

# Entwerfen

## Upscaling Textiles. Experimenteller Materialentwurf im räumlichen Kontext

Christiane Sauer



Die bauliche Umwelt vermittelt sich unseren Sinnen über die Materialität ihrer Oberflächen, die Raum umgrenzen und schaffen. Material beeinflusst hierbei unmittelbar unsere Wahrnehmung, etwa durch Schall- oder Lichtreflexion. Es übernimmt physikalische Funktionen wie Speicherung und Absorption und schafft nicht zuletzt den Eindruck, der uns als spezifische Atmosphäre eines Raumes in Erinnerung bleibt.

Bei der Umsetzung eines Entwurfs in gebaute Realität tauchen immer wieder unvorhergesehene Problemstellungen auf: Materialien interagieren miteinander oder reagieren auf äußere Einflüsse, was als unerwünschter Effekt zu vermeiden versucht wird. Bindet man das mögliche Verhalten von Material aber aktiv als Teil des Entwurfs ein, entwickelt sich ein Prozess, der beobachten und analysieren statt kontrollieren möchte. Das Material selbst kann dann Anlass für Funktions- und Formfindung sein, seine Eigenschaften zum Gegenstand gestalterischer Untersuchungen werden. GestalterInnen entwickeln dabei praktische Expertise und werden zu ForscherInnen. Der lateinische Wortstamm *experiri* umschreibt zweierlei: sowohl die Tätigkeit des *Experimentierens* als *Kennenlernen*, *Versuchen*, *Erproben* als auch das *Erfahrensein* im Sinne des *Expertentums*.

In den Naturwissenschaften ist das Experiment vornehmlich ExpertInnen vorbehalten. Ein Versuchsaufbau wird unter vorab exakt festgelegten, wiederholbaren Bedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden bewertet, um einen Erkenntnisgewinn zu formulieren und darauf aufbauend eine zuvor aufgestellte These zu erhärten oder zu widerlegen. Ganz anders verhält sich das Experiment in der Gestaltung. Es ist kein einmaliger Vorgang, sondern eine Tätigkeit: das Experimentieren. Eine gestalterische Fragestellung erfordert keine vorab festgelegte Abfolge von Aktionen, sondern im Gegenteil die Offenheit für plötzliche Richtungswechsel und Varianten. Diese Freiheit erlaubt es, auch Elemente wie Zufall oder Intuition in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Das Entwurfergebnis wird so zu einem Zwischenstopp auf einer fortführbaren Entwicklungskette.

Vom physischen Materialexperiment ausgehend einen Entwurf zu entwickeln, bedeutet „Bottom-up“ als Designprinzip: Material wird nicht nachträglich auf eine Form appliziert, sondern Form und Funktion entstehen aus den Eigenschaften des Materials heraus. In einer Reihe von Handmustern werden Materialien der entwurflichen Fragestellung entsprechend zum Beispiel auf ihre Formbarkeit, Optik, Haptik, Beweglichkeit oder Stabilität hin experimentell untersucht, indem sie kombiniert, getrennt, geklebt, gefaltet, gewebt, gekocht, gefroren oder auf vielfache andere Weise behandelt werden. Interessanteste Ergebnisse werden weiter vertieft und in Demonstratoren umgesetzt. Die experimentell gewonnenen Erkenntnisse sind nicht immer neu. Es lohnt sich, auch auf traditionelle Techniken zu blicken. Viele Handwerkspraktiken tragen den Kräften der Werkstoffe Rechnung, da sie sich über Jahrhunderte durch die Bearbeitung entwickelt haben. Ein Beispiel sind gezinkte oder gekeilte Holzverbindungen, die die Bewegung und das „Arbeiten“ des Materials, das Quellen und Schwinden im gefügten Verbund erlauben.

### **Textile Strukturen**

Die Produkte textiler Praktiken wie Weben oder Flechten sind seit Jahrtausenden zugleich technischer und gestalterischer Bestandteil von Kleidung, Gebrauchsobjekten oder Behausung. Daran anknüpfend entstehen noch heute textile Flächen mit unzähligen Möglichkeiten, Optik, Haptik, Struktur und Funktionalität nach Bedarf zu konfigurieren. Die Parameter, die zu einem Resultat führen, sind in nahezu unendlicher Weise miteinander kombinierbar. Die textile Konstruktion bestimmt den Freiheitsgrad der Bewegung: Gewebe bilden einen festen Verbund sich orthogonal kreuzender Elemente, Gewirke und Gestricke sind aufgrund der Formreserve ihrer Maschen elastisch und dehnbar. Geknüpfte und geknotete Elemente ermöglichen gelenkartige Verbindungen, während Gelege funktionale Faserschichten bilden. Die verwendeten Materialien können aus natürlichen Bestandteilen wie Seide oder Wolle oder aus industriell hergestellten wie Metalldraht oder Kunststofffilamenten bis hin zu Carbon-, Glas- oder Basaltfasern bestehen. Im Rahmen neuer Technologien können auch elektronische Komponenten wie Sensoren oder Aktoren in die textile Konstruktion mit eingearbeitet werden (vgl. Rossi 2017).

