

Natürliche Kräfte

Guy Battle und Christopher McCarthy

“Die Lehre aus dem Flugzeug liegt nicht in erster Linie in seiner Form”
Le Corbusier, 1946

Zu den wichtigsten Aufgaben unseres Berufes gehört es, bequeme, sichere, anregende und wirtschaftliche innere und äußere Räume zu schaffen, damit Menschen sie bewohnen können; Gebäude, von Menschen für Menschen gebaut. Um sie des weiteren mit Funktionen zu versehen, damit Menschen in Einklang mit ihrer Umwelt leben können, entwickeln Architekten und Ingenieure Gebäudehüllen, die mit den feindseligen Auswirkungen des Klimas interagieren und sie mäßigen, während sie gleichzeitig die kostenlosen Energieressourcen wie Sonne und Wind nutzen. So werden unsere zukünftigen Gebäude auf Klimaveränderungen reagieren wie ein kaltblütiges Reptil, das seine Schuppen der Sonne zuwendet, um sich zu wärmen.

Lehren aus der Natur

Unsere Umwelt ändert sich unablässig. Während der gesamten Evolution hat sich die lebende Welt um uns herum verändert, um sich dem wechselnden Klima anzupassen. Während die Eiche im Winde schwankt, bleibt der Wachtposten regungslos dank winziger Muskelreaktionen. Pelztiere wie der Eisbär verändern die Dicke der Fettschicht und die Dichte des Pelzes um ihre Körper. Ähnlich können manche Eidechsen die der Sonne ausgesetzten Hautflächen vergrößern oder verringern, und manche können ihre eigene Hautfarbe verdunkeln, um die Hitze besser abzuwehren oder zu absorbieren. Auf ähnliche Weise sind unsere eigenen menschlichen Körper präzise Wärmeregler. Unsere Haut bildet die Grenze zwischen unseren inneren Organen und der äußeren Umwelt. Sie vermag durch eine Reihe von Mechanismen wie Gefäßerweiterung oder -verengung, Schwitzen sowie Bewegung der Körperhaare eine fast konstante Körpertemperatur von 36,8° Celsius aufrechtzuerhalten.

Wie alle Tiere ziehen wir es jedoch vor, die verschiedenen Klimaauswirkungen mittels einer Einfriedung zu dämpfen, um uns von unserer natürlichen Umwelt zu distanzieren. Über die Jahrhunderte sind wir von dem Massivbau der Felshöhle zum Leichtbau des Glaskurms fortgeschritten, um die ästhetisch ansprechendsten, effektivsten und bequemsten Lebens- und Arbeitsbedingungen herauszufinden.

Unsere bisherigen Antworten auf diese Fragen bemühten sich einseitig darum, das Wetter fernzuhalten oder, mit anderen Worten, “uns von den Zwängen der Umwelt zu befreien”. In Klimazonen mit sehr intensiver Sonnenstrahlung - wie in Teilen der USA oder im Nahen Osten - gelten Regulierung der Luft sowie Energiegewinn durch Nutzung der Sonnenstrahlung als die wichtigsten thermischen Entwurfskriterien. In kühlen Klimazonen andererseits, wie in Skandinavien, gewinnt die Regulierung des Wärmeverlusts in einem Gebäude größere Bedeutung für den Entwurf. Offensichtlich besteht jedoch für ein Gebäude aufgrund einer dieser Lösungen in der entgegengesetzten Jahreszeit ein Energiehandicap. Das ist besonders wichtig in Klimazonen wie in Mitteleuropa, wo die Regulierung der Energiegewinnung durch Nutzung der Sonnenstrahlung im Sommer ebenso wichtig sein kann wie gute thermische Isolierung im Winter. Im Ergebnis werden übertriebene Servicefunktionen eingebaut, um die Mängel des Gebäudes auszugleichen. Dies ist unnötig und ineffizient.

