

SIMPLE SYSTEMS – COMPLEX CAPACITIES Die Ergebnisse des ARCH+ Wettbewerbs

Der Wettbewerb basierte auf dem Entwurfs- und Forschungsansatz, der in der ARCH+ Ausgabe 188 „Form Follows Performance“ vorgestellt wurde. Worum geht es dabei? Um die Suche nach alternativen Wegen zu dem in der zeitgenössischen Architektur herrschenden Primat der Gestalt – um nicht mehr, aber auch um nicht weniger. Eine Schlüsselrolle für die ARCH+ Ausgabe kommt dem Konzept der Materialsysteme zu. Die Entwicklung eines Materialsystems war auch der Inhalt des Wettbewerbs. Damit stellte der Wettbewerb die Teilnehmer vor die Herausforderung, nicht wie sonst üblich für eine gegebene Aufgabenstellung eine Lösung zu erarbeiten, sondern die Aufgabe selbst zu definieren.

Was ist das Spezifische an Materialsystemen? Material an sich gibt es genau genommen nicht. Es ist immer zugleich auch Struktur; Struktur impliziert Form und Form impliziert Funktion. Strukturbildung auf allen Maßstabsebenen und durch alle Hierarchiestufen hindurch ist – sehr vereinfacht – der Trick, wie die Natur es geschafft hat, mit nur wenigen „Bausteinen“ eine unübersehbare Vielfalt zu erzeugen. Dieser Prozess der strukturellen Differenzierung in Respons auf die Umwelt beschreibt den Weg vom einfachen System zu komplexen Kapazitäten. Er ist der gängigen Entwurfspraxis der geometrischen Komplizierung à priori und der Materialwerdung à posteriori diametral entgegengesetzt. Der Begriff des Materialsystems steht für ein integratives Verständnis von Materialität, Struktur und Form. Ziel des Wettbewerbs war es, in der Auseinandersetzung mit einem Materialsystem einen Möglichkeitsraum zu eröffnen, indem seine architektonischen und performativen Potenziale ausgelotet werden. Die zentrale Fragestellung dabei ist nicht das schnelle „Wozu kann ich es gebrauchen?“, sondern zunächst das „Was kann es?“

Die 115 Einsendungen aus 13 Ländern dokumentierten zweierlei: Erstens, wie schwierig es ist, eingetübte Denkbahnen zu verlassen, und zweitens, dass ein solcher auf dem Konzept der Materialsysteme beruhender Entwurfs- und Forschungsansatz eine große Bandbreite an eigenwilligen Entwicklungen zulässt. In einer ersten Jurysitzung am 17.2.2009 wurden aus den Beiträgen der ersten Wettbewerbsphase fünf Projekte zur weiteren Bearbeitung ausgewählt. Die zweite Phase sollte den Projektautoren die Möglichkeit geben, gemeinsam mit Experten aus verschiedenen Disziplinen ihr Konzept weiterzuentwickeln und anhand von Prototypen im Hinblick auf Herstellbarkeit und Performance zu testen. Vier der fünf Finalisten haben diese Chance genutzt und ihre Projekte am 9.11.2009 präsentiert. Die Ergebnisse

1. Preis Breathing Structure

Team Phase 1:

Saskia Maier, Frauke Hausi

Team Phase 2:

Ante Ljubas, Tim Waidelich

Projektbegleitung:

Moritz Hauschild, Rüdiger Karzel

Beratung:

Hasan Dadak (Produktionstechnik)

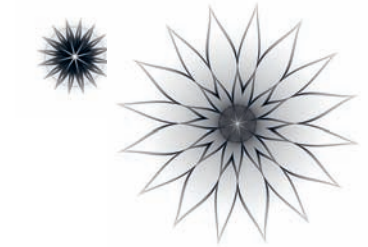
Ausgangspunkt unserer Forschung war es, die unterschiedliche Reaktion zweier Materialien auf äußeren Wärmeeinfluss für die Entwicklung eines reagiblen Materialsystems zu nutzen. In der 1. Phase des Wettbewerbs wurde ein geschichteter Werkstoff aus Acrylglas (PMMA) und glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) entwickelt. Durch die flächige und kraftschlüssige Fügung beider Materialien entsteht bei Erwärmung ein Bi-Material-Effekt – der Kunststoff wird infolge der unterschiedlich wirkenden Wärmeausdehnungskoeffizienten gewölbt. In Phase 2 wurden die Ansätze mit alternativen Materialkombinationen auf Basis theoretischer und praktischer Erkenntnisse weiterentwickelt und nach und nach optimiert.

Die maßgeblichen Parameter für die Stärke und Art der Verformung des Werkstoffs sind das Verhältnis von Schichtdicke und inneren Widerstandskräfte, die Faserläufe sowie die kumulativen Effekte,

die durch die gegenläufige Addition der Systemelemente auftreten. In diesem Zusammenhang war es auch notwendig, den dabei auftretenden Reibungswiderstand mit zu untersuchen.

Anhand verschiedener Geometrie-konzepte wurden flächige, räumliche und kumulative Entfaltungseffekte digital und physisch getestet. Ein regulierbarer Wärmeschrank diente hierbei – neben der virtuellen – der realen Simulation sich verändernder Umgebungstemperaturen. Die Erkenntnis über Zusammenhänge zwischen Schichtdicken und maßstabsgerechter Dimensionierung war für den Projektverlauf maßgeblich.

Die Abwägung aller Parameter führte letztendlich zu einem prototypischen Materialsystem aus plastischem Polyvinylchlorid (PVC-P) und kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) in Form einer „Blüte“, deren Entfaltungsbewegung durch die sich gegenläufig krümmenden Systemelemente sowie ihre radiale Anordnung entsteht. Die Optimierung besteht hierbei in einer reibungsarmen Kippbewegung um eine Ringachse und einer Anpassung des Fügungsmusters auf den entfalteten Zustand der Kragkonstruktion. So konnten die innewohnenden molekularen Kräfte des verwendeten Kunststoffes durch relativ einfache geometrische Anpassungen funktional transformiert werden. Das entstandene



Materialsystem reagiert mit spontanen und augenfälligen Reaktionszeiten hypersensibel auf seine Umgebungstemperatur. Die Bewegung erfolgt in den Sommermonaten passiv; sie beschreibt eine sich selbsttätig entfaltende, blütenartige Überdachung, die bis zu einem statisch günstigen Maximum kippt und sich dann arretiert.

Die Skalierung des Systems auf den Maßstab 1:1 steht noch aus, jedoch projizieren Simulationen die Annahmen für Folgeprojekte auf deutlich größere Maßstäbe als im entwickelten Kleinmodell. Hierbei wird, neben dem möglichen Einsatz von Biomaterialien, die Untersuchung und optimale Einstellung des Materialmixes hinsichtlich seiner Flexibilität in den Forschungsfokus treten. Wir hoffen, auf diese Weise den schichtdickebedingten Skalierungswiderstand zu kompensieren und die der Dynamik der Struktur entsprechenden Details zu entwickeln.

Bislang ist eine nachhaltige, responsive Architektur entstanden, die passiv reagiert. Eine aktive Ausrüstung für ungünstige Klimata ist aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit des CFK denkbar. Wegen der jahreszeitlichen Wiederkehr des energetischen Reaktionsmusters kann von einem material-inhärenten Batterieeffekt der passiven Variante gesprochen werden.



