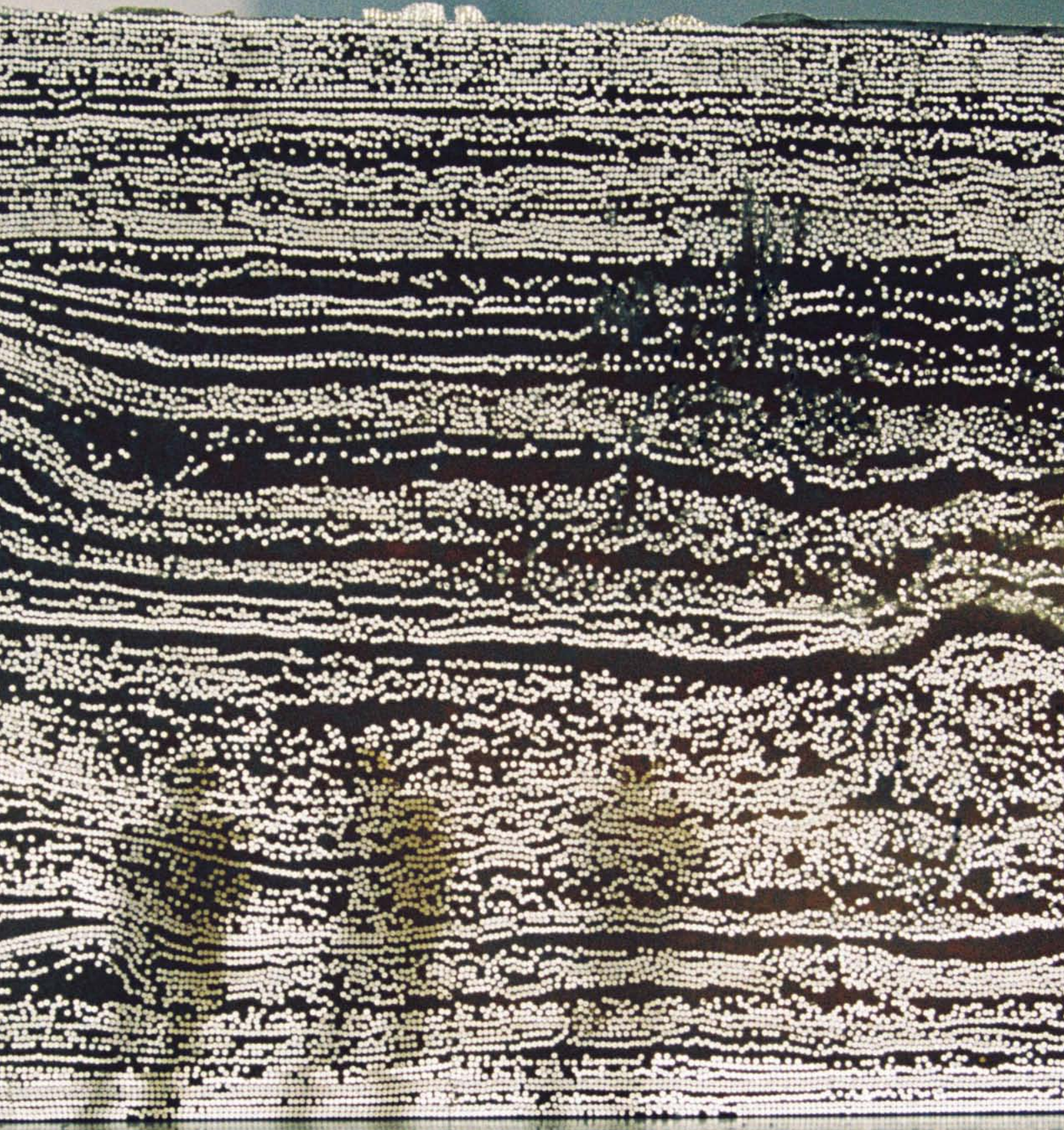


MATERIAL INNOVATIONS



**FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSPROJEKT ZU DEN MÖGLICHKEITEN UND CHANCEN
TRANSLUZENTER POLYURETHANE-SCHÄUME**

Fachgebiet Entwerfen und energieeffizientes Bauen. TU Darmstadt
für die BASF AG Ludwigshafen

Auftraggeber: BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen

Organisation: Technische Universität Darmstadt
FG ee - Entwerfen und Energieeffizientes Bauen
Prof. Dipl.-Ing. M. Sc. Econ. Manfred Hegger
Dipl. Arch. ETH Hans Drexler M. Arch.
Dipl.-Ing. TU Sebastian El khouli
Dipl.-Ing. TU Tanja Klippert
cand. arch. Veronika Kraljic
cand. arch. Marcella Lantelme
cand. arch. Franziska Swoboda

Workshop: Dr. Dirk Funhoff
Dipl.-Ing Timothy Francis
Herbert Kurzfeld
Dipl.-Ing Margit Pfundstein
Christina Sack
Bernd Sowart

Dr. Onno Graalmann
Dr. Helmut Tesch
Dr. Andrea Eisenhardt
Dr. Andreas Emge
Dr. Gunnar Kampf
Dipl.-Ing Volker Schmidt
Dr. Markus Templin

Dipl. Arch. ETH Hans Drexler M. Arch
Dipl.-Ing. TU Sebastian El khouli
Dipl.-Ing. TU Tanja Klippert
cand. arch. Veronika Kraljic
cand. arch. Marcella Lantelme
cand. arch. Franziska Swoboda

**Miniprojekte
TU Darmstadt:**

Mathias Bender
Eduardo Capecci
Alexander Dasic
Ewgenji Gepper
Jana Heidacker
Mathias Heinrich
Veronika Kraljic
Patricia Möckesch
Dipl.-Ing. Nedko Nedev
Jörn Rabach
Markus Raupach
Dipl.-Ing. Axel Ritter
Alexander Scholtysek
Dipl.-Ing. Martin Schwörer
Benjamin Trautmann
Tim Waidelich
Alice Wegmann
Eva Zellmann

Inhaltsverzeichnis

00.	Executive Summary	S.03
01.	Ausgangslage und Ziel des Forschungsprojekts	S.04
02.	Projekttablauf	S.06
03.	Methodik	S.08
04.	Projektbericht	S.11
04.1	Bottom Up	S.11
	04.1.1 Bauteil-Matrix	S.12
	04.1.2 Baustoff-Matrix	S.13
	04.1.3. Kombinierte Matrix	S.14
04.2	Top Down	S.25
	04.2.1. Miniprojekte Architektur	S.25
	04.2.2. Protokolle Workshop I	S.48
	04.2.3. Ergebnisse Workshop I	S.66
	04.3.1. Miniprojekte Produktdesign	S.69
	04.3.2. Protokolle Workshop II	S.87
	04.3.3. Ergebnisse Workshop II	S.98
05.	Materialstrukturen	S.101
06.	Impressum	S.127

00. Executive Summary

Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt ist ein Rohmaterial, das von der BASF SE entwickelt wurde und das derzeit in Laborform vorliegt. Die Grundlage für die Projektentwicklung war der Wunsch, der seitens der Architekten und Planer an die BASF herangetragen wurde, ein transluzentes Wärmedämm-Material zu entwickeln. In Anlehnung an die Produktentwicklung eines Wettbewerbers, der Heidelberger Zement AG, entwickelte die Forschungsabteilung der BASF SE ein transluzentes Polyurethan, in welches Fasern aus PMMA eingelegt wurden. Durch die parallele Anordnung der PMMA-Fasern ergab sich eine Lichtdurchlässigkeit des ansonsten lichtundurchlässigen Polyurethanschaumes. Von der BASF SE wurden verschiedene Proben hergestellt, die sich zum einen durch Anordnung und Stärke der PMMA-Fasern, zum anderen durch die Einstellung des Polyurethanschaumes, der entweder als Hart- oder als Weichschaum eingesetzt wurde, unterschieden.

Ziel des Forschungsprojektes, das durch die BASF SE beim Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen der Technischen Universität Darmstadt beauftragt wurde, war es, herauszufinden, für welchen Einsatz das Rohmaterial geeignet scheint und ob sich daraus Baumaterialien und Bauprodukte entwickeln liessen. In einer ersten Phase des Projektes wurde deshalb ein Studentenwettbewerb ausgeschrieben, bei dem den Studierenden ergebnisoffen das Material vorgestellt wurde. Im Mittelpunkt stand die Aufgabe, Bauteile oder Bauprodukte aus diesem Rohmaterial zu entwerfen. Die Ergebnisse des Wettbewerbs waren vielfältig. Unter den prämierten Arbeiten fanden sich u.a. mehrere Fassadensysteme, die den Einsatz des Materials in Kombination einer konventionellen Pfosten-Riegel-Konstruktion vorschlugen. Desweiteren fanden sich Vorschläge zum Einsatz des Materials im Bereich Produktdesign. Hier wurde ein Vorschlag für einen Strassenpoller mit dem ersten Preis ausgezeichnet, ein weiterer Vorschlag entwickelte ein Sitzmöbel, an dessen Unterseite Lichtquellen und Displays anzubringen wären, um an der Oberfläche Lichtspiele zu erzeugen.

Die Ergebnisse des Wettbewerbs haben gezeigt, dass eine Vielfalt von Produktideen denkbar ist. Nicht eindeutig konnte jedoch beantwortet werden, ob das Material tatsächlich zur Herstellung und zum langfristigen Einsatz dieser Produktideen geeignet sind. Gleichzeitig konnte im Rahmen der studentischen Arbeiten nicht geklärt werden, wie die Produkte hergestellt werden könnten und wie ihr jeweiliges Leistungsprofil gestaltet werden müsste. Deswegen hat sich die BASF SE dazu entschlossen, im Anschluss an den Studentenwettbewerb ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt beim Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen der TU Darmstadt zu beauftragen, in dem die Möglichkeiten und Randbedingungen eines Einsatzes des neuen Materials umfassend geklärt werden sollten.

Die Forschungsarbeit des Fachgebietes Entwerfen und Energieeffizientes Bauen der TU Darmstadt gliedert sich in der Forschungsarbeit in drei prinzipielle Betrachtungsweisen. Zum einen werden durch Betrachtung der zu erwartenden Produkteigenschaften von Transluzenten Polyurethanen Rückschlüsse auf potentielle Einsatzfelder im Bau- und Designsektor gezogen. Zum anderen werden über die allgemeine Eingrenzung von Einsatzgebieten für transluzente oder transparente Materialien Verwendungsmöglichkeiten für das Material hergeleitet. In der Überlagerungen dieser beiden Ansätze können Handlungsfelder für eine tiefer gehende Betrachtung ausgewählter Produktinnovationen eingekreist werden.

Parallel zu dieser Betrachtung werden Produktproben mit unterschiedlichen inneren Strukturen hergestellt anhand derer die Produktpalette an Transluzenten Polyurethanen aufgezeigt wird.

01. Ausgangslage

Polyurethan ist ein Sammelbegriff für eine Gruppe von Kunststoffen, denen die Herstellung in einem bestimmten Syntheseverfahren gemeinsam ist. Polyole und Isocyanate reagieren zu Polyurethanen, die je nach Einstellung der Komponenten sehr unterschiedliche Eigenschaften haben. Kompaktmassen sind massiv und haben eine vergleichsweise hohe Rohdichte.

Die bekanntesten Polyurethane sind Schäume, bei denen ein Treibmittel in einer Synthesereaktion Gas freisetzt und so eine poröse Struktur entsteht. Polyurethane können in einer grossen Bandbreite von Festigkeit und Elastizität eingestellt werden. Bei PU-Schäumen führt dies zu Hart- und Weich-Schaumprodukten. Ausserdem werden die Schäume über die Art ihrer Zellstruktur spezifiziert. Man unterscheidet offen-, geschlossen- und gemischt-zellige Schäume. Die Eigenschaften dieser Gruppen sind in vielen Anwendungsbereichen von enormer Bedeutung, weil sie verantwortlich sind für schall- und wärmetechnische Eigenschaften des Materials.

PU-Schaum kann auch so eingestellt werden, dass sich die Schaummasse zu den Rändern hin verdichtet. Die so genannten Integralschäume haben eine geschlossene, glatte Oberfläche und einen schaumigen harten oder weichen Kern.

Polyurethane werden als Kunststoffbauteile aller Art eingesetzt. Schwerpunkte bilden der Fahrzeugbereich, wo Sitze, Armaturen und Lenkräder meist aus Polyurethan bestehen und der Baubereich, wo Wärmedämmung aus Polyurethan einen grossen Marktanteil hat.

Die Idee für Transzulesentes Polyurethan wurde von der Entwicklung eines transzulesenten Betons inspiriert, der von Heidelberger Zement unter dem Markennamen „Luccon“ bereits im Markt eingeführt wurde. Hier wird Beton mit gerichteten Glasfasern durchsetzt und anschliessend geschnitten und geschliffen.

In einer ersten Annäherung wurden in den Laboratorien der BASF Polyurethanschäume mit PMMA-Fasern durchsetzt.

01. Ziel des Forschungsprojekts

Ziel des Projekts war es, das Potential des neuen Materials genau zu untersuchen. Mögliche Anwendungsgebiete sollten systematisch geprüft werden, um Produkte auf ihre Umsetzbarkeit zu prüfen.

Mit Hilfe der Baustoff- und der Bauteilmatrix (siehe Seite 12) wurden zum einen die Anforderungen an verschiedene Bauteile formuliert und zum anderen ein genaues Leistungsprofil des Materials erstellt, das den Chemikern und Entwicklern als Vorgabe für die Einstellung der Polyurethansysteme für verschiedene Anwendungen dienen sollte.

Durch einen Vergleich mit existierenden Produkten und Materialien sollte die Möglichkeit untersucht werden, bestehende Absatzmärkte mit dem neuen Material zu erschliessen und die technischen Voraussetzungen hierfür zu benennen.

In Mini-Projekten sollten tendentiell als umsetzbar eingestufte Produkt-ideen und Innovationen entwickelt werden. Weiterhin sollte mit Hilfe der Baustoffmatrix die Bandbreite der Eigenschaften der Rohmaterialien entwickelt werden, aus denen die Produkte hergestellt werden sollten.

Die Ergebnisse werden in Zusammenarbeit der BASF AG und der TU Darmstadt diskutiert und weiter konkretisiert. Vielversprechende Ansätze sollen in einer Entwicklung zum marktfähigen Produkt weitergeführt werden.

02. Projekttaublauf

MATERIAL INNOVATIONS II FAHRPLAN

Untersuchung der Möglichkeiten von Material- und Produktentwicklung aus Transluzentem Polyurethan

1. Erstellung einer Systematik als Grundlage der Untersuchungen

- 1.1 Erarbeitung einer Matrix aus Gebäudeteilen zur systematischen Einordnung des Materials in Konstruktions- und Produktgruppen
- 1.2 Erarbeitung einer Matrix aus Vergleichsbaustoffen und Eigenschaften möglicher Substituten
- 1.3 Identifikation möglicher Einsatzgebiete des neuen Materials
- 1.4 Deklination von Bauteileigenschaften und Konstruktionsweisen möglicher Produkte aus dem neuen Material für die identifizierten potentiellen Einsatzgebiete
- 1.5 Untersuchung der gestalterischen Potentiale des Materials durch Herstellung von Materialproben

Miniprojekte als Prototypen einzelner Segmente der Matrix (je 2 Wochen Ausarbeitung)

2. Workshop 1 mit Teilnehmern der BASF, der ELASTOGRAN und der TU DARMSTADT

- 2.1 Identifikation von Entwicklungspotentialen für den Baubereich
Aufbereitung der im Studentenvettbewerb erarbeiteten Leistungen
Aufbereitung der in Leistungsphase 1 erarbeiteten Ergebnisse
- 2.2 Einordnung der Ergebnisse in die Matrix von Bauteilen und Substituten

3. Zwischenphase

- 3.1 Dokumentation und Auswertung der Ergebnisse des Workshops 1
- 3.2 Überarbeitung der Matrix
- 3.3 Präzisierung der Baustoffeigenschaften

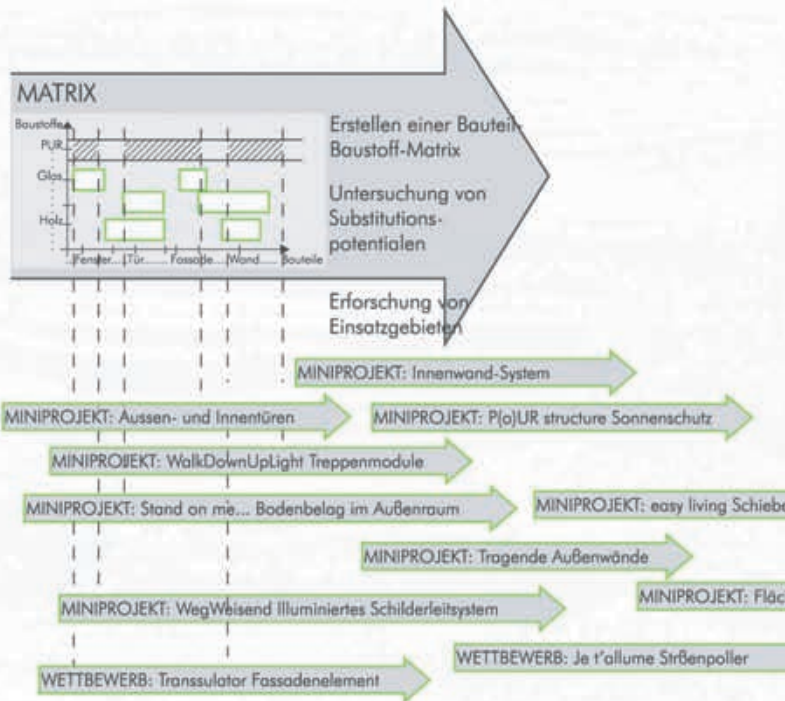
4. Workshop 2 mit Teilnehmern der BASF, der ELASTOGRAN und der TU DARMSTADT

- 4.1 Identifikation von Entwicklungspotentialen für den Designbereich
Aufbereitung der im Studentenvettbewerb erarbeiteten Leistungen
Aufbereitung der in Leistungsphase 1 erarbeiteten Ergebnisse
- 4.2 Abbildung der Ergebnisse hinsichtlich der erarbeiteten Ziele der Untersuchung
Einordnung der Ergebnisse in die Matrix von Bauteilen und Substituten

5. Dokumentation

- 5.1 Dokumentation der Ergebnisse des Workshops 2 und der vorangegangenen Projektphasen
Identifikation der wichtigsten Handlungsfelder
- 5.2 Aufbereitung für die interessierten Hersteller und Entwickler
- 5.3 Kommunikation der Ergebnisse nach Vorgaben der Auftraggeberin

Januar 2007 Februar 2007 März 2007



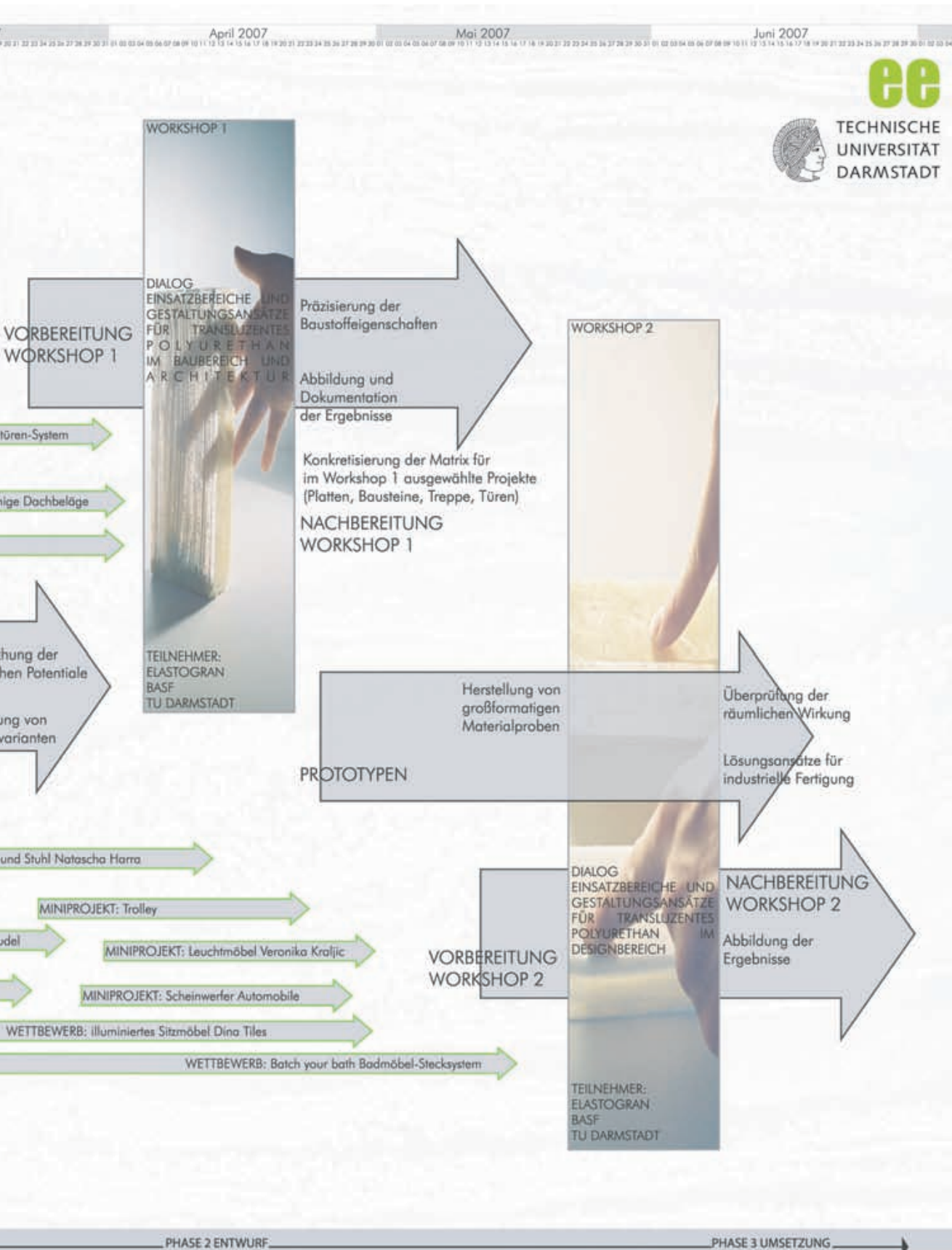
MATERIALPROBEN



Untersuchung
ästhetischer
Eigenschaften
Entwicklung
Materialien

DOKUMENTATION

PHASE 1 GRUNDLAGEN

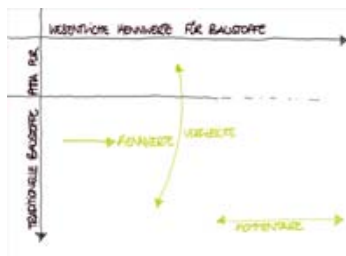


03. Methodik



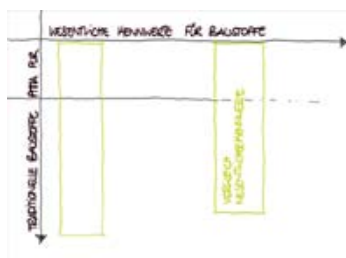
3.1. Bottom Up: Wissenschaftliche Untersuchung von Eigenschaften und Anforderungen

Zunächst wurde ausgehend von den bauphysikalischen und chemischen Eigenschaften des Polyurethans mit PMMA-Einlage systematisch untersucht, welche Einsatzgebiete für das Verbundmaterial denkbar sind und welche Anforderungen aus einem Einsatz erwachsen. Zusätzlich dazu wurde das Polyurethan in fünf Gruppen unterteilt, die völlig unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Das PMMA wurde ebenfalls als eigenständiges Material aufgeführt. Die Eigenschaften des Transluzenten Polyurethans wurden als Kombination des Polyurethans und des PMMA abgeschätzt, da keine Erfahrungswerte vorhanden sind.



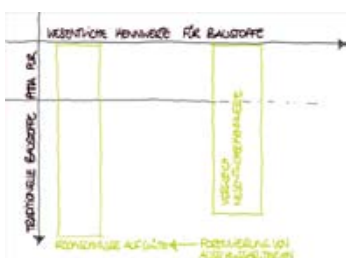
3.2. Bauteil-Matrix

Um den möglichen Einsatz des Transluzenten Polyurethans im Hinblick auf alle im Bau zum Einsatz kommenden Elemente beurteilen zu können, wurde zunächst eine Matrix aller Bauteile erstellt. Diese orientierte sich an der Systematik der DIN 276, welche alle gebräuchlichen Bauteile in Kostengruppen katalogisiert. Durch diese Aufstellung lassen sich die Rahmenbedingungen und Anforderungen an die jeweiligen Bauteile systematisch beschreiben. Durch Gegenüberstellung mit anderen Baumaterialien wurden die Möglichkeiten zur Entwicklung von Substituten aus dem neuen Material für gängige und bekannte Baumaterialien überprüft. So konnten die Bauteile genauer benannt werden, die einen Einsatz des Transluzenten Polyurethans wahrscheinlich oder sinnvoll erscheinen liessen.



3.3. Matrix der Baustoff-Kennwerte

Zur genauen Beschreibung der Materialeigenschaften wurde eine weitere Matrix mit gängigen Kennwerten erstellt, in der sowohl die Komponenten des Transluzenten Polyurethan erfasst wurden, wie auch die wichtigsten Baustoffe. Für alle benannten Materialien wurden deren Kennwertbandbreiten aufgetragen, so dass ein schneller, direkter Vergleich der Eigenschaften untereinander möglich ist. Die Matrix erlaubt so die Zusammenschau der den Materialien eigenen Kombinationen von Eigenschaften nebeneinander. Dadurch kann identifiziert werden, in welchen Bereichen das neue Material gegenüber den Substituten einen Vorteil erreichen kann. Limitierungen werden durch die Überlagerung von Anforderungen, Ausschlusskriterien und Eigenschaften aufgezeigt.



3.4. Kombinierte Matrix

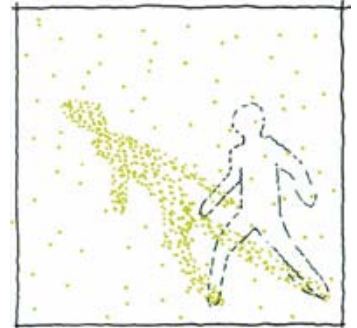
Die Bauteil- und die Baustoff-Matrix bieten für je eine Seite der Betrachtung Aussagekraft. Notwendig für die mannigfaltigen Ausformungen des Polyurethans ist jedoch die Einführung eines limitierenden Faktors, um ein Baustoff-Profil für bestimmte Bauteilanwendungen entwickeln zu können. In der Überlagerung der beiden Matrizen entsteht diese Aussagekraft durch die Möglichkeit, für konkrete Anwendungen Präferenzen für die Kennwerte einzukreisen.

3.5. Top Down: Miniprojekte und Wahrnehmung

Durch die Auswertung der Bauteil-Matrix wurden einzelne Produktideen identifiziert, die in Form von Mini-Projekten tiefer gehend untersucht werden sollten.

Dazu wurden in TU-internen Workshops zu den ausgewählten Bauteilen Entwurfsaufgaben entwickelt, die als Mini-Projekte von Studenten ausgearbeitet werden sollten. Zusätzlich wurde eine Kombinierte Matrix zu jedem dieser Bauteile angefertigt, die zunächst auf allgemeiner Ebene die Anforderungen an das Bauteil einkreiste.

Parallel wurde mit neuen physikalischen Strukturen und äusserlichen Eigenschaften des Rohmaterials experimentiert. Es wurden die optischen und ästhetischen Möglichkeiten des Transluzenten Polyurethans untersucht. Dies geschah in Strukturstudien, die unabhängig von den Projekten durchgeführt wurden.



3.6. Miniprojekte

In den Miniprojekten wurden viel versprechende Produktideen, die aus der systematischen Untersuchung und der Diskussion im internen Workshop hervor gingen, weiterentwickelt.

Die Ergebnisse wurden anschliessend mit Hilfe der Instrumentarien aus dem ersten Bereich konkretisiert. Für jedes Produkt wurde eine spezifische Matrix entwickelt, die die Baustoffauswahl und Eigenschaften umriss und neben anderen Baustoffen darstellte. Durch den Abgleich der Anforderungen an das Produkt mit den Kennwerten des Transluzenten Polyurethans konnte nun abgesehen werden, welche Kriterien das neue Material erfüllen muss, um als Baustoff im konkreten Anwendungsfall eingesetzt werden zu können.



3.7. Innere Struktur und Wahrnehmung

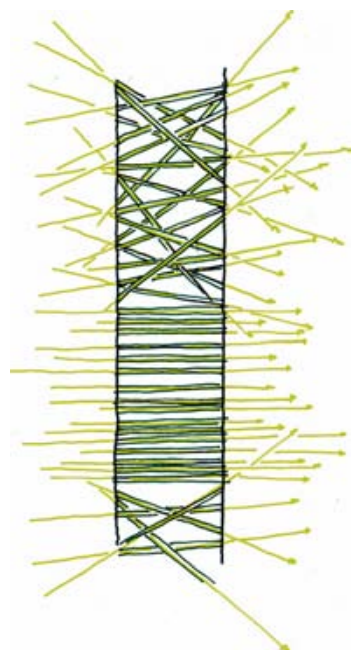
Ein wichtiger Aspekt der Untersuchung ist die Erforschung von neuen möglichen inneren Strukturen des Transluzenten Polyurethans und der Wahrnehmung, die sich aus dieser Struktur und der dadurch bedingten Lichtleitung ergibt.

Der optische Eindruck des Materials basiert auf einer Reihe von variablen Faktoren. Die konzeptionelle Untersuchung ergab sich also aus der schrittweisen Definition der Gestaltungsvariablen. Zu diesem Zweck wurden Materialproben hergestellt die Aufschluss über die ästhetische Wirkung der jeweiligen Faktoren geben sollte.

Prinzipiell wurden die polyurethanbezogenen Einflüsse, wie die Farbe und die physikalische Ausformung des Polyurethans, PMMA-bezogene Charakteristika, die Faserstärke, Granulateinlage, Art der Ausrichtung und Verdichtung der PMMA-Fasern, und die Anteile der beiden Grundstoffe an der Materialprobe unterschieden.

Ausserdem wurden weitere Kriterien definiert, die auf die subjektive Wahrnehmung des Materials einwirken. Unter diese Gruppe fallen die Abmessungen des Probekörpers, vor allem im Verhältnis zueinander.

Die an der TU entstandenen Materialproben wurden dokumentiert und in Gruppen zusammengefasst.



04.1 Bottom Up

Wissenschaftliche Untersuchung von Eigenschaften und Anforderungen

Im Rahmen der Bearbeitung des Projektes „Material Innovations“ wurde in einem ersten Schritt ein Studentenwettbewerb ausgeschrieben, in dem für das neu entwickelte Material „Transluzentes Polyurethan“ eine sinnvolle Verwendung vorgeschlagen werden sollte.

Die Aufgabenstellung liess dabei bewusst offen, in welchen Bereichen der neue Werkstoff eingesetzt werden sollte und auch welche Materialeigenschaften Transluzente Polyurethane genau besitzen können. Grund hierfür ist die grosse Bandbreite an unterschiedlichen Eigenschaften und Ausformungen, die Polyurethan durch die eingesetzten Grundstoffe und die Art der Herstellung ermöglicht.

Entsprechend vielseitig im Umgang mit dem Material waren die daraus folgenden Ergebnisse der studentischen Arbeiten. Es wurde schnell ersichtlich, dass ein Instrumentarium geschaffen werden musste, mit dem auf der einen Seite die Anforderungen an das Material für bestimmte Anwendungsfälle in ein Profil gefasst werden konnten und auf der anderen Seite bisher nicht erkannte Entwicklungspotentiale des Transluzenten Polyurethans aufweisbar wurden. Diese Basis ist vor allem dann notwendig, wenn eine Aussage darüber getroffen werden soll, welche Anforderungen an ein bestimmtes Bauteil gestellt werden. Dieses Materialprofil wird durch eine Reihe ineinander greifender Eigenschaften entwickelt, die vor allem Aspekte der Tragfähigkeit, der Dämmeigenschaften und der Gebrauchstauglichkeit im alltäglichen Umgang bestehen.

In der weiteren Projektarbeit wurden zu diesem Zweck zwei theoretische Grundlagen entwickelt:

- 1) die Bauteilmatrix als Katalog über mögliche Anwendungen im Baubereich und
- 2) die Baustoffmatrix als Sammlung der zu berücksichtigenden Materialeigenschaften.

Zur Entwicklung der Bauteilmatrix wurde auf Basis der DIN 276, die eine Planungshilfe für Baukosten darstellt, ein umfassender Katalog erstellt, der systematisch alle im Bau-sektor auftretenden Bauteile umfassend tabellarisch darstellt. Anhand dieser Aufzählung konnte eine erste Auswahl potentieller Einsatzgebiete für Transluzente Polyurethane ausgewiesen werden. Beispielsweise konnten alle Bauteile, die keine Sichtoberflächen besitzen, ausgeschlossen werden, da durch die hohen Kosten der Produktion nur der Einsatz des Materials als hochwertige Oberfläche gerechtfertigt scheint.

Im nächsten Schritt wurden die Einsatzgebiete über die mögliche Substitution gängiger Baumaterialien eingekreist. Um solche Substitutionsmöglichkeiten identifizieren zu können, wurde anhand des Baustoff-Atlas eine Auswahl aller gängigen Baustoffe erstellt. Anzumerken ist, dass bereits im Vorfeld einige der Baumaterialien und der Baustoffgruppen als mögliche Substitutionspartner auszuschliessen waren, jedoch wurden alle Stoffgruppen aufgenommen, um die Vergleichbarkeit und Gegenüberstellung der Kennwerte uneingeschränkt zu ermöglichen.

Die beiden Matrizen wurden schliesslich zusammengefügt und für die Auswahl weiterer Miniprojekte zu Grunde gelegt. In der Überlagerung dieser beiden Betrachtungen konnten nun konkrete Anwendungsbeispiele dargestellt werden. Durch die Formulierung von Bauteilanforderungen konnten für viele der betrachteten Bauteile einzelne Arten von Polyurethanen ausgeschlossen werden. Auch konnten in den Matrizen Problematiken dokumentiert werden, die in der Folge auf technischer Basis gelöst werden müssten. Dies waren häufig ungeklärte Fragestellungen wie mögliche Produktionsabläufe und Besonderheiten in der Materialbeschaffenheit.

Es konnten einige grundlegende Problematiken identifiziert werden, die vor allem dazu führten, dass die Polyurethan-Schäume für den Einsatz in nahezu allen betrachteten Bereichen ausgeschlossen werden mussten.

04.1.1 Bauteil-Matrix

Um den möglichen Einsatz des neuen Materials im Hinblick auf alle üblichen Bauteile beurteilen zu können, wurde zunächst eine Matrix aller Einsatzgebiete, die sich an der Systematik der DIN 276 orientiert. In der DIN 276 sind alle gebräuchlichen Bauteile systematisch erfasst. Durch diese Kategorisierung lassen sich die Rahmenbedingungen und Anforderungen an die jeweiligen Bauteile genau beschreiben.

Die Bauteilmatrix wurde vor allem nach den ästhetisch sinnvollen Aspekten für den Einsatz Transluzenter Polyurethane bewertet. Technische Machbarkeit und Bedenken wegen materialbedingter Schwächen werden zunächst in den Hintergrund gestellt, um nicht von vorn herein Entwicklungsfelder auszuschliessen, die grosses Potential besitzen, zum momentanen Zeitpunkt aber noch nicht realisierbar sind.

Viele im Bausektor bekannte Bauteile funktionieren in der Form, dass sie schichtweise miteinander verbunden werden. So wird beispielsweise eine tragende Aussenwand mit einer Dämmschicht versehen, um die Anforderungen an thermodynamisches Verhalten erfüllen zu können. Die Trag- und die Dämmschicht werden dann wiederum durch Bekleidungen bedeckt, die die Wand vor äusseren Einflüssen schützen sollen.

Da für die Transluzenten Polyurethane bereits die Aussage getroffen werden konnte, dass sie wegen ihrer lichtleitenden Eigenschaft nur als einschichtiges Bauteil eingesetzt werden sollten, wurden für die weitere Betrachtung einige der durch die DIN 276 benannten Bauteile wieder zu einer funktionellen Gruppe zusammengeschlossen.

Einer Betrachtung wurden im Folgenden nur sichtbare Bauteile unterzogen, da ein Einsatz von Transluzentem Polyurethan für nicht sichtbare Anwendungen von vornherein ausgeschlossen werden konnte.

Weiter wurden für alle Bauteile gängige Materialien aufgeführt, die für die jeweilige Anwendung üblicherweise zum Einsatz kommen. Für die verbliebenen Einsatzgebiete wurden nun Leistungsprofile verfasst, anhand derer die notwendigen Materialeigenschaften für Transluzentes Polyurethan von Fall zu Fall festgestellt werden konnten.

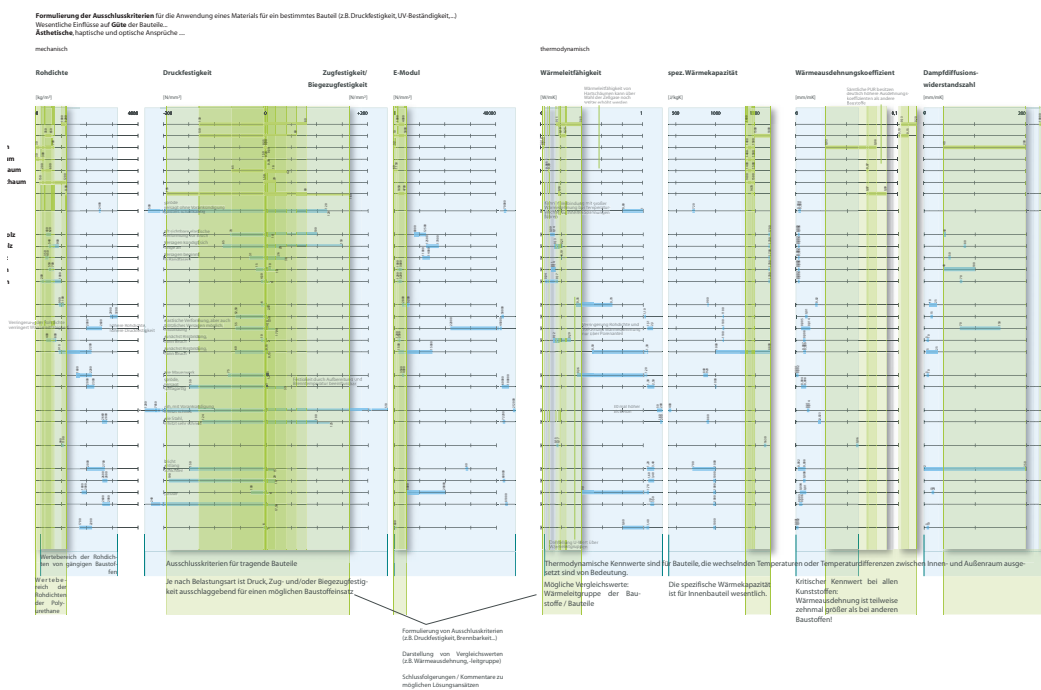
Die so identifizierten Anwendungen wurden nun im nächsten Schritt auf ihre technischen und physikalischen Anforderungen hin untersucht.

Bauteilmatrix mit Übersicht über bearbeitete Mini-Projekte

04.1.2 Baustoff-Matrix

Parallel zur Bauteil-Matrix wurde der neue Werkstoff dem Vergleich mit anderen gängigen Baumaterialien im Allgemeinen unterzogen. So wurden die Möglichkeiten zur Entwicklung von Substituten aus dem neuen Material überprüft. Diese Matrix baut sich aus einer Achse mit den gruppierten Baustoffen und einer Achse, auf der wesentliche Kennwerte aufgeführt sind, auf. Die Baustoffauswahl wurde aus der Katalogisierung im Baustoff-Atlas übernommen. Die Gruppen teilen sich in die Bereiche Glas, Holz- und Holzwerkstoffe, Baustoffe mit mineralischen Bindemitteln, keramische Baustoffe, Metalle, bitumenhaltige Baustoffe, Natursteine und Lehmabaustoffe. Aus jeder der Gruppen wurden einige gängige Vertreter aufgenommen, die eine möglichst grosse Bandbreite an Erscheinungsformen und Eigenschaften abdecken. Um nun Baustoffprofile aller Gruppen zu erhalten, wurden die wichtigsten Eigenschaften zur Beschreibung von Baustoffen zusammengetragen, so dass schliesslich für sämtliche Materialien ein umfassende Aufstellung vorhanden war. Die Betrachtung führt über verschiedene Aspekte wie beispielsweise mechanische und thermodynamische Kennwerte, über Kennwerte der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit, bis hin zu Aspekten der Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Diese Angaben machen für die mögliche Anwendung eines Materials im Bausektor wesentliche Aussagen. Die Polyurethane wurden als eine der Komponenten des Transluzenten Polyurethans nicht als ein einziger Werkstoff aufgenommen, da Polyurethane in so unterschiedlichen Varianten hergestellt werden können, dass einige übergeordnete Ausformungen festgelegt wurden. Die Polyurethane gliedern sich in Kompaktmassen, in thermoplastische Polyurethane, in Weich- und Hartschäume und in integrale Weich- und Hartschäume. Als zweite Komponente wurde das PMMA in die Matrix aufgenommen. Das Transluzente Polyurethan, das ja ein Verbundwerkstoff aus diesen beiden Kunststoffen ist, konnte zu diesem Zeitpunkt nicht anders erfasst werden, als über die getrennte Betrachtung der Eigenschaften seiner Komponenten. Das Zusammenspiel von Polyurethan und PMMA wurde im weiteren abgeschätzt, die erzielten Ergebnisse und hier bekannten Materialeigenschaften bleiben also zu prüfen. Die Eigenschaften des Transluzenten Polyurethans werden massgeblich beeinflusst von der Art des Polyurethans und an der Dichte und Grösse der PMMA - Fasern

Auszug aus der Baustoffmatrix



04.1.3 Kombinierte Matrix

Die beiden beschriebenen Basismatrizen lieferten allgemeine Vergleichsmöglichkeiten und Einschätzungen über mögliche Einsatzbereiche des Transluzenten Polyurethans. Für die Aussage über konkrete Entwicklungspotentiale wurden die Baustoff- und die Bauteilmatrix miteinander überlagert, um somit für jede potentielle Anwendung ein spezifisches Anforderungsprofil anfertigen zu können. Im Folgenden wurde für jedes durch die DIN 276 ermittelte Bauteil eine individuelle Matrix erstellt. Für die Darstellung wurde die Baustoff-Matrix herangezogen, in der aber nur noch die für die Anwendung geeigneten Baustoffe betrachtet wurden.

Die Kennwerte wurden in unterschiedlichen Prioritäten dargestellt. Die höchste Priorität erhielten die Kennwerte, die ein Ausschlusskriterium für den Einsatz eines Baustoffs für ein bestimmtes Bauteil darstellen. Häufig waren dies Kennwerte die Tragfähigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen betreffend. In einer weiteren Kategorie wurden Kennwerte angeführt, die zwar nicht zum Ausschluss des Materials führen, jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die Güte des Bauteils besitzen, wie beispielsweise die Kratzfestigkeit von Oberflächen. Für jedes Bauteil wurden ausserdem bestimmte Merkmale der Ästhetik in die Betrachtung aufgenommen, weil das Transluzente Polyurethan seinen Einsatz in jedem Fall im Bereich der Sichtoberflächen haben wird. So ergab sich die dritte Beurteilungsebene durch die Anforderungen, die das Bauteil an seiner Oberfläche zu erfüllen hat. Neben den bereits erwähnten Kennwerten zur Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse, kommen hier vor allem ästhetische Betrachtungen wie mögliche Farbgebungen und Oberflächengestaltungen zum Tragen.

Die Polyurethane und das PMMA wurden in jeder der bauteilspezifisch entwickelten Matrizen als potentielles Material aufgeführt, auch wenn der Einsatz von bestimmten Polyurethanen bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden konnte. Damit sollte der Möglichkeit Rechnung getragen werden, dass das Transluzente Polyurethan in Form und Eigenschaften individuell hergestellt werden können und man so Verbundmaterialien mehrerer Polyurethane in einem Bauteil einsetzen könnte.

In der Umsetzung wurden nun für die in der Bauteil-Matrix identifizierten Anwendungsbereiche die spezifischen Anforderungsprofile entwickelt.

In der nächsten Projektphase wurden anhand der beschriebenen kombinierten Matrizen Mini-Projekte an Studenten vergeben, die erste Ideen für die Umsetzung der unterschiedlichen Bauteile entwickeln sollten. Die Matrix sollte die Studenten dabei zunächst über die vielen möglichen Eigenschaftsprofile der Polyurethane und über die Anforderungen an die zu bearbeitenden Bauteile informieren. Anschliessend wurden die Matrizen durch die Studenten spezifisch für den gewählten Lösungsansatz weiter konkretisiert.

Die zunächst möglichst weit gefasste kombinierte Matrix, die anhand der für diesen Einsatz denkbaren Baustoffe ein breites Spektrum an Kennwerten offen liess, wurde nun transformiert zu einem dem Mini-Projekt angepassten Steckbrief des Transluzenten Polyurethans. Durch die nun mögliche gleichzeitige Betrachtung aller relevanten Einflussgrössen auf ein Bauteil, konnten meistens einige der Polyurethane ausgeschlossen werden. Häufig mussten die offenporigen Schäume wegen ihrer empfindlichen Oberfläche von vorne herein ausgeschlossen werden. Auch die weichen Ausformungen konnten in vielen Fällen die an sie gestellten Forderungen an mechanische Widerstandsfähigkeit nicht erfüllen. Immer wieder erwiesen sich die Integral-Hartschäume und die Kompaktmassen aufgrund ihrer enormen mechanischen Belastbarkeit als gut geeignete Komponente im Bereich Architektur. Die Integral-Hartschäume verfügen zusätzlich über gute thermische Eigenschaften, während die Kompaktmassen sich vor allem durch ihre einfache Nachbearbeitung und gestalterische Vielfältigkeit hervor taten. Im folgenden werden die so entstandenen kombinierten Matrizen kurz vorgestellt und die resultierenden Erkenntnisse für die betreffenden Bauteile vorgestellt.