Würden wir uns an der Natur orientieren, so könnten wir erkennen, daß die beste Methode zur Optimierung klimatischer Vorteile darin liegt, eine Gebäudehülle zu konstruieren, die positiv mit ihrer Umwelt interagiert. Eine intelligente und anpassungsfähige Gebäudehaut würde den Energiefluß selbst regulieren. Sie wäre keine Schranke mehr zwischen “drinnen” und “draußen”, sondern würde zur Schnittstelle zwischen zwei Energieabflüssen. Eine solche Haut sollte sich selbst einstellen können, um die ideale thermische Reaktion auf jede nur mögliche Ansammlung äußerer Klimabedingungen, Anforderungen der Bewohner, Orientierung und Gebäudetyp zu liefern.

Ingeniöser Umgang mit natürlichen Kräften

In natürlichen Konstruktionen wirken die Kräfte unmittelbar auf die Form, so daß die Form eine direkte Reaktion auf die Kraft ist. In seiner bemerkenswerten Abhandlung “On Growth and Form” (“Über Wachstum und Form”) aus dem Jahr 1917 erforschte D'Arcy Thompson die Funktion organischen Wachstums. Er kam zu dem Schluß, das Wachstum des Skeletts verdanke sich weitgehend den mechanischen Kräften des Körpers. Er illustriert seine Theorie mit einzelnen Knochen wie zum Beispiel dem Hüftgelenk, die sich als Diagramm der mechanischen Belastungen darstellt, wie sie durch eine idealisierte finite Belastungsanalyse erklärt werden.

Das vielleicht lebendigste und elementarste Beispiel für formenschaffende Kräfte in der Natur zeigt sich bei der Entstehung und Bewegung der Wolken. Wolken ändern ständig ihre Form, in jeder Sekunde des Tages. Mit dem Wechsel der thermischen Wirkungen bildet sich die Wolkenstruktur um, damit ein Gleichgewicht mit den neuen Kräften hergestellt wird. Natürliche Konstruktionen und Formen entwickeln sich in einem ständigen Anpassungsprozeß. Systeme, die sich nicht anpassen können, verschwinden. Von Menschen entwickelte konstruktive Formen wie im Bauingenieurwesen interpretieren die Kräfte mathematisch; der Ingenieur muß alle beteiligten Kräfte einschätzen können, von denen viele nicht offenbar sind, die Konstruktion jedoch beeinflussen (und tatsächlich aus ihr entstehen). Diese nicht berücksichtigten Kräfte verschwinden nicht, sondern bleiben einflußreich und fordern unablässig eine Änderung der Konstruktion, um ihnen zu entsprechen. Ganz allgemein gesprochen stand der Ingenieur immer vor dem Problem, diese Kräfte zu messen und eine Methode zu entwickeln, um jede Kraft mittels einer Form zu befriedigen, sowie die Stärke der Reaktionen der Konstruktion auf die Kräfte einzuschätzen.

Interaktion zwischen natürlichen Kräften, Konstruktion und Materialien
Lange Zeit wurden konstruktive Formen von der Schwerkraft beherrscht. In dieser Sicht schien die Kunst des Bauingenieurwesens einzig darin zu bestehen, mittels konstruktiver Akrobatik die Schwerkraft zu besiegen. Wir wissen heute, daß wir in einer pluralistischen Welt leben, in der klimatische, molekulare und atomare Kräfte in den Bereich des Entwurfs aufgenommen werden müssen.

Charles Darwin vermutete, das Überleben hänge immer von der Fähigkeit ab, sich veränderlichen Umständen anzupassen. Seine Theorie gilt auch für das Bauingenieurwesen. Eine Prognose für die Zukunft basiert auf natürlicher Evolution: erstens auf einer durchdachten und vernünftigen Erweiterung herkömmlicher Richtungen, und zweitens auf der Notwendigkeit, dynamisch sich ändernden Prozessen gerecht zu werden. Bei dieser Strategie der Gebäudeperformance gewinnt die Erkenntnis Bedeutung, daß es eine etablierte Beziehung zwischen der Form und den physikalischen und klimatischen Kräften gibt. Wichtig ist weiterhin, daß die Kräfte als eine Reihe interagierender Elemente gesehen werden, nicht als isolierte. Daher wird sich natürlich eine Veränderung jeder Kraft auf das Ganze auswirken.

