schneller; der Alkohol quillt den Weichschaum etwas an, was jedoch bei der geringen Menge als geringes Risiko eingestuft werden kann.<sup>57</sup> Die Bruchkanten wurden mit dem Klebstoff per Spritze benetzt und anschließend zusammengefügt. Bei komplizierten Brüchen können feine, 0,3 mm starke Edelstahldrähte ähnlich Akupunkturnadeln verwendet werden, um die freischwebenden Luftwurzeln der Melonen zu stabilisieren.<sup>58</sup>

<sup>55</sup> Pers. Mitteilung C. Weyer, Restaurierungszentrum Düsseldorf 1997.

<sup>56</sup> Pers. Mitteilung H. Althöfer, Düsseldorf 1998.

<sup>57</sup> Die Quellung ist bei neuen Schäumen nach der Trocknung rückgängig und hat außer der physikalischen Beanspruchung keine chemischen Auswirkungen. Gealterte Schäume zeigen ein polares Lösungsverhalten und sind zudem nicht mehr flexibel genug, der Quellung standzuhalten.

<sup>58</sup> Das Restaurierungskonzept der "Foundation of the Conservation of Modern Art" geht in puncto Stabilisierung noch weiter und schlägt die Unterklebung der Blätter mit einer Gaze vor (Lorne 1996: 12).

## Recycling als Retuschemethode

Alle abgesaugten oder lose aufgelesenen Partikel wurden in Gläschen gesammelt. Die so erhaltenen farbigen Partikel wurden von Haaren und Flusen befreit und als Retuschematerial verwendet. Die astförmigen, ca 1 mm großen Fragmente können mit Störleim benetzt mit einem Pinsel und Pinzette eingesetzt werden. Dies hat den Vorteil, daß die Retusche die originale Farbzusammensetzung besitzt. Im Fall von klaffenden Rissen oder Fehlstellen, wo eine Justierung der Rißkanten nicht mehr möglich war, wurde eine Intarsie aus PUR-Weichschaum auf Etherbasis benutzt. Das weiße Material kann mit Aquarell vorretuschiert und nachfolgend die Oberfläche mit den gesammelten Partikeln geschlossen werden (Abb.49, Abb.50).

Bei einigen Stellen hatte die Folie auf der Oberfläche aufgelegt und die Farbe abgeschleudert. Die Melone unten links zeigt z. B. einige "kahle" Stellen; die Partikel finden sich im Gras darunter und können eventuell wiedereingesetzt werden. Eine Beruhigung der Oberfläche wurde bereits dadurch erreicht, daß die Partikel, die an nicht originalen Stellen lagen, abgesammelt wurden. Eine Retusche könnte sowohl mit Gouache als auch Aquarellfarben erfolgen.

## Ergänzungen

Die Ergänzung der größeren Fehlstellen in den Blättern, die nicht auf flachem Grund aufliegen sondern in die Luft ragen, stellt ein großes Problem dar. Es erfordert großen Aufwand, eine paßgenaue, farblich korrekte Ergänzung herzustellen und anzubringen. Die Blätter zu erneuern, halte ich ebenfalls für gewagt. Ich halte es daher für das Beste, die Fehlstellen an den Kanten so zu belassen.



**Abb.49**  
Detail nach der Restaurierung.



**Abb.50**  
Detail vor der Restaurierung.

## Resumée

Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind bis auf die Störleimfixierung, die noch geprüft werden muß, ein gangbarer Weg, um das Werk in einen haltbareren und ausstellfähigen Zustand zu versetzen, der dem Original so nahe wie möglich kommt. Zwischen der Neufassung durch den Künstler und dem ruinenhaften Zustand stellt die vorgeschlagene Behandlung ein Mittelweg dar: Nach meinem Kenntnisstand wurden die Restaurierung des Objektes vorläufig eingestellt, da viele Fragen noch offen sind.

## Ferdinand Spindel

Geb. 1913 in Essen, gest. 1980 in Neuenkirchen bei Soltau, lebte und arbeitete 1963-73 in der Gelsenkirchener Künstlersiedlung Halfmanshof (Abb. 51)

Das Frühwerk Ferdinand Spindels beschäftigte sich mit Malerei unter Verwendung von Ölharzfarben auf Leinwand oder Karton sowie Tempera, Kreide oder Röteln auf Papier. Häufig bestimmten biblische oder mythologische Szenen den Inhalt, wobei seine Bilder mit

fortschreitenden Jahren abstrakter wurden. Die

malerische Werkphase endete abrupt im Jahre 1963: Innerhalb von zwei Tagen zerstörte Spindel 90% seiner Bilder und Grafiken und arbeitete von da an mit einem Material, das ihn fast bis zu seinem Tode 1980 faszinierte, dem "Schaumstoff".

Die "Schaumstoffreliefs" rückten Spindel in die Nähe der Gruppe Zero, mit deren Mitgliedern Piene, Mack und Uecker er auch in Philadelphia ausstellte. Als Spindel mit seinen Reliefs begann, war Zero jedoch bereits in vollem Gange. 1963-1973 lebte und arbeitete Spindel in der Künstlersiedlung Halfmanshof, in der auch eine Vielzahl seiner Weichschaumwerke entstanden.

## Technik

" ... 1963 entdeckte ich den Schaumstoff, experimentierte und wußte nach den ersten Arbeiten mit diesem Material, daß ich meine Ausdrucksmöglichkeit gefunden hatte. Die Sicherheit und Euphorie, die mich erfaßten, brachten mich zu dem radikalen Entschluß, dazu, an zwei Tagen 90% meiner bisherigen Arbeiten zu verbrennen. Das Industrieprodukt Schaumstoff reizte mich, aus etwas künstlichem Natur zu schaffen. Denn im Gegensatz zur Bildhauerei, in der Wölbungen und Vertiefungen künstlich geformt werden, ergeben sich beim Schaumstoff durch Druck und Zug natürliche statt vorgetäuschte Kräfte ... " (Spindel 1979: 22)

Zunächst behielt Spindel das ihm gewohnte künstlerische Format bei, er löste sich nicht völlig vom Bild, sondern setzte die Reliefs in kastenartige Rahmen; die Objekte hingen an der Wand. Die frühen Werke um 1964 steckte und nähte der Künstler, bevor er sie auf Leinwand tackerte, später wurden die im Handel erhältlichen Weichschaumfolien direkt auf Holzbretter und andere Untergründe getackert.

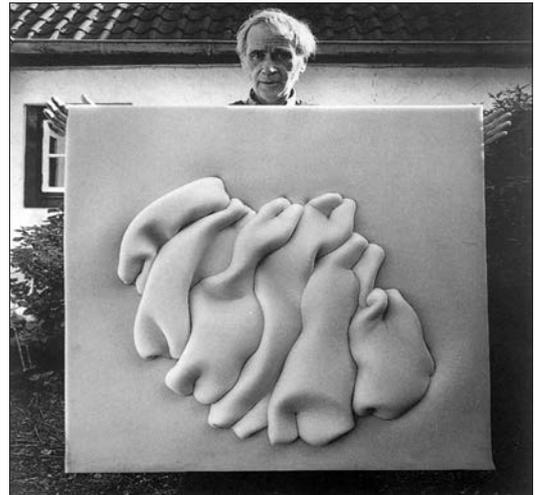


Abb. 51

F. Spindel mit einem frühen Schaumstoffrelief im Halfmanshof.

Sofern sie nicht ungespritzt verwendet wurden, waren die Schäume vermutlich alle farbig, was eventuell auch daran liegt, daß der gleichmäßige Farbauftrag mit der Spritzpistole auf einen weißen oder sehr hellen Weichschaum fast unmöglich ist, hingegen ein bereits gefärbtes Material die Farbwirkung stark intensivieren kann.

Erst später ging Spindel dazu über, gesamte Environments aus PUR-Weichschaum zu gestalten, die sich jedoch selten erhalten haben. Im Falle der weißen Schaumstoffdecke in der Aula des Schalker Gymnasiums wurde "der Schaumstoff gut gepflegt, immer geweißelt. Aber mit der Zeit wurde die Farbschicht so dick, daß die Decke abfiel". (Schäfer 1993: 68)

Spindels lakonischer Kommentar hierzu: "Weg ist weg." (Schäfer 1993: 68)

### Farbigkeit

Neben den farbig unbehandelten Werken, die vermutlich nur noch in geringem Maß erhalten sind, da sie früher zu datieren und somit von schlechterer Schaumqualität sind, besteht das Hauptwerk aus mit Acrylfarbe gespritzten Reliefs.

Die Werke lassen sich wie folgt gruppieren:

- Die frühesten Werke um 1963 sind die gesteppten und genähten, farbig unbehandelten, wobei die Farbigkeit des Schaumes die Erscheinung bestimmt
- Es folgen 1964 die weiß gespritzten Werke, die weniger flächig angelegt sind. Das Weiß füllt die oberflächlich liegenden Hohlräume des Schaumes aus, so daß eine Art Farbhaut entsteht, wobei die Struktur des Schaumes jedoch noch als solche erkennbar ist.
- Es schließt sich die Gruppe der farbigen Reliefs an, die überwiegend mit rot als dominierender Farbe gespritzt sind. In diesen Werken findet sich ab 1969 auch sog. Leuchtfarbe, d. h. Pigmente, die in der Wellenlänge des UV-Lichts reflektieren

Die Reliefs sind immer monochrom gespritzt. Zum Bindemittel konnte ich keine Angaben finden, es könnte sich jedoch um eine wässrige Acryldispersion handeln.

## Haltbarkeit

Über die Ansichten Spindels zur Haltbarkeit existieren zwei Versionen. So führte offenbar seine Ernüchterung über die geringe Haltbarkeit der Objekte dazu, daß er sich im Jahre 1979 anderen, weichen Materialien wie Cord zuwandte. Eine andere Zeitzeugin äußert sich gegenteilig: " ... Spindel kalkulierte unberührt den Zerstörungsprozeß mit ein, so daß man manchmal den Eindruck gewann, die Zerfallskunst könnte ruhig mit seinem Leben zu Ende gehen. Ferdi hielt nichts von sogenannten ewigen Werten. Für ihn zählte die zündende Idee, die Leidenschaft der Gestaltung und die Aussagekraft des fertigen Objekts." (Schäfer 1993: 69) Die von mir betrachteten Werke waren in höchst unterschiedlichem Zustand: Ein weiß gespritztes Relief auf Holzplatte unter Acrylhaube, gesehen auf der Versteigerung Moderner Kunst beim Münchner Auktionshaus Ketterer 1997 schien bei optischer Begutachtung in einwandfreiem Zustand. Der weiße Farbüberzug war pastos und hatte die gesamte Oberfläche versiegelt. Diese Tatsache ist sicherlich verantwortlich für den guten Erhaltungszustand. Ebenso gut erhalten ist ein Werk im Besitz des Ulmer Museums, rot gespritzt von 1970 und ebenfalls unter einem Acrylglasturz. Ein ganz anderes Bild bietet das bereits erwähnte, ehemals grün-blaue Relief aus der Sammlung Siegfried Cremer; Stuttgart, das farblich nicht zusätzlich behandelt war (Abb.52).

Die frühen Werke Spindels, zu denen auch das abgebildete zählt, sind vermutlich häufig unter Verwendung von PUR (ES) hergestellt; sie sind deshalb in einem schlechten Erhaltungszustand oder existieren nicht mehr. Die späteren farbig gespritzten Reliefs sind einmal durch die Farbe vor der Oxidation geschützt, und zum anderen verwendete Spindel vermutlich verstärkt PUR (ET)-Weichschäume, die generell langlebiger sind.

## Ansichten des Künstlers zur Restaurierung und Konservierung seiner Werke

Leider konnte ich Spindel nicht persönlich befragen, daher bleiben an dieser Stelle nur wenige Äußerungen wiederzugeben, die in der Literatur zu finden sind. Zu Lebzeiten scheint der Künstler versprodete und gebrochene Werke überspritzt zu haben. So wird von einem schwarzen Relief der Galerie Schoeller, Düsseldorf, berichtet, das von ihm so "restauriert" wurde. K.H. Krieg aus Neuenkirchen bescheinigt Spindels "großzügige Einstellung gegenüber konservierenden und restaurierenden Farbüberarbeitungen" (zit. in Schäfer 1993: 11) Die Einschätzung punktueller Retuschen durch Restauratoren wird von einem Zeitgenossen,

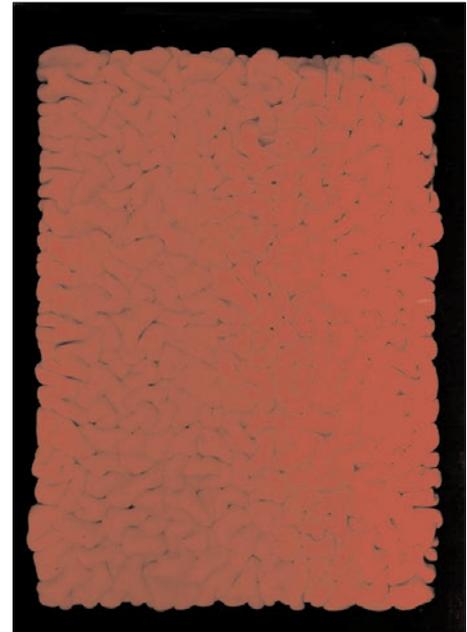


**Abb.52**  
"Schaumstoffobjekt" 1965,  
Zustand 1998.

als "Verfälschung" dargestellt, da der "Farbauftrag nicht gespritzt sondern aufgetupft wurde". (Schäfer 1993: 156) Inwieweit Spindel diese Meinung teilte, ist mir nicht bekannt. Das folgende Fallbeispiel wurde mir freundlicherweise von Frau Patricia Langen<sup>59</sup>, Bonn, zur Verfügung gestellt. Das Schaumstoffrelief wurde von Thomas Zirlewagen im Rahmen eines Semesterpraktikums unter Frau Langens Leitung restauriert.<sup>60</sup>

### Beispiel

Künstler	Ferdinand Spindel
Titel	"Schaumstoffobjekt" (Abb.53) in einen schwarzen Vitrinenkasten mit Acrylglascheibe montiert
Datierung	1969
Maße	100 cm x 135 cm x 18,5 cm
Signatur	rückseitig Spindel '69
Besitzer	Bundesministerium des Innern, Bonn
FT-IR	ohne



**Abb.53**  
Ferdinand Spindel, "Schaumstoffobjekt", 1969.

### Problematik

Die ca. 1,5 cm starke rosafarbene Weichschaum wurde in unregelmäßigen, dichten Falten auf eine ebenfalls 1,5 cm dicke Preßspanplatte getackert. Die Matte umspannt die Ränder der Platte. Die Oberfläche wurde mit Tagesleuchtfarbe gespritzt, wobei die Farbe eine Eindringtiefe von bis zu 1 mm aufweist. Die offenzellige Oberfläche ist daher verfestigt und bildet eine Hülle. Der Weichschaum besitzt kaum Elastizität und scheint unter der festen Farbhülle abgebaut. Er ist äußerst druckempfindlich.

Die Weichschaumoberfläche ist an zahlreichen Stellen mit unterschiedlicher Tiefe gerissen. Die Risse sind bis zu 15 cm lang und 2 cm breit. An einer Stelle ist das Material komplett gerissen und klafft 2 cm auseinander. Die Ursache für die Rißbildung ist in der indirekt durch die Tackering verursachten Spannung und der Materialermüdung durch Alterung zu suchen. Die hellen Rißinnenflächen (Abb.54) bieten verstärkt Angriffsflächen für weitere Abbaureaktionen durch Licht und Sauerstoffzufuhr. Optisch erweisen sie sich als äußerst störend; sie sind vergleichbar mit Malschichtfehlstellen in einem monochromen Gemälde.

<sup>59</sup> Freiberufliche Restauratorin in Bonn.

<sup>60</sup> Die Restaurierungsdokumentation ist im Einvernehmen mit Frau Langen gekürzt wiedergegeben. Ich danke ihr und Herrn Zirlewagen für das zur Verfügung gestellte Dokumentationsmaterial.

## Restaurierungskonzept und Durchführung

Die Risse stellen nicht nur in ästhetischer sondern auch in konservatorischer Hinsicht ein Problem dar; es ist zu vermuten, daß sich die Risse vergrößern und der Abbau des Schaumes an den exponierten Rißinnenflächen beschleunigt abläuft. Die Risse sollten daher geschlossen werden. Die Justierung der Rißkanten in ihre ursprüngliche Position war nicht möglich, und bei einer Wiederverklebung unter Spannung wäre vermutlich das Material neben der Klebnaht wieder gerissen, da die Klebung stabiler als das Material wäre. Folglich sollten die Risse intarsiert werden.

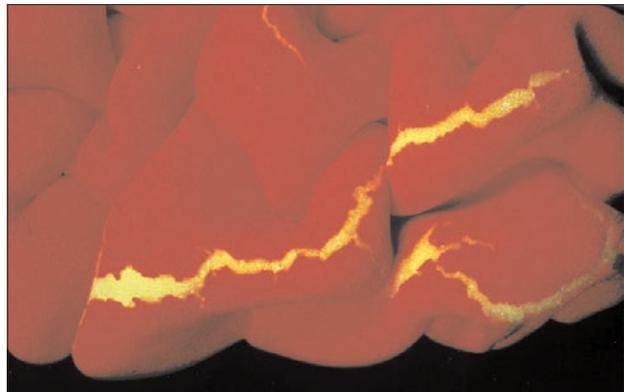
Eine Testreihe mit unterschiedlichen Festigungsmaterialien hatte folgendes Ergebnis: Aromatengelöste Festigungsmittel waren nicht einsetzbar, da der gealterte Schaum empfindlich auf derartige organische Lösungsmittel reagierte. Unter den wässrigen Festigungsmitteln erwies sich eine 2,5 %ige Hausenblasenleimlösung als vorteilhaft, die mittels Pinsel nach Vornetzen mit Agepon (Netzmittel) und Wasser aufgebracht wurde und ca. 3-4 mm in die Oberfläche eindrang.

Als Intarsierungsmaterial diente ein PUR (ES)-Weichschaum (Abb.55), der mit Schere und Skalpell in Form geschnitten und mit Mowiol 4-88, angedickt mit Tylose MHB 3000 verklebt wurde.

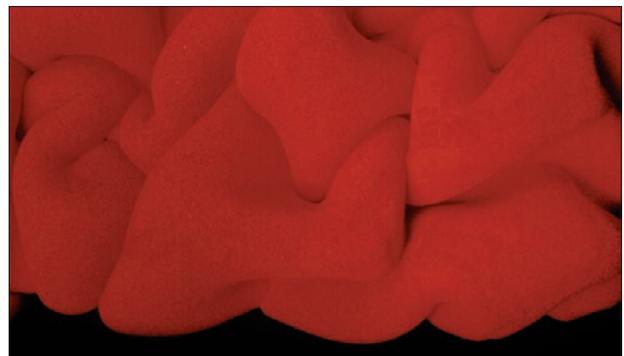
Die Retusche erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurde eine pigmentierte Leimkreideschicht aufgetragen, die die Oberflächenstruktur des Materials simulierte und den richtigen Grundton gab. Auf diese Schicht wurde dann mit Tagesleuchtpigmenten sowie Cadmiumrot und Alizarin Krapplack von Kremer in Klucel EF in Ethanol gelöst retuschiert, um die richtige Mattigkeit zu erzielen (Abb.56).



**Abb.54**  
Detail: Auseinanderklaffende Risse.



**Abb.55**  
Zwischenzustand. Intarsierung der Stellen mit PUR (ES).



**Abb.56**  
Zustand nach der Restaurierung, vgl. Abb.54.

## Resumée

Die in das PUR-Schaumgefüge eingebrachten Materialien wie Protein, Kreide, Polyvinylalkohol, Celluloseether und die Pigmente werden erst im Laufe der Zeit eine Beurteilung der Verträglichkeit zulassen. Eventuell wird die Retusche sich anders verhalten als die originale Oberfläche.

\* \* \*

---

## John Chamberlain

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit einer Weichschaumskulptur des amerikanischen Künstlers John Chamberlain mit dem Titel "Funburn" aus dem Jahre 1967, die mir vom Museum für Moderne Kunst in Frankfurt am Main zu Untersuchungszwecken zur Verfügung gestellt wurde. Nachdem in Teil III die künstlerische Vielfalt der Weichschaumkunstwerke gezeigt und aktuelle Schadenbilder dieser Werke vorgestellt wurden, wird im folgenden ausführlicher auf ein Kunstwerk aus Polyurethanweichschaum eingegangen, das meines Wissens nach das einzige Exemplar dieses Werkblockes von John Chamberlain in einem deutschen Museum ist. Das Werk gehört in den Bestand der Sammlung Karl Ströher, die das Fundament der Sammlung zeitgenössischer Kunst des Museums für Moderne Kunst bildet. Je ein weiteres Werk befindet sich in der Tate Gallery, London, und der ehemaligen Sammlung Hahn, Wien. (Sylvester: 1984)

Der Werkblock umfaßt insgesamt ca. 130 Arbeiten aus Schaumkunststoff, die in den Jahren 1966-1970 angefertigt wurden. In Deutschland ist diese Periode in John Chamberlains Schaffen weniger bekannt, da man ihn zumeist in Verbindung mit Metallskulpturen aus Karosserien assoziiert. Zahlreiche Museen im In- und Ausland besitzen seine Metallskulpturen, die Weichschaumwerke sind hingegen selten.

In den USA existieren noch Stücke, meist vereinzelt in Privatsammlungen. Die größte Sammlung der Schaumstoffwerke besitzt das Dia Center for the Arts, New York. Diese Sammlung umfaßt siebzehn Arbeiten, die sich momentan in der Obhut der Menil Collection, Houston, befinden. Im Herbst 1998 konnte ich dort fünf ausgesuchte Werke untersuchen, dokumentieren und Materialproben nehmen (Abbildungen S.83).

### Vita

John Angus Chamberlain wurde 1927 in Rochester, Indiana, geboren. Er gehört somit sowohl zur Künstlergeneration der Minimalisten Donald Judd und Dan Flavin, als auch zu derjenigen der abstrakten Expressionisten Willem de Kooning und Jackson Pollock. Er selbst antwortet in einem Interview mit Henry Geldzahler auf die Frage, in welchem Verhältnis zu diesen Stilrichtungen er sich selbst sähe:

"I'm caught in the crack in the sidewalk between Abstract Expressionism and Pop, which came next [after Minimalism, Anm. d. Verf.]." (Geldzahler 1992: o. S.)

Von 1951-52 studierte Chamberlain am Art Institute of Chicago und 1955-56 am Black Mountain College, North Carolina. Seine erste Einzelausstellung mit Metallskulpturen eröffnete 1957 in der Wells Street Gallery in Chicago.

---

In den Jahren vor 1966 beschäftigt er sich mit farbig lackierten Autoteilen, die er als Fundstücke mit Hilfe von Schweißgerät und Metallpressen zu Skulpturen verarbeitete. Als wichtiger Einfluß werden - auch von ihm selbst - immer wieder die Bildhauer David Smith and Joe Goto erwähnt. Ab 1962 änderte sich seine Technik dahingehend, daß er die Autoteile einzeln vor dem Zusammensetzen zusätzlich koloriert; sein Atelier, eine monumentale Lagerhalle in Florida, ist eine Art Materiallager, in dem sich Autokarosserieteile nach Größe, Farbe und Form geschichtet finden. Für die Skulpturen, die 1990 bis 1992 entstanden, benutzte er ausschließlich Lastwagendächer (*van tops*) and Chromstoßstangen, die er und seine Assistenten in Streifen schnitt, mithilfe von Schablonen in einer Spritzanlage (*spray booth*) oder Spritzpistole (*mist gun*) kolorierten und dann schweißten. In den letzten Jahren hat sich Chamberlain mit Film, Fotografie und Poesie beschäftigt.



Abb.57

J. Chamberlain "Daddy in the Dark", 1988.

#### Material und Technik<sup>61</sup>

Die Phase, in der sich Chamberlain mit den Schaumstoffskulpturen beschäftigte, begann 1966 und endete um 1970. Die erste Ausstellung von etwa zwei Dutzend Skulpturen fand 1967 in den Dwan Galleries in Los Angeles statt (Abb.58). Gemäß dem Werkverzeichnis existierten ca. 150 Schaumstoffwerke, von denen ein Großteil lokalisiert ist.

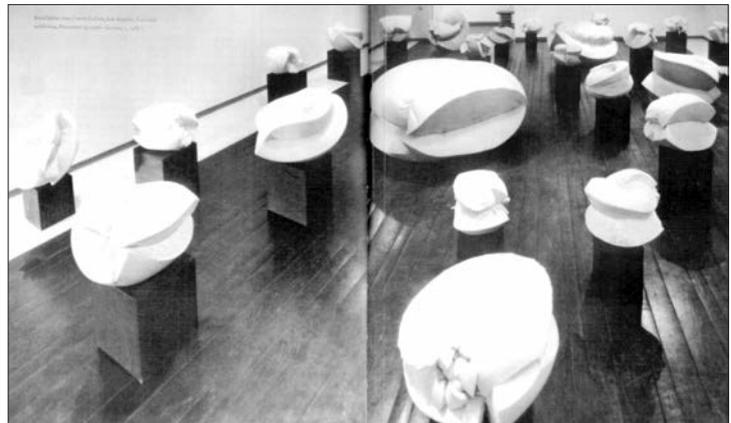


Abb.58

Ausstellungssituation in den Dwan Galleries, 1967.

Einige Arbeiten wurden zerstört oder in andere Werke inkorporiert, bei anderen ist der Verbleib unbekannt. Die Faszination des Werkstoffes Weichschaum hat John Chamberlain primär in seiner schnellen Verarbeitbarkeit gesehen. 1966 suchte er auf einem Flug nach Kalifornien nach einer neuen Methode, Skulpturen schnell anzufertigen.

"Later that same year (1966) I spent a couple of months out at Virginia Dwans' beach house in Malibu, and one day toward the end of September or in October somewhere, a month before the show was scheduled at her Gallery, I made something like thirty small sketches, each of them four, five, maybe six inches in any given direction of squeezed, tied sponge - small

<sup>61</sup> Während eines Aufenthaltes in New York konnte ich John Chamberlain im Herbst 1998 zu technischen und restauratorischen Details telefonisch befragen. Die von Chamberlain verwendeten englischen Ausdrücke befinden sich in Klammern hinter der deutschen Übersetzung.

pieces that became very indicative of a way to go. When I showed these works to the Gallery, the show was postponed a month. Even later, everyone thought I was frivolous when I made the foam sculptures; everyone thought they were too easy. On the other hand, I was terribly impressed with the idea that I could make a sculpture in five minutes ..." (Sylvester 1984: 19)  
Als Grund für die Suche nach neuem Material gab er an, daß ihn die wiederholten Hinweise auf die Assoziation seiner Skulpturen mit Autounfällen verärgerten und er dem zu entgehen suchte. Wie ernst diese Behauptung zu nehmen ist, bleibt dahingestellt.

Im Gegensatz zum langwierigen Deformieren, Pressen und Schweißen der Metallteile erlaubte ihm der elastische Weichschaumstoff, in einem relativ kurzen Zeitraum eine Arbeit fertigzustellen. Auch führt er, nach der Ursache für die Auswahl befragt, folgende Gründe an: "Well, the foam is very interesting to me. I thought it was very funny. And you can see the humor. I mean it's really instinctive and sexual. I tried working it several different ways and I returned to the first way, which was tying it and squeezing it ..." (Waldman 1971: 18)

Die Herausforderung des Materials bestand darin, die gewünschte Form auf Antrieb zu erreichen, denn ein nachträgliches Korrigieren war kaum möglich, ohne das Gebilde wieder komplett aufzulösen. Hinsichtlich seiner Metallsulpturen in einem Fernsehinterview befragt, ob er Vorstudien oder Skizzen anfertige, sagte er lakonisch: "I do them afterwards." Dieser hingeworfenen Bemerkung zum Trotz hat Chamberlain eine bestimmte Vorstellung von der Form, die er schaffen möchte und diese wird präzise verfolgt.

Zunächst fertigte er ungefähr 30 kleinere Arbeiten aus Polyurethanweichschaum an. Die Dimensionen wurden jedoch schnell größer, bis zu 160 x 160 cm. Für die größeren Werke wie "Funburn" müssen die Stücke eine Länge von ca. zwei Metern haben, das entspricht in etwa der gängigen Matratzenlänge. Das Material hat Chamberlain aus einem Geschäft vor Ort bezogen, die Form des Materials war vergleichbar mit Brotscheiben (like slices of bread). Die Auskünfte bezüglich der Herkunft der von ihm benutzten Materialien, gleich ob Metall oder Weichschaumstoff, empfindet Chamberlain als obsolet:

"For twenty five years, I've been using colored metal to make sculptures and all they can think of is 'What the hell car did that come from?' Who gives a shit what car it came from."  
(Geldzahler 1992: o. S.)

Er beschreibt die Qualität der Schäume als mittelhart (medium resistance), was es ihm ermöglichte, den Stoff zu verformen. Je nach intendierter Form wurden die Stücke geschnitten und geschlitzt. Es wurden keine speziellen Schaumstoffschneidmesser verwendet, denn der Reiz des nicht perfekt geschnittenen Materials ist wesentlich für die Formgebung einiger Stücke.

Um die gewünschte Form zu erhalten, wurden mehrere Stücke ineinander oder umeinander geschlungen, oder auch mit einer Art Keilstück in der Mitte versehen, um das dann weitere Teile gelegt wurden. Bei den von mir untersuchten Stücken wurden häufig um ein zentrales Stück weitere Stücke hoch- oder querkant hinzugefügt und dann verschnürt. Die Schnürung erfolgt mit einer Nylon- oder Baumwollkordel, wobei die Enden zu für den Betrachter häufig nicht sichtbaren Knoten verknüpft sind. Sie sind nur Mittel zum Zweck und haben mit dem Erscheinungsbild nur indirekt zu tun:

DW: "Did you like the idea of the cord?"

JC: "No, that doesn't matter."

(Waldman 1971: 18)<sup>62</sup>

Versucht man, ein Schaumstoffstück von 30 cm Stärke und 200 cm Länge zu falten, knicken, knautschen und zusammenzuschnüren, so erfährt man, daß einige Kraftanstrengung und Geschick vonnöten sind, um dies zu bewerkstelligen.

"As it turned out, later I went out and did them, but larger. Bought some foam rubber and and some knives, and cut up the foam and squeezed it and tied it with lassos. A couple of people came to help. The idea was that a certain amount of foam was taken, and as the lasso went around the midsection, someone pulled at the lasso while I folded and tucked. When it was all squeezed as far as I wanted it squeezed, either the sculpture made it or it didn't make it. It could simply be untied, and something else could be done or another piece could be added - there were various immediate solutions and combinations. I felt that they were a huge success artistically." (Sylvester 1984: 19)

Was den Materialtyp anbetrifft, konnte ich feststellen, daß in einer Skulptur mitunter zwei unterschiedliche Schaumstofftypen bezüglich der Elastizität verwendet wurden, z. B. ein weicherer und ein härterer Weichschaum. Diese ursprünglich vermutlich optisch wenig gewichtige Tatsache - ich nehme nicht an, daß Chamberlain die beiden Typen bewußt ausgewählt hat, um etwa eine bestimmte Struktur zu schaffen, sondern daß das Geschäft einfach unterschiedliche Qualitäten vorrätig hatte oder die Schäume aus unterschiedlichen Beständen stammen - ist heute für den aufmerksamen Betrachter an der unterschiedlichen Vergilbung und Verbräunung abzulesen. Da Chamberlain über mehrere Jahre mit den Polyurethanweichschäumen arbeitete, kann davon ausgegangen werden, daß er unterschiedliche Qualitäten erstand, wenn er nach „medium resistance“ fragte. Dies und seine Arbeitsweise erklären die Verwendung etwas unterschiedlicher Schäume. Gegen Ende der Schaumstoffphase begann Chamberlain eine Serie von Sofas, die die Bezeichnung "Couches" oder "Barges" in Verbindung mit dem Namen des Besitzers oder des

<sup>62</sup> DW = Diane Waldman, JC: John Chamberlain.

Ortes, für den sie angefertigt wurden, tragen. Aus der Notwendigkeit auf etwas zu sitzen (I needed something to sit on), schlitze er eine Schaumstoffskulptur in zwei Teile, und schuf so den Prototyp der Couch. Für die größeren Exemplare - bis zu 120 m Länge - wurden aus großen, soliden Schaumstoffblöcken Formen ausgehoben, die sich den Körperformen anschmiegen und Sitzen oder Liegen ermöglichten.

Die der Umgebung angepaßten Sofas waren im Gegensatz zu den Skulpturen teilweise mit „vinyl flocking“ (flocking = flockiger Niederschlag) beschichtet. Irrtümlicherweise verwendete jemand für eine Ausstellung offenbar eine Acrylbeschichtung statt der elastischen Polyvinylbeschichtung, und die Oberfläche wurde steif und spröde. Chamberlain zerstörte angeblich diese Arbeiten komplett. Einige der Couchen besitzen statt des „vinyl flocking“ Textilbezüge. In der Donald Judd Foundation in Marfa, Texas, steht heute die "Barge Marfa" (Barke Marfa) genannte Riesencouch, die mit Fernsehern ausgestattet ist und vom Publikum benutzt werden kann. Die Sofas bilden den Abschluß der "Schaumstoffphase" in Chamberlains Gesamtwerk.

#### Farbigkeit

Chamberlains Aussage zufolge waren alle Schaumstoffskulpturen ursprünglich weiß oder cremig weiß. Den einzigen fotografischen Beleg, den ich hierzu finden konnte, ist ein farbiges Poster der Dwan Gallery von 1967 (Abb.59) im Besitz der MoMA Bibliothek, das für eine Ausstellung der Weichschaumskulpturen wirbt.

Eine Vielzahl der Skulpturen

besteht nur aus dem Material per se ohne farbige Zusätze. Die gesamte Serie mit chinesischen Titeln ist farblich völlig unbehandelt. Andere Serien, zum Beispiel die "Stuffed Dogs" Serie, die weit kleinformatiger ist, wurde unterschiedlich bemalt: Bereits vor dem Verschnüren wurden Schaumstoffteile mit Farbe versehen, indem sie bespritzt und betropft wurden, also nicht im akkuraten Sinne bemalt. Im Falle von "Stuffed Dog 9" (Abb.60) wurde auch ähnlich der Behandlung der Autoskulpturen ein Spray verwendet, das in Deutschland nicht gebräuchlich

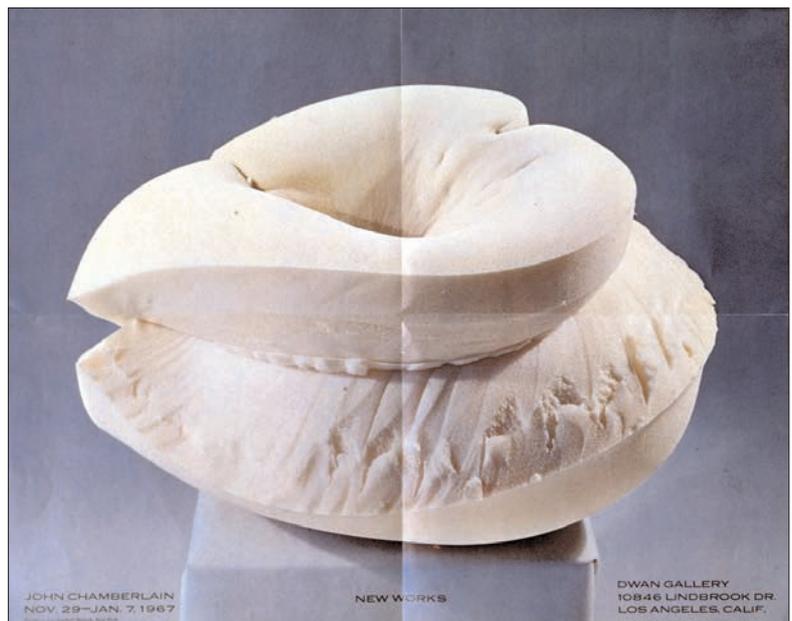


Abb.59

Poster der Dwan Gallery, Ausstellung "New Works", 29. Nov - 7. Jan. 1967, Los Angeles.