Textil ist also kein fest definiertes Material, sondern bezeichnet als offenes System eine Art der Fügung, die unterschiedliche Materialien durch verschiedene Konstruktionstechniken (Weben, Stricken, Knüpfen) verbinden kann. Im strukturellen Zusammenwirken

ergeben die Komponenten mit ihren spezifischen Eigenschaften ein bewegliches interagierendes System, das selbst zum neuen „Material“ wird. Textil zu entwerfen, bedeutet also zugleich, Material zu entwerfen. Seine strukturelle Offenheit erlaubt auf einfache Art freies Experimentieren mit den Eigenschaften der Fläche. Deshalb gewinnen textile Technologien für die Entwicklung neuer Materialstrategien zunehmend an Bedeutung. Der in den vergangenen Jahren rasant wachsende Markt technischer Textilien zeigt deutlich, dass Textil in Zukunft eine führende Rolle in vielen Bereichen des täglichen Lebens von der Medizintechnik bis zum Bauwesen einnehmen wird (vgl. Forschungskuratorium Textil e. V. 2012).

### **Experimenteller Materialentwurf**

Textil nicht nur als „Stoff“, sondern als Technologie zu verstehen, erlaubt die Überführung der textilen Fläche in neue Maßstäbe und Kontexte. Insbesondere die Schnittstelle von Architektur und Textil bietet vielfache Anwendungsmöglichkeiten für funktionale Flächengebilde. Beide Bereiche könnten jedoch in ihren herkömmlichen Ausprägungen kaum gegensätzlicher sein: Architektur steht für Festigkeit, Stabilität und Dauerhaftigkeit, Textil hingegen für Beweglichkeit, Flexibilität und Weichheit. Wie architektonisch kann ein Textil, wie textil können architektonische Elemente werden? Im Bauwesen wird textile Konstruktion meist mit Membranbau gleichgesetzt, der formaktive, fest verspannte Tragwerke bildet. Was aber, wenn die Prinzipien der textilen Konstruktion an sich – das Weben, Stricken, Knüpfen – in den architektonischen Maßstab übertragen werden, um offene, wandelbare Systeme zu konzipieren, die jenseits zugbeanspruchter Konstruktionen auch freistehend oder tragend sein könnten?

Diese Fragestellung ist Ausgangspunkt der Experimente, die mit Schwerpunkt „Materialentwurf im architektonischen Kontext“ am Fachgebiet Textil- und Flächendesign bzw. am Forschungsschwerpunkt *DXM – Design und Experimentelle Materialforschung* (Berzina/Sauer 2016) der weißensee kunsthochschule berlin entstehen. Hierbei werden in ergebnisoffenen Prozessen aus den Eigenschaften des Materials heraus neue Potenziale für funktionale Flächen erschlossen, die nachhaltige und materialgerechte Konzepte ermöglichen, wie folgende Beispiele aufzeigen.

Das Garn, aus dem die textile Fläche gebildet wird, ist wesentlicher Bestandteil des gesamten Gefüges. Wird es selbst zum Gegenstand des Experimentierens, lassen sich sogar Materialien wie Beton, der wie kein anderer Werkstoff für Solidität und Stabilität steht, neu und flexibel denken und in ein frei formbares Gebilde

wandeln. Die Fragestellung, wie man Textil stabilisieren kann, um räumliche Elemente daraus zu kreieren, war Ausgangspunkt des Entwurfs *BetonTextil* (Kühner 2016, vgl. Sigmund 2016b). Ein mehrere Zentimeter starkes „Betongarn“ wurde entwickelt, das als textiler, mit Zement gefüllter Schlauch verstrickt, verwebt oder verknüpft und zu einer frei geformten Fläche drapiert werden kann. Im Anschluss wird es gewässert, härtet aus und bildet eine stabile Betonstruktur, die je nach textiler Bindung unterschiedliche Belastbarkeit und Optik aufweist. Hierbei geht die textile Hülle des Schlauches, die zugleich als verlorene Schalung dient, mit dem Beton einen kraftschlüssigen Verbund ein. Das Textil ist nicht nur formgebend, es nimmt zugleich die Zugkräfte in den Randbereichen des Betonstranges auf und wird im Verbund zum konstruktiven Element.