Die natürlichen Kräfte, für die eine Konstruktion entworfen wird, lassen sich in allgemeine Kategorien unterteilen: Schwerkraft; Innendurchlüftung; Wind; Schall; Licht; Sonnenstrahlung; Sonnenabsorption. Die natürlichen Kräfte können inzwischen mittels einer Reihe höchst entwickelter Techniken analysiert und dargestellt werden, die uns die heutige High-Tech-Industrie liefert.

Wie können wir angesichts eines gegebenen Rahmens physikalischer und klimatischer Kräfte eine einzige konstruktive Form schaffen, die sich für alle eignet; und wie können wir, wenn diese konstruktive Form gefunden ist, die ästhetischen Kräfte einschätzen, die sich aus ihr ergeben?

Der einzelne wird den Zweck all dieser Kräfte nur dann interpretieren und ihre bestmögliche Erfüllung innerhalb einer angenommenen konstruktiven Form einschätzen können, wenn er mit den Kenntnissen und dem Empfinden eines technischen Künstlers an den Entwurf herangeht.

Schwerkraft

Wie andere Architekten vor ihm bediente sich Antonio Gaudi hängender Ketten, um Modelle für die primär konstruktiven Formen der Güell-Kapelle in Barcelona zu entwickeln. In Experimenten mit einer Reihe verkehrt aufgehängter Drahtmodelle, bei denen die Drähte für Säulen und angehängte Bleisäckchen für das Eigengewicht des Daches standen, konnte Gaudi eine geeignete Form finden, die dem Verlauf der Schwerkraft entspricht. Der durch keine Zwängungen behinderte Mechanismus konnte sich frei bewegen, wenn die angehängten Belastungen variiert wurden, bis die endgültige Form im Rahmen der verwendeten Belastung den Entwurfsanforderungen gerecht wurde. Die Form wurde dann aufgezeichnet, umgekehrt und endlich in Stein gebaut.

Dieser skulpturale Schwerkraftapparat zur Formengenerierung mittels physikalischer Kräfte wird heute genauer und schneller durch Computeranalyse ersetzt, zum Beispiel durch das Fablon-Programm, das von Alistair Day und Terence Haslett von Ove Arup entwickelt wurde. Die Computer-Programme zur Finite Elemente-Analyse, wie sie von den Entwurfs-Studios der Industrie entwickelt wurden, um die Intensität von Druck- und Zugspannungen in Bauteilen bei allen möglichen Belastungen zu messen und zu verstehen, sind heute ein grundlegendes Werkzeug zur Konstruktionsanalyse, vom Gußeisen bis zu den Flachbetonplatten der Schuhfabrik von Owen Williams und Nervis weitspannenden Schalenkonstruktionen.

Eine weitere Analogie zu formenbildenden Kräften bietet die Seifenblase unter unterschiedlichen Druck- und Grenzbedingungen, deren mögliche

Form durch minimale Oberflächenspannung charakterisiert wird. Diese Analogie ist das wichtigste Werkzeug für "formfindende" luftgestützte Konstruktionen.

Die antiklastischen Oberflächen von Zeltbauten sind inhärent "voluminös" und "mehrfach gerichtet". Die Konturen der Belastungsverteilung wurden ursprünglich unter Verwendung von Nylonstrümpfen demonstriert, aber heute können sie mit Hilfe der Computeranalyse visuell dargestellt werden.

Ein Theorem von AGM Michelle ermöglichte die Generierung der Form des Kragarms einer Leichtbaukonstruktion allein aus der Spezifizierung der Form. Das Theorem zeigt, daß alle möglichen Varianten der Leichtbaukonstruktion auf einer von zwei Familien orthogonaler Kurven liegen müssen, die Druckkurve auf der einen und die Zugkurve auf der anderen. Das inzwischen existierende dreidimensionale Computerprogramm der Finiten Elemente-Analyse liefert ein leistungsfähiges strukturelles Laboratorium, durch das man Materialien hinzufügen oder entfernen kann, bis alle Materialien einer konstruktiven Form mit höchster Kapazität funktionieren und so bei geringstem Materialverbrauch die erforderliche Stärke und Steifigkeit aufweisen.