**Abb.60**  
"Stuffed Dog 9".



**Abb.61**  
"Stuffed Dog 9", Detail des christmas flocking.

ist, aber auf dem amerikanischen Markt zur Weihnachtszeit sehr verbreitet ist, „christmas flocking“ (Abb.61) genannt. Unter dem Mikroskop sieht man eine Vielzahl nadelförmiger, metallähnlicher, ca. 1 mm langer Formen, die von selbst auf dem Schaumstoff zu haften scheinen. Diese Behandlung sowie die Schmückung einer Schaumstoffskulptur ("Untitled 1966") mit traubenähnlichen Troddeln bilden jedoch die Ausnahme. Wurde koloriert, dann meist mit wässrig gebundenen Farben, vom Künstler als „watercolors“ bezeichnet. Auf meine Frage, ob es sich um Acrylfarben handelt, reagierte er mit der Antwort :

"Why do you wanna know? Next thing you are going to ask me is which welding rod I'm using. What's it all to you?"

Es ist jedoch anzunehmen, daß es sich um Acrylfarben handelt. Weitere farbige Gestaltungsmittel sind Lackspritzer die jedoch auch zufällig auf die Oberfläche gelangt sein können. Im Falle von "Stuffed Dog 1" scheint es sich um ein dünn aufgetragenes Farbmittel zu handeln, weniger um eine gespritzt oder gesprühte Schicht. Generell entstanden die farbigen Schaumstoffwerke nach den unbunten Skulpturen.

Werke nach 1970

Nach der mehrjährigen Arbeit mit Weichschaumkunststoffen folgten kleinere Papierskulpturen, die aus Tüten geknautscht und bemalt wurden. Um diese haltbar zu machen, wurden sie in einem Harz getränkt und mit wässrig gebundenen Farben („watercolors“) bemalt. John Chamberlain besitzt heute selbst noch einige Stücke - von denen am Rande bemerkt kein einziges verkauft wurde - deren Bemalung verblichen ist und die "ziemlich schmutzig" (Geldzahler 1992: o. S.) aussehen.

Auf die Papierarbeiten folgte eine längere Arbeitsperiode der Verformung von Metallkisten, die durch das Zusammenknüllen leerer Zigarettenpäckchen inspiriert waren. Die Proportionen

der Zigaretenschachtel wurden für die größeren galvanisierten Metallkisten verwendet, die von Chamberlain gewaltsam verformt wurden. Es waren insgesamt ca. 30 Schachteln, die nicht koloriert wurden.

In einem weiteren Schritt begann Chamberlain, Metallkisten zu schmelzen und sie dann anschließend in Larry Bells Vakuumbeschichter („vacuum coater“) zu kolorieren; der Prozeß war finanziell aufwendig und zudem konnte die Farbe leicht wieder abgekratzt werden; diese Stücke waren daher nicht sehr haltbar. In der Zeit der Minimal Art war Perfektionismus das Gebot der Stunde. Jeder Kratzer; jede Alterungsspur waren (und sind) tödlich für die makellosen Oberflächen von Judd.

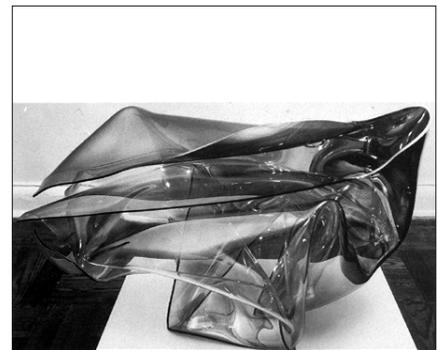
Chamberlain über Perfektion:

"Well it [the work of art] declines from there [the studio]. Perfection for an instant ... And then it digresses. Things keep moving. Things are constantly in motion, so perfection is good for an instant." (Geldzahler 1992: o. S.)

Einige der von Judd als ungeeignet aussortierten Metallkisten wurden von Chamberlain



**Abb.62**  
"Asarabaca", 1973, Aluminiumfolie mit Acryllack .



**Abb.63**  
"Untitled", 1970/71, Mineralbeschichtetes Kunstharz.

versuchsweise weiterbearbeitet, jedoch ohne Erfolg.

Eine weitere Form dieser Jahre waren Acrylglasschachteln, die erhitzt und verformt wurden, um anschließend durch Galvanisieren eine irisierende Schicht zu erhalten (Abb.63). Die Skulpturen aus Aluminiumfolie (Abb.62) wiederum ähneln in Umfang und Bearbeitung den Papierskulpturen, die bereits fertig erhältliche Folie wird geknautscht und verformt. Dem Werk Chamberlains, gleich in welchem Medium, liegt der Gedanke zugrunde, aus vertrauten Alltagsmaterialien neuartige Objektzusammenhänge herzustellen, wobei die Elemente Form und Farbe im Vordergrund stehen:

" ... I mean that all that material is common but what you do with it is what's uncommon. What you do with material is altering it for anybody doing it later...it just happens - like I found out about the foam rubber. Like it's always around but it has to

be indicated by some means other than `well I think I give it a chance´ number."  
(Waldman 1971: 16)

Sexualität und Naivität im Sinne von kindlicher Unvoreingenommenheit und Intention sind die wesentlichen Kräfte hinter Chamberlains Arbeiten. Er selbst charakterisiert sein Schaffen:

"Sexuality is the childlikeness in me and the articulation comes through my intuition. My sense of nature is my ability to make decisions based on the sexual and intuitive aspects of my psyche. The intellectual and emotional aspects have little role in my work." (Chamberlain 1982: o. S.)

Unabhängig davon, mit welchem Material Chamberlain arbeitet, er benutzt identische technischen Mittel:

- Metall wurde geschnitten, gesprayed oder vernebelt, gebogen und geschweißt.
- Weichschaumstoff wurde geschnürt und farbig behandelt.
- Galvanisierte Metallboxen wurden geschmolzen.
- Papier wurde geknautscht und bemalt.
- Acrylglasboxen wurden erhitzt, geformt und galvanisiert.
- Aluminiumfolien wurden geschnitten und geformt.

Das Material wird aus seinem ursprünglichen Zustand und Zusammenhang gelöst, neu geformt und zu einem neuen Ganzen gefügt.

Ansichten des Künstlers zur Restaurierung und Konservierung seiner Werke

Das folgende Kapitel basiert auf persönlichen Äußerungen Chamberlains sowie Zitaten.<sup>63</sup> Chamberlain konstatiert, daß das Publikum nur an Kunst interessiert ist, wenn sie teuer ist (If art is too easy, nobody is interested). Da seine Materialien gewöhnlicher Natur oder bereits benutzte Materialien, also Abfall (junk) sind, behauptet er, daß das Publikum sie auch als Abfall betrachtet und dementsprechend behandelt. Er zählt einige Beispiele von Museen und Privatsammlern auf, die sich nicht um seine Arbeiten kümmern, wobei eine gewisse Verbitterung nicht zu überhören ist. Er legt sehr viel Wert darauf, daß seine Werke gepflegt werden (taken care of). Im Falle der Metallskulpturen bedeute das nicht, daß sie als Außenskulpturen nicht rosten sollen, aber er verstehe unter Pflege z. B. die Wiederanbringung aufgeplatzter Schweißnähte, die Reinigung von Vogelkot und anderem Schmutz. Was die Schaumstoffarbeiten anbetrifft, von denen er selbst noch einige besitzt, legt er Wert darauf, daß sie ohne direktes Sonnenlicht gezeigt werden und die Oberfläche von Staub und Flusen gereinigt würde. Die Vergilbung akzeptiert er als natürliche Alterung. Sei das Material

<sup>63</sup> Die englischen Formulierungen, die Chamberlain mir gegenüber benutzte, sind in Klammern gesetzt.

nicht mehr abriebfest, solle man das Werk zerfallen lassen (let it disintegrate). Er wendete sich gegen Ergänzungen der zerstörten Bereiche im Fall von "Funburn" durch ersetzbare Intarsien, teils aus der seiner Meinung nach technischer Unmöglichkeit und teils aus künstlerischer Überlegung (you can't put a nose back on a roman sculpture). Im Zusammenhang mit den durch Besucher verursachten Fehlstellen von "Funburn" erwähnt er eine weitere Form von Vandalismus an den Sofas, wo Besucher ihre Namen wie in Holz in den Schaum geschnitten hatten. Es schien ihn zu amüsieren, daß sie sich in ein nichtbeständiges Material verewigen. Zusammenfassend kann folgender fast widersprüchlicher Satz als Quintessenz gelten:

"Let it disintegrate, but look after it".

Auf die Frage, wie lange seine Metallsulpturen draußen halten würden, antwortete er an anderer Stelle:

J.C.: "Well, that was the complaint when I squeezed rubber in the 1960ies. Everybody said: 'How long will it last?' Two, that it was very sexual and, three, that I just wanted to get away from the metal.

H.G.: "Was it rubber or latex?"

J.C.: "That's the same question that came up earlier: What car did it come from? Nobody wanted the latex pieces because they wouldn't last. I still have works from that time."

H.G.: "They will last longer than we will."

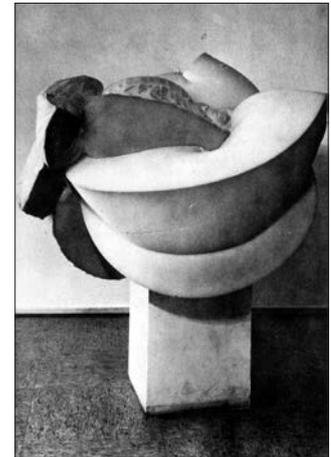
J.C.: "Probably last longer than the guys complaining about it."

(Geldzahler 1992: o. S.)

## "Funburn"

Der Sammler Karl Ströher, dessen Sammlung den Grundstein für die Sammlung des Museums für Moderne Kunst in Frankfurt bildet, erwarb das 1967 gefertigte Stück im Jahre 1969 über die Galerie Heiner Friedrich, Köln. Dahin war das Werk über die Galerien Leo Castelli, New York und Rudolf Zwirner, Köln, gelangt.

Künstler	John Chamberlain
Titel	"Funburn" (Abb.64)
Datierung	1967
Maße	H.: 100 cm; ø 170 cm
Besitzer	Museum für Moderne Kunst, Frankfurt am Main
FT-IR, Py-GC-MS	Polyurethan auf -etherbasis mit TDI als Isocyanat



**Abb.64**  
S/W Aufnahme von "Funburn" in der Sammlung Karl Ströher. Das Datum der Aufnahme ist unbekannt, vermutlich jedoch kurz nach dem Kauf 1969.

Das Hessische Landesmuseum in Darmstadt zeigte die Sammlung Ströher 1970. "Funburn" wurde auf einem Absatz im Treppenhaus ausgestellt, wo das Werk durch Seile vor Besuchern gesichert war. Es wurde trotzdem beobachtet, daß viele versuchten, das Stück anzufassen und es so beschädigten, so daß es nach relativ kurzer Zeit wieder ins Depot zurückgebracht werden mußte. Für eine weitere kurze Dauer wurde die Skulptur in einem der folgenden Jahre in der Sammlung Ströher im zweiten Stock des Hessischen Landesmuseums ausgestellt, und nachdem dieselben Probleme auftauchten, wieder ins Depot verbannt.<sup>64</sup>

Nachdem die Sammlung Karl Ströher 1991 in das Museum für Moderne Kunst inkorporiert wurde, blieb das Werk bis zum Beginn der im folgenden geschilderten Untersuchung verpackt im Depot, da der Zustand keine Ausstellung zuließ.

Der Zustand des Materials ist heute (1999) noch elastisch, aber bereits sehr weich. Die Farbigkeit variiert zwischen gelbgrau und gelborange, wobei die gelben bzw. bräunlichen Töne Resultate der Vergilbung sind, während der graue Schleier der Verschmutzung zuzuschreiben ist. Das Werk zeigt zahlreiche Fehlstellen in den Kantenbereichen und in den Flächen.

<sup>64</sup> Alle Details zum Verbleib von "Funburn" im Hessischen Landesmuseum sind der schriftlichen Mitteilung von Frau Dipl. Rest. A. Wiesmann-Emmerling vom 4.12.1998 entnommen.

Die Werke des Dia Center for the Arts, New York

Die künstlerische Intension, Material und Technik der Weichschaumskulpturen als auch allgemeine Besonderheiten und die Alterung des Materials wurden bereits erläutert. Im folgenden werden die fünf Werke von John Chamberlain im Besitz des Dia Center for the Arts (z. Zt. in der Obhut der Menil Collection) kurz vorgestellt.

Erhaltungszustand



**Abb.65**  
"Stuffed Dog 1", 1970, in Acrylglasvitrine festgeklebt. Die Oberfläche ist im Vergleich zu den gleichaltrigen Vergleichswerken bräunlich.



**Abb.66**



**Abb.67**



**Abb.68 Detail**  
Unterseitige Signatur und Klebung auf dem Acrylglasboden.



**Abb.69 Detail**  
Nylonkordel mit Knoten - fast alle Werke sind mit diesem Typ Kordel zusammengehalten.



**Abb.70**  
"Stuffed Dog 3", 1970  
Diese Skulptur ist am wenigstens gegilbt und verschmutzt und somit am besten erhalten.



**Abb.71**



**Abb.72**



**Abb.73**

"Stuffed Dog 9", 1970

Auch dieses Werk befindet sich in einem sehr guten Zustand. Der Schaumstoff ist geringfügig gegilbt, die Farbigkeit gut erhalten.



**Abb.74**



**Abb.75**



**Abb.76 Detail**



**Abb.77 Detail**



**Abb.78**

„Lop Nor“, 1967

„Lop Nor“ und „Soopad“ sind im Erhaltungszustand mit „Funburn“ zu vergleichen. Das Material ist stärker gegilbt, verschmutzt und beschädigt.



**Abb.79**



**Abb.80**



**Abb.81 Detail**

Das Material zeigt vielfältige Oberflächenstrukturen. Hier ist die sog. „Kuppe“ eines Weichschaumblockes zu sehen. Die blasenförmigen Krater bilden sich beim Härten des Schaumes an der Luft.



**Abb.82 Detail**

Hier ist das Gegenstück zur „Kuppe“, der „Boden“ sichtbar. Die kreisförmigen Eindrücke rühren von der „Kuppe“ her; beide Stücke waren scheinbar aufeinander gelagert. Es handelt sich um eine Eigenheit des Materials und nicht um einen Schaden.



**Abb.83 Detail**

Schäden durch Fehlstellen. Die Regelmäßigkeit der herausgezupften Stellen könnte auf ein künstlerisches Gestaltungsmittel hinweisen, es handelt sich jedoch um einen Schaden.



**Abb.84**  
„Soopad“ 1967.



**Abb.85**



**Abb.86**



**Abb.87**



**Abb.88 Detail**  
Weicheres (oben) und härteres (unten) Material unterscheiden sich farblich trotz identischer Analyseergebnisse deutlich in dunkler und heller.



**Abb.89 Detail**  
Chamberlain'sche Schnittspuren strukturieren die Oberfläche.



**Abb.90 Detail**  
Intakte, unbeschädigter Kantenverlauf.

Der Erhaltungszustand der von mir untersuchten sechs Werke von John Chamberlain ist höchst unterschiedlich. Obwohl die Werke alle im Zeitraum von 1967 bis 1970 entstanden sind, gibt es Vergilbungen von leicht gelb bis braunorange, sowie unterschiedliche Zustände bezüglich der externen und internen Alterung. Dies mag einerseits den zum Teil dreijährigen Unterschied in der Fertigung zuzuschreiben sein, andererseits müssen andere Faktoren wie Materialbeschaffenheit, Provenienz, Ausstellungsgeschichte sowie der Umgang mit den Werken berücksichtigt werden. Bei der Öffnung der Verpackung 1998 nach mehr als zehn Jahren Lagerung war das Erstaunen groß, daß ein Werk aus der "Stuffed Dog" Serie fast ungealtert schien und eine Leichtigkeit und Frische besaß, die durch den hellen und unbeschädigten Zustand bekräftigt wurden. In der Entstehungszeit müssen diese Werke eine starke Spannkraft und intensive Farbigkeit (weiß) besessen haben. Leider sind die meisten Kataloge aus dieser Zeit schwarzweiß gedruckt und daher nicht sehr aussagefähig. Ein Teil der Werke wurde 1984

fotografiert, vermutlich für das Werkverzeichnis, das im selben Jahr publiziert wurde. 1986 wurde ein Teil in einer Chamberlain-Ausstellung gezeigt und danach wurden die kleineren Werke zum Teil in PE-Folie in Pappkartons verpackt, und die Größeren in Holzkisten aus Sperrholz untergebracht und gelagert. Die anfänglich ungewöhnlich erscheinende Aufbewahrung in Pappkartons bzw. lose eingewickelt in Folie, hatte vielleicht einen positiven Effekt. Durch das hygroskopische Material und die lose, nicht eng abschließende Folie konnte Luftzirkulation stattfinden, die eventuell freiwerdende Gase abtransportierte. "Stuffed Dog I" (Abb.65-Abb.69) der fest in einer geschlossenen Acrylglasbox verklebt ist, zeigt einen schlechteren Oberflächenzustand als die beiden anderen Vergleichswerke (Abb.70-Abb.77) aus derselben Serie ohne Kasten. Die beiden größeren Werke "Soopad" (Abb.84-Abb.90) und "Lop Nor" (Abb.78-Abb.83) zeigen intensivere Vergilbungen und Verbräunungen und auch partiell bereits Abrieb, der bei den "Stuffed Dogs" noch nicht zu finden ist. Die letzten drei erwähnten Werke datieren aus 1967, die beiden besser erhaltenen aus 1970.

Es läßt sich heute nicht mehr mit Sicherheit feststellen, warum die Werke so unterschiedlich gealtert sind, obwohl sie alle aus mehr oder weniger demselben Material bestehen. Generell läßt sich feststellen, daß die beiden älteren Werke stärker verbräunt und verschmutzt sind, wobei die am häufigsten ausgestellten Werke "Lop Nor" - zwölf Stationen - und "Funburn" - vier Stationen - erwartungsgemäß den schlechtesten Zustand hinsichtlich der Beschädigungen durch Besucher aufweisen. "Lop Nor" und "Soopad" zeigen insgesamt einen etwas orangenen Farbton, während "Funburn" eher gelbbraun erscheint. Die Elastizität ist in den drei Fällen ähnlich, sowohl in den härteren als auch den weicheren Partien. Die kleineren und jüngeren Werke wurden jeweils nur zweimal gezeigt und hatten nur einen Vorbesitzer, bevor sie in das Dia Center for the Arts kamen, die anderen hingegen wechselten z. T. dreimal die Galerie. Die Auswertung der FT-IR Spektren zeigt, daß alle untersuchten Werke - bis auf "Stuffed Dog I", der in einer Acrylglasbox festgeklebt wurde und nicht untersucht werden konnte - aus Polyetherpolyurethan und einem nicht näher bestimmten Isocyanat bestehen. Über flüchtige Zusatzstoffe - ob z. B. ein Material mehr UV-Absorber enthält als ein anderes, und deshalb besser erhalten ist - können keine Aussagen gemacht werden. (Anhang S. 158 - 169.)



**Abb.91**  
„Funburn“ Datum der Aufnahme unbekannt,  
vor 1969.



**Abb.92**  
Datum der Aufnahme unbekannt,  
vermutlich nach 1969 und vor 1982.



**Abb.93**  
Zustand 1999.

### Erläuterung der Problematik von "Funburn" hinsichtlich ethischer und technischer Durchführbarkeit einer Restaurierung

Die Kunst der sechziger Jahre, vor allem "Pop Art" und "Fluxus", konfrontiert Museen und Restauratoren mit einer widersprüchlichen Aufgabe. Einerseits soll ein Museum Kunst sammeln, erhalten und pflegen, andererseits sind die Materialien, aus denen die Kunstwerke hergestellt wurden, von kurzer Haltbarkeit, da sie aus Anwendungsgebieten stammen, die keinen Haltbarkeitsanspruch stellen. Dies heißt jedoch nicht immer, daß die Künstler den Zerfall, wie z. B. Dieter Roth, thematisieren. Ferdinand Spindel etwa, der von der begrenzten Haltbarkeit des Weichschaumes enttäuscht war; stieg im Spätwerk auf anderen weiche Materialien wie Cord um; Piero Gilardi dagegen versuchte das Material durch Zusätze zu optimieren.

Wie geht ein Museum mit einem kurzlebigen Weichschaumwerk um? Inwieweit ist der Ansicht des Künstlers zur Erhaltung seiner Werke Rechnung zu tragen oder inwieweit ist der Bewahrungsauftrag des Museums darüber zu stellen, falls es entgegengesetzte Meinungen gibt? Chamberlains Ansichten zur Restaurierung - und nicht Konservierung - seiner Werke sind eindeutig. Im Falle von "Funburn" wünscht er keine Ergänzungen der Fehlstellen. Die trockene Oberflächenreinigung mit Staubsauger wurde akzeptiert und der Wunsch nach Schutz vor UV-Licht geäußert. Leider konnte ich ihm keine Abbildungen der verschmutzten, fleckigen Oberfläche zeigen, auch keine Proben intarsierter Stellen, die ihn von der technischen Machbarkeit, die er so stark anzweifelte, vielleicht überzeugt hätten - möglicherweise hätte sich seine Meinung geändert. Feststeht, daß das Werk außer seiner normalen, materialbedingten Alterung durch Vergilbung und Zerfall durch äußere Einflüsse sehr gelitten hat all diese Faktoren bedingen ein Erscheinungsbild, das keine natürliche Alterung widerspiegelt, sondern

vielmehr ein durch unsachgemäßen Umgang beschädigtes Werk zeigt. Und hier muß man dem Künstler recht geben, denn wäre das Werk nicht aus Weichschaum, sondern z. B. ein Bronzezug, wäre damit sicherlich anders umgegangen worden. Gilardi, der mit Chamberlain in den sechziger Jahren in New York befreundet war, wies in einer Diskussion über das Restaurierungskonzept für "Funburn" darauf hin, daß die von mir als wichtig erachteten Formen der "Skulptur" nebensächlich wären, denn wichtig sei in den ausgehenden sechziger Jahren die Suche nach einem neuen Weg, eine "Passage" aus den herrschenden Stilen zu finden, und dies wäre in Form der Interaktion mit dem Material zu sehen. Daher sei es z. B. durchaus möglich, das Werk entweder mit Einwilligung des Künstlers zu rekonstruieren oder unverändert auszustellen. Die Einwände bezüglich der Verschmutzung schienen Gilardi noch plausibel, die Ergänzung der Fehlstellen hingegen nicht.

Die Entscheidung, ob und wie man restauriert, hängt sehr stark von der Einschätzung der Bedeutung des Werkes ab und liegt letztendlich bei den zuständigen Kunsthistorikern.

Die in den nächsten Kapitel erprobten Werkstoffe und Anwendungsmöglichkeiten beruhen auf meiner Einschätzung des Kunstwerkes als einer erhaltungswürdigen, von Material und Form bestimmten Skulptur, deren Aussagekraft und Wirkung durch Beschädigung und Verschmutzung stark beeinträchtigt ist.

\* \* \*

## IV Untersuchung von Materialien und Anwendungsverfahren zur Konsolidierung, Reinigung und Intarsierung von "Funburn"

Die Restaurierungsproblematik der Weichschaumwerke kreist um einen relativ eng eingegrenzten Themenkomplex. Ist die Frage nach Sinn und Ziel der Restaurierung entschieden, folgt die schwierige Wahl der Materialien und Verfahren zur Durchführbarkeit von Reinigung, Konsolidierung und Ergänzungen. Das folgende Kapitel untersucht ausgewählte Materialien und Anwendungen anhand konkreter Beispiele.

### Material und Zustand

Nach Untersuchung von Materialproben mit FTIR und Py-GC-MS<sup>66</sup> hinsichtlich der Materialzusammensetzung sowie der Analyse der in der Kiste befindlichen Atmosphäre hinsichtlich ausgasender Stoffe kann festgestellt werden, daß es sich bei vorliegendem Material um eine Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis handelt, der vermutlich unter Verwendung von TDI hergestellt wurde. Aus dem Material flüchtige Substanzen sind neben Antioxidantien, Weichmacher, Katalysatoren und UV-Absorber:

Der Schaum ist gegilbt, verbräunt und unterschiedlich verschmutzt. Neben der Verschmutzung durch Staub, die relativ gleichmäßig auf der gesamten Oberfläche - die Unterschnitte ausgenommen - liegt, gibt es noch Laufspuren einer nicht genauer bestimmten Substanz (Abb.99), sowie dreiecksförmige, grau verschmutzte Stellen (Abb.96), die vermutlich damit zu erklären sind, daß das Werk in Folie verpackt gelagert war, wobei die Folie nicht alle Bereiche bedeckte und die exponierten Stellen stärker verschmutzten als die geschützten.

Kantenbereiche und z.T. auch die Flächen sind durch herausgerissene Stellen stark beschädigt. Die Fehlstellen befinden sich z. T. in Bereichen, wo das Material durch Alterung gerissen war und diese Risse verstärkt zum Anfassen verlockten (Abb.98). Die oberste Partie des Werkes ist durch eine zu niedrige Kiste irreversibel gequetscht (Abb.97).

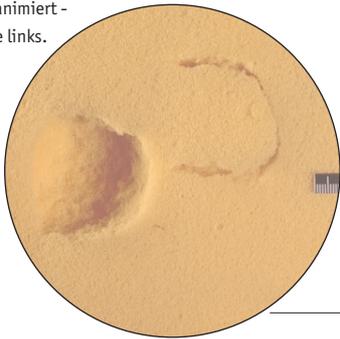
Der Schaum ist weichelastisch und zeigt noch keinen Abrieb. Die Weichheit rührt nicht nur von der Qualität des Schaumes her, sondern ist Folge der Alterung. Die anfänglich elastischen Schäume werden mit der Zeit weich, Eindrücke springen nicht mehr zurück, der Schaum bleibt deformiert. Dieses Stadium ist noch nicht erreicht, steht jedoch vermutlich nicht mehr lange aus. Die Untersuchungsergebnisse der Material- und Luftproben in Verbindung mit den in Teil I und II erarbeiteten Eigenheiten der PUR (ET)-Weichschäume lassen die Anforderungen an das Restaurierungskonzept Form gewinnen.

---

<sup>66</sup> Alle Spektren im Anhang (S. 155-156)

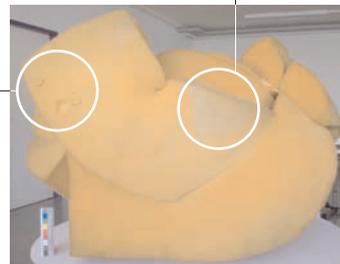
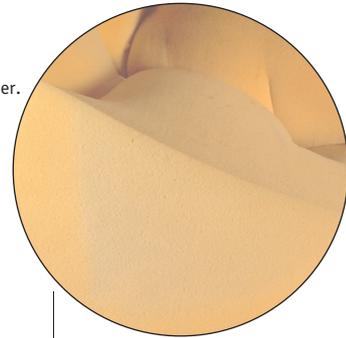
**Abb.95 Detail**

Rißbildung durch Alterung rechts, und  
- vermutlich dadurch animiert -  
herausgerissene Stelle links.



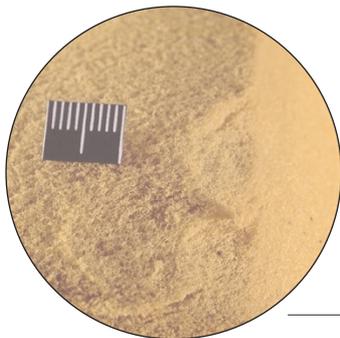
**Abb.96 Detail**

Oberflächenverschmutzung; die  
Dreiecksform rührt vermutlich von  
einer unzulänglichen Verpackung her.



**Abb.94**

„Funburn“: Schadenskartierung.



**Abb.97 Detail**

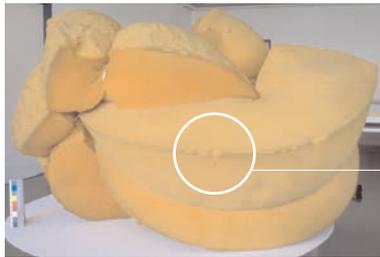
Verpresste Oberfläche, verursacht  
durch länger anhaltenden Druck.



**Abb.94**

„Funburn“.

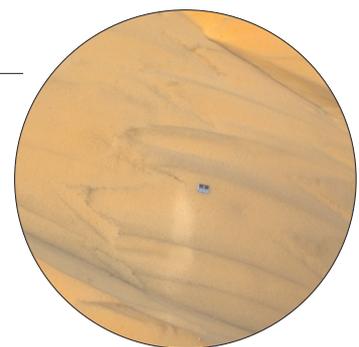
**Abb.98**  
Beschädigter Kantenbereich durch  
herausgerissene Stücke.



**Abb.94**  
„Funburn“: Schadenskartierung.



**Abb.94**  
„Funburn“: Schadenskartierung.



**Abb.99**  
Verschmutzung durch  
aufgetropfte Flüssigkeit.

## Konzept

Es stehen für das Restaurierungskonzept von "Funburn" vier Punkte zur Diskussion:

1. Oberflächenreinigung
2. Ergänzung der herausgerissenen Teile
3. Prophylaktische Konsolidierung der Oberfläche mit einem geeigneten Mittel um die Alterung zu verzögern und die Oberfläche zu schützen
4. Entwurf einer geeigneten Ausstellungssituation, Lagerungsempfehlungen,

### Wartungsempfehlungen

In keinem der Schritte soll es darum gehen, das Werk künstlich zu verjüngen oder die Alterung ungeschehen zu machen. Es sollen die Spuren beseitigt werden, die dem Werk geschadet haben (Punkte 1 und 2). Schmutz und Fehlstellen lenken von der eigentlichen Erscheinung ab. Das Werk wird mißachtet, weil es so schmutzig und kaputt ist, und nicht, weil es z. B. aus dem billigen "Schaumstoff" besteht. Die Reinigung ist eine konservatorische Maßnahme, während die Ergänzungen aus ästhetischen Überlegungen erwogen werden.

Zusätzlich steht zur Überlegung, ob eine prophylaktische Festigung der Oberfläche den Zerfall verzögern könnte (Punkt 3). Da eine Ausstellungssituation in einer sauerstofffreien Vitrine oder ähnliche technisch aufwendige Apparaturen für den Museumsbetrieb häufig aus ästhetischen und ökonomischen Gründen unrealistisch sind, wäre die "Beschichtung" der Oberfläche ein Schutz gegen Oxidation, Verstaubung und Schadstoffe in der Luft.

## Konsolidierung

Die Schadensproblematik bröselnder PUR-Schäume ist vergleichbar mit pudernden Malschichten. Eine obere Schicht trennt sich von einer unteren, da kein Verbund mehr besteht. Bei den PUR-Weichschäumen trennt sich zuerst die äußerste Schicht ab, die am meisten Kontakt zu Luft, Wasser und Schadstoffen hat. "Still Life with Watermelons" von P. Gilardi zeigt eine ca. 1 cm starke Schicht, die fast nur noch durch die Farbe zusammengehalten wird. Eine Festigung der Oberfläche schafft eine stabilere Außenzone, die einer durchlässigen Haut ähnelt. Es gilt, die Charakteristika des Weichschaumes, Flexibilität und Spannkraft, zu erhalten. Generell scheinen farbig behandelte Werke stabiler zu sein als die unbehandelten. Spindel etwa hat die Farbe aufgespritzt und die Oberfläche der offenzelligen Schäume somit weitgehend verschlossen. Dies bietet eine Erklärung dafür, daß die Ursachen für Oxidation wie Wärme oder Schadstoffe und Feuchtigkeit weniger Zugang zur Oberfläche haben als ungeschützte

---

Schäume. Der Spindel'sche Farbauftrag ist relativ dicht, bleibt jedoch an der Oberfläche, während Gilardi stärker verdünnte Acrylfarben nimmt, in denen er das Material auch tränkt. Dementsprechend ist das Problem bei Spindel eher die Reißbildung des unter Spannung stehenden Materials, als die Pudrigkeit desselben. Die Sitzskulptur "Il Piede" von Gaetano Pesce weist vor allem an den Stellen, wo der schützende Originalüberzug fehlt, verstärkten Polymerabbau auf. Diese und andere ähnliche Beobachtungen sowie die Mitteilung von Prof. Dr. Althöfer, daß die in den siebziger Jahren mit "Technicoll Nr. 8100" besprühte Arbeit von Gilardi "Objekt mit Maiskolben" heute "in gutem Zustand" sei, veranlaßten die Überlegung zur Prüfung unterschiedlicher Materialien zum Zwecke der Festigung von zerfallenden, kreadenden Weichschaumoberflächen. Der "Technicoll" Sprühkleber enthält neben den Lösungsmittel Aceton, Naphta, Toluol als klebende Komponente Polychloropren,<sup>67</sup> eine Verbindung, die zum Beispiel auch in "Pattex" enthalten ist.

### Anforderungen

Für das Werk "Funburn" und andere, bereits an der Oberfläche bröselnde Polyurethanweichschäume, werden im folgenden experimentellen Teil geeignete Materialien zur Festigung und Prophylaxe überprüft.

### Anwendung

Im Falle von "Funburn" ist das Material noch elastisch; in vielen anderen Fällen jedoch versprödet und daher mechanisch nicht belastbar. Aufbringung mit Pinsel oder Rollern ist aufgrund der mechanischen Beanspruchung meist nicht möglich. Es sollte daher ein Mittel gewählt werden, dessen Konsistenz Vernebelung durch Druckluft oder Ultraschall erlaubt, welche aufgrund der kleineren Teilchengröße mit 1-10µm der Airbrushmethode (ca. 100µm) vorzuziehen ist.

### Zusätze

Wie bereits erwähnt, verflüchtigen sich aus dem Schaum nach wie vor chemische Verbindungen, die als säuerlich stechender Geruch wahrnehmbar sind. Wobei es sich im Einzelnen handelt, ist in Tabelle 5 zu ersehen. Es handelt sich sowohl um saure als auch basische Verbindungen. Das Konsolidierungsmittel sollte mit diesen Verbindungen nicht reagieren.<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> Sicherheitsdatenblatt der Fa. H. B. Fuller vom 16.11.1998.

<sup>68</sup> Gelatine versetzt unter Formalineinwirkung pers. Mitteilung Herr Manfred Schnitzler; Stoess AG.

## Lichtechtheit und Alterungsstabilität

Trotz der geringen Lebensspanne des Werkes sollten die zur Restaurierung verwendeten Materialien den üblichen Kriterien entsprechen. Die Frage nach der Reversibilität kollidiert fast mit der Form des Auftrages: Konsolidierungsmittel, die in fein zerstäubter Form auf eine fragile Oberfläche gebracht werden, sind vermutlich nicht reversibel, da allein die mechanische Beanspruchung einer Abnahme zu groß wäre.

## System

Die Gefährdung der Weichschaumoberfläche durch Hydrolyse ist bei den PUR-Weichschäumen auf Polyesterbasis wesentlich schlechter als bei den PUR auf Polyetherbasis. Da es sich bei "Funburn" um PUR auf Polyetherbasis handelt, kann eine wässrige Lösung oder Dispersion in Betracht gezogen werden. Die Empfindlichkeit gegen organische Lösungsmittel ist bei den Ethern schlechter als bei den Estern, auch das spricht für eine wässrige Behandlung. In der Praxis hat sich gezeigt, daß z. B. durch Alkohol verursachte Quellungen (Abb.100) wieder zurückgehen, sich aber gelöste und aufgeschwemmte Stoffe als Grenze markieren können. Bei gealterten Schäumen kann das oftmals sprödere Material die Quellung nicht mehr verkraften und bricht. Ein wässrig gelöstes oder dispergiertes Material ist daher anzuraten.

## Adhäsion und Klebkraft

Legt man für die Konsolidierung von Polyurethanen ähnliche Parameter<sup>69</sup> wie für die Verklebung an, werden folgende synthetische Verbindungen empfohlen:

Nitrile<sup>70</sup>, Polyurethane (Elastomere), Cyanoacrylate (Thermoplasten) sowie Epoxid- und Polyesterharze (Duroplasten).

(Skeist 1990: 580, Tab. 4)

Cyanoacrylate, Epoxidharze und Polyester fallen aufgrund ihrer Löslichkeitsparameter und Härte heraus. Die Anwendung der zahlreichen in der Restaurierung bekannten Kunststoffe, die in den Bereich der Elastomere fallen, soll aus unterschiedlichen Gründen nicht getestet werden. Polyvinylalkohole und Polyvinylacetate haften nicht besonders gut auf Polyurethan und es könnte sich nach einiger Zeit eine Abspaltung des Mittels vom Träger ergeben.<sup>71</sup> Reine Polyvinylalkohole (z. B. Mowioltypen) vernetzen unter UV- Einwirkung, in saurer oder

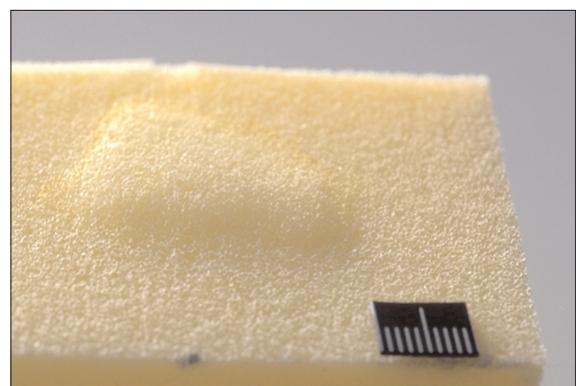


Abb.100  
Quellung eines PUR (ET)-Weichschaumes mit Alkohol.