Die Wahl des Schlauch- und Füllmaterials sowie des Durchmessers der Betonstränge, Fragen der Stabilität und chemischen Beständigkeit sowie die Bestimmung der optimalen Zusammensetzung der Betonmischung und des Textils waren Herausforderungen, die in unzähligen Experimenten als iterativer Prozess untersucht wurden (Abb. 1). Aufgrund der Skalierung und des hohen Gewichtes des Garns waren gewöhnliche Webstühle oder Strickmaschinen zur Verarbeitung des Zementstranges unbrauchbar. So mussten Werkzeuge wie ein großformatiges Strickbrett oder eine an eine Wurstmaschine angelehnte Schlauchfüleinrichtung entwickelt und gebaut werden, um die gewünschten Experimente durchführen zu können. In einem professionellen Materiallabor fanden schließlich Biegezugversuche mit den ausgehärteten Beton-textilproben statt, um die Belastbarkeit des Materials zu testen.

Die entstandenen Objekte haben faszinierende Eigenschaften. Die Oberfläche des *BetonTextils* ist hart, seine Optik hingegen weich. Gewohnte Vorzeichen kehren sich um. Textil erstarrt, Beton wird fließend. Die Maschen erzeugen eine durchlässige Fläche bei freier Formgebung (Abb. 2). Durch die dreidimensionale Struktur und den Kompositverbund kann mit vergleichsweise wenig Material eine stabile Konstruktion erzeugt werden, die keinerlei zusätzliche Schalung benötigt. Das textile Komposit minimiert den Materialverbrauch und erhöht somit die Nachhaltigkeit des Betons.

### **Materialmanipulationen**

Industrielle technische Textilien haben als sichtbare Gestaltungselemente bislang kaum Beachtung gefunden. Sie werden zwar in allen Bereichen des täglichen Lebens eingesetzt, dort aber meist kaschiert verarbeitet – vom Abstandsgewirk in Sitzpolsterungen bis



Abb. 1. (oben) Anne-Kathrin Kühner, *BetonTextil*, 2016. Testreihen Materialentwicklung, weißensee kunsthochschule berlin.

Abb. 2. (unten) Anne-Kathrin Kühner, *BetonTextil*, 2016.

Gestrickte Wand aus Beton, weißensee kunsthochschule berlin.



zur textilen Bewehrung in Windradflügeln. Bei näherer Betrachtung besitzen diese Hochleistungstextilien aber nicht nur faszinierende technische Eigenschaften, sondern auch ein überraschendes ästhetisches Potenzial. Deshalb gilt es die textilen Halbzeuge (so bezeichnet man industriell hergestellte Werkstoffe) aufbauend auf ihre technischen Eigenschaften auch gestalterisch zu untersuchen, so dass neue Anwendungsfelder erschlossen werden können, die das Material mit all seinen Potenzialen sichtbar werden lassen (vgl. Sauer 2017).

Das im Allgemeinen nicht textil konnotierte Vulkangestein Basalt war Inhalt des Semesterprojektes *Steinweich* (vgl. Sauer 2017). Riesige Vorkommen des Materials liegen in der Erdkruste und am Meeresboden verborgen. In einem industriellen Prozess kann Basaltschotter bei 1.450 °C aufgeschmolzen und zu Endlosfasern, sogenannten Filamenten gezogen werden, die sich zu Halbzeugen wie Geweben oder Garnen weiterverarbeiten lassen. Die technischen Eigenschaften sind vergleichbar mit Glas- oder Carbonfaser, besonders seine mechanische, thermische und UV-Beständigkeit machen das hundertprozentige Naturmaterial für viele Applikationen attraktiv. Dennoch hat sich Basaltfaser auf breiter Basis bislang noch nicht durchgesetzt und ist relativ unbekannt. Dies war Anlass für experimentelle Entwürfe, die neue Anwendungsmöglichkeiten erschließen sollten. Industrielle Gewebe, Vliese, Rovings (Faserstränge) und Garne wurden Studierenden zur Verfügung gestellt, die die Materialien mit ihrer grüngoldenen schimmernden Optik in Materialexperimenten gestalterisch untersuchten und sie darauf aufbauend in neue funktionale Kontexte setzten.

Aus dem ursprünglich massiven Stein wurden sogar filigrane und zugleich stabile Leichtbaustrukturen entwickelt bzw. gewickelt (Rapp/Unger 2017). Zu diesem Zweck wird die Faser im Verarbeitungsprozess mit einem versteifenden Harz getränkt und anschließend über ein nachträglich entferntbares hexagonales Gerüst gewickelt. Zahlreiche Experimente untersuchten die Belastbarkeit der Elemente in Abhängigkeit von der Wickeldichte und dem Durchmesser der Faser. Dies erfolgte zunächst schlicht durch körperliche Belastung (Abb. 3), später professionalisierter mit Maschinentests, die vergleichbare Ergebnisse lieferten. Die Module fügen sich zu einer zellulären, räumlichen Struktur, die zwischen offen und geschlossen oszilliert und eher erweiterbares System als intendierte Form ist. Durch die Verteilung der Fasern und die Anordnung der Module werden strukturell graduierte Flächen geschaffen, die unterschiedliche Nutzungen von leichtem Sichtschutz bis zu tragfähigem Mobiliar erlauben. Das Material ist dabei niemals eine