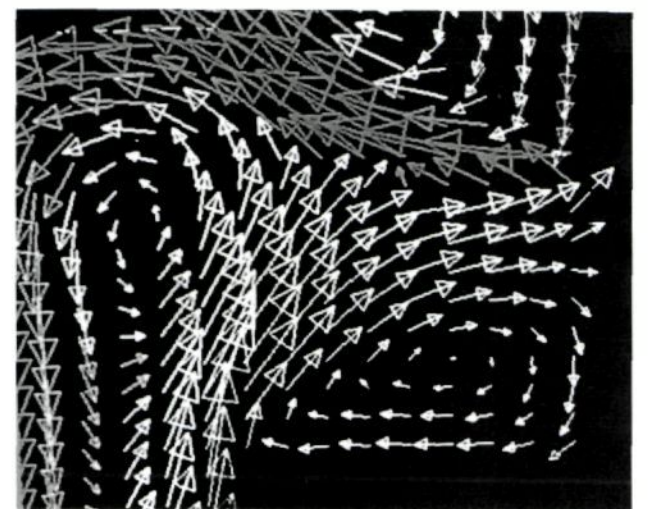
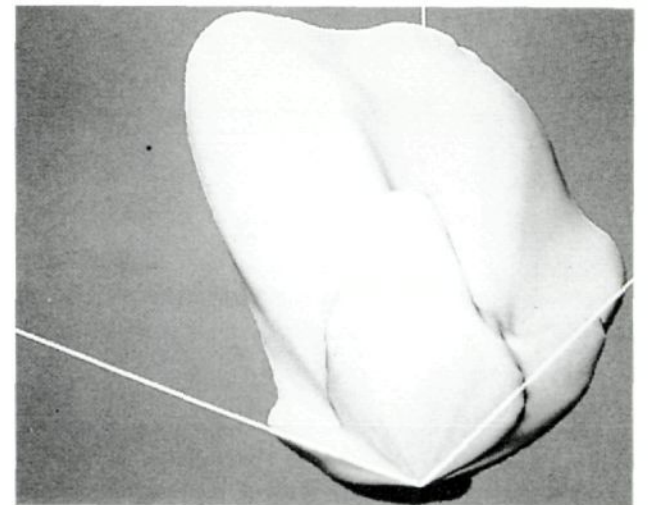
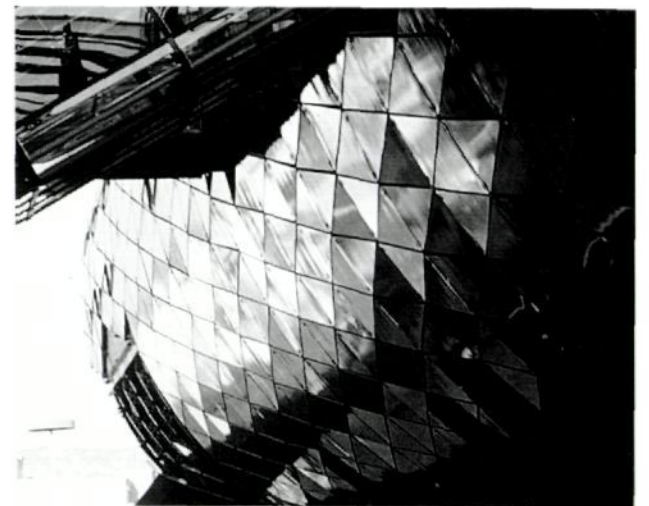
Wind