<sup>69</sup> Da die Anforderungen an eine PUR-PUR-Klebung andere sind als für eine PUR-Beschichtung, können diese Angaben nur als Hinweise für hervorragende Haftung der genannten Materialien auf dem PUR-Grund gelten.

<sup>70</sup> Nitrile = Stickstoffhaltige Verbindungen.

<sup>71</sup> Pers. Mitteilung Chris McGlinchey, Oktober 1998.

alkalischer Umgebung, mit metallischen Salzen (anorg. Pigmenten) und einigen Farbstoffen. Verantwortlich sind die reaktiven OH-Gruppen, die in einem voll hydrolysierten Polymer fast 100% ausmachen können. Horie lehnt den Einsatz der PVAL für herkömmliche Konservierungszwecke ab. (Horie 1995: 96-102) Da die PUR-Weichschäume häufig alkalische Verbindungen, z. B. Amine, abgeben, scheint der Einsatz von PVAL trotz der eventuell guten technischen Anwendbarkeit nicht sinnvoll.<sup>72</sup>

Polyvinylacetate (Mowilith-, Vinamultypen) besitzen pH-Werte zwischen 3 und 6, sowie äußerst niedrige Glasübergangstemperatur (T<sub>g</sub>) zwischen 5-10 °C (Horie 1995: 95) Raumtemperatur folglich klebrig. Sie besitzen ebenfalls einen hohen OH-Gruppenanteil und sind daher ähnlich wie Polyvinylalkohole für Hydrolyse anfällig.

Polyvinylacetatdispersionen vernetzen zwar nicht (Kühn 1981: 343), können aber vergilben und unter Feuchtigkeitseinfluß Essigsäure abspalten. 1992 wurden am CCI (Down 1992: 19-44) zahlreiche in der Restaurierung verwendete Klebstoffe, darunter auch Mowilithtypen untersucht (DM 5, DM C2). Beide vergilben und spalten Säure bis zu 20µg pro 1g Klebstoff ab.

Andere, aromaten gelöste Kunststoffe wie Acrylharze, kommen aufgrund der Lösungsmittlempfindlichkeit gealterter Schäume nicht in Frage. Geht man noch einmal auf die für Klebung empfohlenen Verbindungen ein, bleiben die Polyurethanverbindungen selbst übrig, die aufgrund der Stoffklassenverwandschaft naheliegend sind.

Polyurethanbeschichtungen sind heute für unterschiedliche Materialien üblich, etwa für Papier, Leder oder Metalle. Anionische Polyurethandispersionen auf der Basis aliphatischer<sup>73</sup> Isocyanate sind in Wasser gelöst erhältlich.

Die in der Restaurierung vorkommenden natürlichen oder modifizierten Klebstoffe kommen in den technischen Handbüchern nicht zur Anwendung. Glutinleime oder Methylcellulosen besitzen jedoch ebenfalls Haftungseigenschaften auf Polyurethan. Versuche zur Verklebung von Weichschäumen mit unterschiedlichen Konzentrationen von Methylcellulosen und Gelatinen haben gezeigt, daß beide Materialien Schäume miteinander verkleben können. Das Problem besteht jedoch darin, daß im Innern der Fläche das Wasser kaum verdunstet und lange feucht bleibt. Die Klebung ist an den Rändern fest und in der Mitte noch offen. Die Festigkeit der Bindung ist nicht mit der einer synthetischen Verklebung zu vergleichen, wobei die Gelatine bei einfachen Klebetests bessere Adhäsion aufweist als die Methylcellulose.

### Elastizität und Trocknungsschwund

Das Material sollte spannungsarm aufdrehen um das gealterte Polymer nicht zusätzlich zu belasten. Im getrockneten Zustand sollte der Film elastisch bleiben.

<sup>72</sup> Aleth Lorne erwähnt in ihrem Restaurierungsbericht Festigungsversuche mit Plextol B500, die einer Vernetzung der Schäume mit zwei Tropfen Agepon auf 25%ige Lösung bedurften (Lorne 1997: 13).

<sup>73</sup> Im Gegensatz zu den aromatischen Isocyanaten wie TDI, die durch Bildung von chromophoren fotochemische Spaltung erfahren, was in Glanzabfall, Kreidung und Gelbfärbung resultiert.

## Aerosole

Die von Grattan und Bilz am CCI seit 1981 entwickelte Parylene-Konsolidierung<sup>74</sup>, die ausführlich entwickelt und geprüft wurde, überzeugt für kleinere Objekte, erscheint für größere Werke wie die von Gilardi oder Chamberlain jedoch aufgrund der benötigten Unterdruckkammer unpraktikabel.

Die herkömmliche, bereits bei der Konsolidierung des Werkes von Gilardi eingesetzte Sprühmethode kann durch die Anwendung von Aerosoltechnik dahingehend modifiziert werden, daß größere Flächen mit einer gleichmäßigen Schicht von sehr kleinen Teilchen versehen werden können.

Der Vorteil der Aerosole besteht in der Teilchengröße von 1-10 µm (Michalski 1997: 15) die somit wesentlich kleiner als die mit einem Pumpspray oder einer Spritzpistole gewonnenen Teilchen sind. Das Festigungsmittel erreicht daher extrem kleine Zwischenräume des zu festigenden Materials. Die Anwendung von Aerosolen im Bereich pudernder Farbschichten wurde von mehreren AutorInnen mit jeweils unterschiedlicher Problemstellung untersucht und durchgeführt.<sup>75</sup> Der Einsatz bei pudernden Malschichten und Kreidebeschriftungen hat sich erfolgreich bewährt. Grundsätzlich unterscheidet man die Ultraschallvernebelung von der Druckluftvernebelung: Kessler untersuchte 1997 die beiden Verneblungsgeräte und entwickelte in Zusammenarbeit mit der Firma Becker Preservotec, ein modifiziertes Druckluftgerät, das die Arbeit an größeren Flächen ermöglicht. Grundsätzlich ist die Festigungsmittelkonzentration beim Druckluftvernebler höher als beim Ultraschallvernebler.

	<b>Gelatine</b> %	<b>MC 4000</b> %	<b>Tylose MH300</b> %	<b>Verneblungsart</b>
<b>AGS 2000</b>	1,5	0,3	0,8	Ultraschallvernebler: Anregung durch piezo-elektrischen Wandler 50 Hz
<b>Respigard II</b>	4 > (5 max.)	0,6	1,5	Druckluftvernebler Membrankompressor mit 1,5 - 2 bar

**Tabelle 6<sup>76</sup>**  
 Festigungsmittelkonzentrationen bei unterschiedlichen Aerosolsystemen.

Die erforderliche Dispergierbarkeit oder Löslichkeit in Wasser ist für die Vernebelung von Vorteil, aber auch alkoholgelöste Materialien - z. B. Kluceltypen - können vernebelt werden. Die Konzentration der zu vernebelnden Lösung ist je nach System unterschiedlich. Synthetische Materialien können im Ultraschallvernebler (engl. „Mister“) bis zu 5 %ig vorliegen, (Dignard 1997: 130), also durchaus Konzentrationen, die bei herkömmlichen Festigungsmethoden in der Gemälderestaurierung eingesetzt werden.

<sup>74</sup> Parylene C ist der Handelsname für ein Poly - Monochloro - Para - Xylylen, ein gasförmiges Polymer, das durch Pyrolyse verdampft wird. Im Unterdruck wird das gasförmige Festigungsmittel durch die Kammer gezogen und verteilt sich gleichmäßig auf der Oberfläche in einer Stärke von ca. 500-250.000 Angström = 0,5µ - 25µ (SCS Coating Systems o.J: 3).

<sup>75</sup> Dierks-Staiger (1997), Kessler (1997), Sommermeyer (1998).

<sup>76</sup> Auszüge aus einer noch unveröffentlichten Tabelle von Dipl. Rest. Andrea Pataki, Stuttgart.

## Ziel der Festigung

Ziel der Oberflächenkonsolidierung bei abgebauten Schäumen ist die Wiederverfestigung versprödeter Zellstege, die während der Alterung erst verbräunen und bei PUR (ES) bei fortgeschrittener Alterung brechen. Die Eindringtiefe des Konsolidierungsmittels sollte 2-3 mm betragen, um ausreichende Festigkeit zu vermitteln.

## Materialien

Aus der Vielzahl von Festigungsmitteln wurden drei unterschiedliche Gruppen ausgewählt, die hinsichtlich ihrer Verträglichkeit, Alterungsqualitäten und Anwendbarkeit als Festigungsmittel für die Weichschäume interessant erschienen. Es handelt sich um

1. Gelatintypen Gelita der Firma DFG Stoess, Eberbach
2. Methylcellulose Typen der Firmen Hoechst und Henkel
3. Polyurethandispersion der Fa. Bayer, Leverkusen

Die "natürlichen" Materialien sind in der Restaurierung bekannt und sollen im Falle der Gelatine stellvertretend für andere Glutinleime wie z. B. den Störleim eingesetzt werden, da es Gelatine in zahlreichen Qualitätsstufen gibt, und die industrielle Produktion maximale Reinheit garantiert. Störleim oder andere Glutinleime haben je nach Herkunft eine unterschiedliche Klebkraft und sind daher schlechter objektivierbar.

Methylcellulosen besitzen gute Alterungseigenschaften, können vernebelt werden und besitzen ausreichende Klebkraft, auch sie sind in der Restaurierung seit längerem bekannt.

Die Polyurethandispersion ist aus ähnlichen Rohstoffen hergestellt wie der zu konsolidierende Schaum, ist jedoch im Gegensatz dazu sehr licht- und alterungsbeständig, abriebfest und elastisch. Aus der Vielzahl von Dispersionen wurde die hydrolysebeständigste, lichtechteste und elastischste gewählt, deren Einsatzbereiche normalerweise im Bereich der Leder- und Textilbeschichtung liegen.

	<b>Polyurethandispersion</b>	<b>Methylcellulose</b>	<b>Gelatine</b>
<b>Handelsname</b>	Impranil DLV	Culminal	Gelita
<b>Handelsform</b>	wässrige Dispersion, 40 % Feststoffgehalt	Granulat	Blätter oder Pulverform
<b>Farbe</b>	weiß	weiß	transparent/ bräunlich
<b>Hauptbestandteil</b>	Polyester-polyether- polyurethan auf aliphatischer Isocyanatbasis	Kohlenhydrat	Protein
<b>Sicherheitvorkehrung</b>	Aerosole und Dämpfe nicht einatmen, Haut- und Augenkontakt vermeiden	Aerosole nicht einatmen	Aerosole nicht einatmen

Tabelle 7

Allgemeine Produktinformationen der zu Festigungszwecken gewählten Materialien<sup>77</sup>.

	<b>Polyurethan- dispersion</b>	<b>Methyl- cellulosen</b>	<b>Gelatinen</b>
<b>Tg °C</b>	0	140	variiert
<b>Viskosität mPas<sup>79</sup></b>	15 - 30 bei 40% Lsg. bei 25 °C	15 - 4000 Culminal	Blomwert 230 - 260 3-4 bei 6,67 % Lsg. bei 60°C
<b>Ladung</b>	anionisch	nichtionogen	anionisch oder kationisch
<b>pH-Wert</b>	5,5 - 7,5	-	Typ A 4.9-5, Typ B 5-6
<b>Aufstrich</b>	transparent matt weichelastisch	transparent seidenmatt elastisch	transparent glänzend sprödeelastisch
<b>Abbau</b>	-	pH < 3 und > pH 11	durch Enzyme oder < pH 3 und > pH 9
<b>Härtung</b>	kann mit Melaminharz- vernetzern gehärtet werden	-	vernetzt unter Formalineinfluß, Aldehyden, Gerbsäuren
<b>Trocknung</b>	physikalisch	physikalisch	physikalisch
<b>Löslichkeit</b>	mischbar mit Wasser	löslich in Wasser bis 55 °C	löslich in Wasser, Ethylenglykol Glycerin, Formamid, Essigsäure
<b>Verneblung mit Druckluftvernebler</b>	max. 20 %	max. 2,5 %	max. 5 %

Tabelle 8

Spezielle Eigenschaften der zu Festigungszwecken gewählten Mittel.

<sup>77</sup> Die Angaben für die PUR-Dispersion wurden der Produktinformation der Fa. Bayer entnommen, die für Methylcellulose aus Horie (1995), für Gelatine aus Produktinformationen der Fa. Stoess.

<sup>78</sup> Millipascalsekunden: Auslaufzeit einer Lösung aus einem definierten Trichter gemessen in Sekunden, ein Maß für die Viskosität eines Stoffes.

## Gelatine

Rohstoff für die Gelatineproduktion sind tierische Häute wie Schweineschwarten, Rinderspalt<sup>79</sup> und Knochen, die Kollagene enthalten. Kollagen an sich besitzt eine vernetzte dreidimensionale Molekularstruktur und muß durch Hydrolyse aufgeschlossen werden. Schweineschwarten werden normalerweise sauer aufgeschlossen, wobei der pH-Wert der Gelatine zwischen 8 und 9 (Typ A = acid processed) liegt. Alkalisch aufgeschlossen werden Rinderspalt und Knochen, der pH-Wert liegt zwischen 4,8 und 5,4 (Typ B = basic processed). Gelatinen enthalten neben 84-90% Hauptbestandteil Protein (Aminosäuren) ca. 2-4% mineralische Salze und 8-12% Wasser. Neben den bekannten Speisegelatinen gibt es eine große Produktpalette von Foto-, Pharma-, und Kosmetikgelatinen, die sich in Reinheitsgrad, Bloomwert<sup>80</sup> und pH-Wert unterscheiden.

(Angaben sind der folgenden Website entnommen: [www.dfg.stoess.com/home.htm](http://www.dfg.stoess.com/home.htm), Stand 03/99)

Die Nachteile der Gelatinen sind bekannt: Sie verspröden und vergilben, sind nur in warmer Lösung zu verarbeiten und anfällig gegen Mikroorganismen. Vorteilhaft sind die den PUR ähnlichen Stickstoffbindungen in den Peptidketten<sup>81</sup>, die guten Vernebelungseigenschaften und hohe Klebkraft.

## Methylcellulose

Methylcellulose ist ein Celluloseether aus der Stoffklasse der Kohlenhydrate. Je nach Herstellung unterscheidet man Methylcellosen (MC) und Hydroxypropylmethylcellulosen (HPMC). Aus der gereinigten Cellulose wird durch Methylierung, also Substitution von OH- durch CH<sub>3</sub>-Gruppen, Methylcellulose gewonnen. Die Zahl hinter dem Produktnamen gibt den Polymerisationsgrad an, z. B. Tylose MH 15 - Culminal 4000. Feller und Wilt untersuchten (1990) eine Vielzahl von Celluloseethern hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Alterungsbeständigkeit. Hierbei schließen die Methylcellulosen unter den Celluloseethern am besten ab, sie sind am lichtbeständigsten und alterungsstabilsten. Die Beständigkeit gegen Mikrobakterien ist bei Methylcellulosen im Gegensatz zu Celluloseethern sehr gut. (Masschelein-Kleiner zit. in Sommermeyer 1998: 31) Nachteilig ist die schlechtere Haftkraft auf PUR.

<sup>79</sup> Rinderspalt = Bindehautgewebe des Rindes.

<sup>80</sup> Bloomzahl gibt die Elastizität eines Gallertwürfels an.

<sup>81</sup> (Uhlig 1998: 11)

$\begin{array}{c} \text{R}-\text{N}-\text{C}-\text{O}-\text{R} \\   \quad    \\ \text{H} \quad \text{O} \\ \text{Urethan} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{N}-\text{C}-\text{R} \\   \quad    \\ \text{H} \quad \text{O} \\ \text{Protein} \end{array}$
--	---

## Polyurethandispersion

Es wurde eine Dispersion ausgewählt, die für Textil- und Lederbeschichtungen eingesetzt wird. Es handelt sich um eine einkomponentige, d. h. nichtreaktive Dispersion auf aliphatischer Isocyanatbasis und Polyester.

Wäßrige Polyurethandispersionen wurden bereits in der Textilrestaurierung zur Intarsienverklebung positiv beurteilt und eingesetzt (Massa 1991: 173) und sind nicht zu verwechseln mit den reaktiven PUR-Festigungsmitteln, die unter Sauerstoffeinfluß härten und in der Leder- und Steinkonservierung versuchsweise Verwendung fanden (Shashoua: 1991, Auras 1993: 256). Die Vorteile der Dispersionen liegen neben ihrer Verträglichkeit mit dem zu festigenden Material in ihrer hohen Lichtstabilität (7 von 8) und weichelastischen Filmbildung. Sie sind aerosoltauglich und mit Wasser mischbar. Nachteile sind der bisher geringe Erfahrungsschatz in der Anwendung als Restaurierungsmaterial, die Irreversibilität des Beschichtungsprozesses und die Gesundheitsgefährdung durch Einatmung der Aerosole bei der Anwendung.

## Versuchsreihen zur Vernebelung der Konsolidierungsmittel

### Gelatinen

Zunächst wurden zwei Speisegelatinen unterschiedlicher Bloomzahl: 80 (niedrig viskos) und 230-260 (hochviskos<sup>82</sup>) für den benötigten Zweck ausgewählt.

Beide Typen wurden in verschiedenen Konzentrationen in Aerosolform mit dem Ultraschallvernebler auf Glasträger aufgebracht, um Transparenz, Verteilung und Stärke des Auftrags festzustellen. Da die Aerosole nicht in die Lunge gelangen dürfen, mußte mit Feinstaubmaske FFP1 unter dem Abzug gearbeitet werden. Dieser wurde innen mit schwarzem Karton ausgelegt, um das Aerosol besser sichtbar zu machen. Die Objektträger wurden zur Hälfte als Referenz abgeklebt. Es wurden jeweils 13 Aufträge vorgenommen, wobei der Strahl von links nach rechts parallel zum Glasträger in einem Abstand von 3 cm geführt wurde. (vgl. Abb. 102) Ausgangspunkten waren die Arbeiten von Dierks-Staiger, Kessler und Sommermeier, in denen die Konsolidierungen unterschiedlicher Malschichten niedrigkonzentriert erfolgten. Da bei den kreadenden Weichschäumen jedoch die Oberfläche dreidimensionaler strukturiert ist als bei den "flachen" Malschichten, mußte mit höheren Konzentrationen gearbeitet werden, da die zu festigenden Zellstege einen erheblichen Halt, d. h. einen sie umhüllenden Film benötigten, um stabilisiert zu werden.

<sup>82</sup> DFG Stoess AG, Eberbach, Baden (Hg), Produktspezifikation Gelita Blattgelatine 600 Blatt/kg weiß, 02/1999.

Gelatine „Gelita“ Bloomwert	Konzentration in H <sub>2</sub> O dest.	Vernebler %	Ergebnis
230-260	0,1	AGS 2000 <sup>83</sup>	+
80	0,1	AGS 2000	+
230-260	0,5	AGS 2000	+
80	0,5	AGS 2000	+
230-260	1	AGS 2000	+
80	1	AGS 2000	+
230-260	1,5	AGS 2000	+
80	1,5	AGS 2000	+
80	3	Respirgard II <sup>84</sup>	+
80	5	Respirgard II	+
230-260	5	Respirgard II	+

+ Vernebelung positiv

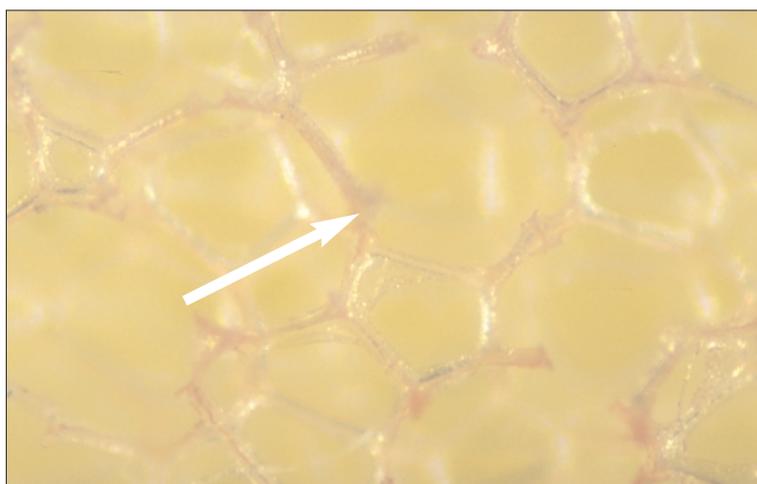
**Tabelle 9**

Ergebnisse der unterschiedlich hohen Festigungsmittelkonzentrationen und Vernebelungsmethoden.

Der Vergleich der beschichteten Objektträger zeigte, daß in einem Bereich von 2-5 % gearbeitet werden sollte, um einen gleichmäßigen Auftrag zu erreichen.

Um zu testen, wie tief und wohin sich die Gelatine sich anlagert, wurde eine bereits rotgefärbte (Farbstoffe E 122 und E 104) Gelatine Bloomzahl ca. 220 auf einen hellen, neuen Schaum ebenfalls insgesamt ca. zwölfmal beschichtet. Unter dem Mikroskop zeigte sich ein gleichmäßig sich um die Äste legender, dünner Film; die Oberfläche fühlte sich härter an und zeigte einen rötlichen Schimmer (Abb.101). In 12,5 facher Vergrößerung war deutlich zu sehen, daß die Gelatine - angenommen, ihre Lage ist mit der des Farbstoffes identisch<sup>85</sup> - bis etwa einen mm unter die oberste Zelllage des Weichschaumes eingedrungen war.

Um die Anwendbarkeit auf einen abgebauten Polyurethanschaum zu testen, wurde ein stark abgebauter PUR (ES)-Weichschaum<sup>86</sup> mit 5 %iger Gelatinelösung Bloomwert 230-260 mit Druckluftvernebler (2 bar) beschichtet. Der Nachteil der Druckluftvernebler besteht bei Gelatinelösungen darin, daß die Druckluft die Gelatinelösung rasch abkühlt; sie mußte deshalb minütlich wieder erwärmt werden.<sup>87</sup> Die Festigung des bröseligen Schaumes, der von größeren Tröpfchengrößen bereits zerdrückt oder weggeblasen worden wäre,



**Abb.101**

Die schwach sichtbare rötliche Gelatineschicht hat sich um die obersten Zellstege gelegt.

<sup>83</sup> Ultraschallvernebler.

<sup>84</sup> Druckluftvernebler mit 2 bar.

<sup>85</sup> Um festzustellen, ob der Farbstoff tatsächlich an die Gelatine gebunden ist und sich nicht von dieser getrennt hat, wurde ein Proteinnachweis mit dem Ninhydrinrest vorgenommen. Hierzu wird gelöste Gelatine auf ein Filterpapier gegeben und mit dem Test besprüht. An den proteinbesetzten Stellen erfolgt eine Violettfärbung, die sich von der roten Eigenfarbe der Gelatine unterscheidet. In vorliegendem Falle schienen sich Farbstoff und Violettfärbung nicht an denselben Stellen zu befinden.

<sup>86</sup> Es handelt sich um einen in einem Aktenkoffer als Polstermaterial eingelegten Schaum aus dem Jahre 1966.

<sup>87</sup> Außerdem sollte die Atmosphäre feuchtigkeitsgesättigt sein, um ein Trocknen der Aerosole auf dem Weg zum Objekt zu verhindern. Diese Arbeitsweise ist an größeren Flächen nicht denkbar.

zeigte sich erfolgversprechend. Zunächst mußte der Strahl ca. 10 cm entfernt vom Objekt gehalten werden; es gelangte so wenig Aerosol auf die Oberfläche, aber das Risiko des Partikelverlustes wurde gering gehalten. Nach einiger Zeit kann bis zu 2 cm nahe herangegangen werden. Insgesamt wurden zwei komplette Durchgänge mit jeweils sechs Aufträgen durchgeführt. Nach dieser Behandlung war der gefestigte Schaum optisch etwas dunkler als das Referenzstück, was jedoch kaum auffiel. Der Schaum war oberflächlich minimal verfestigt und konnte vorsichtig mit dem Pinsel berührt werden, wobei er jedoch bei etwas stärkerer Berührung nach wie vor brach. Die Festigung hat die Flexibilität des Schaumes nicht wie gewünscht erhöht.

### Schlußfolgerung

Bei einer Festigung der Oberfläche mit Gelatine überwiegen neben den bereits eingangs genannten Nachteilen schlechte Alterungseigenschaften und Neigung zur Versprödung und Vernetzung<sup>88</sup> zusätzlich die zu geringe Verfestigung, zu hohe Sprödigkeit des Filmes und die erschwerte Verarbeitung höherkonzentrierter warmer Lösungen. Obwohl Störleim sich in einigen Punkten von Gelatinen unterscheidet, ist anzunehmen, daß trotz eventuell höherer Klebkraft die Beurteilung ähnlich wie bei den Gelatinen einzustufen ist. Die Versuche mit Gelatine wurden eingestellt.

### Methylcellulose

Zunächst wurden drei unterschiedlich viskose Methylcellulosen Culminal MC 4000 (hochviskos und starkklebend), Culminal MC 400 und Tylose MH 50 (Methylhydroxyethylcellulose, MHEC, niedrigviskos und schwachklebend) auf Glasträger vernebelt<sup>89</sup>, um die nötige Konzentration und Viskosität genauer einzugrenzen.

Methylcellulose	Konzentration in H <sub>2</sub> O dest. %	Ergebnis
MC 4000 Culminal	1	-
MC 4000 Culminal	0,5	+
MC 400 Culminal	2	-
MC 400 Culminal	1	+
MH 50 Tylose	2,5	-
MH 50 Tylose	1,25	+

- Verneblung nicht möglich  
+ Verneblung positiv

**Tabelle 10**  
Ergebnisse der Verneblung von unterschiedlich konzentrierten Methylcelluloselösungen

<sup>88</sup> Vgl. Sommermeier 1998: 45.

<sup>89</sup> Getestet wurden mit Respirgard II Druckluftverneblung mit 2 bar.

Die positiv bewerteten Konzentrationen wurden ebenfalls wieder an den gealterten PUR (ES)-Proben getestet. Es zeigte sich, daß gleich bei welcher Konzentration und Viskosität erst bei bis zu 20 minütiger (!) Auftragsdauer eine Verfestigung der Oberfläche eintrat. Nach einem Tag wurden die Proben durch Berührung mit einem Pinsel (da Vinci Nr. 3) unter 16facher Vergrößerung berührt. Es zeigte sich, daß die Methylcellulosefestigung im Vergleich zur Gelatine elastischer war. Die Oberfläche hielt jedoch auch hier einem etwas verstärkten Druck nicht stand. Die Eindringtiefe war durch Anfärbung schlecht zu beurteilen und könnte theoretisch durch Fluoreszenzmikroskopie ermittelt werden. Da die praktische Anwendbarkeit jedoch ohnehin nicht befriedigend war, wurde von diesem Nachweis abgesehen. Optisch waren alle Proben kaum vom Referenzstück zu unterscheiden. Eine leichte Intensivierung des orangebraunen Farbtones war festzustellen. Vorstellbar ist, daß eine Vernebelung mit noch höher konzentrierteren Lösungen einer niedrigviskosen Methylcellulose mehr erreicht.

### Schlußfolgerung

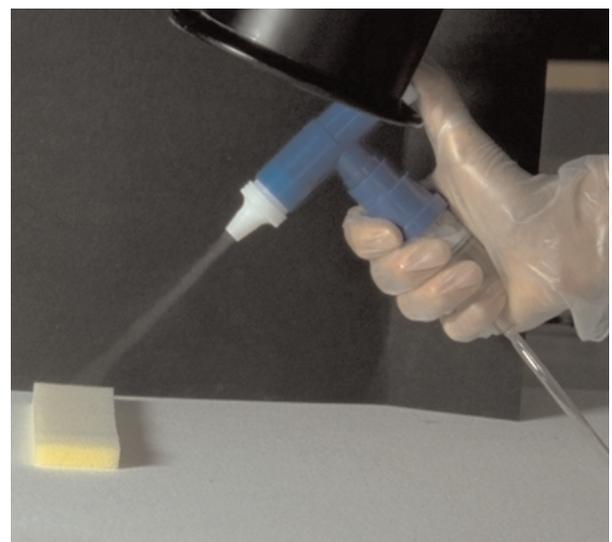
Die Verfestigung scheint wie bei der Gelatine nicht ausreichend, die Elastizität des Filmes zu gering, und die praktische Anwendbarkeit fraglich. Auch hier wurden die Versuche deshalb eingestellt.

### Polyurethandispersion

Wie bei den anderen Versuchen auch, wurde zunächst unter den beschriebenen Sicherheitsvorkehrungen (Maske, Brille, Handschuhe, Abzug) auf Objektträger mit höherer Konzentration mit Druckluft vernebelt (Abb. 102): Die Konzentration bezieht sich auf einen Feststoffgehalt der Stammlösung von 40% Feststoffgehalt.

Impranil DLV in H <sub>2</sub> O dest.	Ergebnis
5%	+
10 %	+
20 %	+

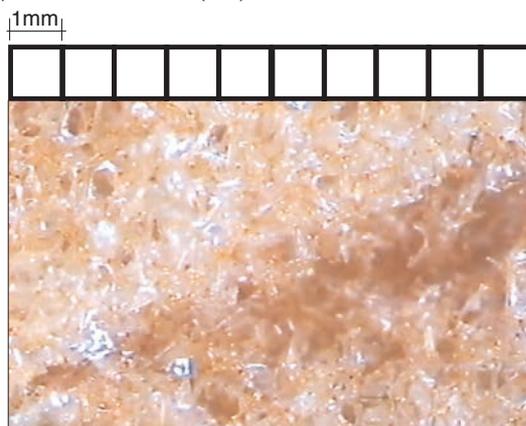
**Tabelle 11**  
Vernebelung von Impranil DLV.



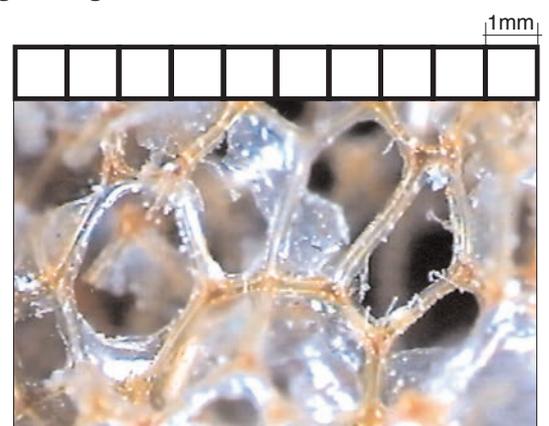
**Abb.102**  
Vernebelung der Polyurethandispersion mit Druckluftvernebler.

Bereits nach wenigen Sekunden Auftrag zeigte sich auf den Glaträgern ein gleichmäßiger, matter Niederschlag, der bei dem niedrigkonzentrierten Auftrag etwas länger dauerte als bei dem hochkonzentrierten.

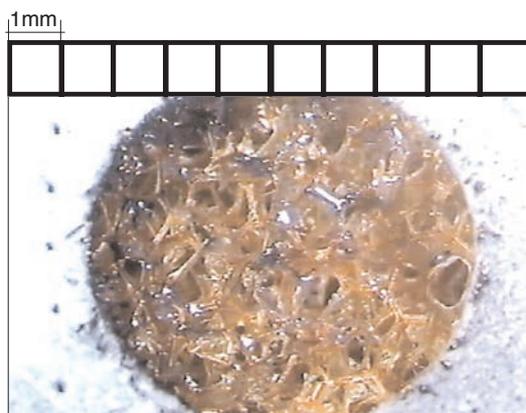
Bei 20%igem einfachen Auftrag bei einem Abstand Düse-Objekt ca. 2 cm erzeugte man unter einer Minute einen gleichmäßigen Film. Dieselbe Anwendung auf einer PUR (ES)-Probe zeigte nach kurzer Zeit einen weißlichen Niederschlag auf der Oberfläche (Abb.105). Es handelte sich um die weiße Dispersion, die noch nicht getrocknet war: Unter der Vergrößerung war sie als ca. 1 bis 2 mm tief eingedrungener Film sichtbar, der sich weißlich um die Zellstege legte. Nach ca. 15 Minuten war die mattweiße Oberfläche völlig getrocknet und optisch nicht mehr sichtbar: Die Berührung mit dem Pinsel zeigte eine elastische Verfestigung der Oberfläche, die auch bei etwas stärkerer Berührung zurückfederte (Abb.106). Die versprödeten Zellstege schienen tatsächlich durch den elastischen Film gestützt, was das gewünschte Ziel der Konsolidierung darstellte. Stellt man sich die Anwendung realiter an den meist noch nicht so stark versprödeten PUR (ET) vor, könnten hier sehr gute Ergebnisse erzielt werden.



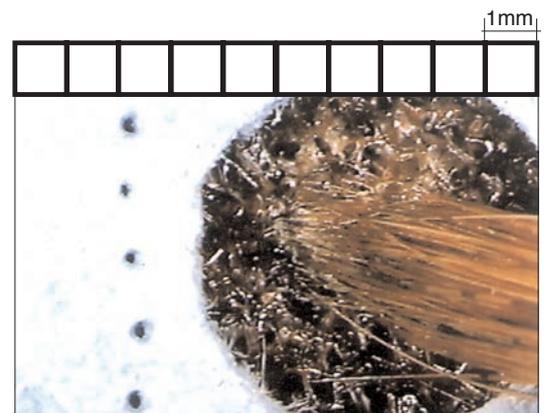
**Abb.103**  
PUR (ES) vor der Konsolidierung. Der Pinsel hat einen tiefen Eindruck hinterlassen.



**Abb.104**  
Detail des PUR (ES).



**Abb.105**  
Detail während der Verneblung von schwarzgefärbtem Impranil DLV. Die opak schimmernden Stellen zeigen die Dispersion. Die Punkte links im Bild markieren jeweils 1mm.



**Abb.106**  
Detail nach der Festigung: Der Pinsel kann ohne Eindrücke auf der Oberfläche bewegt werden. Das Gebilde ist wieder elastisch.

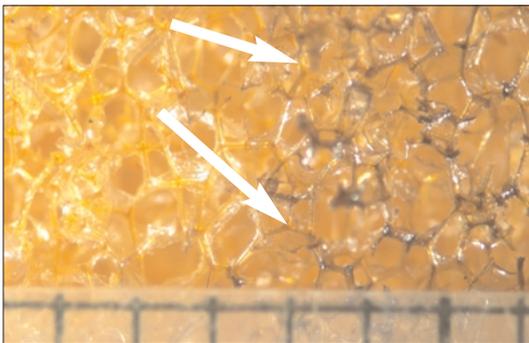
Die Anwendung an größeren Flächen könnte mit dem "Becker Preservotec Aerosolgenerator" geleistet werden, dessen Düsengröße ca. 10 cm beträgt.



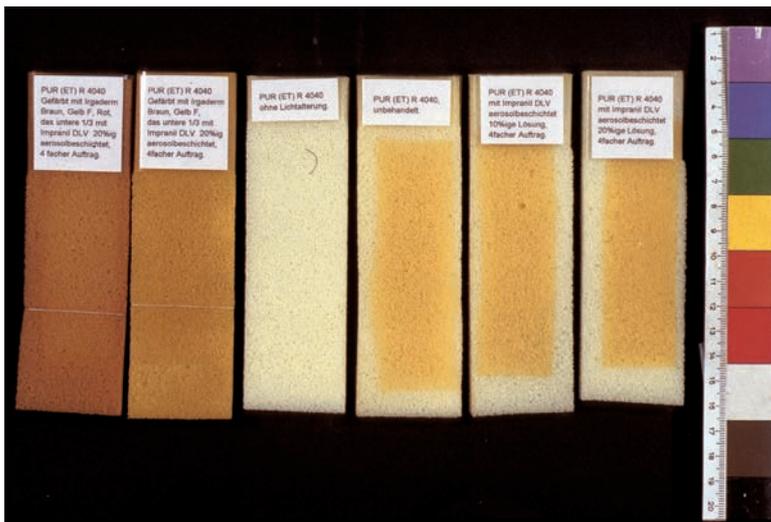
**Abb.107**  
Detail nach der Konsolidierung ohne Anfärbung des Konsolidierungsmittels.