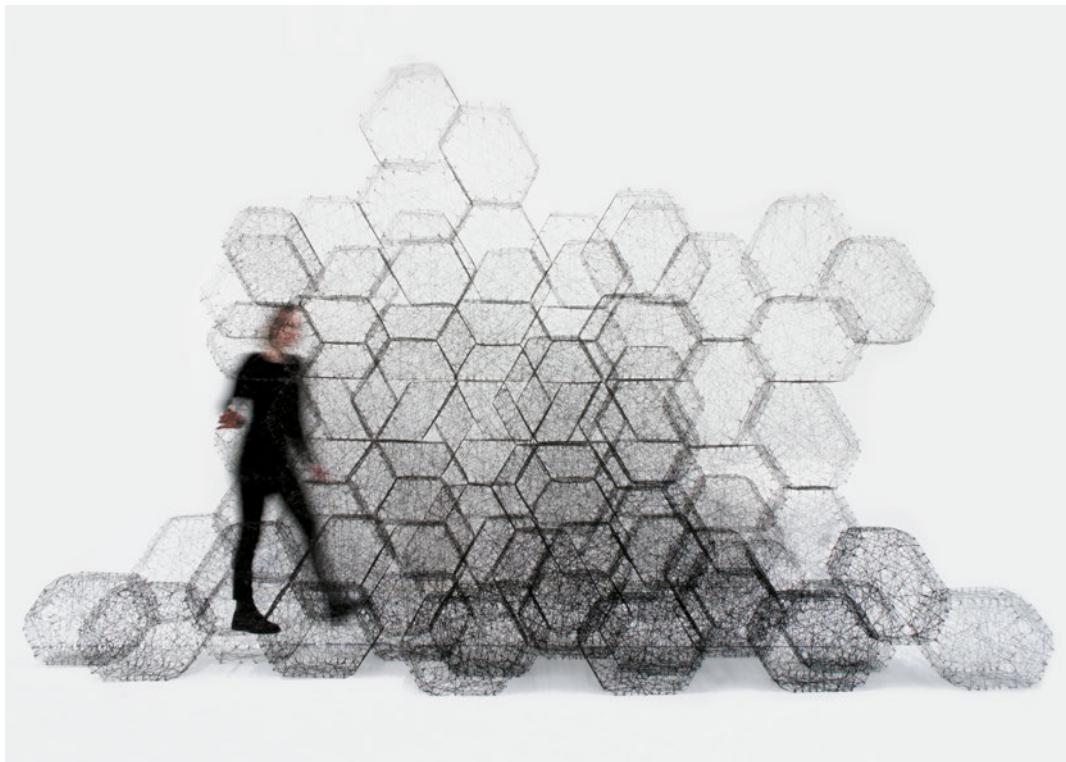


Abb. 3. (oben) Idalene Rapp, Natascha Unger, StoneWeb, 2017.  
Modulare Elemente aus mit Harz verstärkter, gewickelter Basaltfaser,  
weißensee kunsthochschule berlin.

Abb. 4. (unten) Idalene Rapp, Natascha Unger, StoneWeb, 2017.  
Leichtbauwand aus Basaltfaser, weißensee kunsthochschule berlin.

vorgegebene Konstante, sondern seine strukturelle Ausformung wird gezielt für den Einsatzzweck angepasst. Das optimale Verhältnis von Stabilität, Geometrie und Optik wurde in unzähligen Versuchen getestet und evaluiert. Der Stein wurde dabei zum Ultraleichtmaterial: Ein Modul wiegt ca. fünfzig Gramm, die abgebildete Wandfläche mit einer Größe von rund zwölf Quadratmetern nur etwa vier Kilogramm (Abb. 4).

Der Wechsel der Aggregatzustände von flüssiger Basaltlava, die zu Gestein erstarrt, das wiederum aufgeschmolzen in ein flexibles Filament gezogen wird, war Inspiration für Gestaltungsansätze, bei denen sich die Faser mit ebenfalls formbaren Massen wie Wachs, Kunststoff und letztlich Glas verbindet. Die Hitzebeständigkeit von Basalt wurde für Experimente im Fusingofen genutzt. Glasstreifen und Steinfaser wurden gemeinsam bis auf 800 °C erhitzt. Die Materialien, die beide auf Siliziumdioxid basieren, gehen dabei einen Verbund ein, bei dem der Basalt zum stabilisierenden und formgebenden Element für das Glas wird (Abb. 5) (Gladki/Han 2017). Bei noch höheren Temperaturen von 1.200 °C beginnen die Fasern selbst zu schmelzen und bilden eine Glasur. Auf Keramik wurden unterschiedliche Arten der Musterung getestet, deren gebrannte Oberflächen wieder an erstarrte Lava erinnern (Ackermann 2017).