Prototyp bei Raumtemperatur von ca. 20°C



Entfaltung des Prototyps nach der Erwärmung auf 40°–60°C

1. Preis

Flat2Form

ROK – Matthias Rippmann, Silvan Oesterle,
Michael Knauß

Unterstützung durch:
ILEK, Institut für Leichtbau, Entwerfen
und Konstruieren
und Seele GmbH & Co.KG

Flat2Form basiert auf einer verblüffend einfachen Methode der Krümmung zweier Flächen, die sich mit Hilfe eines errechneten Zuschnittmusters – z.B. einer speziellen Lochung – und in Kombination mit definierten Abstandshaltern einstellen lässt. Auf diese Weise sind geometrisch komplexe Strukturen aus vollständig abwickelbaren Flächen (Gaußsche Krümmung = 0) herstellbar. Flexible Flächenmaterialien können in einfachen CNC-Bearbeitungsprozessen zugeschnitten und anschließend händisch gefügt werden. Die entstehende Geometrie der Struktur resultiert dabei aus dem eindeutigen Formschluss im Verbund der Einzelflächen bzw. deren individuellen Zuschnitten.

Dieses Verhalten wurde experimentell untersucht und prototypisch im Maßstab 1:1 umgesetzt. Die Untersuchungen zielten darauf ab, die performativen Eigenschaften des Systems auszuarbeiten und mögliche Anwendungsbereiche auszuloten. Hierbei wurden verschiedene Materialien wie Polystyrol, Brettschichtholz, Aluminium und Edelstahl getestet und in Kombination mit unterschiedlichen Füge-techniken hinsichtlich ihres Tragverhaltens überprüft. Zudem konnte ein Betonelement mit Hilfe einer gekrümmten Schalung entsprechend der hier dargelegten Methode hergestellt werden.

Die entwickelten Füge-techniken berücksichtigen materialspezifische Eigenschaften. Simplität, Festigkeit und Sortenreinheit der Verbindungen standen dabei im Vordergrund. Für die prototypische Anwendung des Systems wurde zwischen heterogenen und systeminhärenten Verbindungen unterschieden:

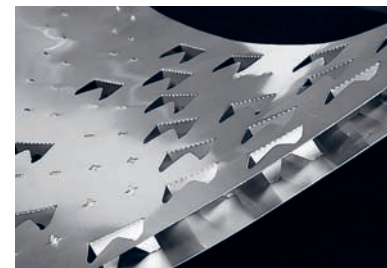
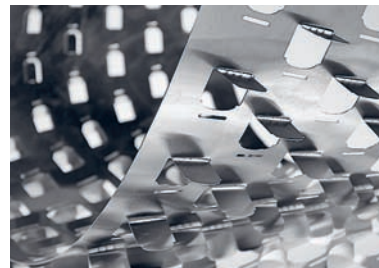
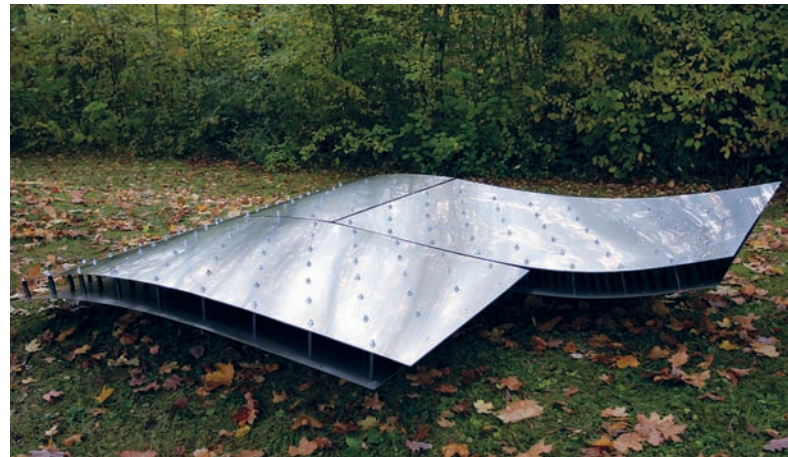
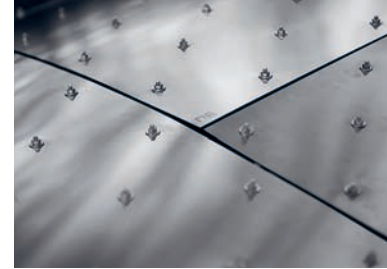
Heterogene Verbindungen in Form einfacher Schraubverbindungen eignen sich für die Herstellung geschlossener Fassadenpaneele. Systeminhärente, laschen-

artige Verbindungen erzeugen durchlässige Elemente, die in tragenden Raumstrukturen eingesetzt werden können.

Die Fassadenpaneele bestehen aus jeweils zwei 2 mm dicken Edelstahlblechen, die mit Hilfe der Schraubverbindungen sowie der durchgängigen Lochstruktur und den Abstandhaltern zwischen den Blechen in ihrer individuellen Krümmung bzw. Geometrie definiert sind. Hierbei bewirkt der größere Lochabstand innerhalb einer Fläche automatisch eine Krümmung beider Bleche, wenn ihre Verbindung wie vorgesehen über das jeweilige Lochmuster erfolgt. Unter Berücksichtigung der materialspezifischen Minimalbiegeradien lassen sich so anhand der Lochgeometrie die erwünschten lokalen Krümmungen erzeugen. Weitere Parameter der Lochgeometrie sind die materialspezifisch mögliche Dichte bzw. Anzahl der Löcher, der Randabstand und die Beziehung zum Nachbar-element.

Ein weiterer Anwendungsbereich des Systems sind tragende Raumstrukturen, die auf mehreren sich schneidenden, abwickelbaren Flächen basieren – vergleichbar mit typischen Gewölbeformen, die ebenfalls durch die geometrische Durchdringung einfach gekrümmter Flächen beschrieben werden können.

Die so entstehende Konstruktion, die als Überdachung dienen könnte, weist Perforationen auf, die einerseits durch die Abkantung der Laschen und andererseits durch sekundäre Kriterien wie Sonneneinstrahlung bzw. Niederschlag definiert sind. Die statischen Eigenschaften der Konstruktion wurden mittels Simulationen und Berechnungen untersucht, um die Orientierung und Form der Laschenverbindungen zwischen den einzelnen Flächenpaaren zu bestimmen. Ob die Laschen aus der oberen Lage abgekantet werden und somit deren Ausbeulverhalten schwächen, oder ob gegenteilig verfahren wird, richtet sich nach dem Wert der lokalen Druck- bzw. Zugkräfte innerhalb des Systems. Dieses Vorgehen verbessert das Tragverhalten, ohne dass zusätzliches Material eingesetzt werden muss.

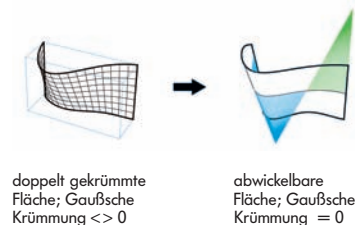


oben:

Schraubverbindungen; gebogenes
Fassadenelement

darunter:

Laschenverbindungen; Raumstruktur
aus gebogenen Flächenpaaren

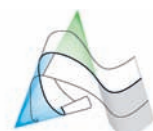


doppelt gekrümmte
Fläche; Gaußsche
Krümmung < 0

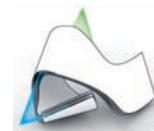
abwickelbare
Fläche; Gaußsche
Krümmung $= 0$