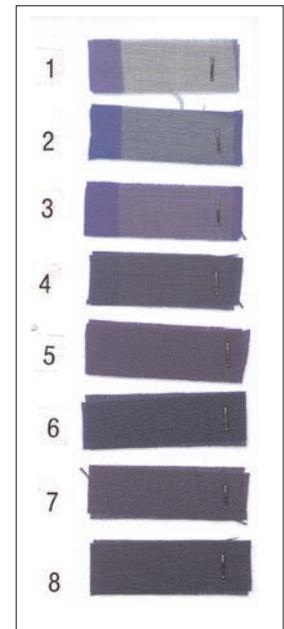
**Abb. 108**  
PUR (ET) mit Polyurethandispersion konsolidiert. Das Foto zeigt die Eindringtiefe des Mittels im Querschnitt und von oben gesehen.



**Abb.109**  
PUR (ES) links vor, rechts nach der Konsolidierung mit schwarz angefärbtem Mittel.



**Abb.110**  
Lichtalterung nach DIN 54004.



**Abb.111**  
Blauwollstandard Din 54004.

## Lichtalterung

Im Institut für Textil- und Faserchemie der Universität Stuttgart wurde eine künstliche Lichtalterung Impranilbeschichteter PUR (ET)-Schäume durchgeführt. Belichtet wurden Schäume mit 10% und 20% igem, jeweils vierfachen Auftrag, sowie mit Irgadern (Lederfarbstoff) braun- und gelbgefärbte Schäume mit 20% igem Impranilauftrag im unteren Drittel der Probe (Abb. I 10). Ziel der künstlichen Lichtalterung war, zu überprüfen, ob der Auftrag ausreichend lichtecht ist und ggf. die Verbräunung der Schäume verzögern kann. Weiter wurden Aufstriche der Polyurethandispersion auf Melinexfolie und auf Glasobjektträger vernebelte Filme unter denselben Bedingungen gealtert.

Folgende Bedingungen waren gegeben:

Dauer der Belichtung:	71 h
Bestrahlungsstärke:	1250 W/m <sup>2</sup>
Simulation:	"Sonnenlicht hinter Fensterglas"
Stufe:	2
Wellenlänge:	300 - 800 nm.
Temperatur an der Probe:	47 °C

Die Beurteilung der Lichtechtheit der Proben erfolgt durch den Vergleich der gealterten/abgedeckten Proben mit dem Blauwollstandard (Abb. I 11), der bis zum beginnenden Verbleichen der Stufe 5 gealtert wurde. Der Blauwollstandard nach DIN 54004 enthält acht blau eingefärbte Streifen unterschiedlicher Stoffe mit definierter Lichtechtheit der Farbstoffe<sup>90</sup>.

## Ergebnis und Interpretation

Sowohl die Aufstriche, als auch die vernebelten Proben (o.Abb.) zeigen keine Alterungssymptome. Die PUR- Dispersion besitzt demnach eine Lichtechtheit von mindestens 5, d.h. "gut". Die Annahme, daß der Auftrag die Vergilbung der Schäume verzögern könnte, hat sich nicht bestätigt. Es läßt sich fast das Gegenteil feststellen. Die 20%ige Impranilbeschichtung rechts außen zeigt eine etwas stärkere Gilbung als die 10% ige (zweite von rechts). Diese wiederum ist fast gleichzusetzen mit der unbehandelten Referenzprobe (dritte von rechts), die erwartungsgemäß verbräunte. Es ist daher anzunehmen, daß die Polyurethandispersion entweder mit dem bereits im Schaum befindlichen, industriell eingebrachten Farbstoff reagiert<sup>91</sup> oder möglicherweise die hohe Temperatur an der Probe von 47°C die nicht hitzebeständige Dispersion - Lagerungsempfehlung nicht über 50°C - verändert.

<sup>90</sup> nach Ebner zit. in Pataki 1997: 95 ist die Einteilung der Lichtechtheit in acht Stufen wie folgt:

1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mässig, 4 = ziemlich gut, 5 = gut, 6 = sehr gut, 7 = vorzüglich und 8 = hervorragend.

<sup>91</sup> Vgl. hierzu Lichtalterung der gefärbten Proben, S. I 19.

## Schlußfolgerung

Die Beschichtung mit Impranil DLV unter Einsatz der Druckluftverneblung erwies sich sowohl in der technischen Anwendbarkeit als auch in dem gewünschten Festigungseffekt sowie der Transparenz und Elastizität als außerordentlich gut.

Die Lichtalterung zeigte, daß das Zusammenwirken von Irgaderm Farbstoffen und Polyurethandispersion zu noch ungeklärten Phänomenen führt, da die Dispersion nicht, wie erhofft, wie erhofft Schutz vor weiterer Gilybung bietet, sondern vielmehr in 20%iger Konzentration zu einer geringen Intensivierung der Verbräunung führt. Inwieweit das Material auf bereits gealterten Schäumen unter Lichteinstrahlung reagiert, ist noch ungeklärt. Allerdings gilt auch hier, daß die künstliche Alterung nicht mit der Alterung eines Kunstwerkes im Museum zu vergleichen ist. Die bei der Lichtalterung über drei Tage entstandenen hohen Temperaturen von 47°C sind extrem, ebenso die Stärke der Bestrahlung.

Bevor jedoch das Verhalten der Polyurethandispersion nicht endgültig geklärt ist, sollte sie zu Konsolidierungszwecken noch nicht eingesetzt werden.

\* \* \*

## Reinigung

Die Reinigung ist die Voraussetzung für alle Restaurierungsmaßnahmen und für eine Annäherung an das ursprüngliche Erscheinungsbild wesentlich. Konservatorisch betrachtet, ist sie vorteilhaft für den Fortbestand des Werkes, da die Schmutzschicht die Alterung des Weichschaumes fördert. Staub kann oxidative und hydrolytische Vorgänge beschleunigen: Textilien werden brüchig, Metalle korrodieren, Fotos werden fleckig.

Die gesamte Oberfläche des Werkes "Funburn" ist unterschiedlich stark verschmutzt. Es ist zu unterscheiden zwischen der gelb-braun-orangen Vergilbung und der grauen Verstaubung. Diese legt sich an manchen Partien gleichmäßig über die Oberfläche, an anderen Stellen ist die Verschmutzung fleckig lokal konzentriert.

Der Schmutz konzentriert sich an der Oberfläche. Es ist daher davon auszugehen, daß die Reinigung maximal bis zu 1 cm Tiefe erfolgen sollte.

Im Alltag werden PUR-Matratzen z. B. für Kliniken heiß dampfgereinigt oder mit Ultraschall gereinigt. Hierbei wird der Schaum in ein wässriges Bad gelegt und Ultraschallwellen durch das Wasser gesandt, durch die Schwingung werden Schmutzteile abtransportiert.

Beide Verfahren sind für "Funburn" nicht anwendbar. Der Schaum würde durch den heißen Dampf extrem strapaziert, und das "Baden" des gesamten Werkes wäre nicht nur aufgrund der Unkontrollierbarkeit des Reinigungsvorganges, sondern auch wegen der mechanischen Beanspruchung des Materials durch Wasseraufnahme nicht möglich. Der Schaum würde bei Wasseraufnahme so schwer, daß er höchstwahrscheinlich an den Stellen, wo die Nylonschnur ihn zusammenhält, bräche. Zudem würde das Material ohne zusätzliche Erwärmung innen vermutlich nicht mehr trocknen. Die gängigen Reinigungsverfahren sind daher auszuschließen.

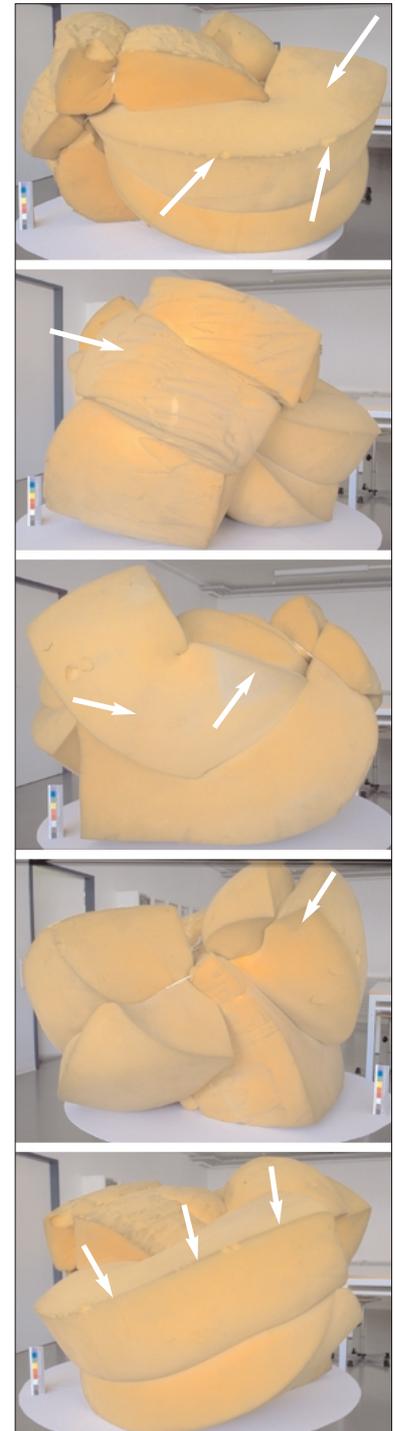


Abb. 112  
Chamberlain "Funburn", Oberflächenverschmutzung

Es soll vielmehr eine lokal anwendbare Methode entwickelt werden, die es erlaubt, flächig und regelmäßig zu arbeiten, ohne das Material mechanisch zu überansprechen.

Es kann sicherlich nicht genau rekonstruiert werden, aus welchen Verbindungen sich die Verschmutzung zusammensetzt.<sup>92</sup> Schmutz in Museen besteht u. a. aus Ruß- und Rauchpartikeln, alkalischem Zementstaub, Pollen, Sporen, Haar, Fasern, ölhaltigen und sauren Verbindungen (z. B. aus der Küche, Cafeteria), sowie Ammoniumsulfat und Natriumchlorid. (Brimblecombe 1990: 7, 9).

Kerr (1991: 203) empfiehlt für polyurethanhaltige Textilien wässrige Reinigung, wobei das Wasser im pH-neutralen Bereich bleiben sollte. Sie schließt auch Trockenreinigungsmittel nicht aus, rät jedoch von kommerziellen Reinigungen ab. Da die gealterten Polyurethanschäume durch organische Lösungsmittel zu sehr gefährdet werden, ist ein Verfahren auf wässriger Basis anzustreben. Vor der feuchten Reinigung sollte die Skulptur vorsichtig abgesaugt werden, um losen Staub, Haare, etc. zu entfernen. Von Fachleuten wurde die Anwendung von Feinwaschmitteln vorgeschlagen; da diese jedoch noch mit einer Reihe von unerwünschten Zusätzen wie optischen Aufhellern, Duftstoffen etc. versehen sind, sollen die waschwirksamen Substanzen, die Tenside, näher betrachtet werden.

### Tenside<sup>93</sup>

Tenside sind niedermolekulare Verbindungen, die einen polaren, hydrophilen und einen nichtpolaren, hydrophoben Teil besitzen, d. h. amphipatische Struktur besitzen.

Infolge dieses Charakters reichern sie sich an der Grenzfläche der wässrigen Phase an, wodurch sich u. a. die Benetzungseigenschaften zwischen Wasser und Feststoffen ändern. Im Falle der hydrophoben Materialien (Polyurethane), lagert sich, so Kosswig, "das Tensid mit der hydrophoben Gruppe an die Oberfläche an, wobei sich zwischen der hydrophoben Gruppe und der Oberfläche Van-der-Waals-Wechselwirkungen entstehen können. Die hydrophilen Gruppen bleiben dem Wasser zugekehrt und die ursprünglich hydrophobe Oberfläche wird hydrophil." (Kosswig 1993: 22)

Um Schmutz von einem Feststoff zu lösen, muß die Grenzflächenspannung zwischen der Tensidlösung, dem Schmutz und dem Substrat herabgesetzt werden. Hierbei spielt die Oberflächenspannung des Kunststoffes eine wichtige Rolle, da nur Tensidlösungen mit ähnlicher oder gleicher Spannung auf dem Substrat "spreiten".<sup>94</sup>

<sup>92</sup> Eine Analyse wäre in diesem Zusammenhang zu aufwendig.

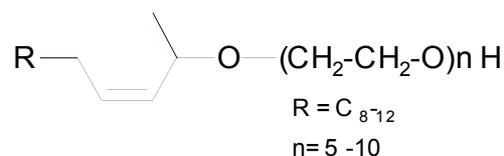
<sup>93</sup> Die Wirkung von Tensiden ist ein äußerst komplexes Gebiet, das hier nur vereinfacht und kurz angesprochen wird.

<sup>94</sup> Dieser Vorgang, die Ausbreitung eines monomeren Films auf einer Oberfläche, auch Benetzung genannt, wird in der Young'schen Gleichung formuliert:  
Benetzungsspannung = Grenzflächenspannung Substrat /Luft minus Grenzflächenspannung Lösung/Luft = Grenzflächenspannung Lösung/Luft mal cosinus Randwinkel  
in der benetzenden Flüssigkeit ( $\theta = gS - gSL = gL \cdot \cos \theta$ ).

Je nachdem, welcher Schmutz gelöst werden soll, können verschiedene Tenside auch in Kombination zum Einsatz kommen.

Man unterscheidet je nach hydrophilen Gruppen zwischen anionischen, zwitterionischen, kationischen und nichtionischen Tensiden (Niotenside). Letztere besitzen hydrophile Gruppen, die nicht dissoziieren, obwohl sie polar sind - sie können z. B. keine  $\text{Na}^+$  oder  $\text{Cl}^-$  Ionen bilden, die dann wiederum mit Wasser reagieren können.

Für die Reinigung von Polyurethanschäumen sind nichtionische Tenside deshalb interessant, weil sie die Oberflächenladung des Schaumes nicht verändern und bei niedrigen Micellenkonzentrationen<sup>95</sup> und niedrigen Waschttemperaturen wirksam sind. Ihre Wirkungsweise besteht nicht in der Änderung der Ladung des Schmutzes und des Substrates, sondern in der Adsorptionsschicht an den hydrophoben Grenzflächen. In der Adsorptionsschicht an Substrat und Schmutzteilchen entsteht eine orientierte Ausbreitung der Tensidschicht in Richtung Schmutzteilchen - Substrat. Daraus entsteht ein Spaltdruck, der zur Abtrennung des Schmutzteilchens führt. Die Neigung der Wiederanlagerung der Schmutzpartikel wird verhindert, weil sowohl Schmutz als auch Substrat von einer Hydrathülle umgeben sind, die die Wirkung der van-der-Waals-Kräfte einschränken. (Jakobi 1983: 75, 76) Ist der Alkylrest eines Tensides stark verzweigt, bedeutet das gute Netz- und schlechtere Wascheigenschaften. Umgekehrt, ist der Alkylrest wenig verzweigt, bedeutet das gute Wasch- und schlechtere Netzeigenschaften. Im allgemeinen nimmt die Waschwirkung mit steigender Kettenlänge des Alkylrestes zu. (Jakobi 1983: 82) Aus dem Angebot der Niotenside wurde "Triton X 100" gewählt, das bereits in der Restaurierung eingesetzt wurde. (Southall 1990: 30) Es handelt sich um einen Alkylphenolpolyglykolether:



**Darstellung 8**

Triton X

(Southall 1990: 30).

## Anwendung

Ziel der Reinigung ist die Entfernung der optisch verfälschenden und chemisch aggressiven Schmutzschicht mit dem Ziel einer optisch homogenen Oberfläche.

<sup>95</sup> Die Kritische Micellbildungskonzentration (cmc) liegt meist bei  $< 1\%$ . (Southall 1990:29).

Man versteht unter "cmc" ein Gleichgewicht zwischen den Tensidmolekülen an der Wasseroberfläche und denen im Innern der Lösung. Die Oberflächenspannung des Wassers kann nicht weiter herabgesetzt werden, d. h. die Netzwirkung des Tensides ist optimal und bei Übersteigerung der cmc setzt die Waschwirkung ein. Die cmc liegt bei nichtionischen Tensiden niedriger als bei ionischen, es wird daher bei den nichtionischen weniger Tensid benötigt.

## Auftrag

Der Auftrag des wässrig gelösten Tensides könnte in aufgeschäumter Form<sup>96</sup> mit einem breiten Spatel erfolgen, wobei die Kanten anstoßender Flächen abgedeckt werden sollten, um eine gleichmäßige Reinigung zu erzielen. Um die Lösung des Schmutzes zu unterstützen, müßte die Oberfläche zusätzlich mechanisch mithilfe einer Lammfell- oder Weichschaumrolle bewegt werden. Den Abtransport der gelösten Schmutzteile ermöglicht die Nachreinigung mit Wasser. Hierzu könnte destilliertes Wasser auf die Oberfläche gesprüht und mit einer saugfähigen dünnen Kompressen abgenommen werden; das Tensid darf auf keinen Fall im Schaum antrocknen. Für die Absaugung eignen sich Krankeneinlagen, die Zellstoff mit winzigen Polyacrylkügelchen<sup>97</sup> enthalten, welche große Oberflächen besitzen und Wasser binden können. Eine andere Möglichkeit wäre der Einsatz von Filterpapieren oder Löschkartons. Nach der Reinigung könnte die Oberfläche unter einem kalten Luftstrom (Ventilation) getrocknet werden. Beides hat sich bei den Versuchen an Probenmaterial als möglich erwiesen.

## Risiken

An wenigen Stellen wurden am Original Tests mit Wattestäbchen und Konzentrationen von Triton X in wässriger Lösung von 1, 2, 5 und 10 % vorgenommen. Die Ergebnisse an den Teststellen von "Funburn" zeigten mit 5%iger Lösung in Schaumform das beste Ergebnis. (Abb. 113)

Die Schaumoberfläche wurde deutlich heller; der Farbton änderte sich je nach Alterungsstadium von a) graugelb zu gelb in den stark verschmutzten und mittelmäßig gelbten Bereichen, b) in den stark gelbten und verschmutzten Partien von braungelb zu hellerem braungelb, und c), in den kaum gelbten und verschmutzten Bereichen blieb er unverändert. Das Material ließ die mechanische, zur Schmutzlösung nötige Beanspruchung noch zu, obwohl der Schaum zunächst unter Feuchtigkeitseinwirkung zusammenklumpte, sich dann jedoch bei der Trocknung wieder entfaltete.

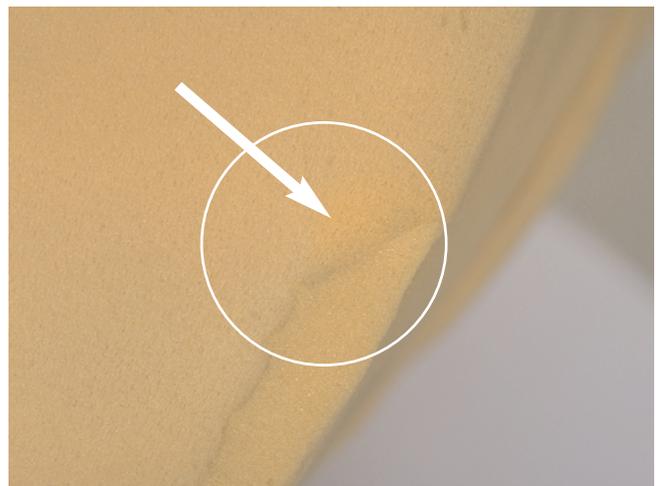


Abb.113

Detail der gefärbten Intarsie mit Reinigungsprobe.

<sup>96</sup> Triton X 100 kann mechanisch mit einem Rührbesen oder durch Druckluft aufgeschäumt werden.

<sup>97</sup> Produktinformation der Fa. Paul Hartmann AG, 1998.

Das Zusammenklumpen könnte an größeren Flächen zu Problemen führen, die ohne Versuche am Original noch nicht zu übersehen sind. Vermutlich sind zwei Personen nötig, um eine zügige Bearbeitung der Flächen zu ermöglichen.

### Rückstände

Inwieweit das Tensid in der Oberfläche bleibt, kann nur schwer geklärt werden, die Fluoreszenz reicht nicht aus, um die Reste unter UV-Anregung sichtbar zu machen. Es muß jedoch davon ausgegangen werden, daß ein Teil des Tensides auch bei gründlicher Nachreinigung zurückbleibt.

### Schlußfolgerung

Die Reinigung mit wässrigen Tensiden erscheint für das Material sinnvoll. Die Anwendung an wenigen kleinen Stellen am Original zeigt deutliche Abnahme der Verschmutzung. Die Anwendungstechnik am Original ist noch nicht flächig erprobt und kann sicherlich noch modifiziert werden.

### Intarsien

Im restauratorischen Sinne versteht man unter Intarsien die Ergänzung von Fehlstellen in textilen Bildträgern durch Einsetzen einer paßgenauen Ergänzung.<sup>98</sup>

### Ziel der Intarsierung, Materialwahl und Formgebung

Zunächst muß entschieden werden, welche Stellen an "Funburn" ergänzt werden sollen. Die Unterscheidung zwischen der Oberflächenbearbeitung durch den Künstler und den durch späteres Herausreißen verursachten Schäden ist nach kurzem "Einsehen" möglich; zusätzlich können die Vergleichswerke und die beiden älteren Fotos helfen. "Funburn" zeigt unterschiedlich große Fehlstellen, die größte Fehlstelle ist die in (Abb.115) gezeigte.

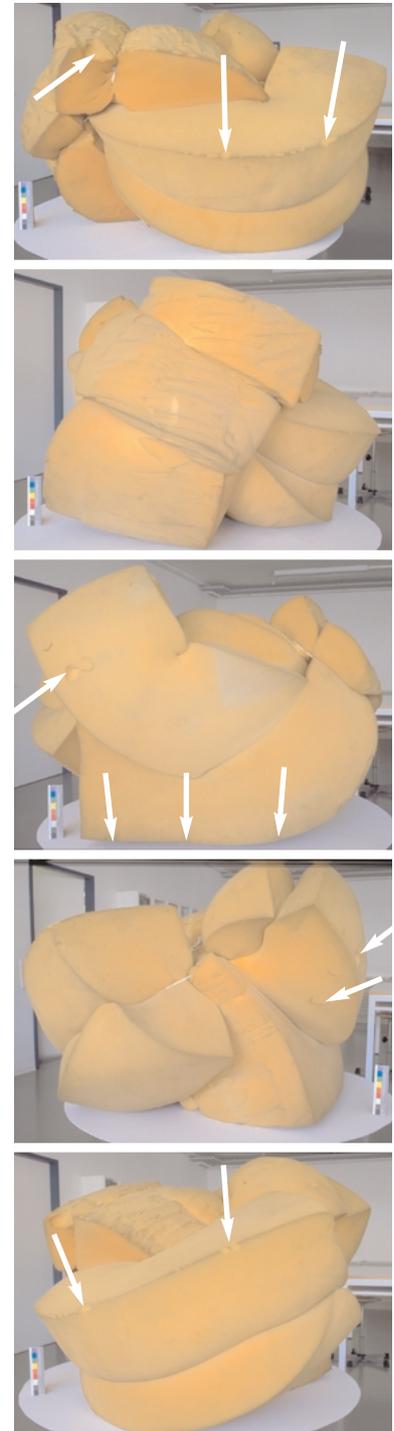


Abb.114  
Fehlstellen

<sup>98</sup> Der Begriff wird auch in der Kunstschlerei verwendet, wo er Einlegearbeiten in Furnieroberflächen bezeichnet.

Zahlreiche kleinere Fehlstellen sind sowohl in den Flächen als auch an den Kanten zu finden. Die Intarsierung sollte auf die großen Schäden begrenzt bleiben, da sie am störendsten für den Gesamteindruck sind.

Für die Intarsien empfiehlt sich die Wahl eines möglichst alterungsbeständigen PUR (ET) Weichschaumes, auch wenn die Wahrscheinlichkeit, daß Intarsie und Original auseinander altern,

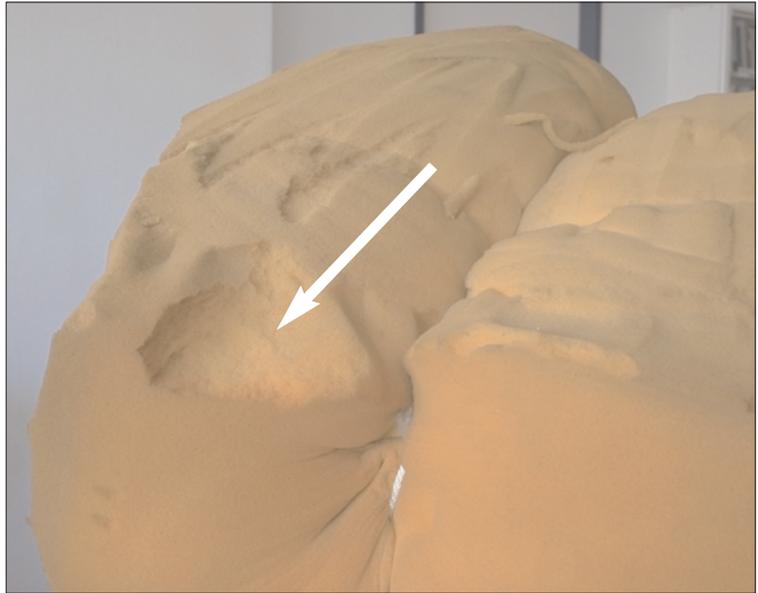


Abb.115

groß ist. Die Intarsien sollen deshalb Größte Fehlstelle von "Funburn".

auch nicht komplett eingeklebt werden, sondern durch Klebung am Rand der Fehlstelle möglichst spannungsarm befestigt werden. Falls die Intarsie entfernt werden muß, kann sie am Rand entlang ausgeschnitten werden.

Die Wahl des Schaumes sollte eher einen Grad weicher, also elastischer sein oder anders ausgedrückt, sie sollte ein kleineres Raumgewicht aufweisen, wobei die Zellgröße ähnlich sein sollte. "Funburn" hat eine etwas unregelmäßige Schaumoberfläche, was für ein Aufschäumen des Materials mit Wasser als Treibmittel spricht. Für die Intarsien wurde ein PUR (ET) R 3028 gewählt, der ebenso hergestellt wurde, d. h. der ebenfalls hier und da größere Blasen zeigt.<sup>99</sup> Neben der Auswahl der richtigen Zellgröße und Elastizität ist der paßgenaue Zuschnitt der Intarsie wichtig. Herkömmliche, feine Scheren oder andere, bei der Herstellung der Weichschaumkunstwerke verwendete Werkzeuge sind für das Schneiden sehr feiner Konturen entlang einer vorgegebenen Linie nicht einsetzbar; da der Schaum sich durch den Schneidvorgang zusammengedrückt wird. Es mußte daher ein Verfahren gefunden werden, daß den exakten Zuschnitt erlaubte.

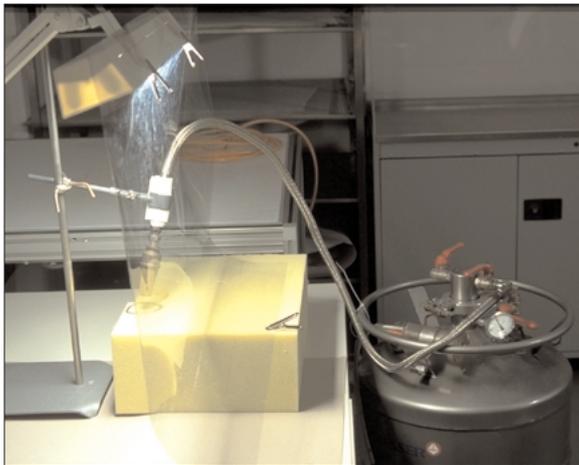
Zunächst werden die Konturen der Fehlstelle im Gegenlicht durch ein Transparentpapier durchgezeichnet,<sup>100</sup> und das Positiv ausgeschnitten. Es wird auf den Schaumblock an die Kante angelegt und mit schwarzem Marker der Umriß schraffiert. Das Transparentpapier wird abgenommen, zurück bleibt eine schwarze Umrißlinie. Wichtig ist die korrekte Paßform der Ränder - die Dreidimensionalität der Restform kann nachgeschnitten werden. Da diese Flächen ohnehin nicht verklebt werden sollen, dürfen sie keine Spannung mit dem Original verursachen, eine exakte Form ist jedoch nicht notwendig.

Ist die Kontur auf den Schaum übertragen, kann die Oberfläche mit flüssigem Stickstoff

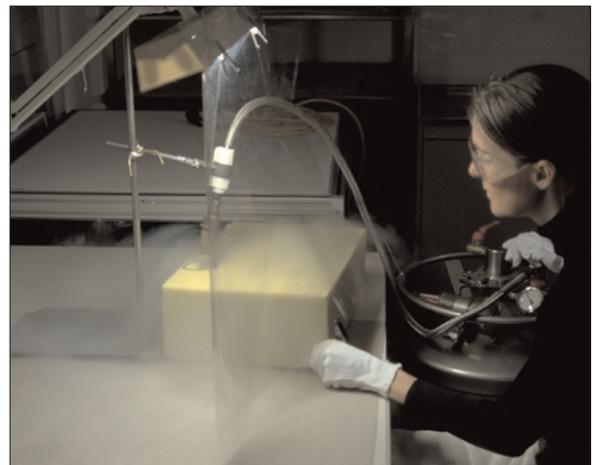
<sup>99</sup> Die handelsüblichen Etherschäume sind alle auf Basis aromatischer Isocyanate hergestellt und somit nicht sehr alterungsbeständig. Eine Abteilung der Fa. Henkel, Düsseldorf, unter Leitung von Dipl. Ing. Hermann Kluth, stellt Schäume auf aliphatischer Basis her; die zum Zeitpunkt der Diplomarbeit noch nicht verfügbar waren.

<sup>100</sup> Folien erwiesen sich als ungeeignet. Das Gegenlicht zeigt entlang der Konturen einen ausgeprägten Schatten, der das Durchpausen erleichtert. Die übliche Methode, Papier oder Folie aufzulegen und durchzupausen, funktioniert bei den Schäumen sehr schlecht, da bei geringem Andrücken die Oberfläche zusammengedrückt wird und die Zellen optisch nicht zu unterscheiden sind.

kurzzeitig verhärtet werden. Flüssiger Stickstoff besitzt eine Temperatur von  $-195,8^{\circ}\text{C}$  und kann nur unter Sicherheitsvorkehrungen eingesetzt werden.<sup>101</sup> Im medizinischen Bedarf gibt es Pumpflaschen für flüssigen Stickstoff in Ein-Litergröße, die für den gewünschten Zweck hervorragend einsetzbar, jedoch sehr teuer sind. Stattdessen konnte ein 25-Literbehälter mit Schlauch und Ventil der Fa. Messer Griesheim gemietet werden, der zwar nicht so sensibel reagiert, aber nach einer geringen Einarbeitung (Abb. 116) ebenfalls seinen Zweck erfüllt. Der flüssige Stickstoff läuft aus dem fest montierten Ventil über den Schaum, der augenblicklich oberflächlich in einen glasähnlichen Zustand übergeht (Abb. 117). Mit dem Skalpell kann nun exakt entlang der vorher angezeichneten Linie geschnitten (Abb. 118) und ausgestochen werden (Abb. 119).



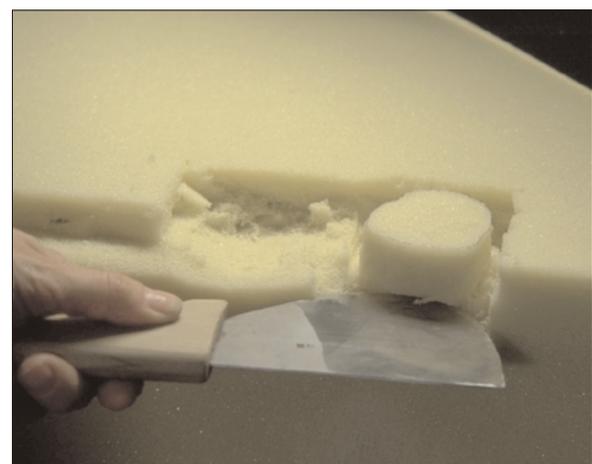
**Abb. 116**  
Arbeitsplatz mit Stickstoffbehälter und Schutzvorrichtungen.



**Abb. 117**  
Ausströmen des flüssigen Stickstoffes.



**Abb. 118**  
Ausschneiden der angezeichneten Intarsienumrisse.



**Abb. 119**  
Ausstechen der Intarsie mit einem japanischen Messer. Die Intarsie kann jetzt mit einer feinen Schere im unteren Bereich nachgeschnitten werden.

<sup>101</sup> Abdeckung, Handschuhe, Schutzbrille. Flüssiger Stickstoff darf auf keinen Fall in die Augen gelangen.

Eine Variante ist die Tränkung eines größeren Schaumblockes mit Wasser und anschließendes Tieffrieren. Dadurch wird der Schaum hart, behält seine Form und kann geschnitten werden. Der Nachteil besteht in der Trocknung des Schaumes, die ebenso wie das Einfrieren länger dauert, und darin, daß die Oberfläche zu schnell wieder antaut, als daß eine ganze Intarsie ausgeschnitten werden könnte.

#### Praktische Umsetzung und Ergebnis

An "Funburn" wurden zwei Stellen gewählt, die intarsierbedürftig sind und die stellvertretend für zwei typische Schadensformen sind: einmal eine Fehlstelle in einer geschlossenen Fläche, zum anderen eine längere gekrümmte Fehlstelle im Kantenbereich, wo zwei Flächen aufeinandertreffen. (Abb. 120)

Bei der dreidimensionalen Intarsie wurde zunächst eine Fläche aus dem Kantenbereich des Blockes herausgeschnitten, dann die Schablone für die andere Fläche angelegt und markiert. Da die Intarsien noch nicht verklebt werden sollten, wurden sie zunächst nur gesteckt.



Abb.120

Noch ungefärbte Intarsie im Kantenbereich, provisorisch festgesteckt.

#### Färbung

Es ist nicht möglich, die Intarsien im Falle offener "ungefaßter" Oberflächen mit herkömmlichen Retuschmethoden und Bindemittel zu färben. Das Eintauchen des zu intarsierenden PUR (ET)-Weichschaumes in pigmentierte Acryl - oder Polyurethandispersionen oder andere Farbsysteme führt zur Verhärtung des Materials, Akkumulation von Farbstoff in den Zellen der Schäume, und somit ungleichmäßiger Farbverteilung. Der Farbstoff muß an das Molekül gebunden werden, um eine gleichmäßige und irreversible lichtechte Färbung zu erzielen. Die in der Industrie häufig zum Färben der Weichschäume benutzten Azofarbstoffe kommen aufgrund ihrer geringen Lichtechtheit nicht in Frage. Wie bereits erwähnt, ähneln die Polyurethane den Aminosäuren von Proteinen (N-H- und C-O-Bindungen). Es liegt also nahe, Farbstoffe einzusetzen, die z. B. in der Lederfärbung Verwendung finden.<sup>102</sup> Pataki untersuchte 1997 eine Reihe von Lederfarbstoffen auf ihre Lichtechtheit und Alterungsbeständigkeit im Zusammenhang mit der Anfärbung "rekonstituierten Pergaments" in der Papierrestaurierung. (Pataki: 1997)

Die von ihr untersuchten Farbstoffe unterscheiden sich in zwei Gruppen:  
1:2 Azo - Metallkomplexfarbstoffe und Reaktivfarbstoffe.

#### Azo-Metallkomplexfarbstoffe

Die für die Polyurethane wichtigere Gruppe sind die Azo-Metallkomplexfarbstoffe, die bei Raumtemperatur reagieren<sup>103</sup>.