Unter Verwendung von Standardmaterialien aus der Industrie wurde in dem Entwurfsprojekt durch freies Experimentieren mit Basaltfaser durch Schmelzen, Wickeln, Trennen und Verbinden eine große Bandbreite neuer Anwendungsmöglichkeiten getestet. Keines der vielfältigen Ergebnisse war zu Beginn intendiert oder absehbar. Der Erkenntnisgewinn bei diesem entwurflichen Wagnis ist für die Studierenden groß, denn es eröffnet nicht nur völlig neue Herangehensweisen, sondern stärkt das Vertrauen in den experimentellen Prozess an sich, der vielfältige neue Gestaltungswege jenseits von „richtig“ oder „falsch“ eröffnet.

### **Interdisziplinäre Experimente**

Neue Horizonte der Gestaltung erschließen sich wie gezeigt beim Machen selbst. Das Experiment ist dabei nie Selbstzweck oder Monolog, sondern stets dialogischer Prozess. Die Auseinandersetzung mit Eigenschaften und Strukturen, mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten und auch mit den Inhalten anderer Disziplinen erlaubt es, neue Zusammenhänge zu entdecken, einzubinden und schließlich auch in eine konkrete Anwendung zu überführen.

Gerade aber die Kommunikation mit anderen Disziplinen, die Quelle der Erfahrung und Inspiration sein können, gerät oft

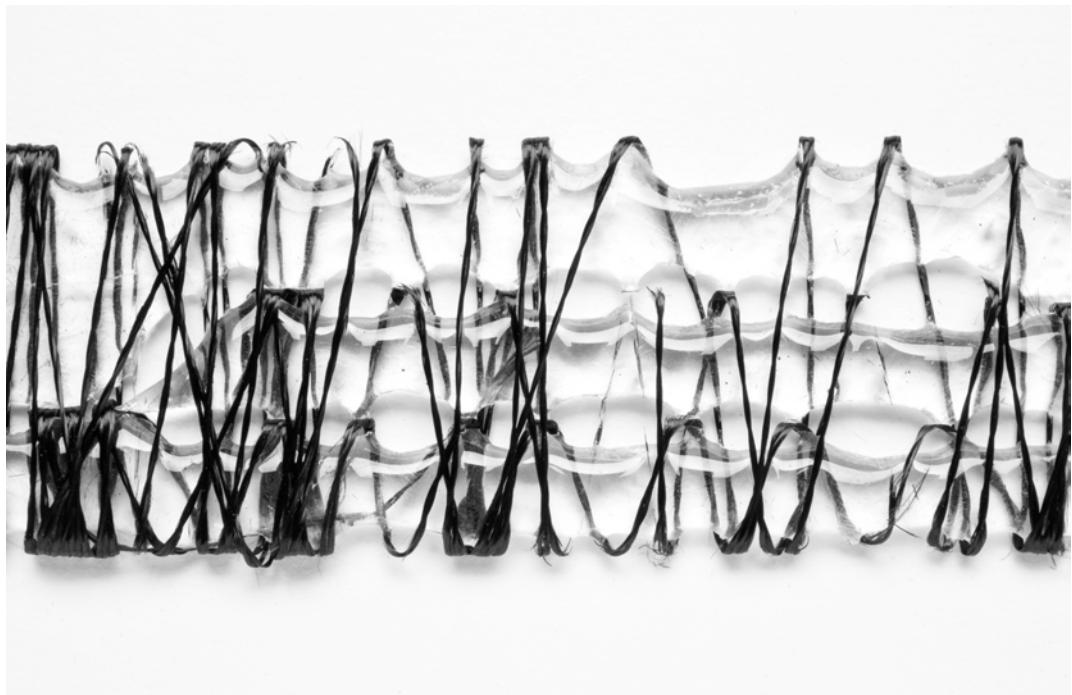


Abb. 5. Ben Gladki, Minyoung Han, *Soft Stones*, 2017. Materialexperiment, Verbund von Basalt und Glas, weißensee kunsthochschule berlin.

schon zum Experiment an sich. Im Bereich sogenannter Smart Materials, die große Potenziale für nachhaltige und adaptive Konzepte bieten, liegt das Fachwissen meist auf dem Gebiet der Chemie und Physik. Anders als Eigenschaften herkömmlicher Materialien wie Holz oder Stahl ist GestalterInnen beispielsweise das Verhalten von dielektrischen Elastomeren, Piezokeramiken oder Formgedächtnislegierungen meist nicht bekannt, was eine große Hemmschwelle für den Einsatz dieser Materialien darstellt. Um mit diesen komplexen Materialien experimentieren zu können, muss man sich also zunächst ein Grundwissen aneignen. In der interdisziplinären Zusammenarbeit von Naturwissenschaft und Gestaltung ist neben den fachlichen Herausforderungen schon das Abgleichen von Terminologien eine der ersten Hürden. Beispielsweise liegen Skalierungen in der Physik im Nano- oder Mikrometerbereich, in Design und Architektur dagegen bei Zentimetern und Metern. Schon einfache Zuordnungen wie „groß“ oder „klein“ führen deshalb regelmäßig zu Verwirrungen und Missverständnissen.