Tragende Aussenwände und Aussenstützen

Bei den tragenden Aussenwänden handelt es sich um die Gruppe der Bauteile, die die höchsten und vielseitigsten Anforderungen erfüllen müssen. Nach der DIN 276 gliedern sich Aussenwände in mehrere unterschiedliche Bauteile auf, wonach sich die unterschiedlichen Leistungsspektren in Schichten aufspalten lassen. So sieht die DIN 276 in getrennten Betrachtungen Tragschichten, Dämmschichten und Wandbekleidungen auf der Innen- und auf der Aussenseite des Bauteils vor. Wie oben angesprochen wurden allerdings die sinnvollen Einsatzbereiche des Transluzenten Polyurethans auf einschichtige Anwendungen limitiert, da das Material seine ästhetische Wirkung nur im Zusammenspiel von Licht und Schatten entfalten kann. Im Leistungsprofil für die tragende Aussenwand wurden also all diese Aspekte betreffend der Standsicherheit, der Dämmwirkung und der Oberflächen aufgenommen. Es ergab sich so eine grosse Anzahl an Kriterien, die ein Transluzentes Polyurethan im Einsatz als Aussenwand zu erfüllen hätte.

Eines der vorrangigen Kriterien bei tragenden Aussenwänden ist die Druckfestigkeit des Materials, da nicht nur das Eigengewicht des Bauteils getragen werden muss, sondern sämtliche Lasten der darüber liegenden Aufbauten über die Wände abgetragen werden. Für den Einsatz konnten von vorn herein alle Polyurethan-Schäume mit Ausnahme des integralen Polyurethan-Hartschaums ausgeschlossen werden. Das andere zum Ausschluss führende Kriterium liegt im Schallschutz für Aussenwände. Je nach der Nutzung des Gebäudes und der Art des Umfeldes müssen trennende Bauteile bestimmte bewertete Schalldämm-Masse erreichen, um den akustischen Anforderungen gerecht zu werden. Grosse Auswirkungen auf das akustische Verhalten eines Bauteils besitzt das Eigengewicht des Materials, jedoch auch Oberflächenbeschaffenheit und Struktur verändern die akustische Reaktion. In der Regel müssen Aussenwände bewertete Schalldämm-Masse von um die 30 bis 50 dB erreichen.

Tragende Aussenwände sind Teil der äusseren Hülle eines Gebäudes und somit ständig der Witterung ausgesetzt. Sie müssen den Innenraum vor diesen Einflüssen schützen. Wesentlichen Einfluss auf die Güte der Wände hat also deren thermodynamisches Verhalten. Als Schutz des Innenraums vor Temperaturschwankungen ist vor allem die Wärmeleitfähigkeit zu nennen, die anhand des U-Wertes in vergleichbaren Werten ausgedrückt werden kann. Der Einsatz von Transluzenten Polyurethanen als Aussenwandbauteil wirft vor allem hier Probleme auf, da die PMMA-Fasern, die die Lichtleitung erzeugen, urhgängige Wärmebrücken im Material bilden, die durch den Einsatz von wärmedämmenden Polyurethanen nur schwer aufgehoben werden können.

Ein weiterer limitierender Faktor ist die enorme Wärmeausdehnung von Kunststoffen. Sie überschreitet die Wärmeausdehnung gängiger Baustoffe um bis zu dem Zehnfachen. Vor allem in der Anwendung als trennendem Bauteil zwischen Aussen- und Innenbereich sind hier statische Schwierigkeiten zu erwarten. Diese sind zum einen in den Temperaturschwankungen durch die Jahreszeiten bedingt, wie auch im Unterschied zwischen Tages- und Nachttemperatur gegeben. Zum anderen sind Spannweiten zwischen Aussen- und Innentemperaturen vor allem im Winter enorm hoch.

Im Gebrauch ist die Ausführung des Transluzenten Polyurethans minimal mit der Brennbarkeitsklasse B1 notwendig. In der Ausführung müssen tragende Aussenwände eine gewisse Zeit Feuer standhalten, ohne dabei ihre tragende Funktion zu verlieren, um Rettungswege offen zu halten und eine Standsicherheit zu garantieren.

Die UV- und Frostbeständigkeit muss für den Einsatz als Aussenwand in jedem Fall gegeben sein, da diese Bauteile nicht vor diesen Einflüssen geschützt werden können und ausserdem, weil Aussenwände eine lange Lebensdauer besitzen und nicht einfach ausgetauscht werden können. Die Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse kann durch transparente Beschichtungen erhöht werden, das Altern des Materials kann aber auch so nur verzögert werden.

Da Polyurethane im Regelfall zwar in ihren Eigenschaften nicht beeinträchtigt werden, jedoch durch UV-Einfluss zum Vergilben neigen, sollten nur dunkle Farben zum Einsatz kommen, die die farblichen Veränderungen überdecken. Zu beachten sind die häufig unterschiedlichen Vorstellungen über die Oberflächen von Innen- und Aussenräumen in der farblichen und oberflächlichen Gestaltung als ästhetisches Merkmal. Die Vergleichsbaustoffe sind vor allem Ziegel- und Natursteinmauerwerke, sowie Betone, die wiederum teilweise auch als Steine im Mauerwerksverbund eingebaut werden. Stahlbeton, der vor Ort eingebracht wird, bildet einen Sonderfall in der Art der Verarbeitung. Tragende Aussenwände sind Bauteile, die durch ihr grosses Spektrum an limitierenden Faktoren den Einsatz von Transluzentem Polyurethan zunächst schwierig erscheinen lassen. Aufgrund der Materialbeschaffenheit sind Potentiale im Bereich der statischen Anwendungen zu erkennen, kritisch erscheinen allerdings die Eigenschaften bezüglich der Reaktion auf Umwelteinflüsse wie Temperaturdifferenzen und Witterungsbedingungen. Durch die Matrix konnten die Polyurethan-Schäume ausser dem Integral-Hartschaum bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden.

Nicht tragende Aussenwände

Die nicht tragenden Aussenwände sind Bauteile, die in ihrem Profil dem der tragenden Aussenwand ähneln, jedoch keine statische Funktion erfüllen müssen. Sie tragen allein ihr Eigengewicht. Zum Ausschluss eines Transluzenten Polyurethans als möglichem Baumaterial führt also nur das Nicht-Erreichen eines bewerteten Schalldämm-Masses von 30 bis 50 dB, je nach Anwendungsfall und Umgebungsbedingungen. So musste keines der Polyurethane aufgrund mangelnder statischer Beanspruchbarkeit bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden. Durch den Wegfall der statischen Belastung ist auch der Wärmeausdehnungskoeffizient weniger kritisch zu betrachten, da zwar Verformungen entstehen, jedoch einfacher durch ausreichend bemessene Dehnungsfugen ausgeglichen werden können.

Alle weiteren Kriterien entsprechen denen der tragenden Aussenwände.

Grosse Potentiale sind im Einsatz von Transluzenten Polyurethanen in elementierten Fassaden zu erwarten. Hier könnten durch die Integration von transluzenten Elementen in einem schichtweise aufgebauten Fassadenelement die Problematik der Wärmeleitung durch die lichtleitenden PMMA-Fasern sinnvoll gelöst werden. Genauer zu definieren ist die Abgrenzung und Unterscheidung eines solchen Fassadenelements aus Transluzentem Polyurethan vom ästhetischen Auftritt einer herkömmlichen Fassadenkonstruktion mit gefärbtem oder beschichtetem Glas oder ähnlichem.

Die Beschreibung von solchen Fassadenelementen wurde nicht in einer gesonderten Matrix aufgenommen, sondern wurde durch die Kombination und Überlagerung von unterschiedlichen Matrizen angestrebt, da je nach Ansatz des Projektes ein Fassadenelementer einem Fenster-, einem Wandelement oder einer Aussenwandbekleidung ähneln kann und so die Bandbreite an Kriterien für elementierte Fassaden einer Übersichtlichkeit des Katalogs abträglich wäre.

Aussenfenster

Aussenfenster sind zweiteilige Bauteile. Sie bestehen zum einen aus der Fensterscheibe und zum anderen aus dem Fensterrahmen, der die Scheibe umgibt und sämtliche mechanischen und technischen Funktionen übernimmt. Fenster bilden den Bezug zwischen dem Innenraum und der Aussenwelt und sind dementsprechend im Regelfall transparent. In speziellen Bereichen der Anwendung, wo diese Transparenz nicht erwünscht ist, wie beispielsweise in Sanitärbereichen und ähnlichem, wird häufig mit Milchglas oder mit strukturierten Glasscheiben gearbeitet. Als Vergleichsbaustoffe ergeben sich für die Anwendung als Scheibe also Gläser, vor allem Isoliergläser, ausserdem in manchen

Anwendungsgebieten PMMA. Für die Verwendung als Material für den Rahmen kommen vor allem Hölzer, Kunststoffe und Aluminium in Frage. Für die Güte eines Fensters ist im Regelfall die Ausführung des Rahmens entscheidend, da dieser über die Qualität und die thermische Trennung Ausschlag gibt. Fenster müssen entsprechend ihres Einsatzes ein bewertetes Schalldämm-Mass zwischen 30 bis 50 dB erreichen.

In jedem Fall müssen Aussenfenster wärmedämmende Eigenschaften besitzen, da sie nicht durch weitere Bauteilschichten von dieser Funktion entbunden werden können. Aussenfenster bilden immer die thermische Schnittstelle zwischen Innen- und Aussenbereich, was auch für die Wasserdampfdiffusionsfähigkeit gilt. Für den sinnvollen Einsatz eines Transluzenten Polyurethans als Fensterrahmen, muss das Material hohe Verschleissfestigkeit besitzen, da die mechanische Belastung von Öffnungsflügeln durch den Schliessmechanismus in Fenstern sehr hoch ist. Die Kratzfestigkeit und die Verschleissfestigkeit sind auch für die Oberflächen des Fensterrahmens von grosser Bedeutung, da es sich um ein Bauteil handelt, das auf seiner Aussenseite der Witterung ausgesetzt ist und auf seiner Innenseite häufig berührt und bewegt wird. Zu den Anforderungen an die Gebrauchsbständigkeit, die denen der Aussenwände in etwa entsprechen, fliesst also verstärkt der Aspekt der Kratzfestigkeit in die Überlegungen ein. Im Bereich der Fensterscheiben kommen optische Kennwerte zum Tragen. Die Fensterscheiben geben durch ihren Lichttransmissionsgrad Auskunft über den Anteil an sichtbarem Licht, das durch die Scheibe hindurch fällt. Der Gesamtenergiedurchlassgrad beschreibt den Anteil der gesamten Energie, die durch die Scheibe hindurch gelassen wird. Je höher also die Lichttransmission ist, umso transparenter erscheint die Scheibe. Der Ersatz von Fensterscheiben aus Glas durch Transluzente Polyurethane erscheint nur in wenigen Fällen als sinnvoll, nämlich nur dann, wenn keine Transparenz des Fensters gewünscht ist, sondern nur eine Belichtung des Innenraums erzielt werden soll. In allen anderen Fällen, kann die Substitution von PMMA angedacht werden, was jedoch an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden soll.

Zusammenfassend kann für die Entwicklung eines Fensters aus Transluzentem Polyurethan gesagt werden, dass die Potentiale für ein solches Projekt vor allem in der Definition des Einsatzgebietes eines solchen Bauteils liegen. Die vorliegende Matrix bildet vor allem die Grundlage für die Überlegungen bezüglich des Entwurfs von transluzenten Fassadenelementen, die durch die Überlagerung verschiedener Matrizen zu einer sinnvollen Gesamtkonzeption führen sollen.

Aussentüren

Die Aussentüren werden laut der DIN 276 in die gleiche Kategorie wie die Aussenfenster eingeteilt. Im Rahmen der bauteilbezogenen Matrizen unterscheiden sich die Türen vor allem dadurch von den Fenstern, dass an sie weniger strenge Anforderungen gestellt werden. Das kommt daher, dass Türen im Regelfall nicht eine so direkte Schnittstelle zwischen Innen- und Aussenbereich herstellen, da sie von aussen in mehreren Stufen nach innen führen. Es gibt dementsprechend eine grössere Bandbreite an Nutzungsabstufungen. Beispielsweise Haustüren, die von aussen in Treppenhäuser führen, von dort führen Wohnungstüren in private Einheiten, in denen wieder andere Türen einzelne Zimmer voneinander trennen. Türen müssen im Regelfall weniger grosse Gegensätze voneinander abgrenzen, was sich vor allem in den Anforderungen an die thermodynamischen Kennwerte bemerkbar macht. So ist es ein grosser Unterschied, ob eine Tür die Aussenluft von einem unbeheizten Hausflur trennen muss oder ein Fenster die selbe von einem beheizten Wohnzimmer. Erleichternd kommt hinzu, dass Türen nicht zwangsläufig aus zwei Teilen wie Rahmen und Scheibe aufgebaut sind, sondern für gewöhnlich aus einem einzigen Türblatt mit angesetztem oder integriertem Schliessmechanismus bestehen. Diese grössere Freiheit in der Gestaltung führt dazu, dass mehr Vergleichsbaustoffe

in die Matrix aufgenommen wurden. Als Materialien für Türen kommen regelmässige, plattenförmige Holzwerkstoffe zum Einsatz, vor allem bei Anwendungen im Wohnbereich. Metalle wie Stahl und Aluminium dienen häufig zum Raumabschluss bei erhöhten Brandschutzanforderungen. Im Innenbereich und in öffentlichen Gebäuden kommen oft Glastüren zum Einsatz, die Belichtung auch von Fluren ohne Fenstern ermöglichen. Das einzuhaltende Schalldämm-Mass für Türen liegt zwischen 25 und 40 dB.

Gleiche Ansprüche gelten für Fenster und Türen im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse und Gebrauchsfestigkeit. Türen besitzen hohe mechanische Anforderungen, die die an Fenster noch übersteigen. Ihre Oberflächen sind stark exponiert und müssen somit äusserst widerstandsfähig gegen Abrieb und Zerkratzen sein.

Türen übernehmen wichtige Funktionen im Brandschutz und sind deswegen je nach Einsatzort in unterschiedlichen Brandschutzklassen auszuführen. Die genaue Einordnung hierzu ist vom jeweiligen Einsatzort abhängig. Ein interessanter Aspekt in der Entwicklung von Türen aus Transluzentem Polyurethan ist die Möglichkeit, auch die beweglichen und flexiblen Teile aus Polyurethanen herzustellen.

Aussenwandbekleidungen

Die Aussenwandbekleidungen sind Bauteile, die keinerlei statische oder wärmedämmende Funktion aufnehmen. Sie dienen ausschliesslich dem Schutz der darunter liegenden Bauteilschichten und dem ästhetischen Eindruck der Fassadenoberfläche. Als Vergleichsbaustoffe sind viele Materialien denkbar. Gängige Materialien sind Plattenwerkstoffe wie beispielsweise Holzschindeln, Ziegel, Metallbleche und -gitter, ausserdem werden Gläser und Kunststoffe eingesetzt. Der optische Eindruck ist vielfältig, da nicht nur das Material grossen Einfluss auf den optischen Eindruck hat, sondern auch die Plattenformate und die Anordnung der Elemente. Eine Sonderform der Aussenwandbekleidung ist der Aussenputz, der als einziges Material flächig aufgetragen wird und somit kein Fugenbild erzeugt.

Aussenwandbekleidungen bilden die äusserste Hülle eines Gebäudes und müssen deshalb hohen Anforderungen an UV-, Wasser- und Frostbeständigkeit gerecht werden, da sie vor allem die darunter liegenden Bauteile vor der Witterung schützen sollen. In dieser Funktion ist auch die Kratzfestigkeit der Oberfläche von Bedeutung, da ja alle äusseren Einwirkungen zunächst auf die Aussenwandbekleidung auftreffen.

Die offenporigen Polyurethane, also der Polyurethan -Weichschaum und -Hartschaum, sind bereits im Vorfeld für eine derartige Anwendung auszuschliessen, da sie durch ihre raue Oberfläche für einen der Witterung exponierten Einsatz nicht geeignet sind. Die offenporige Struktur bietet zu viel Ablagerungsflächen für Verschmutzungen, so dass die Oberfläche dauerhaft nicht vor Qualitätseinbussen geschützt werden kann. Die Transluzenten Polyurethane müssen für einen Einsatz als Aussenwandbekleidung zwar keine statischen Aufgaben übernehmen, sie müssen jedoch die auf der Aussenhülle eines Gebäudes auftretenden Belastungen wie Winddruck und -sog aufnehmen können.

Sonnenschutzvorrichtungen

Die DIN 276 definiert eine Bandbreite von Schutz- und Zusatzelementen, zu denen unter anderem die Sonnenschutzvorrichtungen gezählt werden. Sie werden im Aussenbereich angebracht und dienen der teilweisen oder flächigen Beschattung von Fassaden. Materialien, die zu diesem Zweck eingesetzt werden müssen absolut UV-beständig sein, da sie in höchstem Masse dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Auch andere Witterungsbedingungen wie Temperaturwechsel, Feuchtigkeit und Frost wirken in verstärktem Masse auf die Sonnenschutzvorrichtungen ein, da diese für gewöhnlich nicht gesondert geschützt werden wie beispielsweise Fassaden durch Dachüberstände. Für die Verwendung von Transluzenten Polyurethanen in diesem Bereich ist also die Färbung des Trägermaterials

in dunklen Farbtönen vorzuziehen, da so die unvermeidlichen UV- und witterungsbedingten Verfärbungen des Kunststoffes überdeckt werden können. Grundsätzlich ungeeignet für den betrachteten Einsatz erscheinen die Polyurethan-Weichschäume als Trägermaterialien, da sie keine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. Durch die auf die Fassade einwirkenden Kräfte, könnten solche Elemente beschädigt werden oder durch hervorgerufene Verformungen andere Fassadenteile beschädigen.

Gängige Baumaterialien für den Einsatz als Sonnenschutzelemente sind heute verschiedene Hölzer, Stahl und vor allem Systeme mit Lamellen aus Aluminium oder Glas. Vor allem Gläser bieten die Möglichkeit die hervorgerufene Verschattung zu regulieren und zu steuern, indem das Licht nicht vollständig abgehalten wird, sondern teilweise durch das Material hindurch dringt und eine Belichtung im Inneren ermöglicht. Dies sind Potentiale, die auch durch die Verwendung von Transluzenten Polyurethanen genutzt werden können. In die Betrachtung gehen dann die Kennwerte der Lichttransmission und des Gesamtenergiedurchlassgrades ein.

Vordächer

Auch die Vordächer sind in den Bereich der Schutz- und Zusatzelemente einzuordnen. Sie dienen vor allem dazu, Schutz vor Regen zu bieten. Da sie im Aussenbereich angebracht werden, müssen sie gegen jegliche Art von Witterung beständig sein, speziell gegen Feuchtigkeit allerdings besonders beständig, da damit gerechnet werden muss, dass Regen und Schnee darauf liegen bleiben und das Material angreifen können. Vordächer bestehen meistens aus einer Tragkonstruktion und einem Dach. Die Materialien für die Konstruktion können frei gewählt werden, die Abdeckung ist meist aus Blechen oder aus Glas. Materialien die hierfür verwendet werden, müssen eine geschlossene Oberfläche besitzen, da die grössere Oberfläche sonst zu Beschädigungen führen kann. Ausserdem sind auf offenporigen oder rauen Oberflächen Verschmutzungen unvermeidbar. Wie auch die Sonnenschutzvorrichtungen sind auch die Vordächer Teil der Fassade und somit des äusseren Erscheinungsbildes eines Gebäudes. Eine wichtige Rolle nehmen also die Gestaltungsmöglichkeiten der eingesetzten Materialien ein. Farben und Strukturen der Oberflächen sind Teil dieser Gestaltung und sollten grösstmögliche Freiheiten besitzen.

Tragende Innenwände

Bei den tragenden Innenwänden handelt es sich um statisch belastete Bauteile. Ausschlusskriterium für die Auswahl von Baustoffen ist also die Belastbarkeit und Druckfestigkeit. Wie auch bei den tragenden Aussenwänden können die Polyurethan-Weichschäume und der Polyurethan-Hartschaum für solche Anwendungen deshalb ausgeschlossen werden. Ein wichtiger Gesichtspunkt im Einsatz als Innenwand ist weiterhin der Schallschutz zwischen Innenräumen. So muss eine Innenwand zwischen 30 und 50 dB bewertetes Schalldämm-Mass erreichen. Diese Werte variieren je nach den Bereichen, die voneinander getrennt werden.

Tragende Innenwände müssen keine Wärmedämmeigenschaften besitzen, ihre Wärmespeicherkapazität ist allerdings ein wichtiger Kennwert. Die Entwicklung von tragenden Innenwänden aus Transluzentem Polyurethan bietet die Möglichkeit, ein tragendes Bauteil lichtdurchlässig auszuführen, was bei den gängigen Baumaterialien für diese Anwendung bisher nicht möglich ist. So könnten innenliegende Räume ohne natürliche Belichtung, wie Korridore und Flure, erhellt werden. Für solche Fälle ist die Farbgestaltung des Trägermaterials ein weiterer wesentlicher Aspekt, da solche Räume nicht nur durch tatsächlich einfallendes Licht aufgehellt werden, sondern auch durch die Farbgebung der Oberflächen den Eindruck von Helligkeit vermitteln können.

Nicht tragende Innenwände

Nicht tragende Innenwände sind aus nahezu jedem Material herstellbar. Sollen diese Wände Bereiche voneinander trennen, so müssen sie die gleichen Anforderungen an den Schallschutz erfüllen wie die tragenden Innenwände, also zwischen 30 und 50 dB bewertetes Schalldämm-Mass erreichen.

Nicht tragende Innenwände erfüllen keine statische Funktion, sie dienen ausschliesslich zur Raumteilung und -gliederung. Innenwände dienen in vielen Fällen dem Brandschutz und müssen dann je nach Bereichsabschluss entsprechende Auflagen erfüllen. In erster Linie sind nicht tragende Innenwände Gestaltungselemente, die beispielsweise auch als halb-hohe Raumteiler ausgeführt sein können. Auch mobile Raumteiler wie Paravents und Stellwände fallen in diese Gruppe von Bauteilen. Sie können dann nicht Anforderungen an Schall- und Brandschutz erfüllen.

Neben den Baustoffen, die auch für tragende Innenwände verwendet werden, kommen für nicht tragende Wandelemente auch Gläser zum Einsatz, die wie das Transluzente Polyurethan, eine natürliche Belichtung von innenliegenden Räumen ermöglichen. In der Prüfung dieser Anwendung als Einsatzbereich für Transluzentes Polyurethan ist vor allem dieser Aspekt zu berücksichtigen. Nicht tragende Innenwände sind Bauteile, die einen hohen Grad an Gestaltungsfreiheit ermöglichen, da sie nicht daran gebunden sind, Kennwerte bezüglich des Wärmeschutzes einzuhalten. Ausserdem wirkt auf Innenwände keine Witterung und grosse Temperaturschwankung ein, so dass der Einsatz von Transluzenten Polyurethanen deren Potentiale voll ausschöpfen kann.

Innenwandbekleidungen

Neben den Platten- und Fliesenmaterialien bildet die Gruppe der Putze einen wesentlichen Anteil der Baustoffe für Innenwandbekleidungen. Gipsputze erfüllen die Anforderungen an den Brandschutz besonders gut durch ihre Wasser speichernde Eigenschaft.

Die Innenwandbekleidungen üben auch den wesentlichen Einfluss auf die Raumakustik aus, zum einen durch ihren Beitrag zum bewerteten Schalldämm-Mass, zum anderen durch ihre Oberflächenbeschaffenheit und die dadurch erzeugte Reaktion des Schalls beim Auftreffen auf die Wand. Je glatter die Oberfläche der Wand ist, umso grösser ist der Anteil der direkt reflektierten Schallwellen, je rauer, umso mehr Schallwellen werden nur diffus reflektiert oder absorbiert. Der gewünschte Effekt variiert je nach Nutzungsart des Raumes.

Die Oberflächenbeschaffenheit hat auch grossen Einfluss auf die Anfälligkeit der Wand für Verschmutzungen. Glatte Flächen verschmutzen wesentlich langsamer und sind im Regelfall leichter zu reinigen. Durch geeignete Beschichtungen können solche Probleme verringert werden.

Decken und Treppen

Decken sind flächige Bauteile. Der Unterschied zu Wandscheiben besteht vor allem in der statischen Belastung des Bauteils senkrecht zu seiner Ebene. Decken müssen dementsprechend weniger Druckfestigkeit aufweisen, sondern als Ausschlusskriterium eine ausreichende Biegezugfestigkeit besitzen. Ausschliesslich die integralen Polyurethan-Hartschäume erfüllen dieses Kriterium und kommen für eine Anwendung des Transluzenten Polyurethans in diesem Bereich überhaupt in Frage. Vergleichsmaterialien der gängigen Baustoffe für Deckenanwendungen sind Holz und Holzwerkstoffe, Stahlbeton, Stahlträger und Aluminium in Form von Trapezblechen als flächige Deckentragkonstruktion. Für Treppenkonstruktionen gilt das gleiche.

An Decken und Treppen sind keine Anforderungen bezüglich des Wärmeschutzes zu stellen, da sie nicht als trennende Bauteile eingesetzt werden. Sie befinden sich entweder im Innenraum oder im Aussenraum.

Es ist jedoch darauf zu achten, dass Decken und Treppen, vor allem notwendige Treppen im Brandfall lange ihre statische Stabilität behalten müssen. Auch an die Akustik der Bauteile werden erhöhte Anforderungen gestellt. Decken und Treppen müssen zwischen 50 und 60 dB bewertetes Schalldämm-Mass erreichen, mehr als alle anderen Bauteile. Für Treppen im Aussenbereich sind ausserdem die Anforderungen an Witterungs- und UV-Beständigkeit zu berücksichtigen. Anwendungsbereiche für Transluzente Polyurethane im Bereich von Decken- und Treppenelementen scheint schwierig, da hohe statische Anforderungen zu erfüllen sind bei gleichzeitig hohen Ansprüchen an Brandverhalten und Akustik.

Boden- und Treppenbeläge

Die Materialien für den Einsatz als Boden- und Treppenbelag sind vielseitig und stark vom Einsatzort und der Nutzungsart abhängig. Sie erstrecken sich von unterschiedlichen Bodenbelägen aus Holz, Holzwerkstoffen, wie beispielsweise Parkett, über Estriche hin zu Natur- und Kunststeinen aller Art und in manchen Bereichen Metallblechen als Bodenbekleidung. In jedem Fall sind diese Bauteile durch enormen Verschleiss beansprucht und müssen dementsprechend hohe Verschleissfestigkeit und Kratzfestigkeit aufweisen. Sind diese vom Material her nicht bereits vorhanden, so müssen diese Eigenschaften durch Anstriche und Beschichtungen hergestellt werden. Bodenbeläge spielen wie alle anderen Raumboflächen im Brandschutz eine wichtige Rolle, da im Brandfall gewährleistet sein muss, dass Fluchtwege lange erhalten bleiben und von ihnen keine Gefahr ausgeht. Die Raumakustik wird durch die Art und Oberflächenbeschaffenheit des verwendeten Bodenbelags enorm beeinflusst. Er nimmt dabei sowohl Einfluss auf die Verbreitung des Körperschalls bei Begehung des Bodens, wie auch auf das Verhalten des Luftschalls.

Bodenbeläge sollten prinzipiell UV-beständig und beständig gegen Wasser sein. Die Prioritäten dieser Eigenschaften sind nach den Anwendungsfällen unterschiedlich zu bewerten, beispielsweise wenn es sich um Aussenraumanwendungen oder den Einsatz in Nasszellen handelt.

Der Boden bildet in Räumen eine grosse Fläche, die wesentlichen Einfluss auf Raumstimmung und –wahrnehmung hat. Die Besonderheit liegt darin, dass der Bodenbelag nicht nur eine optische Dimension besitzt, die der Menschen wahrnimmt, sondern durch das Begehen ein haptisches Empfinden entsteht. Die Verwendung von Transluzenten Polyurethanen bietet hier durch die exakt herstellbare Viskosität des Materials das Potential eines genau auf die Bedürfnisse abgestimmten Belags. Problematisch wird die Inszenierung des lichtleitenden Effekts und die daraus resultierende Lichtwirkung der Materialoberfläche beurteilt.

Aussengeländer

Die Aussengeländer gehören laut DIN 276 zur Gruppe der Schutzelemente für Treppen. Die Innengeländer werden hier nicht gesondert betrachtet, da die Anforderungen an diese die gleichen sind wie die an Aussengeländer, jedoch die Bedürfnisse bezüglich der Witterungsbeständigkeit vermindert sind.

Der Zweck dieses Bauteils besteht darin, den Benutzer zu schützen. Sie müssen also keine tragende Funktion erfüllen, aber kurzfristige Belastungen auftreten können. Wesentliche Kennwerte für die Tauglichkeit eines Materials für die Verarbeitung als Geländer gehen aus den Werten zur Gebrauchstauglichkeit hervor. In Aussenbereichsanwendungen sind gesondert die UV- und Witterungsbeständigkeit zu nennen. Sonst ist das Brandverhalten für Geländer ein zu berücksichtigender Kennwert. In dieser Anwendung scheiden die Polyurethan-Weichschäume als Trägermaterial des Transluzenten Polyurethans aus, weil

diese keine ausreichende Stabilität erreichen, um als Geländer zum einen vor Stürzen zu schützen oder zum anderen als Stütze zu dienen. Fraglich ist auch der Einsatz von offenporigen Hartschäumen, weil die Oberfläche oft berührt wird und die daraus entstehenden Verschmutzungen viel grösser als bei geschlossenen Oberflächen wären und sich ausserdem schlechter beseitigen lassen würden.

Dachbeläge

Genau wie bei Decken handelt es sich bei Dachbelägen um Bauteile, die senkrecht zu ihrer Fläche beansprucht werden. Sie müssen eine Biegezugfestigkeit von mindestens 2kN/m² erfüllen. Dieser Wert resultiert nicht daraus, dass ein Dachbelag als tragendes Bauteil betrachtet würde, sondern vielmehr daraus, dass nach der DIN Dächer begehbar sein müssen und dieser Wert der Annahme entspricht, dass eine Einzelperson beispielsweise für Reparaturen das Dach betreten können muss.

Eine weitere Voraussetzung für einen Dachbelag ist der Wasserdampfdiffusionswiderstand, also die Wasserundurchlässigkeit des Materials. Der Dachbelag ist der wesentliche Schutz gegen Regenwasser und Schnee des gesamten Gebäudes sogar zu Teilen für die Fassade, die er durch vorhandene Dachüberstände erzeugt.

Gebräuchliche Baustoffe für Dachbeläge sind vor allem Steingutziegel in gängigen Formen und Formaten. Als flächige Dachbeläge werden häufig Aluminiumbleche und gelegentlich Bitumenpappen verwendet. Im weiteren Sinne kann man Oberlichter in die Gruppe der Dachbeläge mit aufnehmen. Oberlichter werden häufig aus PMMA hergestellt, welches im Regelfall in Milchglasoptik ausgeführt ist, um den Lichteinfall zu drosseln und um Verschmutzungen zu verbergen.

Dachbeläge sind dem Sonnenlicht stark ausgesetzt, bei flachen Dachneigungen muss hier auch mit Standwasser gerechnet werden. Dachbeläge sind somit die durch Witterung und Umwelteinflüsse am stärksten beanspruchte Bauteilgruppe und lassen von daher die Transluzenten Polyurethane als mögliches Material fraglich erscheinen.

Dachbeläge werden mit einer Nutzungsdauer von 30 Jahren angenommen und erzeugen beim Austausch enorme Kosten. Ein Material für diese Anwendung muss also dauerhaft resistent gegen die äusseren Einflüsse sein. Die Wirkung des Transluzenten Polyurethans als Belichtungsöffnung im Dach entspricht der Diffusität des Milchglases, zu Prüfen bleibt der optische Reiz des Transluzenten Polyurethans, wenn der ansprechende Effekt durch die Kombination von Licht und Schatten in Bewegung nicht vorhanden ist.

Sanitärausstattungen

In der Gruppe der Sanitärausstattungen werden vor allem alle Badinstallationen berücksichtigt. Diese Bauteile befinden sich im Innenraum und werden ausschliesslich durch Wasserkontakt beansprucht.

Neben den Anforderungen an die gängige Beständigkeit gegen UV-Bestrahlung von Sichtoberflächen sind also die dauerhafte Beständigkeit und vor allem die Wasserdichtigkeit der zentrale zu erfüllende Aspekt dieser Bauteile. Die heute üblichen Installationen sind meist aus glasiertem Steingut, aus Aluminiumblech oder immer häufiger aus Kunststoffen. Die Installationen werden stark beansprucht durch Verschleiss und auch durch chemische Substanzen wie Seifen und ähnliches. Die Oberflächen müssen glatt sein, um möglichst geringe Angriffsflächen zu bieten und eine einfache Reinigung zu ermöglichen.

Die offenporigen Polyurethan-Schäume können deshalb für eine Anwendung im Sanitärbereich im Vorfeld ausgeschlossen werden.

Zu Prüfen ist die Wasserdichtigkeit des Transluzenten Polyurethans, vor allem in dem Bereich, in dem Polyurethan und PMMA-Fasern aufeinander treffen.

Beleuchtungsanlagen

Als Beleuchtungsanlagen wird hier die Gruppe der Einzelleuchten betrachtet. Vor allem der Bereich der Lichtobjekte. Im Rahmen der Entwicklung einer Matrix für diesen Anwendungsbereich wurden als limitierende Faktoren nur die Brennbarkeit der Materialien und die UV-Beständigkeit festgelegt.

Es wurden keine weiteren Aussagen zu Materialeignung und Vergleichsbaustoffen vorgenommen. Die Lichtobjekte fallen wesentlich in den Bereich der Designobjekte und die dafür verwendeten Materialien sollten dementsprechend in den Projekten beschrieben werden.

Die Lichtausbeute von Leuchtkörpern aus Transluzenten Polyurethanen bleibt zu überprüfen. Es ist dabei zu klären, ob die PMMA-Fasern zu einer tatsächlichen Beleuchtung des Raumes führen oder ob vielmehr nur der Eindruck eines aus sich heraus leuchtenden Körpers erzeugt wird.

Aussenanlagen

In der Gruppe der Aussenanlagen sind alle Einbauten im Aussenraum zusammengefasst. Der Anwendungsbereich bezieht sich vor allem auf den öffentlichen Raum. Deswegen werden an die Bauteile neben der Witterungsbeständigkeit vor allem Ansprüche an Dauerhaftigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Beschädigung gestellt. Das bedeutet, dass die Baustoffe zwar widerstandsfähig gegen äussere einwirkende Kräfte sein müssen, jedoch auch im Falle von Zerstörung keine Gefahr von ihnen ausgehen darf wie beispielsweise scharfkantige Bruchstellen und andere Verletzungsquellen. Das Bruchverhalten ist dafür ein Indikator.

Die wesentlichen Kennwerte für die speziellen Anwendungen werden durch Überlagerungen mit anderen Matrizen ermittelt. So entspricht das Profil eines Bodenbelags im öffentlichen Aussenraum dem eines gewöhnlichen Bodenbelags unter Berücksichtigung der Kriterien für Aussenanlagen.

Möbiliar, Inneneinrichtung

Möbiliar und Inneneinrichtungen sind in den Bereich der Designobjekte einzuordnen. Als Grundlage für die Verwendung eines Materials für Möbelstücke wurde die Annahme aufgenommen, dass ein Möbel ein transportables Einrichtungstück ist. Das Gesamtgewicht des Objekts darf also nicht so hoch sein, dass es als ein festes Einbauteil zu betrachten wäre. Alle anderen Kriterien waren für den konkreten Fall und in Überlagerung mit anderen Bauteil-Matrizen zu entwickeln. Der Einsatz von Transluzenten Polyurethanen im Designobjekt-Bereich scheint vielversprechend, da es sich um ein Material mit hohem ästhetischem Reiz handelt. Individuell einstellbare Materialeigenschaften des Materials erhöhen die Bandbreite der Möglichkeiten an innovativen Produktentwicklungen.

04.2.1. Miniprojekte Architektur

In TU-internen Workshops wurden die durch DIN 276 indentifizierten Bauteile, die sich für den Einsatz von Transluzentem Polyurethan eignen, diskutiert. Es wurden diejenigen Bauteile für die Miniprojekte vorgeschlagen, die aus unterschiedlichen Gründen interessante Aspekte des Transluzenten Polyurethan thematisieren. Die Bandbreite erstreckte sich schliesslich von weit gefassten Aufgabenstellungen bis hin zu hochbelasteten Bauteilen, die sehr konkreten Anforderungen entsprechen müssen. Die Bauteile wurden in Form von so genannten Miniprojekten bis zu einer Produktidee weiterentwickelt. Die Ergebnisse der Miniprojekte wurden anschliessend mit Hilfe der Instrumentarien aus dem ersten Bereich „Bottom Up“ geprüft.

Miniprojekte Übersicht

S.26	P(o)ur Structure Benjamin Trautmann
S.28	Stand on me... Jana Heidacker
S.30	Je t'allume Felix Forthmajjer/Thomas Werner
S.32	WegWeisend Markus Raupach
S.34	WalkUpDownLight Eva Zellmann
S.36	Easy Living Mathias Bender
S.38	Türen Martin Schwörer
S.40	Dachflächenfenster Nedko Nedev
S.42	Nicht tragende Innenwand Alexander Scholtysek
S.44	Tragende Aussenwand Jörn Rabach
S.46	Transsulator Annika Kingl/Bjoern Schmidt

04.2.2. Protokolle Workshop I

04.2.3. Ergebnisse Workshop I

P(o)ur Structure

ein Sonnenschutz aus transluzentem Polyurethan



Aufgrund seiner guten wärme- und schallschutztechnischen Fähigkeiten eignet sich das Transluzente Polyurethan hervorragend für die Konstruktion von Wand- bzw. Fassadenelementen. Das Wandmodul lässt erahnen, was sich hinter der Wand befindet und kann überall dort eingesetzt werden, wo Transluzenz erwünscht ist, Transparenz aber vermieden werden soll. Diese Möglichkeit erhöht die Attraktivität, Transluzentes Polyurethan als Baumaterial einzusetzen. Zwei Schichten des Transluzenten Polyurethans

werden so übereinander verschoben, dass sie je nach Position einen unterschiedlichen Grad an Lichtdurchlässigkeit erzeugen. So kann der Nutzer je nach Behaglichkeitsempfinden oder Nutzung die Lichtstimmung bzw. die Lichthelligkeit im Raum beeinflussen. Das Element übernimmt dabei die Funktion eines Sonnen- und eines Sichtschutzes. Der Nutzer kann sich neben verschiedenen Helligkeitsabstufungen auch für wechselnde Motive entscheiden.

(Text des Autors)

Konstruktion

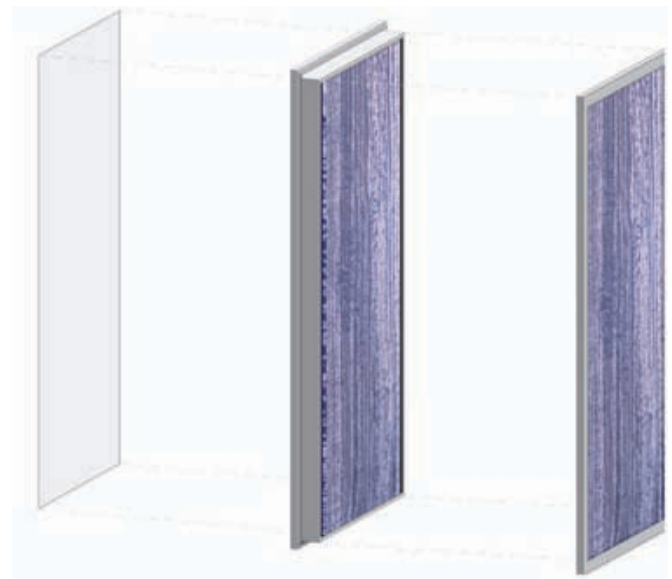
Das Fassadenelement ist so konstruiert, dass es leicht als Fenster in eine Pfosten-Riegel-Konstruktion eingesetzt werden kann.

Eine ETFE-Folie schützt das Element vor Witterungseinflüssen bei einer hohen Licht- und UV-Durchlässigkeit.

Das Transluzente Polyurethan wird in den Rahmen aus Aluminium geklemmt, so können nachträglich keine Risse entstehen. Die unterschiedlichen Wärmeausdehnungen werden mittels Gummieinlager aufgenommen. Der Bereich zwischen den beiden Elementen sollte, um Lichtverluste zu vermeiden, möglichst klein gehalten werden.

Die Konstruktion ist so ausgeführt, dass das innenliegende Element leicht ausgetauscht werden kann. So kann durch die Transluzenz der PMMA-Anteile tagsüber der Innenraum von den Motiven der Elemente bespielt werden, nachts wirken bei leuchtendem Innenraum die Motive nach aussen. Somit eignet sich das Element aus Transluzentem Polyurethan auch als wirksame Werbefläche.

(Text des Autors)



ETFE Folie

Fassadenelement

Regler

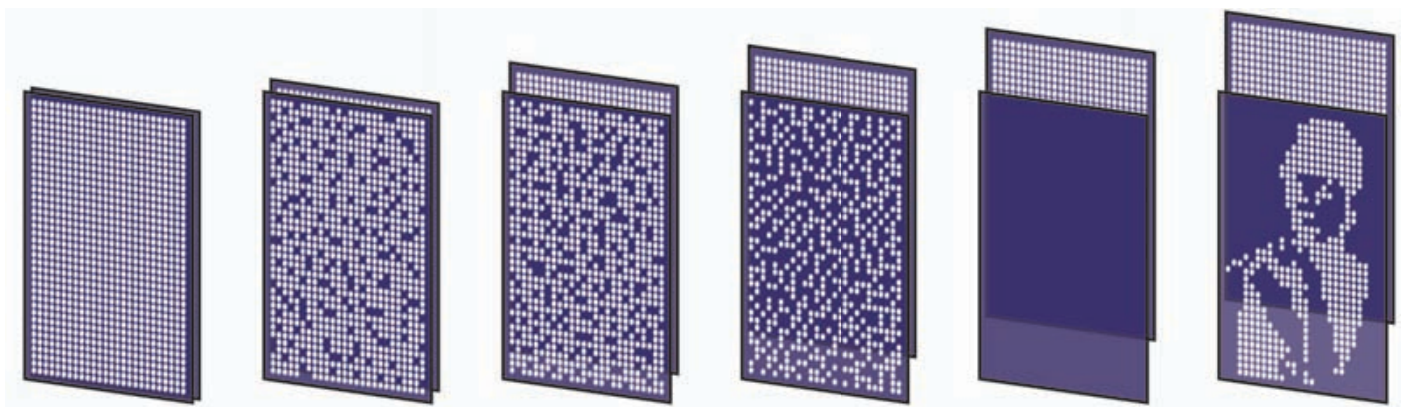
Isometrie

Horizontalschnitt Fassade



- 1 ETFE Folie
- 2 160 mm Transluzentes Polyurethan
- 3 15 mm Transluzentes Polyurethan
- 4 Gummieinlage als Abdichtung
- 5 Aluminiumrahmen
- 6 Regler für Lichteinstellung
- 7 Fensterprofil Aluminium
- 8 Pfosten-Riegel-Konstruktion
- 8 Klemmprofil

1 2 3 4 5 6 7 8 9



Heligkeitsabstufungen und Effekte

Stand on Me...

Leuchtboden im Aussenbereich



Leuchtböden im Aussenraum bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Dunkle Ecken, unübersichtliche Plätze und unsichere Wegeführungen können durch ihren Einsatz erleuchtet und strukturiert werden.

Als Fallboden auf Spiel- und Sportplätzen, Parkwegen oder Markierungen im Strassenverkehr erhält das flexible und energieautarke System einen Einsatzbereich. Ein einzelnes Leuchtbodenelement besteht aus einer Transluzenten Polyurethan-Platte. Dabei ist der Leuchtkörper, bestehend aus einem solaren Lichtspeichersystem und LED-Dioden, als eigenständiges Element an die PU-Platte angehängt. Das ermöglicht

einen einfachen Austausch zu Wartungszwecken und einen flexiblen Umgang mit unterschiedlichen PU-Platten, die je nach Anforderung in Stärke, Härtegrad, Farbe oder Haptik variierend produziert werden können. Die Glasfaserstränge im Inneren der PU-Platte sind dabei so ausgerichtet, dass tagsüber Sonnenlicht zu dem solaren Energiespeicher geleitet wird und nachts in umgekehrter Weise das Licht der LED-Dioden durch sie nach aussen strahlt.

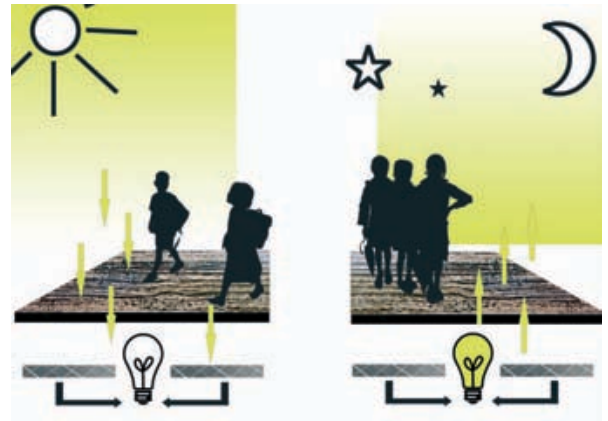
Licht durchläuft die PMMA-Fasern des Transluzenten Polyurethans in beide Richtungen.