auf beliebigen Punkt
extrudierte Leitkurve



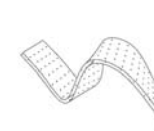
Kombination von
Zylinder und Kegel



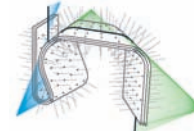
Doppelschichtigkeit
erlaubt Formschluss



individ. Lochmuster
ist formbestimmend



Formprozess durch Ver-
bindung der Lochpaare



endgültige Form, Loch-
paare normal zur Fläche



Schrauben



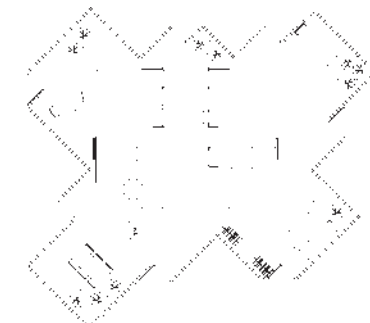
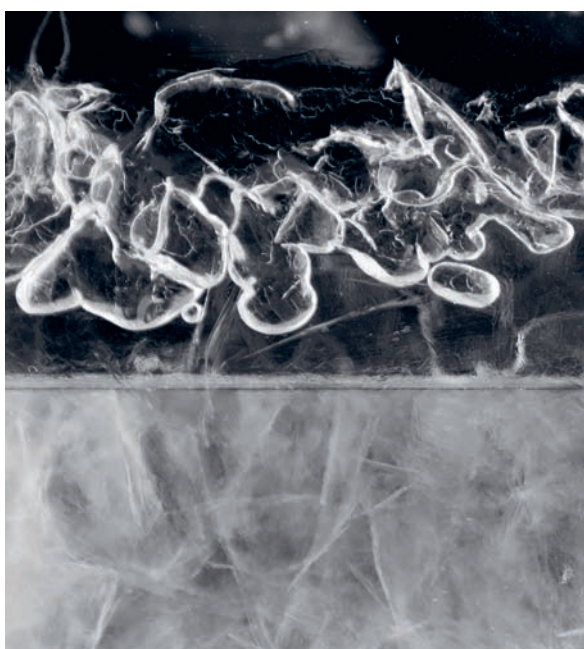
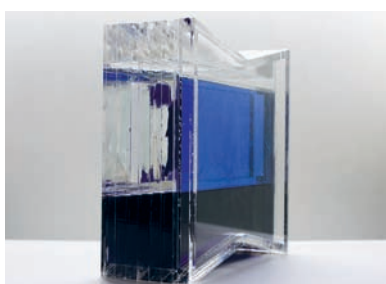
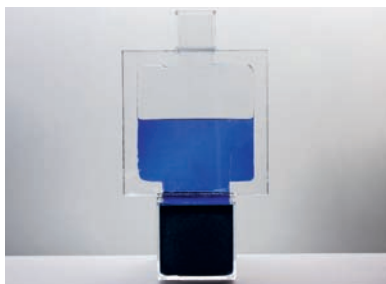
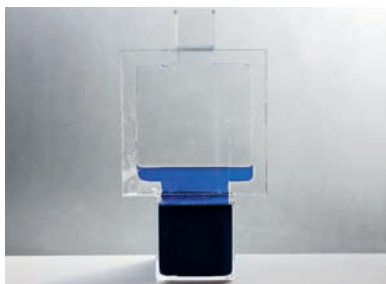
Binden



Abkanten

1. Preis

Thermometrische Fassade



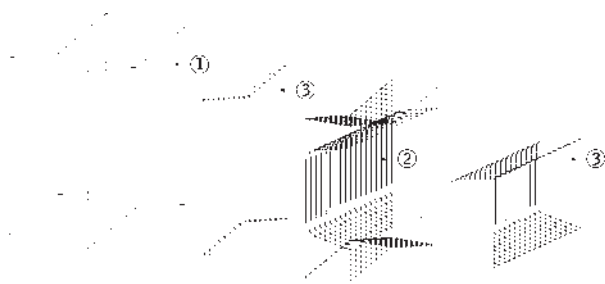
Grundriss-Schema:
kompakter Kern mit Perimeterraum,
je nach Jahreszeit 50 bis 140 qm

interner Wachsbehälter
Prototyp 2

Überlauf	
Ausdehnung 3%	
1mm stark	
Schräge	
Basisvolumen 100 %	

Prototyp 3

- 1 äußere Form
- 2 innere Form, Behälter für das Wachs
- 3 innere Form, Luftkammer



Georg Rafailidis, Stephanie Davidson
Beratung:
Imagine Structure (Tragstruktur)
Roman Jakobiak (Klima)

Die Nachhaltigkeitsdebatte scheint an unserer Kerndisziplin, dem architektonischen Entwurf, spurlos vorbeizuziehen. Nachhaltigkeit wird den Bauphysikern, den Materialforschern und den Politikern überlassen. Wir schlagen eine radikale Öffnung des architektonischen Entwurfs für Themen vor, die angeblich anderen Disziplinen angehören, um unseren Handlungsraum als Architekten zu erweitern.

So untersuchen wir mit dem Konzept der Thermometrischen Fassade das entwerferische und formgebende Potenzial von Latentwärmespeichern aus Wachs, die bisher aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften nur zur Erhöhung der thermischen Speichermasse eingesetzt werden. Wir haben nach den architektonischen Konsequenzen gefragt: Wie kann dieses temperatursensitive System zur Organisation von Raum eingesetzt werden? Ist Temperatur dabei der einzige Parameter? Lässt sich eine konstruktive Logik ableiten?

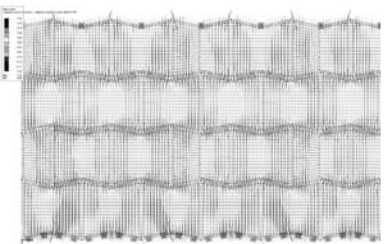
Wir nutzen die ca. zehnpromtente Volumenausdehnung beim Phasenwechsel des Wachses (die üblicherweise als nachteilig empfunden wird), um einen tempe-

raturesensitiven Glasstein zu entwickeln, der neben der effizienten Wärmespeicherung auch die Verschattung und Durchsicht modulieren kann. Durch eine thermometerartige Form des Wachsbehälters im Glasstein wird die Volumenänderung verstärkt, das aufsteigende Wachs fungiert als selbstregulierender Sonnenschutz.

Die wesentlichen Parameter des Systems sind die Hohlraumgeometrie und die Außenform des Glassteins sowie die Beschaffenheit des Wachses. Die Hohlraumgeometrie hat gezielten Einfluss auf die temperaturabhängigen Füllstände. Diese Abhängigkeit wurde mit verschiedenen Prototypen empirisch getestet. Die facettierten Auflagerflächen der Außenform ermöglichen ein Glassteingefüge ohne Bewehrungselemente. Das Wachs selbst kann auf unterschiedliche Schmelztemperaturen eingestellt und abgedunkelt werden. In der Überlagerung dieser Parameter lässt sich eine lokale Differenzierung im Glassteingefüge erreichen. Hergestellt wird der Glasstein im herkömmlichen Pressglasverfahren.

Während üblicherweise eine gleichmäßige Temperaturverteilung angestrebt wird, minimieren wir den konventionell temperierten Raum auf einen kompakten Kern, ergänzt durch einen umlaufenden, großzügigen Perimeterraum, der über die thermometrische Fassade begrenzt wird. Die klimaregulierende Kapazität der Fassade bietet in dieser Raumkonfiguration ausgedehnte Zeitfenster thermischen Komforts – das Programm des Kernraums kann sich witterungs- und jahreszeitenabhängig in den Perimeterraum ausdehnen.

Um zusätzliche Aussteifungselemente zu vermeiden, wird die laufende Wandlänge auf maximal fünf Meter begrenzt und die Fassade gefaltet. Es entstehen Raumschichten, deren Wachsschmelztemperatur entsprechend der beinhaltenden Aktivitäten eingestellt werden kann, z.B. für einen 24° C-Baderaum oder für einen 18° C-Schlafraum. Dieses Konzept folgt nicht der gewohnten Logik einer Minimierung der Hüllfläche. Im Gegenteil, die sich selbstverschattende, gefaltete Fassadengeometrie verstärkt die Wirkungsweise der Thermometrischen Fassade. Anstatt einer Minimierung der Wechselwirkungen mit der Umwelt wird zur Steigerung der klimatische Performance der Fassade ihre Maximierung vorgesehen.