Werden Konstruktionen höher und leichter, gewinnt die Belastung durch den Wind beim Entwurf eine größere Bedeutung als die Schwerkraft. Nicht überraschend wächst der Eiffel-Turm wie ein riesiger, mehrfach gerichteter Kragarm aus dem Boden. Angesichts des Bedarfs an höheren Schloten wurde die Erforschung der dynamischen Windströmungen rings um die Objekte mit Hilfe aeronautischer Windkanal-Tests intensiviert. Heute ist die Überprüfung von Wolkenkratzerformen im Windkanal ebenso verbreitet wie bei Rennwagen und Flugzeugen. Solche Untersuchungen gehen über die einfa-

che Prognose von Wirkungen dynamischer Windkräfte auf die vorgeschlagene Konstruktion hinaus. Sie haben zu einem besseren Verständnis des Winddrucks am Gebäude geführt, was den Fußgängern auf der Straße zugute kam.

Andrew Wright von Richard Rogers Partnership verwendete die konstruktive Form, um den Wind zwischen Gebäudeblock und Servicekern zu beschleunigen; dort wurden Windturbinen aufgestellt, um den Büroblock mit Energie zu versorgen. Ein ähnliches Prinzip verfolgt derzeit Kohn Pederson Fox bei der Neuentwicklung des Martini-Turms in Brüssel.

Windtürme werden seit 3000 Jahren zur Belüftung verwendet, auch in der Natur, etwa bei Termitenhügeln. Ken Yeang ist zur Zeit führend in der Erforschung und Entwicklung, wie Wolkenkratzer mit geringer Windstärke belüftet werden können. Früher wurde die Windströmung im Windkanal erforscht. Neuerdings liefern Windcomputermo-



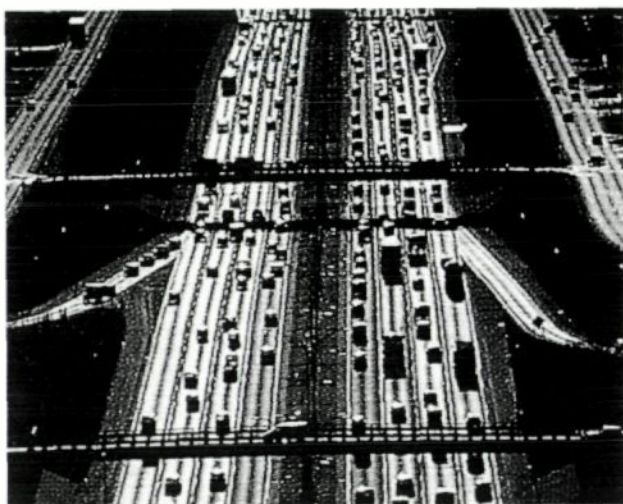
Von oben nach unten: Hôtel du Département des Bouches-du-Rhône in Marseille von Alsop & Stürmer; Computersimulation des Lichtes; Computersimulation der thermischen Luftbewegung.

From above: Marseilles, 1994; computer simulation of light; computer simulation of thermal air flow.

delle realistischere Simulationen. Diese Entwurfshilfen werden zu neuen architektonischen Formen führen, von der Gestaltung von Turmblöcken bis hin zu aus der Masse aufragenden Windtürmen und in die Dachlandschaft eingegliederten Windenergiegeneratoren.

Mikro-Konvektion

Die natürlichen Konvektionsströmungen sind der Grund für interne Luftströmungen, die durch unterschiedliche Temperatur oder Luftdruck an den Öffnungen ausgelöst werden. Diese Kräfte können im Modell durch flüssig-dynamische Computer-Software oder durch Tests physikalisch-thermischer Salzmodelle dargestellt werden, mit denen man thermische Differentiale und Luftbewegungen prognostiziert. Diese Analysen und



Versuche sind besonders wichtig für die Einschätzung nicht nur des Ventilationsflusses, sondern auch der Feuer- und Rauchausbreitung, um sicherere Gebäude zu schaffen.