Tag

Das Sonnenlicht trifft auf den PU-Boden und wird durch die PMMA-Fasern ins Innere des Bodenaufbaus geleitet. Solarkollektoren speichern dort die ankommende Lichtenergie.

Nacht

Nachts versorgt die gesammelte Solarenergie LEDs, deren Licht durch die PMMA-Fasern an die Oberfläche geleitet wird und den Boden zum Leuchten bringt.



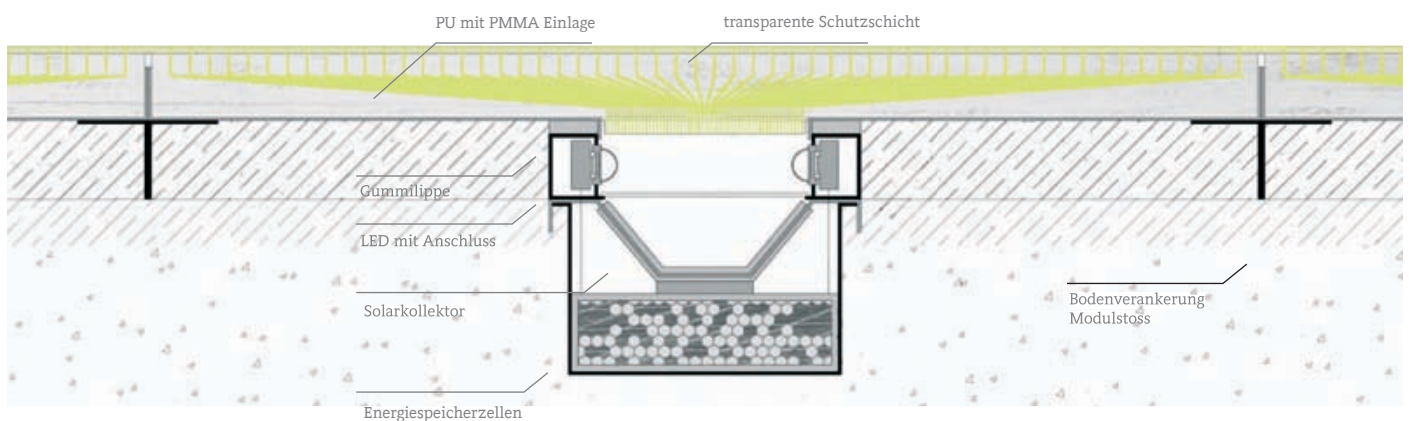
Fügungsprinzip

Im Verbund verlegte Platten werden mit Steckverbindungen fixiert und am Rand verklebt. Da jede Bodenplatte autark funktioniert, können die Bodenelemente neben der Verbundvariante auch einzeln oder mit Fugen verlegt werden.

Montageprinzip

Die lineare Leuchteinheit sitzt unterhalb der PU Bodenplatte im Boden. Die Bodenplatte aus Transluzentem Polyurethan wird mit einer Gummilippe dicht mit den Leuchtkörpern verbunden, damit diese vor Witterung geschützt sind.

(Texte des Autors)



Schnitt durch den Boden

Je t'allume

ein illuminiertes Stadtmöbel aus Transluzentem Polyurethan



Die Nacht schluckt die Stadt, wo bei Tag noch ein Weg war, steht man des Nachts vor der schwarzen Wand der Dunkelheit. Das Wegenetz wird enger. Doch der Poller steht noch im entlegensten Winkel. Am Straßenrand, am Fahrradweg, an der Parkwiese und entlang der Promenade... Warum nicht illuminiert? Könnte der Poller leuchten, erschiene die Stadt in einem schimmernden Lichternetz im Dunkel der Nacht. Als Zeichen am Weg, als unübersehbarer Hinweis beim späten Einparken, als behaglicher Wegbegleiter im nächtlichen Zwielficht.

Der Entwurf ist ein Poller aus Transluzentem Polyurethan, der die Lichtleitfähigkeit der Glasfasern für seine nächtliche Erscheinung und die Materialvariabilität für seine haptischen Eigenschaften nutzt. Ein solares Speichersystem nimmt tagsüber mittels der Glasfasern die Lichtenergie auf und gibt sie nachts auf gleichem Wege mittels LED-Dioden ab. Der Kegel wird nach oben hin weicher und soll zum kurzen Verweilen einladen können. An der glatten Oberfläche geben die Glasfasern jedem Kegel ein eigenes signifikantes Muster, das nachts den Poller in einen Lichtspender verwandelt.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Funktion

Der Poller besteht aus drei wesentlichen Teilen:

1. dem Kegel aus Transluzentem Polyurethan mit zwei verschiedenen Härtegraden und ausgerichteten Glasfaserbündeln,
2. der Leuchteinheit aus einem kompaktem Bausatz beinhaltend LED-Leuchtdioden, eine Solarzellenplatte und eine Speichereinheit, der im Inneren des Kegels untergebracht ist und
3. der Bodenverankerung mit der bewährten 3p-Technologie (Firma ABES), welches den Poller reversibel im Boden befestigt.

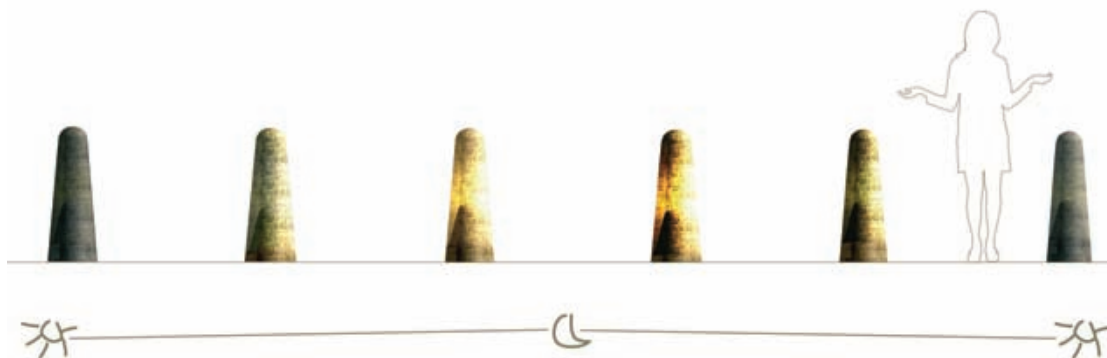
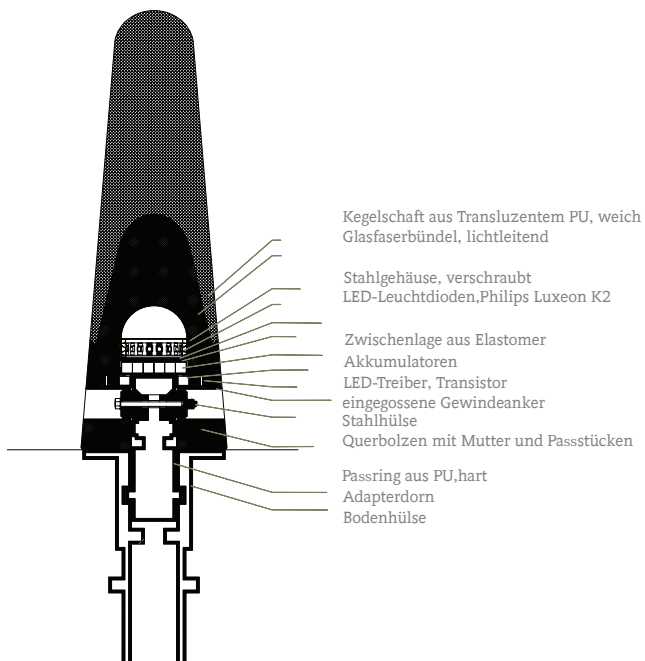
Flexibilität



Speichern



Emittieren



Felix Forthmeier
Thomas Werner

UdK Berlin
UdK Berlin

WegWeisend

ein leuchtendes Leitsystem aus Transluzentem Pulyurethan



Der Autor schlägt ein Leitsystem aus Transluzentem Polyurethan vor. Informationen können so dezent, aber wirkungsvoll vermittelt werden. Hinter den Tafeln aus Transluzentem Polyurethan verbirgt sich eine Lichtquelle. Es sind zwei Varianten denkbar: Die Information kann direkt durch die Struktur der Fasern dargestellt werden. Alternativ kann ein neutraler Träger

aus Transluzentem Polyurethan hinterleuchtet werden, vor oder hinter dem eine transparente Scheibe eingelegt wird, die die Information trägt und ausgetauscht werden kann. Auch ein Einsatz des Lichtleitsystems als Beschilderung in Büros ist denkbar, da bei sich ändernden Informationsinhalten einfach die Informationsscheibe ausgetauscht werden kann.

Das Transluzente Polyurethan wird als Diffusor vor einer dahinter liegenden Lichtquelle installiert. Nur von Punkthaltern getragen, tritt das Material so in klarer Quaderform in den Vordergrund, die Informationen zeichnen sich auf der Oberfläche ab.

Ausserdem besteht die Möglichkeit, durch unterschiedliche Einfärbungen des Polyurethans einzelne Gebäudebereiche oder Funktionen zusammenzufassen und zu ordnen.

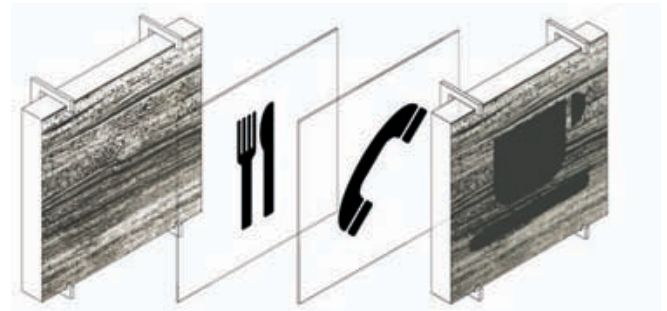
Variante I

Bei Variante I werden bedruckte PMMA-Scheiben hinter den transluzenten PU-Block geschoben - der Umriss des Aufdrucks zeichnet sich auf der Oberfläche ab. Der Vorteil ist, dass ein in Serie produzierter PU-Block verwendet werden kann und dennoch ein einfacher Informationswechsel möglich ist.

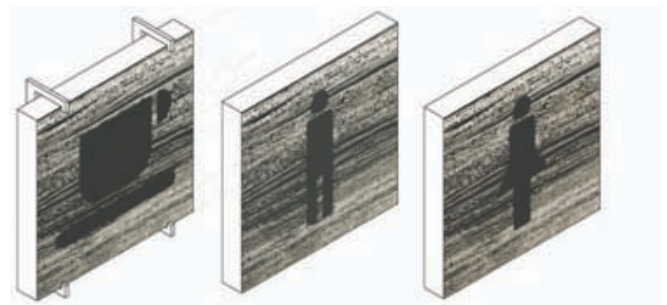
Variante II

Bei Variante II wird der transluzente PU-Block gewechselt, um die Information des Schildes zu ändern. Diese wird schon bei der Herstellung in den Block integriert.

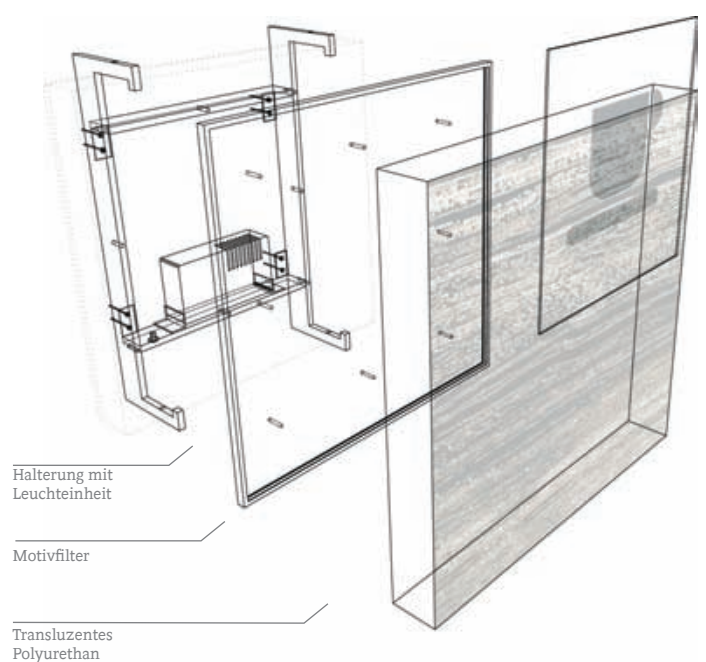
(Texte des Autors)



Beispiele Variante I



Beispiele Variante II



Explosionszeichnung Leitsystem



3d Modell Leitsystem

WalkDownUpLight

eine Treppe aus Transluzentem Polyurethan



Die Treppe wird als Fertigbauteil vorfabriziert. Einzelne Stufen bilden die Grundmodule, die vor Ort zusammengesetzt werden. Es werden zwei verschiedene Systeme vorgeschlagen: Eine lange vorgespannte Treppe mit einer Vorspannung aus Stahlseilen und eine kurze unbewehrte Treppe, die über die Verzahnung der Stufen statisch wirksam verbunden wird.

Der besondere Reiz der Treppe besteht darin, dass sie durch eine wechselnde Hinterleuchtung auf Bewegung von Personen auf der Treppe reagiert: Geht man die Treppe herunter, werden die Trittstufen illuminiert, bei einer Aufwärtsbewegung leuchten die Setzstufen auf. Dadurch wird auch die Verkehrssicherheit erhöht.

Funktion

Für beide Treppen gilt das Verhältnis von Steigung zu Auftritt 17.5/27. Durch zur Stufe längs liegende PMMA-Fasern kann eine Art Bewehrung erzielt werden, die Menge der PMMA-Fasern richtet sich nach der Stufenbreite. Die Fasern sind teils zur Trittstufe, teils zur Setzstufe orientiert. Die LEDs, die zur Illumination der Stufen dienen, können somit gezielt der Tritt- oder Setzstufe zugeschaltet werden und diese erleuchten.

Kleine Treppen

Eine kleine Treppe benötigt lediglich die PUR-Stufen und einen Anschlag oben und unten bei einer Stufenanzahl von maximal 10 Stufen und einer Stufenbreite von maximal 4m.

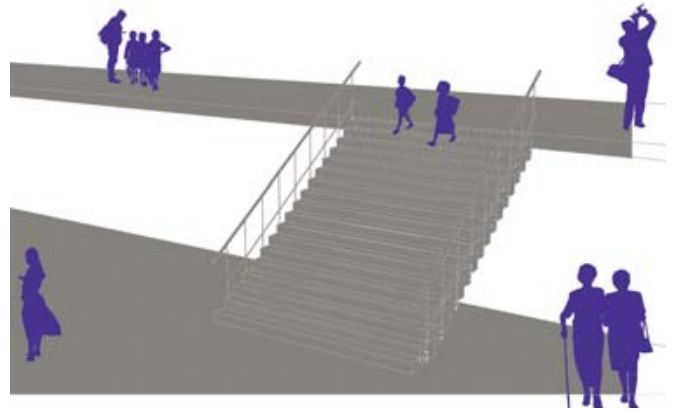


kleine Treppe

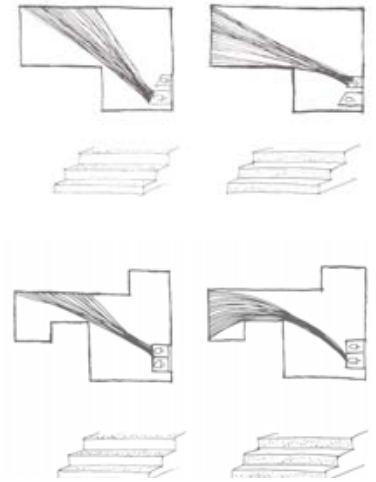
Grosse Treppen

Die grosse Treppe benötigt ausser PUR-Stufen Stahlseile zur Vorspannung und einen Anschlag oben und unten bei einer Stufenanzahl von maximal 18 und einer Stufenbreite von maximal 4m.

(Texte des Autors)



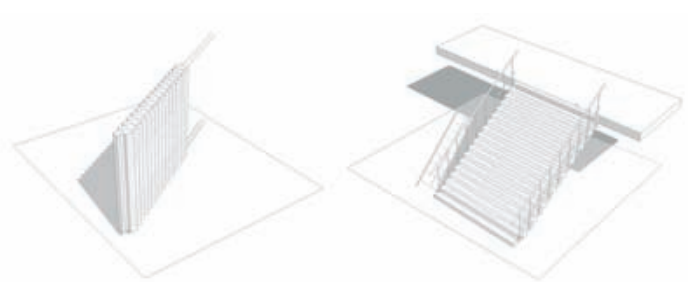
grosse Treppe



Fasereinlage



Montage



Easy Living

transluzente und individuelle Schiebetüren



Dem Autor wurde die Entwicklung einer Schranktür aufgetragen. Diese Entwicklung orientiert sich an dem verbreiteten Trend, Schranktüren von Möbelstücken individuell und transparent zu gestalten. Aus Milch- und Plexiglas werden solche Türen bei Kleiderschränken und Küchenwänden häufig nachgefragt. Das vorgeschlagene System erlaubt Farbigkeit der transluzenten

Tür durch verschieden farbige Hinterleuchtungen zu verändern.

In diesem Projekt wird der Fähigkeit des Transluzenten Polyurethans Rechnung getragen, in vielen unterschiedlichen Farbabstufungen und Oberflächengestaltungen hergestellt zu werden. Die Schiebetürsysteme sind Teil des gestalteten Lebensraumes.



Modell „Orange“



Modell „Frog Green“



Modell „Classic“



Modell „Hot Purple“



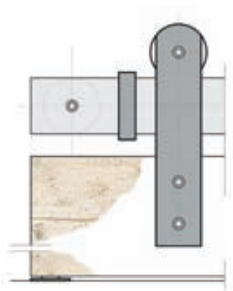
Modell „Deep Blue“



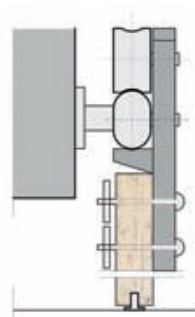
Modell „Chili Red“

Der Autor sieht in der individuellen farblichen Gestaltungsmöglichkeit eine gute Marktchance für das Produkt Schiebetür. Die Türblätter können als Plattenware in bestimmten Abmessungen vorgefertigt und nach einer Farbauswahl eingefärbt werden.

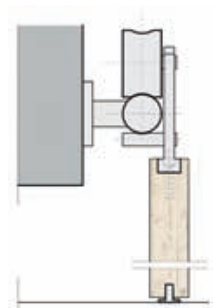
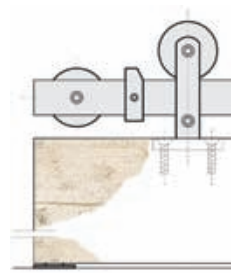
In Kombination mit der Auswahl von zwei Halterungsmöglichkeiten könnte so das Produkt für den Kunden zur Auswahl stehen und in einem Katalog umfassend präsentiert werden.



Detail Halterung Kunststoff



Detail Halterung Metall



Türen

flächenbündige Türen aus Transluzentem Polyurethan



Dem Autor wurde die Entwicklung einer Tür aus Transluzentem Polyurethan aufgetragen. Ansatzpunkt der Ausarbeitung ist der Versuch eine Flügeltür zu entwickeln, die ausschliesslich aus Polyurethan gefertigt ist. Dabei ist der Autor auf die individuellen Eigenschaften der verschiedenen Polyurethane eingegangen und hat konstruktive Detaillösungen erarbeitet. Das besondere an dieser Arbeit ist die ausschliessliche Verwendung

von Polyurethanen in konstruktiver und ästhetisch anspruchsvoller Ausführung.

Die Tür ist flächenbündig in die Wand eingelassen und kann als Tür in eine bestehende Wand eingesetzt werden. Die besondere Wirkung der transluzenten flächenbündigen Tür kommt beim Einbau in eine Wand aus Transluzentem Polyurethan voll zur Geltung.

Optik

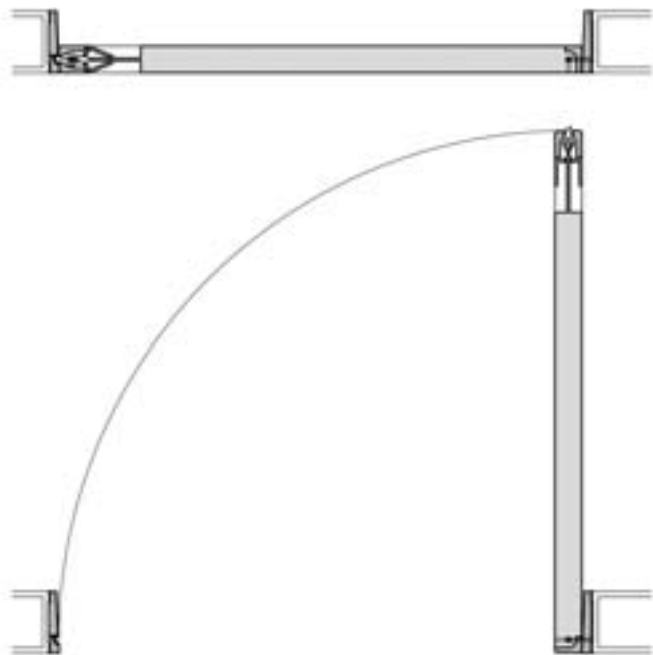
Die optische Gestaltung der Tür sollte eine Individualisierung bieten, die ähnlich der Maserung von Holz eine differenzierte Wahrnehmung der Türen ermöglicht, ohne direkte Kennzeichnung zu beinhalten.

Haptik

Das Gewicht der Tür sollte ähnlich dem einer Massivholztür ca. 15 kg sein, um eine angenehme Handhabung zu gewährleisten. Die Oberfläche sollte robust ausgelegt sein und auch Punkt- und Stosslasten widerstehen. Splitter oder Fasereinlage sollten verschliffen werden und die Tür mit einer transparenten Folie oder Lackierung geschützt werden.

Beispiel

Eine raumabschliessende Flügeltür aus Transluzentem Polyurethan. Scharniere, Griffe und Anschläge sind aus verschiedenen Polyurethanen gefertigt.

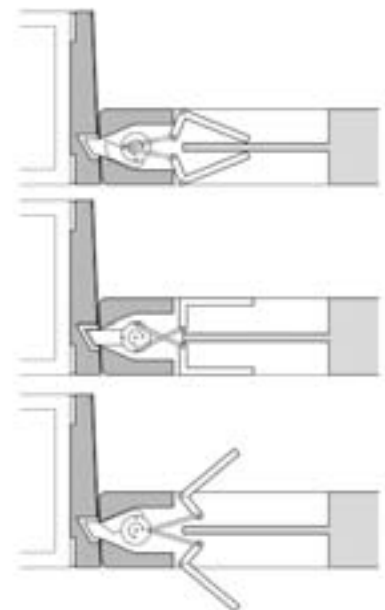


Horizontalschnitt



Ansicht

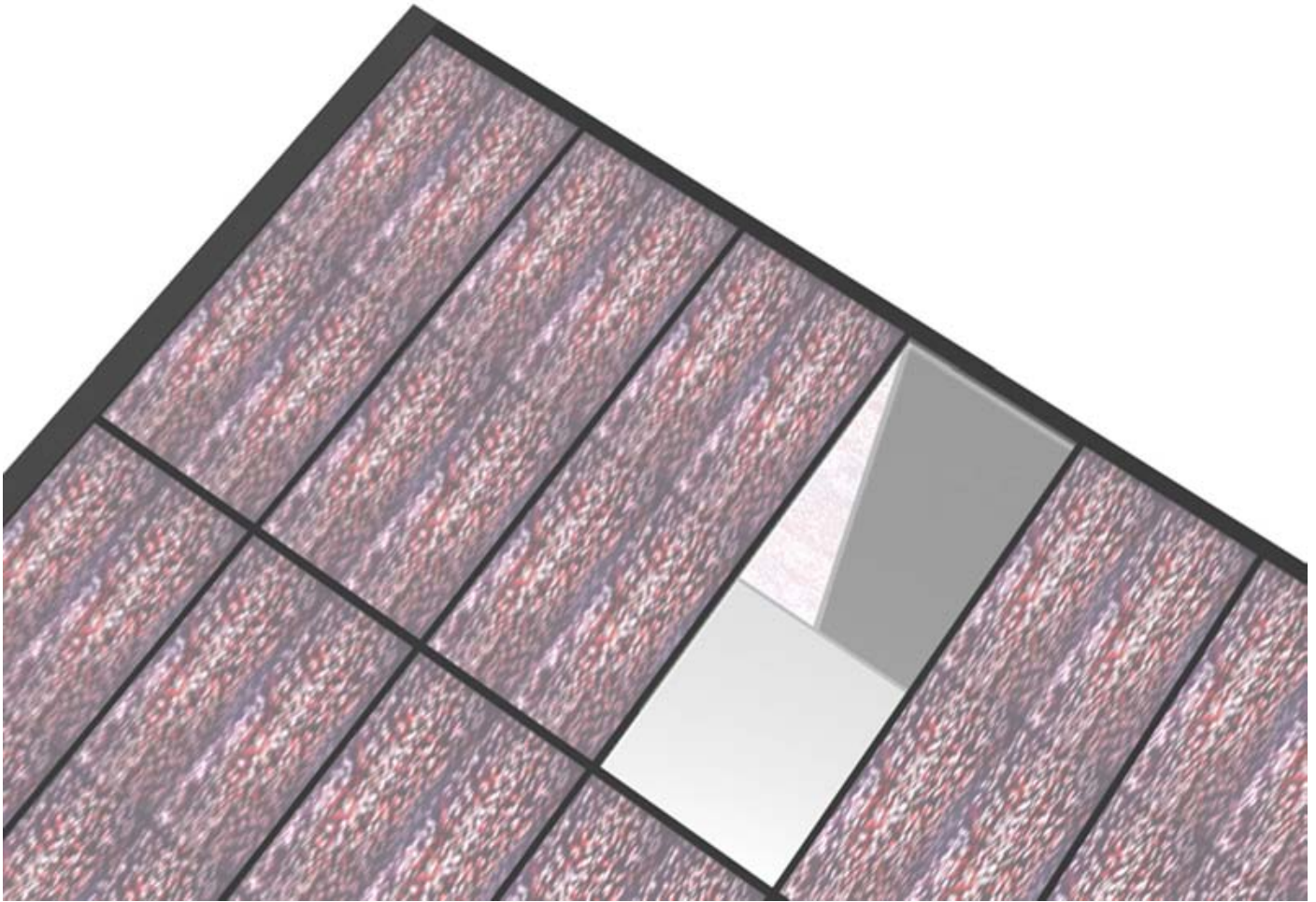
Die Türdrücker Garnitur und das Schliesssystem sind in einem Klappsystem konzipiert und fügt sich flächenbündig in die Oberfläche der Tür ein.



Schliessmechanismus

Dachflächenfenster

transluzente wärmedämmende Dachflächelemente



Die Entwicklung der Dachflächenfenster wird durch die Komplexität der Anforderungen erschwert: ein Dachflächenfenster muss wasser- und witterungsbeständig sein. Eine hohe Wärmedämmwirkung ist besonders für Dachflächenfenster eine wichtige Anforderung. Ein grundsätzlicher Widerspruch besteht darin, dass ein Oberlicht dem Lichteintrag dient und eine Schwächung des Dachaufbaus in Hinblick auf Wärmedämmung und Dichtigkeit darstellt.

Beim Einsatz von Transluzentem Polyurethan ist der Lichteintrag verringert, weswegen die Öffnung im Vergleich zu Glasoberlichter grösser sein muss. Der Einsatz ist deswegen allein in einer höheren ästhetischen Qualität des Transluzentem Polyurethans zu begründen. Aufgrund der mangelnden UV-Beständigkeit schien ein Einsatz als Dachelement oder Oberlicht derzeit nicht praktikabel.

Rohmaterial

Das Transluzente Polyurethan weist als Rohmaterial sowohl positive als auch negative bauphysikalische Eigenschaften auf, die den Einsatz des Materials als Dachflächenfenster beeinflussen.

Das Material weist wärmedämmende Eigenschaften auf, dennoch ist das Material lichtdurchlässig. Weitere Stoffeigenschaften sind Sprödigkeit und Witterungsempfindlichkeit.

Verarbeitung

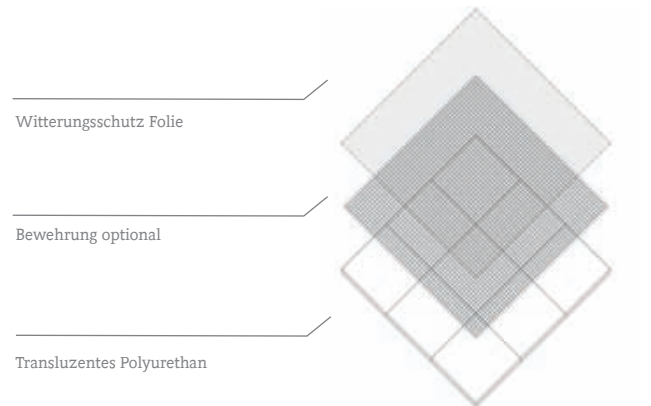
Um die Belastbarkeit des Rohmaterials zu erhöhen wurde ein modularer Schichtaufbau mit einem Anteil von Transluzentem Polyurethan entwickelt. Das Polyurethan liegt an der Gebäudeinnenseite und kann durch ein Bewehrungsgitter statisch unterstützt werden, somit könnten neben Plattenware aus PUR hart auch Schäume zum Einsatz kommen.

An der Aussenseite wird der Verbund durch eine Schutzfolie gegen Witterungseinflüsse geschützt.

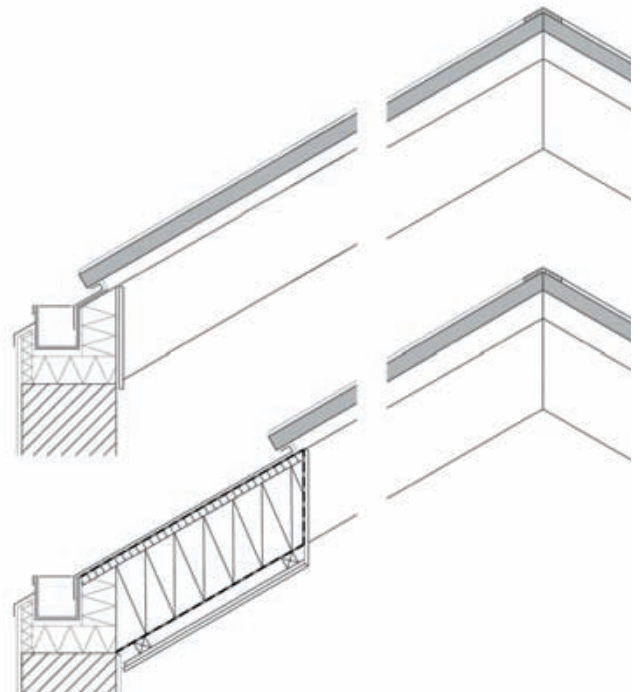
Einbau

Das modulare System ermöglicht einen Einbau in verschiedenen Abmessungen. Durch die Vorfertigung der Verbundplatten wird ein schneller Einbau gewährleistet. Die Dachflächenelemente können auch nachträglich in ein bestehendes Dach oder Dachfenster eingefügt werden.

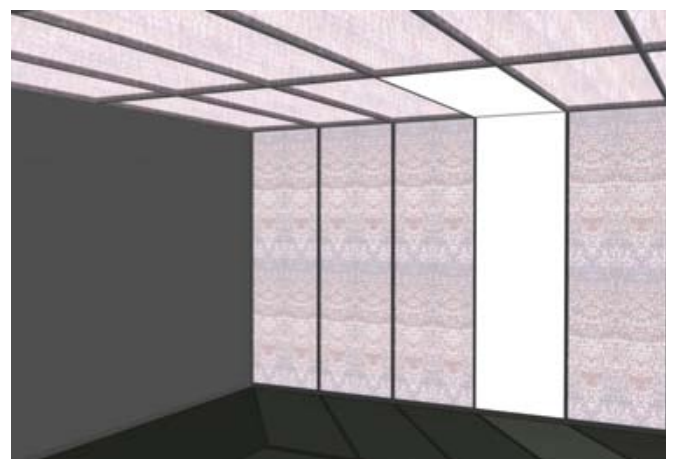
(Texte des Autors)



Schichtweiser Aufbau



Vertikalschnitt

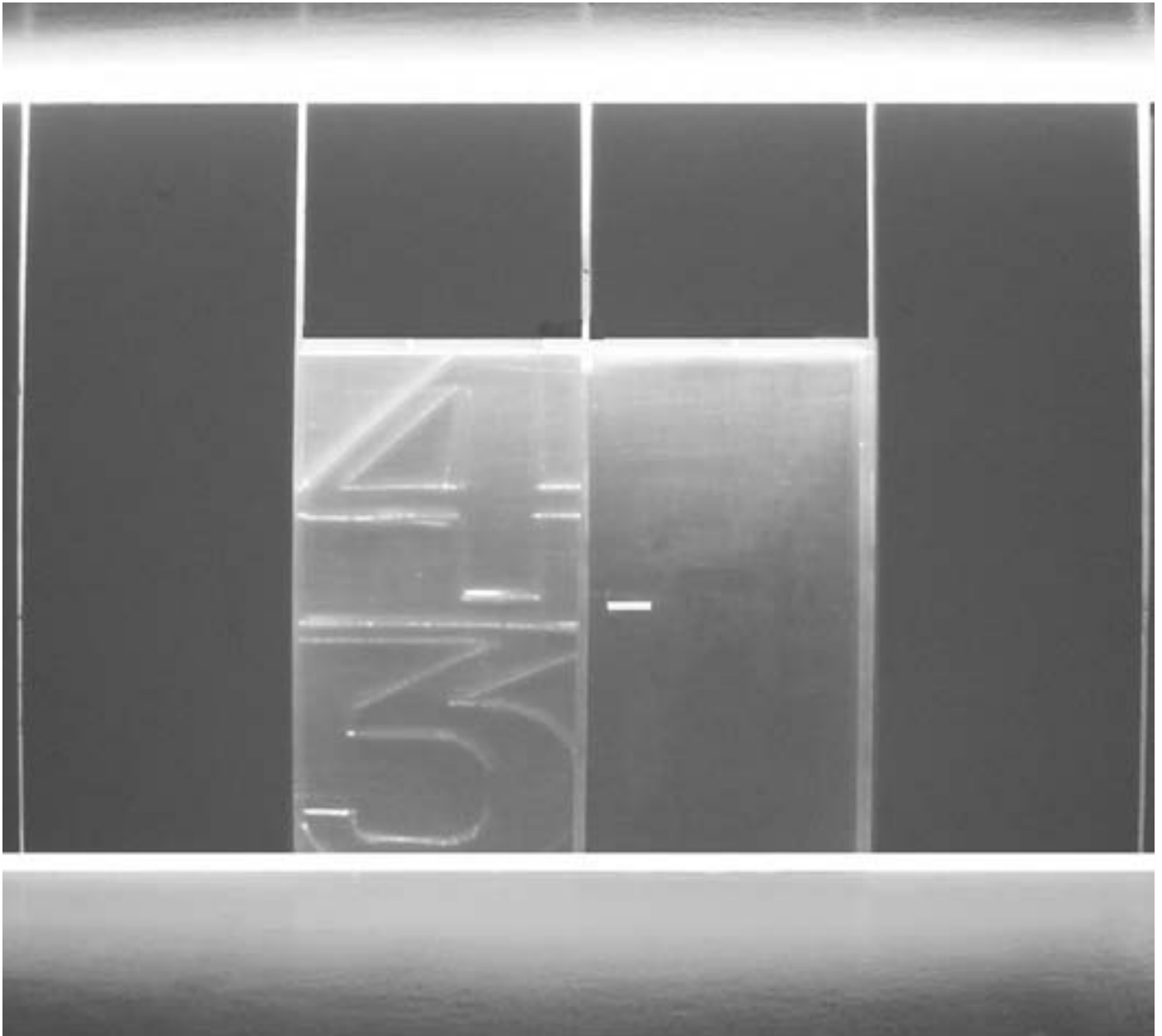


Nedko Nedev

TU Darmstadt

Nicht tragende Innenwand

Innenwand mit Lichtleitsystem



Die Leitidee der nicht tragenden Innenwand ist, das Tageslicht durch ein modulares Wandsystem zu leiten und somit innen liegende Räume zu belichten. Das eingefangene Licht kann als gestalterisches Element individuell den Raum atmosphärisch gestalten. Da das System modular konzipiert wurde, kann es beliebig zusammen gesetzt werden, darüber hinaus sind verschiedene Einsatzmöglichkeiten denkbar. Im Bereich öffentlicher Gebäude oder auch in Wohnungsanlagen können innen liegende Flure tagsüber

natürlich belichtet werden, ebenso im Bereich von Läden und Geschäftshäusern.

Ein besonderer Reiz an diesem System liegt in der umgekehrten Wirkung bei Nacht.

Angebrachte Leuchtmittel, Aussenbeleuchtung oder auch Werbetafeln und Schilder können nachts bei einem Umschalten des Systems von innen beleuchtet werden. Der Autor sieht in dieser Entwicklung besonders eine Chance in der Gestaltung von Geschäftshausfassaden.

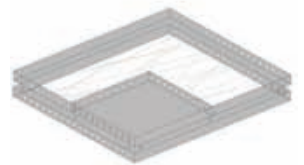
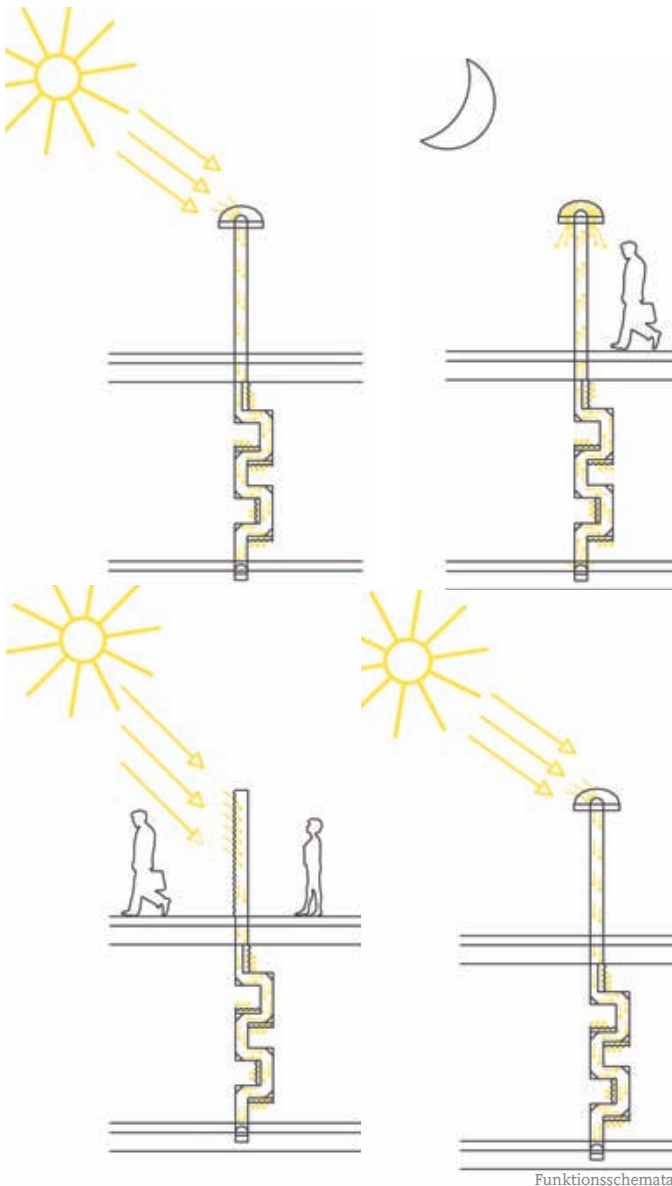
Funktion

Das Sonnenlicht wird über ein Lichtlenkelement in der Fassade oder auf dem Dach in einem Prisma gebündelt und über PMMA Stränge in die modulare Wand geleitet.

Das Licht tritt an gewünschten Stellen in gewünschter Form aus, überall dort, wo die PMMA-Stränge an die Oberfläche treten, wird Licht frei gesetzt.

Bei Einbruch der Nacht kann das System umgekehrt funktionieren, dann werden aussen liegende Leuchtmittel illuminiert. In einem schichtweisen Herstellungsverfahren werden die einzelnen Module mit genauen Positionsangaben gefertigt.

(Texte des Autors)



schichtweiser Aufbau der Moduplatten

Tragende Aussenwand

Transluzente Aussenwand



Das Bauteil besteht aus modularisierten Bausteinen, die aus dem leicht aufgeschäumten PUR-Giesselastomer als zentrales tragendes Element hergestellt werden. Aussen liegt eine VSG-Scheibe, welche mit einer UV-filternden Folie innenseitig beklebt ist. Sie schützt das Bauteil vor witterungsbedingten wie auch mechanischen Einflüssen.

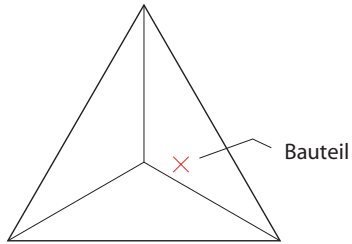
Zwischen der Glasscheibe und dem Polyurethan befindet sich eine lichtsteuernde Transluzente Wärmedämmung, die in Form von Glasgespinst für eine stehende Luftschicht sorgt und somit zu einem guten U-Wert

beiträgt und gleichzeitig die Helligkeit zu dem Transluzenten Polyurethan weiterleitet. Innen wird das Bauteil von einer PVC-Bahn abgeschlossen, welche die Winddichtigkeit garantiert.

Diese kann, wie das Glas auch, verschiedenartig gestaltet werden.

Bei der Herstellung müssen die Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen an Tragfähigkeit, Transparenz und Wärmeleitfähigkeit berücksichtigt werden, das Stärken einer Anforderung zieht immer die Schwächung einer anderen Anforderung nach sich.

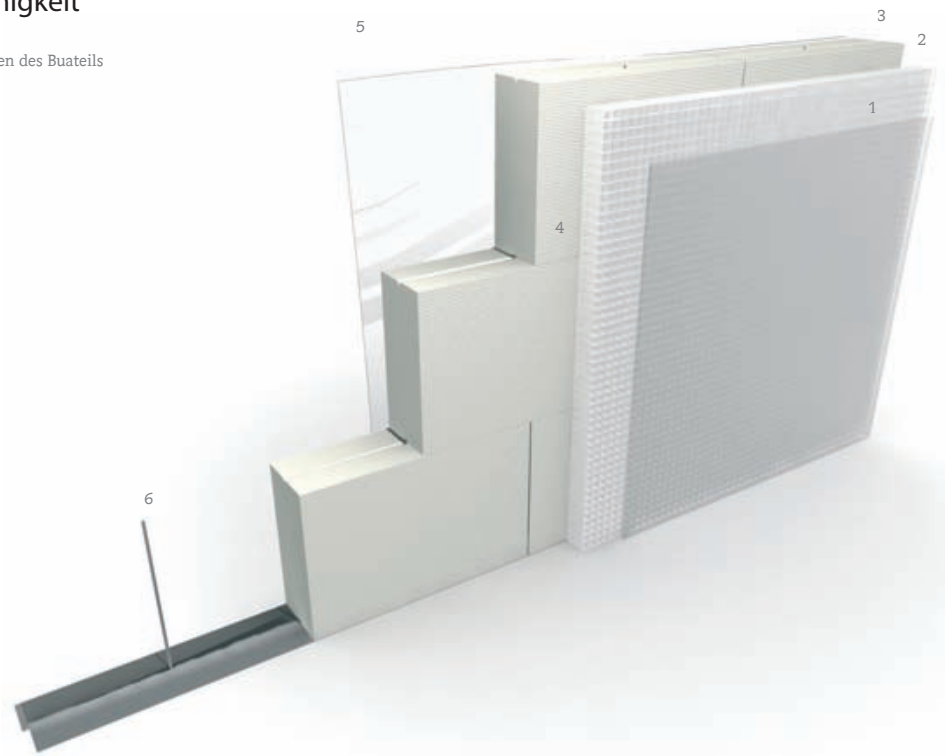
Transparenz



Tragfähigkeit

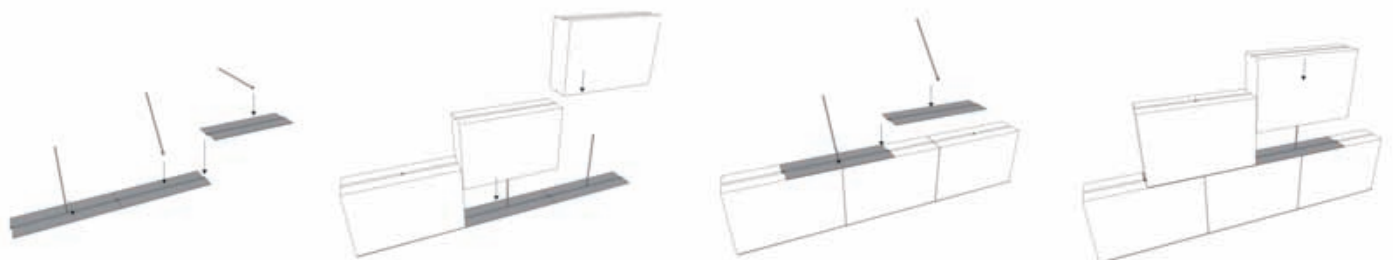
Wärmeleitfähigkeit

Graphik: Abhängigkeiten von Anforderungen und Möglichkeiten des Bauteils



- 1 VSG 2x 8mm
- 2 Transluzente Wärmedämmung 100mm
- 3 PUR hart 890/240/590 mm
- 4 PUR- Weichschaumstoffuge
- 5 PVC Bahn 1mm
- 6 Unterkonstruktion

Funktionsschema



Montage

Transssulator

Translucid Insulation



Die Kombination aus Fassaden- bzw. Innenwandlösung reagiert auf das menschliche Behaglichkeitsempfinden in Hinblick auf ein angenehmes Klima und natürliche Belichtung, indem es sich auf verschiedene klimatische Rahmenbedingungen einstellen lässt. Licht- und Gestaltungsmöglichkeiten bleiben erhalten. Zusätzlich kann das Modul mit dem ‚transstoror‘ ertüchtigt werden und bekommt so durch mikrover-

kapseltes PCM Speicherpotential. So vereint der Entwurf gegensätzliche Materialeigenschaften wie Transluzenz, Dämmung, Speicherfähigkeit und Leichtigkeit und kombiniert diese zu Synergieeffekten.