Hauptspannungen im Steingefüge (FEM-Analyse)

2. Preis Tetratragwerk

Philipp Dittus
Beratung:
Ursula Frick/utos (Grasshopper)
Daniel Roth (FEM-Analyse)
Philipp Rumpf (Rhino-Script)
ABK Stuttgart, Klasse de
sowie Frener & Reifer Metallbau

Ziel meines Projektes war die Entwicklung eines Materialsystems, das sich aus möglichst einfachen Elementen genetisch gleicher Herkunft zusammensetzt. Als Grundform des Tetratragwerks fungiert ein Tetraedermodul, das einem schrittweisen Transformationsprozess unterworfen wurde, wobei sich sowohl die Abmessungen wie auch Öffnungsgrade verändern. In der repetitiven Anordnung entsteht eine in Bezug auf die Materialverteilung in sich differenzierte Feldstruktur. Diese Differenzierung korrespondiert einerseits mit der Abtragung der Kräfte im Tragwerk, andererseits mit dem Öffnungsgrad der einzelnen Elemente.

Die anfängliche These, dass es sich bei dem System um einen Hybrid aus Flächentragwerk und Faltwerk mit einem kontinuierlichen Übergang von der Fläche zum Vektor handeln könnte, hat sich bei der Tragwerksanalyse nicht bestätigt, da die Kräfte vorwiegend über die Elementkanten abgetragen werden. Das Materialpotenzial in der Elementfläche kann somit frei genutzt werden, um die Durchlässigkeit zu steuern.

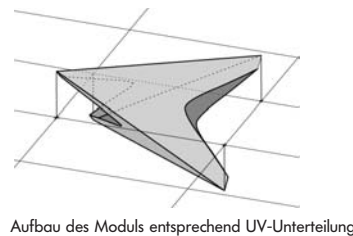
Das System kann als generisches Entwurfswerkzeug eingesetzt werden, da es auf der Logik der Flächenpopulation basiert. Die parametrischen Variablen sind:

- a) eine zugrunde gelegte Idealfäche, die jede – auch doppeltgekrümmte – Form annehmen kann;
- b) die Unterteilung dieser Fläche in U- und V-Richtung, die die Auflösung und Bauhöhe der Struktur in der Normale steuert;
- c) der Öffnungsgrad der Elemente, der die Tragfähigkeit und die Durchlässigkeit bestimmt, sowie

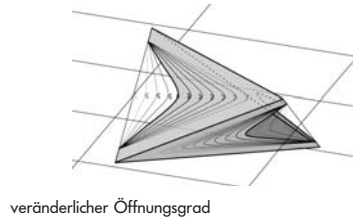
d) wechselnde Materialstärken im Hinblick auf die Tragfähigkeit.
In der Variation dieser Parameter ergibt sich eine Reihe von Anwendungen wie freistehende Pavillons, eingespannte Dachkonstruktionen oder auch vorgesetzte Fassadenstrukturen.

Der Schwerpunkt der Weiterentwicklung des Systems lag bei Fragen der Herstellung. So wurde die Komponenten-geometrie mittels FEM-Analyse optimiert und die Bauteilgeometrie im Hinblick auf Fertigungsconstraints sowie eine Minimierung der Fügekanten im digitalen geometrischen Modell analysiert. Darüber hinaus wurden ein systemimmanentes Wasserableitungssystem, eine den Montageablauf unterstützende Füge-logik und -technik und Elementsonderformen für den Anschluss der Struktur an Boden und Wand entwickelt.

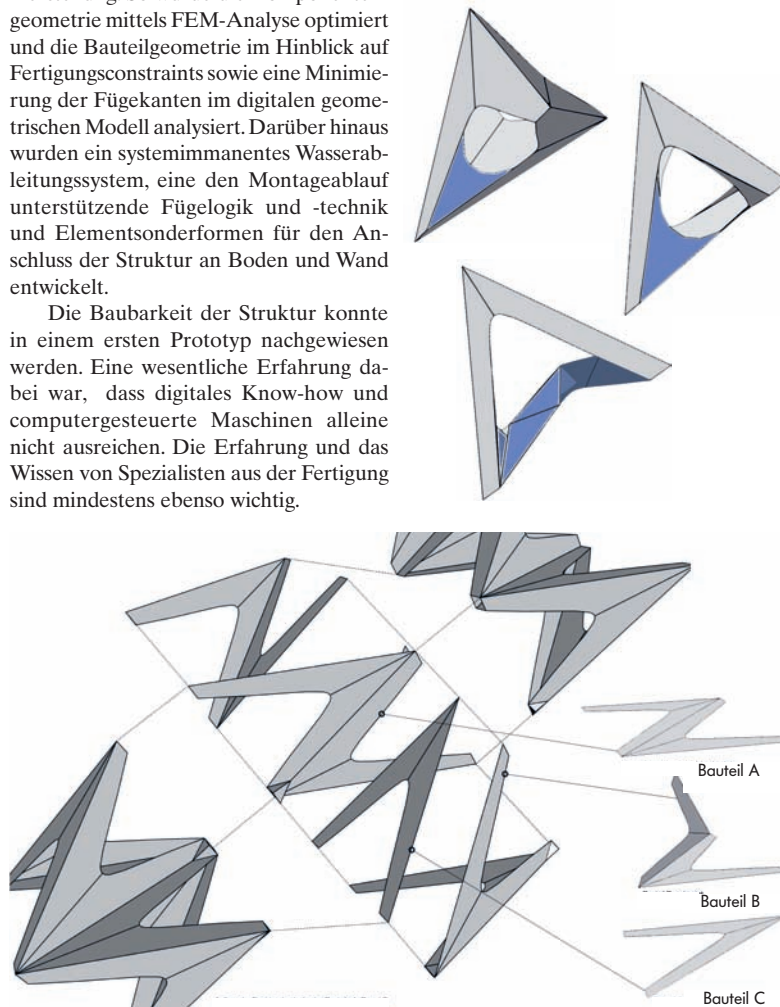
Die Baubarkeit der Struktur konnte in einem ersten Prototyp nachgewiesen werden. Eine wesentliche Erfahrung dabei war, dass digitales Know-how und computergesteuerte Maschinen alleine nicht ausreichen. Die Erfahrung und das Wissen von Spezialisten aus der Fertigung sind mindestens ebenso wichtig.



Aufbau des Moduls entsprechend UV-Unterteilung



veränderlicher Öffnungsgrad



Aufbau der Struktur durch die 3 Bauteile A, B, C



Fortsetzung von S. 2

beeindrucken durch ihre Innovation und kompetente Ausarbeitung. Das Preisgericht entschied sich, drei erste Preise und einen zweiten Preis zu vergeben. Grundsätzlich lassen sich die vier siegreichen Beiträge in zwei Kategorien unterteilen: die statischen und die responsiven Materialsysteme.

Flat2Form und Tetratragwerk gehören in die erste Kategorie. Sie reagieren auf verschiedenartige Anforderungen durch eine spezifische Differenzierung der Systemmorphologie. Die Anpassung findet hier in der Entwurfsphase statt. Daher wird dem parametrischen, computerbasierten Entwurfswerkzeug ein hoher Stellenwert zugewiesen.

Flat2Form beweist eindrucksvoll, wie ein System von beachtlicher Komplexität aus dem einfachen Prinzip der parametrisierten Abstimmung von Lochmustern auf zwei Blechtafeln entstehen kann. Auf diese Weise können hochstabile Zylinder- oder Kegelflächen ohne aufwendige Formwerkzeuge gefertigt werden. Die Funktionalität dieses Prinzips wurde in Kooperation mit der Firma Seele anhand eines vollmaßstäblichen Mock-ups überprüft.

Tetratragwerk, ein Hybrid zwischen Flächen- und Stabwerk, ist aus Einzelelementen generiert, die dem gleichen Herstellungsprinzip des Faltens planer Teilflächen folgen, jedoch in ihrem performativen Verhalten angepasst werden können. Die herstellungstechnische Entwicklung und Fertigung des Prototyps wurde durch die Firma Frener & Reifer unterstützt.