Schall

Schall ist eine Form der Energie, die durch periodische Bewegung von Molekülen entsteht. Wenn zwei Objekte in Kontakt miteinander gebracht werden, wird ein Teil der intensiveren Bewegung des einen Objekts auf das andere Objekt übertragen. Die Moleküle müssen einander nahe sein, um kollidieren zu können. Da die Moleküle in der Luft weit voneinander entfernt sind, ist Luft im Vergleich zu Wasser oder festen Objekten kein guter Schalleiter, und ein Vakuum erlaubt überhaupt keine Weiterleitung des Schalls. Schall interagiert mit der Materialoberfläche auf unterschiedliche Art: durch Transmission, Absorption, Reflexion. Die Art der auftretenden Interaktion ist nicht nur eine Funktion der Materialien, sondern auch der Wellenlänge und Frequenz des Schalls. Die Weiterleitung läßt sich mit Hilfe von Computersimulation oder physikalischen Schallmodelltests analysieren.

Licht

Die Form einer Konstruktion nimmt man in erster Linie durch die Art wahr, wie sie das Licht reflektiert. Feinfühligere Entwürfe haben immer berücksichtigt, daß das, was wir sehen, eine Konsequenz dessen ist, wie das Licht auf das Gebäude fällt. Die Computersimulation macht eine kontrollierte Beobachtung des Lichts möglich, je nach Veränderung der Fensterpositionen und der Reflexionswinkel. Die Computermodelle produzieren eine dreidimensionale Interpretation des Lichtkegels, die durch äußere Bedingungen geformt werden kann, bis der erwünschte Effekt erzielt ist.

Sonnenstrahlung

Einen Teil des Jahres ist die Sonne unser Freund, einen Teil des Jahres unser Feind. Früher verehrten die Menschen die Sonne als göttlich, weil sie wußten, wie sehr das Leben von ihr abhing.

Die Sonne ist ein riesiger Fusionsreaktor mit einer Temperatur von 25 Millionen Grad Celsius, in dem leichte Atome

sich zu schweren Atomen verbinden; in diesem Prozeß wird Energie freigesetzt. Menge und Zusammensetzung der Strahlung, die die Oberfläche der Erde erreicht, hängt ab von dem Winkel, in dem sie einfällt, sowie von der Zusammensetzung unserer Atmosphäre.

Die Transmission der Strahlung wird durch das Wesen der Materialien beeinflusst, mit denen sie interagiert. Manche Materialien sind durchlässig für Infrarot-Strahlung, andere absorbieren sie, und wieder andere sind undurchlässig. Der Sonnenschutz hat daher die Aufgabe, Strahlung entweder zu reflektieren oder sie zu absorbieren und von der Konstruktion fernzuhalten. Um Zwielicht, Schatten und Sonnenstrahlung zu simulieren, können konstruktive Formen in einem Heliodon arrangiert werden. Dieses Gerät wird zur Simulation des Schattens verwendet, den ein Gebäude an einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche zu jeder Zeit des Jahres wirft.

Sonnenschutz

„Der Sonnenschutz muß außen am Gebäude angebracht sein, als ein Element der Fassade, ein Element der Architektur. Und weil der Sonnenschutz für die Architektur so wichtig ist, kann er eine ebenso charakteristische Form wie die dorische Säule entwickeln.“ Marcel Breuer

Sobald der höchste und der tiefste Einfallswinkel der Sonne auf die Fassade bekannt ist, zusammen mit der Reflexion und Eindringung der Sonnenstrahlen über die Jahreszeiten hinweg, können die verschiedenen Arten des Sonnenschutzes mittels Trial and Error untersucht werden. Dazu gehören: feste Teile wie horizontale Blenden und vertikale Screens; bewegliche Teile wie Jalousien und Rolläden.

Um die äußeren Blenden vor den extremen Auswirkungen des Klimas zu schützen, kann eine zweite verglaste Fassade errichtet werden. Das erzeugt Wärmeartrieb. Man kann damit Luft aus dem Gebäude ziehen und zur Durchlüftung beitragen, insbesondere bei Wolkenkratzern. Sauerbruch und Hutton wenden dies bei ihrem GSW-Gebäude an, für das Computerprogramme zur thermischen Analyse verwendet wurden, um den Wärmefluß zu simulieren und die thermischen Temperaturvariationen nachzuweisen.