Aus jeweils einem transluzenten, sowie einem transparenten Fassadenmodul können differenzierte Ansichten entwickelt werden, die sich sowohl für Altbauusanierung, als auch für Neubauprojekte eignen.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Transsulator

Im Winter dämmt das Modul 'transsulator' mit einem U-Wert von $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ effizient mittels stehender Luftschicht und Transluzenten Polyurethan, während es Tageslicht in den Innenraum führt und Fassadenbereiche für Möblierungen und dergleichen möglich macht.

Im Sommer schiebt sich die vordere Verglasung nach vorne, so dass eine Hinterlüftung der Fassade entsteht.

Transstorer

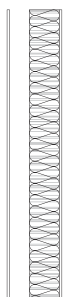
Translucid Storage

Eine Kombination des Transluzenten Polyurethans mit einem Phase Change Material (PCM) führt zu Elementen, die lichtdurchlässig sind und durch das Speichervermögen des eingelagerten PCM die Spitzentemperaturen des Tages abdämpfen. Hierbei wird das PCM als Dispersion in den Hartschaum eingelassen.

Dieses Wandelement ist besonders für Leichtbauten geeignet.

Hybridelement

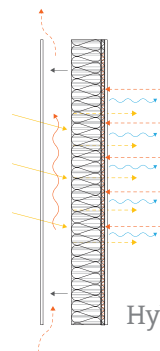
Die Verbindung der Module 'Transsulator' und 'Transstorer' bildet einen Synergieeffekt. Tageslicht gelangt ins Gebäude, wobei die Wärme im Innenraum bleibt und zusätzlich Speichermasse aktiviert wird.



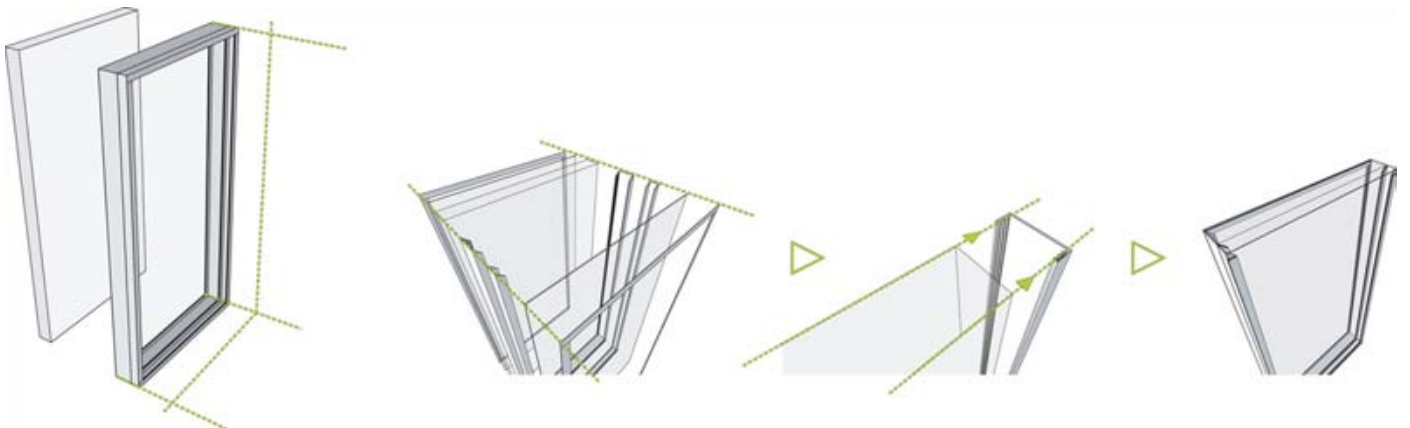
Transsulator



Transstorer



Hybridelement



Annika Kingl
Bjoern Schmidt

TU Darmstadt
TU Darmstadt

04.2.2 Protokolle Workshop I

Das Transluzente Polyurethan wurde seitens der BASF AG ursprünglich entwickelt, um der Nachfrage nach einer transluzenten Wärmedämmung seitens der Architekten und Planer zu begegnen. Die Verwendung von Polyurethan im Aussenbereich unterliegt allerdings einer deutlichen Einschränkung im Hinblick auf die UV-Stabilität des Polyurethans. Die Polyurethane werden durch die natürliche UV-Einstrahlung zersetzt und in ihrer Molekularstruktur zerstört. Deswegen wurden die Vorschläge zum Einsatz des Transluzenten Polyurethans im Aussenbereich überwiegend als unrealistisch bewertet, weil die Frage nach der UV-Stabilisierung nicht ausreichend beantwortet werden konnte. Seitens der Chemiker wurde darauf hingewiesen, dass eine Herstellung von Aussenbauteilen mit aliphatischen Polyurethanen denkbar ist, dass die Herstellungskosten für die aliphatischen Systeme allerdings die Kosten für konventionelle Polyurethane um das drei- bis vierfache übersteigen, weswegen eine Massenfertigung von Bauteilen aus solchen UV-beständigen Polyurethanen vermutlich nicht tragfähig sein dürfte. Aus diesem ungelösten Grundkonflikt heraus wurden alle Entwicklungen, die auf Bauteile abzielen, die im Aussenbereich oder unter besonderer UV-Bestrahlung eingesetzt werden sollen, zunächst zurück gestellt.

Aus den Miniprojekten, die erste Skizzen für Projektideen darstellen und sich aus der Bauteilmatrix und der systematischen Analyse der Bauteile nach DIN 276 ableiteten, wurden im Rahmen des Workshops einige Ideen ausgewählt und weiter bearbeitet, die zur Entwicklung von marktfähigen Bauteilen oder Grundstoffen angetan waren. Aus den insgesamt elf vorgestellten Miniprojekten wurde durch die Teilnehmer des Workshops eine Anzahl von fünf Miniprojekten ausgewählt, die als besonders vielversprechend im Hinblick auf die Marktchancen und Möglichkeiten in der Herstellung erschienen.

- 01.** Die tragenden Aussenwände, die von dem Autor des Miniprojektes als Aussenwand gedacht war, die jedoch im Rahmen des Workshops im Sinne einer innen liegenden modularen Trenn- oder Möbelwand untersucht werden sollte.
- 02.** Eine Schranktür, die aus einem flächigen Material bestehen sollte
- 03.** Die Türsysteme, die aus zwei unterschiedlichen Polyurethanen hergestellt und aus einer festen Füllung oder Platte bestehen, die mit einer umlaufenden weichen Dichtungslippe ausgestattet sind.
- 04.** Die Vorhangfassade, die innerhalb einer standardisierten Pfosten-Riegel-Fassade, ähnlich der Anwendung der bereits am Markt platzierten transluzenten Wärmedämmung, zur Anwendung kommen sollte.

01. PU- Baustein

Basierend auf einem Vorschlag für eine tragende Aussenwand, die in erster Linie aufgrund der oben beschriebenen UV-Stabilisierungsproblematik in zweiter Linie wegen der äusserst problematischen Längendehnung des Polyurethans unter Temperaturwechseln als unrealistisch bewertet wurde, wurde im Workshop ein System angedacht, das zur Herstellung von Innenbauteilen, insbesondere Trennwänden und untergeordneten Bauteilen, wie Tresen oder Raumteilern, herangezogen werden kann. Diese Bauelemente können verglichen werden mit den bereits am Markt verfügbaren Glasbausteinen, die einen ähnlichen Markt bedienen und sich zu verschiedenen Zeiten in den letzten 50 Jahren aufgrund ihrer attraktiven optischen Eigenschaften grosser Beliebtheit erfreut haben.

Diese Glasbausteine eignen sich insbesondere zum Einsatz in den Bereichen, in denen

eine direkte Blickbeziehung aufgrund von den Nutzungsanforderungen unerwünscht ist, jedoch eine Lichtleitung die Raumqualität deutlich verbessert. Insbesondere sind hier zu erwähnen die Trennwände zwischen Bürozonen und Fluren, die in den häufig verwendeten Grundrissvarianten von Mittelflur-Büros selten eine ausreichende Belichtung der Flure gewährleisten. Hier könnte der Einsatz von Trennwänden aus Transluzentem Polyurethan dazu führen, dass die Flure immer noch ausreichend mit natürlichem Licht versorgt werden können, ohne dass eine störende Beeinflussung zwischen den unruhigen Bewegungsräumen des Korridors und den ruhigen Arbeitsbereichen der Büros entsteht.

02. Plattenware

Der zweite Ansatz, der in dem Workshop genauer untersucht wurde, war die Entwicklung von Plattenware als Grundstoff für eine Vielzahl anderer Anwendungen. Das grosse Potential dieses Produkts liegt in den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. Platten können sowohl als Material zur Herstellung von komplexen vorgefertigten Systemen dienen, wie auch direkt vor Ort eingebaut werden. Das Nutzerspektrum erweitert sich also auf Hersteller verschiedenster Produkte, die Bandbreite reicht von der Möbelindustrie bis hin zu Fassadenelementen. Auch für Endkunden ist Plattenware ein idealer Baustoff, der in eigener Arbeit weiterverarbeitet werden kann, wenn er beispielsweise über den Baustoffhandel als Zuschnittware vertrieben werden würde.

03. Weitere Entwicklungen

Der Workshop hat ergeben, dass sich zwei viel versprechende Typen von Bauprodukten aus Transluzentem Polyurethan entwickeln lassen, die eine wirtschaftlich interessante Herstellung möglich erscheinen lassen. In einem nächsten Schritt sind die Möglichkeiten für die Herstellung dieser Halbzeuge genauer zu untersuchen, die dann wiederum eine Beurteilung zulassen, welche Endprodukte sich aus diesen Halbzeugen herstellen lassen. Deswegen sollen aus den beiden Bereichen der Halbzeuge, zum einen der Bausteine, zum anderen der Plattenware eine Versuchsreihe von Proben hergestellt werden, die eine Beurteilung der Möglichkeiten und Schwierigkeiten einer solchen Verfahrenstechnik erlaubt. Das Ergebnis könnten unterschiedlich dicke Platten aus kompakten Polyurethanen sein. Plattenmaterialien stellen die Ausgangsposition für die verschiedensten Bau- und Baunebenprodukte so wie Bekleidungen, Oberflächen, Möbelbauteile und Trennwände dar. Auch die bauphysikalischen Eigenschaften des Materials lassen sich durch die Auswahl unterschiedlicher Polyurethane präzise auf die Anforderungen abstellen. So ist es denkbar, dass sowohl speziell leichte Platten hergestellt werden können, wenn die Rohdichte der Polyurethane sehr eng ist. Ebenso denkbar ist es, besonders feste und widerstandsfähige Platten herzustellen, deren Festigkeit für besondere statische oder nutzungsspezifische (Abrieb und Kratzfestigkeit) Anforderungen ausgelegt sind.

Parallel dazu werden an der Technischen Universität Darmstadt die Versuche zur inneren Struktur und optischen Wirkung sowie die Verwendung von unterschiedlichen mechanischen Bearbeitungsverfahren der Proben weitergeführt. Durch eine Vermischung verschieden farbiger und opaker Granulate können die optischen Eigenschaften des Materials präzise eingestellt werden. Werden grössere Anteile an transparenten Granulaten verwendet, so nimmt die Transparenz des Materials zu. Es ist auch denkbar, dass sich die optischen Eigenschaften des Materials durch die Auswahl der Körnigkeit der Granulate präzise steuern lassen. Für die Granulate werden transparente thermoplastische Polyurethane ausgewählt, die den Vorteil haben, dass sie in einem einfachen Schmelzverfahren verbunden werden können. Die Endmaterialien werden aufgrund der geringen UV-Stabilität der transparenten Polyurethane vermutlich eine leichte Gelbfärbung aufweisen, die allerdings im Zusammenhang mit dem heterogenen Granulat weniger negativ auffallen wird als dies bei einem voll transparenten Bauteil der Fall wäre.

PU-Baustein

Baustein-Modulsystem zur temporären oder dauerhaften Nutzung

Dipl.-Ing. Sebastian El khouli
cand. arch. Marcella Lantelme
Christina Sack
Dr. Markus Templin

00. Einleitung

Basierend auf dem Mini-Projekt zur Konzeption einer tragenden Aussenwand wurde im Workshop die Idee eines modularisierten Bausteinsystems vertieft. Das Mini-Projekt hatte einen Modulstein vorgesehen, der durch in den Fugen verlaufenden Bänder mit Querstäben die thermische Ausdehnung begrenzen sollte. Um den Schutz vor UV-Strahlung und Witterung zu gewährleisten, hatte der Autor nachträglich auf das Mauerwerk aus Transluzentem Polyurethan Schutzschichten in Form von Folien aufgezogen.

In der folgenden Diskussion wurde klar, dass das Transluzente Polyurethan zum momentanen Zeitpunkt nicht dazu geeignet scheint, in Wandbauteilen die Wärmedämmschichten zu ersetzen. Angezweifelt wurde auch die tatsächliche Durchführbarkeit von Folienschichten zum Schutze des Materials vor UV-Strahlen und Witterung. Der Ansatz, das Transluzente Polyurethan als Mauerstein herzustellen, erfuhr in der Diskussion allerdings eine breite Zustimmung. Durch den Einsatz eines Bausteins kann das Potential des Transluzenten Polyurethans, auch als tragendes Bauteil eingesetzt zu werden, angedacht werden.

01. Marktchancen

Die Anwendungsbereiche für ein Bausteinsystem aus Transluzentem Polyurethan sind vielfältig. Denkbar sind in erster Linie Wände zur Raumtrennung oder auch zur Raumgliederung, die auch als halbhohe Mobiliar aufgebaut werden könnten.

Von grossem Vorteil ist die einfache Konstruktion. So könnte der Baustein als Baumaterial vermarktet werden, und der Einbau entweder vom Kunden in Eigenarbeit oder durch einen Handwerker vorgenommen werden. Räumlich kann der Baustein dazu benutzt werden, dunkle Räume, denen eine natürliche Belichtung fehlt, heller zu gestalten. Es entsteht dabei ein schöner optischer Effekt, der durch die lichtleitenden Fasern und die Materialtiefe des Steins zustande kommt. Die Wand wird so zum Gestaltungselement des Raums und kann durch gezielte Auswahl der Farbe des Steins und der Anordnung der PMMA-Fasern atmosphärisch aktiviert werden.

02. Kundeninteresse

Modulbausteine aus Transluzentem Polyurethan können in unterschiedlichsten Raumsituationen verwendet werden. Ein Hauptkundeninteresse für den Einsatz liegt in der Möglichkeit, Räume zu trennen, ohne die Lichtleitung zu unterbrechen. So können dunkle Korridore zwischen Büroräumen belichtet werden, ohne gleichzeitig den ruhigen Arbeitsbereich mit dem ablenkungsreichen Erschliessungsraum zu koppeln.

Zusätzlich erfüllt der Werkstoff höchste ästhetische Ansprüche und bildet so gleichzeitig ein gestalterisches Element im Raum, das durch die aus sich heraus leuchtende Wirkung in höchstem Masse exklusiv wirkt. Dieser Effekt kann vor allem für untergeordnete Bauteile wie Raumteiler oder auch nicht fixen Mobiliar ausgenutzt werden.

Denkbar sind hier Tresenlösungen für die Gastronomie, den Messebau und Events. Die Bausteine haben dann den Vorteil, dass sie nicht fest verbunden werden müssen und dementsprechend schnell auf- und abgebaut werden können. Durch die Gleichmässigkeit der Modulsteine können sie platzsparend verpackt und transportiert werden.

Die Modularität erhält dem Endnutzer stets die Möglichkeit, die Bausteine in wechselnden Formationen aufzubauen. In temporären Nutzungen wie dem Messebau kann so situationsbezogen auf die herrschenden Platzverhältnisse reagiert werden.

03. Produktion und technische Machbarkeit

In der Projektarbeit wurde die Frage der Herstellung von einzelnen Modulsteinen diskutiert. Es erschien am sinnvollsten, die Bausteine in einem kontinuierlichen Verfahren herzustellen. In diesem Zusammenhang wurde das Pultrusionsverfahren angesprochen, bei dem Stränge mit Querschnitten von maximal 30x30 cm² hergestellt werden können. Diese Abmessungen wurden allgemein als ausreichende Grösse eingeschätzt, da die Bausteine von einer einzelnen Person verarbeitet werden können sollen. Um die Nuten an den Stirnseiten der Bausteine herzustellen, wäre für jeden Stein eine gesonderte Nachbehandlung notwendig, in der die Profile maschinell gefräst werden könnten.

Im Bezug auf die Frage nach Substitutionsmöglichkeiten der teuren PMMA-Fasern kam die Gruppe zu dem Schluss, dass dies im Fall der Bausteine nicht möglich sei. Die Steine dürfen, um ihre Stabilität im Mauerwerksverbund zu erhalten, eine minimale Tiefe von ca. 6 cm nicht unterschreiten. Bei einer solchen Materialstärke ist eine wirkungsvolle Lichtleitung nur durch PMMA-Fasern sicher gestellt.

Die Formate der Bausteine sind noch zu überdenken. In der Gruppe wurden zwei Varianten diskutiert. Zum einen wurde ein quadratischer Stein vorgeschlagen, der Fuge auf Fuge gesetzt werden sollte, dies führt zu einem regelmässig gerasterten Flächeneindruck. Zum anderen wurde ein rechteckiger Stein angedacht, der in unterschiedlichen Mauerwerksverbänden umgesetzt werden könnte.

In beiden Fällen erfolgt eine Stabilisierung der Fläche durch horizontale und vertikale Bandeinslagen in den Fugen, die horizontal als Kraftübertragung zwischen den Steinen wirksam werden.

Durch diese Montage kann angedacht werden, dass die Bausteine nicht zwangsläufig durch Mörtel oder Kleber fest miteinander verbunden werden müssen. Bis zu einer bestimmten Höhe und einem bestimmten Grad an Belastung könnte die Wand also nur über die Steckverbindungen gehalten werden und wäre damit demontierbar. Für eine fest installierte Wand wurde eine Verklebung innerhalb der Fugen besprochen.

In der Projektgruppe wurden einige weitere technische Details angesprochen, die aber in der kurzen Bearbeitungszeit nicht schlüssig geklärt werden konnten. Vor allem wurde diskutiert, wie eine Eckverbindung der Bausteine entwickelt werden kann, die die Bausteine mit ihren Faser-Richtungen sinnvoll aneinander fügt. Es wurde prinzipiell darüber diskutiert, inwiefern Ecksteine in die Oberfläche integriert werden könnten oder ob sie nicht von vorne herein als Sonderelement auszubilden seien. In jedem Fall sollte dieser Aspekt weiter vertieft werden, da die Eckverbindungen zur Aussteifung der gesamten Wand dienen könnten.

Einer genaueren Betrachtung sollten auch die Dimensionen der Bausteine und deren Dichte und Gewicht unterzogen werden. Die Bausteine sollen zum einen gut handhabbar sein und zum anderen zum Schallschutz im Raum beitragen.

Schliesslich wurde noch darüber gesprochen, ob es nicht sogar möglich wäre, diese Bausteine aus Transluzentem Polyurethan als tragende Konstruktion zu gestalten. Die technische und statische Machbarkeit konnte in diesem Kreis nicht geklärt werden.

04. Ökologie

Während der Vorstellung der Mini-Projekte für den Baubereich wurde bereits mehrmals das Thema des Recyclings und/oder der Wiederverwertung und Aufbereitung des Transluzenten Polyurethans aufgegriffen. Da es sich hierbei um einen Verbundbaustoff han-

PU-Baustein

Baustein-Modulsystem zur temporären oder dauerhaften Nutzung

Dipl.-Ing. Sebastian El khouli
cand. arch. Marcella Lantelme
Christina Sack
Dr. Markus Templin

delt, ist ein Recycling prinzipiell unwahrscheinlich. In der Gruppe wurde nicht weiter über diesen Aspekt der Entsorgung oder Wiederverwendung des Verbundmaterials diskutiert. Thematisiert wurde viel mehr die Möglichkeit der Wiederverwendung des Bausteins an sich. So könnte der Baustein ohne Probleme demontiert und an anderer Stelle wieder eingebaut werden, wenn die Fugen nicht verklebt werden. Angesprochen wurden auch Klebsysteme, die durch bestimmte Techniken trotz hoher Klebkraft einfach entfernt werden können.

05. Ästhetische Qualität

Wie bereits oben erwähnt, wurden in der Projektarbeit zwei unterschiedliche Varianten der Steinformate angedacht. Der quadratische Stein, der Fuge auf Fuge gesetzt, einen gerasterten Flächeneindruck vermitteln würde, und rechteckige Bausteine, die in vielfältigen Mauerwerksverbänden verbaut werden können. Die vertikale Aussteifung wird dann über die Steine und die zueinander versetzten Fugen sichergestellt.

In der normalen Ausführung der Bausteine kann von einer dunkel eingefärbten Trägermasse ausgegangen werden, da Polyurethane zum Vergilben neigen, was durch die Verfärbung unsichtbar bliebe. Eine exklusive Linie kann durch den Einsatz aliphatischer Systeme auch in hellen Farben gestaltet werden, was aber zu einer immensen Steigerung der Produktionskosten führen würde. Variationen der Transluzenz sind durch die Dichte und die Grösse der eingelegten PMMA-Fasern möglich. Sinnvoll könnte die Herstellung unterschiedlicher Bausteinserien, die von Basisausführungen in unterschiedlichen Dichten über Motivserien bis hin zu individuellen Anfertigungen gestaffelt werden könnten. Transluzentes Polyurethan ist ein neuartiger Werkstoff, der sich durch seinen modernen, neuartigen Oberflächeneindruck von allen bekannten Baustoffen unterscheidet. Die Besonderheit der Oberfläche liegt vor allem darin, dass Licht nicht wie beispielsweise bei Glasbausteinen einfach hindurch gelassen wird, sondern dass eine tatsächliche Lichtleitung statt findet. Das Transluzente Polyurethan scheint dabei zwar nicht zur Beleuchtung dienen zu können, durch die vielen Lichtpunkte auf seiner Oberfläche vermittelt es aber den Eindruck von hoher Brillanz. Wände aus Transluzenten Polyurethanen können also dazu dienen, dunkle Räume heller erscheinen zu lassen.

06. Ökonomie

Bausteinsysteme bieten den Vorteil, dass immer gleiche Formteile verarbeitet werden. Durch die Art der Verarbeitung, also hier des Mauerwerkverbandes, können ästhetische Raumwirkungen differenziert erzeugt werden. Die Wirtschaftlichkeit des Produktes wird also stark bedingt durch die effiziente Herstellungsart der einzelnen Module. Es sind keine Kosteneinsparungen durch Substitution der PMMA-Fasern zu erwarten, da die Lichtleitung bei den angedachten Materialstärken durch andere Materialien nicht sicher gestellt werden kann. Grosses Potential bietet sich für das Produkt in der leichten Verarbeitbarkeit für den Endkunden, was als Kaufargument entscheidenden Einfluss auf die Vermarktung des Produktes haben wird.

07. Partnerprofile

In der Projektvertiefung wurde der Themenbereich des Partnerprofils nicht weiterführend besprochen. Dieser Aspekt scheint erst zu einem späteren Zeitpunkt sinnvoll, wenn Aussagen zu Produktionsart, statischer Umsetzung und optischer Wirkung getroffen werden können.

08. Schwierigkeiten

Die statischen Fähigkeiten bleiben zu prüfen. In der Projektarbeit wurden Steindicken von 6 bis 12 cm angedacht. Dickere Steine wären unwirtschaftlich, da der Platzbedarf dann zu gross würde und andere Systeme dann einen effizienteren Lösungsansatz bieten würden.

Die Nuten an allen Kanten der Bausteine und die mögliche Herstellung im Pultrusionsverfahren machen eine Nachbearbeitung jedes einzelnen Steines unausweichlich. Dies führt zu einer enormen Aufwandssteigerung im Herstellungsprozess. Problematisch ist dieser erhöhte Aufwand, da es sich bei Bausteinen um kleinteilige Module handelt, die in grosser Anzahl eingebaut werden müssen, um ein Wandbauteil zu erzeugen. Die Preisgestaltung muss darauf ausgelegt werden.

Ungeklärt blieb auch die Oberflächengestaltung der Bausteine. Lösungsansätze zur Vermeidung und/oder zur Beseitigung von oberflächlichen Verschmutzungen ist als Aspekt der Dauerhaftigkeit unumgänglich.

09. Ansätze in der Gruppendiskussion, offene Fragen

Vor allem das statische Verhalten der Bausteine und der daraus entstehenden Wände konnte nicht eingehend diskutiert werden. So blieb die Frage offen, ob es sich um leichte oder schwere Wände handelt. Interessant und mit grossem Potential bewertet wurde der Gedanke, ob Transluzente Polyurethan-Bausteine als tragende Wandelemente ausgebildet werden können. Diese Option würde grosse Vorteile gegenüber den am Markt bekannten Glasbausteinen bringen, die diese Eigenschaft nicht besitzen.

Gestalterisch ist die Ausbildung von Ecken und Ecksteinen im Mauerwerksverband weiter zu vertiefen. Angedacht wurden „blinde“ Ecksteine aber auch Sonderecksteine. Wichtig sind diese Elemente für die Erhöhung der Stabilität und die Aussteifung von Wänden.

10. Funktionsweise

Alle Steine besitzen umlaufende, gefräste Nuten, oben und unten aussermittig je zwei, an den Seiten mittig je eine Nute. In diesen Nuten verlaufen die zusätzlich eingelegte Stabilisierungsbänder. Die Bausteine besitzen über ihre gesamte Fläche eingelegte PMMA-Fasern. In den Randbereichen, in denen innen die Nuten verlaufen, sind diese PMMA-Fasern auch vorhanden, leiten aber kein Licht, da sie nicht von einer Seite auf die andere hindurch laufen.

Zum Einbau wird zunächst am Boden und an den Wänden eine Führungsleiste angebracht. Im Sockelbereich wird die erste Schicht aus einer Ausgleichsschicht ohne PMMA-Einlage aufgebracht. So können Unebenheiten ausgeglichen werden und Deckenhöhen ausserhalb des Rasters angeglichen werden.

Die Bausteine werden dann schichtweise gemauert. Nach jeder Baustein-Schicht werden zwei horizontale Fugenbänder zur Stabilisierung und als Abstandhalter eingelegt. So werden in alle Richtungen gleichmässige Fugen erzeugt. Werden quadratische Steine verwendet, wird zusätzlich in jede horizontale Fuge ein Stabilisierungsband eingelegt. Für andere Verbände ist das nicht zwingend notwendig, da die vertikale Stabilität durch die versetzten Steine und Fugen durchlaufend entsteht.

Auch an der Decke wird mittig ein Band angebracht. Die Abschlusssteine werden daran verschraubt. An den Seiten und an der Decke werden schliesslich Blendleisten angebracht, die optisch genauso ausgeführt werden wie die Sockelsteine.

Plattenware

Zuschnittware, Fassade, Schranktüren

Dr. Gunnar Kampf
Dipl.-Ing. Tanja Klippert
cand. arch. Veronika Kraljic
Bernd Sewart

01. Marktchancen

Die Marktchancen der „Plattenware“ werden vorrangig im öffentlichen Bereich angesiedelt, da sie dort als Eye-Catcher sehr gut funktionieren kann. Der Raumteiler im Hotelbereich und in Museen als halbhohe Stellwände zur Raumgliederung oder als „besondere“ Wand im Raum und zur Belichtung von innen liegenden Fluren und/oder als Raumtrennwände bilden interessante Anwendungen. Im Messebau ist der Einsatz als temporäres Mobiliar beispielsweise als Tresen interessant. Das Einsatzgebiet als Fussboden ist ausschliesslich im öffentlichen Bereichen anzusiedeln, wie man dessen Marktchancen besonders in den Bereichen Messebau, Foyers von VIP-Bereichen, Flughafen etc. sieht. Im Hausgebrauch sind Schranktüren / Schiebeelemente und besondere Raumteiler interessant, da sie die Aufenthaltsqualität steigern, aber auch vom Endkunden leicht in Selbstregie zu montieren sind.

02. Kundeninteresse

Das Endkundeninteresse besteht in der Verwendung als ästhetisches Element. Die Plattenware kann bei Firmen oder öffentlichen Einrichtungen als Kundenanziehung wirken. Beispielsweise entsteht beim Betreten des Fussbodens ein optisch schöner Effekt, bei anderen Anwendungen entstehen andere Effekte durch die Tiefe des Materials. Das Material weckt durch seine individuelle Gestaltungsmöglichkeiten in Motiv und Farbe Interesse. Positiv ist die einfache Konstruktion der Plattenware entweder als reine Platte oder Mobiliar oder der Einsatz als Schiebeelement im einfachen Einbau, der auch in Eigenarbeit denkbar ist.

Interessant ist vor allem die freie Gestaltungsmöglichkeit des Materials, weil der Kunde es selbst auf seine Bedürfnisse anpassen kann.

03. Produktion und technische Machbarkeit

Bei der Diskussion um die Herstellung der Plattenware hat sich herausgestellt, dass Hartschaum durch kompaktes PUR aufgrund seiner besser geeigneten Eigenschaften hinsichtlich der technischen Machbarkeit zu ersetzen ist. Die PMMA-Fasern werden in einem Arbeitsgang mit dem PUR-Giessharz aufgegossen, die zudem individuell einlegbar sind. Bei ungerichtet-eingelegten PMMA-Faser-Strukturen wird das Prinzip der Nähmaschine, das die Fasern einnäht, angesprochen. Bei gerichteter PMMA-Struktur wird das Prinzip Lochblech, jedes Loch wird mit PMMA-Fasern gefüllt, das im Anschluss mit PUR-Giessharz aufgegossen wird, empfohlen. BASF und Elastogran versicherten eine individuell variierbare Farbgebung des PUR-Giessharzes. Mit einer Dicke von etwa 8 mm sind relativ grosse und stabile Plattendimensionen erreichbar. Eine weitere Variante der Plattenware ist die der Granulatherstellung. Möglichkeiten sind evtl. die Vergusstechnik, die Eintauchtechnik und Wasserstrahltechnik als Nachbearbeitung.

Das Ergebnis der Diskussion ist der Vorschlag des Pultrusionsverfahrens mit der Methode zur Herstellung faserverstärkter Kunststoffprofile im kontinuierlichen Verfahren. „Kadiegitter“ sorgen für die gewünschte Verteilung der Fasern im späteren Werkstoff. Die Problematik liegt darin, dass duroplastische Kunststoffe bei 100 bis 200°C je nach Material gehärtet werden. Bei PMMA-Fasern liegen die kritischen Temperaturen bei 100 °C. Die technische Umsetzung des Fussbodens wird in der Verwendung von Fertigplatten auf einem „Klick-Stone-System“, deren Platten mit eingelegten PMMA-Schlaufen produziert werden. Zu beachten ist, dass die Schlaufenwirkung nur innerhalb einer einzigen Fussbodenplatte wirkt, da die PMMA-Schlaufen pro Platte eingelegt sind und keine beliebig grossen Platten produziert und verlegt werden können.

Mit Zusätzen kann eine elastische Oberfläche, eine kompakt-elastische Platte, erreicht werden. Der Oberflächenschutz gegen Schmutz und Abrieb wird durch eine TPU-Folie bzw. ein transparentes Coating erreicht, um eine gute Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten. Punktlasten auf den Platten sind kritisch zu betrachten, daher ist die Verwendung von kompakten PUR, welche auftretende Kräfte flächiger verteilt, zu empfehlen.

04. Ökologie

Zum Thema Ökologie sind sich alle Diskussionsteilnehmer einig, dass die Recyclingfähigkeit des Verbundmaterials PUR-Giessharz mit PMMA Fasern eingeschränkt ist. Denkbar ist eine thermische Verwertung der Verbundwerkstoffes. Bei der Herstellung des Fussbodens als „Klick-Stone-Systems“ ist ein fester Verbund mit der Fertigplatte zu vermeiden.

05. Ästhetische Qualität

Das Material weist eine hohe ästhetische Qualität mit einem neuartigen Oberflächen-eindruck auf, insbesondere bei dem Einsatzgebiet Schranktüren/Schiebeelement wird durch die Überlagerung beider Platten, besonders durch deren Struktur und Farbe, das Schiebeelement ästhetisch belebt. Bei Schiebeelementen ist, um den gewünschten optischen Überlagerungseffekt zu erreichen, zu beachten, dass die zwei Schiebeelemente sehr dicht stehen, sich aber nicht beim Verschieben behindern. Wenn die Plattenware als Festelement im Raum eingesetzt wird, wirkt sie als „leuchtende“ Wand, die Räume heller erscheinen lässt. Die PUR-Farbe ist variabel einstellbar. Ein besonderes Merkmal ist die Variation des Grades an Transluzenz, der durch den Anteil der PMMA-Fasern ermöglicht wird. Die ästhetische Qualität des Fussbodens lebt eindeutig von dem Schlaufeneffekt, die Lichteintragsseite entspricht der Lichtausgangsseite der PMMA-Faser. Beim Betreten des Fussbodens evoziert man ein interessantes Bewegungsspiel auf dem Boden. Der Fussboden scheint auf Bewegungen zu reagieren.

06. Ökonomie

Der Plattenwerkstoff mit dem „Klick-Stone-System“ für den Bodenbereich ermöglicht eine leichte Montage. Auch für die anderen Einsatzgebiete des Plattenwerkstoffes ist eine leichte Montage sowie Transport möglich, da verschiedene Formate erzeugt werden können. Durch diverse Beschichtungen wie TPU-Folie bzw. transparentes Coating ist ein Oberflächenschutz gewährleistet, was eine problemlose Instandhaltung bedeutet. Die individuelle PMMA-Faser-Ausrichtung führt zu steigenden Produktionskosten. Kosten können durch den Einsatz von Giessharz statt Hartschaum eingespart werden.

07. Partnerprofil

Die Herstellung von Plattenwaren bildet die Grundlage für eine grosse Bandbreite unterschiedlichster Produkte aus Transluzentem Polyurethan. Die Vermarktung dieses Produktes kann als Endprodukt an den Endkunden erfolgen, aber auch in mannigfaltiger Weise als Halbzeug an weiterverarbeitende Betriebe ausgeliefert werden. Als Produktionspartner scheint also ein Unternehmen geeignet, dass fähig ist, grosse Mengen der Platten in relativ kurzer Zeit herzustellen, um eine Grosszahl an Kunden bedienen zu können. Voraussetzung dafür ist die Verfügbarkeit von entsprechenden Maschinen zur Herstellung und ein entsprechendes Logistiksystem, dass einen reibungslosen Produktions- und Auslieferungsprozess sicher stellt.

Desweiteren ist ein vorhandenes Kundenspektrum sinnvoll, um den Markteinstieg effizient bestreiten zu können. Ein Start-Up-Unternehmen erscheint nicht geeignet.

Plattenware

Zuschnittware, Fassade, Schranktüren

Dr. Gunnar Kampf
Dipl.-Ing. Tanja Klippert
cand. arch. Veronika Kraljic
Bernd Sowart

08. Schwierigkeiten

Bei dem Einsatzgebiet der Schiebeelemente sind sehr dicht stehende Elemente von Vorteil, um den gewünschten Überlagerungseffekt zu erreichen, dennoch dürfen sie sich im Schiebemechanismus nicht beeinträchtigen.

Grundsätzlich tauchen Schwierigkeiten in der UV-Beständigkeit auf, die durch zusätzliche Kosten mit UV-Filter-Zusätzen behoben werden können, um die dunkle und vergilbte Einfärbung des PUR zu vermeiden.

09. Ansätze in der Gruppendiskussion und offene Fragen

In der Gruppendiskussion wurde darüber diskutiert, wie man Kosten einsparen kann. Ergebnis ist die Verwendung von TPU statt PMMA-Fasern. Hartschaum wird aufgrund der technischen Machbarkeit durch ein Kompaktmaterial ersetzt.

In der Diskussion musste die Frage, welche Dimensionen die Fasern aufweisen müssen, um die spezielle Effektwirkungen zu erreichen, nicht abschliessend geklärt werden. Vorschläge von drei bis fünf mm wurden genannt, doch weitere Materialproben in grösseren Dimensionen werden diese Frage besser veranschaulichen und beantworten können.

Für den Fussbodenbelag ist die Frage nach der Dimension der Platte, um eine interessante Schlaufenwirkung zu erzielen, noch zu vertiefen. Vorschläge sind eine Plattendimension von mindestens 300x300 mm, besser 500x500mm, man muss auf die Art der Verlegung und die Montage achten.

10. Funktionsweise

Die Funktionsweise der Plattenware beruht darauf, dass es sich um herkömmliche einfache Platte handelt. Einsetzbar als dicke, dünne, breite oder schmale Platte in Form eines Tresens, Raumteiler oder als Tischplatte, aufgrund der Form variabel und vor allem vielfältig einsetzbar.

Durch die PMMA-Fasern kann nach Wunsch der Grad der Transluzenz eingestellt werden und durch das Kompaktmaterial Polyurethan (anstelle des Hartschaumes) farblich gestaltet werden.

Bei dem Schiebeelement handelt es sich um eine herkömmliche Schiebeeinrichtung mit zwei parallelen Führungsschienen. In die Schiebehalterung werden die gestalteten Platten als austauschbares Element eingesetzt.

Bei dem Fussbodenbelag liegt die Funktionsweise darin, dass die „Schlaufeneilage“ in den Platten auf die Unterkonstruktion des „Klick-Stone-System“ aufgebracht wird, wie auch in der Herstellung eines normalen Bodenbelages, der durch die Bodenplatte durch eine interessant bewegungsreiche Platte ersetzt wird.

Die Plattenware im allgemeinen bietet die Möglichkeit, in unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt zu werden, da sie nicht nutzungsspezifisch hergestellt wird, sondern in grossen Formaten produziert werden kann und erst abschliessend, angepasst auf die Anwendung, passgenau zugeschnitten wird.

Das Potential liegt in der Funktionsoffenheit des Produktes. Ein Kunde kann die Plattenware also einfach nach Bedarf in ein System integrieren. Die Stärke des Materials, seine Ästhetik, wird zum Selbstzweck, die sonstigen Eigenschaften wie Tragfähigkeit, Wärmedämmung u. a. sind vernachlässigbar.

Türen und Schiebeelemente

Flügeltüren, Schiebetüren, Schranktüren und Raumteiler

Dr. Andreas Emge

Dipl.-Ing. Timothy Francis

Herbert Kurzfeld

cand. arch. Franziska Swoboda

00. Einleitung

Eine erste Einschätzung der Anwendung von Transluzentem Polyurethan in der Produktform Tür und Schiebetürelement zeigt, dass alle Teilnehmer den Einsatz als Schiebetür und raumteilendes Element als sinnvoll, umsetzbar und marktfähig beurteilen. Die Umsetzung einer Flügeltür ausschliesslich aus Transluzentem Polyurethan wird aufgrund der Vorlage des Miniprojekts „Türen“ von Martin Schwörer bereits in der ersten Diskussion als problematisch eingeordnet. Die Umsetzung einer detaillierten Flügeltür inklusive Scharnier, Band und Abdichtungen wird in der Entwicklung schwierig eingeordnet. Bedenken bestehen darin, dass Polyurethan, wie im Entwurf vorgeschlagen, ein geeigneter Baustoff für Scharniere und Abdichtungen in diesem Einsatzgebiet ist. Ausserdem wird die Haltbarkeit unter derartiger mechanischen Beanspruchung in Frage gestellt.

01. Marktchancen

Als Einsatzgebiet werden Raumteiler, Schiebetüren, Schrankschiebetüren und Sichtschutzvorrichtungen im Innenraum definiert. Dabei wird das Produkt als dekoratives Element in öffentlichen Gebäuden, Restaurationen, Präsentations- und Verkaufsräumen sowie eventuell im Wohnungsbau angesehen. Das Produkt wird allerdings überwiegend im Exklusiv-Segment und im öffentlichen Bereich Einsatz eingeordnet.

Ein klarer Pluspunkt in allen Einsatzgebieten als Schiebeelement sind die Vorteile zum bestehenden Substitut mattiertes Glas, denn besonders beim Einbau und beim Transport hat hier das Transluzente Polyurethan durch seine Stossunempfindlichkeit klare Vorteile. Auch die individuelle Gestaltungsmöglichkeit, das geringe Gewicht und die atmosphärische Wirkung wird in dem beschriebenen Einsatzgebiet als Marktchance aufgefasst.

02. Kundeninteresse

Transluzentes Polyurethan ist ein neuartiges Material, das durch seine brillante Oberfläche und seine lichtleitende Wirkung gut geeignet ist, ein gestalterisches Element in Räumen zu bilden. Für Kunden ergibt sich durch diese Eigenschaft die Möglichkeit, Highlights in ihrem Umfeld zu setzen. Das gelingt besonders gut, wenn das Transluzente Polyurethan in Form von Türpaneelen eingesetzt werden. Sie sind beweglich und transportieren somit die lichtleitende Wirkung des Materials besonders dynamisch und eindrucksvoll, da die PMMA-Fasern je nach Lichteinfallwinkel unterschiedlich viel Licht auf die andere Seite transportieren. Wird die Schranktür also hin- und herbewegt, so entsteht ein glitzernder Eindruck, den kaum ein anderes Material erzeugen kann.

03. Produktion und technische Machbarkeit

Aufgrund der geringen bauphysikalischen Anforderungen an das Material im Einsatzgebiet Schiebetüren- und elemente wird das Material als geeignet eingestuft. In der Bewertung der technischen Machbarkeit wird es als Vorteil gesehen, zunächst das transluzente Material von der Konstruktion zu trennen. Dies bedeutet: Laufschiene und Beschläge werden aus üblichen Materialien gefertigt, das Transluzente Polyurethan wird als Plattenware eingefügt. Denkbar wäre auch ein System, welches aus mehreren Platten besteht und in einem Klicksystem montiert werden kann. Dabei könnte der Hersteller bei gleichen Plattengrößen flexibel auf verschiedene Raum- und Schrankhöhen reagieren. In einer Weiterentwicklung könnte auch das gesamte Schiebeelement einschliesslich Laufschiene, Rollen und Beschlägen aus verschiedenen Polyurethan-Produkten hergestellt werden. Dieser Entwicklung müsste allerdings eine detaillierte Forschungsarbeit voraus gehen.

04. Ökologie

Die ökologische Bewertung des Materials ist auf zwei Wegen in der Diskussion angesprochen worden. In der Diskussion wurde zunächst die Langlebigkeit des Materials erläutert. Das Material wird in der Anwendung im Innenraum als beständig eingeordnet, eine Beeinträchtigung der Materialoberfläche kann durch den Einfluss von UV-Strahlung geschehen. Die Recyclingfähigkeit vom Polyurethan mit PMMA-Einlage wird als problematisch bewertet, denn die übliche Entsorgung solcher Verbundwerkstoffe ist die thermische Verwertung. Das Material könnte durch den Einsatz von transparenten PU-Fasern statt PMMA zu einem recyclingfähigen Material werden, in diesem Fall muss die Lichtleitfähigkeit der PU-Fasern geprüft werden.

Zu erwarten ist eine geringere Lichtleitfähigkeit, die allerdings durch die Verringerung der Materialstärke wahrscheinlich ausgeglichen werden kann. Für den beschriebenen Einsatz als Schiebtür, Tür oder Raumteiler wäre dies möglich, da die Materialdicke gering ist.

05. Ästhetische Qualitäten

Die ästhetischen Qualitäten spielen für die Anwendung im Innenraum eine entscheidende Rolle und werden als zentrales Argument in der Vermarktung des Produkts angesehen. Es wird von einem Einsatz als dekoratives Element im Innenraum ausgegangen. In allen Einsatzgebieten (Wohnraum, Restauration, öffentliche Einrichtungen, Präsentations- und Verkaufsräume und Messebau) wird die individuelle Gestaltungsmöglichkeit des Materials als Vorteil empfunden. So ist eine variierende Platzierung der Fasern in Art und Dichte möglich und damit die Transluzenz, Transparenz und die Art des Lichteinfalls wählbar.

Durch die Möglichkeit, Logos und Bilder zu erzeugen, wird der Einsatz in Präsentations- und Verkaufsräumen als vielversprechend angesehen. Die farblich freie Gestaltung wird ebenfalls als positiv bewertet, allerdings wird seitens der Beteiligten der Elastogran bemerkt, dass eine reinweisse Färbung zunächst technisch nicht möglich ist. Allgemein sind helle Farben problematisch in der Herstellung, da diese zum Vergilben neigen. Mit höherem Kosten und Produktionsaufwand wäre dies allerdings auch eine solche Farbgebung möglich.

Als weitere Möglichkeit wird der Einsatz von Granulaten in Betracht gezogen. Diese sind zwar eingeschränkter in ihren Gestaltungsmöglichkeiten als Polyurethan mit PMMA-Fasern, dennoch besitzen sie einen hohen ästhetischen Reiz und können als Substitut für mattiertes Glas eingesetzt werden.

06. Ökonomie

Ökonomisch hat das Material eindeutige Vor- und Nachteile. Als vordergründig wird hier die komplizierte Herstellung angeführt, die optimiert werden müsste, um entstehende Kosten zu senken. Hierbei stellt die Herstellung in Form von Platten aus transluzentem Polyurethan einen Vorteil dar, einfacher in der Herstellung könnte das Granulat sein. Die Kosten für die PMMA-Fasern an sich werden als hoch eingeordnet, der Einsatz von PU-Fasern als Ersatz wäre zusätzlich zu der Recyclingfähigkeit auch ein Potential, um die Herstellungskosten zu senken.

Bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten als Substitut für Glas wird eine erhebliche Erleichterung von Transport und Montage mit geringerem Verlustrisiko angeführt. Der Gedanke, kleinformatige Platten herzustellen, die in Systemen flexibel miteinander kombiniert werden können, wird als ökonomisch sinnvoll eingestuft.

Türen und Schiebeelemente

Flügeltüren, Schiebetüren, Schranktüren und Raumteiler

Dr. Andreas Emge
Dipl.-Ing. Timothy Francis
Herbert Kurzfeld
cand. arch. Franziska Swoboda

07. Partnerprofil

Zusätzlich zur allgemeinen Diskussion wurde über ein Partnerprofil gesprochen. Hierbei fehlt bislang die Nähe zum Bausektor, wobei jedoch die Nähe zur Automobilindustrie besteht. Erforderlich wäre ein Partner, der in der Möbelindustrie tätig ist und dessen Interessengebiet mit dem Produkt übereinstimmt. Beispiele hierfür wären Produkte aus Katalogen wie CAIRO oder IKARUS, die für einen Kundenkreis mit hohen ästhetischen Ansprüchen Produkte anbieten.

08. Schwierigkeiten

Schwierigkeiten des Produktes „Schiebetür“ bestehen in der Abgrenzung zum Themenbereich „Plattenware“, da die Möglichkeit der Herstellung eines Türsystems ausschliesslich hergestellt aus Polyurethanen mit partiellen Einlagen aus PMMA-Fasern zurzeit nicht realistisch erscheint. Dies ist der Fall, weil Polyurethane an sich teuer in der Herstellung sind und in ihren Eigenschaften nicht unbedingt prädestiniert sind, um solch hohen mechanischen Beanspruchungen zu genügen, die bei beweglichen Teilen von Türen auftreten.

Sinnvoll erscheint viel mehr der Einsatz von Plattenwaren zur Herstellung von Türpaneelen durch Zuschnitt und nachträgliches Ausfräsen der Nuten. Die Marktfähigkeit des Produktes ist also eng gebunden an die Möglichkeit, Plattenwaren aus Transluzenten Polyurethanen wirtschaftlich herstellen zu können.

09. Ansätze in der Gruppendiskussion und offene Fragen

In der Gruppendiskussion wurden die ausgearbeiteten Ansätze als realistisch eingestuft. Diskutiert wurde vor allem über mögliche Montagesysteme von Türpaneelen.

Als Aspekt, der über die bis dahin besprochene Plattenware hinaus ging, kam die Möglichkeit der Motiveinlage in Türpaneel, die eine weitere Individualisierung des Produkts ermöglichen könnte. Solange jedoch das Produktionsverfahren der gerichteten Fasereinlage nicht geklärt wurde, wird diese Möglichkeit in den Hintergrund gestellt.

10. Funktionsweise

Für die Montage der Türpaneel aus Transluzentem Polyurethan können unterschiedliche Systeme angedacht werden. Zunächst kann in Flügel- und Schiebetüren unterschieden werden, wobei letztere materialgerechter erscheinen.

Für Schiebetüren bieten sich drei Varianten an. Zum einen ein Rahmen, in den die Platte eingepasst wird oder zum anderen ein Schienensystem oben und unten befestigt, welches entweder aussenliegend die Platte wie in einer Zange festhält, oder in die Platte eingelegt werden kann und dadurch unsichtbar bleibt.

Lieferware

Dachfenster und Treppenelemente

Dipl. Arch. ETH Hans Drexler
Dr. Andrea Eisenhart
Dipl.-Ing. Margit Pfundstein
Dipl.-Ing. Volker Schmidt

00. Einleitung

Das vorgeschlagene Miniprojekt für ein Treppenmodul, befasst sich mit einer vorgefertigten Treppe aus Transluzentem Polyurethan, die stufenweise vorgefertigt wird und zu grösseren Bauteilen zusammen gesetzt werden kann. Dabei wurden von der Autorin zwei Treppentypen unterschieden:

Eine kurze Treppe, die in Längsrichtung nur durch die Verzahnung der einzelnen Treppenstufen über ineinandergreifende Aussparungen der Einzelmodule trägt. Eine lange Treppe, die in Längsrichtung zusätzlich durch die Einbringung von durchlaufenden Stahlseilen vorgespannt, die Herstellung eines grösseren Treppenmoduls erlaubt. Die Autorin schlägt weiter vor, dass die Treppenstufen mit einem in zwei Richtungen unterschiedlich angesteuerten Beleuchtungssystem ausgestattet wird, dass die Bewegungsrichtung der Personen, die die Treppe benutzen, feststellen kann. Wenn die Benutzer die Treppe hinabsteigen, werden die Trittstufen angesteuert. Beim Aufstieg, wo überwiegend die Setzstufen sichtbar sind, werden diese beleuchtet, so dass in Abhängigkeit der Bewegung der Personen auf der Treppe eine unterschiedliche Beleuchtung der Treppe die Sicherheit der Benutzer erhöhen soll. Ferner ist davon auszugehen, dass die wechselnde Beleuchtung des Transluzenten Polyurethans einen ansprechenden und durch seine Interaktivität attraktiven Effekt hat.

01. Marktchancen

Die Treppe zielt auf einen Nischenmarkt. In repräsentativen Bereichen und öffentlichen Gebäuden könnte die Treppe eingesetzt werden: Restaurants, Bars, Retailgebäude im hochpreisigen Segment. Eine Schwierigkeit für das Marketing leitet sich aus der zu erwartenden Höhe von Produktions- und Entwicklungskosten und des schmalen Spektrums an Einsatzmöglichkeiten ab, die niedrige Absatzzahlen erwarten lassen.

02. Kundeninteresse

Neben der ästhetischen Wirkung ist die Beleuchtung der Treppenstufen ein Sicherheitsfaktor. Im Markt sind bereits zahlreiche sekundäre Beleuchtungssysteme für Treppen vertreten, die eine hier vorgeschlagene integrative Lösung interessant erscheinen lassen. So könnten Kundengruppen erschlossen werden, die an ihre Gebäudetreppen z.B. wegen hohem Personenaufkommen erhöhte Sicherheitsanforderungen haben wie Flughäfen, Bahnhöfe, Theater und Kinos.

03. Produktion und technische Machbarkeit

In der Ausarbeitung des Miniprojektes wurde zunächst das modulare Herstellungsverfahren, das die Herstellung von einzelnen Treppenstufen in Einzelmodulen vorschlägt, beibehalten und weiter entwickelt. Dabei wurde festgestellt, dass die Notwendigkeit der Anpassung der Herstellungsgrössen auch unterschiedliche Treppenmasse (Verhältnis von Trittstufen zu Setzstufen) möglich sein muss, weil nur so zu gewährleisten ist, dass die Treppe an unterschiedliche Geschosshöhen mit der günstigen Steigungsformel ankommt (Die Treppenformel besagt, dass die Summe von 2 Steigungen plus 1 Auftritt 63 – 65 cm betragen soll: $2H + S = 63 \text{ cm}$). Deswegen wurde vorgeschlagen, dass die Bauteile als ein rechteckiger Rohblock hergestellt werden, in denen die PMMA-Fasern in geeigneter Richtung eingelegt sind. Dieser Block wird im nächsten Arbeitsschritt ausgefräst, so dass individuelle Querschnitte oder Profile herstellbar sind, die zur Herstellung von Treppen in beliebigen Steigungsmassen in der Grösse der Aussparung angepasst werden können. Genau so werden die Längen der einzelnen Module, die sich auf die Gesamtbreite der

Treppe beziehen, durch die jeweiligen Abschnitte der Einzelbausteine erreicht.

Als Ausgangsmaterial wurde von der Autorin ein integraler Hartschaum vorgeschlagen, der den Vorteil hätte, dass das Gewicht relativ gering ist. Die Oberfläche der Stufen sollte durch die Verdichtung des Integralschaums gegen die Oberfläche der Schalen ausreichend hart und widerstandsfähig gemacht werden. Dieser Vorschlag wurde aus zwei Gründen relativ kritisch beurteilt. Zum einen ermöglicht die Herstellung mit einer Schalung nur ein bestimmtes Treppenprofil, das nur bei bestimmten Geschosshöhen anwendbar ist. Zum anderen ist davon auszugehen, dass eine Einstellung des integralen Hartschaumes so präzise, dass die Verdichtung in geeigneter Form nur an der Oberfläche der Schalung eintritt, nicht ohne weiteres vorstellbar ist, weil die Bauteile relativ gross und durch die eingelegten PMMA-Fasern die Schalformen komplex sein werden. Deswegen wurde im Workshop-Team die Ausführung der Treppenstufen aus einer Kompaktmasse (nicht geschäumtes Material) favorisiert, weil durch diese Herstellung ein homogenes Bauteil erzielt werden könnte, das durch Fräsungen und mechanische Oberflächenbearbeitung in die entsprechende Form gebracht werden kann.

Die von der Autorin vorgeschlagene Modularisierung der Bauteile in einzelne Stufen, die vor Ort zusammen gesetzt werden, scheint in der weiteren Bearbeitung unnötig, weil im Bauablauf meistens ein Hebegerät oder Kran zur Verfügung stehen, der auch das Einbauen und Versetzen von schwergewichtigen Bauteilen ermöglicht. Deswegen wird davon ausgegangen, dass eine solche Treppe immer bergseitig zu einem kompletten Bauteil zusammen gesetzt würde und vor Ort mit einem Hebegerät versetzt werden könnte.

Unter dieser Voraussetzung ist ein Einbringen der vorgeschlagenen Stahl-Spannseile unproblematisch und wird für alle Treppentypen, auch bei kleineren Lauflängen, als sinnvoll erachtet, weil dadurch ein verbundenes, in sich stabiles und steifes Bauteil hergestellt werden kann, das einfach vor Ort versetzt werden kann. Die von der Autorin weiter vorgeschlagenen PMMA-Fasern an der Unterseite der einzelnen Stufen, die zur Aufnahme der Zugspannungen in Querrichtung dienen sollen, könnten – sofern keine statische Untersuchung der Bauteile dies erfordert – durch einfachere Glasfasermatten ersetzt werden, die den Vorteil hätten, dass sie einen vernetzten Verband mit dem darunter liegenden Polyurethan eingehen und dadurch eine einfache Herstellung der Bauteile ermöglichen. Es ist aber davon auszugehen, dass insbesondere bei der Verwendung einer Pappmasse, die eine hohe Dichte und hohe zulässige Druck- und Zugspannung aufweist, auf die Einlage der Zugbewehrung verzichtet werden kann, weil die Bauteile eine grosse statische Höhe von ca. 200 mm aufweisen, die für das Überspannen einer durchschnittlichen Treppenbreite von 1 – 2 m ohne weiteres geeignet scheint. Hier ist der Vergleich mit Holz als Treppenmaterial aufschlussreich, weil Holzbalken ohne Probleme solche Spannweiten mit einer statischen Höhe von nur 8 – 10 cm überbrücken können.

04. Ökologie

Die avisierte Herstellung der Stufenmasse durch spanende Bearbeitung eines Blocks führt zu einem grossen Gewichtsanteil an ausgefräster Kompaktmasse. Eine solche Herstellung scheint nur dann wirtschaftlich umsetzbar, wenn diese Späne in die Herstellung der Blöcke eingebunden werden können. Ideal wäre ein thermoplastisches Polyurethan, bei dem Rohstoffe und Späne zu neuen Blöcken verschmolzen werden.

Einer solchen Fertigung wären die Treppen, die entsorgt werden sollen, zurückzuführen. Voraussetzung ist allerdings, dass für die Fasern ein Material eingesetzt wird, das sich problemlos mit den opaken, thermoplastischen Anteil einschmelzen lässt und sich verbindet.

Lieferware

Dachfenster und Treppenelemente

Dipl. Arch. ETH Hans Drexler
Dr. Andrea Eisenhardt
Dipl.-Ing. Margit Pfundstein
Dipl.-Ing. Volker Schmidt

05. Ästhetische Qualitäten

Der besondere Reiz der Treppe besteht in der Interaktion zwischen Bauteil und Benutzer. Im Gegensatz zur Passivität und Neutralität konventioneller Treppen, ist die Treppe mehr Installation und Event, die den Benutzer ein besonderes Gefühl von Aufmerksamkeit gibt. Die Bewegung auf der Treppe wird zum Spiel und zum Erlebnis, das Höhendifferenzen, die höher oder tiefergelegene Flächen oft schwer nutzbar machen, positiv aufwerten.

06. Ökonomie

Die Treppe wird als Nischenprodukt nur in kleineren Mengen absetzbar sein. Um eine wirtschaftliche Umsetzung zu ermöglichen, muss die Produktion im handwerklichen Bereich angesiedelt sein, wo die Entwicklungskosten und Investitionskosten für Maschinen verhältnismässig gering sind. Ideal wäre eine Produktion, die auf bestehende Infrastruktur zurückgreift. (CNC Fräsen, Möbelhersteller)

07. Partnerprofil

Für den Markteinstieg sollte die Treppe als Einzelstück auf bestehenden Maschinen von kleinen und mittelständischen Partnern gefertigt werden. Auf diese Weise und vermutlich in einer ähnlichen Preisspanne werden auch konkurrierende Treppenprodukte hergestellt. Sinnvoll könnte eine zentrale Herstellung der Blöcke sein (Mittelständler), die zur Weiterverarbeitung an Handwerksbetriebe ausgeliefert werden.

08. Schwierigkeiten

Ein weiterer wichtiger Punkt war die Oberflächenbeschaffenheit und Rutschfestigkeit der Stufen, die insbesondere bei Treppen von wesentlicher Bedeutung sind. Die Oberfläche könnte durch ein Coating versiegelt werden. Hierdurch könnten sowohl UV-Beständigkeit wie auch Witterungsbeständigkeit sichergestellt werden. In bestimmten Bereichen sind solche Coatings auch auf Anforderungen der Rutschfestigkeit hin einzustellen, jedoch besteht ein Widerspruch darin, dass die glatteren Oberflächen grundsätzlich günstiger für die Widerstandsfähigkeit, Verschmutzung und Reinigungsfähigkeit sind, die raueren Oberflächen allerdings die Sicherheitsanforderungen an die Rutschfestigkeit besser beantworten. Als Vergleich für Abriebfestigkeit und Rutschfestigkeit können die aus Polyurethan hergestellten Schuhsohlen herangezogen werden, bei denen eine Laufleistung von 500 – 1000 km erreicht wird, für die jedoch aufgrund der Anforderungen an die Ergonomie ein wesentlich weiches und biegsames Polyurethan benutzt wird, so dass davon ausgegangen werden kann, dass bei härteren Polyurethanen wesentlich höhere Abriebwerte erzielt werden würden.

Im Zuge der Diskussion wurde eine Lösung favorisiert, bei der eventuell einer Kompaktmasse ein Anteil einer Schüttung oder Füllmasse hinzugefügt werden kann, die zum einen die Kosten senkt, weil sie kostengünstiger herzustellen ist als die Polyurethan-Trägermasse, die zum anderen auch die Härte und Abriebfestigkeit des Materials erhöht.

So ist vorstellbar, dass z.B. ein Zusatz von Quarzsanden dazu führt, dass die Polyurethan-Trägermasse, die die Quarzsande aufnimmt, an der Oberfläche des Materials relativ schnell abgerieben ist, wodurch eine Art Sandpapier-Struktur verbleibt, in der nur die Sandkörner an der Oberfläche verbleiben. Diese Sandkörner weisen eine hohe Festigkeit und Abriebbeständigkeit auf und gewährleisten gleichzeitig die Rutschfestigkeit der Stufenoberfläche. Sollte die Oberfläche des Polyurethans nicht die geeignete Abriebfestigkeit aufweisen, so ist vorstellbar, die Stufen im Nachhinein mit Nuten zu versehen, die entweder durch die einfache Einkerbung oder durch eingelegte Metallprofile, wie sie auch-

bei Natursteinstufen häufig eingesetzt werden, die Rutschfestigkeit gewährleisten.

09 Ansätze und offene Fragen in der Gruppendiskussion

Die offenen Fragen wurden vor allem in der Herstellung der Blöcke zur Diskussion gestellt. Dabei waren in der Gruppenbesprechung das Einlegen der Fasern und die Herstellung sowohl als auch die Materialwahl- und kosten zentrale Diskussionspunkte, die vordringlich zu klären sind, um die Machbarkeit des Produkts beurteilen zu können.

10. Funktionsweise

Die Vertiefung während des Workshops hat ergeben, dass es sinnvoll erscheint die Treppen nicht als einzelne Stufenmodule herzustellen und vor Ort zu montieren, sondern ganze Treppen anzufertigen, die dann als Ganzes ausgeliefert und montiert werden sollen. Ungelöst blieb das Problem der individuellen Anpassung auf notwendige Steigungsverhältnisse. Im Workshop wurde vorgeschlagen, die Elemente als Rohlinge vorzufertigen und durch Nachbearbeitung auf den speziellen Einsatzort anzupassen. Problematisch erscheint dabei jedoch der hohe Materialverschleiss, der so nicht verhindert werden kann.

04.2.3. Ergebnisse Workshop I

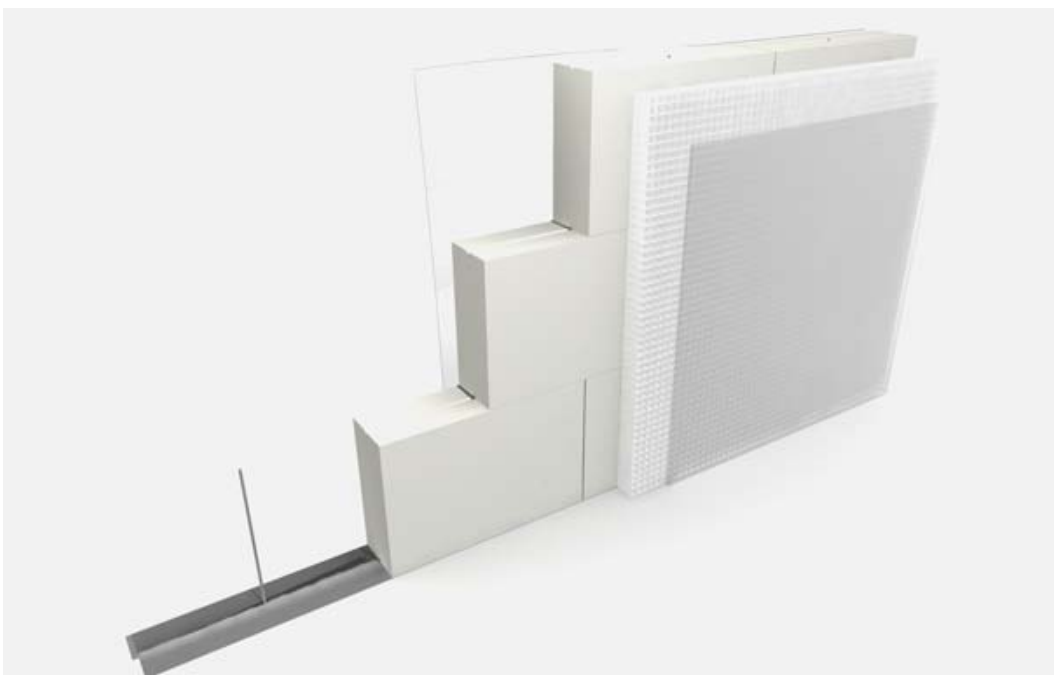
Zusammenfassung der Ergebnisse: Modulsteine und Platten

Die wichtigsten Ergebnisse des Projekts bis zu diesem Zeitpunkt sind Vorschläge für die Entwicklung von Modulsteinen aus faserdurchsetzten Polyurethanen und Plattenwaren in unterschiedlichen Ausführungen.

Es wurden zahlreiche spezifische Systeme untersucht, die in der Produktionskette weitere Schritte beinhalten wie z.B. Fassadensysteme. Diese Systeme würden voraussetzen, dass ein Rohmaterial verfügbar ist, aus dem die Systemkomponenten hergestellt werden können. Deswegen scheint es naheliegend, sich in der Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf die ersten Schritte der Produktionskette zu konzentrieren, um so die Voraussetzung zu schaffen, dass Folgeprodukte entwickelt werden können.

Die Modulsteine und Plattenwaren sind für den Baubereich vielseitig einsetzbar und erschliessen zahlreiche Anwendungen.

Bauprozesse sind noch immer in hohem Masse handwerklich geprägt. Für solche handwerklichen Prozesse sind solche Rohprodukte geeignet. Auch bei Architekten sind universell einsetzbare Bauelemente gerade deshalb interessant, weil sie unvorhergesehen Einsätzen zugeführt werden können. Dabei schätzen sie insbesondere den Gestaltungsspielraum, der durch die fehlende Einbindung in feste Bausysteme entsteht. Die Modulsteine aus Transluzentem Polyurethan sind geeignet für alle Arten von Einbauten, Trennwänden und Möbelunterkonstruktionen. Auch die Einbindung in andere Konstruktionen wie Mauerwerks- oder Gipsständerwände ist ebenso einfach wie reizvoll.



Die Plattenware aus heterogenen Granulaten kann zahlreiche Anwendungen finden, die in Gänze nicht absehbar ist. Ähnliche Plattenwaren zählen zu den mengen-umsatzmäßig umsatzstärksten Bauprodukten im Bereich Innenausbau. Wandbekleidungen, Möbel, Trennwandsysteme, Beschilderungen und Bodenbeläge wurden in den Miniprojekten ausführlich untersucht und liessen sich mit Platten aus heterogenen Granulaten leicht zur Produktionsreife weiterentwickeln. Würde eine UV-Stabilisierung der eingesetzten Polyurethane erreichbar, so wären die ebenso zahlreichen wie erwartungsgemäss umsatzstarken Anwendungen für Fassadensysteme basieren auf den Platten preisgünstig umzusetzen. Die Plattenware aus Granulaten scheint wegen der einfacheren Herstellung gegenüber den faserdurchsetzten Polyurethanen einen erheblichen Kostenvorteil zu haben.

Es wurde festgestellt, dass Transluzentes Polyurethan vermutlich immer teurer sein wird, als entsprechende Substitute. Der Mehrwert des Materials besteht in seiner ästhetischen Wirkung. Deswegen scheinen dünne Platten aus Transluzentem Polyurethan eine besonders geeignete Formulierung, weil mit einem minimalen Materialeinsatz die attraktive Oberflächenwirkung erzielt wird,

In den beiden Grundformen sind vielseitig einsetzbare, für den Bausektor in besonderem Masse geeignete Materialien identifiziert worden.



04.3.1. Miniprojekte Produktdesign

Das Transluzente Polyurethan ist ein ästhetisch hochwertiges Material, das vor allem durch seine Reaktion auf Lichteinfall besonders schöne optische Effekte erzeugt. Diese Eigenschaft führt dazu, dass die Verwendung des Materials für Einrichtungsgegenstände besonders augenfällig ist. Im zweiten Teil des Workshops sollen, nach der Betrachtung von Bauprodukten im ersten Teil, nun gezielt Designobjekte vorgestellt werden. Der wesentliche Unterschied besteht in den anders gearteten Anforderungen an das Material.

Miniprojekte Übersicht

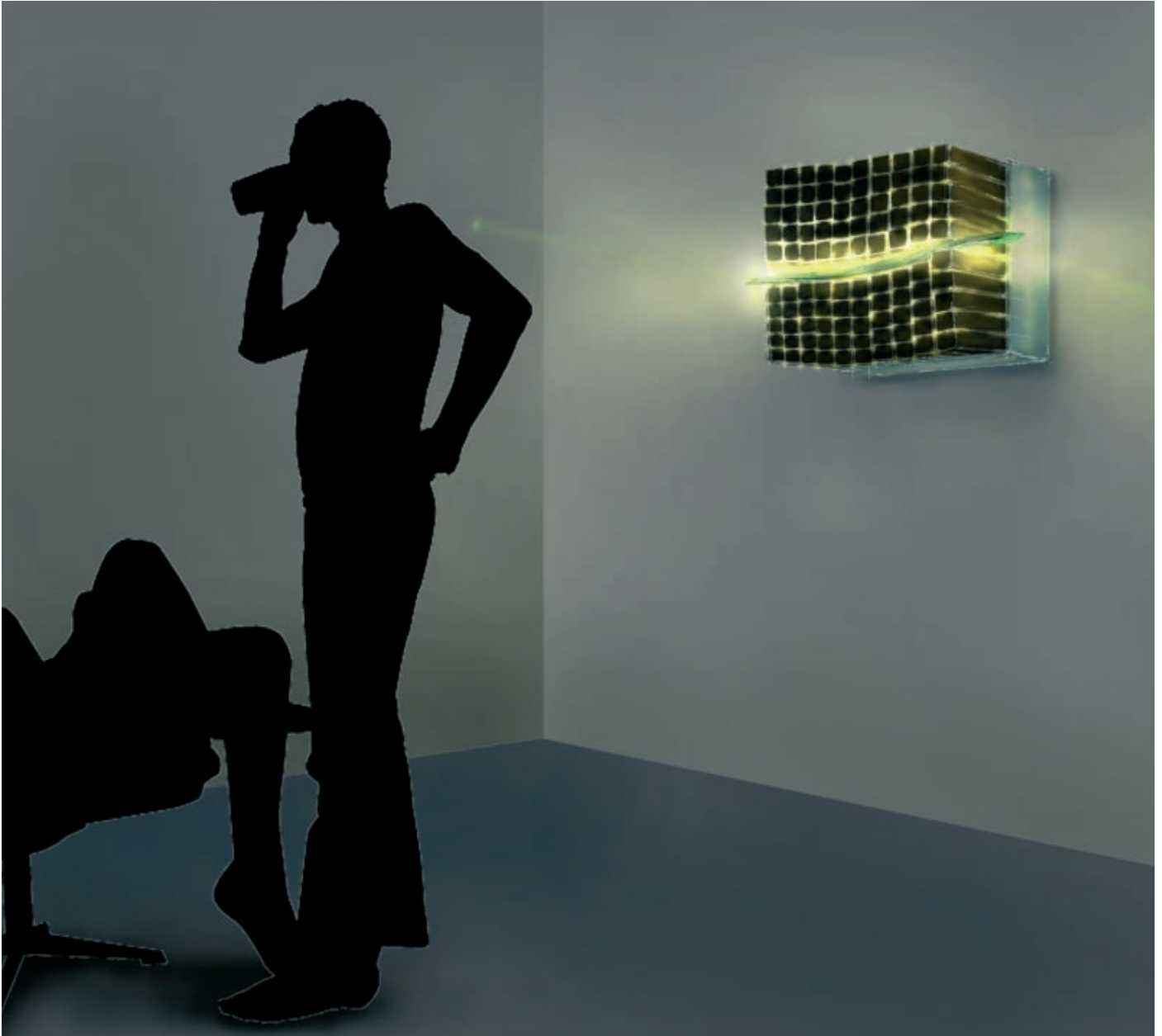
- S.70 **Split´n Grow**
Alice Wegmann
- S.72 **Traumferienhaus**
Anne-Sophie Feja
- S.74 **Batch- Batch your Bath!**
Eva Zellmann
- S.76 **Light Seat**
Dina Tiles
- S.78 **Telefonzelle**
Ewgenji Gepper
- S.80 **Leuchttregalsystem**
Veronica Kraljic
- S.82 **Trolley**
Patricia Mökesch/Katharina Schmelz
- S.84 **Blinker**
Tanja Klippert/Marcella Lantelme

04.3.2. Protokolle Workshop II

04.3.3. Ergebnisse Workshop II

Split´n Grow

Eine interaktive Leuchte aus Transluzentem Polyurethan



Die lichtleitenden Eigenschaften von Kunststofffasern im Polyurethan verwandeln die Trägermasse in ein transluzentes Material. Betrachtet man Licht als Energie und assoziativ als Nährstoff, stösst man in der Natur auf ähnliche Leitsysteme. Pflanzen verfügen über Leitbündel, die man insbesondere bei mikroskopischen Querschnittsaufnahmen erkennen kann. Das „Grow“-Lampenelement ist gestalterisch abgeleitet von einem Grashalm. Die Anordnung der Kunststofffasern ist inspiriert durch Pflanzenquerschnitte.

Das Polyurethan ist Trägermasse, „angereichert“ mit zahlreichen Kunststofffasern erhält es die transluzente Eigenschaft. Für meinen Entwurf habe ich Erde als „Trägermasse“ betrachtet. Optisch ist sie auf den ersten Blick unscheinbar und doch enthält sie zahlreiche Nährstoffe, die Pflanzen zum Wachsen bringen. Das „Split“ Lampenelement gibt erst nach dem Eingreifen des Nutzers sein „nährstoffreiches“ Innenleben preis und erzeugt somit Licht.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Ausgangsmaterial: PUR + PMMA-Fasern

Der Schaum ist flexibel und dunkelbraun eingefärbt. Die PMMA-Fasern leiten Licht und liegen horizontal und vertikal im PUR-Schaum.

Behandlung

Der PUR-Schaum wird als Integralschaum hergestellt, damit sich eine glatte Haut entwickelt. An fünf Seiten umhüllt eine 1 cm dicke PUR-Schicht den Leuchtblock. Die Unterseite schliesst mit angeschnittenen PMMA-Fasern ab.

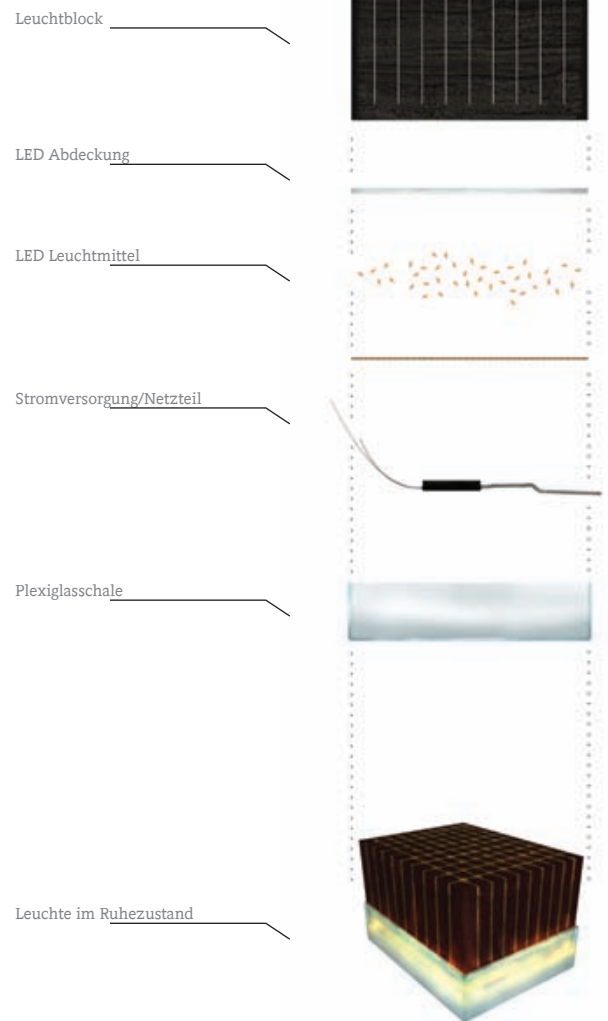
Lampenbau

Der mit einer extra Schicht PUR-Schaum eingehüllte Block wird in eine Plexiglas-Schüssel gesetzt. Licht wird durch eine Kaltlicht-Platte erzeugt, die aus zahlreichen LEDs besteht.

Funktion

Das Objekt wird durch Interaktion zur Lampe. Durch die Ummantelung gibt sie im geschlossenen Zustand zunächst kaum Licht ab. Werden die PUR- Blöcke auseinander gedrückt, tritt Licht aus. Dies kann durch das Dazwischenklemmen von Gegenständen geschehen. Der Nutzer hat die Möglichkeit, seine Lampe jederzeit zu modifizieren. Als Zusatz-Tool gibt es grüne PUR-Halme mit PMMA-Fasern, die Licht parasitär weiterleiten können.

(aus dem Erläuterungsbericht)

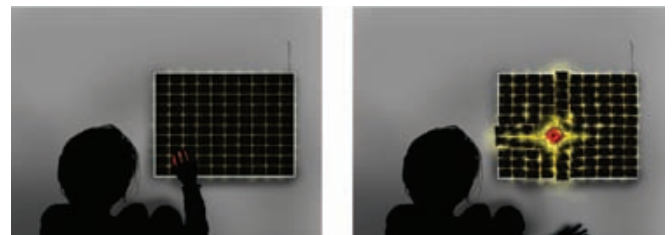


Systemaufbau
Isometrie

Interaktion mit PMMA-Halm
Schnitt



Interaktion mit beliebigem Gegenstand
Grundriss



Traumferienhaus

Ein modulares Hausboot



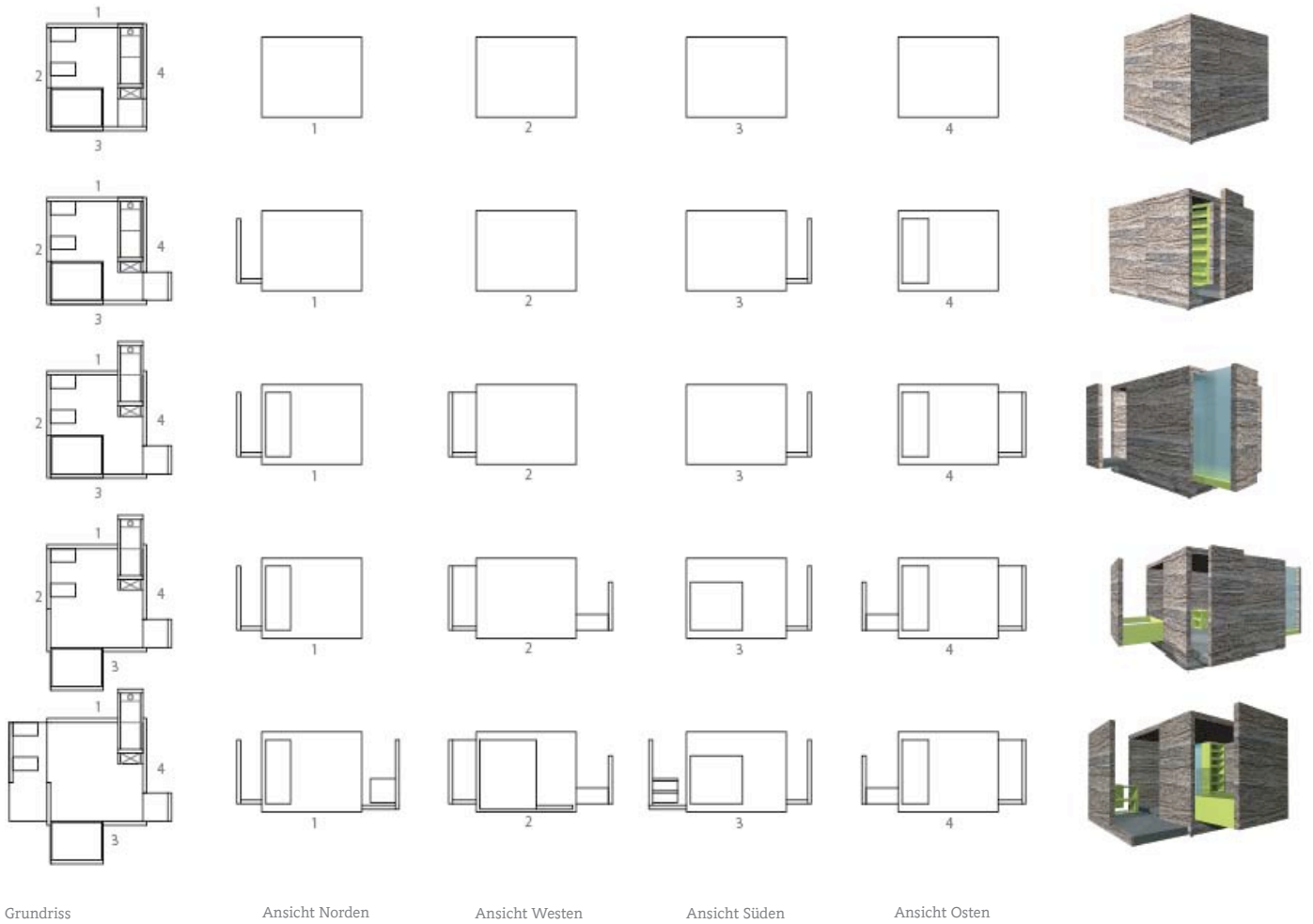
Ziel der Autorin ist es, mit diesem Entwurf durch konzentrierte und kompakte Bauweise die Natur zu respektieren und gleichzeitig zu einem Komsumgut für den Erholungssuchenden zu machen. Das Hausboot gliedert sich, als schwimmendes Modul konzipiert, in die Landschaft ein. Die einzelnen Module werden über die Anlegestege mit Strom und Wasser versorgt. Zudem sind flexible Zusammenschlüsse der Module möglich. Im geschlossenen Zustand bilden sie eine kompakte

Form. Wird das Modul bewohnt, kann der Nutzer den Wohnraum erweitern. Die Funktionsbereiche Kochen, Schlafen und Sanitär können aus dem Kubus herausgeschoben werden. Je nach Wunsch und Wetter ist es dadurch auch möglich, draussen zu schlafen oder zu duschen.

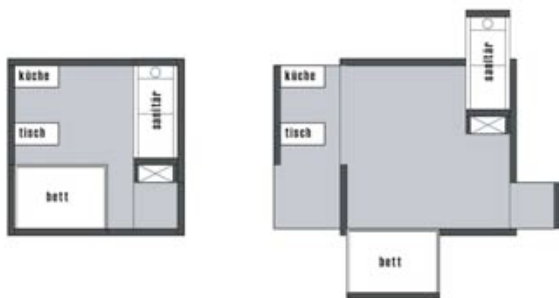
Es entstehen Ausblicke nach allen Richtungen und die einzelnen Funktionen des Hausboots werden nach außen hin sichtbar.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Miniprojekte Produktdesign



Grundriss

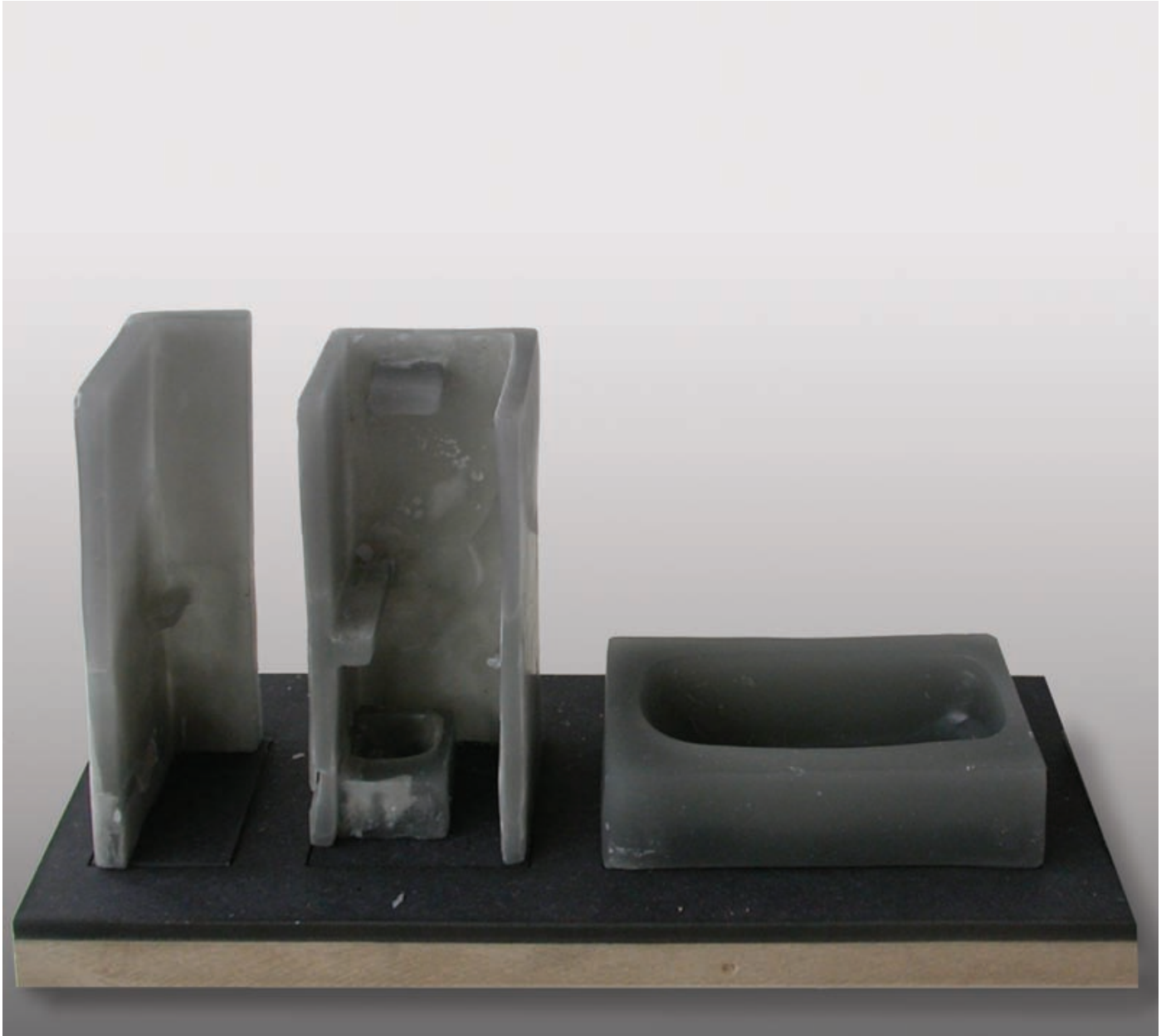


Anne-Sophie Feja

FH Mainz

Batch - Batch your Bath!

Modulares Badezimmermöbel



Batch ist ein modulares Bademöbelsystem aus Transluzentem Polyurethan, welches ein spannendes Licht- und Schattenspiel entstehen lässt und zusätzlich zu der optischen Qualität durch Lichtsetzungen inszeniert werden kann. Die Bestandteile werden aus PUR-Scheiben ausgeschnitten und dann zusammengefügt. Die Zusammenstellung der Teile ist nicht zwingend festgelegt, so kann auf Wünsche des Verbrauchers eingegangen werden. Grosser Vorteil dieses Systems ist

die Integration der Installationswände. Leitungen müssen lediglich vorher im Boden gegeben sein. Die Installationswände können auch Aussenwände ersetzen. Je nach Richtung der PMMA-Fasern im jeweiligen Element kann diese Wand opak oder aber auch transluzent bis transparent sein. Der Aufbau der Badmöbel ist durch die Stapelbauweise sehr einfach, so dass er durchaus auch vom Verbraucher selbst übernommen werden und auch selbst gestaltet werden könnte.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Schnittplatten



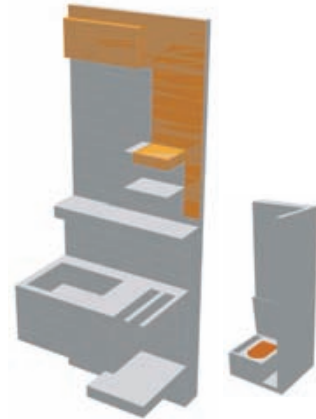
Aufbau am Beispiel Waschbecken



stapeln



verkleben

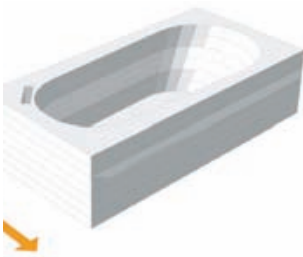


versiegeln transparent ...oder opak



Leitungen verlegen

Lichtdurchdringung



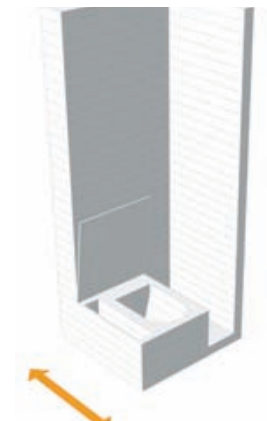
Badewanne



Waschbecken



Dusche



WC

Die Badelemente sind transluzent. Dadurch entstehen interessante Licht- und Schattenspiele. Die Schnittplatten geben hier eine Durchdringung in nur eine Richtung vor, jedoch kann durchaus angedacht werden, von Schicht zu Schicht die Lichtdurchdringung der Schichten zu wechseln.

Light Seat

Möbel als Projektionsfläche



Transluzentes Polyurethan besteht aus zwei Komponenten, die unterschiedliche Eigenschaften vereinigen. Kunststofffasern sind Lichtleiter und Polyurethan kann man in verschiedener Raumdichtigkeit herstellen. Light Seat ist ein neuartiges Möbelsystem, das Sitzen oder Liegen mit Bildprojektionen kombiniert. Unter dem Möbel angeordnete LCD-Displays projizieren durch die Glasfasern ein Bild an die Oberfläche des Möbels.

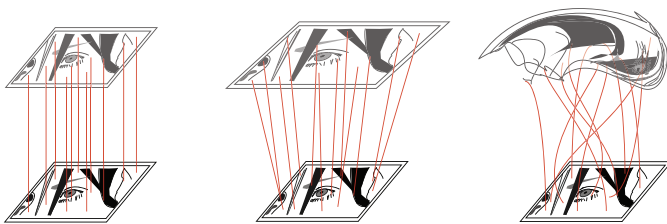
Die Benutzung von einem Polyurethan-Formschaumsystem ermöglicht eine vielfältige Formgebung. Das Material lässt sich für Sitzmöbel im Innenbereich weich, für Strandmöbel hart ausführen.

Das Material ist wasserbeständig, ist leicht zu pflegen und kann damit auch draussen genutzt werden. Es sind auch Leuchtobjekte vorstellbar, die Bilder zeigen und eine dezente Beleuchtung erlauben.

(aus dem Erläuterungsbericht)



Die Anordnung der Fasern kann eingesetzt werden, um Vergrößerungen oder Verzerrungen der Projektionen zu bewirken.