In die zweite Kategorie gehören Breathing Structure und Thermometrische Fassade, die durch materialspezifische Eigenschaften passiv auf Umwelteinflüsse reagieren können. Beide Systeme sind temperatur-responsiv und nutzen die Längen- bzw. Volumenveränderung der eingesetzten Materialien – mit ganz unterschiedlichen Wirkungsprinzipien.

Breathing Structure verfolgt den einfachen Gedanken, dass Materialien auf Wärme unterschiedlich reagieren, für die Entwicklung eines schichtweise aufgebauten Bi-Materialsystems mit komplexer Performance. Entstanden ist ein dreidimensionaler Systemprototyp, der sich temperaturabhängig in einem architekturrelevanten Oberflächentemperaturbereich öffnet bzw. schließt. Dieser „Mechanismus“ kann auch als Batterieeffekt eingesetzt werden.

Der Grundgedanke von Thermometrische Fassade ist, dass Wachs mehr kann, als Wärme speichern. Die Volumenausdehnung im Phasenwechsel von fest zu flüssig wird für die Entwicklung eines Glassteins mit komplexer klimatischer Kapazität genutzt: Der PCM-Container fungiert nicht nur als Latentwärmespeicher, sondern auch als Sonnenschutz. Der Prototyp wurde sowohl im Hinblick auf die diffizile interne Geometrie des Glassteins als auch seine einfache Verbaubarkeit entwickelt.

Wir möchten uns an dieser Stelle noch einmal für die Unterstützung durch Architekturbüro Deutschland, Christoph Ingenhoven, Hanif Kara, Rettenmeier, seele, Xella und Autodesk bedanken.

Sabine Kraft, Achim Menges

ARCH+ Porträt: Die Firma seele Spezialist für das Experimentelle

Manche Ideen liegen genau richtig in der Zeit. Die zentrale Idee, die 1984 zur Gründung der Firma Seele führte, war von dieser Art. In den 80er Jahren wurden Glas-Metall-Konstruktionen für Fassaden und Überkopfverglasungen vielfach noch durch getrennte Gewerke realisiert. Solche Konstruktionen mit einem gebündelten Know-how und einem höheren Grad an Vorfertigung aus einer Hand als Komplettlösung anzubieten, bedeutete einen Rationalisierungsschub in der Bauabwicklung und wahrscheinlich auch eine Einsparung an Baukosten. Die Folgen einer gewerkeübergreifenden Fertigungskompetenz reichen jedoch weiter: Komplettlösungen für die Gebäudehülle – heute eine Selbstverständlichkeit – vereinfachen die Integration neuer Technologien in die Baupraxis und erlauben es, neuartige Konstruktionen zu entwickeln, die in der üblichen Abfolge von Entwurf, Durchdetaillierung, Ausschreibung und Realisierung nur schwer entstehen können. Letztlich werden die Grenzen dessen, was überhaupt gebaut werden kann, weiter hinausgeschoben.

Am Beispiel der Firma Seele lässt sich dieser Sachverhalt gut dokumentieren. Die 80er und 90er Jahre waren die Zeit der großen Glasarchitekturen, die ihrem ästhetischen Höhepunkt in der „Entmaterialisierung“ entgegenstrebten. Seilverspannte und selbsttragende Ganzglaskonstruktionen sind ein Novum in der Architektur. Diese Glashüllen, die, von einem Nichts gehalten, zu schweben scheinen, mussten in den diffizilen Fragen der Halterung, Aufhängung und Lastabtragung sowie der Dichtung entwickelt und getestet werden. Seele war mit einer firmeneigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung Promotor dieser Architektur und kann für den konstruktiven Glasbau eine Pionierstellung beanspruchen.

Heute liegen die Herausforderungen an die baupraktische Umsetzung eher in der komplizierten Geometrie von Gebäudehüllen, die mittels parametrischer Software generiert werden. Zwar verändern neue Werkzeuge à la longue auch das Produkt, das mit ihrer Hilfe hergestellt wird, aber dieser Prozess verläuft nicht ohne Diskrepanzen. So korrespondieren die neuen Methoden der Formfindung nicht bzw. nur partiell mit den Herstellungstechniken des Bauens, da die computergesteuerte Fertigung sich auf die passgenaue Bearbeitung der Halbzeuge beschränkt. Die Überbrückung dieser Diskrepanz erfordert nach wie vor den Einsatz handwerklicher Techniken und großes handwerkliches Können – auch bei einem hohen Grad an Vorfertigung der einzelnen Bauteile. Vor allem aber hat sich der Aufwand an Planung, Entwicklung und Organisation potenziert. Diese Leistungen,

ehemals alleinige Aufgabe der Architekturbüros, bestreiten mittlerweile einen beträchtlichen Anteil am Fertigungsprozess, ohne dass sie sich in den Büros merklich reduziert hätten. Offenbar befinden wir uns an dem Punkt, wo das größere gestalterische und fertigungstechnische Potential, das die neuen Technologien mit sich bringen, es erlaubt einen größeren Aufwand zu betreiben, und dieser Aufwand die tatsächlichen Vereinfachungen überflügelt.

Im Gespräch mit Emil Rohrer, dem Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung von Seele, wird deutlich, dass die Realisierung ambitionierte Architektur, die mehr denn je den Charakter eines Unikats beansprucht, einer neuen Sorte von Spezialisten für das Experimentelle bedarf – und es wird auch deutlich, warum Seele als Spezialist für Gebäudehüllen in den 25 Jahren seit Firmengründung zum gesuchten Partner internationaler Stararchitekten wie Foster, GMP, Ingenhoven, Murphy/Jahn, Koolhaas, Herzog & deMeuron, Portzamparc etc. geworden ist.

Sabine Kraft: Wie viele Projekte hat die Firma Seele in ihrem 25-jährigen Bestehen bereits realisiert?

Emil Rohrer: Ca. 750, inklusive Ausland. In den Anfangsjahren waren es vor allem kleinere Projekte wie Eingangsbereiche für Rathäuser oder Bankfoyers in der Größenordnung von 100.000 bis 200.000 DM. Heute sind es Millionen-Aufträge bis hin zu Großflughäfen.

SK: Brauchten viele der größeren Projekte eine „Genehmigung im Einzelfall“?

ER: In Deutschland wird ja schon fast kein Projekt mehr ohne diese Zustimmung im Einzelfall genehmigt. Alles in allem ist es bestimmt ein Drittel.

SK: Jedes Projekt, das Sie realisieren, ist maßgeschneidert. Wie viel Entwicklungsarbeit steckt in solchen Projekten?

ER: Das ist quantitativ schwer zu beziffern. In jedem Objekt gibt es irgendwelche Sonderlösungen in der Verbindungstechnik, der Lagerung oder der Materialkombination.

SK: Was beinhaltet diese Entwicklungsarbeit? Geht es um Konstruktion, Fügung und Lastabtragung, also die Detailfragen, oder um fertigungstechnische Probleme?

ER: Es geht zunächst immer um die Machbarkeit des Produktes an sich. Das bedeutet, wenn Sie es mit Glasscheiben zu tun haben, Standsicherheit und Lebensdauer. Bei einer filigranen Glaskonstruktion, wie Architekten sie bevorzugen, müssen die Profile sehr dünn sein. Man kann keine

Einfüllträger verwenden, sondern braucht Speziallösungen, evtl. werden die Scheiben eingespannt oder die Fassade mit Glasschwertern ausgesteift. Das Zusammenwirken all dieser Elemente lässt sich nicht allein mit Berechnungen simulieren, man muss es ausprobieren. Wir machen z. B. Reststandversuche, um die Standsicherheit im Schadensfall empirisch zu prüfen. Für das Maximilianmuseum in Augsburg wurde ein 1:1 Modell von mehreren Segmenten des Glasdachs gebaut und Belastungstests unterworfen, wobei schrittweise immer mehr Scheiben zerstört wurden – ein großer Aufwand, aber wenn eine Scheibe ausfällt, darf die Tragfähigkeit kein Problem darstellen.