Pataki schreibt hierzu:

"Dieser Farbstoffgruppe liegt eine Chelatstruktur (griech. Chéle = "Krebsschere") zugrunde, welche ein Metallion umschließt. Dieses Chelat setzt sich aus einer Azo-Verbindung als Ligand zusammen, das ist eine organische Verbindung, in welcher die Azogruppe -N=N- an einem Benzol - oder Naphtalinring gebunden ist und das ein Metallion als Zentralatom komplexiert. Der entstehende Chelatkomplex, der 1:2 Azokomplex, weist eine dreidimensionale oktaedrische Struktur auf, die durch eine große chemische Stabilität gekennzeichnet wird. Bei den vorliegenden Farben wird entweder Chrom (III) oder Kobalt komplexiert." (Pataki 1997:6)

Die flüssigen Farbstoffe Gelb, Braun und Schwarz der Firma Ciba-Geigy "Irgaderm" zeichnen sich nach Pataki neben der guten Lichtbeständigkeit (mind. 5 von 8) durch gutes Ausziehverhalten sowie Wasserechtheit positiv aus.<sup>104</sup> Sie zeigen stumpfere Farbtöne als die Reaktivfarbstoffe und eignen sich somit zur Herstellung von Tönen, die gealtertes Polyurethan kennzeichnen. Die Palette bewegt sich in ledertypischen Tönen, wobei die für das Färben der PUR-Intarsien wichtigen Töne vor allem Gelb, Citrongelb, Braun und Rot sind.

Um den Anforderungen an eine Intarsie für "Funburn" zu entsprechen, muß der Farbstoff folgenden Kriterien genügen:

- Feste chemische Anbindung an das PUR-Molekül, um Veränderungen wie z. B. Wasserlöslichkeit und Migration zu vermeiden
- Lichtstabilität
- Farbenpalette, die den gealterten Schäumen entspricht
- gleichmäßige Durchfärbung
- Reproduzierbarkeit der Färbungen

<sup>102</sup> Diese Folgerung wurde von Mitarbeitern der Fa. Henkel bestätigt.

<sup>103</sup> Dispersionsfarbstoffe müssen z. B. unter Kochen eingebunden werden.

<sup>104</sup> Das Ausziehverhalten zeigt die Änderung der Farbstoffkonzentration während der Färbung im Färbebad an. Bestimmt wurde sie bei Pataki durch HPLC (Hochdruckflüssigkeitschromatographie), die die Farbstoffkonzentration im Färbebad nach erfolgter Färbung messen kann und so anzeigt, ob der Farbstoff vollständig auf das Molekül aufgezogen ist. Patakis Messungen weisen Irgaderm Gelb FL mit 93% und Irgaderm Braun mit 98% als nicht vollständig aufgezogen aus (Pataki 1997:20).

## Versuchsreihe zur Feststellung der optimalen Konzentration und Haftung

Zunächst wurden Färbeversuche bei Raumtemperatur unternommen, um die nötige Konzentration der hochfärbenden Farbstoffe zu ermitteln. Ausgehend von Patakis Ansatz 200µl/500 ml<sup>105</sup> destillierten Wassers wurden drei Stammlösungen 200µl Gelb/1000 ml, 1500 ml und 3000 ml hergestellt<sup>106</sup>, in die jeweils gleich schwere PUR-Würfel<sup>107</sup> (ca. 3 cm x 1 cm x 1 cm) gegeben wurden. Ziel war, festzustellen, welche Konzentration nötig war, um eine optimale Färbung zu ermöglichen. Es ist anzustreben, nicht im Überschuß zu färben, um keinen freien Farbstoff im Material zu belassen, sondern die optimale Konzentration und Menge zu ermitteln.

Es wurden einfache Standards aufgestellt, um Färbung und Verankerung des Farbstoffes zu überprüfen.<sup>108</sup> Es stellte sich heraus, daß die anfänglich verschiedentonigen Würfel, nach der Färbe- und Kochprozedur alle nahezu denselben Ton, nämlich ein warmes Gelb zeigten. Die überschüssige Farbstofflösung wurde durch das Kochen und Spülen entfernt, d. h. die optimale Farbstoffmenge war im Material geblieben und schien durch Kochen nicht wieder entfernt werden. Eine Analyse wurde nicht vorgenommen.

Es zeigte sich, daß die Lösung 200µl/3000 ml nahezu denselben Ton erzielte wie die Lösung 200µl/500 ml, d. h. daß die niedrigkonzentrierte für die Färbung ausreichend ist. Die nach der Färbung durchgeschnittenen Würfel zeigen gleichmäßige Durchfärbung des gesamten Würfels und der Vergleich der gefärbten zu den gefärbten und gekochten zeigt bei den höherkonzentrierten im ersten Falle dunklere Töne, die dann durch das Kochen heller wurde; bei den niedrigkonzentrierten blieb der Farbton gleich.

## Schlußfolgerung

Der Farbstoff Irgaderm Gelb FL haftet in geringer Konzentration auf dem Polyurethanschaum und läßt sich durch Kochen nicht entfernen. Die Färbung ist bei intensivem Walken während des Färbvorgangs gleichmäßig.

## Vorkochen bereits gefärbter Schäume

Der verwendete, industriell gefärbte Schaum wurde gekocht und nach kurzer Zeit beigeweiß. Derselbe Schaumtyp desselben Herstellers und Raumgewichts, Monate später gekauft, behielt seine schwach hellgrüne Färbung auch beim Kochen. Offensichtlich haften die verwendeten Farbstoffe unterschiedlich auf dem Polyurethan. Bei der Einfärbung der Intarsien unter Verwendung bereits dauerhaft gefärbter Schäume muß bedacht werden, daß additive

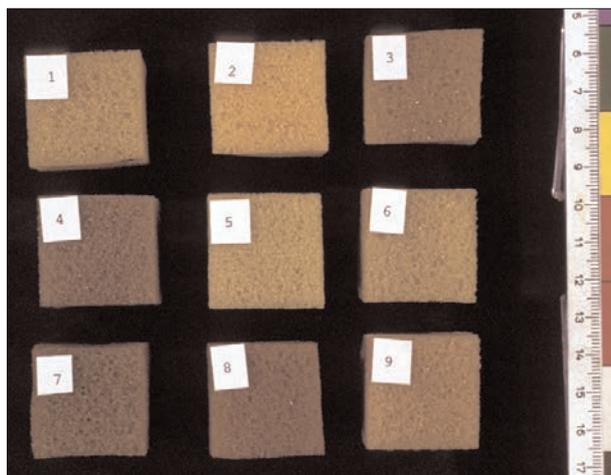
<sup>105</sup> 1µl = 10<sup>-6</sup> l, 1ml = 1000 µl.

<sup>106</sup> Das Abmessen des flüssigen Farbstoffes erfolgte mit der Mikroliterpipette.

<sup>107</sup> PUR (ET) R 3028, wassergeschäumt, schwach grünliche Färbung, AGS Schaumstoffe mit elektr. Feinwaage auf 1.26 g abgemessen.

<sup>108</sup> Die Würfel wurde alle 1 Std. im Färbebad belassen, dann herausgenommen, mit dest. Wasser 13 mal kalt ausgedrückt, 14 mal handwarm ausgedrückt und nach einer Nacht.

Farbmischung den Ton der Färbung beeinflussen kann.<sup>109</sup> Es sollten also in der Praxis die gefärbten Schäume probeweise gekocht werden: Löst sich der Farbstoff, sind alle Intarsien dementsprechend vorzubehandeln, auch wenn der Schaum durch das Kochen künstlich gealtert wird. Die Voralterung<sup>110</sup> der Schäume unter UV-Licht ist ebenfalls anzuraten, da sich die Intarsie sonst schnell verfärben könnte.



**Abb. 121**  
 Ergebnis der Färbungen mit Irgaderm 1:2 Azo-Metallkomplexfarbstoffen.

### Herstellung einer geeigneten Farbpalette

Es wurde ein Mischungsdreieck nach Pataki (1997:49, vgl. Anhang S. 170) für die Erstellung einer Farbpalette mit drei Farben - Irgaderm Gelb, Orange und Braun - hergestellt. Das Dreieck mischt die drei Farben mit steigenden Anteilen, wobei die Gesamtmenge der Lösung konstant ist, in diesem Falle 40 ml.<sup>111</sup> Es zeigte sich, daß die verwendeten Töne Braun und Orange selbst in der Konzentration von 200µl/3000ml Wasser (ca 0.07%) zu dominant waren und sich das gesamte Dreieck in schmutzig-rötlichen Tönen bewegte. Daher wurde eine Reihe von Mischungen mit hohem Gelbanteil ohne Anwendung des Mischungsdreiecks und geringem Braun- und Orangeanteil vorgenommen, die geeignete Resultate aufwiesen (Abb. 122, Tabelle 12).

Würfel Nr.	Gelbanteil 200µl/1000 ml	Orangeanteil 200µl/1000 ml	Braunanteil 200µl/1500 ml	Gesamtmenge
1	50 ml	1 ml	1 ml	52 ml
2	50 ml	9 ml	1 ml	60 ml
3	30 ml	15 ml	15 ml	60 ml
4	10 ml	10 ml	40 ml	60 ml
5	40 ml	0 ml	10 ml	50 ml
6	40 ml	8 ml	10 ml	58 ml
7	40 ml	0 ml	50 ml	90 ml
8	40 ml	35 ml	35 ml	110 ml
9	28 ml	30 ml	12 ml	70 ml

**Tabelle 12**  
 Färbungen der Würfel mit Irgaderm Farbstoffen auf der Basis der Ergebnisse von Tabelle 14 im Anhang.

Trocknung in zwei Teile geschnitten. Davon wurde ein Teil als Referenz verwahrt, der andere eine Stunde in dest. Wasser gekocht, dann wieder 14 mal kalt, 14 mal warm ausgedrückt, wieder für Referenzzwecke halbiert, nach einer weiteren Nacht eine Stunde gekocht.

<sup>109</sup> Vergleiche von gefärbten, entfärbten und belassenen Mustern zeigen, daß letztere andere Tönungen mit derselben Farbstoffkonzentration und -menge zeigen wie die von entfärbten oder weißen Schäumen.

<sup>110</sup> Z.B. auf ein Fensterbrett legen.

<sup>111</sup> Schema des Mischungsdreiecks im Anhang, S. .



**Abb.122**  
Proben nach der Lichtalterung.

### Ergebnis und Interpretation der Lichtalterung nach DIN 54004

Im der Lichtalterungsanlage des Institutes für Textil- und Faserchemie der Universität Stuttgart wurden mit Irgadern gefärbte PUR (ET)-Schäume einer künstlichen Lichtalterung unterzogen. Ziel der Alterung war die Beurteilung der Lichtechtheit der Farbstoffe auf dem Substrat. Folgende Bedingungen waren gegeben<sup>112</sup>:

Dauer der Belichtung:	71 h
Bestrahlungsstärke:	1250 W/m <sup>2</sup>
Simulation:	"Sonnenlicht hinter Fensterglas"
Stufe:	2
Wellenlänge:	300 - 800 nm.
Temperatur an der Probe:	47 °C

Die Lichtalterung erfolgte bis zum beginnenden Verbleichen des Blauwollstandards Stufe 5.<sup>113</sup> Die beiden gefärbten Proben - links außen - zeigten in der lichtexponierten Partie im Vergleich zum ungefärbten Material geringe Farbveränderungen. Der braun gefärbte Schaum zeigt eine Aufhellung der Oberfläche. Im Vergleich dazu zeigt die gelbgefärbte Probe im lichtexponierten Bereich eine Intensivierung des Gelbtones, sprich eine Verbräunung. Eine Erklärung hierfür liefert möglicherweise die dritte Probe von rechts in Abb. 122: Der unbehandelte Schaum ist im lichtexponierten Bereich stark verbräunt. Die Verbräunung des gelbgefärbten Schaum könnte als Ursache die Eigengilbung des Schaumes

<sup>112</sup> Angaben zum Gerät im Materialverzeichnis S. 141 - 145.

<sup>113</sup> Die Beurteilung erfolgte rein optisch und ist daher subjektiv.

sein, wobei durch additive Farbwirkung (gelb + gelbbraun) ein dunklerer Gelbton erzielt wird. Gelb absorbiert die eintreffende UV-Strahlung, eventuell wird dadurch auch die Giltung des Schaumes selbst aktiviert.

Der braungefärbte Schaum hingegen absorbiert die UV-Strahlung nicht. Die optisch erkennbare Aufhellung des Materials liegt vermutlich in dem Ausbleichen des Farbstoffes selbst, da die Lichtechtheit des Farbstoffes nicht nur von seiner Zusammensetzung abhängt, sondern auch von dem Substrat, auf das er aufgebracht wird. Dies bedeutet jedoch nicht, daß der Farbstoff nicht wirklich "gebunden" ist, sondern, daß er sich unter Umständen anders verhält.<sup>114</sup>

Für die praktische Anwendung besagt dies, daß trotz der geringen Verfärbungen die eingefärbten Schäume als Intarsienmaterial verwendet werden können, da die Bewertung mit Stufe 5, = knapp "gut", für den gewünschten Zweck ausreichend ist.

Der 20%ige Auftrag der Polyurethandispersion auf die beiden linken gefärbten Proben im jeweils unteren Drittel (durch den weißen Faden abgegrenzt) eine Intensivierung des Farbtones, die sehr gering ist, aber sich im Einklang mit den Beobachtungen an den ungefärbten, beschichteten Proben befindet (vgl.S.106). Die Proben zeigen eine etwas intensivere Verbräunung als die unbehandelten.

#### Praktische Umsetzung und Ergebnis

Die Demonstration der Färbung der Intarsien an "Funburn" sind deshalb schwierig, weil sich das Werk insgesamt noch in verschmutzten Zustand befindet, und besonders die Ränder um die Fehlstellen dunkler sind als die Umgebung; daher ist eine optimale Anpassung nicht möglich, da entweder die Intarsie durch die verschmutzten Ränder optisch abgegrenzt wird, oder - wählt man den Schmutzton für die Intarsie - sich die ganze Stelle als zu dunkel markiert.<sup>115</sup> Die Intarsien wurden demnach auf einen helleren Ton gefärbt, der dem gereinigten Zustand entsprechen dürfte; eine kleine Stelle an der Grenze Original-Intarsie wurde gereinigt (Abb.113, S. 110)

Der Färbeporgang selbst erfolgte wie in den Vorversuchen beschrieben: Ausgehend von den Färbepproben, wurde der dem Originalton nächste Ton gewählt und die Intarsie bei Raumtemperatur unter Walken gefärbt, danach weiter unter Addition von einzelnen Tönen die gewünschte Farbigekeit erzielt. Anschließend wurden die Intarsien in warmen Wasser ausgespült und getrocknet. Als Material wurde zunächst ein grünlich bereits vorgefärbter Schaum<sup>116</sup> benutzt, der sich jedoch trotz vorherigem Vergleich mit dem Original unter dem Mikroskop als zu großzellig erwies. Die grünliche Grundfärbung zeigte sich ebenfalls nachteilig; die Töne wurden zu dunkel. Ein von mir aus Amerika mitgebrachter, weißer und mittlerweile etwas gegilbter PUR (ET)-Schaum mit kleineren Zellen eignete sich besser.

<sup>114</sup> Diesen Hinweis verdanke ich Frau Dr. Gabriele Hardtmann von der Universität Stuttgart.

<sup>115</sup> Größere Partien zu Demonstrationszwecken zu reinigen, ohne zu wissen, ob eine Gesamtrestaurierung durchgeführt werden soll, hielt ich für nicht vertretbar.

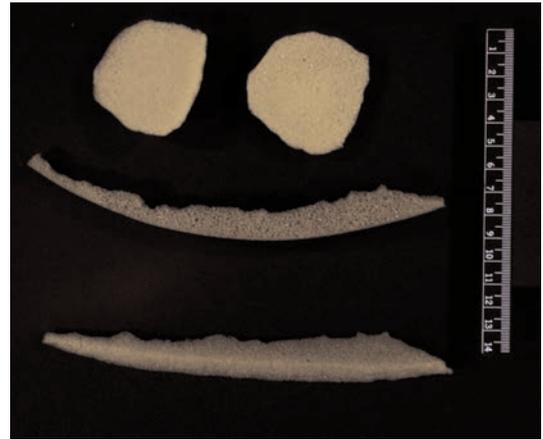
<sup>116</sup> PUR (ET) R 3028 der Fa. AGS Schaumstoffe Stuttgart, grünlich eingefärbt.

Die Aufnahme von Farbstoff ist abhängig von der Größe der Intarsie. Wieviel Ausgangslösung benötigt wird, um ausreichend Farbstoff für die Größe bereitzustellen, kann abgeschätzt werden. Die Intarsie muß sich vollsaugen können, d. h. das Doppelte des Volumens der Intarsie muß an Lösung bereitgestellt werden. Um die Reproduzierbarkeit des Tones einer bestimmten Intarsie zu ermöglichen, muß eine Färbeprotokoll geführt werden, worin die Mengen notiert werden. Die Ausgangslösungen müssen daher immer gleich sein.

Als Einschränkung ist jedoch zu betonen, daß in jedem Fall wird nicht optimal, sondern eher im Unterschuß oder Überschuß gefärbt wird: Das Material könnte noch mehr Farbstoff binden als zur Erzielung des Tones nötig ist.

#### Schlußfolgerung

Die Herstellung gefärbten Intarsienmaterials auf der Basis von PUR (ET)- Schäumen ist mit Lederfarbstoffen "Irgaderm" der Firma Ciba-Geigy durchführbar. Die Töne Gelb, Orange und Braun zeigen neben einer geeigneten Tonpalette hinsichtlich einer Intarsie für "Funburn" ausreichende Haftung und Beständigkeit auf dem Substrat. Bei ausreichender Bewegung während des Färbeporgangs kann eine gleichmäßige Durchfärbung des Material erreicht werden. Die Lichtalterung zeigt ausreichende Lichtechtheit für den angestrebten Zweck: nach Ebner (zit. in Pataki 1997: 95) knapp "gut".



**Abb.123**

Geschnittene und gefärbte Intarsien.



**Abb.124**

Gefärbte Intarsie im Kantenbereich, provisorisch festgesteckt.



**Abb.125**

Gefärbte Intarsie in der Fläche, lose eingelegt.

## Verklebung

Hierfür gibt es unterschiedliche Möglichkeiten: Grundsätzlich soll die Intarsie nicht vollflächig verklebt werden, da so eine spätere Ablösung unmöglich wäre. Die Verklebung der Ränder ist für die Stabilität und den Widerstand gegen eventuelle Berührungen ausreichend.

Die für den Auftrag bereits getestete Polyurethandispersion ist sehr niedrigviskos und daher kaum gezielt zu plazieren, es sei denn man verdickt sie z. B. mit Methylcellulose. Nachteilig ist jedoch die Dispergierung in Wasser und damit verbunden, die lange Trockenzeit der Klebenaht, die nur an der Grenze Original - Intarsie knapp unterhalb der "Fuge" entlanggeführt werden soll.

Ein mit Feuchtigkeit ausreagierender Polyurethanklebstoff erscheint hinsichtlich der Anwendung günstiger, da der Klebstoff erst aufgebracht und dann mit Feuchtigkeit, z. B. in Aerosolform durch Befeuchtung der zu härtenden Stelle zum Ausreagieren gebracht werden kann<sup>117</sup>. Sollte die Intarsie wieder gelöst werden müssen, kann sie entlang des Randes herausgeschnitten werden, wobei Verluste im Randbereich sicherlich nicht ganz vermeidbar sind. Die Alterungsbeständigkeit des Klebers wurde im Zuge der Diplomarbeit nicht überprüft; eventuell versprödet und gilbt er im Alter. Es ist jedoch fast anzunehmen, daß er dauerhafter ist als das Originalmaterial. Im Bedarfsfall könnte die Intarsie herausgeschnitten werden.

\* \* \*

---

<sup>117</sup> Bei diesem Vorgang werden Harnstoff und CO<sub>2</sub> gebildet. Ob die entstehenden Mengen für das Original riskant sind, konnte noch nicht geklärt werden.

## V Lagerung

### Überlegungen

Die Lagerungsbedingungen für Polyurethanschäume sind zunächst ähnlich den Empfehlungen für die meisten Kunststoffe zu gestalten: licht - und wärmegeschützt, kühl und trocken, möglichst sauerstoffarme Umgebung.

Die in Sammlungen für Moderne und zeitgenössische Kunst noch wenig angewandte Lagerung von Kunststoffen unter sauerstofffreien Atmosphäre, bzw. Atmosphäre mit reduzierten Sauerstoffgehalt bietet eine Möglichkeit der Erhaltung von Kunstwerken, die andernfalls in absehbarer Zeit verfallen. Die Zurückhaltung bezüglich derartiger Lagerung liegt vermutlich nicht nur an den Kosten für die technische Einrichtung, sondern auch in der Aktualität der Werke. Künstler und Restauratoren stammen häufig derselben Generation an. Kunst wird jedoch anders rezipiert, wenn die zeitliche Distanz zur Entstehung größer ist, weil die bereits vergangene Zeit eine Bewertung und Einordnung der Werke korrigiert hat, und wir uns als Entscheidungsträger an bestimmte Regeln und Vorgaben halten können. In der Moderne und Gegenwartskunst sind diese Regeln bisher zumindest im Bereich der Restaurierung und Konservierung oft noch unklar, und zunächst erscheint der Vorschlag der Lagerung in sauerstoffreicher Umgebung eher einem alten Kunstgegenstand angemessen als einem zeitgenössischen.

Chamberlain selbst hat mit der Formel "Let it disintegrate, but look after it", festgestellt, daß er keine künstlichen Maßnahmen an seinen Werken möchte, weder Ergänzende noch künstlich Erhaltende. Diese Einstellung harmoniert nicht mit dem Wunsch, Kunst zugänglich zu machen und zu erhalten. Es gibt demnach unterschiedliche Möglichkeiten, wie das Dasein von "Funburn" in Zukunft aussehen könnte<sup>118</sup>:

Zum einen entscheidet man sich in Einklang mit der Ansicht des Künstlers, die Arbeit nicht zu restaurieren. Das würde bedeuten, daß das Werk zwangsläufig wieder eingelagert würde, da es aufgrund des desolaten Zustandes so nicht ausgestellt werden kann. Das Kunstwerk würde der Öffentlichkeit weiter entzogen. In diesem Fall sollte aus konservatorischer Sicht zumindest die sauerstoffarme Lagerung in Betracht gezogen werden, da das Werk dann länger erhalten würde als im gegenwärtigen Lagerungszustand. Diese Möglichkeit läßt offen, ob später noch andere Maßnahmen ergriffen werden. Unterläßt man die sauerstoffarme Lagerung, und verpackt das Werk wieder in eine Kiste, wird es in nicht allzu langer Zeit verfallen. Entscheidet man sich zur Reinigung und/oder Restaurierung, würde das Werk seinem ehemaligen Erscheinungsbild wieder nähergebracht und könnte dem Publikum unter bestimmten Vorkehrungen zumindest zeitweise wieder zugänglich gemacht werden.

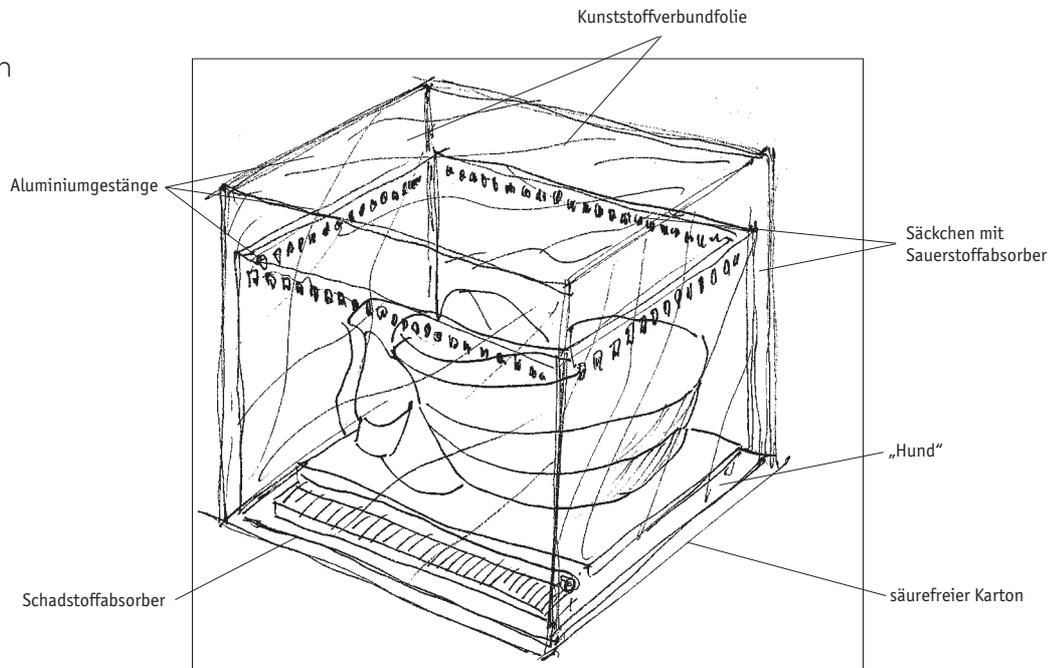
---

<sup>118</sup> Ausgehend von der Annahme, daß das Werk in seinem heutigen Zustand aufgrund der zu großen Schäden nicht gezeigt werden kann.

Für die Zeiträume, in denen das Werk nicht gezeigt wird, ist aus konservatorischer Sicht ebenfalls sauerstofffreie Lagerung anzuraten. Letztendlich liegt die Entscheidung selbstverständlich beim Museum für Moderne Kunst, Frankfurt/M.

## Vorschläge

### Skizzen



Zeichnung 1 Lagerung.

Zielsetzung der Lagerung ist der Ausschluß von Sauerstoff und Licht sowie die weitgehende Absorption der reaktiven flüchtigen Verbindungen. Für Sauerstoff und Schadstoffe gibt es Absorber; die in einem dichten Raum plaziert werden und dort agieren. Um einen dichten Raum zu schaffen kann ein Zelt über einem möglichst leichten Gestänge (Aluminium-Steckverbindungen) angefertigt werden, daß den Sauerstoffentzug innerhalb des Raumes gestattet. Voraussetzung hierfür ist die absolute Dichtheit des Zeltes; hierfür bietet die Fa. Waller, Gottenheim, zwei Möglichkeiten an, zum einen eine Aluminiumverbundfolie, die jedoch knickempfindlich ist und damit für "Funburn" aufgrund der Größe unzureichend erscheint, zum anderen "ESCAL-Folie", eine mehrlagige Polypropylenfolie mit Keramikbeschichtung auf Polyvinylacetat/ Polyethylenbasis. Es handelt sich um transparentes Laminat, das die Beobachtung des Objektes ermöglicht. Der empfindliche Zeltboden kann mit einem säurefreien Karton ausgelegt werden, auf dem ein arretierter "Hund" steht, der eine breite und abgepolsterte Auflagefläche bietet. Hierauf ruht das Werk und kann so aus dem Zelt herausgezogen werden. Das Alugestänge sollte möglichst nahe am Objekt liegen und mit einem Drahtgitter oder einzelnen Drähten verspannt sein, die verhindern, daß bei Unterdruck

das Zelt gegen das Material scheuert. Um das Folienzelt herzustellen, muß die Folie verschweißt werden, was mit einer speziellen Schweißzange erfolgen kann, wobei Nähte zehn mm breit sein sollten. Das Verschweißen müßte über dem Alugestänge mit bereits positioniertem Kunstwerk geschehen, da das Werk ansonsten am Schluß eingeschoben werden müßte. Für die Maße des Zeltes muß eine 20%ige Volumenabnahme durch die später erfolgende Sauerstoffabsorption mitberechnet werden, d. h. das Zelt muß seitlich oder oben bei zwei Metern Kantenlänge 40 cm länger sein als das Alugestänge. Der Sauerstoff wird der im Zelt befindlichen Luft durch den Filter "RP-K20" in Granulatform entzogen. Er besteht aus Kieselgur, Polyethylen, Calciumhydroxid, Aktivkohle sowie einer saugfähigen Graphitverbindung, abgefüllt in Säckchen. Im Gegensatz zu "Ageless" hat die Absorption keine Auswirkung auf die relative Luftfeuchtigkeit im Zelt. Die Kontrolle des Sauerstoffgehaltes im Zelt könnte mit einem Sauerstoffindikator in Tablettenform kontrolliert werden. Das Zelt sollte mit Argon vorgeflutet werden. Die Reduktion der relativen Luftfeuchte wird in diesem Vorschlag nicht berücksichtigt<sup>119</sup>, da die Hydrolyse bei den PUR (ET)-Schäumen anscheinend nicht der wesentliche Abbaufaktor ist, sondern der Sauerstoff. Es werden für das Volumen 80 bis 100 Säckchen benötigt, die an den Stangen aufgehängt und am Boden verteilt werden können. Für die flüchtigen Verbindungen, die bei "Funburn" nachgewiesen wurden, müßten verschieden Filter eingelegt werden: Amine werden mit schwefelsäureimprägnierten Kohlefiltern absorbiert, während Weichmacher - organische Säuren - eher mit reinen Kohlefiltern gebunden werden

Anforderung	Lösung	Kosten für 8 m = 800 Liter Luft <sup>121</sup>
Sauerstoffgehalt ≤ 0,01 %	Sauerstoffabsorber	ca. 80 Säckchen 1.233.-
Luftdichtes Zelt	Folienzelt aus ESCAL-	ca. 26 m = 260.- DM
Verschweißen der Folie	Schweißzange Joke SZ 380 geliehen	180.-
Stützkonstruktion für Zeit	Alugestänge	ca. 500.-
Absorption der flüchtigen	Purakol AM	1 kg ca. 50.-
Verbindungen	Purafil Select	1 kg 55.-
Kontrolle des Sauerstoff- gehaltes	Ageless eye	10 Stück = 20.-

**Tabelle 13**  
 Lösungen und Kosten für sauerstofffreie Lagerung von "Funburn".

<sup>119</sup> Die Feuchtigkeit konnte zusätzlich entzogen werden.

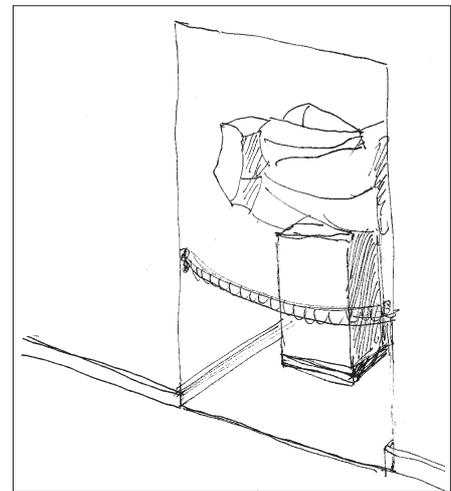
<sup>120</sup> Alle Angaben und Preise entnommen der Website <http://www.CWaller.de/ageless.htm>, Stand 25.02.99.

können. Waller bietet den Schadstoffabsorber "Purafil Select" an, der aus kaliumpermanganatgetränkten Tonkügelchen zur Absorption organischer Säuren und Oxide sowie 8%igen Natriumbicarbonatzusatz besteht. Das Granulat ist violett und verfärbt sich durch den Verbrauch braun. Um die Amine zu binden, schlägt Waller "Purakol AM" vor, ein imprägniertes Torfkohlegranulat. Es liegen keine genauen Angaben darüber vor, wie lange die Sauerstoff- und Schadstoffabsorber funktionieren, man spricht jedoch von Jahrzehnten bis Jahrhunderten. Kontrolle ist durch beigelegte Indikatoren möglich. Die Kosten für die Materialien belaufen sich auf ca. 2.800.- DM. Durch die sauerstofffreie Lagerung bestünde die Möglichkeit, eines dieser heute ohnehin seltenen Werke zu konservieren und gleichzeitig eine auch für andere Exponate in Frage kommende Lagerungstechnik praxisnah zu testen.

## Ausstellung

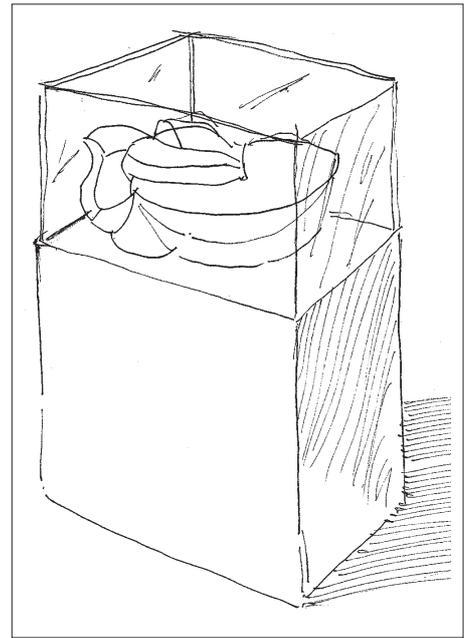
Wird "Funburn" restauriert und soll es wieder präsentiert werden, stellen sich mehrere Fragen. Zum einen muß geklärt werden, wie das Werk hinsichtlich des starken Verlangens der Betrachter, "Funburn" anzufassen, geschützt werden kann und wie die Ausstellungssituation im Hinblick auf die Alterung durch Umwelteinflüsse zugeschnitten werden kann.

Das Museum für Moderne Kunst benutzt in den Ausstellungsräumen normalerweise keine Absperrungen, von Ausnahmen wie der "Tischgesellschaft" von Katharina Fritsch oder Claes Oldenburgs "Bedroom" abgesehen. Das Haus legt Wert auf den freien Zugang und den unverstellten Blick des Betrachters. "Funburn" löst bei den meisten Menschen das unmittelbare Verlangen aus, das Werk anzufassen, selbst bei Restauratoren bleibt diese Wirkung nicht aus. Wie aber kann man ein solches ein Werk ausstellen, ohne es in einer tresorähnlichen Vitrine oder hinter einer zooähnlichen Absperrung zu verbarrikadieren? "Funburn" und andere Werke aus ephemeren Materialien sollten m. E. nicht als Dauerexponate ausgestellt werden, da sie zu lichtempfindlich sind und zudem die Gefahr der Beschädigung durch Besucher sehr groß ist. Daher plädiere ich für eine begrenzte Präsentation, zumal das MMK durch seine sechsmonatigen Szenenwechsel ein Haus ist, das viel verändert. Sollte man "Funburn" ähnlich wie andere Werke aus der Sammlung Ströher als permanente Installation zeigen wollen, so müßten Vorkehrungen getroffen werden, die technisch und finanziell äußerst aufwendig sind und zusätzlich dem Konzept des unverstellten Blicks nicht gerecht werden. Im Falle der kurzzeitigen, wiederholten Präsentation wäre vorstellbar, das Werk wie ehemals



Zeichnung 2 Ausstellungssituation.

praktiziert, auf einem Sockel skulpturengleich auszustellen; der Sockel müßte eine verbreiterte Auflagefläche besitzen, die sehr dünn und gepolstert ist. Als Schutz vor Verstaubung gibt es verschiedene Möglichkeiten: Man konstruiert eine einfache "Rahmung", die das Werk kastenartig umgibt und durch das Dach Schutz bietet, zusätzlich wäre so auch der Zutritt zum Werk verhindert. Oder man entscheidet sich für eine Plexiglashaube und sorgt für Belüftung, sicherlich die beste Lösung für den Zustand des Werkes. Entscheidet man sich gegen alle diese Schutzvorrichtungen, ist das Risiko der Verschmutzung und Beschädigung des Objektes hoch.



Zeichnung 3 Ausstellungssituation.

\* \* \*

## VI Kritische Schlußbetrachtung und Ausblick

Die Überprüfung und Anwendung von Materialien und Verfahren zur Konsolidierung, Zuschnitt und Färbung der Intarsien sowie Reinigung führten zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Wahl und Erprobung eines für die PUR-Weichschäume geeigneten Konsolidierungsmittels können mit einigen Einschränkungen als positiv beurteilt werden. Die Einschränkungen beziehen sich auf das Alterungsverhalten der Konsolidierung, die im Rahmen der Diplomarbeit nur bedingt überprüft werden konnte und noch weiterer Forschung bedarf. Die Anwendung des Festigungsmittels mit Aerosolen ist dagegen uneingeschränkt positiv und im Falle der Absicherung des Konsolidierungsmittels für die Festigung von Werken aus PUR-Weichschaum, auch farbigen Werken, geeignet.

Das Verfahren zur vorübergehenden Härtung der Schäume mit Stickstoff, um den paßgenauen Zuschnitt der Intarsien zu ermöglichen, erwies sich für die Problemstellung als außerordentlich gut und eröffnet neue Möglichkeiten, die unter Umständen auch auf andere Problemstellungen der Restaurierung allgemein erweitert werden können.

Die Färbung der Intarsien mit den geprüften Lederfarbstoffen ist möglich, läßt sich jedoch kaum objektivieren; der jeweilige Farbton muß individuell abgemischt werden. Das Ergebnis der praktischen Umsetzung an zwei exemplarischen Fehlstellen ist deshalb schwer zu beurteilen, weil die Reinigung des Werkes noch aussteht und die Intarsien nicht an den verschmutzten Ton angepaßt und verklebt werden können. Die Intarsien wären aller Voraussicht nach nicht komplett unsichtbar, allein deshalb, weil die Struktur des gealterten Schaumes immer minimal von der Ergänzung abweichen wird. Meines Erachtens ist es jedoch möglich, den optischen Gesamteindruck des Werkes "Funburn" durch die Ergänzung aufzuwerten.