Weichformschaumsystem:

Polyurethanschaum in unterschiedlichen Festigkeiten

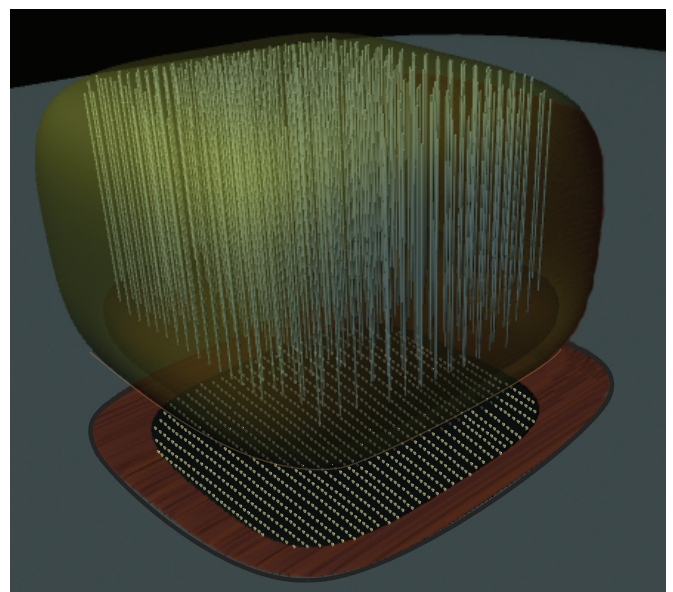
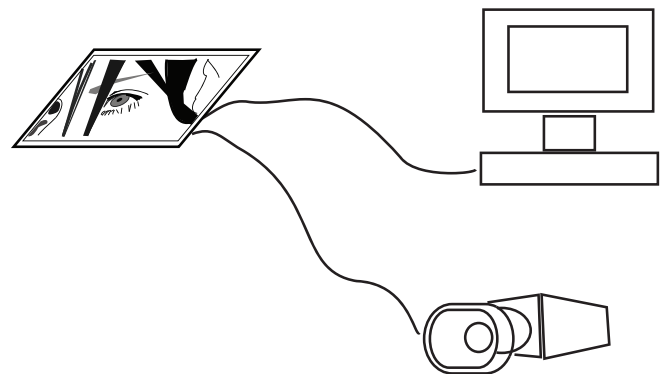
Kunststofffasern:

Lichtleitung durch Monofaser; nackt 3,0 mm
Positionierung der Fasern im Produkt ist wichtig für das übertragene Bild.

LED-Display:

gibt Bilder oder Texte vor, die an die Oberfläche projiziert werden. Das Display kann an einen Computer oder an eine Kamera angeschlossen werden.

Übertragen von Bildinformationen von verschiedenen Quellen auf das Display



Telefonzelle

Stadtmobiliar



Der Entwurf einer Telefonzelle steht als Synonym für alle Möglichkeiten und Arten von Zellen im öffentlichen Raum. Ihre Funktion liegt im Schutz des Benutzers vor Regen und Wind. Für den Einsatz als Telefonzelle sind eine einfache Herstellung, Witterungsbeständigkeit, Komfort und eine angenehme Atmosphäre von Bedeutung.

Aus Polyurethan kann man jede beliebige Form leicht herstellen. So werden einzelne Schichten gegossen und beim Zusammenbau der Zelle einfach übereinander gezogen.

Die eigentliche Telefonsäule, die auf einem Betonfundament im Boden fixiert ist, steift zusätzlich die Konstruktion aus.

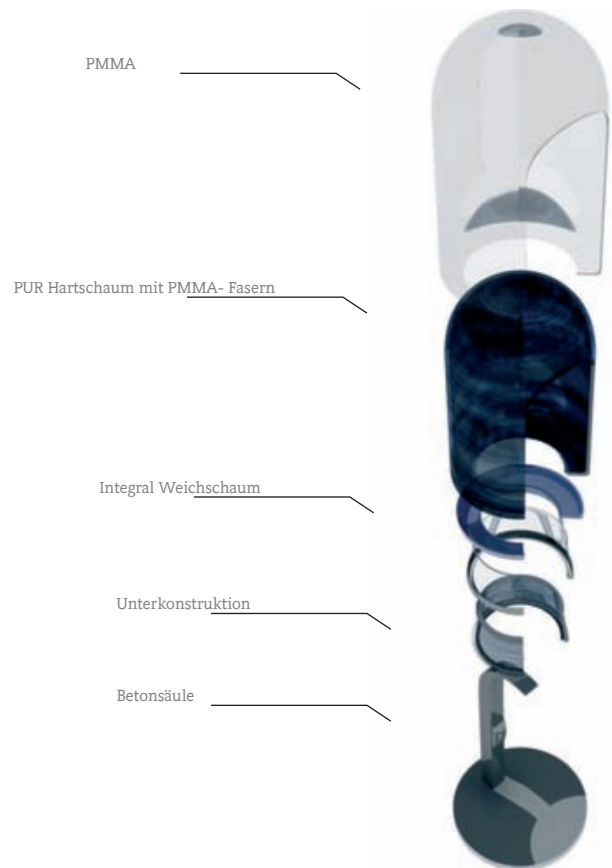
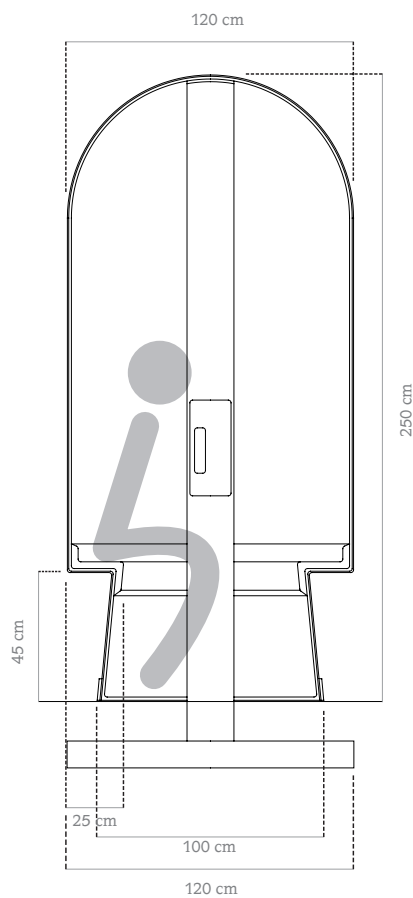
(aus dem Erläuterungsbericht)

Funktion

Die innere Schicht der Zelle ist aus PU-Hartschaum in Verbindung mit PMMA-Fasern. Die Fasern leiten das Licht hinein, so ist es im Inneren nicht dunkel. Von aussen kann man tagsüber, sowie nachts schemenhaft sehen, ob die Zelle besetzt ist, allerdings bietet die

Transluzenz des Materials eine Privatsphäre für das Telefonieren an öffentlichen Telefonen.

Die einfache Herstellung und Montage machen die transluzente Telefonzelle so zu einem intelligenten und interessanten Stadtmobiliar.



Komfort

Die äussere Schicht der Telefonzelle ist aus Transluzentem Polyurethan ausgeführt. Es ist sehr druckfest, glatt, kratzfest, frost- und wasserbeständig.

Innen auf der Sitzfläche ist ein Ring aus integralem Weichschaum. Dieses Material hat eine hohe Abriebfestigkeit und ist sehr elastisch. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit des Materials bleibt der Sitz auch bei Kälte warm.



Leuchtregalsystem

Ein praktisches und atmosphärisches Leuchtmöbel



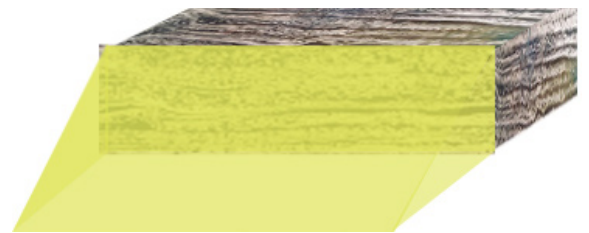
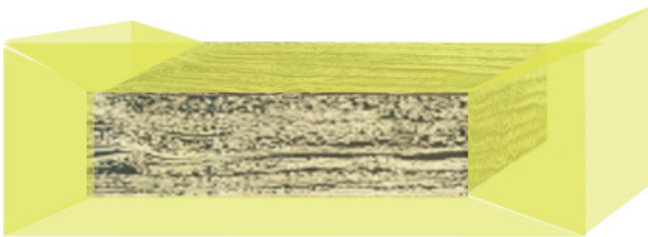
Ein Leuchtobjekt aus Transluzentem Polyurethan bietet, entsprechend seiner Baustoffeigenschaften, zusätzlich mehr Eigenschaften als eine herkömmliche Lampe. Der Werkstoff bildet in sich einen stabilen Verbund. So besteht die Option, die Leuchte ebenfalls als Ablage zu verwenden. Mit seiner individuell einstell-

baren Struktur und der damit einhergehenden starken bzw. weniger starken Transluzenz verfügt der Werkstoff über besondere Lichteigenschaften und gestalterische Qualität. Je nach Anforderung kann das Objekt sanftes, indirektes, intensives oder dekoratives Licht erzeugen und Atmosphäre im Innenraum schaffen.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Konzept

Da der Werkstoff, aufgrund seiner porigen Beschaffenheit, ein lediglich geringes Gewicht aufweist und die entsprechend eingelegten, gerichteten PMMA-Fasern mit ihrer einstellbaren Transluzenz diesen Eindruck der Leichtigkeit optisch noch verstärken können, ist die Leuchte als schwebendes Lichtobjekt konzipiert. Zur Lichtgestaltung sind verschiedene Szenarien denkbar.



Konstruktion

Ausgehend davon ist die Halterung der Leuchte verdeckt an der Wand angebracht und lässt die Konstruktionsweise lediglich erahnen.

Aufgrund dessen tritt die beabsichtigt leichte und frei schwebende Wirkung der Lampe deutlich hervor.



Trolley

Ein Licht reflektierender Rollkoffer



Die Entwicklung eines Trolleys unterscheidet sich wesentlich von allen anderen Mini-Projekten. Es handelt sich bei ihm um einen wirklichen Gebrauchsgegenstand, der dafür gemacht ist, ständig hin und her transportiert zu werden. Der Trolley ist also kein statisches Objekt, das in Szene gesetzt wird. Er ist mobil und bietet sich deshalb an, seine optische Wirkung durch Reaktionen auf seine Umwelt zu erzeugen. Zur optimalen Anpassung an die an ihn gestellten Anforderungen, ist die Produktion des Trolleys partiell aus

weichen und harten Formteilen vorgesehen. Durch die gute Oberflächenhaftung des Polyurethans wird der Verbund untereinander während der Herstellung bevorzugt. So werden keine weiteren Verbindungsmechanismen nötig. Durch den zweischichtigen Aufbau der Trägermaterialien können unterschiedliche optische Varianten problemlos hergestellt werden. Es können Saisonkollektionen und Trendfarben angeboten werden.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Miniprojekte Produktdesign

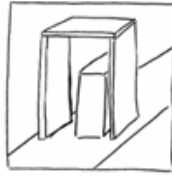
Auftretende Belastungen



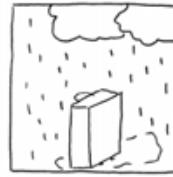
Stöße



Belastung durch Inhalt



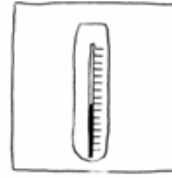
Röntgenstrahlung
Metalldetektoren



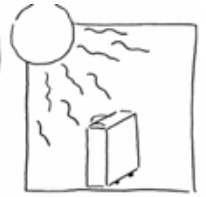
Feuchtigkeit
(Regen, Schnee, Spritz-
wasser)



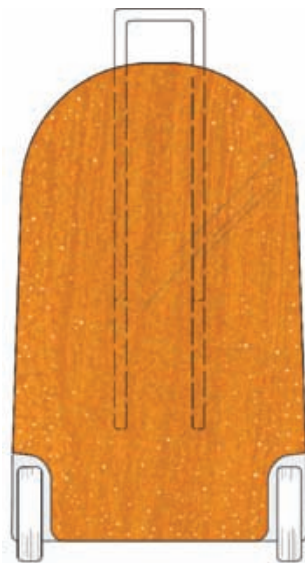
Mechanische Belastung



Temperaturänderungen



UV-Licht

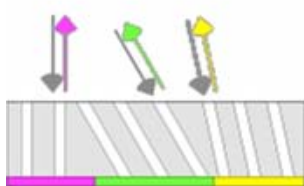
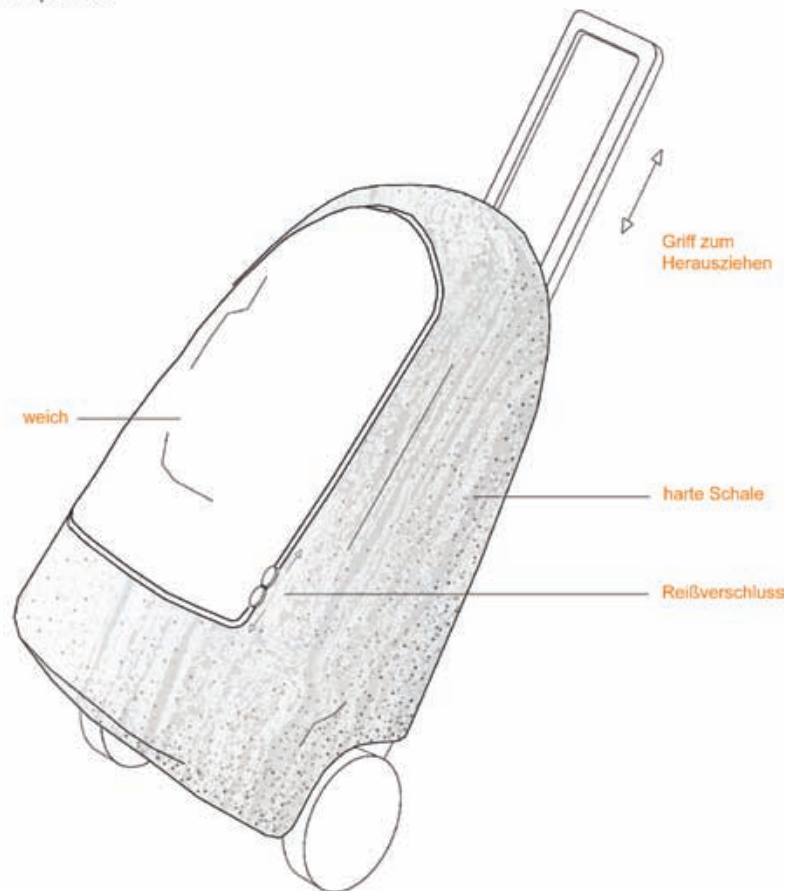


Rückansicht

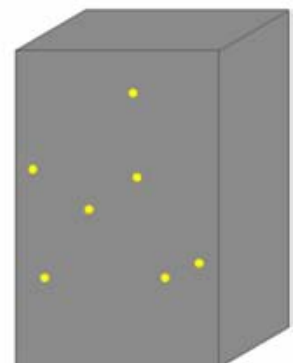
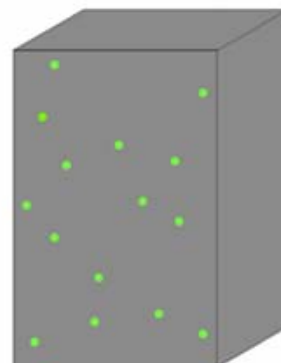
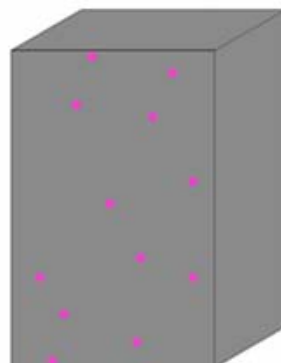


Querschnitt

Perspektive



Lichteinfall, Lichtausfall



Blinker

Ein Autoblinder aus Transluzentem Polyurethan



Der Entwurf eines Autoblinders ist eine interessante Idee im Hinblick des Einsatzgebietes in der Automobilbranche, einem zusätzlichen Marktsektor des Transluzentem Polyurethan.

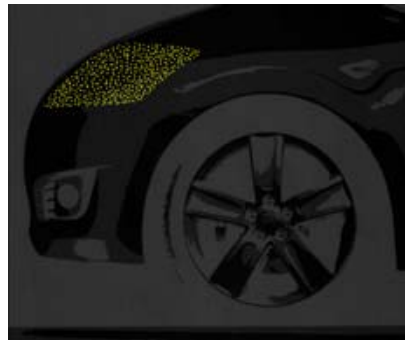
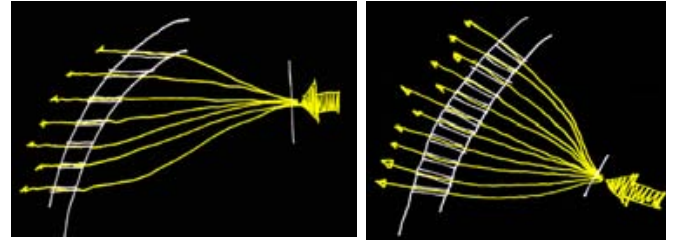
Der Blinker ist Teil des Kotflügels eines Autos, der jedoch nicht geeignet ist, den Scheinwerfer zu ersetzen. Er hat die Funktion eines Blinkers und kann zudem im Gegensatz zu LED-Leuchten, die punktuell leuchten, als ein flächiges Gestaltungselement im Fahrzeugbereich eingesetzt werden. Schon beim Karosseriebau

kann man die Blinkerform integrieren. Die integrierte Form hat die Eigenschaft, sich bei einem eventuellen Aufprall rückzuverformen. Die Besonderheit im Vergleich zu anderen Blinkern liegt in der vollständigen Integration im Kotflügel. So können besonders glatte und gleichmässige Oberflächen erzeugt werden. Da kein extra Einbauteil mehr notwendig ist, wirkt die gesamte Oberfläche sehr aerodynamisch.

(aus dem Erläuterungsbericht)

Faseranordnung

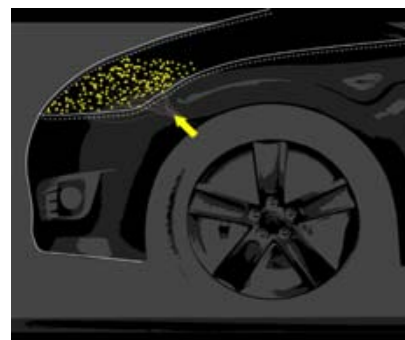
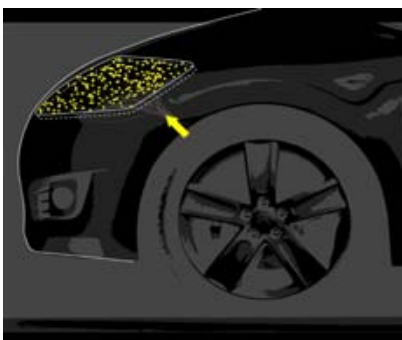
Bei paralleler Anordnung der Fasern erhält man eine gleichmässige Leuchtkraft des Blinkers, die PMMA-Fasern leuchten in einer dichten Fläche auf dem Kotflügel. Der Blinker selbst kann als eine Platte aufgesetzt werden oder in den Kotflügel integriert werden. Der Blinker erzeugt eine flächenmässige verlaufende Leuchtwirkung, die Funktionsweise geht von einer radialen Anordnung der PMMA-Fasern aus.



Funktion

Der Funktionsschnitt zeigt die Anordnung der Blinkerplatte im Kotflügel, wie sie als Platte im Kotflügel aufgesetzt wird. Die Integration der Blinkerform in der Karosserie zeigen die weiteren Funktionsschnitte.

Die Funktionsweise des Blinkers ist eine unterhalb der PMMA-Fasern eingebaute Leuchte, die die Fasern anstrahlt und die wiederum ihre Leuchtwirkung nach aussen an den Strassenverkehr als Blinkerfunktion oder gar als zusätzliche Sichtmöglichkeit abgeben.



04.3.2. Protokolle Workshop II

In Workshop II wurde der Fokus auf Mini-Projekte aus dem Bereich des Produktdesigns gelegt. Wesentlicher Unterschied der Entwürfe dieses Segmentes zu den Projekten des Baubereiches bestand in der objektspezifischen Ausformung des Transluzenten Polyurethans. Die Entwürfe beschäftigten sich also weniger mit der systemischen Integration des Transluzenten Polyurethans, um dessen ästhetische Wirkung und wesentlichen Eigenschaften positiv nutzen zu können, sondern mehr mit der Inszenierung des Materials. Häufig wurden dazu Formteile entwickelt, die dann durch direkte oder indirekte Hinterleuchtung zum Eye-Catcher wurden.

In der Gruppendiskussion wurde einige der vorgestellten Mini-Projekte von einer genaueren Untersuchung zurückgestellt, da eine Verwirklichung in diesen Fällen zum momentanen Zeitpunkt utopisch ist.

Für eine Vertiefung während des Workshops wurden drei Entwürfe ausgewählt:

- 01.** Ein Lichtobjekt, das als Designaccessoire dekorative Wirkung hat. Transluzente Polyurethan-Quader aus geschäumtem Material wird dicht auf eine leuchtende Platte aufgebracht. Im Ruhezustand nimmt der Betrachter nur ein sanftes Glimmen wahr, tritt er jedoch mit dem Objekt in Interaktion, so kann er den Lichtaustrag gezielt verändern. Das geschieht durch das auseinander drücken der Schaumstoff-Elemente. Dazu werden dem Benutzer flexible Stäbe aus Transluzentem Polyurethan mit Fasereinlage in Längsrichtung mitgeliefert. Diese oder andere Objekte kann er dann in das System verkeilen. Es entstehen leuchtende Schlitze in der Oberfläche.
- 02.** Ein Leuchttregal, das aus einer Verschalung aus Transluzentem Polyurethan besteht und von einem innenliegendem Belichtungssystem hinterleuchtet wird. Der Einsatz ist vor allem im gastronomischen Bereich, aber auch für Eye-Catcher im Privatbereich, zu sehen.
- 03.** Ein Signalsystem für hochwertige Fahrzeuge, das direkt in die Kfz-Karosserie integriert wird. Das Projekt sah vor, ganze Karosserieteile aus Polyurethan herzustellen und darin gezielt partiell PMMA-Fasern einzulegen, sodass durch eine angebrachte Hinterleuchtung der Anschein entsteht, dass die Karosserie an sich leuchtet, nicht ein separat angebrachter Scheinwerfer.

Die ausgewählten Mini-Projekte ähnelten sich untereinander in der Hinsicht, dass bei allen Entwürfen ein wesentlicher Augenmerk darauf verwendet worden war, das Transluzente Polyurethan in Szene zu setzen.

Die lichtleitenden Eigenschaften wurden dazu genutzt, um zum einen einen Beleuchtungseffekt zu erzielen, zum anderen das Objekt an sich leuchten zu lassen.

Lichtobjekt

Interaktive Lampe aus Transluzentem Polyurethan

Dipl. Arch. ETH Hans Drexler
Dipl.-Des. Sandra Hermanns
cand. arch. Franziska Swoboda

00. Einleitung

Die interaktive Lampe aus Transluzentem Polyurethan wurde vor allem wegen ihrer Funktion als Objekt zur Vertiefung ausgewählt. Sie ist keine Lampe im eigentlichen Sinne, sondern viel mehr ein Lichtobjekt, das dekorativ im Raum vorhanden ist und dazu einlädt, mit ihm in Interaktion zu treten.

Attraktiv ist ein solches Designobjekt in kleinen Abmessungen im privaten Umfeld. Denkbar ist aber auch eine hochmoderne Interaktionswand im Ladenbau oder exklusiven Gastrobereich.

01. Marktchancen

Die Lampe „Stick and Glow“ zielt auf eine besonders junge und individuelle Käuferschicht. Es ist davon auszugehen, dass der potentielle Käufer vergleichsweise jung und trendorientiert. Dementsprechend sollte die Lampe eher im mittleren Preissegment platziert werden. Diese Einordnung deckt sich mit der Tatsache, dass die auffällige Gestaltung der Lampe vermutlich dazu führen wird, dass sie sich unter Umständen nur in einem kurzen Zyklus genutzt wird und sich schnell überlebt.

02. Kundeninteresse

Das besondere Interesse des Kunden erklärt sich bei der Lampe aus der Möglichkeit der Interaktion. Ähnlich wie die Lampe von Ingo Maurer - Zettel z 6 kann der Käufer Aussehen der Lampe verändern und anpassen. Dadurch kann über den Auswahl- und Kaufvorgang in besonderem Umfang eine Identifikation zwischen Käufer und Produkt entstehen. Durch die Individualisierung nimmt der Kunde an der Gestaltung der Lampe teil und macht sie sich zu eigen. Der erhöhte Grad der Identifikation, der sich ihm Laufe dieses Prozess einstellt, wird vor allem von der jungen, auf Individualisierung ausgerichteten Käufergruppe ein Anreiz sein. Aus der Anpassungsfähigkeit der Lampe, die eine höhere Haltbarkeit und länger anhaltendes Interesse der Käufer sicherstellt.

03. Produktion und technische Machbarkeit

Um die von der Autorin erzielte Wirkung zu erreichen, müssten die Fasern so angeordnet sein, dass sie gleichmässig in alle Richtungen abstrahlen. Hierzu wäre innerhalb der einzelnen Stiele ein Strauss von Fasern einzubringen, die in einem weiteren Produktionsschritt abgeschnitten würden. Diese Anordnung würde dazu führen, dass das Licht auch an den Seitenflächen der einzelnen Stiele austritt und insbesondere an den Stellen, denen diese durch die eingesteckten Objekte besonders sichtbar werden. Eine solche Anordnung der Fasern würde die Produktion der Stiele erschweren, weil sie nicht in einem kontinuierlichen Verfahren herzustellen sind, sondern einzeln eingeformt und nachgefrast werden müssten. Hier wurden verschiedene Herstellungsprinzipien geprüft: In einer stehenden Anordnung der PMMA-Faser vor dem Einschäumen liess die Ausbreitung der Fasern am einfachsten sicherstellen. Alternativ ist eine Herstellung der Fasereinlage durch Schlaufenbündel denkbar. Diese würden in eine feste Platte aus einer Polyurethan-Kompaktmasse einbinden, auf die dann eine weitere Schicht aus Polyurethanschaum aufgebracht wird, der die PMMA Faser in ihrer Position fixiert.

04. Ökologie

Die Herstellung der Lampe ist unter ökologischen Gesichtspunkten kritisch zu beurteilen. Die angedachte Produktion der einzelnen Stiele aus grösseren Teilstücken würde zu einer grossen Menge an Verschnitt führen.

Aufgrund der Heterogenität des Materials sind die einzelnen Inhaltsstoffe nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand zu trennen. Eine Trennung der Inhaltsstoffe und damit Herstellung sortenreiner Restmengen ist die Voraussetzung für das Down- oder Recycling von Kunststoffen. Da dies nicht zu gewährleisten ist und auch die dementsprechend Sammel- und Aufbereitungsanlagen für Kunststoffe nicht zur Verfügung stehen bleibt allein die energetische Verwertung, bei der allerdings die gewonnenen Energiemengen in keinem vertretbaren Verhältnis zu dem Primärenergieinhalten des Produkts oder der Rohmaterialien stehen.

05. Ästhetische Qualität

Der besondere Reiz der Lampe besteht in der oben beschriebene Interaktion. Mit der Lampe lassen sich durch die eingeschobenen Objekte an verschiedene Lichtstimmungen erzielen. Neben der vorgeschlagenen Lampe ist auch der Einsatz des Lampensystems als Sitzmöbel denkbar. Die dann senkrecht angeordneten Fasern würden durch das Gewicht einer Person, die auf dem Möbel sitzt verformt. Durch die Verformung würde das Licht seitlich austreten und eine interessante Interaktion zwischen den Sitzenden und den Möbel entstehen.

06. Ökonomie

Das Lichtobjekt besitzt keine komplizierten Formteile, sondern ist aus einfachen geometrischen Grundformen zusammengesetzt. Für die Herstellung bedeutet das, dass, wenn es möglich ist Plattenware aus transluzenten Schaumstoffen herzustellen, die Lampe einfach aus geschnittenen transluzenten Polyurethanen zusammengesetzt werden könnte. Der Korpus und der elektrische Unterbau kann unabhängig davon in beliebigen Formen und Abmessungen hergestellt werden.

07. Partnerprofile

Als Partner kommen Designlabels in Frage. Sie haben die Kontakte an den Einzelhandel und Inneneinrichter, die entsprechende Kundschaft bedienen und somit an potentielle Abnehmer direkt herantreten können. Als Markteinstieg scheint ein Einstieg im Premiumsegment sinnvoll, von da aus könnte ein Absatz in weitere Ebenen entsprechend forciert werden.

08. Schwierigkeiten

Bereits im ersten Workshop wurde lange über die Produzierbarkeit von transluzenten Schaumstoffen diskutiert und schließlich als in der näheren Zukunft nicht umsetzbar eingestuft. Der Grund dafür liegt in der nicht gelösten Fragestellung, wie ein solches Material nachbearbeitet werden kann, um die PMMA-Fasern freizulegen, ohne dabei die Schaumstoff-Struktur zu beschädigen.

09. Ansätze in der Gruppendiskussion, offene Fragen

Die Gruppendiskussion beschäftigte sich mit der Herstellbarkeit von transluzenten Schaumstoffen und der genauen Richtung der Fasereinlage im Material, um den beschriebenen Beleuchtungseffekt zu erzeugen. Diese Frage konnte nicht abschliessend geklärt werden.

10. Funktionsweise

Die Lampe erlangt ihre Beleuchtungsfunktion erst durch Interaktion des Betrachters.

Leuchtregal

Hinterleuchtetes Mobiliar aus Transluzentem Polyurethan

Dipl.-Ing. Sebastian El khouli
Herbert Kurzfeld
Christina Sack
Dipl.-Ing. Volker Schmidt

00. Einleitung

Im Rahmen des zweiten Workshops der BASF AG und der TU Darmstadt mit dem Schwerpunkt Designobjekte wurden drei der präsentierten Mini-Projekte ausgesucht und in Gruppenarbeit vertieft diskutiert und weiter entwickelt.

Das Leuchtreгалsystem bietet sich zum Einsatz als Präsentationsregal in öffentlichen Bereichen an. Denkbar ist die Verwendung als Barmobiliar zur dekorativen Ausstellung von Flaschen und Gläsern wie auch für Waren im Einzelhandel. Erweiterte Einsatzgebiete sind als Tresen und Tische denkbar.

Das Leuchtreгалsystem kann vor allem in dunklen Räumen seine ästhetische Wirkung entfalten. Auch bei helleren Lichtverhältnissen kann das System eingesetzt werden, mit oder ohne Hinterleuchtung.

01. Marktchancen

Die Marktchancen des Produktes Leuchtreгалsystem aus Transluzentem Polyurethan werden im Rahmen der Vertiefung im Workshop im Premiumsektor eingeordnet. Es handelt sich in jedem Fall um ein hochpreisiges Produkt, sowohl durch das eingesetzte exklusive Material wie auch wegen der hohen Kosten der Produktion.

Das grösste Potential der Innovation wird in der atmosphärischen Einrichtung für die Gastronomie erwartet, da die ästhetische Wirkung des hinterleuchteten Materials bei dunkleren Lichtverhältnissen besonders gut zur Geltung kommt.

Weitere geeignete Verwendungen sind im Messe- und Ladenbau zu finden, wo die Leuchtreгалe Waren besonders vorteilhaft präsentieren können. Für den Einzelhandel ist der Einsatz der Leuchtreгалe sowohl als Mobiliar zum Verkauf wie auch für die eigene Nutzung zur Präsentation interessant.

Im privaten Bereich ist das Regalsystem in Form von Solitär Möbeln als Highlight in der Inneneinrichtung vorstellbar.

02. Kundeninteresse

Das hinterleuchtete Leuchtreгалsystem dient als Mobiliar wie auch zur Illumination von nahe gelegenen Gegenständen und Flächen. Das Regal besteht aus Transluzentem Polyurethan, das von hinten beleuchtet wird und somit selbst Leuchtobjekt mit brillanter Oberfläche ist. Der gesamte Eindruck des Objekts ist exklusiv und der Einsatz als repräsentatives Mobiliar bietet sich an.

03. Produktion und technische Machbarkeit

Für den Einsatz des Transluzenten Polyurethans als Leuchtreгалsystem muss das Material einige Bedingungen zur Gebrauchstauglichkeit erfüllen. Um dauerhaft die hohe Brillanz und den hochwertigen Eindruck der Oberfläche zu erhalten, muss die Materialausführung in jedem Fall sehr kratzfest und leicht abwaschbar sein. Ausserdem sollte die Färbung des Trägermaterials entweder dunkel oder mittels eines aliphatischen Systems hergestellt sein, um das Vergilben des Polyurethans zu überdecken bzw. zu verhindern. Aliphatische Systeme führen jedoch zu einer weiteren Erhöhung der Herstellungskosten.

Sollte das Mobiliar in Sanitärbereichen eingesetzt werden, so müsste auch die Wasserbeständigkeit und die Wasserundurchlässigkeit des Materials geprüft werden.

Für den Herstellungsprozess sind zwei prinzipiell unterschiedliche Varianten denkbar. Zum einen kann der Korpus des Leuchtreгалs als Monoblock-Formteil hergestellt werden. Dazu müssten die Fasern radial in eine Form eingelegt werden, die dann mit dem

Trägermaterial aufgefüllt werden würde. Anschliessend müsste das Rohmodul nachbearbeitet werden, um die Fasereinlage frei zu legen und die endgültigen Abmessungen des Regalmoduls heraus zu arbeiten. Vorteile durch diese Herstellungsart würden sich durch die völlig ebene Oberfläche ergeben. Nachteile bestehen im grossen Arbeitsaufwand und den Materialverlust für die Nachbearbeitung der gegossenen Form.

Die zweite Herstellungsvariante besteht in der Verwendung von zugeschnittener Plattenware mit senkrechter Fasereinlage. Dabei werden die Oberflächen des Leuchtreghals im Vorfeld auf die richtigen Masse zugeschnitten und dann passend eingebaut. Nachteilig bei dieser Konstruktion ist die nicht perfekt geschlossene Oberfläche an den Stosskanten des Regals und die daraus resultierenden toten Ecken, an denen das Licht nicht durch die Fasern transportiert werden kann. Besonders vorteilhaft ist jedoch die grosse Flexibilität der Abmessungen des Leuchtreghals. Sowohl Breite, Tiefe, wie auch die Höhe der Regale ist individuell herstellbar und ermöglicht perfekte Abstimmung auf die Umgebung.

04. Ökologie

Die Aspekte der ökologischen Wiederverwertung oder Entsorgung des Leuchtreghalsystems wurden in der Vertiefung nicht weiter betrachtet.

05. Ästhetische Qualität

Die direkte Hinterleuchtung des Transluzenten Polyurethans wirkt brillant und hochwertig. Die Oberfläche des Regalsystems leuchtet flächig von innen heraus, ohne den Betrachter zu blenden. Der umgebende Raum wirkt heller. Auf dem Regal abgestellte Gegenstände werden durch das innere Leuchten illuminiert.

Auch wenn das Leuchtreghal nicht hinterleuchtet wird, beispielsweise wenn die Umgebung zu hell ist, vermittelt die Oberfläche einen neuartigen, innovativen Eindruck. Das Material an sich ist neuartig und mit keinem anderen Material vergleichbar.

06. Ökonomie

Ökonomisch sinnvoll erscheint die Herstellung des Regalsystems aus zugeschnittener Plattenware.

Die Herstellung von Formteilen lässt hohe Produktionskosten erwarten, da zunächst Formteile für jede Regalvariante hergestellt werden müssen. Nachgelagert dazu, müssten sämtliche gegossenen Teile intensiv nachgearbeitet werden. Dies würde einen hohen zeitlichen Aufwand für jedes einzelne Regalteil, und immensen Materialverlust durch das nachträgliche Fräsen der Formteile verursachen.

Die Verwendung von Plattenware bietet vor allem die Möglichkeit der individuellen Dimensionierung des Regalsystems. Dies ist vorteilhaft, da es sich um hochpreisige Premiumprodukte handeln soll, die entsprechend individuell und repräsentativ zur Raumgestaltung dienen sollen. Bei der Montage kann ausserdem auf Unebenheiten und Unregelmässigkeiten vor Ort reagiert werden.

07. Partnerprofile

Als Partner bietet sich ein Produzent mit eigenem Vertrieb an, da es sich nicht um ein Massenprodukt handelt, das besonders flächendeckend vermarktet werden müsste. Ein Start-Up-Unternehmen für Herstellung und Vermarktung ist denkbar, da zunächst von einer händischen Herstellung der Regalmodule entweder als Formteil oder im Zuschnitt ausgegangen wird.

Der Markteinstieg könnte vor allem durch Messeauftritte gefördert werden. Auch Veröf-

Leuchttregal

Hinterleuchtetes Mobiliar aus Transluzentem Polyurethan

Dipl.-Ing. Sebastian El khouli
Herbert Kurzfeld
Christina Sack
Dipl.-Ing. Volker Schmidt

fentlichungen in Fachzeitschriften für Design, Architektur und Inneneinrichtungen sind anzustreben.

08. Schwierigkeiten

Das Leuchttregalsystem erhellt seine Illumination der Oberfläche durch die Hinterleuchtung der Materialoberfläche und die eingelagerten PMMA-Lichtleitfasern, die das Licht auf die Oberfläche weiterleiten. Diese Fasern sind temperaturempfindlich und verlieren bei Temperaturen von ca. 70°C ihre Licht leitenden Fähigkeiten. Für das Hinterleuchtungssystem sind also Temperatur erzeugende Lichtquellen ungeeignet und unbedingt zu meiden.

Das Leuchttregal ist ein hochwertiges, exklusives Solitär Möbel, das vor allem dafür gemacht ist, Räume zu gestalten und Blicke auf sich zu ziehen. Deshalb müssen die Oberflächen auch bei dauerhafter und intensiver Nutzung unbeschädigt bleiben. Es gelten also höchste Anforderungen an Kratzfestigkeit und Dauerhaftigkeit des Transluzenten Polyurethans.

Im Detail bleibt zu klären, wie die Abschlüsse der Regale an den Seiten auszuführen sind.

09. Ansätze in der Gruppendiskussion, offene Fragen

In der Gruppendiskussion wurde intensiv über die Herstellungsmethodik als Formteil oder als Montagesystem gesprochen. Hier konnte kein abschliessendes Ergebnis erzielt werden, da die Produktionsmöglichkeiten des Transluzenten Polyurethans an sich noch nicht eingeordnet werden können.

Zu überprüfen bleibt die tatsächliche Lichtausbeute, die ein hinterleuchtetes Regalsystem erzielen kann. In Versuchen muss geklärt werden, ob tatsächlich keine Blendung des Betrachters entsteht, bzw. inwiefern die auf dem Regal abgestellten Objekte illuminiert werden.

Bei beiden Herstellungsvarianten, jedoch vor allem für die Montage des Regals aus zugeschnittenen Platten, wurde der Schutz der Kanten vor Absplittern und Abstossen diskutiert. In der weiteren Entwicklung sind dies Aspekte, die weiter zu prüfen bleiben werden.

10. Funktionsweise

Variante 1) Herstellung als Formteil

Die Lichtleitfasern werden radial in eine Blockform gesetzt und in der korrekten Anordnung festgehalten. Das Trägermaterial aus Polyurethan wird aufgefüllt und der gesamte Block härtet aus. Dabei darf die innere Temperatur des Blockes nicht zu hoch werden, damit die Lichtleitfähigkeit des PMMA nicht gefährdet wird. Nach dem Ausschalen wird der Block spanend weiter bearbeitet. Durch Fräsen und Sägen wird ein Regalmodul hergestellt, dass anschliessend zusammen mit der Leuchteinheit zu einem vollständigen Leuchttregalsystem zusammengefügt werden kann.

Variante 2) Montage von zugeschnittener Plattenware

Aus Plattenware mit senkrechter Fasereinlage werden die einzelnen Flächen des Regals passend zugeschnitten. Die einzelnen Teile werden dann zu einem an drei Seiten geschlossenen Kasten montiert. Innen liegend wird die Hinterleuchtung eingesetzt. Die Kanten können dabei überlappend oder auf Gärung zusammengesetzt werden. Abschliessend werden die Seitenverblendungen aufgesetzt.

Blinker

Zusätzliche Leuchtsignale an Kfz-Karosserien

Dipl.-Ing. Timothy Francis
Dipl.-Ing. Tanja Klippert
cand. arch. Marcella Lantelme
Bernd Sowart

00. Einleitung

In der Vertiefung des Mini-Projektes „Kfz-Blinker“ während des Workshops mit dem Schwerpunkt Designobjekte wurden als mögliche Einsatzgebiete eines Beleuchtungssystems für Kraftfahrzeuge vor allem optionale Sonderteile mit Leuchtfunktion an der Karosserie und dekorative Flächenbeleuchtungen im Kfz-Innenraum identifiziert. Allgemein wird davon ausgegangen, dass die möglichen Produkte dem „Tuning“-Sektor zuzuordnen sind und weniger dem Standardausstattungsbereich von Kfz-Herstellern.

01. Marktchancen

Einsatzgebiete für die diskutierten Kfz-Blinker werden im Bereich der Sonderzubehöre im Kfz-Bereich gesehen. Vorstellbar sind Produktinnovationen für den Tuningmarkt im Premiumsektor. Eine Produktlinie als serienmässige Ausstattung im Fahrzeugbau wird von der Gruppe für unwahrscheinlich gehalten, da es sich um optisch auffällige und in der Herstellung sehr hochpreisige Produkte handelt. Als Tuningzubehör können die Anbauteile vom „Bastler“ eigenhändig montiert werden und als Eye-Catcher an der Karosserie oder im Innenraum zur Geltung kommen.

02. Kundeninteresse

Die Kundschaft für leuchtende Tuningelemente aus Transluzentem Polyurethan finden sich vor allem bei Kfz-Liebhabern. Es handelt sich bei den Kfz-Blinkern um aussergewöhnliche Bauteile am oder im Kfz, die zusätzlich bzw. nachträglich an das Auto angebracht werden und das Äussere weiter aufwerten oder individualisieren sollen. Aufgrund der Bestimmungen zu leuchtenden Elementen an der Karosserie und im Inneren des Kfz bleiben die Entwicklung von zusätzlichen Blinkern, beispielsweise in den Aussenspiegel integriert, und von dritten Bremslichtern im Heckbereich des Wagens mögliche Verwendungen.

03. Produktion und technische Machbarkeit

Die lichttechnische Leistungsfähigkeit von Lichtleitfasern aus PMMA ist nicht ausreichend gross, um eine tatsächliche Beleuchtungsfunktion einnehmen zu können. Es ist also kein Einsatz als Scheinwerferersatz möglich. Als Signallicht können Transluzente Polyurethane jedoch eingesetzt werden. Die genauen gesetzlichen Bestimmungen hierzu bleiben zu prüfen.

Die Beleuchtung grosser Flächen mit flacher Neigung lässt einen hohen konstruktiven Aufwand erwarten, da die Akzeptanzwinkel der Lichtleitfasern beschränkt sind und nur innerhalb dieser Winkel, das Licht durch die Faser hindurch transportiert werden kann. Der Einsatz von LEDs als Beleuchtungseinheit im System scheint am sinnvollsten, da dieses Licht nicht an grosse Wärmeentwicklung gekoppelt ist. Der Unterbau müsste zusätzlich mit Reflektoren zur Lichtverstärkung und -verteilung bestückt werden.

Diese konstruktiven Bedingungen scheinen in kleineren Bauteilen mit relativ starker Oberflächenkrümmung ohne grosse Probleme umsetzbar zu sein.

Die Herstellung des Bauteilkorpus müsste als Formteil erfolgen. Die Lichtleitfasern müssten dabei genau koordiniert eingelegt werden, um eine gleichmässige, gezielte Signalwirkung zu erzeugen. Die Oberflächen des Bauteils würden dann nachträglich geschliffen und poliert werden, um eine perfekte Oberfläche zu erzeugen. Als Schutz der Oberfläche erscheint eine Lackierung sinnvoll, um die Oberfläche zum einen zu schützen und zum anderen an die anderen Kfz-Oberflächen anzugleichen.

04. Ökologie

Auf die prinzipiellen Möglichkeiten, Transluzentes Polyurethan zu verwerten, wurde im Rahmen der Vertiefung nicht weiter eingegangen. Da es sich bei den Sonderbauteilen für Autos um teilweise grossflächige Elemente handelt, die nicht unbedingt über ihre gesamte Fläche mit Lichtleitfasern durchzogen sind, kann eine getrennte Entsorgung bzw. Wiederverwertung der Teile mit und ohne Lichtleitfasern angedacht werden.

05. Ästhetische Qualität

Im Kfz-Bereich werden bisher alle leuchtenden Elemente der Karosserie als Sonderteil hergestellt und differenzieren sich somit in ihrer Optik stark von der restlichen Oberfläche des Wagens. Da unterschiedliche Farben für die einzelnen Signale eingesetzt werden, ist zusätzlich zu der sowieso schon abgesetzten Beleuchtungseinheit, diese noch mal in sich heterogen. Viele Hersteller reagieren darauf mit abgetönten Schutzscheiben für die Beleuchtung.

Durch die Verwendung von Transluzentem Polyurethan wird es möglich, die Leuchtsignale ohne Fuge oder Materialwechsel auf der Oberfläche in die Karosserie zu integrieren. Die Lichtleitfasern sind ohne Hinterleuchtung kaum auf der Oberfläche zu erkennen, bei Hinterleuchtung treten sie als leuchtende Signale hervor. Denkbar sind Bauteile von kleiner Grösse wie Aussenspiegel mit Blinkfunktion aber auch grossflächige Karosserieteile wie Spoiler mit integrierter Bremsleuchte. Im Fahrgastraum können flächige Armaturenbretter angedacht werden.

Die Leuchtintensität kann durch die Dichte der Lichtleitfasern eingestellt werden. So kann eine Leuchtwirkung mit geringer werdender Leuchtkraft zu den Kanten hin hergestellt werden, die mit herkömmlichen Scheinwerfern nicht denkbar ist

06. Ökonomie

Das angedachte Produkt ist mit enorm hohen Produktionskosten verbunden.