Thermische Masse

Massive Konstruktionen vermitteln an heißen Sommertagen das Gefühl der Kühle, weil sie als Wärmespeicher wirken. In der Nacht geben sie ihre Wärme mittels Konvektion an die kühle Nachtluft bis zum absoluten Nullpunkt ab - womit sie ihre Wärmespeicherkapazität für den nächsten Tag "wieder aufladen".

Von oben nach unten: Reagible Simultaneität bei Fischschwärmen; Los Angeles Freeway; Maurice Brennan: "Energies in Ebullition" (Überschäumende Energien).

From above: Simultaneous response by shoal of hatchet fish; Los Angeles Freeway; Maurice Brennan: "Energies in Ebullition".

Thermischer Widerstand

Der Widerstand von Materialien gegen den Wärmestrom mittels Leitung, Konvektion und Strahlung wird thermischer Widerstand genannt, gemessen weitgehend als Funktion von Zahl und Größe der in ihnen enthaltenen Lufträume. Dies wird gemeinhin als die Isolationsfähigkeit eines Materials bezeichnet. Die hochgradig isolierenden Materialien, die für Raumanzüge entwickelt wurden, besitzen Dämmeigenschaften, die denen von meterdickem Beton entsprechen. Unter dynamischen Bedingungen großer Temperaturdifferenzen jedoch hat 120 mm Beton einen größeren Widerstand als 10 mm Holz. Dies verdankt sich der Verzögerung, mit der sich die Betonmasse aufheizt. Die "Speicher"-effekte von Masse wirken sich am günstigsten in heißen trockenen Klimazonen im Sommer aus. Der Effekt bietet keine Hilfe in feuchten Klimazonen, in denen die Temperatur konstant bleibt.

Technologietransfer

Bei den meisten modernen Gebäuden steht Technologie im Schatten anderer Bereiche, so daß die Entwürfe in Begriffen einer umfassenden, integralen Theorie häufig nur mangelhaft sind. Oft sind sie nicht ein holistischer Körper von Ideen, sondern undurchlässig und fragmentiert, ohne technische Substanz. Dieser Niedergang der Baukultur ließe sich durch die Erforschung neuer Richtungen überwinden. Die Zukunft der Architektur wird vom Transfer von Bautechnologie aus anderen Industriezweigen profitieren. Der große Vorteil einer mehrdimensionalen Synthese, sowohl materiell als auch intellektuell, liegt darin, daß sie eine bedeutende Komponente technologischen Fortschritts und die Grundlage für die Visionen von morgen darstellt.

Wir arbeiten derzeit an einer Reihe von Projekten mit Forschungs- und Entwicklungsinitiativen zusammen, mit dem Ziel, die technischen Vorzüge der Industrie auf die Bauindustrie zu übertragen. Die Projekte haben besondere Bedeutung für Materialien und Systeme, die ihre konstruktiven, geometrischen, thermischen, transparenten und porösen Fähigkeiten verändern können, wenn sie klimatischen Veränderungen ausgesetzt sind. Solche dynamischen Umweltsysteme könnten schließlich in entsprechende Interaktion mit dem Klima treten und die Abhängigkeit von Servicefunktionen wie Klimaanlage u.a. beenden, die heute noch für ein befriedigendes Innenklima sorgen müssen. Dies wird zu einer neuen Generation von Hüllen führen und mehr internen und externen Umweltkomfort mit sich bringen.

Insbesondere überprüfen wir die Möglichkeiten von fünf Typen dynamischer,

reagibler Umweltsysteme auf ihre Verwendung für das Bauwesen: geometrisch-reagible, thermisch-reagible, transparent-reagible, porös-reagible und selbsterhaltende.