Die Fertigung spielt mehr in den wirtschaftlichen Bereich hinein. Erst einmal muss der Architekt zufrieden gestellt werden, wie sein Produkt aussehen wird. Parallel dazu überlegen wir natürlich, wie wir etwas fertigen, ob wir Teile schweißen, fräsen oder aus Guss herstellen. Unser Problem ist, dass wir mit etwas Neuem kämpfen, das global wie eine filigrane Konstruktion aussieht, aber mit speziellen Detailvorstellungen verbunden ist, ob es aus Edelstahl oder Guss sein soll, scharfkantig oder weich gerundet ausschauen soll. Das ist immer ein Vorantasten, was man noch wirtschaftlich herstellen kann. Manchmal muss es einfach aufwendig sein, wie bei Apple, da gibt es gar keine Alternativen, in anderen Fällen kann man gemeinsam mit dem Architekten die Fertigung in eine bestimmte Richtung steuern.

SK: Kann man von einem wachsenden Anteil der Entwicklungsarbeit sprechen oder gibt es ein Repertoire an übertragbaren Lösungen?

ER: Eigentlich stimmt beides. Was die Verbindungen von Glas und Metallen betrifft, ob sie fest oder elastisch sind, in solchen Details besitzen wir viel Erfahrung, aber das Integrieren neuer Produkte ist jedes Mal eine Herausforderung. Z. B. ist jede der Glastreppen in den Apple Stores anders, hat ein eigenes Lagerungskonzept, ob auf weichem oder hartem Boden, ob mit Stäben von der Decke abgehängt, ob mit einer elastischen Fuge an die Gebäudewand angeschlossen, und dementsprechend auch eine andere Lastabtragung.

Jeder denkt, das ist dasselbe Produkt, weil es gleich aussieht, aber das stimmt nicht. Es muss jedes Mal neu generiert werden.

SK: Der Vorfertigungsgrad ist bei Seele ausgesprochen hoch. Wo liegen die Grenzen? In der Bauteilgröße?

ER: Jedes Bauteil, das in der Halle unabhängig vom Wetter und mit qualifizierten Mitarbeitern hergestellt wird, ist besser als alles, was man auf der Baustelle machen kann. Wenn die Bauteile zu groß werden, müssen sie eben geteilt werden. Aber wir liefern auch extrem große Teile. Im Apple Store in Australien sind 13 m hohe Glasscheiben eingebaut. Da die Fertigstellung unter Zeitdruck stand, musste das größte Transportflugzeug der Welt gemietet werden. Die Scheibengröße ist ausschlaggebend. Elemente üblicher Größe, also 2 x 3 m, kann man problemlos mit dem LKW transportieren. Danach gibt es einen Sprung in den Kosten. Manche Architekten berücksichtigen das von vornherein, andere wollen Abmessungen haben, die aus allem herausfallen: Man kann sie nicht mehr richtig herstellen, nicht mehr richtig transportieren, nicht mehr richtig montieren, überall muss man draufzahlen. Es kostet dann eben 50 % mehr als normal. Wenn der Kunde aus ästhetischen Erwägungen bereit ist, das zu zahlen, warum nicht? Wir machen beides und wir gehen im Hinblick auf Transparenz wirklich an die Grenzen. Die selbsttragende Isolierglasscheibe aus zwei VSG-Schichten, die wir entwickelt haben, kann eine Länge bis zu 12 m haben.

SK: Was auffällt, ist die hohe Präzision Ihrer Bauteile. Toleranzen von 1/10 mm braucht man im Maschinenbau, in den Dimensionen eines Gebäudes wirken sie paradox. Welche Folgen hat diese Präzision?

ER: Sie wird teilweise durch Umlanungen bzw. Nacharbeiten auf der Baustelle erkaufte. Unsere Produkte sind sehr exakt und daher toleranzabhängig. Wir denken in Millimetern, auf der Baustelle sind es mehrere Zentimeter. Der Architekt zeichnet den Anschluss eines Bauteils an eine bauseitige Betonkante mit einer 15 mm Silikonfuge. Das ist eigentlich aussichtslos, die Betonkante ist dafür viel zu grob.



Apple High Profile Store, New York City, Bohlin Cywinski Jackson Architects

SK: Und wie lösen Sie das Problem der Verbindung des Feinen mit dem Groben?
ER: Durch lokale Anpassungsprozesse. Aber wir versuchen, von vornherein vernünftige Toleranzfelder für die jeweilige Konstruktion zu bestimmen. Wir dürfen sie nicht zu groß wählen, sonst müssten auch alle Befestigungsteile größer werden; also bestimmen wir ein Mittelfeld, das wir mit den Normelementen zu 80–90 % abdecken können. Wenn dann Bereiche herausfallen, wird dieser Punkt extra gelöst, entweder durch zusätzliche Elemente, oder durch Schweißen, oder die Glasscheibe wird nach Aufmaß geschnitten usw. Die Hauptsache dabei ist, dass diese Einzellösungen dem Bauwerk seine Filigranität lassen.

SK: Was ebenfalls auffällt, ist der nach wie vor große Anteil an Handarbeit – trotz computergesteuerter mehrachsiger Bearbeitungszentren. Bringt das Vorteile mit sich oder geht es einfach nicht anders?

ER: Für die Bearbeitung der Profile gibt es viele Maschinen, den Zusammenbau eines Rahmens kann man nicht automatisieren, zumindest nicht bei unseren Stückzahlen. Ein interessantes Beispiel ist hier die Fassade von Plot 7 in London. Sie besteht aus seriellen Elementen mit einer geringfügigen Diversifikation. Theoretisch hätte man sich das Einsetzen der Glasscheiben automatisiert vorstellen können, indem die Rahmen an einem Robotergreifer vorbeigeführt werden, ähnlich wie in der Automobilindustrie. Wir haben mit unseren eigenen Mitteln eine Art Fertigungsstraße installiert. Unser Fließband waren Tische mit Rädern, die von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz gefahren werden. D.h. der erste Monteur schraubt die 4 Pfosten und Riegel zusammen, der zweite befestigt die Bleche, der dritte legt ein Paneel ein, der vierte die Scheiben, der fünfte füllt die Fugen mit Silikon usw. Das gesamte Projekt wurde in einer durchgängigen Prozesskette organisiert, von der LKW-Anlieferung der Halbzeuge, ihrer Lagerung und computergesteuerten Bearbeitung, dem Transport der fertigen Werkstücke – wiederum auf Wagen – zu den Montagetischen, dem Zusammensetzen der Elemente, bis zur Endkontrolle, Verpackung und Verladung auf LKWs.

SK: Sehen Sie die Möglichkeit einer weiteren Automatisierung?

ER: Wenn wir die Bauteilfertigung automatisieren könnten, würden wir in eine Sparte rutschen, wo es um Dumpingpreise geht. Andere könnten uns nachahmen. Wir, d.h. die Firma Seele versucht, Produkte zu machen, die man gerade nicht so leicht automatisieren kann, die ihre Kompliziertheit bewahren. Unsere Fassaden leben von ihrer Einmaligkeit. Der Architekt muss nicht aus einem Produktkatalog auswählen, sondern kann seine eigenen Ideen einbringen und etwas Neues schaffen, nicht nur vorhandene Dinge in ihren Abmessungen und vielleicht noch in der Kombination verändern. Es gibt ganz wenige Objekte, die irgendwie auf frühere Produkte zurückgegriffen haben, es sind alles Unikate, und das ist es, was die Firma Seele ausmacht. Plot 7 war eine interessante neue Aufgabe, ist aber bisher kein typisches Seele Projekt.



SK: Ist das Gitterschalendach von Westfield Park in Form einer bewegten Welle ein typisches Seele Projekt?

