

Zum Formverständnis

Ulrich Kull, Klaus Teichmann,
Joachim Wilke

Der Sonderforschungsbereich 230 ist das bislang einzige Projekt, dessen Ansatz es erlaubt, das Phänomen der Komplexität systematisch auf architektonische Fragestellungen anzuwenden. Die daraus entwickelten Verfahren zum Tragwerksentwurf erschließen eine über die traditionelle Formensprache der Architektur hinausführende Formenvielfalt. Wenn in diesem Zusammenhang von 'Optimierung' die Rede ist, bezieht sich dies ausschließlich auf die angestrebte Übereinstimmung von Form und Konstruktion eines Tragwerks. Optimalität in diesem Sinne verstanden, ist daher nicht mit einem ästhetischen Bewertungskriterium zu verwechseln.

Vom Menschen gemachte Formen halten wir zunächst für künstlich. Jedoch haben sich von Menschen hergestellte Formen im Verlauf der Entwicklung der menschlichen Kulturen auch evolutiv verändert. Dieser Vorgang führte in sehr unterschiedlichen Zeiträumen zur allmählichen Annäherung mancher Formen an eine kaum mehr zu verbessernde Beschaffenheit. So entstanden die Bögen und Gewölbe der Architektur, das Rad an Fahrzeugen u.a. Das Fahrrad als eine unter den gegebenen Bedingungen kaum mehr verbesserbare Konstruktion zeigt, daß ein solcher Evolutionsvorgang vergleichsweise rasch stattfinden kann. Auf diesem Wege entstehen 'natürliche Konstruktionen' des Menschen.

Formen sind nie starr, alle Formen und damit alle Objekte verändern sich. Der Zeitbedarf dieser Veränderungen ist allerdings sehr verschieden. Die Vorgänge, die zur Entstehung einer bestimmten Form geführt haben, können häufig an der Form abgelesen werden. Daher kann man auch versuchen, Formen nach ihren Entstehungsprozessen zu gliedern. Grundsätzlich lassen sich abiotische Formveränderungen (in der nichtlebenden Natur), biotische Formveränderungen (in der lebenden Natur) und Formveränderungen durch die Tätigkeit des Menschen unterscheiden. Biotische Formveränderungen sind die Vermehrung, Entwicklung, das Wachstum von Lebewesen und deren Absterben, das z.B. Skelette irgendwelcher Art hinterlassen kann, sowie das im Verlauf viel längerer Zeiträume erfolgende Entstehen und Vergehen von Arten im Evolutionsprozeß. Formänderungen

durch die Aktivität des Menschen haben in der Technik funktionellen Charakter und erfolgen in der Kunst primär funktionsfrei. Die Architektur ist die Disziplin, in der diese beiden Bereiche aufeinandertreffen.

Leichtbau

Jedes materielle Objekt kann Kräfte übertragen und ist im bautechnischen Sinn daher eine Konstruktion. Quantitativ hängt die Fähigkeit zur Kraftübertragung von der Form, dem Material und der Art der Belastung ab. Wenn die Kraftübertragung mit geringem Masseaufwand - oder verallgemeinert: mit geringem Energieaufwand - erfolgt, spricht man von Leichtbau. Hierbei findet also eine Art von Bewertung der Konstruktion in Hinsicht auf ihre Kraftübertragungsfähigkeit statt.

Bei der Formenwelt der lebenden Natur finden wir infolge des Evolutionsgeschehens häufig einen relativen Leichtbau realisiert. Daher haben auch Leichtbaukonstruktionen des Menschen oft eine Tendenz, natürlich zu erscheinen. Häufig werden Leichtbauten der lebenden Natur als Optimalkonstruktionen angesehen. Im strengen Sinne können sie dies schon deshalb nicht sein, weil in Lebewesen die Teile, Organe usw. fast stets mehrere Aufgaben haben und daher von der Form her Kompromißkonstruktionen sein müssen, die nicht auf eine einzige Funktion hin optimiert sein können. Es wäre also allenfalls an eine Multikriterienoptimierung zu denken. Der Begriff der Optimierung führt aber außerdem zu theoretischen Schwierigkeiten, da er normalerweise mit Zielgerichtetheit verknüpft ist und die biologische Evolution diese nicht kennt. Jedoch läßt sich in 'aufgeweichter' Form und damit in einer umgangssprachnahen Verwendung der Begriff der optimalen Konstruktion auf solche Objekte anwenden, die durch Form und Material ein konstruktives Bedürfnis nach dem augenblicklichen Stand der Technik besonders gut erfüllen. Damit wird also ein für die jeweilige Situation vorteilhafter Zustand beschrieben, der eine Tendenz zum vorgestellten oder vorstellbaren Besten hin hat. Auch Objekte der nicht lebenden Natur können in diesem Sinn als optimale Konstruktionen verstanden werden: So nehmen beispielsweise in Kristallgittern die sie aufbauenden Teilchen die 'günstigste Packung' ein, die einem Minimum ihrer potentiellen Energie entspricht.