Geometrisch-reagibel: Es gibt eine Reihe von Beispielen, die für die Bauindustrie angepaßt werden können. In der Raumfahrtindustrie wird ein Material mit Formgedächtnis (shape memory material) untersucht, um Schäden an unzugänglichen Konstruktionen zu beheben. Diese Materialien verformen sich bei Belastung, kehren aber wieder in ihre ursprüngliche Form zurück, sobald die Belastung nicht mehr auftritt. Sie können demzufolge als konstruktive Gelenke eingesetzt werden, um die axiale Verkürzung oder Verlängerung von Elementen zu vermeiden. Panzerproduzenten haben aktive Aufhängungssysteme entwickelt, bei denen der Geschützlauf des Panzers immer horizontal bleibt, auch wenn der Panzer mit hoher Geschwindigkeit über schwieriges Terrain fährt. Die NASA experimentiert mit einem ähnlichen Gerät für die Reflektoren eines der größten Radioteleskope der Welt. Dessen Stützen rejustieren sich sechzig Mal pro Sekunde. Reaktive Gaskolbensysteme werden für erdbebensichere Konstruktionen entwickelt; bei der Zusammenpressung des Kolbens reagiert die daraus folgende Ausdehnung des Gases im System auf die Belastung. Elektronische Koppellemente dehnen sich auf Druck hin thermisch aus und ziehen sich bei Zug thermisch zusammen. Seit Jahrhunderten haben Schiffsbauer Methoden gegen das Rollen und Gleiten entwickelt, damit Kanonen und Geschütze horizontal bleiben. Diese Systeme werden nun auch in Gebäuden zu Lande eingebaut, um Bewegungen auszuschalten.

Thermisch-reagibel: In Entwicklung sind thermochrome Materialien, die je nach der Temperatur eine reversible Transmissions-Veränderung aufweisen. Thermisch-photo-elektrische Überzüge kühlen sich ab, wenn die Sonne stärker wird.

Optisch-reagibel: Photochrome Materialien wurden entwickelt, die ihre chemischen Eigenschaften je nach der Lichtintensität ändern. In einem Beispiel wird "Photogram"-Glas mit dem Kristallsilber Halogenid überzogen. Dem Licht ausgesetzt, reduziert sich bei anhaltendem Sonnenschein die reversible Transmission von 86 auf 22 Prozent. Elektrochrome Materialien werden in den USA, Japan und Europa entwickelt. Das Material hat die Fähigkeit zur reversiblen Farbveränderung, die durch eine niedrige Spannung ausgelöst wird. Diese Materialien besitzen als regulierbarer und kaum wartungsbedürftiger

Sonnenschutz einen einzigartigen Marktwert.

Porös-reagibel: Mehrere Stoffe wurden entwickelt, die freie Bewegung der Luft durch das Gewebe erlauben, während sie die Transmission von Feuchtigkeit verhindern und somit eine wasserdichte Hülle mit Ventilation erzeugen, zum Beispiel Gortex und Syntex.

Selbsterhaltend: Die Atomindustrie in aller Welt hat eine Reihe hochentwickelter Wartungsroboter entwickelt. Diese Roboter werden nun für das Tragwerk, die Wartung und Reparatur von Gebäuden angepaßt. In Japan wurde ein Roboter entwickelt, der die geflieste Fassade eines Gebäudes erklettern sowie beschädigte Fliesen finden und ersetzen kann.

Wenn wir diese Neuerungen untersuchen und natürlich auch einsetzen, wird ein neues Bauen möglich sein. Dies würde wirkliche "High-Tech"-Architektur sein.

Dieser Beitrag ist zuerst erschienen unter dem Titel: Multi-Source Synthesis. Structures Renewed Dialogue with Climate Forces, in: Architectural Design Profile, Nr. 109: Architecture of Transportation. Er ist leicht gekürzt.

Übersetzung aus dem Englischen:
Meinhard Büning

Oben: Computersimulation der Luftbewegung in einer Wolke. Unten: Kondensstreifen nach einer Hochgeschwindigkeitskollision von Masseteilchen.

From above: Computer simulation of air movement inside a cloud; vapour trails after high speed particle collision.