ER: Es war auf jeden Fall eine große Herausforderung. Anfangs haben uns die vielen Teile richtig Angst gemacht. Es sind 7.000 Knotenpunkte mit jeweils 20 Einzelteilen; im Endeffekt ist kein Knoten wie der andere, sondern jeder setzt sich aus verschiedenen Elementen zusammen. Wir haben lange geknobbelt und waren an der Entwicklung der parametrischen Software mit beteiligt. Jetzt verfügen wir über ein phantastisches System für solche Dächer: Im Prinzip wird nur noch die Grundstruktur des Daches eingegeben und das Programm ermittelt jedes benötigte Teil, es generiert die Knoten, zerlegt sie in Einzelteile und gibt den Zuschnitt an die Maschine weiter; die Einzelteile werden mit einer Nummer und mit Markierungen versehen, damit eindeutig ist, welche Teile in welcher Weise aneinandergelagert werden müssen, um z. B. den Knoten mit der Nummer 2083 zusammenzuschweißen.

SK: Erfordert das Handling dieser vielen Teile auf der Baustelle nicht einen gigantischen logistischen Aufwand?

ER: Richtig, die Teile müssen so in den Kartons liegen, dass man sie nicht suchen muss. Jeder Karton muss richtig bezeichnet und auf der Baustelle genau dort abgeladen werden, wo er hingehört. Für die Montage wurden die Knoten und Stäbe auf dem Boden ausgelegt, in Segmenten miteinander verschraubt, mit dem Kran hochgezogen und an das schon vorhandene Gitter angeschraubt. So ist das Dach gewissermaßen vor sich hergewachsen. Das hat so gut funktioniert, in so kurzer Zeit und mit solcher Genauigkeit, dass wir am Ende ganz begeistert waren. Die hohe Präzision war hier die Voraussetzung, sonst hätte es nicht geklappt. Die jeweils sechs „Arme“ der Knoten mussten exakt in den verschiedenen Winkeln und Längen gefräst werden, damit die Stäbe angeschlossen werden konnten.

SK: Der Apple High Profile Store in New York ist eine selbsttragende Ganzglaskonstruktion. Wie bringen Sie solche Konstruktionen zum Stehen?

ER: Das ist bei den Ganzglaskonstruktionen tatsächlich das größte Problem.

links: Erlebnis-Einkaufszentrum Westfield, London, Buchan Group International, Benoy London

unten: Verwaltungsgebäude 7 More, London Riverside, Foster & Partner

darunter: Hotel Wagram, Paris, Atelier Christian de Portzamparc



Man kann nicht einfach etwas aneinander schrauben, sondern muss die Glaselemente solange unterstützen, bis die gesamte Konstruktion steht und fixiert ist. Erst dann kann man die Stützen wegnehmen und die Konstruktion beginnt sich selbst zu tragen. Das ist ähnlich wie bei Bogenlehrgerüsten. Dieser Aufwand beim Aufbauen ist unvermeidbar.

SK: Wenn nun eine Scheibe kaputt geht ...

ER: ... passiert noch lange nichts. Das ist ein redundantes System. Man kann einzelne Elemente komplett aus der Rechnung herausnehmen. Aber versuchen Sie mal, ein Glasschwert, das aus drei Scheiben besteht, kaputt zu schlagen. Wir verwenden grundsätzlich nur laminierte Glasscheiben, also Verbundsicherheitsglas. Es entstehen an einigen Stellen ein paar Risse, aber es ist nach wie vor so viel Masse vorhanden, dass kein Problem auftaucht. Sie müssten schon sehr viel zerstören, bis überhaupt etwas passiert.

SK: Die wellenförmig geschwungene Fassade des Hotels Wagram in Paris besteht aus gebogenen Isolierglasscheiben mit verschiedenen Krümmungsradien. Gab es bei ihrer Fertigung besondere Probleme?

ER: Ja, aber nicht im Hinblick auf die Geometrie. Der Glashersteller konnte die

gebogenen Elemente genau nach unseren Anweisungen fertigen. Die Besonderheit ist der belüftete Scheibenzwischenraum. Flaches Isolierglas „pumpt“, wenn sich die Luft im Scheibenzwischenraum erwärmt oder abkühlt. Gebogene Scheiben besitzen eine solche Steifigkeit, dass sie nicht mehr ausbauchen können, wenn die Luft sich ausdehnt, und das bedeutet, dass die Belastung des Randverbunds stark erhöht wird. Die französischen Baubehörden sind in diesem Punkt sehr sensibel. Wir haben in den Randverbund Mikrofilter eingesetzt, durch welche die Luft zirkulieren kann und ein Druckausgleich stattfindet. Natürlich darf durch die Filter kein Schmutz eintreten und man muss verhindern, dass sich ein Kondensat bildet. Das war sehr komplex. Die Funktionsweise dieser Filter wurde in einem französischen Labor empirisch getestet, und wir verfügen jetzt über eine geprüfte neue Technik, die in dieser Form noch nicht eingesetzt wurde.

SK: Welche Bauherren können sich in Betracht der vielen Entwicklungsarbeit die Firma Seele leisten?

ER: Die Frage müsste eher lauten: Welche Bauherren können sich Innovationen im Bauen leisten? Nun: die Global Player, manchmal auch die öffentliche Hand.

www.seele.com

Innovation und Design im Fokus

Licht, Elektrotechnik, Haus- und Gebäudeautomation. Sehen Sie auf der Light+Building 2010 Innovationen, die für Design und Energieeffizienz neue Gestaltungsspielräume schaffen.

www.light-building.com

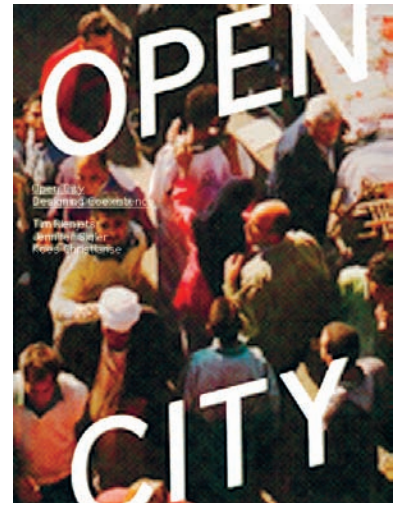
Frankfurt am Main
11. – 16. 4. 2010

Open City – Designing Coexistence

Open City – Designing Coexistence, Hrsg. von Tim Rieniets, Jennifer Sigler und Kees Christiaanse. SUN Publisher, Amsterdam 2009.

„As I define the term, ...“ beginnt Gerald Frug seinen Beitrag im Buch zur 4. Internationalen Architekturbieniale von Rotterdam, die am 10. Januar 2010 zu Ende ging. Der zentrale Begriff „Open City“, den die Kuratoren, Kees Christiaanse und Tim Rieniets, als Thema für die Biennale gewählt hatten, ist nicht eindeutig definiert: Wer ihn benutzt, muss klären, worauf er sich bezieht und unter welchen Prämissen er ihn verwendet. Dass er trotzdem richtungsgebende Hilfestellung beim Diskurs über die Stadt sein kann, zeigt diese Publikation noch besser als die Ausstellung selbst. Die sechs Sektionen der Ausstellung in Rotterdam, die jeweils von einem eigenen Kuratorenteam betreut wurden, werden im Buch ausführlich vorgestellt. Jede widmet sich einem thematischen oder lokalen Schwerpunkt: Rotterdam, Jakarta, amerikanischer Siedlungsbau, sowjetische Plattenbaustädte, Flüchtlinge und Flüchtlingslager sowie improvisierte Spontansiedlungen und Slums, vor allem in Südamerika. Dabei werden jeweils Thesen zur offenen Stadt formuliert und die Relativität und Ambivalenz des Begriffs dargestellt. Hier wird gezeigt, wie man einerseits Offenheit im Sinne von Zugänglichkeit einschränkt, weil sie zu einer ökonomischen bzw. sozialen Bedrohung oder Überforderung wird, weil man Angst um den eigenen Wohlstand hat. Andererseits wird demonstriert, wie man mit architektonischen oder planerischen Strategien den Menschen, die unter diesen Einschränkungen zu leiden haben, helfen kann. Dabei wird auch deutlich, dass der Begriff der Offenheit nicht eindeutig einem bei uns positiv konnotierten System zugeordnet sein muss. Im 20. Jahrhundert auf dem Gebiet der Sowjetunion neu entstandene Städte, zu achtzig Prozent aus vorgefertigten Elementen errichtet und sich daher überall gleichend, seien, so erfährt man, zur Zeit des Sozialismus in mancher Hinsicht offener gewesen, leichter und für mehr Personen unterschiedlicher Schichten zugänglich, als sie es nun unter kapitalistischen Bedingungen sind.