Für ein solches Karosserieteil müsste zunächst ein Formteil mit einer genau geplanten Fasereinlage hergestellt werden. Jedes Formteil müsste im weiteren durch Sägen, Fräsen und Schleifen nachbearbeitet werden, um die Fasern frei zu legen, die Endform herzustellen und eine perfekte Oberfläche zu erzeugen. Für diese Nacharbeit ist viel Arbeitszeit und hoher Maschinenaufwand zu erwarten. Ausserdem wird viel des verarbeiteten Materials nach dem Guss wieder entfernt.

Zum anderen werden in den flächigen Bauteilen für die Karosserien grosse Mengen des teuren Rohstoffs Polyurethan verbaut, auch an Stellen, an denen keine Fasereinlage vorhanden ist, um die fugenlose Oberfläche zu erzeugen. Dies steigert die Kosten im Vergleich zum gleichen Bauteil aus gängigen Materialien um ein Vielfaches.

07. Partnerprofile

Wie bereits oben besprochen, wird der Einsatzbereich für Leuchtelemente an Kfz-Karosserien im hochwertigen Tuning-Bereich gesehen. Als Partner kommen also vor allem Tuning-Werkstätten wie AMG, Alpina o. Ä. in Frage. Inwiefern diese Anbieter über eigene Produktionsstrukturen verfügen ist nicht bekannt. Denkbar ist eine Aufteilung von Produktion und Marketing mit den eben genannten Tuning-Anbietern als Vertriebspartner und einem Betrieb, der die Produktionslinie umsetzt. Hierfür ist ein Start-Up-Unternehmen denkbar, da keine besondere Infrastruktur im Vorfeld benötigt wird.

Blinker

Zusätzliche Leuchtsignale an Kfz-Karosserien

Dipl.-Ing. Timothy Francis
Dipl.-Ing. Tanja Klippert
cand. arch. Marcella Lantelme
Bernd Sowart

Der Markteinstieg und die Vermarktung scheinen über Messeauftritte, Fachpresse und vor allem über Fachkataloge sinnvoll.

Ein weiterer Absatzweg eröffnet sich über den möglichen Vertrieb eines Bausatzes, der für bestimmte Modelle vom Kfz-Halter selbst bestellt werden kann und der dann, wenn gewünscht, in eigener Bastelarbeit hergestellt und eingebaut werden kann.

08. Schwierigkeiten

Schwierigkeiten für die tatsächliche Umsetzung eines Blinkers aus Transluzentem Polyurethan liegen vor allem in technischen Einschränkungen durch die Lichtleitfasern. Dabei ist vor allem der Akzeptanzwinkel der PMMA-Fasern zu erwähnen. So können Lichtleitfasern nur Lichtwellen, die in einem bestimmten Winkel auf ihre Oberfläche treffen, auf die andere Seite transportieren und sie geben die Lichtwellen auf der anderen Seite auch nur in einem bestimmten Winkel ab. Durch diese Gesetzmässigkeit können für den Betrachter tote Winkel entstehen, in denen die Signalwirkung nicht erfahrbar ist. Fraglich ist die Zulässigkeit solcher Elemente im Strassenverkehr.

Ein weiteres Problem der Lichtleitfasern besteht in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Temperatureinwirkungen von über 70°C. Das PMMA an sich ist in seiner Struktur empfindlich gegen Hitze und verliert dabei von seiner vormals optimalen Lichtleitfähigkeit. Was für die Lichtleitung von noch grösserer Bedeutung ist, ist die Tatsache, dass Lichtleitfasern immer mit einer dünnen Kunststoffschicht ummantelt sind, die die Lichtbrechung an den Kanten vergrössert, und so dafür sorgt, dass möglichst wenig Lichtstrahlen am Rand austreten und so die Lichtwirkung am Austrittspunkt verringern würden, das so genannte Cladding. Dieses wird durch hohe Temperaturen auch beschädigt. Beide Beeinträchtigungen, die durch die Temperaturentwicklung der Leuchteinheit und der mit Sicherheit benötigten Reflektoren entstehen, führen zu einer massiven Abnahme der Leuchtwirkung und damit zu einer möglichen Untauglichkeit des Bauteils als Leuchtsignal wie auch der Verringerung der optischen Attraktivität.

Der zweite Aspekt, der in der Diskussion kritisch bewertet wurde, war die Anmutung der Oberflächen der Karosserie. Als prinzipielle Voraussetzung wurde angenommen, dass die Oberflächen auf jeden Fall dauerhaft hochwertig und brillant bleiben müssen, auch wenn eine hohe UV-Bestrahlung und mechanische Belastungen auf das Kfz einwirken.

Da es zu teuer ist, die gesamte Karosserie aus Polyurethan herzustellen, würden nur die besprochenen Anbauten aus teilweise Transluzentem Polyurethan hergestellt werden, was jedoch dazu führt, dass wiederum Materialübergänge zu den anderen Karosserieteilen, die aus herkömmlichen Materialien gefertigt wurden, entstehen. Es ist davon auszugehen, dass die Polyurethanoberflächen immer anders aussehen als die lackierten Kfz-Oberflächen, da die Farbe nie vollständig identisch getroffen werden kann und auch die Oberflächenbeschaffenheit nicht identisch ist. Dem könnte zwar mit einer Lackierung Abhilfe geschaffen werden, allerdings besitzt das PMMA eine extrem schlechte Oberflächenhaftung, die bei Lackierungen zu Abblätterungen führen kann.

09. Ansätze in der Gruppendiskussion, offene Fragen

In der Gruppendiskussion blieben einige Fragen vorerst offen. Es konnte nicht geklärt werden, welche rechtlichen Bestimmungen für die Leuchtkraft von Signaleinrichtungen am Auto erfüllen müssen bzw. in welchen Bereichen der Karosserie überhaupt Leuchtsi-

gnale in welcher Form angebracht werden dürfen.

Ausserdem bleiben die Höhe der Lichtausbeute und die tatsächliche Beleuchtungswirkung des Materials weiterhin im Modell zu überprüfen.

10. Funktionsweise

Für die technische Konstruktion einer Signaleinheit an der Kfz-Karosserie wurde ein schichtweiser Aufbau angedacht. Unter der Karosserie spannt sich eine Fläche auf, die aus einer LED-besetzten Platte mit darunter gelagerten Reflektoren besteht. Über diese flächige Lichteinheit spannt sich das Karosseriebauteil mit den über die Fläche verteilten und gezielt verdichteten Lichtleitfasern. Nach unten hin sollte die gesamte Einheit durch einen Spritzschutz vom Motorenraum und der Strasse getrennt werden, um eine Verringerung der Lichtwirkung durch Verschmutzungen zu verhindern.

Einfacher als ein solches grossflächiges Bauteil, könnten kleinere Anbauteile wie illuminierte Aussenspiegel hergestellt werden. Durch ihre starke Oberflächenkrümmung können die eingebauten LEDs eine wesentlich grössere Anzahl an Lichtleitfasern mit Lichtwellen bedienen, da die Akzeptanzwinkel sich zu grösseren Anteilen überschneiden. Durch den geringen Platzbedarf von LED-Leuchteinheiten scheint es unproblematisch einen solchen Blinkeraufbau in einem gängigen Aussenspiegel unterbringen zu können.

04.3.3. Ergebnisse Workshop II

Zusammenfassung der Ergebnisse: Design-Leuchtoobjekte

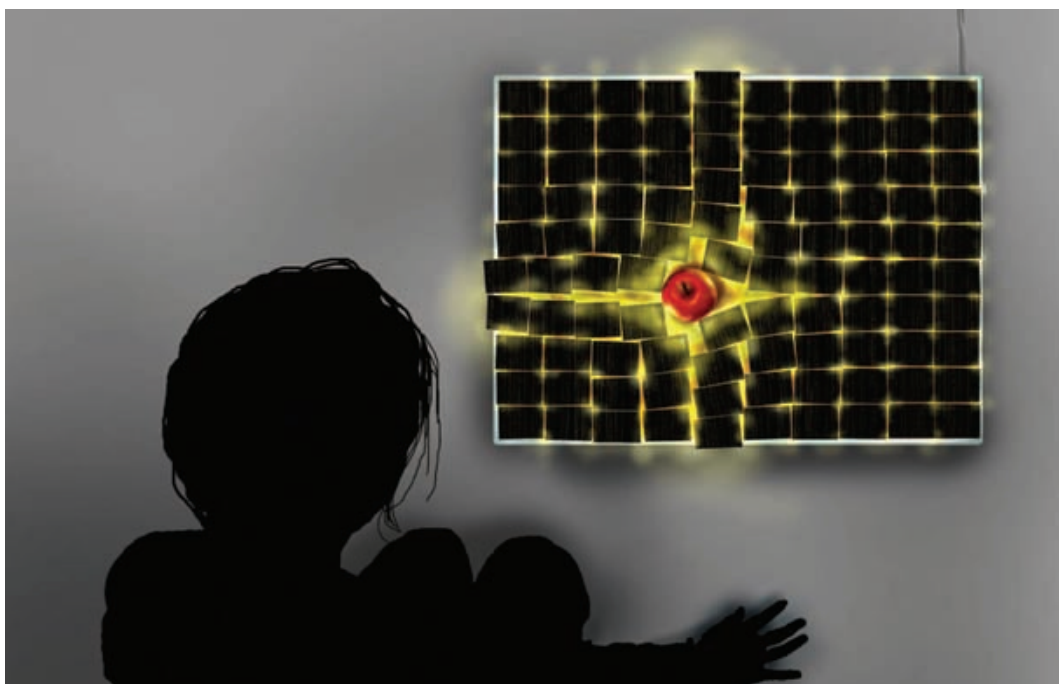
Der zweite Workshop hat vor allem gezeigt, dass in dem Transluzenten Polyurethan das Potential, das sich durch die Lichtleitung ergibt, bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Alle hier vertieften Mini-Projekte beschäftigten sich in unterschiedlichster Weise mit diesem Aspekt. Es wurden dabei sowohl aktive wie auch passive Systeme untersucht.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt kann allerdings keine abschliessende Aussage dazu getroffen werden, inwiefern das Transluzente Polyurethan tatsächlich wirksames Licht leitet, dass zur Beleuchtung von Räumen dienen kann, oder nur seine Oberfläche leuchtend erscheint, wenn Licht auf die abgewandte Seite fällt.

Die beiden Mini-Projekte, die sich mit Leuchtmobiliar auseinandersetzen, also das Lichtobjekt und das Leuchttregal hängen in ihrer tatsächlichen Umsetzung im wesentlichen von der ökonomischen Herstellung von Plattenwaren in unterschiedlichen Ausformungen ab.

Das Leuchttregal scheint dabei das am unmittelbarsten produzierbare Mini-Projekt zu sein, da durch einfachen Zuschnitt von Plattenware wie sie im ersten Workshop beschrieben wurden, dieses Möbelstück verzögerungsfrei hergestellt werden kann.

Komplizierter gestaltet sich das Lichtobjekt „Split n Grow“, welches unbedingt aus flexiblen Transluzenten Polyurethan-Quadern hergestellt werden müsste, was aus derzeitiger Sicht nicht machbar ist.



Der Kfz-Blinker bildet eine eigene Produktgruppe. Seine Herstellung als Formteil ist in jedem Fall mit grossem Materialverschleiss und dementsprechend hohen Kosten verbunden. Trotzdem ist es absehbar, dass die Herstellung recht einfach zu organisieren wäre, da nach der Vertiefung davon ausgegangen werden kann, dass es sich immer nur um kleinformatische Sonderbauteile der Kfz-Karosserie handeln würde.

Das Produkt an sich ist im Premiumsektor der Tuningbranche anzusiedeln und kann dementsprechend trotz oder gerade wegen seines zu erwartenden hohen Preises auf gute Absatzchancen hoffen lassen.

Im Workshop konnte noch nicht geklärt werden, inwiefern die Signaleinrichtungen von Kfz von verkehrsrechtlicher Sicht her in Transluzentem Polyurethan ausgeführt werden könnten. Es bleibt zu recherchieren, welche Zertifikate und Prüfungen eingeholt werden müssten, um dies zu ermöglichen.

Für nicht für die Verkehrstauglichkeit verantwortliche Kfz-Teile bleibt die Frage, inwiefern diese überhaupt illuminiert ausgeführt werden dürfen, um nicht im Strassenverkehr zu Irritationen zu führen.

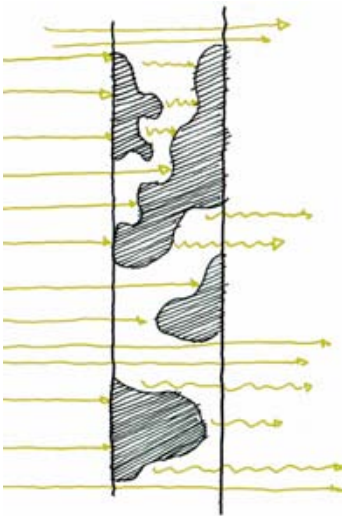


05. Innere Struktur und Wahrnehmung

Materialstrukturen

- S. 106 **Granulate**
Modelle mit PMMA Granulat
- S. 108 **ungerichtete Struktur**
Modelle mit ungerichteten Fasern
- S. 110 **gerichtete Struktur**
Modelle mit gerichtetem Fasern
- S. 112 **Lupe**
Modelle mit optischem Effekt
- S. 114 **Fächer**
Modelle mit verzerrendem Effekt
- S. 116 **Logo**
Modelle mit graphischem
- S. 118 **Schlaufe**
Modelle mit dynamischem Effekt
- S. 120 **Verdichtung**
Modelle mit verschiedenen Dichten
- S. 122 **Kombinationen**
Modelle mit verschiedenen Farben und Effekten
- S. 124 **3d Vision**
Modelle mit dreidimensionalem Effekt

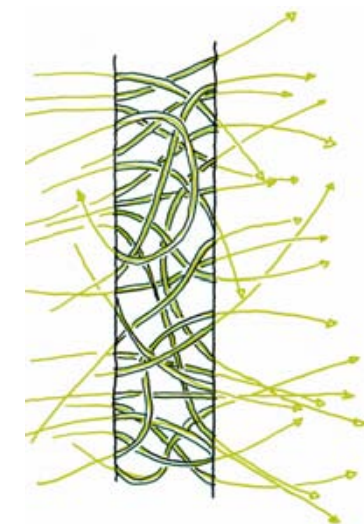
Innere Struktur und Wahrnehmung



Die von der BASF vorgeschlagenen Proben wiesen eine parallele Anordnung der PMMA-Fasern innerhalb des Polyurethans auf. Dadurch bedingt entfaltet das Material seine ansprechende optische Wirkung unter zwei Voraussetzungen:

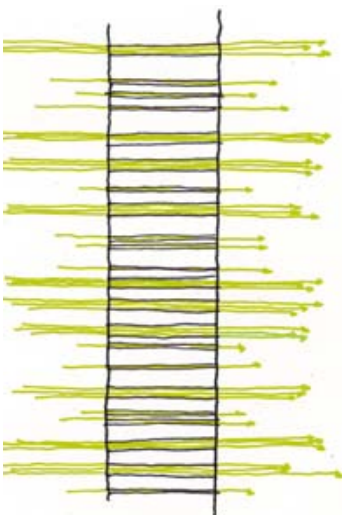
Die möglichen Lichtquellen sollten hinter dem Material liegen bzw. das Material zwischen dem Betrachter und einer Lichtquelle, damit die Wirkung des Materials, das den Anschein hat, als würde es von innen leuchten, optimal zur Geltung kommt.

Der Sichtbereich, innerhalb dessen das Material die Wirkung entfaltet, ist relativ klein. Ferner ergibt sich die Wirkung nur bei einer Betrachtung senkrecht zur Oberfläche des Materials und parallel zur Faser.



Diese Ausbildung des Materials wurde im Forschungsprojekt kritisch hinterfragt, weil zum einen Bauteile häufig eine andere Anordnung zum Licht aufweisen müssen, zum anderen ist eine senkrechte Betrachtung der Materialoberfläche in den seltensten Fällen zu gewährleisten. Häufiger werden Baumaterialien in der Art und Weise eingesetzt, dass sie vom Betrachter im Winkel gesehen werden. Diese Einschränkung sollte dadurch aufgehoben werden, dass andere Anordnungen der Fasern innerhalb des Transluzenten Polyurethans untersucht wurden. Diese neuen Anordnungen sollten gleichfalls ein wesentliches Problem für die Herstellung des Transluzenten Polyurethans adressieren. So ist eine der wichtigsten Herausforderungen für die Verfahrenstechnik, wie sich ein Material herstellen lässt, in dem die Fasern alle parallel und gerichtet sind. Ist diese Anordnung nicht mehr zwingende Voraussetzung, so lässt sich eine wesentlich vereinfachte Herstellungsmethode denken.

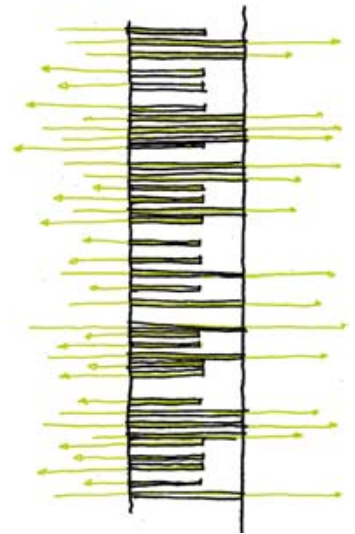
Es wurden unterschiedliche Typen von inneren Anordnungen untersucht. In einer ersten Annäherung wurden einfache ungerichtete Proben hergestellt. Die Versuchsreihe „Glasnudel“ basiert auf einer Anordnung der PMMA-Fasern als Faserknäuel, das in einem weiteren Schritt aufgeschnitten wurde. Die Versuchsreihen ergaben, dass der Schaum als Ausgangsmaterial für das Transluzente Polyurethan zahlreiche Nachteile in der Herstellung der Bauteile hat. So lassen sich die Oberflächen der Schäume nur sehr viel schlechter mechanisch nachbehandeln, auch ist eine ebene Fläche zwischen dem Polyurethan und den Fasern innerhalb eines Schaumes nur unter Schwierigkeiten herzustellen, weil die geringere Festigkeit der Schäume meistens dazu führt, dass die härteren PMMA-Fasern bei einer mechanischen Nachbehandlung innerhalb des Schaumes zu Zerstörungen der Oberfläche führen und eine homogene, glatte Oberfläche sich nur sehr schwer herstellen lässt. Aus diesem Grund wurden in der Versuchsreihe die geschäumten Polyurethane durch eine harte Kompaktmasse ersetzt.



Die Versuchsreihe „Glasnudel“ zeigt, dass durch die ungerichtete Anordnung der Fasern sichergestellt ist, dass das Licht von allen Seiten in das Material einströmen kann und weitgehend gleichmäßig an allen Seiten einer Probe wieder austritt. Ein weiterer wichtiger Fortschritt dieser inneren Struktur ist, dass die Wahrnehmung des angestrebten Effekts nicht mehr auf die Frontseite des

Materials und eine senkrechte Betrachtung begrenzt ist, sondern sich gleichmässig auf alle Betrachtungsrichtungen verteilt.

In einem nächsten Schritt wurde untersucht, ob sich gerichtete, aber nicht parallele Anordnungen der Fasern dazu eignen, die Einsatzmöglichkeiten eines Materials in Bereiche auszuweiten, in denen das Licht und der Betrachter auf derselben Seite des Materials stehen. Diese Anwendungen sind im Baubereich weit häufiger, weil für Innenwandbeläge, Wandbeläge im Allgemeinen, Fussböden und Möbelbekleidungen stets der Fall anzutreffen ist, in dem das Material vor einem dunklen, unbelichteten Hintergrund steht und Betrachter und Licht von vorne auf das Material blicken. Deswegen wurde eine Anordnung der Fasern innerhalb des Materials in Schlaufen untersucht, die das Licht von der Vorderseite aufnehmen und im Bogen wieder an der Vorderseite abgeben kann. Diese Materialproben haben den erstaunlichen Effekt, dass sie in der Betrachtung wirken, als käme das Licht tatsächlich aus einer dahinter liegenden Lichtquelle, tatsächlich aber handelt es sich bei den wahrgenommenen Lichtpunkten nur um Reflektionen des auf die Vorderseite treffenden Lichtes.

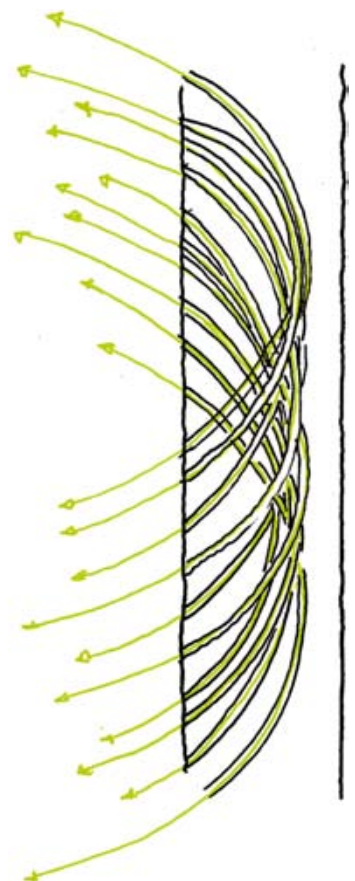


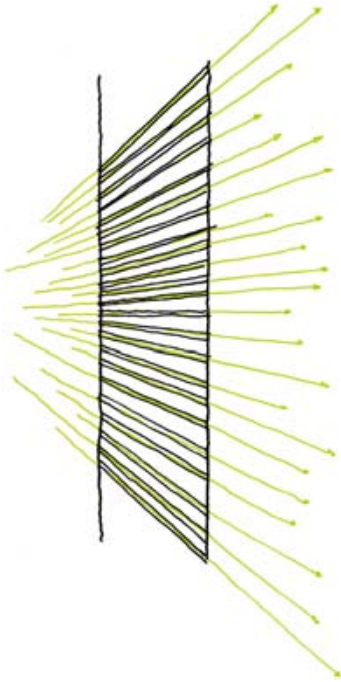
Diese Materialprobe scheint insbesondere geeignet für den Einsatz als Bodenbelag, weil hier das meiste Licht ausschliesslich auf die Oberfläche des Materials fällt. Hier scheint auch der Einsatz der Kompaktmassen einen Einsatz als Bodenbelag grundsätzlich zu ermöglichen, weil sich die günstige Abriebfestigkeit und Härte des Polyurethans durchaus zur Herstellung von Bodenbelägen eignet.

Ausgehend von dem Schlaufenmodell sind auch weitere Anordnungen der Fasern im Material denkbar. So kann die Anordnung der Fasern dazu benutzt werden, um innerhalb des Materials unterschiedliche Dichten und Kommunikationselemente zu erzeugen. Vom Fachgebiet wurden Proben hergestellt, in denen die Fasern wie beispielsweise ein Gesicht oder Schriftzüge angeordnet waren.

Ebenfalls denkbar wäre eine Einlage der Fasern in einer Materialprobe nach einem dreidimensionalen Muster, das erlaubt, Fasern gezielt auf einer Seite eines dreidimensionalen Objektes einzuführen und das Licht an eine andere Seite eines dreidimensionalen Objektes zu projizieren. Die Herstellung dieser Proben war innerhalb der Versuchsreihe aus technischen Gründen nicht möglich.

Eine weitere Reihe beschäftigte sich mit den Farben des Polyurethans und der Wechselwirkung aus der Lichtfärbung und der Färbung des Trägermaterials. Hier wurden Proben hergestellt, die innerhalb der Trägermasse schichtweise unterschiedliche Farben besitzen. Dadurch wird erreicht, dass das Licht, das durch die Fasern auf die andere Seite des Materials projiziert wird, eine Färbung erhält, die der Farbe des Trägermaterials auf der anderen Seite entspricht. Es war hierdurch möglich, eine farblose oder schwach gefärbte helle Probe herzustellen, die auf der Rückseite signalrot gefärbt ist, wodurch das Licht, das auf der hellen Seite austritt, rot gefärbt erscheint.

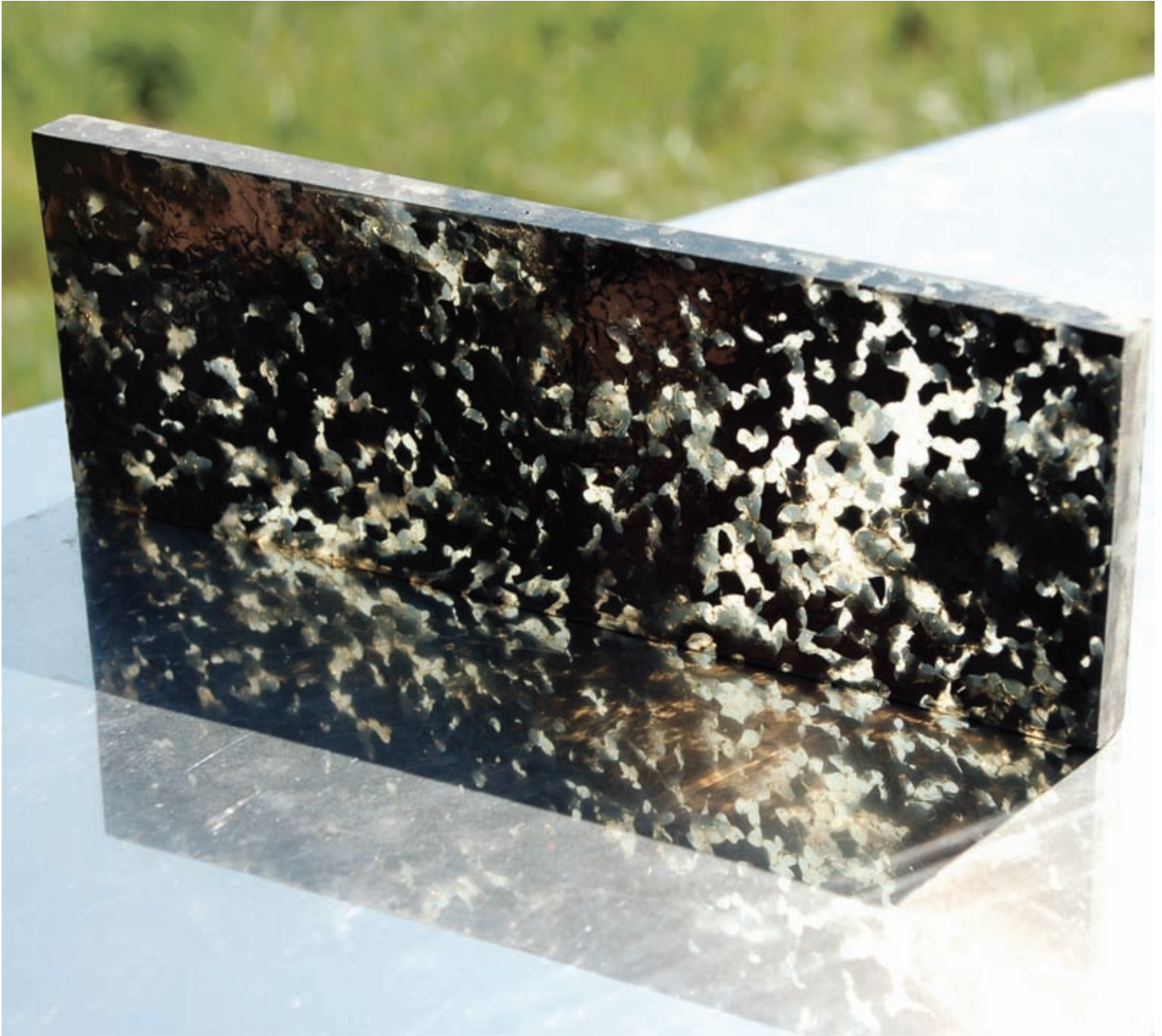




Die Frage nach dem Einbringen und der Anordnung der Fasern erwies sich sowohl innerhalb des Forschungsprojektes als auch während des Workshops als eine der zentralen Fragen. Schwierig scheint die Herstellung nach konventionellen Fertigungsmethoden, wie sie in der Kunststoffherstellung angewandt werden, bei denen Kunststoffe in eine Schalung eingebracht werden (diskontinuierliche Herstellung), weil im Zusammenhang mit den PMMA-Fasern ein sehr grosser Aufwand zum Einschalen, Einbringen der PMMA-Fasern nach bestimmten geometrischen Vorgaben, Einschäumen, Abtrennen der PMMA-Fasern und Ausschäumen befürchtet wird. Ferner wurde deutlich, dass eine derartige diskontinuierliche Herstellung von Materialproben eine erheblich kleinere Produktionskapazität bedingt, weil die einzelnen Fertigungselemente jeweils ein- und ausgeschalt werden müssen und auch für das Einbringen der PMMA-Fasern ein erheblicher Zeitaufwand erwartet wird. Für jede hergestellte Platte müsste ausserdem eine Nachbearbeitung durchgeführt werden, um die Oberfläche und die Stösse zwischen Polyurethan und PMMA glatt auszuarbeiten. Es wird natürlich auch deutlich, dass die Verfahren und Maschinen, die in der Lage sind, entsprechende Mengen an PMMA-Fasern in eine Schalungsform einzubringen, sehr aufwendig sind und dieser Aufwand im Zusammenhang mit der zu erwartenden niedrigen Produktionskapazität eine marktfähige Produktion unwahrscheinlich scheinen lassen.

Granulate

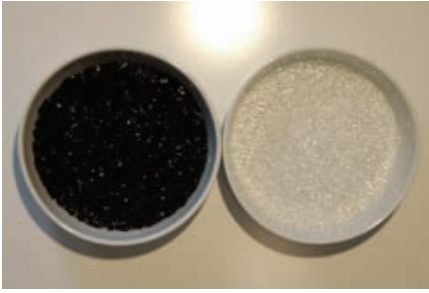
Modelle mit PMMA Granulat



Diese Form des Transluzenten Polyurethans ist vollständig anders zu betrachten als die anderen Strukturmodelle. Die Variation der Grundbestandteile im Mischungsverhältnis, Grösse der Granulate, Farbigeit und Transluzenz ist so einfach herzustellen, dass die Produktion von grossen Mengen als Standardartikel aber auch die auftragsbezogene Herstellung von kleinen Mengen problemlos umsetzbar wäre. Die Ergebnisse dieser Materialproben waren insbesondere deshalb ermutigend, weil sich im Gegensatz zu den

gerichtet-faserigen Transluzenten Polyurethanen bei den heterogenen Granulaten eine besonders ansprechende dreidimensionale Wirkung des Materials einstellt. So lassen sich innerhalb des verschmolzenen Granulates durch die Licht- und Schattenwirkungen in den transparenten Anteilen interessante Tiefen- und Lichtspiele erkennen. Der Produktionsablauf scheint ohne grössere Umstellungen auf gängigen Herstellungsverfahren einsetzbar zu sein.

ungerichtete Strukturen



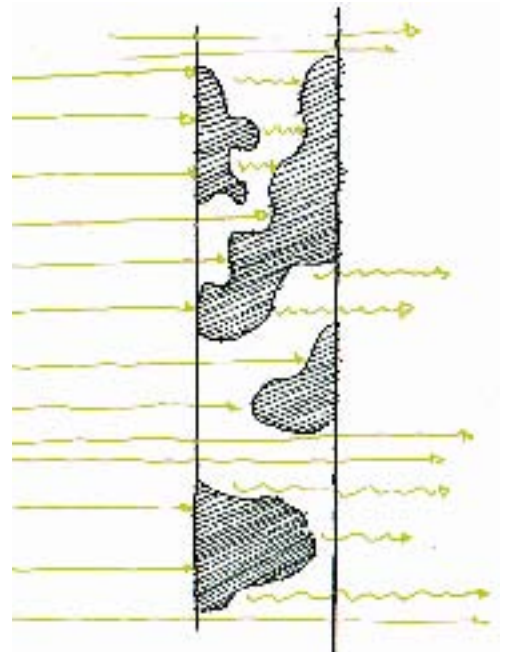
In den Experimenten der TU Darmstadt wurde die Herstellung von Transluzenten Polyurethan aus dem Gemisch von opaken und transparenten Granulaten erprobt. Hier wurden die Fasern durch transparente Granulate ersetzt, die dann thermoplastisch mit einem opaken Granulat verschmolzen wurden. Bei den heterogenen Gra-

nulaten zeigt sich eine ansprechende Tiefenwirkung durch die Licht- und Schattenwirkungen innerhalb des Materials. Für die Granulate wurden transparente thermoplastische Polyurethane ausgewählt, die den Vorteil haben, dass sie in einem einfachen Schmelzverfahren verarbeitet werden können.



Grundriss

Durch die Vermischung der opaken und transparenten Anteile ergibt sich eine interessante Lichtführung. In einer Vermischung verschiedenartiger und opaker Granulate können die optischen Eigenschaften des Materials präzise eingestellt werden. Werden grössere Anteile an transparenten Granulaten verwendet, so nimmt



Schnitt

die Lichtdurchlässigkeit des Materials zu. Es ist auch denkbar, dass sich die optischen Eigenschaften des Materials durch die Auswahl der Körnigkeit der Granulate präzise steuern lässt.

ungerichtete Strukturen

Modelle mit ungerichteten Fasern



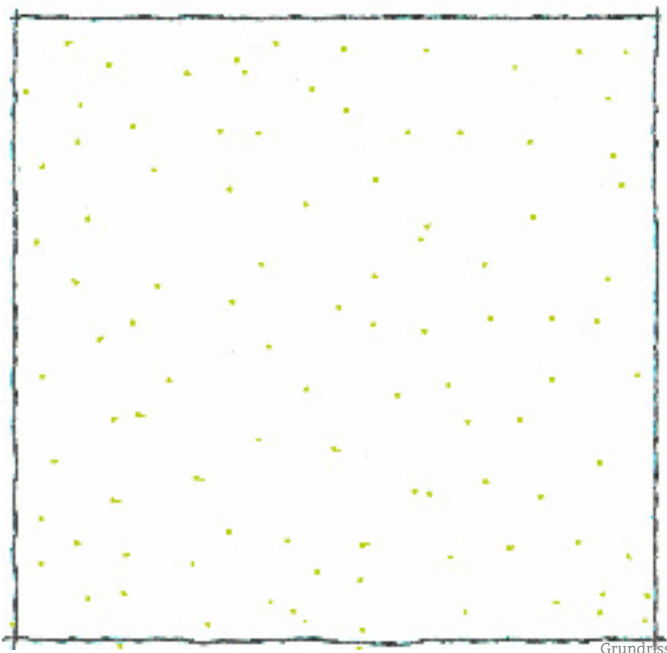
Die Herstellung dieses Materials scheint in allen möglichen Abmessungen und in verschiedenen Herstellungsverfahren möglich. Es wirkt sich die Tatsache aus, dass das Material immer geschnitten und oder geschliffen werden muss, um den ästhetischen Effekt an die Oberfläche zu bringen. Die Versuchsreihe „Glasnudel“ zeigt, dass durch die ungerichtete Anordnung der

Fasern gewährleistet ist, dass das Licht von allen Seiten in das Material einströmen kann und weitgehend gleichmäßig an allen Seiten einer Probe wieder austritt. Zudem weist die Oberfläche des Materials eine interessante Wirkung durch das zufällige Aufleuchten der Fasern auf. Es erhält den Eindruck hoher Brillianz.

ungerichtete Strukturen

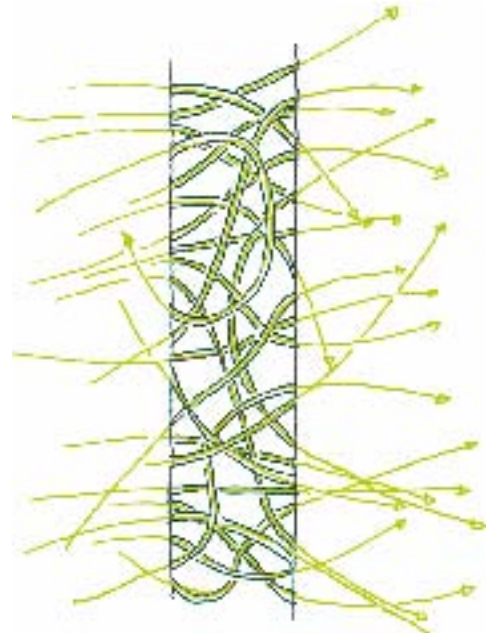


Bei der „Glasnudel“- Herstellung wurden PMMA-Fasern unterschiedlicher Länge zu einem dichten Faserknäuel aufgewickelt, so dass eine ungerichtete Anordnung der Fasern entstand. Zu beachten ist, dass eine grosse Menge an PMMA-Fasern benötigt wird, um eine Dichte mit entsprechender Lichtwirkung zu erreichen.



Grundriss

Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser inneren Struktur ist, dass die Wahrnehmung des resultierenden Effekts nicht mehr auf die Frontseite des Materials und eine senkrechte Betrachtung begrenzt ist, sondern sich gleichmässig auf alle Betrachtungsrichtungen verteilt. Auffällig ist jedoch, dass in der ungerichteten An-

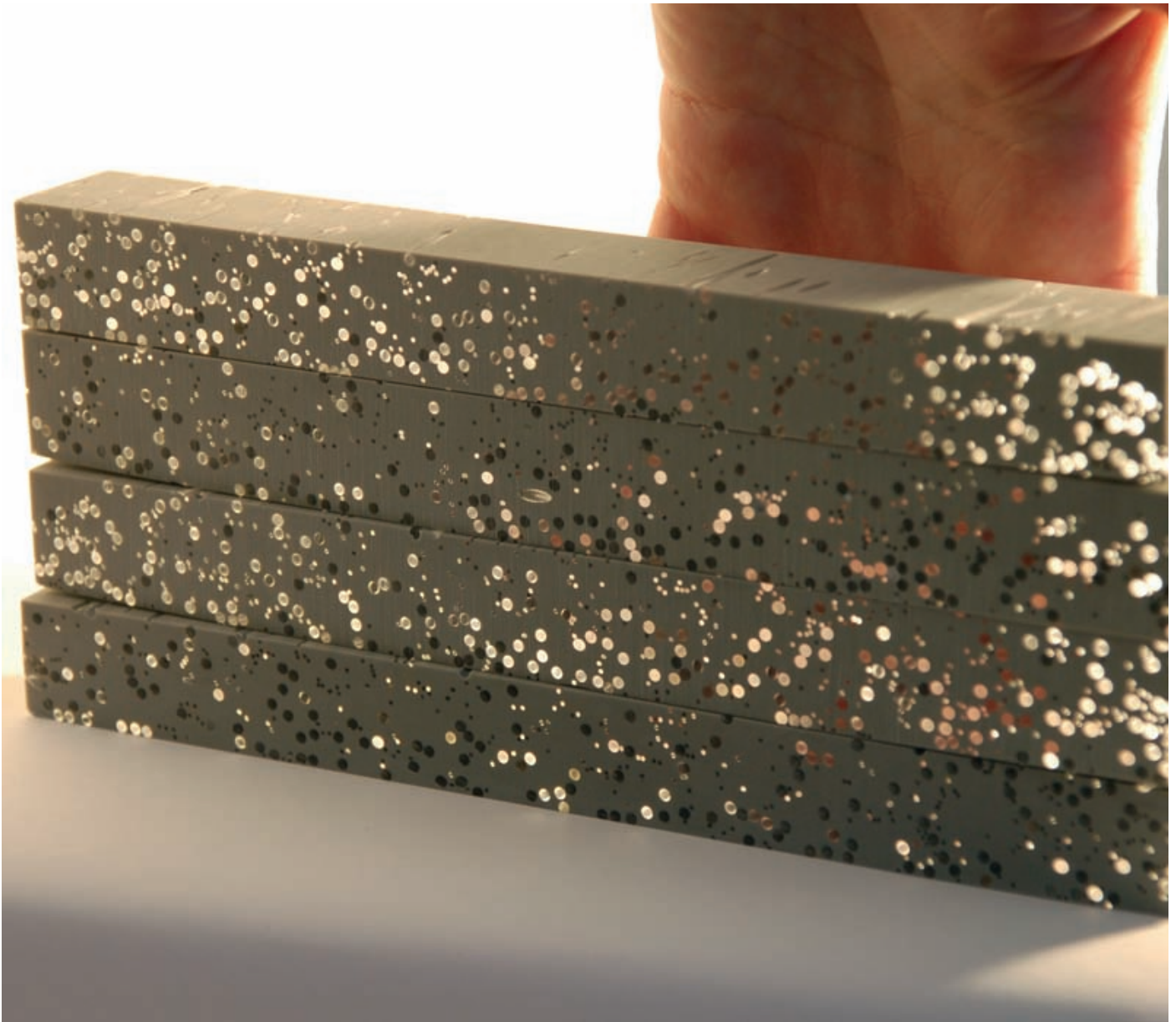


Schnitt

nung aufgrund der Verteilung des Faseranteils auf verschiedene Blick- und Lichtleitrichtungen ein hoher Faseranteil notwendig ist, um eine interessante optische Wirkung zu erzielen.

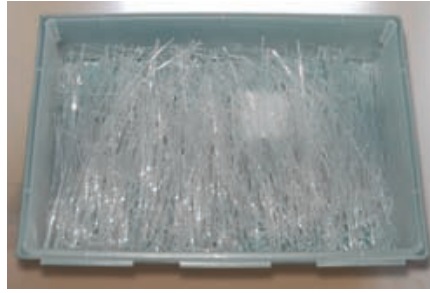
gerichtete Struktur

Modelle mit gerichteten Fasern

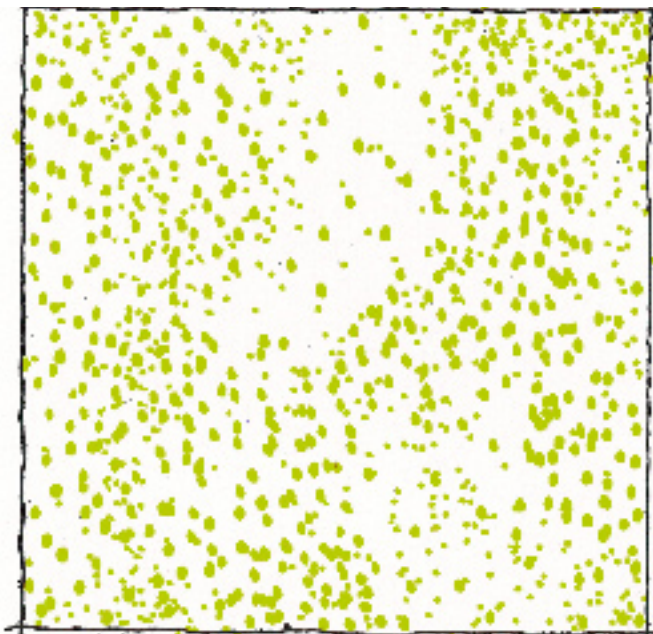


Die gerichtete Einlage von PMMA-Fasern in Polyurethane ist die zentrale Problematik im Umgang mit dem neuen Werkstoff. In dieser Strukturprobe wurde die Eingabe der PMMA-Fasern durch einfaches Einstapeln in eine Vergussform ausprobiert. Es wurden Fasern mit einem festgelegten Längenbereich zugeschnitten und parallel in die Form geschichtet. Anschliessend wurde die Form verschlossen und das Giessharz eingefüllt. Im Ergebnis entstand eine würfelförmige Probe, die auf einer Kreissäge in Scheiben geschnitten werden konnte. Die entstandene Struktur bildet eine rein zufällige

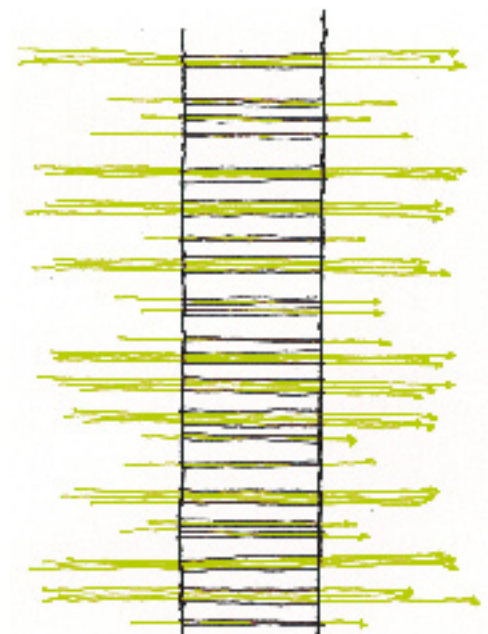
Verteilung der Fasern ab. Einige kürzere Fasern bilden blinde Punkte in der Scheibe, da sie nicht von einer Seite zur anderen hindurchlaufen. Die Struktur im übrigen ist sehr reizvoll durch ihre unterschiedliche Verdichtung der Fasern. Problematisch ist die Herstellung im industriellen Verfahren, da die Probe immer aufgeschnitten werden muss, um die lichtleitenden Fasern frei zu legen. Dies begrenzt die möglichen Dimensionen der fertigen Teile auf die mögliche Schneidetiefe der Kreissäge. Ausserdem entstehen immer Restmengen im Randbereich, die nicht verwendet werden können.



Bei diesem Modell mit gerichteten Fasern wurden alle PMMA-Fasern senkrecht mit paralleler Anordnung in das Trägermaterial eingelegt. Die Fasern gehen somit von der einen zur anderen Seite und lenken das Licht direkt durch. Um eine weitere Belebung der Probe hervorzurufen, wurden zwei Faserstärken eingesetzt.



Grundriss



Schnitt

Die innere Struktur dieser Materialprobe ist eine einfache gerichtete Struktur. Die parallele Anordnung erlaubt bei der Wahrnehmung nur einen Sichtbereich, innerhalb dessen das Material die Lichtwirkung entfaltet, der relativ klein ist. Von anderen Richtungen her betrachtet ergibt sich nur eine Tiefenwirkung, die jedoch keine Beleuchtung erzeugt.