Eine Basis für die Verständigung zwischen den Disziplinen zu schaffen, war Ziel des Forschungsprojektes *Smart Tools for Smart Design* (Berzina/Aumann/Wolf 2016). Es bereitet die technischen Funktionsweisen und gestalterisch wirksamen Eigenschaften der Smart Materials für DesignerInnen und die interessierte Öffentlichkeit so auf, dass sie wie herkömmliche Materialien benutzt und eingesetzt werden können. Zur Inspiration werden konkrete Anwendungsbeispiele aus dem Designbereich dargestellt. Verschiedene Vermittlungsformate wie ein mobiles Laboratorium, Ausstellungen, transdisziplinäre Workshops oder eine Website ermöglichen nachhaltigen Wissenstransfer.

Ein erfolgreiches Beispiel für die Überführung eines Smart-Material-Experiments in ein konkretes Anwendungsszenario ist der *Solar Curtain*, ein adaptives System, das als autarke Fassadenverschattung funktioniert. Erste Materialexperimente im Rahmen eines studentischen Entwurfsprojektes untersuchten Bewegungsprinzipien von Kugelfischen und sich öffnenden Blüten, aus denen die Faltung für die pixelartigen Sonnenschutzmodule entwickelt wurde (Finnsdóttir 2014). Integrierte Formgedächtnisaktoren verformen sich bei Temperaturanstieg, so dass das System durch solare Wärmestrahlung aktiviert wird und den Raum bei Sonneneinstrahlung selbsttätig ohne externe Energiezufuhr verschattet. Um zusätzliche Kontrollmöglichkeit zu gewährleisten, ist eine individuelle Ansteuerung auch durch elektrische Impulse möglich und kann aufgrund der modularen Struktur gradierend über die gesamte

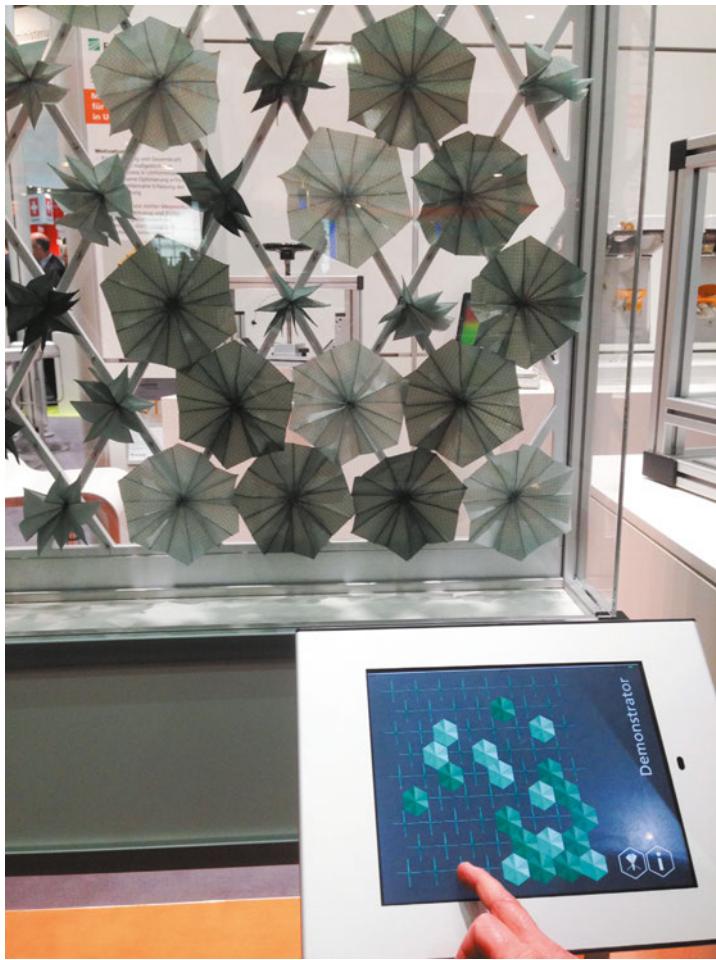


Abb. 6. Bára Finnsdóttir und Fraunhofer IWU, *Solar Curtain*, 2015.  
Technischer Demonstrator einer adaptiven Fassadenverschattung auf der Basis von Smart-Material-Komponenten (FGL), weißensee kunsthochschule berlin und Fraunhofer IWU, Dresden.