Die Überprüfung der Einklebung der Intarsien wurde noch nicht durchgeführt; sie stellt jedoch ein geringeres Problem dar und ist im wesentlichen eine Frage der Materialwahl. Es stehen verschiedene Materialien zur Verfügung, deren Anwendbarkeit hinsichtlich der Anforderungen relativ einfach zu testen ist. Die Anwendung des vorgeschlagenen Reinigungsverfahrens kann erst bei der praktischen Umsetzung am Werk beurteilt werden. Das Konzept dient als Grundlage, Veränderungen können und müssen sicherlich noch vorgenommen werden. Dasselbe gilt für das Lagerungskonzept. Auch hier wurde Neuland betreten, da z. B. der Sauerstoffabsorber "RPK 20" neu auf dem Markt ist und auch für die anderen Materialien z.T. noch kaum praktische Erfahrungen vorliegen. Lagerung dieser Art ist ein Novum in der musealen Welt der Gegenwartskunst und die Anwendung würde sicherlich auch für andere Museen mit alternder zeitgenössischen Kunst Zeichen setzen. Sicherlich würde sich auch hier im Falle der praktischen Umsetzung vieles ergeben, was im Vorfeld nicht abgedeckt werden

konnte, auch dienen die genannten Kosten nur als Anhaltspunkte.

Es ist jedoch im Hinblick auf die wachsenden Sammlungen zeitgenössischer Kunst und der rapiden Alterung derselben dringend notwendig, neue Methoden zu finden, die den Umgang mit diesen Kunstwerken erforschen. Die Haltung: "Der Zweck heiligt die Mittel", die häufig den Restaurierungen zeitgenössischer Kunst zugrunde liegt, darf nicht allein bestimmend sein; die Beschäftigung mit der zeitgenössischen und Gegenwartskunst sollte in die Lehrpläne der auszubildenden Institutionen integriert werden, denn es werden zunehmend mehr neue Werke in die Hände der Restauratoren gelangen als alte, schlicht und ergreifend deshalb, weil sie schneller altern, momentan in großen Mengen produziert werden und immer mehr Museen für zeitgenössische Kunst entstehen.

Somit hoffe ich, mit dieser Diplomarbeit einen Beitrag zu dem komplexen Problembereich restauratorischer Umgang mit zeitgenössischer Kunst zu liefern.



**Abb.126**

Ulrich Bernhardt, "Klinisch tot", 1974. Rechts unterhalb der Uhr wurde der Weichschaum ergänzt, auf dem querliegenden Teil oben sowie teilweise im "Hintergrund" ist das Material bereits abgebröselst und so belassen.

\* \* \*

## Bibliographie

Adriani, G. Hsg.

Sammlung Cremer: Europäische Avantgarde 1950-1970, Ausstellungskatalog Kunsthalle  
Tübingen, Tübingen (1973).

Allinger, N., Cava, M. P., de Jongh, D. C., Johnson, C., Lebel, N. A., Stevens C. L. Hsg.

Organische Chemie, 1. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin und New York (1980) 887, 888,  
1010-1020, 1399.

Althöfer, H.

Schäden an modernen Kunstwerken und Vorschläge zu ihrer Restaurierung,;  
Das Düsseldorfer Symposium, Restaurierungszentrum Düsseldorf, Düsseldorf (1977) 41.

Althöfer, H.

Moderne Kunst-Handbuch der Konservierung, 1. Aufl., Schwann Verlag,  
Düsseldorf (1980) 412,413.

Althöfer, H.

Kunst und Kunststoff - Synthetische Materialien in der Restaurierung,  
Kunststoffe in der Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern, Teil III,  
Seminarunterlagen, 19. - 21. Nov. 1987, SKR, Interlaken (1987) 87-100.

Andrews, O.

Living Materials. A Sculptor's Handbook, 1st ed., University of California Press, Berkeley,  
Los Angeles und London (1988) 141, 157, 160.

Auras, M.

Prüfung der Wirksamkeit eines Steinfestigungsmittels auf PUR Basis,  
Arbeitsblätter für Restauratoren I (1993) 256.

Banik, G., Krist, G. Hsg.

Review of Paper Chemistry , Handout of the ICCROM Paper Conservation Course, 1995, Vol.  
2, Rom (1995) 25.

Biederbick, K.-H.

Kunststoffe - kurz und bündig, Vogel Verlag, Würzburg (1977).

Billeter, E. Hsg.

Weich und Plastisch - Soft Art, Ausstellungskatalog Kunsthaus Zürich, Zürich (1980).

Blank, S.

An Introduction to Plastics and Rubbers in Collections,; Studies in Conservation 35 (1980): 53-63.

Bleyl, M.

Gotthard Graubner - Farbraumkörper der XL. Biennale Venedig 1982,  
Frankfurt a.M. (1991) 18.

Braun, D.

Erkennen von Kunststoffen - Qualitative Kunststoffanalyse mit einfachen Mitteln, 2. Aufl.,  
Carl Hanser, München und Wien (1986).

Brenken, A.

Was tun, wenn die Fettecke schmilzt?, Art. Das Kunstmagazin 2 (1994) 33-37.

Brimblecombe, P.

Particulate Material in Air of Art Galleries, in: Dirt and Pictures separated,  
Papers given at a Conference held by UKIC and the Tate Gallery,  
Hackney, S., Townsend, J., Eastaugh, N. eds., London (1990) 7-8.

Chamberlain, J.

A Statement, Dia Art Foundation, New York (1982).

DFG Stoess AG Hsg.

Produktspezifikation Gelita Blattgelatine 600 Blatt, 7 kg weiß, Eberbach (1999).

Dierks-Staiger, R., Hassel, B., Becker, E., Banik, G.

Konsolidierung einer Gouachemalerei mit Hilfe von Aerosolen,  
Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 11 (1997): 276-285.

Dignard, C., Douglas, R., Guild, S., Malheux, A., McWilliams, W.  
Ultrasonic Misting. Part II, Treatment Applications;  
Journal of the American Institute for Conservation 36 (1997): 127-141.

Doležel, B.  
Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi, 1. Aufl., Hanser,  
München und Wien (1978).

Domininghaus, H.  
Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 5. Aufl., Springer Verlag,  
Berlin und Heidelberg (1998): 1140-1144.

Down, J., et al.  
Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute - An Evaluation of Selected  
Poly(vinylacetate) and Acrylic Adhesives.; Studies in Conservation 41 (1996): 19-44.

Ebner, G., Schelz, D. von  
Textilfärberei und Farbstoffe. Beispiele angewandter Chemie, 1. Aufl., Springer Verlag, Berlin  
(1989).

Falbe, J., Regitz, M. Hsg.  
Römpf Chemie Lexikon, Bd. 5, 9. Aufl., Georg Thieme, Stuttgart und New York  
(1992): 3575-3577.

Feller, R., Wilt, M. H.  
Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation.  
Research in Conservation 3, The Getty Conservation Institute, 2nd ed.,  
Marina del Rey (1993).

Filip, Z.  
Microbial Degradation of Polyurethanes, in: Biodeterioration und Biodegradation of Plastics and  
Polymers, Proceedings of the Autumn Meeting of the Biodeterioration Society held at  
Cranfield Institute of Technology on 12th and 13th Sept. 1985, Seal, K. J. ed.,  
Surrey (1985): 51-55.

Foerst, W. Hsg.

Polyurethan-Schaumstoffe, in: Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., Bd. 14, Urban & Schwartzberg, München und Berlin (1963): 352-361.

Foerst, W. Hsg.

Schaumstoffe, in: Ullmanns Encyclopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., Bd. 15, Urban & Schwartzberg, München und Berlin (1964): 184-192.

Fondation pour l'Architecture ed.

L'Utopie du tout Plastique, Ausstellungskatalog, Brüssel (1994).

Fuller H. B.

Sicherheitsdatenblatt Technicoll Sprühkleber Nr. 8100, München (1998).

Geldzahler, H.

John Chamberlain - Recent Work, Ausstellungskatalog The Pace Gallery, New York (1992).

Grassie, N., Zulfiquar, M., Guy, M. I.

Thermal Degradation of a Series of Polyester Polyurethanes;  
Journal of Polymer Science, Polymer Chemistry Edition, 18 (1980): 265-274.

Grattan, D. W., Bilz, M.

The Thermal Ageing of Parylene and the Effect of Antioxidant;  
Studies in Conservation 36 (1991): 44-52.

Grattan, D. W., Bilz, M.

The Development on Apparatus for Studying the Effect of Light Exposure on Museum Materials, in: ICOM Committee for Conservation, Preprints of the 10th Triennial Meeting, Washington DC 1993, Vol. II, Bridgland, J. ed., James and James, London (1993): 559-565.

Grattan, D. W., Bilz, M.

The Aging of Parylene: Difficulties with the Arrhenius Approach, in: ICOM Committee for Conservation, Preprints of the 11th Triennial Meeting, Edinburgh 1996, Vol. II, Bridgland, J. ed., James and James, London (1996): 925-929.

Griffin, G. J. L.

Biodegradable Plastics, in: Biodeterioration and Biodegradation of Plastics and Polymers. Proceeding of the Autumn Meeting of the Biodeterioration Society Held at Cranfield Institute of Technology on 12th and 13th Sept. 1985, Seal K. J. ed., The Society, Kew (1985): 11-26.

Griffith, R.

Storage: Not So Simple, Improved Storage. Specifications for Modern Furniture Collections, MA Final Degree Project, Royal College of Art and V&A Joint Conservation Course, unveröffentlicht, London (1997).

Günter Weseler: Ausstellungskatalog Galerie Hennemann (o.V.), Bonn (1977).

Günter Weseler: Werke 1964-74, Ausstellungskatalog Kunstverein für die Rheinlande und Westfalen (o.V.), Düsseldorf (1974).

Hansen, E. F., Neville, A.

Consolidation with Moisture Curable Isocyanates. Polyureas and Polyurethanes, in: ICOM Committee for Conservation, Proceedings of the 9th Triennial Meeting, Dresden 1990, Grimstad K. Hsg., Dresden (1990): 557-562.

Henderick, B.

Approche des matériaux organiques mous dans la sculpture contemporaine, Abschlußarbeit École Nationale des Arts Visuels de la Chambre Atelier de Restauration et de Conservation d'Oeuvres d'Art, Brüssel (1997): 22, 44-47.

Horie, C.V., Allen, N. S., Edge, M. eds.

Polymers in Conservation. Proceedings of an International Conference Organised by Manchester Polytechnic and Manchester Museum, 17th - 19th July 1991, 1st ed., The Royal Society of Chemistry, Cambridge (1992): 96-99, 161-177.

Horie, C.V.

Materials for Conservation. Organic Consolidants, Adhesives and Coatings, 4th ed., Butterworth Heinemann, Oxford, London und Boston (1995).

Ikegami, K.

Japanese Bookbinding, 3rd ed., Tokyo und New York (1990): 29.

Jakobi, G., Löhr, A.

Waschmittel, in: Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4. Aufl., Bd. 24, Verlag Chemie Weinheim, Deerfield Beach und Basel (1983): 63-160.

Jellinek, H. H. G., Dunkle, S. R.

Degradation and Stabilization of Polymers, 1st ed., Vol. I, Elsevier, Amsterdam und New York (1983): 70-73, 149-152, 181-186, 91-103, 248.

Jentsch, J.

Gummi - Elastische Materialien aus Natur- und Synthetikgummi,; Restauro 100 (1994): 314-319.

Jonghe, Piet de

The fruits of a Gilardi, in: Preprints of the Presentation on 12 May 1996, Foundation for the Conservation of Modern Art, Amsterdam (1996): 33.

Kaplan, E. ed.

Modern Plastics Encyclopedia '98, Milacron, Cincinnati (1998).

Kau, C., Huber, L., Hiltner, A., Baer, E.

Damage Evolution in Flexible Polyurethane Foams, in: Journal of Applied Polymer Science 44 (1992): 2069-2079.

Keneghan, B.

Trouble in Toyland - Larry the Lamb is falling to pieces,; From Marble to Chocolate, the Conservation of Modern Sculpture, Proceedings of a Conference, Sept. 18th - 20th 1995, Heuman, J. ed., London (1995): 1-8.

Kerr, N., Batcheller, J.

Degradation of Polyurethanes in 20th Century Museum Textiles, in: Saving the Twentieth Century, Proceedings of a Conference Symposium, Ottawa (1991): 189-206.

Kessler, A.

Anwendung von Aerosolen unter Berücksichtigung des Eindringverhaltens des Konsolidierungsmittels, Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Künste, Stuttgart (1997).

Kosswig, K., Stache, H. Hsg

Die Tenside, Carl Hanser, München und Wien (1993).

Leider, P.

A New Medium For John Chamberlain,; Artforum 5 (1967): 48-49.

Lorne, A.

Still Life of Watermelons by P. Gilardi - Research for the Conservation Treatment, Untersuchungsbericht (unveröffentlicht) Stichting Behoud Moderne Kunst, Amsterdam (1997).

Luckow, D. Hsg.

Plastik - Eine Ausstellung zeitgenössischer Skulptur; Ausstellungskatalog Württembergischer Kunstverein Stuttgart, Richter Verlag, Düsseldorf (1997).

Maheux, A., McWilliams, W.

The Use of the Ultrasonic Mister for the Consolidation of a Flaking Gouache Painting On Paper, in: The Book and Paper Group Annual 14 AIC, Washington DC, (1995): 19-25.

Mark, H. F., Bikales, N., Gaylord, N. eds.

Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol. 6, Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore (1967): 795-815.

Mark, H. F., Bikales, N. M., Overberger, C. B., Menges, G. eds.

Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Vol. 7, Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto und Singapore (1987): 127-153.

Massa, V., Scicolone, G., Cozzi, E.

Ein neuer Polyurethanklebstoff für die Textilrestaurierung;: Restauro 97 (1991): 173-178.

McGlinchey, C. W.

The Physical Ageing of Polymeric Materials, in: Saving the Twentieth Century, Proceedings of a Conference Symposium, Ottawa (1991): 113-121.

---

McNeill, I.

Fundamental Aspects of Polymer Degradation,; Polymers in Conservation, Proceedings of an International Conference, Horie, C.V., Allen, N. S., Edge, M. eds., Cambridge (1992): 14-31.

Meilach, D. Z.

Soft Sculptures and Other Art Forms, Crown Publ., New York (1974).

Michalski, S., Dignard, C.

Ultrasonic Misting. Part I, Experiments on Appearance Change and Improvement in Bondings, in: Journal of the American Institute for Conservation 36 (1997): 109-126.

Möller, T.

Sammlung 1968 Karl Ströher, Ausstellungskatalog, Klein & Volbert, München (1969).

Newman, T.

Plastics As an Art Form, 1st ed., Ambassador, Toronto und Chilton, Philadelphia (1964).

Nilson, L.

Polyurethanes in Museum Collections - Is It Possible To Preserve Plastic Foam? Manuskript (unveröffentlicht) o.O.(1997).

Oertel, G. Hsg.

Kunststoffhandbuch, 3. Aufl., Bd. 7, Carl Hanser, München und Wien (1993).

Pataki, A.

Färbung von Ausgangsmaterialien von "rekonstituiertem Pergament" mit lichtechten Farbstoffen, Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Künste, Stuttgart (1997).

Peignot, Jérôme

o.T., in: Ausstellungskatalog Piero Gilardi, Sonnabend I. Hsg., Paris (1967).

Pohl, E., Ströher, U., Pohl, U.

Karl Ströher - Sammler und Sammlung, Ausstellungskatalog, Ferpicloz (1982).

Pommer, E. - H., Lorenz, G.

The Behaviour of Polyester and Polyether Polyurethanes Towards Microorganisms, in: Biodeterioration and Biodegradation of Plastics and Polymers. Proceeding of the Autumn Meeting of the Biodeterioration Society Held at Cranfield Institute of Technology on 12th and 13th September 1985, Seal K. J. ed., The Society, Kew (1985): 77-86.

Proctor, C.

Polyurethane Foam Resin Alert,; Art Hazard News 10 No. 3 (1978): 1.

Pugliese Degli Esposti, M.

L' Esthetica del Sintetico. La plastica e l'arte del Novecento, Costa & Nolan, Genua (1997).

Rek, V., Bravar, M., Jovic, T., Govorcin, E. A.

Contribution to the UV Degradation of Polyurethanes,;  
Die angewandte Makromolekulare Chemie 158/159 (1988): 247-263.

Rek, V., Bravar, M., Govorcin, E., Suleska, M.

Mechanical and Structural Studies of Photodegraded Polyurethane,;  
Polymer Degradation and Stability 24 (1989): 399-411.

Reuss, M.

Imitationen aus frühen Kunststoffen in völkerkundlichen Sammlungen, Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Künste, Stuttgart (1997).

Reuther, H.

Gotthard Graubner: Erinnerung und Einbildungskraft der Farben, oder Malerei als Synästhesie, in: Kritisches Lexikon der Gegenwartskunst, Weltkunst und Bruckmann, München, Ausgabe 16 (1991): 3-11.

Schäfer, L.

Spurensuche, in: Stadt Gelsenkirchen Hsg., Ferdinand Spindel - Eine Retrospektive, Ausstellungskatalog, Gelsenkirchen (1993).

Schurz, J.

Kunststoff Praxis für Jedermann, Kosmos, Stuttgart (1964).

Schwarz, A.

The Complete Works of Marcel Duchamp, 3rd ed., Vol. II, Delano Greeridge Editions, New York (1997).

SCS ed.

Parylene - A Gas Phase Polymer for Conservation of the Historical Materials, Indianapolis (o.J.).

Shashoua, Y.

Evaluation of Lankrothane 1304 as a consolidant suitable for use in leather conservation, in: The British Museum (ed), Conservation research report 26, London (1991): 363-372.

Skeist, I.

Handbook of Adhesives, 3rd ed., Reinhold van Nostrand, New York (1990): 362-380, 580.

Sommermeier, B.

Konsolidierung pudernder Farbschichten aus dem Bereich der modernen Kunst, Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Künste, Stuttgart (1998).

Southall, A.

Detergent Soap Surfactants, in: Dirt and Pictures Separated, Papers Given at a Conference Held by UKIC and the Tate Gallery, Hackney, S., Townsend, J., Eastough, N. eds., London (1990): 29-39.

Spindel, F.

Höhlen, Hügel, Furchen, in: Kunstreport 2 (1979): 22-23.

Städtisches Museum Wiesbaden Hsg.

Kunst und Kunststoff. Der Kunststoff als Werkstoff des Künstlers, Ausstellungskatalog, Wiesbaden (1968).

Sylvester, J.

John Chamberlain - A Catalogue Raisonné of the Sculpture 1954-1985, 1st ed., Hudson Hill Press, New York (1986).

Uhlig, K.

Polyurethan Taschenbuch, Carl Hanser, München und Wien (1998).

---

Waldman, D.

John Chamberlain: A Retrospective Exhibition, Solomon R. Guggenheim Foundation, New York (1971).

Wiles, D. M.

Changes in Polymeric Materials with Time, in: Saving the Twentieth Century, Proceedings of a Conference Symposium, Ottawa (1991): 110-121.

Williams, R.S.

Composition Implications of Plastic Artefacts:

A Survey of Additives and Their Effects on the Longevity of Plastics,:

Saving the Twentieth Century, Proceedings of a Conference Symposium, Ottawa (1991): 135-153.

Wright, M., Townsend, J. H. eds.

Resins Ancient and Modern, Preprints of the Conference Held at the Department of Zoology, University of Aberdeen, 13. - 14. Sept. 1995, SSCR, Edinburgh (1995): 115-121.

## Korrespondenzen, Interviews

Althöfer, H.

Telefoninterview, Düsseldorf (1997)

Chamberlain, J.

Telefoninterview, New York (1998)

Graubner, G.

Persönliche Mitteilung, Düsseldorf (1996)

Gilardi, P.

Persönliche Mitteilung, Turin (1999)

Karpf, Herr

Persönliche Mitteilung, Landeskriminalamt Baden-Württemberg, Stuttgart (1998)

Pugliese, M.

Interview mit Piero Gilardi, Turin (1992; unveröffentlicht)

Schmid, D.O.

Persönliche Mitteilung, AGS Schaumstoffe Stuttgart (1998)

Weseler, G.

Schriftliche Mitteilung, Düsseldorf (1.3.99)

Weyer, C.

Schriftliche Mitteilung, Restaurierungszentrum Düsseldorf (30.6.1997)

Wiesmann-Emmerling, A.

Schriftliche Mitteilung, Hessisches Landesmuseum Darmstadt (4.12.1998)

## Materialverzeichnis

### Technisches Gerät

Aerosolgenerator AGS 2000

Fa. Becker Preservotec

1364 Winnenden

Aerosolvernebler

"T" Updraft II Neb-U.-Mist Nebulizer Nr. 1732

Hudson Respiratory Care Inc.

Temecula CA, USA

Digital-Mikroliterpipette

E 225.1 200-1000µl

Carl Roth GmbH & Co

76161 Karlsruhe

Drehbar gelagerter Tisch für die Skulptur "Funburn"

Maßanfertigung der Schreinerei MUNY

70806 Kornwestheim

GC-MS

Hewlett Packard 5890 S 2,

MSD 5971 a (Massenselektiver Detektor)

Curie Pyrolysator (Pyrolyseeinheit)

Landeskriminalamt Baden-Württemberg, Stuttgart

FT-IR Perkin Elmer Spectrum 1000

ICN

Amsterdam

Schweißzange Joke SZ 380

zu leihen bei

Christoph Waller Klimatisierungsprodukte

79288 Gottenheim

Stickstoffbehälter mit Schlauch und Ventil  
Fa. Messer Griesheim  
46047 Oberhausen

Xenotest 150 S (Lichtalterungsanlage)  
Fa. Heraeus  
Hanau

### **Arbeitsschutz**

Feinstaubmaske FFP 1 mit Ausatemventil  
Fa. Carl Roth GmbH & Co  
76161 Karlsruhe

Abzug "Airone" LF-640  
Safelab Systems Ltd.  
Bristol, England

### **Farbstoffe**

Irgaderm (1:2 Azo-Metallkomplexfarbstoffe)  
Gelb FL (Code 2315), Braun MFL (Code 2347), Orange MFL (2372),  
Rot (2317), Schwarz MFL (2337)  
Fa. Ciba-Geigy, zu beziehen über:  
TFL Ledertechnik GmbH & Co KG  
64214 Darmstadt

### **Chemikalien und Materialien**

Purakol AM (impägnierte Aktivkohle)  
zu beziehen über: Christoph Waller Klimatisierungsprodukte, s.o.

ESCAL (Mitsubishi) Verbundfolie  
zu beziehen über: Christoph Waller Klimatisierungsprodukte, s.o.  
RP-20 K (Mitsubishi) Sauerstoffabsorber aus Kieselgur, Polyethylen, Ca(OH)<sub>2</sub>,  
Graphit zu beziehen über: Christoph Waller Klimatisierungsprodukte, s.o.

---

Purafil Select Granulat  
zu beziehen über: Christoph Waller Klimatisierungsprodukte, s.o.

Purakol AM  
zu beziehen über: Christoph Waller Klimatisierungsprodukte, s.o.

Stickstoff flüssig  
Fa. Messer Griesheim  
46047 Oberhausen

Triton X 100 (Alkylphenylpolyaethylenglykol)  
Fa. Sigma-Aldrich Chemie GmbH  
Geschäftsbereich Fluka  
82041 Deisenhofen

### **Konsolidierungsmittel**

Culminal MC 4000 und MC 400 (Methylcellulosen)  
Fa. Aqualon, Henkel Austria

Gelatine "Gelita" weiß und rot  
Fa. Stoess AG  
69402 Eberbach/Baden

Impranil DLV (Polyurethandispersion auf aliphatischer Isocyanatbasis, Polyester)  
Fa. Bayer, zu beziehen über:  
Chemie Jäkle  
52650 Nürnberg

Klucel EF (Hydroxypropylcellulose)  
zu beziehen über: Fa. Kremer  
88317 Aichstetten  
Mowiol 4-86 (Polyvinylalkohol)  
nicht mehr im Handel erhältlich

Mowiol 4 - 88

zu beziehen über: Fa. Kremer  
88317 Aichstetten

Plexisol P 550 (Acrylharz)

zu beziehen über: Fa. Kremer  
88317 Aichstetten

Hausenblasenleim ("Störleim")

zu beziehen über Fa. Kremer  
88317 Aichstetten

Tylose MH 50, MHB 3000 (Methylhydroxyethylcellulose)  
Hoechst AG, 65924 Frankfurt am Main, zu beziehen über:  
Bender & Hobein Laborfachhandel  
80337 München

### **Schneidwerkzeug**

Japanische Messer  
Fa. Dick  
94526 Metten

### **Polyurethanweichschäume**

Polyetherweichschäume unterschiedlicher Raumgewichte  
Fa. AGS Schaumstoffe Stuttgart, zu beziehen über:  
Dieter O. Schmid Schaumstoffe  
70182 Stuttgart

Polyetherweichschaum  
ohne Firmenangabe  
Hardware Store Canal Street  
New York, USA

## Sonstige Hilfsmittel

Moliform und Molinea Plus-D (Hochsaugfähige Zellstoffwindeln und Krankenunterlagen)

Fa. Hartmann AG

89504 Heidenheim

\* \* \*

Abbildungsnachweis und –verzeichnis

- Abb.1 Marcel Duchamp, Prière de toucher, 1947 © Succession Marcel Duchamp, VG Bild-Kunst Bonn 2000, entnommen aus: Schwarz, A. The Complete Works of Marcel Duchamp, 3rd ed., Vol II, Delano Greeridge Editions, New York (1997:415) .....S. 12
- Abb. 2 John Chamberlain, Stuffed Dog 9, 1970, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S. 12
- Abb.3 Piero Gilardi; Tappeti natura 1966, Galerie Ileana Sonnabend, Paris © Piero Gilardi, Fotograf unbekannt, entnommen aus: Billeter, E., Hsg., Weich und Plastisch - Soft Art, Zürich (1981:159). .....S. 12
- Abb.4 Garry Kuehn, o.T. 1967, Kunstmarkt Köln, Galerie unbekannt, .....S.12  
Fotograf unbekannt.
- Abb.5 Ferdinand Spindel, Hole in Home 1966, © Dagmar Spindel, Essen, entnommen aus: Stadt Gelsenkirchen Hsg. Ferdinand Spindel - eine Retrospektive, Ausstellungskatalog, Gelsenkirchen (1993.66) .....S. 13
- Abb. 6 Günter Weseler; Selbstportrait 1972, © VG Bild-Kunst Bonn 2000, entnommen aus: Galerie Hennemann Hsg., Günter Weseler; Ausstellungskatalog Bonn (1977:o.S.), Fotograf unbekannt. ....S. 13
- Abb.7 Günter Weseler; Atemwand 1970, © VG Bild-Kunst Bonn 2000, entnommen aus: Galerie Hennemann Hsg., Günter Weseler; Ausstellungskatalog Bonn (1977:o.S.), Fotograf unbekannt. ....S. 13
- Abb. 8 Günter Weseler; Ungeheuer von Kettwig, © VG Bild-Kunst Bonn 2000, entnommen aus: Galerie Hennemann Hsg., Günter Weseler Ausstellungskatalog Bonn (1977:o.S.), Fotograf unbekannt. ....S.13
- Abb. 9 Jos Manders, Communicatie, 1968, © Collection Van-Abbe-Museum Eindhoven, Foto: Lydia Beerkens, Maastricht .....S. 14

Abb.10 Claes Oldenburg, Giant Floorake, 1967, Canvas filled with foam rubber and cardboard boxes, painted with synthetic polymer paint and latex, 58 3/8 x 114 1/4 x 58 3/8 in. (148,2 x 290,2 x 148,2 cm), The Museum of Modern Art, New York, Gift of Philip Johnson, 1975  
Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S.14

Abb.11 César, Expansion No. 35, 1971, © Collection des Musées de Marseille, Foto: A. Ravix, entnommen aus: Luckow, D. Hsg., Plastik - Eine Ausstellung zeitgenössischer Skulptur; Ausstellungskatalog Württembergischer Kunstverein Stuttgart, Richter Verlag, Düsseldorf (1977:o.S.) .....S.14

Abb. 12 Lynda Benglis, Köln I, 1970, Sammlung Erich Hauser, Rottweil, Foto: Caroline von Grone, © VG Bild-Kunst Bonn 2000, entnommen aus: Luckow, D. Hsg., Plastik - Eine Ausstellung zeitgenössischer Skulptur; Ausstellungskatalog Württembergischer Kunstverein Stuttgart, Richter Verlag, Düsseldorf (1977:o.S.) .....S. 14

Abb. 13 Piero Gilardi, Sassi 1966, © Gufram Turin, Piero Gilardi, entnommen aus einer Werbebroschüre der Fa. Gufram, Turin. ....S. 15

Abb. 14 Gaetano Pesce, Il Piede, 1969 © Sammlung des Vitra Design Museums, Weil am Rhein .....S. 15

Abb. 15 Gunnar A.Andersen, Armchair, 1964 © Courtesy of the Collection of the Museum of Modern Art New York, Foto: I.Winkelmeier .....S. 15

Abb. 16 Thomas Grünfeldt, Gummi I, 1990 © VG Bild-Kunst Bonn 2000, Foto: Fred & Pedram, Marseille .....S. 15

Abb. 17 Wilhelm Mundt, Stapel 1990, Sammlung der Baden Württembergischen Landesbank, vormals Südwest LB, © VG Bild-Kunst 2000, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S. 15

Abb. 18 Stadien der Entwicklung eines Polyurethanweichschaumes, © Bayer AG Leverkusen, entnommen aus einer Werbebroschüre "Polyurethanes - Still going strong after 60 years" Leverkusen (o.J., S.18) .....S. 22

Abb. 19 C.P. Millig, Schienbeinschützer für das linke Bein von Klaus Staeck 1974, © Privatbesitz Erich Gantzert-Castrillo, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S. 25

Abb. 20 Polyurethanschäume unterschiedlicher Raumgewichte © I.Winkelmeier . . . . .S. 25

Abb. 21 Ferdinand Spindel, Schaumstoffobjekt 1965 © Dagmar Spindel, Essen, Privatsammlung,  
Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart . . . . .S. 29

Abb. 22 Ferdinand Spindel, Detail des Materials 1999, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart . . .S. 29

Abb. 23 PUR(ET), gekauft 1998, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart . . . . .S. 29

Abb. 24 PUR(ES) von 1966, Zustand 1999, Foto: Winkelmeier, Stuttgart . . . . .S. 29

Abb. 25 John Chamberlain, Detail des Materials von "Funburn", 1967, Museum für Moderne  
Kunst, Frankfurt a.M., © Vg Bild-Kunst, Bonn 2000 . . . . .S. 29

Abb. 26 John Chamberlain, Stuffed Dog 3, 1970, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-  
Kunst Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart . . . . .S.30

Abb. 27 Piero Gilardi, Still life with water melons, 1967, Detail, © Piero Gilardi, Museum  
Boijmans van Beuningen, Rotterdam, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart . . . . .S. 30

Abb. 28 Gunnar A.Andersen, Detail des Armchair, 1964 © Courtesy of the Collection of the  
Museum of Modern Art New York, Foto: I.Winkelmeier . . . . .S. 30

Abb. 29 Gunnar A.Andersen, Detail des Armchair, 1964 © Courtesy of the Collection of the  
Museum of Modern Art New York, Foto: I.Winkelmeier . . . . .S. 30

Abb. 30 PUR(ET), Foto: I.Winkelmeier,  
Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart . . . . .S. 31

Abb. 31 Lambert Maria Wintersberger, Detail des Folterdaumen, 1967, © VG Bild-Kunst, Bonn  
2000, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart . . . . .S. 31

Abb. 32 Gotthard Graubner am Werk für die Xi. Biennale in Venedig, © Gotthard Graubner,  
Foto: Brigitte Hellgoth, entnommen aus: Bleyl, M. Gotthard Graubner Frabraumkörper der XI  
Biennale Venedig 1982, Frankfurt (1991:16,17) . . . . .S. 44

---

- Abb. 33 Gotthard Graubner; Tryptichon Venezia 1982, Museum für Moderne Kunst Frankfurt a.M., © Gotthard Graubner; Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 45
- Abb. 34 Gotthard Graubner; Farbkissen 1962, Privatbesitz, Fotograf unbekannt. ....S. 46
- Abb. 35 Gotthard Graubner; Farbkissen Zustand 1996, © Gotthard Graubner; Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 46
- Abb. 36 Gotthard Graubner; Farbkissen Zustand 1996, © Gotthard Graubner; Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S.47
- Abb. 37 Während der Bearbeitung durch den Künstler 1996, © Gotthard Graubner; Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S.49
- Abb. 38 Nach der Überarbeitung durch den Künstler, © Gotthard Graubner; Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 49
- Abb.39 Claes Oldenburg, Giant Floorcake, 1967, Canvas filled with foam rubber and cardboard boxes, painted with synthetic polymer paint and latex, 58 3/8 x 114 1/4 x 58 3/8 in. (148,2 x 290,2 x 148,2 cm), The Museum of Modern Art, New York, Gift of Philip Johnson, 1975, Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 51
- Abb. 40 Detail der Füllung von Claes Oldenburg, Giant Floorcake, 1967, Canvas filled with foam rubber and cardboard boxes, painted with synthetic polymer paint and latex, 58 3/8 x 114 1/4 x 58 3/8 in. (148,2 x 290,2 x 148,2 cm), The Museum of Modern Art, New York, Gift of Philip Johnson, 1975. Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 52
- Abb.41 Claes Oldenburg, False Food Selection, 1967, © Staatsgalerie Stuttgart, Archiv Sohm 1999, Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 53
- Abb. 42 Claes Oldenburg, False Food Selection, 1967, © Staatsgalerie Stuttgart, Archiv Sohm 1999, Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 54
- Abb. 43 Claes Oldenburg, False Food Selection, 1967, © Staatsgalerie Stuttgart, Archiv Sohm 1999, Foto: I. Winkelmeier; Stuttgart .....S. 55
-

Abb. 44 Piero Gilardi; Tappeti natura, 1966, Galerie Ileana Sonnabend, Paris © Piero Gilardi, Fotograf unbekannt, entnommen aus: Billeter, E. Hsg., Weich und Plastisch - Soft Art, Zürich (1981:159) .....S. 56

Abb. 45 Gilardi geht auf einem seiner Teppiche, © Piero Gilardi, entnommen einem Video von Gilardi, Videoprint: I.Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart .S. 56

Abb. 46 Gilardi bei der Arbeit, Videoprint: I.Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart .....S. 58

Abb. 47 Piero Gilardi; Still life with water melons, 1967, Detail, © Piero Gilardi, Museum Boijmans van Beuningen, Rotterdam, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S. 61

Abb. 48 Details: Risse im Blatt, brüchige Luftwurzeln, © Piero Gilardi, Museum Boijmans van Beuningen, Rotterdam, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S.62

Abb. 49 Detail vor der Restaurierung, © Piero Gilardi, Museum Boijmans van Beuningen, Rotterdam, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S. 64

Abb. 50 Detail nach der Restaurierung, © Piero Gilardi, Museum Boijmans van Beuningen, Rotterdam, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart .....S. 64

Abb. 51 Ferdinand Spindel mit einem frühen Schaumstoffobjekt im Halfmannshof, © Dagmar Spindel, Essen, entnommen aus: Stadt Gelsenkirchen Hsg. Ferdinand Spindel - eine Retrospektive, Ausstellungskatalog, Gelsenkirchen (1993:69) .....S. 66

Abb. 52 Ferdinand Spindel, Schaumstoffobjekt 1965 © Dagmar Spindel, Essen, Privatbesitz, Foto: I.Winkelmeier, Stuttgart, Stuttgart .....S. 68

Abb. 53 Ferdinand Spindel, Schaumstoffobjekt 1965, © Dagmar Spindel, Essen Foto: Patricia Langen, Bonn .....S. 69

Abb. 54 Ferdinand Spindel, Detail von auseinanderklaffenden Rissen des Werkes Schaumstoffobjekt 1965, © Dagmar Spindel, Essen, Bundesministerium des Innern, Bonn Foto: Patricia Langen, Bonn .....S. 70