Verdichtung

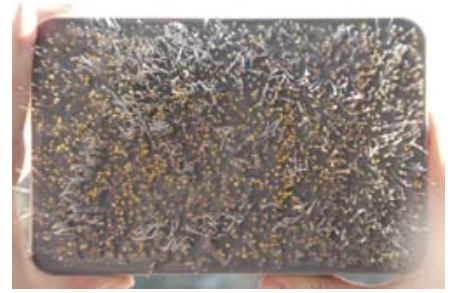
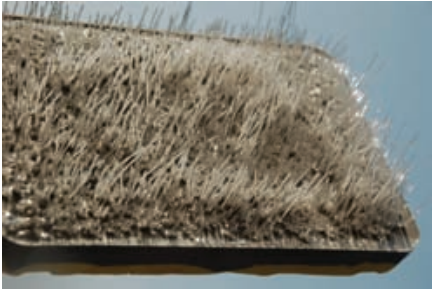
Modelle mit unterschiedlichem Effekt



Die Materialprobe „Verdichtung“ ist ebenfalls eine gerichtete Probe mit paralleler Anordnung der PMMA-Fasern. Die Probe beschäftigt sich mit der Kombination unterschiedlich dicker PMMA-Fasern in ein und derselben Materialprobe. Die Fasern wurden dazu gezielt senkrecht eingebracht. Es wurden durch Verdichtung und Auflockerung von gleichen Faserstärken unter-

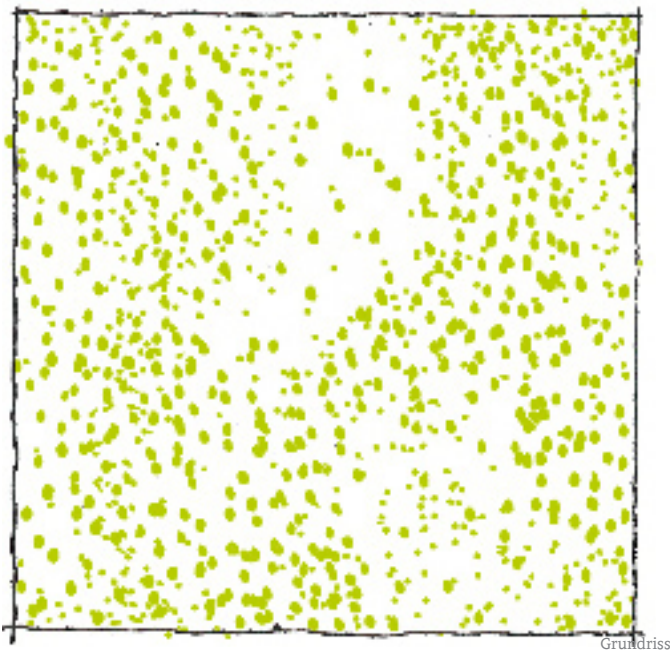
schiedlich transluzente Bereiche erzeugt. Gut erkennbar wurde in diesen Experimenten, dass die Verdichtung der dünnen PMMA-Fasern sehr viel höher sein muss, als die der dickeren Fasern, um eine gleiche Helligkeit auf der Lichtaustragsseite zu erzeugen. Die dünnen Fasern sorgen allerdings auch für feinere Brillanz der Oberfläche.

gerichtete Strukturen

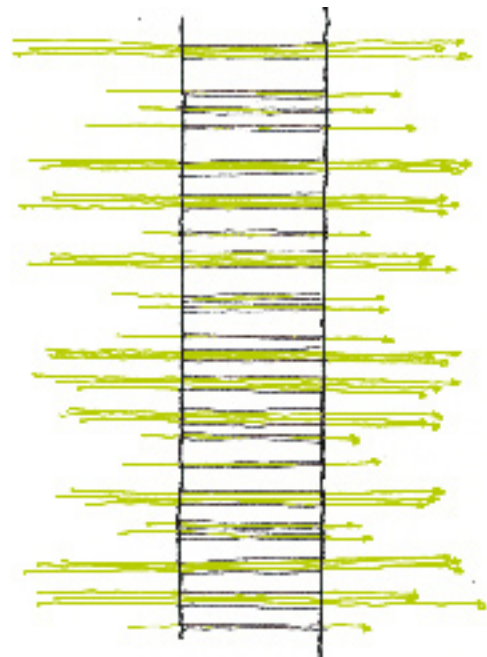


Die Herstellung dieser Materialprobe ist gleich der Probe mit gerichteten und parallelen Anordnungen. Doch die parallele Anordnung an sich unterscheidet sich durch die Verdichtung von dünneren und dickeren Faserstücken. Je nach Verdichtungsgrad werden die dünneren durch die dickeren Fasern aufgefüllt oder umgekehrt. In

diesem Versuch wurden die Fasern möglichst gleichmäßig auf die Fläche verteilt. Denkbar sind auch gleichmäßige Anteile der dünnen und der dicken Fasern pro Flächeneinheit und darauf basierender Verdichtung und Auflösung der Fasern insgesamt.



Grundriss

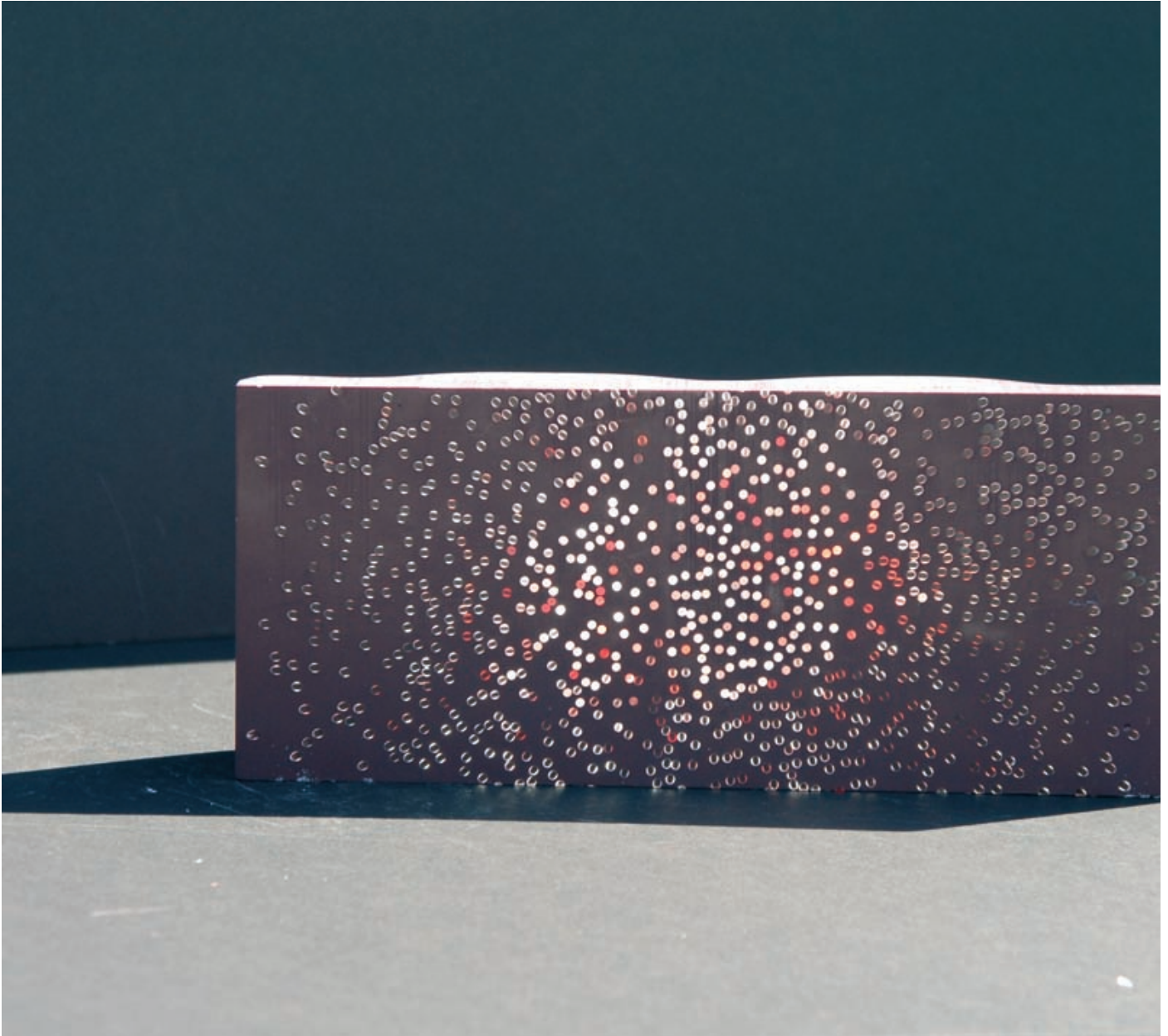


Schnitt

Durch dieses Prinzip der Verdichtung lassen sich ästhetische „Schlieren“ und eine weitere Belebung der Oberfläche erzeugen und die parallele Anordnung aufwerten. Durch die verdichtete Anordnung entsteht ein interessantes Flimmern mit hoher Brillanz. Die Oberfläche wirkt abwechslungsreich und einmalig. Der Betrachter erhält den Eindruck eines individuellen Produkts, das in der Anordnung ein Einzelstück zu sein scheint.

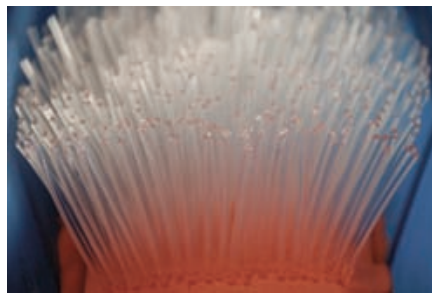
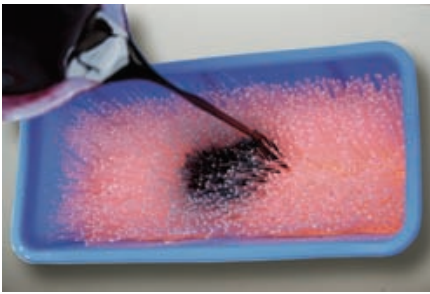
Lupe

Modelle mit optischem Effekt

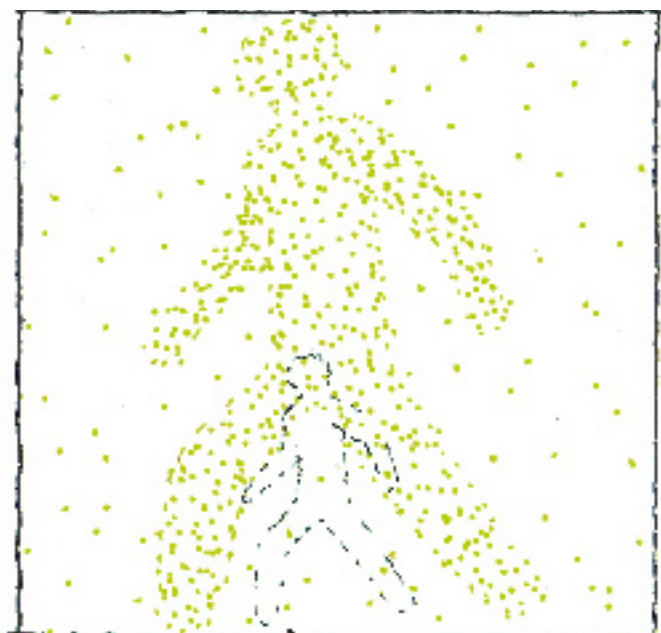


Im Rahmen der Versuchsreihen wurden neben den unterschiedlichen Herstellungsverfahren auch unterschiedliche Anordnungen der PMMA-Fasereinlagen untersucht. Dabei kamen neben der Variation von Faserstärken und der Dichte der Einlage auch verschieden stark zur Oberfläche geneigte Faserbündel in Frage. Im Versuch „Lupe“ wurden die PMMA-Fasern über den Querschnitt der Probe unterschiedlich stark geneigt eingelegt. Die Fasern wurden in der Mitte senkrecht angebracht und kippten nach aussen hin in

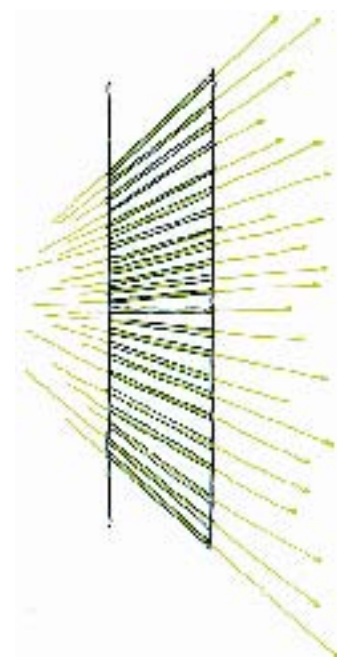
einem immer grösser werdenden Winkel. Dadurch entsteht ein vergrößernder Effekt des projizierten Bildes auf der Gegenseite des Materials. Interessant ist dieser Effekt für alle Proben, die eine relativ grosse Tiefe des Materials aufweisen. Vor allem im Bereich von Designobjekten kann dieser Effekt wirksam zum Tragen kommen. Ein weiterer Vorteil entsteht durch den erweiterten Bereich, indem die Lichtleitfasern zu beobachten sind, da die angeschnittenen Fasern einen weiter angelegten Wirkungsbereich besitzen.



Bei dieser Materialprobe sind die PMMA-Fasern gerichtet in das Trägermaterial eingelegt. Die PMMA-Fasern sind allerdings von der Mitte ausgehend fächerförmig angeordnet, um den Lupeneffekt zu erreichen. Es entsteht ein unterschiedlich dichter Faseranteil auf den beiden Seiten der Materialprobe.



Grundriss



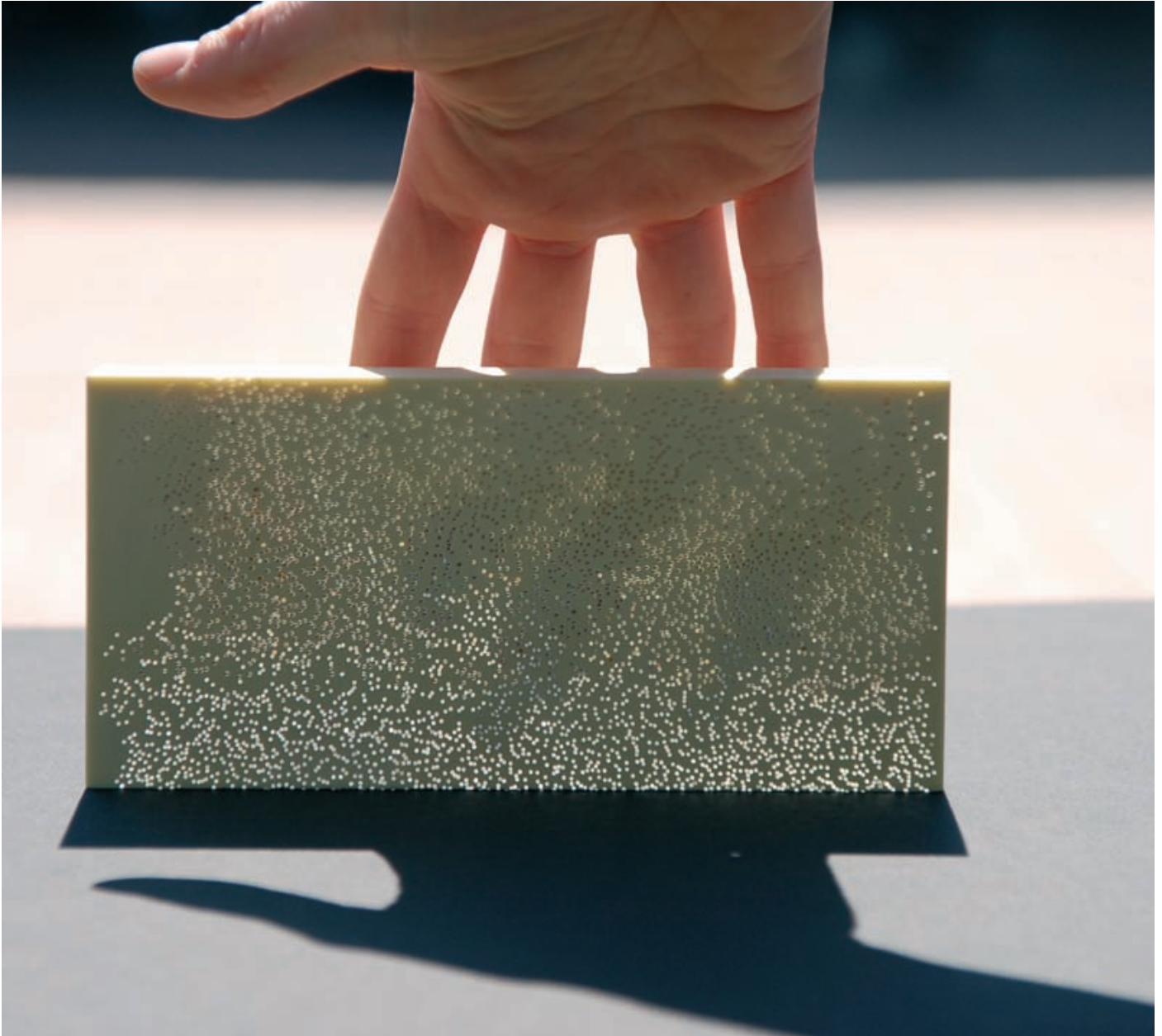
Schnitt

Die fächerförmige Anordnung der PMMA-Fasern bewirkt eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung von Objekten in alle Richtungen, wenn hinter dem Material Bewegungen stattfinden oder Objekte und Personen eine Verschattung erzeugen. Die Herstellung der Proben mit gezielt geneigt eingelegten Fasern ist sehr aufwendig, da grosse Aufmerksamkeit auf die Ausrichtung und Neigung der Fasern gelegt werden muss. Eine maschinelle Fertigung solcher Proben ist schwer vorstellbar. Für die Verwendung im Objektbereich kann diese Form der Fa-

serereinlage aber noch wesentlich werden, wenn Fasern beispielsweise gezielt geneigt eingelegt werden sollen, um nach einer Nachbehandlung durch Fräsen oder Zugschnitt alle Fasern senkrecht zur Oberfläche ausrichten zu können.

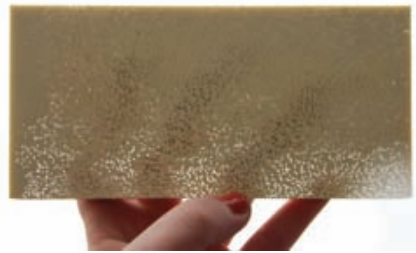
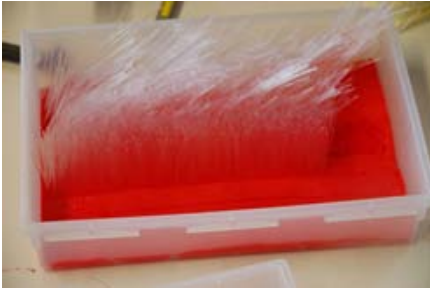
Fächer

Modelle mit verzerrendem Effekt



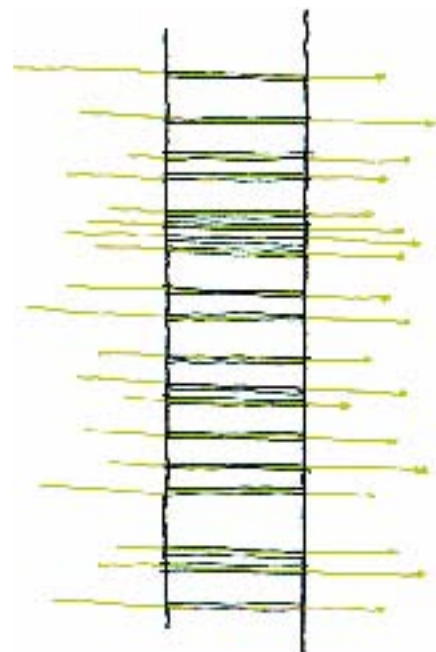
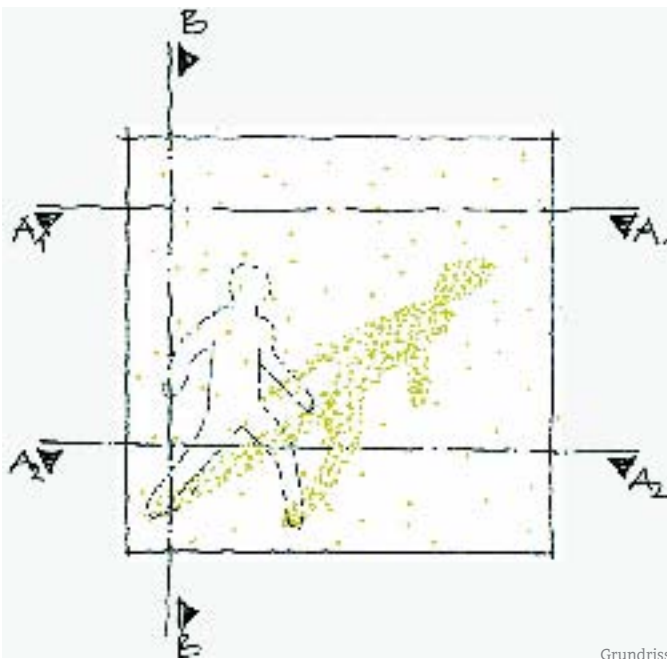
Ein ähnlicher Effekt wie die „Lupe“ wird durch die Probe „Fächer“ erzeugt. Der Unterschied besteht darin, dass die Fasern nicht punktsymmetrisch um den Mittelpunkt gleichmässig eingelegt werden. In diesem Beispiel wurden die Fasern entlang des Vertikalschnitts immer senkrecht zur Oberfläche eingelegt. Entlang der Horizontalschnitte wurde die Neigung von senkrecht

im untersten Bereich nach oben hin immer mehr verstärkt. Es entsteht nun mehr eine Verzerrung des Bildes in der Form, dass das hinter der Probe liegende Objekt auf der abgebildeten Seite stark zu einer Seite kippt. Wie für die Lupe gilt auch für diese Probe, dass der Effekt nur bei relativ grosser Materialstärke im Verhältnis zum abgebildeten Objekt erlebbar wird.



Die Fächeranordnung ist ebenfalls eine gerichtete Faserstruktur. Die PMMA-Fasern sind gekippt und über den Verlauf geneigt in die Trägermasse eingelegt, so dass sie eine fächerförmige Verzerrung erzeugen.

Es sind unterschiedlichste Verzerrungen denkbar, je nachdem in welchen Achsen die Neigung der Lichtleitfasern eingearbeitet wird. Zu beachten ist die Neigung zu blinden Flächen in den Randbereichen der Proben.



Diese Materialprobe zeigt einen weiteren Effekt, den man nur durch die Art der Einlage hervorruft. Die innere Struktur des Fächers evoziert einen verzerrenden Effekt. Im Objektbereich können die geneigten Fasern wesentlich für die Oberflächenanmutung der Objekte werden. Im Bereich der Bauteile werden die verwendeten Materialien erwartungsgemäss nicht ausreichend grosse Dimensionen erreichen, um wirklich erlebbare Effekte erzeugen zu können.

Logo

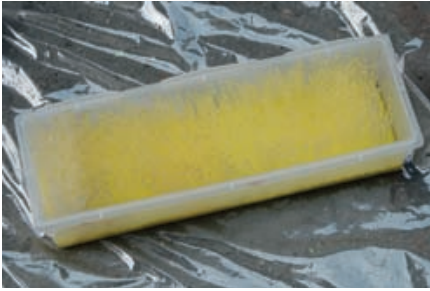
Modelle mit graphischem Effekt



Ebenfalls durch eine gerichtete Anordnung wird bei der Materialprobe „Logo“ ein graphischer Effekt erzeugt. Es können Bilder oder auch Informationen transportiert werden. Diese Anordnung der Fasern eignet sich insbesondere dafür, aus dem Material Kommunikations- und Werbeelemente wie Schilder, Leitsysteme oder Fassadentafeln herzustellen.

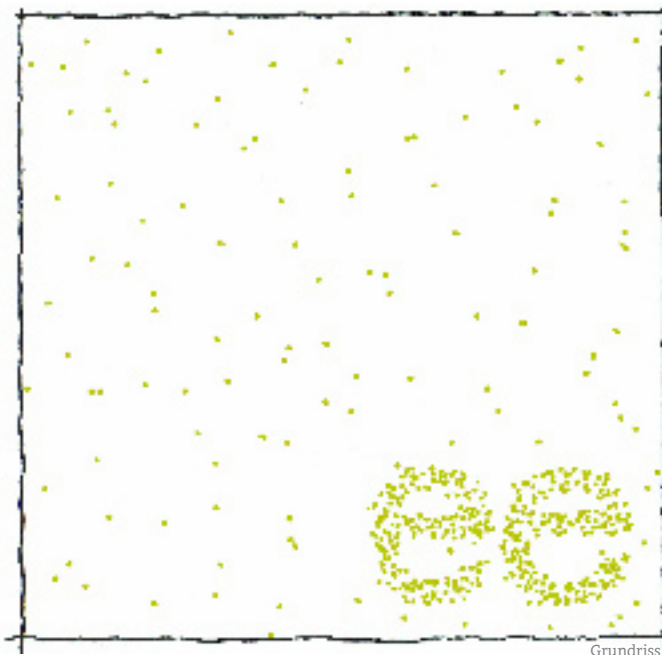
Diese Versuchsreihe beschäftigt sich zudem mit den Farben des Polyurethans und der Wechselwirkung aus der Lichtleitung mit der Färbung des Trägermaterials.

Es wurden Proben hergestellt, die innerhalb der Trägermasse schichtweise unterschiedliche Farben aufweisen. Die eingelegten Fasern nutzen dies aus, indem nicht alle von einer Seite zur anderen durchlaufen, sondern teilweise nur von einer Seite zur gegenüberliegenden Farbschicht reichen. Die Oberfläche gestaltet sich in diesem Fall sehr gleichmässig, trotzdem entsteht im optischen Eindruck eine farbliche Bündelung und dadurch wird Informationsaustausch möglich.



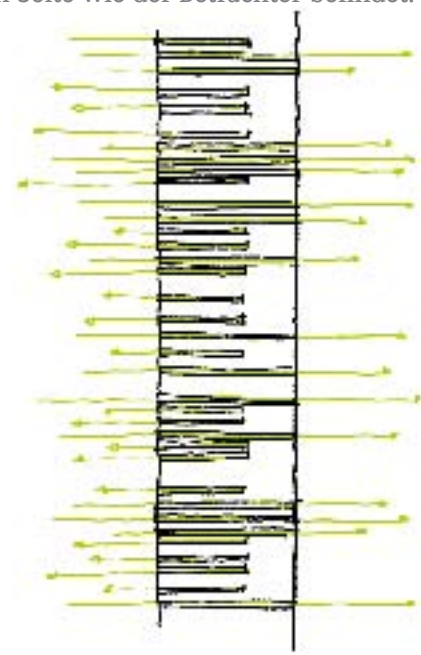
Bei der Herstellung dieser Modelle wurden zwei unterschiedlich lange PMMA-Fasern eingelegt, die senkrecht und zufällig und für das Entstehen eines Logos oder Bildes partiell gezielt und verdichtet eingelegt wurden. Die kurzen PMMA-Fasern, insbesondere die Fasern des ee-Logos durchdringen das Trägermaterial nicht vollständig im Gegensatz zu den langen Fasern. Dieses Modell ist in zwei Farbschichten gegossen. Diese schicht-

weise Änderung der Farbigkeit transportiert das Logo mit einer weiteren Betonung der Aussage durch die Reflektion der Farbe des Trägermaterials. Die kurzen Fasern enden mit ihrer Schnittkante in der leuchtend eingefärbten Schicht, so wird die Farbe des Trägermaterials an die Oberfläche reflektiert und das Logo abgebildet. Der optische Effekt funktioniert abhängig davon, ob sich die Lichtquelle auf der entgegengesetzten oder der gleichen Seite wie der Betrachter befindet.



Grundriss

Zur Entstehung eines Bildes werden in einem Bereich die Fasern stark verdichtet. Einige der eingelegten Fasern liefen durch beide Farbschichten hindurch, andere wiederum endeten in der hintenliegenden Farbschicht. So wurde erreicht, dass das Licht, das durch die Fasern auf die gleiche Seite des Materials zurückprojiziert wird, eine Färbung erhält, die der Farbe des Trägermaterials auf der anderen Seite entspricht. Es war hierdurch mög-



Schnitt

lich, eine farblose oder schwach gefärbte helle Probe herzustellen, die auf der Rückseite signalrot gefärbt ist, wodurch das Licht, das auf die helle Seite reflektiert wird, rot gefärbt erscheint.

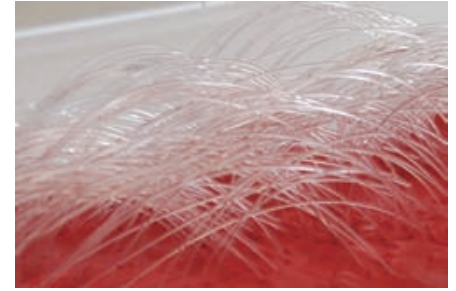
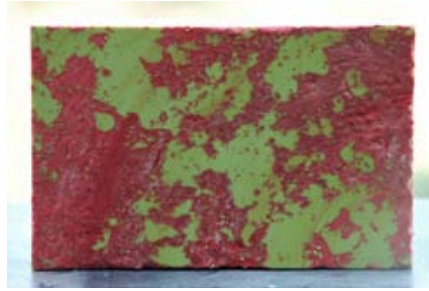
Schlaufe

Modelle mit dynamischem Effekt



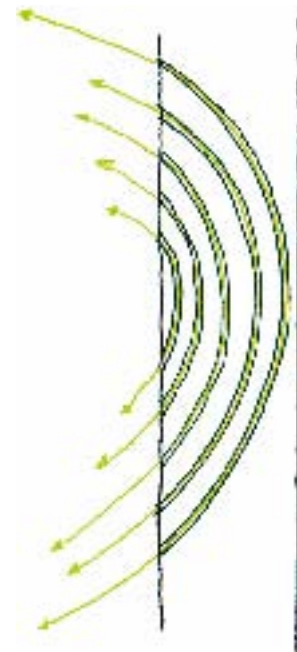
In dieser Versuchsreihe wurde untersucht, ob sich gerichtete, aber nicht unbedingt parallele Anordnungen der Fasern dazu eignen, die Einsatzmöglichkeiten des Materials in Bereiche auszuweiten, in denen sich das Licht und der Betrachter auf derselben Seite des Materials befinden. Diese Anwendungen treten im Baubereich weit häufiger auf, weil für Innenwandbeläge, Wandbeläge im Allgemeinen, Fußböden und Möbelbekleidungen stets der Fall anzutreffen ist, in dem das Material vor einem dunklen, unbelichteten Hintergrund steht und der Blick des Betrachters und das Licht

von vorne auf das Material treffen. Deswegen wurde eine Anordnung der Fasern innerhalb des Materials in Schlaufen untersucht, die das Licht von der Vorderseite aufnehmen und im Bogen wieder an der Vorderseite abgeben kann. Diese Materialproben haben den erstaunlichen Effekt, dass sie in der Betrachtung wirken, als käme das Licht tatsächlich aus einer dahinter liegenden Lichtquelle, tatsächlich aber handelt es sich bei den wahrgenommenen Lichtpunkten nur um Weiterleitungen des auf die Vorderseite treffenden Lichtes.



Die Einlage der Fasern für die Modelle mit schlaufenförmiger Ausrichtung kann unterschiedlich gestaltet werden. Es sind zum einen immer gleiche Schlaufen denkbar, die immer den gleichen Abstand von Lichteinfallspunkt zu Lichtaustrittspunkt haben. Zum anderen könnte die Schlaufe vollkommen unwillkürlich eingelegt werden. Der Unterschied würde dann vor allem in

der grösseren Gleichmässigkeit der Probe mit gleichen Schlaufen liegen. Weitere Varianten würden sich aus der Ausrichtung der Schlaufen ergeben. Also daraus, ob alle Fasern parallel ausgerichtet sind, oder ob die Schlaufen in einem unterschiedlichen Winkel zueinander stehen.



Da sich die PMMA-Fasern mit ihrem Anfangs- und Endpunkt auf einer Seite befinden entspricht die Lichteintragsseite der Lichtaustragsseite unabhängig von der genauen Art der Schlaufeneinlage. Für den Betrachter entsteht immer der Eindruck einer aus sich heraus leuchtenden Oberfläche, da die optische Wirkung die

Vermutung nahe legt, es befände sich eine Lichtquelle auf der anderen Seite der Materialprobe. Das Material enthält durch das immer wieder changierende und verspringende Aufleuchten der PMMA-Fasern eine äusserst hohe Brillanz in der Betrachtung.

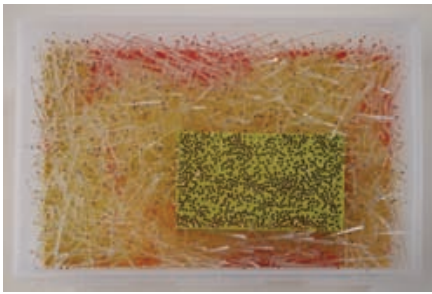
Kombinationen

Modelle mit kombinierten Effekten



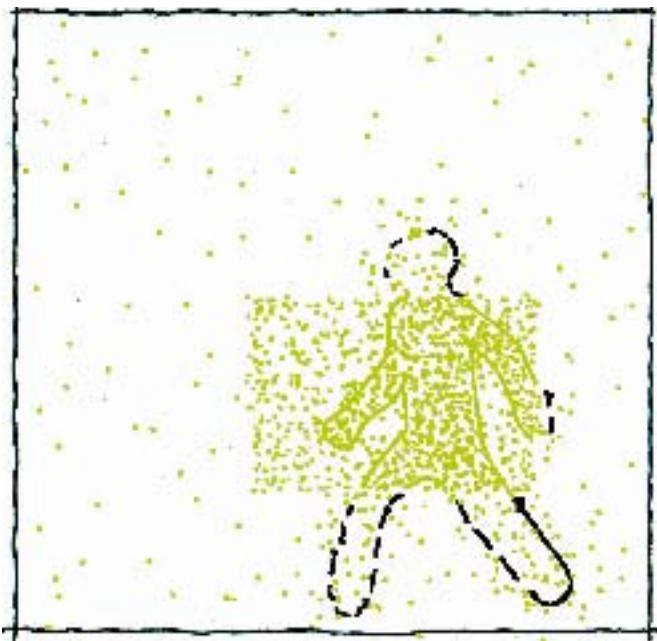
Eine weitere Versuchsreihe zeigt die Kombinationen der bisher gewonnenen Ergebnisse der Materialproben untereinander. Die kombinierten Effekte ergeben ein neues interessantes Bild mit einer neuen zusätzlichen Wirkung. Wie bereits weiter vorne beschrieben (siehe „Logo“) kann das Trägermaterial in Schichten farblich und eventuell auch haptisch differenziert werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kombination der unterschiedlichen Einlagevarianten der PMMA-

Fasern. So wurde in einem vorhergehenden Versuch die Stärke variiert. In diesem Experiment wurde ein Schritt weiter gegangen. Zunächst wurde eine kleine Probe mit senkrechter Fasereinlage hergestellt. Diese wurde mit grün gefärbtem Polyurethan vergossen. Im nächsten Schritt wurde diese Probe inmitten einer zufällig angeordneten Faserstruktur platziert. Diese wurde dann mit grau gefärbtem Polyurethan vergossen. So entsteht eine elementierte und differenzierte Oberfläche der Probe.



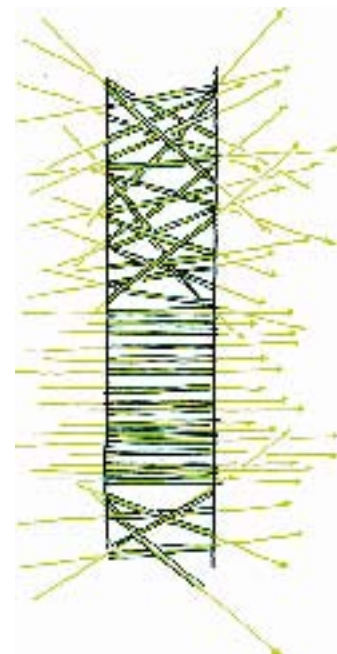
Die Herstellung bei diesem Kombinationsmodell erfolgt in zwei Schritten, zunächst wurde das Modell mit senkrecht gerichteter und paralleler Anordnung der Fasern gefertigt. Nach dem Aushärten des Modells wurde dieses

in eine weitere Versuchsform mit eingelegt. Anschließend wurde die restliche freie Fläche mit geneigten PMMA-Fasern dicht ausgefüllt und gegossen.



Grundriss

Aufgrund der Kombinationstechnik entstehen unterschiedliche Bildwirkungen. In diesem Fall entsteht bei der kleinen gerichteten Probe ein klar transportiertes Bild und durch den Übergang zu der anderen Probe wird eine Veränderung des dahinterliegenden Bildes hervorgerufen, ein zusätzlicher Effekt entsteht. Interessant ist der Übergangsbereich zwischen der genau abgebildeten Projektion und der diffus verzerrten Erscheinung im ungerichteten Bereich. Vorstellbar sind auch mehrere dieser Effekte nebeneinander. Die Herstellung dieser Proben ist allerdings sehr aufwendig, da jede weitere Probenverschachtelung zu einer Verdopplung der Nachbear-

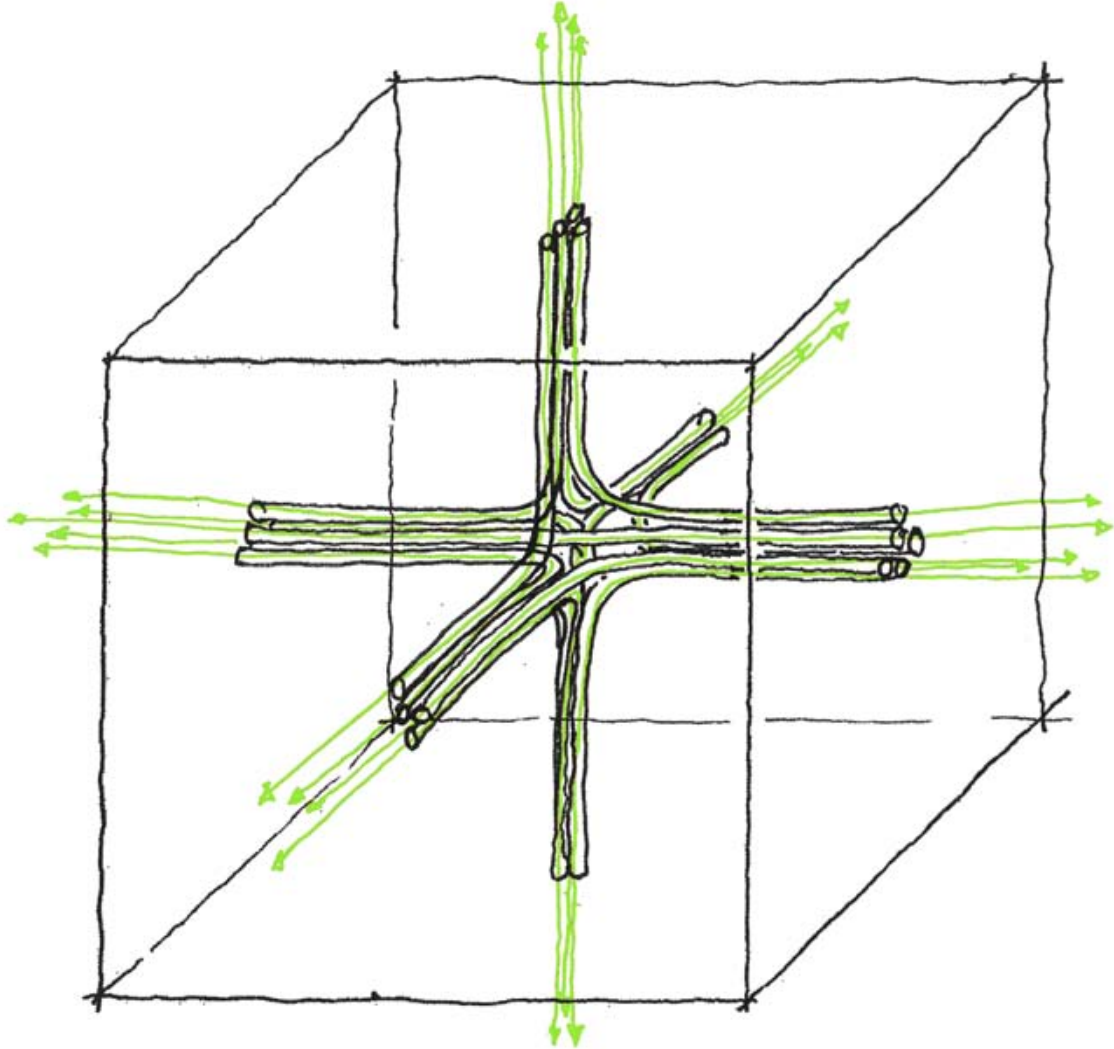


Schnitt

beitung des Materials führt. Jeder Materialübergang erfordert dabei die gleiche Bearbeitungsintensität wie das Endprodukt. Des Weiteren wird für jeden Verguss von Materialkombinationen die Materialstärke vermindert, da die Oberfläche plan geschliffen werden muss.

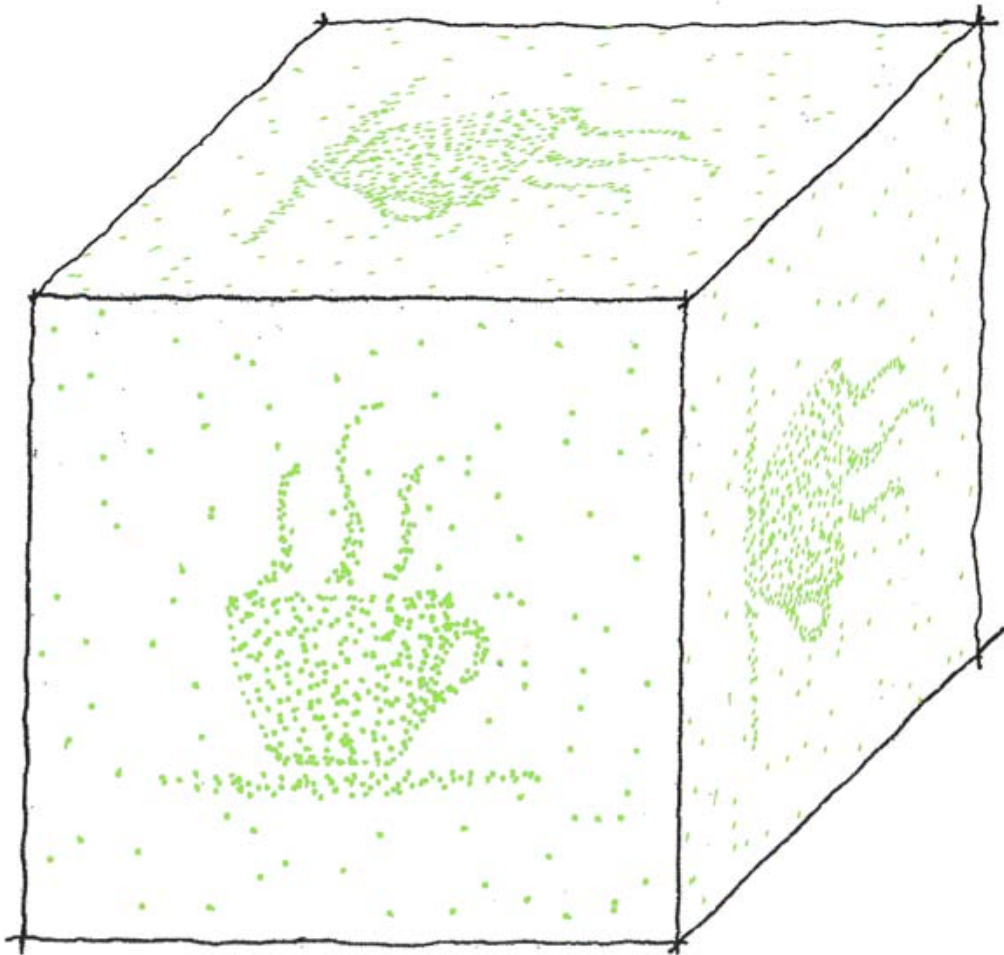
Vision 3d

dreidimensionale Modelle



Für diese dreidimensionale Materialproben liegt aufgrund der uns nicht möglichen technischen Umsetzung keine Materialprobe vor. Die PMMA-Fasern verlaufen in dieser Anordnung auch immer von einer Seite zur anderen, allerdings ist dies im Regelfall eine um 90 Grad gekippte Seite des Würfels. Interessant ist die resultierende Bild bzw. Informationsabwicklung

auf den Seitenflächen des Würfels. Als Anwendungsbeispiel eignen sich Kommunikations- und Werbeelemente wie Leitsysteme oder technische Projektionsflächen. Unwahrscheinlich ist, dass bei diesen Faseranordnungen eine zufriedenstellende Faserverdichtung erzeugt werden kann, da jeder Lichteintrag über fünf Fasern geleitet werden muss, um jede andere Seite des Würfels zu bedienen.



06. Impressum:

Herausgeber:

Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen
Prof. Dipl.-Ing. M. Sc. Econ. Manfred Hegger

Mitarbeit:

Dipl. Arch. ETH Hans Drexler M. Arch.
Dipl.-Ing. Tanja Klippert
cand. arch. Veronica Kraljic
cand. arch. Marcella Lantelme
cand. arch. Franziska Swoboda

Layout:

Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen
Dipl. Arch. ETH Hans Drexler M. Arch.
cand. arch. Franziska Swoboda

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Architektur
El-Lissitzky-Straße 1
D-64287 Darmstadt
tel: +49 (0) 6151 - 16 20 46
fax: +49 (0) 6151 - 16 52 47
fg@ee.tu-darmstadt.de
www.architektur.tu-darmstadt.de