Fläche eingestellt werden. In aktiver Zusammenarbeit von Gestaltung und Wissenschaft, in diesem Fall der weißensee kunsthochschule berlin mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Dresden, entstand aus einem experimentell entwickelten studentischen Entwurf ein funktioniegender technischer Prototyp (Abb. 6), der in der Fachwelt großen Anklang fand (vgl. Peters 2016, Honsel 2015, Sigmund 2016a).

### Ausblick

Materialexperimente mit textilen Strukturen prägten immer wieder neue Strategien für Konstruktion und Formfindung in der Architektur. Beispiele sind die Hängemodele Antonio Gaudis (Beukers/van Hinte 2005), Frei Ottos Minimalflächen aus Seifenhaut oder Nylonstrumpf (Vrachliotis 2016), Heinz Islers gefrorene Tücher (Ramm/Schnuck 2002) oder jüngst Achim Menges robotisch konstruierte Faserarchitekturen (Menges/Knippers 2015). Immer werden textile Komponenten in den architektonischen Kontext übertragen, um effiziente Bauweisen zu finden, die zugleich eine eigenständige Formensprache entwickeln.

Textilkonstruktionen können zudem für ihren Einsatzzweck maßgeschneidert werden. Dies spart Material und Energie bei Produktion, Transport und Aufbau. Durch strukturelle Verdichtung lassen sich mit ein und demselben Fasermaterial unterschiedliche Eigenschaften in der Fläche erzeugen. Die entstehenden graduierten Werkstoffe können aus einem Material hergestellt und somit gut recycelbar sein. Aber auch die Wiederverwertung unterschiedlicher Materialien und Komponenten eines textilen Gefüges ist durch seine lösbareren Verbindungen leicht möglich. Nicht nur in der Fertigung, sondern auch in Hinblick auf Ressourceneffizienz und Materialkreisläufe liegt also großes Potenzial in textilen Technologien. Das Experimentieren wird in dieser Entwicklung auch in Zukunft eine tragende Rolle einnehmen, um Material, Form und Funktion neu zu „verweben“. Die textile Fläche wird dabei selbst zum Material – zu einem aktiven, gestaltbaren System.

Material zu entwerfen ermöglicht, an die Substanz von Konstruktion zu gehen, nämlich schon auf der physikalischen Ebene der Materialeigenschaften die Erscheinung, die Bewegung und die Funktionalität von Strukturen zu gestalten. In unserer Arbeit an der Hochschule versuchen wir uns jenseits ästhetischer Komfortzonen darauf einzulassen, zunächst dem Verhalten des Materials und nicht persönlichen Gestaltungsvorstellungen zu folgen. Wie im Beispiel des *BetonTextils* oder der Basaltfaserwand entdecken und verstehen wir durch Materialexperimente funktional relevante

Eigenschaften, aus denen sich neue Gestaltungsansätze ableiten lassen. Aus diesen Erkenntnissen heraus werden Betrachtungsweisen und disruptive Ansätze möglich, die allein auf Basis tradierter Kenntnisse niemals in den Fokus des Entwerfens gerückt wären.

Das Hochskalieren textiler Konstruktionen in den architektonischen Maßstab birgt hierbei enormes Potenzial. Sie können nach Erfordernis zwischen fest und beweglich, zwischen massiv und durchlässig konzipiert werden. Durch relativ geringes Gewicht und auch durch energetische Komponenten sind sie speziell für Leichtbau interessant. Solche hybriden aktiven Strukturen werden als Materialien der Zukunft für unsere Räume und Gebäudehüllen benötigt, wenn wir den anstehenden klimatischen und energetischen Herausforderungen verantwortungsvoll begegnen wollen. Die Hochschule bietet dafür den wertvollen Freiraum, Ideen wie beispielsweise den *Solar Curtain* zu tragfähigen Konzepten zu entwickeln, die im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungprojekten in reale Produkte überführt werden können.