17 Essays zum Thema der offenen Stadt bilden den zweiten Teil des Buchs. In ihnen werden Richtungen aufgezeigt, in die sich der Diskurs über die Stadt entwickeln könnte. Es zeigt sich, dass der Begriff der Offenheit gut geeignet ist, diesen Diskurs



an aktuelle Phänomene zu binden, weil er den globalen Kontext voraussetzt. Denn dem Begriff der Offenheit sind die Elemente der Bewegung und Entwicklung inhärent: Die offene Stadt muss veränderbar sein; mit der Offenheit verknüpft ist die Frage nach der Zugänglichkeit der Stadt, nach den Strömen und Bewegungen, die die Offenheit der Stadt voraussetzen und einfordern, die die Offenheit nutzen und sie gefährden. Die in der Publikation zusammengestellten Erörterungen geben daher einen guten Überblick über aktuelle, die Stadt betreffende Fragen, sie reichen von der geschichtlichen (Angelus Eisinger) und ökogeographischen Einordnung (Dieter Läßle) bis zu philosophischen Essays (Peter Sloterdijk). Auch konkrete Fallbeispiele wie Istanbul (Orhan Esen) werden behandelt, Gebietskulissen wie etwa Suburbia (Marc Angéil und Cary Siress) werden untersucht. Sicherheitsaspekte werden in den Texten ebenso aufgegriffen wie soziologische und politische Fragestellungen. In der Gesamtheit wird deutlich, dass weder die Frage nach der Offenheit noch die globale Perspektive den Blick auf die Besonderheit des Einzelfalls einschränkt. Die Besonderheit wird nur plausibel, wenn sie als eine in globale Verhältnisse eingebundene gesehen wird; das Entstehen von und das Bestehen auf der Verschiedenheit des Umgangs mit der Stadt kann nur verstanden werden, wenn diese Verschiedenheit als Ergebnis der globalen Zusammenhänge gelesen wird, denen sich die Städte nicht entziehen können. Umgekehrt lenkt die globale Perspektive den Blick auf jene Teile der Stadt, die gerade im Bestehen auf der jeweiligen Besonderheit oftmals ausgeblendet werden.

Christian Holl

Literatur zum Thema

ANGÉLIL, Marc & HEBEL, Dirk: Cities of Change – Addis Ababa, Transformation Strategies for Urban Territories in the 21st Century, Birkhäuser, Basel, 2010

BEHLING, Stefan und Sophia: Sol Power – Die Evolution der solaren Architektur, Prestel, München/New York, 1996

BORASI, Giovanna & ZARDINI, Mirko (Hg.): Sorry, Out of Gas – Architecture's response to the 1973 oil crisis, Canadian Center for Architecture, Montréal, 2007

BOVET, Philippe u.a. (Hg.): Le Monde diplomatique – Atlas der Globalisierung: Klima, Le Monde diplomatique/taz Verlag, Berlin, 2008

COHEN, Jean-Louis & ELEB, Monique: Casablanca – Colonial Myths and Architectural Ventures, The Monacelli Press, New York, 2002

de GROOT, Michael u.a.: Stadt und Utopie: Modelle idealer Gemeinschaften, Neuer Berliner Kunstverein, 1982

DOW, Kirstin & DOWNING, Thomas E.: Weltatlas des Klimawandels. Karten und

Fakten zur globalen Erwärmung, Dr. Götze Land und Karte/Europäische Verlagsanstalt, Hamburg, 2007

FATHY, Hassan: Natural Energy and Vernacular Architecture, The University of Chicago, Press, Chicago/London, 1986

GEIPEL Finn & ANDI, Giulia (LIN): Grand Paris – Métropole Douce, Jean-Michel Place, Paris, 2009

GIESSMANN, Sebastian u.a. (Hg.): Zeitschrift für Kulturwissenschaften – Politische Ökologie, transcript Verlag, Bielefeld, 2009

HALL, Peter: Cities of Tomorrow – An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century, Basil Blackwell, 1991

HÖNGER, Christian u.a.: Das Klima als Entwurfsfaktor – Climate as a Design Factor, Quart Verlag, Luzern, 2009

JONGEN, Marc & van TUINEN, Sjoerd & HEMELSOET, Koenraad (Hg.): Die Vermessung des Ungeheuren. Philosophie nach Peter Sloterdijk, Fink Verlag, Paderborn/München, 2009

KOHLMAIER, Georg & von SARTORY, Barna: Integrierte Transportsysteme für den Personennahverkehr, Senator für Bau- und Wohnungswesen, Berlin, 1970

LATOUR, Bruno: Aramis or the love of technology, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 2002

LATOUR, Bruno: Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie. Aus dem Französischen von Gustav Roßler, Edition Zweite Moderne, Suhrkamp, Frankfurt a.M., 2001

LATOUR, Bruno: Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie, Suhrkamp, Frankfurt/Main, 2008

LE MONDE DIPLOMATIQUE (Hg.): Atlas der Globalisierung, Le Monde diplomatique/taz Verlags, Berlin, 2003

LEGGIEWIE, Claus & WELZER, Harald: Das Ende der Welt, wie wir sie kannten. Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie, S. Fischer, Frankfurt a.M., 2009

LUTZ, Petra & MACHO, Thomas: 2° Das Wetter, der Mensch und sein Klima, Wallstein Verlag, Göttingen, 2008

MCNEILL, John R.: Blue Planet – Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert, Campus, Frankfurt/Main, 2003

NEITZKE, Peter & BLUM, Elizabeth (Hg.): Dubai – Stadt aus dem Nichts, Birkhäuser, Basel, 2009

OSWALD, Franz & BACCINI, Peter: Netzstadt – Einführung in das Stadtentwerfen, Birkhäuser, Basel, 2003

REICHHOLE, Joseph H.: Stabile Ungleichgewichte. Die Ökologie der Zukunft, Suhrkamp, Frankfurt/Main, 2008

RICHARDS, Brian: Future Transport in Cities, Taylor & Francis, London, 2001

RICHARDS, Brian: Moving in Cities, Westview Press, Boulder, Colorado, 1976

RICHARDS, Brian: New Movement in Cities, Studio Vista, London, 1966

SIEFERLE, Rolf Peter u.a.: Das Ende der Fläche. Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung, Böhlau Verlag, Köln, 2006

TEPASSE, Heinrich: Stadttechnik im Städtebau Berlins, Gebr. Mann Verlag, Berlin; 3 Bd. 19. Jahrhundert (2001), 1945–1999 (2001), 20. Jahrhundert (2006)

THALER, Richard D. & SUNSTEIN, Cass R.: Nudge. Wie man kluge Entscheidungen anstößt, Econ, Berlin, 2009

ZIRNSTEIN, Gottfried: Ökologie und Umwelt in der Geschichte, Metropolis-Verlag Marburg, 1996

aufgeräumte inhalte

jetzt auf nextroom.at



RELAUNCH
nextroom.at