- Abb. 55 Ferdinand Spindel, Zwischenzustand, Intarsierung des Werkes Schaumstoffobjekt 1965, © Dagmar Spindel, Essen, Bundesministerium des Innern, Bonn Foto: Patricia Langen, Bonn .....S. 70
- Abb. 56 Ferdinand Spindel, Zustand nach der Restaurierung des Werkes Schaumstoffobjekt 1965, © Dagmar Spindel, Essen, Bundesministerium des Innern, Bonn Foto: Patricia Langen, Bonn .....S. 70
- Abb. 57 John Chamberlain, Daddy in the Dark, 1988 © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, entnommen aus: Sylvester, J. John Chamberlain - A Catalogue Raisonné of the Sculpture 1954 - 85, 1st.ed., Hudson Hill Press, New York, (1986:85). .....S. 73
- Abb. 58 Ausstellungssituation in den Dwan Galleries 1966, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, entnommen aus: Waldman, D. A Retrospective Exhibition, Solomon R. Guggenheim Foundation New York ( (1971:14). .....S. 73
- Abb. 59 Poster der Dwan Gallery, Malibu, 1967, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Bibliothek des Museums of Modern Art, New York. ....S. 76
- Abb. 60 John Chamberlain, Stuffed Dog 9, 1970, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I. Winkelmeier .....S. 77
- Abb. 61 John Chamberlain, Stuffed Dog 9, Detail , 1970, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I. Winkelmeier .....S. 77
- Abb. 62 John Chamberlain, Asarabacca, 1973, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, entnommen aus: Sylvester, J.: John Chamberlain - A Catalogue Raisonné of the Sculpture 1954-85, 1st.ed., Hudson Hill Press, New York ( 1986: 122) .....S. 78
- Abb. 63 John Chamberlain, Untitled, 1970/71, Dia Center for the Arts New York © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, entnommen aus: Sylvester, J.: John Chamberlain - A Catalogue Raisonné of the Sculpture 1954-85, 1st.ed., Hudson Hill Press, New York ( 1986: 123) .....S. 78

- Abb. 64 S/W Aufnahme von Funburn in der Sammlung Karl Ströher, heute im Besitz des Museums für Moderne Kunst Frankfurt a.M., © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, entnommen aus: Möller, T. Sammlung 1968 Karl Ströher, Ausstellungskatalog Klein & Volbert München (1969:18) .....S. 81
- Abb. 65 - Abb. 69 John Chamberlain, Stuffed Dog 1, 1970, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeyer, Stuttgart .....S. 82
- Abb. 70 - Abb. 72 John Chamberlain, Stuffed Dog 3, 1970, Dia Center for the Arts New York © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeyer, Stuttgart .....S. 82
- Abb. 73-77 John Chamberlain, Stuffed Dog 9, 1970, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeyer, Stuttgart .....S. 83
- Abb. 78 -Abb. 83 John Chamberlain, Lop Nor, 1967, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeyer, Stuttgart .....S. 83
- Abb. 84 - Abb. 90 John Chamberlain, Soopad, 1967, Dia Center for the Arts New York, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Foto: I.Winkelmeyer, Stuttgart .....S. 84
- Abb. 91 S/W Aufnahme von Funburn in der Sammlung Karl Ströher © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt/M., entnommen aus: Möller, T. Sammlung 1968 Karl Ströher, Ausstellungskatalog Klein & Volbert München(1969:18) .....S. 86
- Abb. 92 John Chamberlain, Funburn nach 1968 © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt/M., entnommen aus: Pohl, E., Ströher, U., Pohl, U. Karl Ströher - Sammler und Sammlung, Ausstellungskatalog Ferpicloz (1982:90) .....S. 86
- Abb. 93 John Chamberlain, Funburn, 1967, Zustand 1999, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt a. M, Foto: I.Winkelmeyer, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 86
- Abb. 94-99 John Chamberlain, Funburn, 1967, Schadenskartierung 1999 © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt a.M, Foto: I.Winkelmeyer, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 89 S. 90

- Abb. 100 Quellung eines PUR (ET) Weichschaumes mit Alkohol, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 93
- Abb. 101 Aerosol aus roter Gelatine, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 100
- Abb. 102 Verneblung der PUR Dispersion mit Druckluftvernebler; Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 102
- Abb. 103 PUR (ES) vor der Konsolidierung, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 103
- Abb. 104 Detail mit ca. 32facher Vergrößerung, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 103
- Abb. 105 Detail während der Verneblung, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 103
- Abb. 106 Detail nach der Festigung, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 103
- Abb. 107 Detail nach der Festigung ohne Anfärbung, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 104
- Abb. 108 PUR(ET) mit PUR Dispersion konsolidiert, Foto: I. Winkelmeier; Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 104

- Abb. I 09 PUR(ES) rechts vor; links nach der Konsolidierung, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 104
- Abb. I 10 Lichtalterung nach DIN 54004, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 104
- Abb. I 11 Blauwollstandard, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 104
- Abb. I 12 John Chamberlain, Funburn, 1967, Schadenskartierung 1999, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt/M, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 107
- Abb. I 13 Detail der gefärbten Intarsie mit Reinigungsprobe, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 110
- Abb. I 14 John Chamberlain, Funburn, 1967, Schadenskartierung 1999, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt/M, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 111
- Abb. I 15 John Chamberlain, Funburn, 1967, Detail der größten Fehlstelle 1999, © VG Bild-Kunst, Bonn 2000, Museum für Moderne Kunst Frankfurt/M, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 112
- Abb. I 16 Arbeitsplatz in den Werkstätten des Studienganges Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 113
-

- Abb. 118 Ausschneiden der angezeichneten Intarsie, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 113
- Abb. 119 Ausstechen der Intarsie, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 113
- Abb. 120 Noch ungefärbte Intarsie, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 114
- Abb. 121 Färbungen mit Irgadern Farbstoffen, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 117
- Abb. 122 Proben nach der Lichtalterung, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 118
- Abb. 123 Details der Intarsien, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 120
- Abb. 124 Gefärbte Intarsie im Kantenbereich, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 120
- Abb. 125 Gefärbte Intarsie in der Fläche, Foto: I. Winkelmeier, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut .....S. 114
- Abb. 126 Ulrich Bernhardt, Klinisch Tot, 1974, © S.Gagnato, Stuttgart, Foto: Hermann Degel, Staatsgalerie Stuttgart .....S. 128
- Abb. 127 Schema eines Mischungsdreieckes nach Pataki (1997:49) .....S. 167

## Erklärung der Verfasserin

Hiermit erkläre ich, daß ich keine anderen als die genannten Hilfsmittel bei der Erstellung der Diplomarbeit verwendet habe.

Stuttgart, den 2. Mai 1999

Iris Winkelmeier

\* \* \*

---

## ANHANG

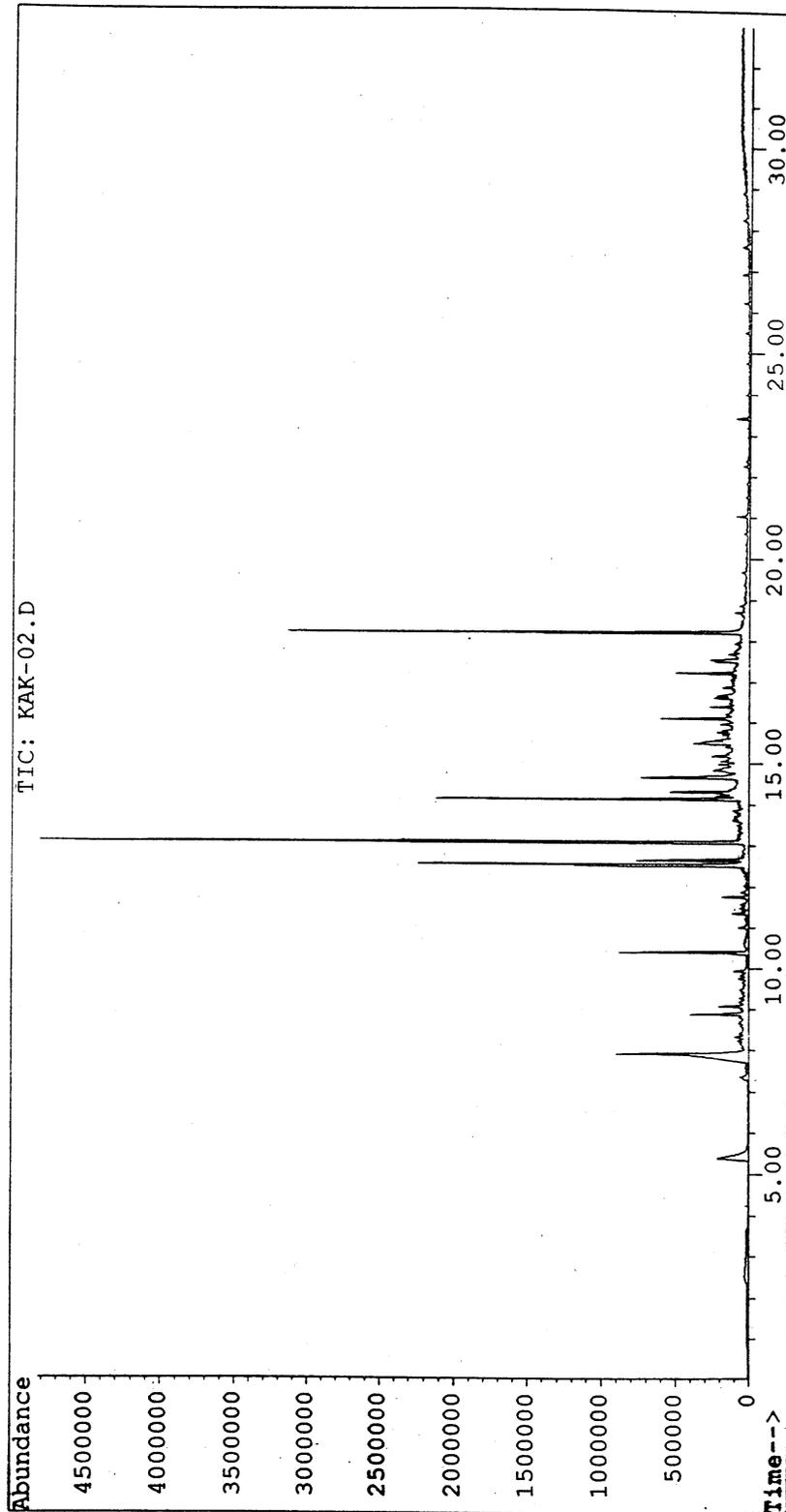
FT-IR, GC-MS, Py-GC-MS .....	155 - 166
Mischungsdreieck .....	167
Färbung .....	168

GC-MS Spektrum sowie die aus der Datenbank ermittelten Identitäten.

Probe: Luft aus der Kiste des Kunstwerkes "Funburn", 1967 (J. Chamberlain)

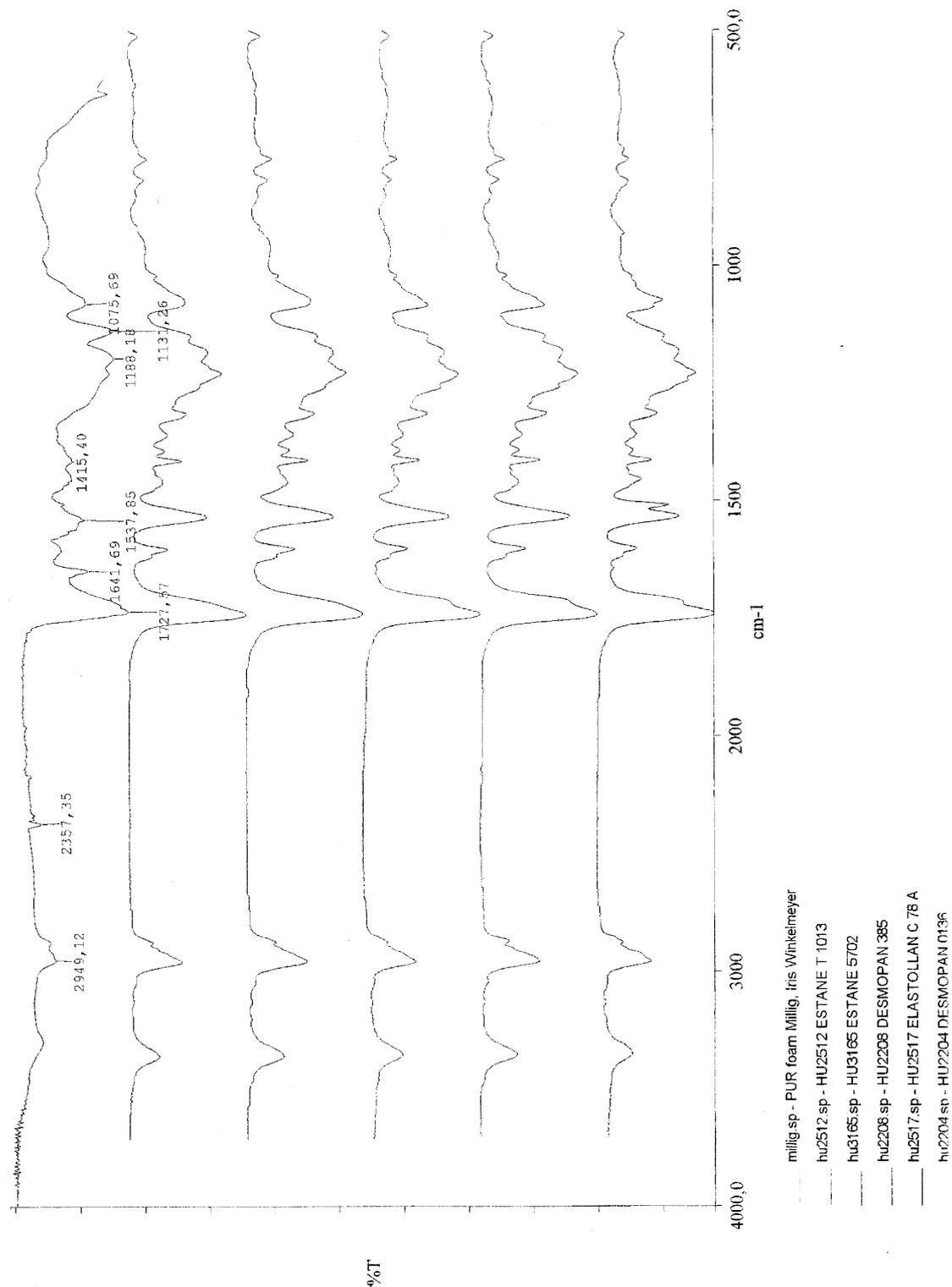
Untersuchung von: LKA Baden-Württemberg, Herr Dr. Karpf. Resultat: vgl. Tab. 5, S. 42

File : E:\DATA\KAK-02.D  
Operator : 12mx0, 2mmx0, 33µm HP-5-TA  
Acquired : 19 Jan 99 11:48 am using AcqMethod SPME  
Instrument : 5971 - In  
Sample Name: Chamberlain, Funburn, Kiste  
Misc Info : 16h SPME mit Silicofaser direkt  
Vial Number: 1



### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Schienbeinschützer für das linke Bein von Klaus Staeck",  
1974 von C.P. Millig. Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten  
Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyesterbasis

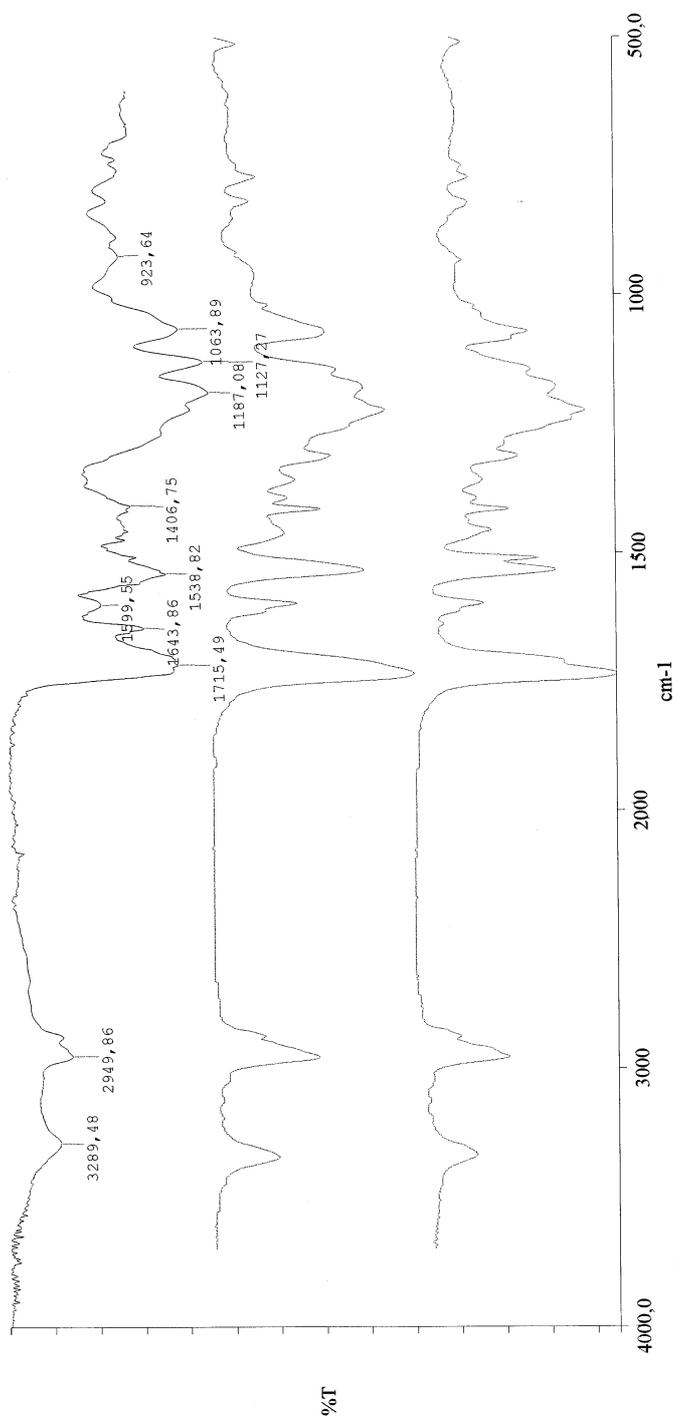


## FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Schaumstoffobjekt", 1965 von F. Spindel

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyesterbasis



219214A.SP - 22-1-99 - Schuim Spindel, Iris Winkelmeier, Stuttgart

HU3165.SP - 9-2-99 - HU3165 ESTANE 5702

HU2204.SP - 9-2-99 - HU2204 DESMOPAN 0136

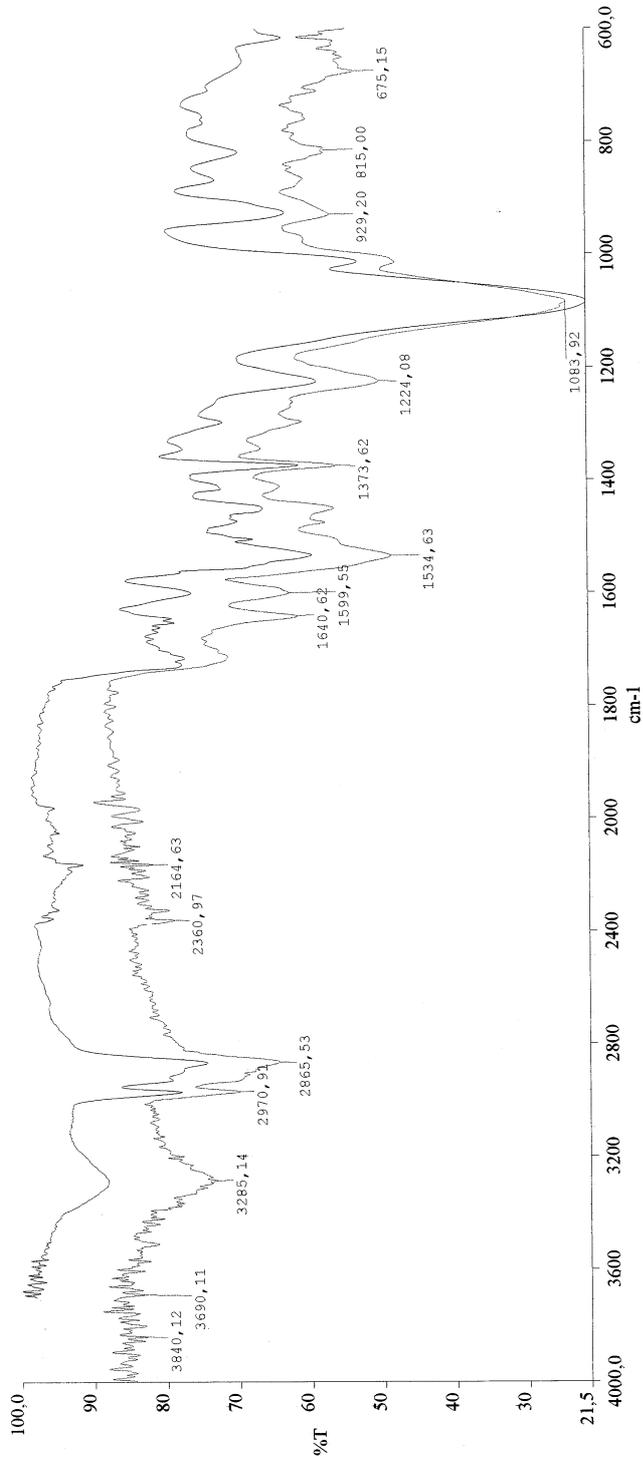
Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Floorcake", 1962 von C. Oldenburg

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis



— 2192\_1.SP - 26-1-99 - Schuim Claes Oldenburg, Floor cake, 1962, stuffing, foam = PUR-ether

- - - WE0246.SP - 9-2-99 - WE0246 2007-3CHRISTO.SCHUIMVERP.MAT = PUR ETHER.TRAN

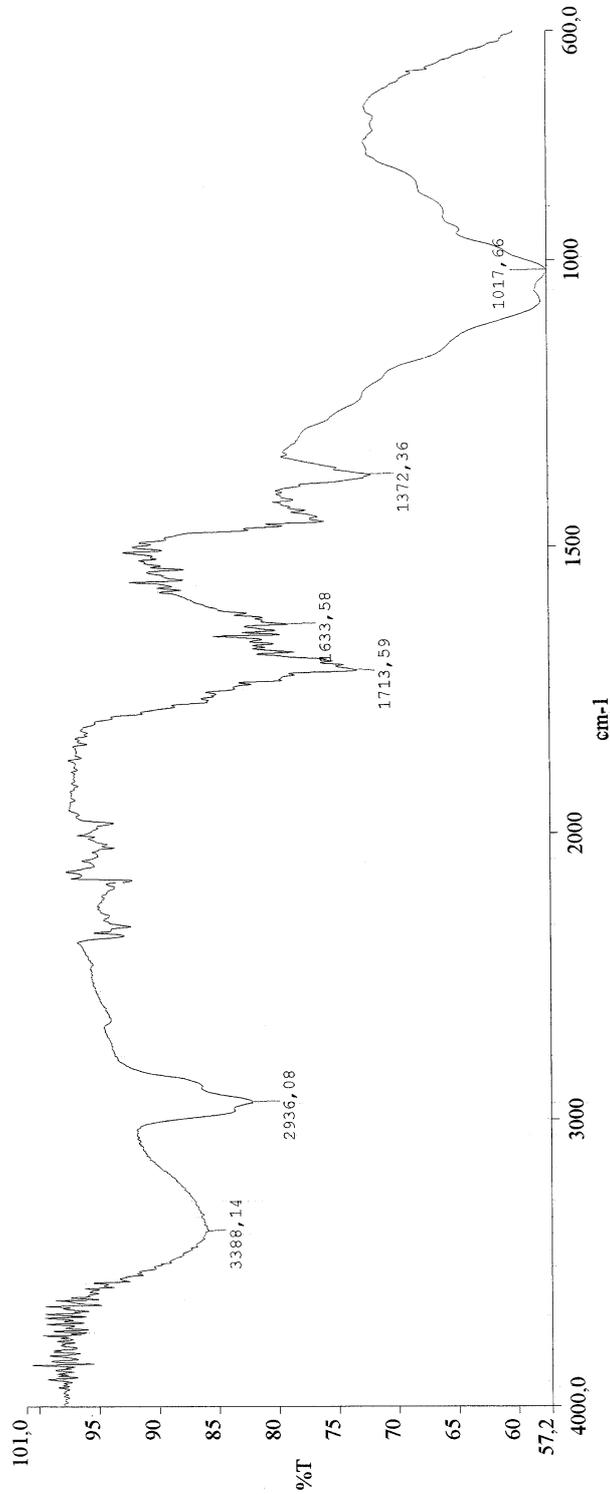
Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektrum

Probe entnommen aus dem Werk: "Folterdaumen", 1968 von L.M: Wintersberger

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: "Schaumgummi"



2192\_2.SP - 26-1-99 - Lambert maria Wintersberger, Folterdaumen, 1968, foam = latex

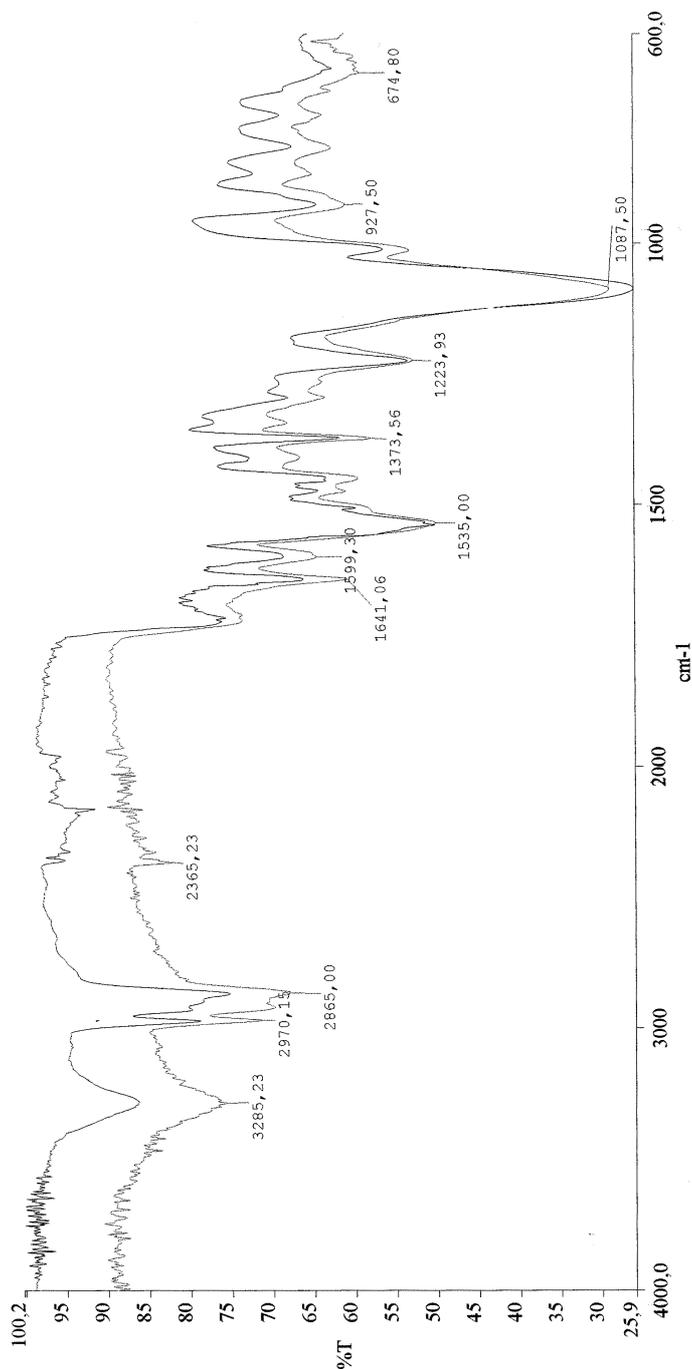
Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Stuffed Dog 3", 1970 von J. Chamberlain

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis



2192\_9.SP - 26-1-99 - John Chamberlain, Stuffed dog 3, 1970, underside, harder material = PURether

WE0386.SP - 9-2-99 - WE0386 PUR-ETHER DIONNE.G

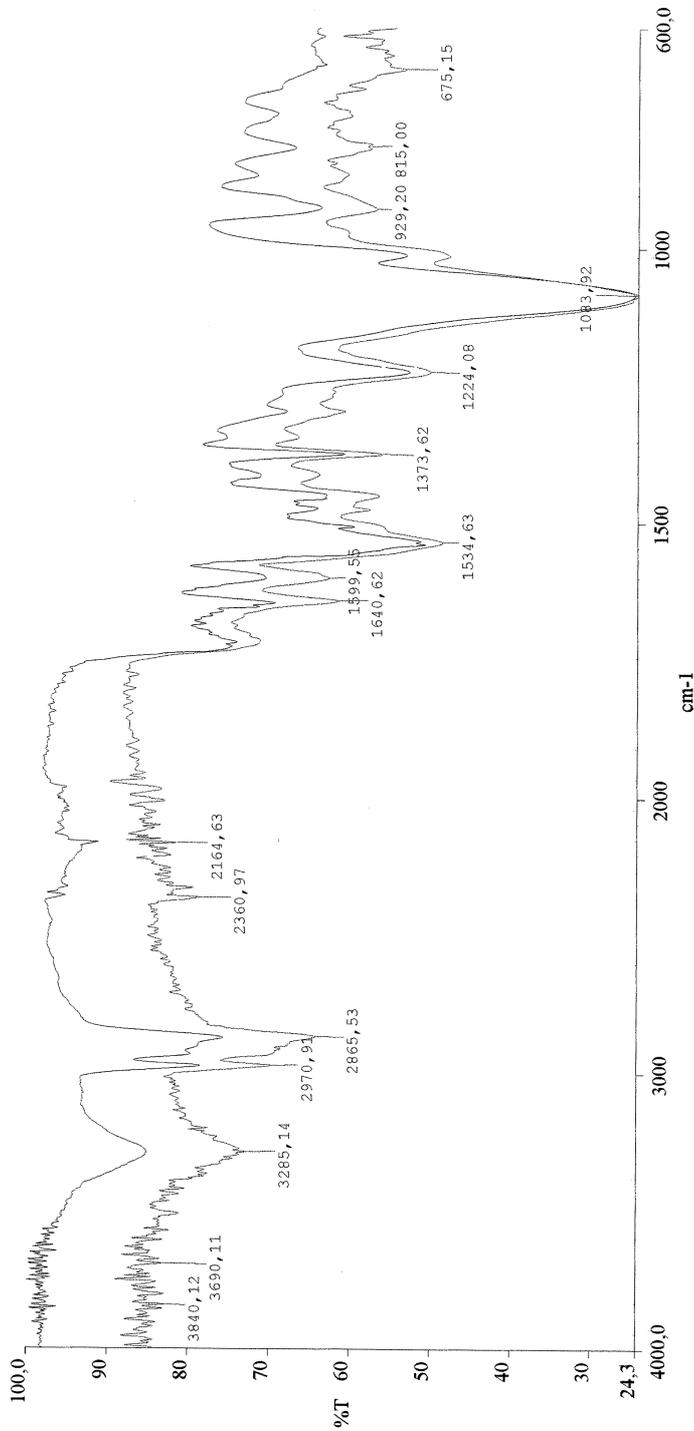
Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Lop Nor", 1970 von J. Chamberlain

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis



2192\_6.SP - 26-1-99 - John Chamberlain, Lop Nor, 1967, harder section, yellow-greyish = PUR ether

WE0246.SP - 9-2-99 - WE0246 2007-3CHRISTO.SCHUIMVERP.MAT = PUR ETHER. TRAN

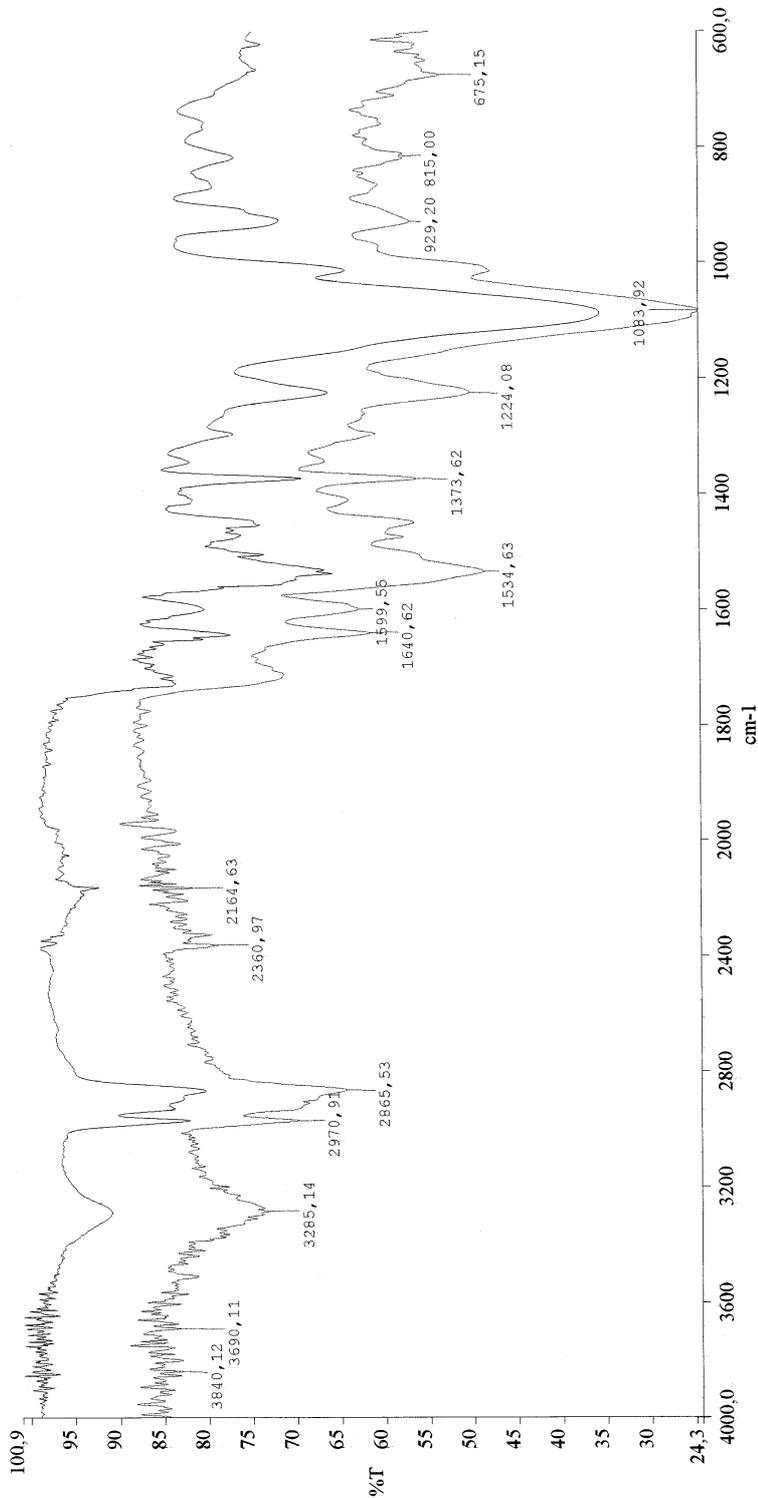
Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Funburn", 1967 von J. Chamberlain

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis



Apparatuur:

Perkin Elmer Spectrum 1000

Methode:

Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR

Aantal scans:

40

Uitgevoerd door:

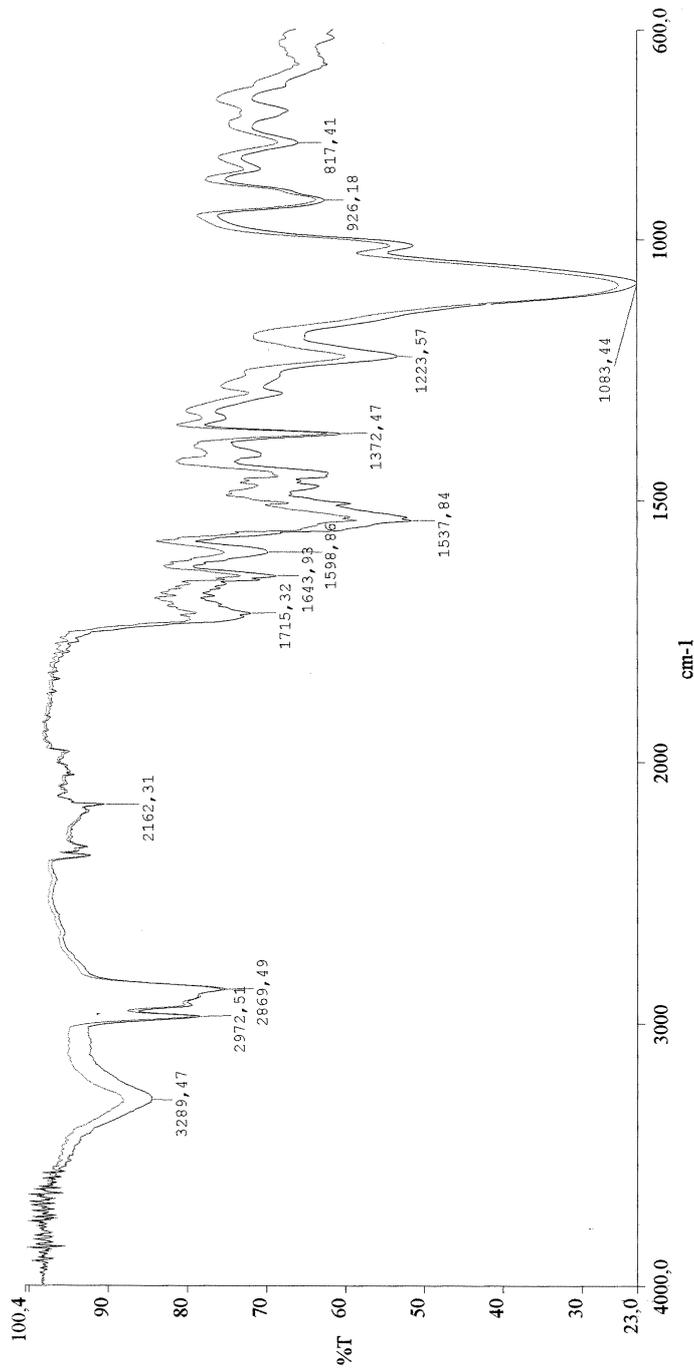
Thea van Oosten

### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Soopad", 1967 von J. Chamberlain

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis



———— 2192\_7.SP - 26-1-99 - John Chamberlain, Soopad, 1967, harder section, yellow, greyish = PUR-ether

----- 2192\_8.SP - 26-1-99 - John Chamberlain, Soopad, 1967, softer section, orange/brown = PUR-ether

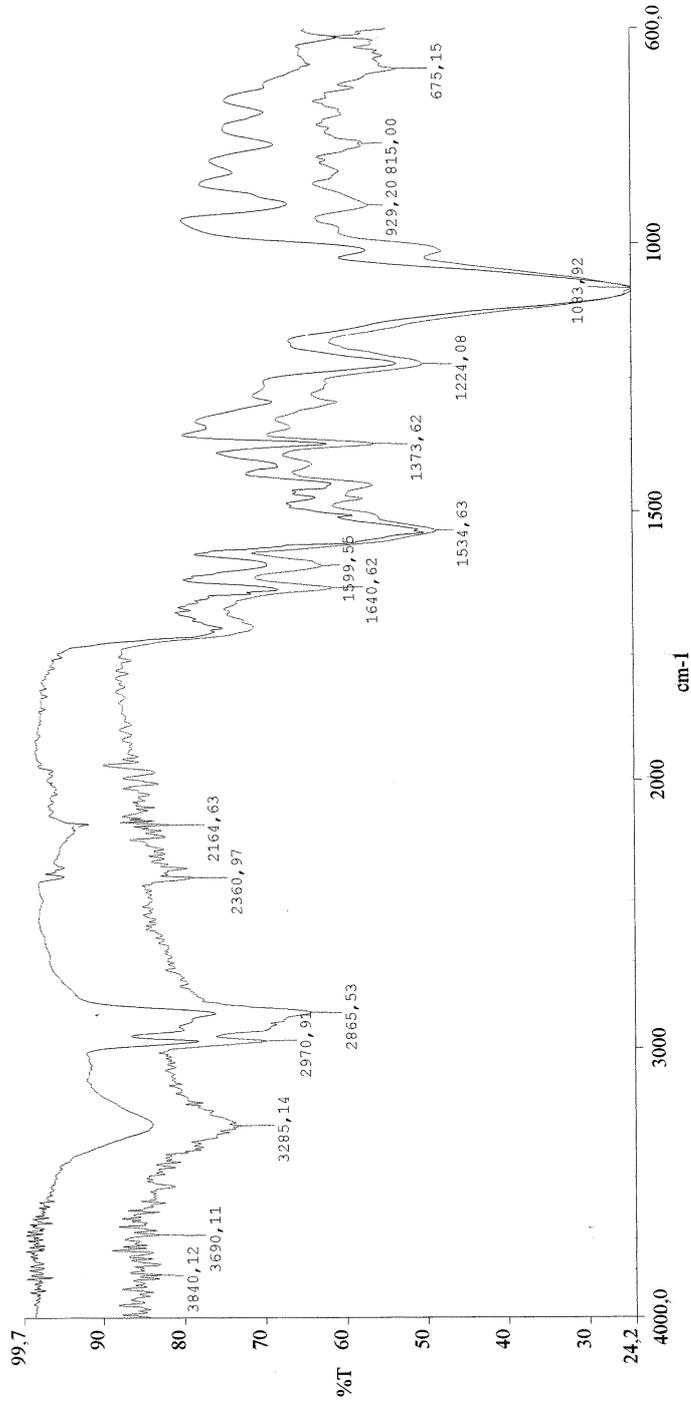
Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektren

Probe entnommen aus dem Werk: "Stuffed Dog 9", 1970 von J. Chamberlain

Untersuchung von: ICN, Amsterdam, Thea van Oosten

Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyetherbasis



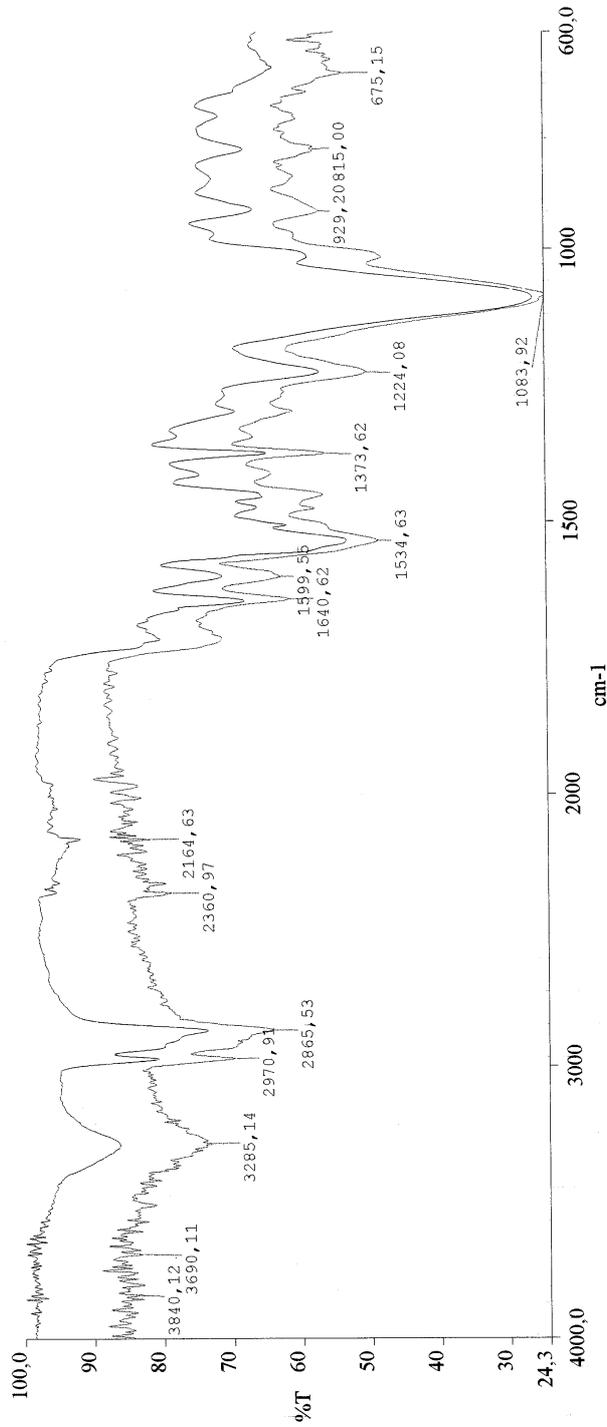
2192\_10.SP - 26-1-99 - John Chamberlain, Stuffed dog 9, 1970, underside, softer material = PUR-ether

WEO246.SP - 9-2-99 - WEO246 2007-3CHRISTO.SCHUIMVERP.MAT = PUR ETHER. TRAN

Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Uitgevoerd door: Thea van Oosten

### FT-IR Spektrum

Probe entnommen aus dem Werk: "o.T.", 1962 von G. Graubner  
Untersuchung von: Dr. Holger Eichhorn, Universität Bremen  
Resultat: Polyurethanweichschaum auf Polyesterbasis



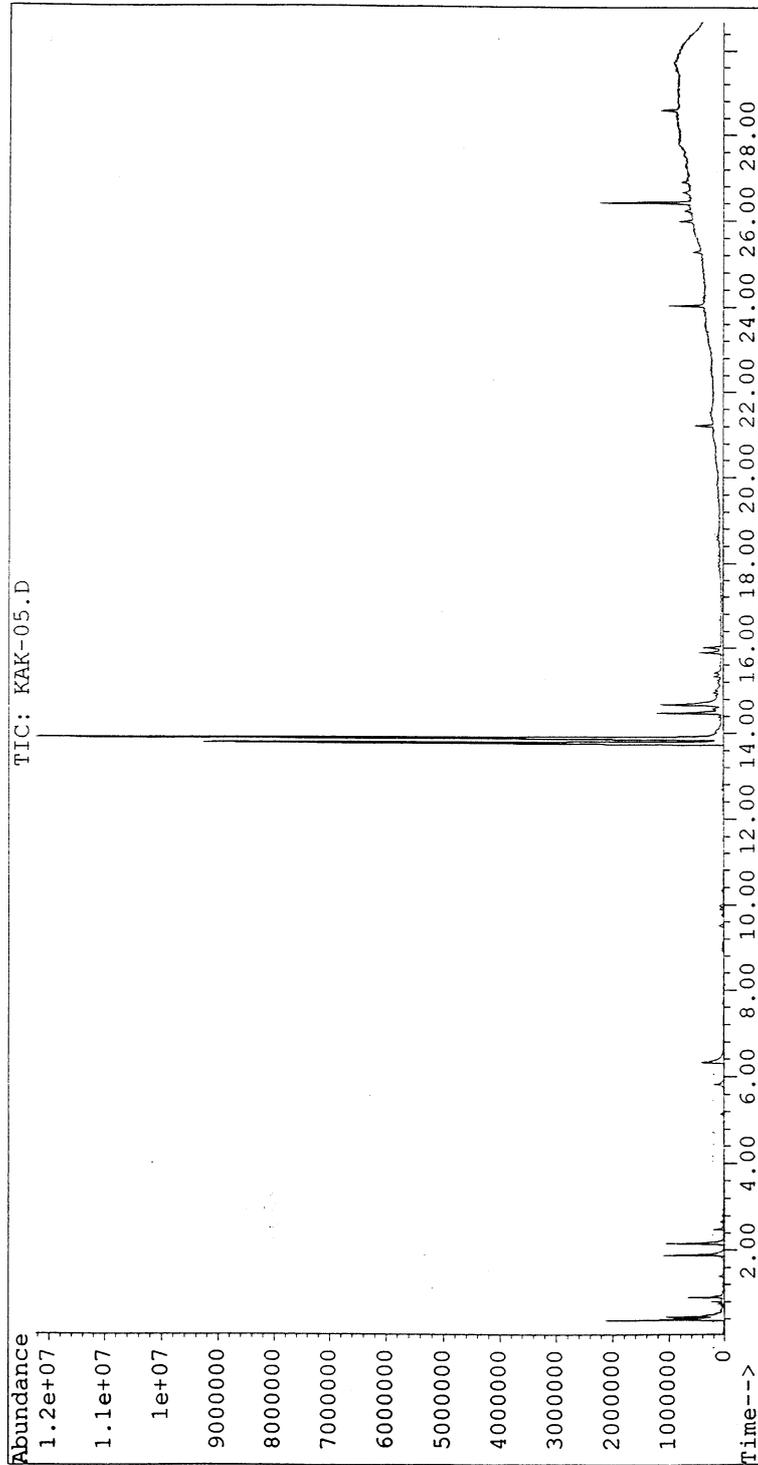
2192\_3.SP - 26-1-99 - Gotthard Graubner, Kissenbild, 1964/65, back of cushion = PUR-ether,

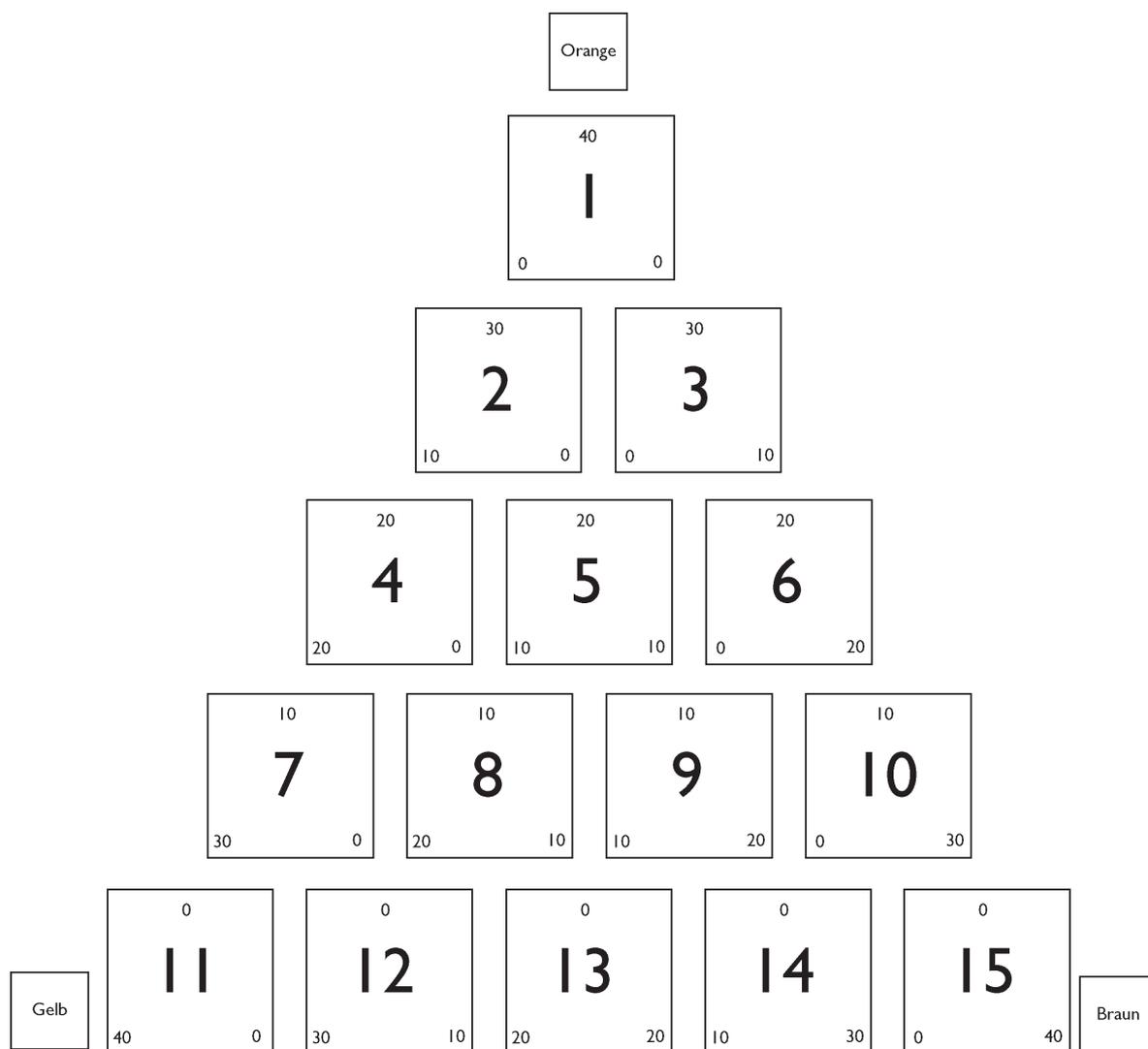
WE0246.SP - 9-2-99 - WE0246 2007-3CHRISTO.SCHUIMVERP.MAT = PUR ETHER. TRAN

Apparatuur: Perkin Elmer Spectrum 1000  
Methode: Golden Gate, Single Reflection Diamond ATR  
Aantal scans: 40  
Urigevoerd door: Thea van Oosten

Py-GC-MS Spektrum sowie die aus der Datenbank ermittelten Identitäten.  
Probe entnommen aus dem Werk: "Funburn" 1967, von J. Chamberlain  
Untersuchung von: LKA Baden-Württemberg, Herr Dr. Karpf  
Resultat: vgl. Tab 5, S. 42

File : E:\DATA\KAK-05.D  
Operator : 12mx0,2mmx0,33µm HP-5-TA  
Acquired : 19 Jan 99 3:28 pm using AcqMethod NORM  
Instrument : 5971 - In  
Sample Name: Chamberlain, Funburn, Probe  
Misc Info : 4s Pyrolyse bei 770°C; Hzg. 200°C; Split 1:5  
Vial Number: 1





**Abb.127 Mischungs-dreieck** (nach Pataki 1997:49)

Die Eckpunkte des Dreiecks werden durch die Farben Gelb, Braun und Orange gebildet. Die Summe der Farben ergibt immer 40, d.h. die drei Farben sind in allen Mischungen mit insgesamt 40 ml Lösung vorhanden (Konzentration der Farblösungen: 200µl Irgaderm auf 500ml aqua dest.).

Die großen Zahlen von 1-15 markieren die jeweilige Färbeprobe. Die kleine Zahl oben mittig in jedem Kästchen gibt den Orangeanteil an, die kleine Zahl unten rechts den Braunanteil, und die unten links den Gelbanteil. Die einzelnen Farbtöne lassen sich so genau rekonstruieren.

## Färbung

	Irgaderm Gelb FI 250µl:3000 ml	Irgaderm Braun 200µl:3000ml	Irgaderm Citrongelb M 200µl:3000ml	Irgaderm Braun 200µl:6000ml	Whatman Test <sup>1</sup>
1	-	20 ml	30 ml	-	
2	-	-	30 ml	20 ml	
3	20 ml	2 ml	-	-	
4	20 ml	20 ml	-	-	
5	20 ml	10 ml	-	-	
6	30 ml	2 ml	-	-	keine Farbstoffreste
7	20 ml	2 ml	10 ml	-	
8	60 ml	4 ml	-	-	
9	60 ml	6 ml	-	-	keine Farbstoffreste
10	40 ml	20 ml	-	-	keine Farbstoffreste
11	50 ml	13 ml	-	-	
12	50 ml	6 ml	-	-	
13	50 ml	8 ml	-	-	
15	50 ml	2 ml	-	-	keine Farbstoffreste

Die grau markierten Felder dienen als Grundlage für weitere Färbungen (vgl. Abb. 121).

**Tabelle 14** Erste Färbeversuche mit Irgaderm Mischungen und Überprüfung der Farbechtheit.

<sup>1</sup>Nach 10 min. Wässern und mehrmaligem Eintauchen und Auspressen auf "Whatman Filterpapier Nr.1".

## Contemporary Art made from Polyurethane Soft Foam: Making - Ageing - Conservation - Storage

### Outlook

"Primitive" art, discovered at the beginning of the century by Cubists and Fauves, offered a wide range of unknown materials to artists of the time. The variety of decoration inspired, for example Picasso, who integrated a piece of wax cloth in 1911/12 the painting *Nature morte a la chaise cannée* and thus fused painting and object. Again in 1916, Duchamp mounted the soft cover of a typewriter on a stick, creating the first modern soft art object.

In the sixties, soft materials were used in various ways, becoming independent as materials per se: Eva Hesse worked with latex, Joseph Beuys and Robert Morris with felt, John Chamberlain with soft foam, only to mention a few. The soft foams, discovered in the forties, offered a range of possibilities as an artistic material. It was fairly cheap, could be twisted, sliced, coloured; it was used en bloc (fig.4), as thin mat for installations (fig.5,7), cut and coloured (fig.2,3), as filling material for objects (fig. 9,10).

Another way of creating objects was to mix the chemical components of the foam, which were then poured onto the floor (fig.11,12,15). Furniture designers took advantage of the elastic material and moulded rocks or feet to sit on (fig.13,14). Today, improved foams are used by artists like Fischli & Weiss in hard and soft states, for fillings or to imitate real objects (fig.16,17).

Only few artists from the sixties and the seventies worked with the soft foams exclusively, many used them for a limited period and then continued with other materials. The reason can be found - apart from the individual development of each artist - in the realisation, that the material was ephemeral and the fact that it never lost the connotation of the cheap and trivial, and therefore as a visible material, sold badly. Today, the hard and soft foams have longer life expectancy and can be manufactured in different qualities. Apart from Piero Gilardi, who developed coatings containing UV-stabilizers to prevent ageing and still works with the foams today, the younger generation uses the foams for technological reasons - a foam sculpture like John Chamberlains is hardly imaginable today.

## I Polyurethane Soft foams

Definitions: Soft foam or foam rubber ?

In contrast to "foam rubber" meaning latex foam, the above mentioned soft foams are polyurethane compounds, based on polyester or polyether; characterized by elasticity, light weight and absorbance of liquids. They are available in mats, blocks, or shredded in flocks and mainly used for upholstery fillings as well as insulation or packing material. They started being widely commercially used from the late fifties onwards.

"Latex foam" or "foam rubber" can be easily confused: the first means the product of the Caoutchuc tree, first commercialised as BUNA-S in 1927. "Foam rubber" is also incorrectly used for polyurethane foams. "Polyurethane rubber" again is a hard material without cell structure used, for example, for sprocket belts.

The abbreviation for polyurethanes, which can also be manufactured into lacquers, adhesives, hard material, is "PUR" or "PU".

The two types of polyurethane soft foams are distinguished in the following by the abbreviations PUR(ET) for polyether based and PUR(ES) for polyester based soft foams.

## History

Otto Bayer discovered the addition of Diisocyanate in 1937. This reaction is still the basis for the Polyurethane production: isocyanates react with polyols to form polyurethanes. In 1952, BAYER AG started the commercial production of PUR based on polyester. Later, in 1964, PUR on polyetherbase were introduced and superseded the PUR (ES). Today, PUR(ET) dominate the world market with a 94% share.

## Chemistry

"Darstellung 1" (p.18) shows the structure of a polyester and in "Darstellung 2", a polyether. Both have functional groups (-OH, CO), which can react with an isocyanate ( $R-N=C=O$ ) to form high molecular compounds. "Darstellung 4" and 5 show the polyaddition discovered by Bayer: The isocyanate, in this case TDI, reacts with water to form urea, giving off carbon dioxide, which forms the cells. The free NCO-groups of the Di-arylurea can then react with the hydroxygroups of the polyester or polyether to form polyurethane.

The elasticity of polyurethane foams is due to the molecular structure: a an elastic polyester- or ether segment is connected to a "stiff" and short urethane - bridge. "Tabelle 1" (p.21) shows a simple recipe for a PUR(ES) foam.

---

## Technology

### Foaming

The most important technique for producing soft foams is the "chemical process", where water or acid are used to form CO<sub>2</sub>, which is responsible for the formation of the cell structure. This process can be achieved either by the "one-shot" method, where all components react together; or in the "prepolymer" method, where the reaction is separated in two steps. The latter gives the more structured foams with more closed cells. (see Chemistry, "Darstellung 4" and "5").

After being mixed, the yet liquid foam material is – in essence - poured out on paper linear moulds, where it hardens. This process is known as "continuous process" - the opposite being the "discontinuous" or "batch" process, where the liquid foam is poured into static moulds or boxes.

### Trade names

The early soft foams in Germany were manufactured by Bayer: "Moltopren S" was the first foam, S standing for polyester; later in about 1964 followed by "Moltopren T" (polyether). As far as the polyester foams survived in artworks until today (1999), they are brown, brittle and disintegrating. (fig.19). None of these brands still exists today, although the chemical industry manufactures the compounds, which are then made into foams by various companies.

### Properties

Soft foams have distinguished characteristics: The material consists to 98-99 % of air; the volume of the actual foam being less than 2%. The structure of soft foams in contrast to hard foams is open celled, the cell shape being anisotrop. The open cell structure is responsible for diffusion of water and air. PUR(ES) are more stiff and have a more rustling sound. They also retain their original shape faster than PUR(ET) after impressing the surface. Major differences in behaviour can be looked up in "Tabelle 2", p.26 and "Tabelle 3", p. 37.

## II Ageing

Comparing artworks from the sixties and seventies of the PUR(ES) and the PUR(ET) types, the conclusion looks as follows: PUR(ES) were less durable, they appear today as a brittle and brown mass. It has to be said though, that the PUR(ES) were generally older than the PUR(ET), but nevertheless despite the often quoted better resistance to photochemical reactions, the PUR(ET) show longer life expectancy. Depending on how they were treated,

---

they show slight to dark yellowing and their elasticity varies from resilient to very soft. Artworks made from poured PUR foams - Lynda Benglis, Cèsar - can show embrittlement and cracks in the "skin". Some conservators have observed, that works kept under perspex seem to have aged more than the ones exposed to air; the reason being volatile products which again react with the material itself. Consequently, PUR foamworks should not be presented in sealed boxes, unless sufficient absorbers for pollutants are integrated.

If an object looks like PUR foam (fig. 31) but smells sulphuric, it very likely to be rubber foam. Treatment for those foam types is not included in this investigation.

Reasons for ageing predominantly are regarded to be photo- and thermoxidation.

Polyurethanes are Polymers with carbon backbones with attached side branches carrying functional groups. These groups can absorb UV-light, which makes them swing and finally break down. Often UV-light is the condition that oxidation by air can take place. PUR(ES) have hydrophilic functional groups and therefore are more susceptible to hydrolysis.

Physical ageing - which is understood as changes in the  $T_g$  °C - of PUR shows as embrittlement and greying, whereas chemical changes are usually initiated by light and temperature and result in yellowing, blanching and final decomposition.

Generally speaking, PUR are degraded by depolimerisation triggered off by oxidation, light and moisture. Limitation of those factors delay the ageing processes.

PUR usually contain numerous additives (Tab.4), which can have quite a long life - in the case of "Funburn", a sculpture by John Chamberlain, after almost 35 years, investigation by GC-MS and FT-IR showed, that there are still plasticizers, UV Stabilisers and Anti-oxidants present and gassing off from the object. ("Tabelle 5", p. 42 and Appendix)

### III Soft Foam Artworks Today

This chapter presents characteristic examples for the artistic use of PUR soft foams, shows problems and discusses conservation treatments. Taking the works of the German artist Gotthard Graubner and the American Claes Oldenburg, foam as a filling material is investigated. The main problem is the loss of volume of the fillings, which might result in cracks and impressions (fig.35,42) or simple the distortion of the outline of a sculpture (fig.39). In the case of "Floorcake", additional filling would be recommended, preferably using a more stable PUR foam. In the case of Graubners' "cushion", which he restored personally by taking the old material out and replacing it by more stable, new material, the question about conservation by artists is raised - the cushion looks better yet the size has increased and the old cover has suffered badly (fig. 38). The prefabricated doughnut, showing a hole with crumbling PUR(ES) filling in another work by Claes Oldenburg was filled with a mixture of polyvinylalcohol,

---

cellulose fibres and microballons, which was injected into the hole, then left to dry and retouched with a pigmented wax filling.

The more specific use of the material as such can be found in the works of the artists Piero Gilardi or Ferdinand Spindel, who devoted long periods in their lives to the material solely. Gilardi cuts, staples and colours the material to create carpets, which originally were made to walk upon. Spindel used the material in the early stages uncoloured, stapled onto rigid back, and later started to spray-paint the "reliefs". The sprayed ones have survived, preserved by the skin of paint. Gilardi's works are often dirty, pieces are missing, areas rubbed off. He usually prefers to restore the pieces himself, which generally results in completely reworking them, cutting out new details, and colouring everything "fresh". Some collectors did not like that, and he had to spray a sort of dark varnish (patina) on to make the pieces look older.

Conservation of Spindel's work can be done by inlaying the tears and retouching them, but it has to be said, that none of these treatments prevents new tears, which will turn up sooner or later. Between the artists' new version and the conservators' "nothing-can-be-done-here" there is usually a way in the middle, where the treatment concentrates on damaged parts but tries to keep the piece in its original status. The materials used as adhesives, fillings, retouches should be non - acidic and non-alkaline and should meet the usual requirements for conservation material, although I do consider reversibility a negligible issue in the field of PUR conservation. The life span of those works is usually shorter than the one of the used material.

#### John Chamberlain

Apart from the well known sculptures made from car scraps, John Chamberlain, born 1927, created between 1966 and 1972 a range of sculptures made from PUR(ET). He started off with thirty small pieces, which were soon followed by larger ones up to 160 cm x 160 cm. His technique was simple: he bought the material in the shops "sliced like bread", then squashed it and tied it together with ropes, sometimes with the help of friends. Some of the pieces are coloured, but usually they showed a creamy white (fig.59) until they soon yellowed. The encounter with foam ended in a series of "couches", where he created big seating facilities, inspired by slicing one of the foam sculptures into two halves, because he needed something to sit on. The few pieces from those days in European collections are held by The Tate Gallery, London, The Moderna Museet, Stockholm, The former Collection Wolfgang Hahn, Vienna, and the Museum of Modern Art, Frankfurt. The collection Karl Ströher, Darmstadt, possessed a piece called "Funburn", bought probably around 1969 (fig. 64, 91, 92, 93).

The sculpture was shown in the Hessisches Landesmuseum in 1970, but many viewers tried to touch it and thus damaged it, so it was soon taken off show. Later, the piece was held in storage at the Museum of Modern Art, Frankfurt until 1998.

The main goal of the following chapters is to investigate ideas, methods and suitable materials for the conservation and restoration of this work.

In comparison to works owned of the Dia Center for the Arts, New York, taken care of by the Menil Collection, Houston, "Funburn" is in worse condition. A lot of parts are missing, the surface is partly squashed and overall soiled, tears are visible in the material (fig. 94-99).

Altogether, the foam is - against earlier predictions - still in a rather elastic, yet softer state, which is a condition, that still allows cleaning or other steps.

John Chamberlain explicitly does not wish his works to be restored in the sense of completion of the torn off areas - he wishes the work to be cleaned and kept out of the sunlight. Although he made these statements without having seen the piece, his opinion on it was strong and decided.

Personally, I hold a different point of view, considering the sculpture as a piece, which lives of the material, its tension and the shapes it can produce. These outlines underline the tension of the work, and the lines are lost where the work has suffered badly. In comparison to the metal sculptures, the final physicality of the work its looks are such that they are important as a sculptural piece – it is not only the making process that counts. The opposing point of view, usually held by contemporaries, is the interpretation of the piece as a momentary interaction between artist and matter, resulting in an object, and that the action itself is more important than the "original". A copy could therefore be made, or the old photographs should be exhibited along with the piece as it is today. To my mind, an exact copy cannot be made easily, unless one argues that it does not have to be exact, because it is not about the shapes anyway. Nevertheless, the decision has to be made not by restorers alone, but by the art historians in charge. All the materials and methods described in the following chapter might be valuable for other PUR foamworks, whether finally "Funburn" is only conserved or restored.

#### IV Investigation of Materials and Techniques for Consolidation, Cleaning and "Inlaying" of "Funburn"

The following treatments were to be examined:

1. Cleaning
2. Inlays
3. Dyeing of inlays
4. Surface consolidation
5. Storage recommendations

1. PUR foams are best cleaned employing moisture and a detergent, preferably nonionic, such as Triton X 100 which can be used in very low concentrations (1%). It has to be applied in foam condition, which can be gained by putting the watery solution in a blender. The foam is applied, carefully rubbed in with a soft foam roller, and then removed with water and highly absorbent cardboards.

2. Inlays are prepared of the same materials- PUR(ET)- with the same cell structure and size if possible. The shapes are generously cut out, then exactly marked with a template taken from the missing area. Proper cutting on three-dimensional edges is made possible by liquid nitrogen, which hardens the foam so that a scalpel can be used for cutting - cutting by knife is sufficient with forms that do not have to be right on two surfaces (fig. 116-119). It is important that the inlay fits on the edges, since it is not intended to fully glue the piece in.

3. In order to colour the inlays, which cannot be achieved by retouching with traditional means, leather dyes proved useful, showing a yellow to brown colour range as well as cold dyeing abilities. PUR are quite similar to proteins, which is the reason why leather dyes stick particularly well to PUR. The "inlay" is soaked in the dye solution, and then rinsed carefully. If the colour is not right, more dye can be added - as long as the surface can bind more dye, the result can be changed. At a certain point, where the material is sufficiently dyed, no more colour is accepted. It is therefore recommended to make a prefixed colour chart (fig. 121) and have solutions in the right tones ready. The inlay can then be matched more easily. All the samples do not match the original totally, because the surface is yet too dirty (fig. 123-125). It has to be cleaned first, then the success of dyeing can be valued. The inlays visible on the photographs were put in without adhesive for demonstration purposes. Especially around the torn off areas, dirt has accumulated and shows a distinct line between original and inlay.

#### 4. Consolidation

Surface consolidation can be applied by ultrasonic aerosol technique (fig.102) which allows production of droplets sizes from 1-6 µm in contrast to normal spraying methods (ca.100µm) Again, an uncommon material proved best: instead of using sturgeon glue or other consolidants, which all were unsatisfactory for the purpose, an aliphatic, lightstable and elastic PUR Dispersion, usually used for coating of textiles, had the best consolidating effect. (Please watch the film).

Light ageing (fig.122) showed the stability of the dispersion itself, but in order to recommend it for wider use, further investigation is necessary. I would not use it at present on a larger scale on an artwork, but it should definitely be closer investigated.

#### 5. Storage

A tent, constructed from a special foil material (ESCAL) can be welded with special "welding pliers". The artwork would stand on a movable substrate, the tent would be erected around the work with support of aluminium bars as a normal tent would be. Inside, the oxygen content would be lowered to around 1% , and this climate could be maintained by oxygen absorbers, which could be hanged from the aluminium bars inside the tent. Volatile pollutants could be captured with special impregnated carbon filters. The tent is translucent, so any changes of the object can be observed. Should the object be removed for display, one seam could be cut open and then rewelded. (ill.1). Costs are listed on page 124.

## Vorspann

Die folgenden Sequenzen zeigen einen abgebauten PUR(ES) Weichschaum, der mit einer PUR-Dispersion gefestigt wird. Die Dispersion wird mit einem Druckluftvernebler (Aerosol) aufgetragen. Der abgebaute Schaum liegt unter einem Karton, in den ein Kreis von 5 mm Durchmesser gestanzt wurde. Links am Rand sind kleine Einstiche zu sehen, die jeweils 1 mm markieren. Die Dispersion wurde schwarz angefärbt, um nach vollziehen zu können, wo sich das Mittel anlagert.

### I. Sequenz

Das bräunliche und versprödete Material zerbricht bereits bei geringer Berührung mit einem Pinsel.

**<< zurück   weiter >>**

© Studiengang Restaurierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut der  
Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart und Iris Winkelmeier, Stuttgart

## 2. Sequenz

An den Haaren des Pinsels kleben die abgebrochenen Zellstege.

**<< zurück   weiter >>**

© Studiengang Restaurierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut der  
Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart und Iris Winkelmeier, Stuttgart

### 3. Sequenz

Der Aerosolauftrag ist zunächst nur durch ein schwaches Flimmern der Oberfläche erkennbar. Zunehmend legt sich jedoch eine schwärzlich schillernde Schicht um die Zellstege. Nach dem Verdunsten des Wasseranteils bleibt ein elastischer Film zurück, der die Poren des Materials nicht verschließt. Selbst dünnste Häutchen, die bei der Herstellung der PUR gebildet werden, bleiben unversehrt.

**<< zurück   weiter >>**

© Studiengang Restaurierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut der  
Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart und Iris Winkelmeier, Stuttgart

#### 4. Sequenz

Eine gefestigte Stelle ohne schwarze Anfärbung der aufgenebelten Dispersion.

Im Vergleich zum ungefestigten Zustand ist keine optische Veränderung zu beobachten.

Der Pinseltest zeigt, daß das Material wieder elastisch ist und die ummantelten Zellstege nicht mehr brechen.

**<< zurück weiter >>**

© Studiengang Restaurierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut der  
Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart und Iris Winkelmeier, Stuttgart