## Literatur

- Ackermann, Charlotte und Sauer, Christiane (2017): *Steinweich / 1200°*. Semesterentwurfsprojekt WS 2016/17. Fachgebiet Textil- und Flächendesign, weißensee kunsthochschule berlin. Online unter: <http://www.kh-berlin.de/projekt-detail/Project/detail/steinweich-2561.html> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018)
- Berzina, Zane und Sauer, Christiane (Hg.) (2016): *Design and Experimental Material Research*. Berlin: weißensee kunsthochschule berlin, Fachgebiet Textil- und Flächendesign. Online unter: [http://www.kh-berlin.de/uploads/tx\\_khberlin/khb-tfd-design%26experimental-material-research-st4sd-final-digital-small.pdf](http://www.kh-berlin.de/uploads/tx_khberlin/khb-tfd-design%26experimental-material-research-st4sd-final-digital-small.pdf) (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Berzina, Zane; Wolf, Julia und Aumann, Veronika (2016): *Smart tools for smart design*, Forschungsprojekt. Berlin: weißensee kunsthochschule berlin. Online unter: [www.st4sd.de/](http://www.st4sd.de/) (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Beukers, Adriaan und van Hinte (Hg.) (2005): *Lightness*. Rotterdam: o10 Publishers.
- Finnasdóttir, Bára und Sauer, Christiane (2014): *Change / Solar Curtain*. Semesterentwurfsprojekt SS 2014. Fachgebiet Textil- und Flächendesign, weißensee kunsthochschule berlin. Online unter: <http://www.kh-berlin.de/projekt-uebersicht/Project/overview/change-smart3-1780.html> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Forschungskuratorium Textil e. V. (2012): „Perspektiven 2025 – Handlungsfelder für die Textilforschung von morgen“. Berlin: Forschungskuratorium Textil e. V. Online unter: <http://www.textilforschung.de/publikation?id=5> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Gladki, Ben; Han, Minyoung und Sauer, Christiane (2017): *Steinweich / Soft Stones*. Semesterentwurfsprojekt WS 2016/17. Fachgebiet Textil- und Flächendesign, weißensee kunsthochschule berlin. Online unter: <http://www.kh-berlin.de/projekt-detail/Project/detail/steinweich-2561.html> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018)
- Honsel, Gregor (2015): „Metalle die sich erinnern“, in: *Technology Review*, Juli, S. 80.

- Kühner, Anne-Kathrin und Sauer, Christiane (2016): *BetonTextil*. Masterthesis WS 2015/16, Dokumentation. Fachgebiet Textil- und Flächen- design, weißensee kunsthochschule berlin.
- Menges, Achim und Knippers, Jan (2015): „Fibrous Tectonics“, in: *AD Architectural Design* 237, September/Okttober, London: Wiley, S. 40–47.
- Peters, Sascha (2016): „Das Material denkt mit“, in: *domus*, März/April, S. 130–131.
- Ramm, Ekkehard und Schnuck, Eberhard (2002): „Eisversuche“, in: Dies. (Hg.): *Heinz Isler, Schalen*. Zürich: vdf Hochschul Verlag an der ETH, S. 89–91.
- Rapp, Idalene; Unger, Natascha und Sauer, Christiane (2017): *Steinweich / Stone Web*. Semesterentwurfsprojekt WS 2016/17. Fachgebiet Textil- und Flächendesign, weißensee kunsthochschule berlin. Online unter: <http://www.kh-berlin.de/projekt-detail/Project/detail/steinweich-2561.html> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018)
- Rossi, René (2017): „Hightech – und intelligente Textilien für körpernahe Anwendungen“, in: Fehr, Michael; Reichel, Michaela und Textilmuseum St. Gallen (Hg.): *Neue Stoffe – New Stuff. Gestalten mit Technischen Textilien*. Ausstellungskatalog Textilmuseum St. Gallen. Baden: hier und jetzt, Verlag für Kultur und Geschichte, S. 65–73.
- Sauer, Christiane (2017): „Perspektivwechsel: Technische Textilien als Quelle der Inspiration“, in: Fehr, Michael; Reichel, Michaela und Textilmuseum St. Gallen (Hg.): *Neue Stoffe – New Stuff. Gestalten mit Technischen Textilien*. Ausstellungskatalog Textilmuseum St. Gallen. Baden: hier und jetzt, Verlag für Kultur und Geschichte, S. 121–129.
- Sauer, Christiane (2017): „SteinWeich – Experimentelle Flächen aus Basaltfaser“, in: *md Interior Design Architecture*, April, S. 72–75. Online unter: <https://www.md-mag.com/interior-architecture/fachbeitraege/material/textildesign/> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Sigmund, Bettina (2016): „Betontextil, Verbundmaterial neu interpretiert“. Online unter: <https://www.detail.de/artikel/betontextil-verbundmaterial-neu-interpretiert-28482/> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Sigmund, Bettina (2016a): „Solar Curtain – Sonnenschutz durch Formgedächtniseffekt“, in: *DETAIL research*. Online unter: <https://www.detail.de/artikel/solar-curtain-sonnen-schutz-durch-formgedaechtniseffekt-28272/> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Sigmund, Bettina (2016b): „Betontextil, Verbundmaterial neu interpretiert“. Online unter: <https://www.detail.de/artikel/betontextil-verbundmaterial-neu-interpretiert-28482/> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- smart<sup>3</sup> Innovationsnetzwerk (2018): „Smart Tools for Smart Design – Wissenstransfer zum Anfassen“. Online unter: <http://www.smarthoch3.de/demonstratoren/smart-tools-for-smart-design/> (zuletzt aufgerufen: 29.8.2018).
- Vrachliotis, Georg (2016): „Denken in Modellen – Architektur und operative Ästhetik bei Frei Otto“, in: Ders.; Kleinmanns, Joachim; Kunz, Martin und Philip Kurz (Hg.): *Frei Otto. Denken in Modellen*. Ausstellungskatalog. Leipzig: Spector Books, S. 22–30.