Bei der Blattnervatur handelt es sich nicht nur um ein verzweigtes Leitungssystem, sondern zugleich um das System der mechanischen Aufspannung der Blattfläche, die deren ebenen oder nahezu ebenen Bau zu garantieren hat. Die Blattfläche hat die Aufgabe, durch Absorption von möglichst viel Licht die Energie für den Aufbau der Pflanze und

die Herstellung des erforderlichen Materials durch Assimilationsvorgänge bereitzustellen. Das Transportsystem des Blattes seinerseits hat zwei Aufgaben: Den Abtransport von Assimilationsprodukten im Siebteil der Leitbündel und die Versorgung des Blattes mit Wasser durch dessen Transport im sogenannten Holzteil der Leitbündel. Normalerweise sind beide Transportsysteme kombiniert und von Zellen der mechanischen Aussteifung, die gleichzeitig auch die Leitungsbahnen schützen, umgeben. Zur mechanischen Stabilisierung des Blattes trägt darüberhinaus in unterschiedlichem Ausmaß die Pneumotaxis der einzelnen Zellen bei. Andere Gewebe können dem Blatt zusätzliche Festigkeit verleihen.

Physikalische und biologische Strukturbildung

Für die Form- oder Gestaltwerdung biologischer Objekte grundlegend ist die Frage, welche Anteile physikalisch festgelegt (also Folge der Gültigkeit physikalischer Gesetze unter gegebenen Randbedingungen) sind und welche spezifisch biologisch, das heißt, durch Realisierung eines genetischen Programms, zustande kommen. Eine genauere Analyse zeigt bei jeder bisher untersuchten biologischen Formbildung ein komplexes Ineinandergreifen beider Faktoren. Allerdings ist infolge Fehlens geeigneter kausal arbeitender Methoden bisher für keinen konkreten Fall das Netzwerk der Beziehungen geklärt.

Ein Verfahren, um diesem Problem dennoch näher zu kommen, ist die Analogie-Forschung. Sie geht von der Überlegung aus, daß Objekte von ähnlicher Form - auch wenn sie vollkommen unterschiedlichen Phänomenbereichen angehören - auf ähnliche Weise entstanden sind und ähnliche Aufgaben erfüllen können. Man wird also auf einem Vergleich von Formen und Formentstehung Arbeitshypothesen darüber aufbauen, durch welche gemeinsamen physikalischen Prozesse diese Ähnlichkeiten bedingt sind. Mit Experimenten oder durch Computersimulation lassen sich physikalisch festgelegte Formen erzeugen, die durch Selbstbildung entstehen.

Die Formfindungsverfahren des SFB 230

Im Rahmen des SFB 230 wurde eine Kombination von Formfindungsverfahren entwickelt, die es ermöglicht, einen Ansatz zur Realisation einer 'Architektur komplexer Formen' zu finden. Ausgangspunkt ist ein der Morphologie entlehnter Konstruktionsbegriff, der die Einbeziehung eines prozessualen (evolutionären) Aspektes ermöglicht. Denn 'natürliche Konstruktionen' entstehen

vorwiegend in Selbstbildungs- und Selbstorganisationsprozessen. Dieses Charakteristikum hat erhebliche Konsequenzen für den Entwurfsprozeß und damit für das Selbstverständnis des Entwerfers. Deutlich machen läßt sich dies am Subjekt-Objekt-Verhältnis, wenn man das 'klassische' Entwurfsverfahren der Architektur mit dem Entwurfs- und Formfindungsprozeß einer 'natürlichen Konstruktion' vergleicht. Dem tradierten Verständnis nach ist der Architekt völlig frei in der Erfindung seiner Raumformulierung. Er erschafft ein vollständig fremdorganisiertes Objekt, dessen Form in jeder Phase der Entstehung dem Diktat folgt, das im Idealfall vorwiegend dem kreativen Potential des Entwerfers und Planers entspringt. Die Subjekt-Objekt-Relation entspricht hier einem um eine externalisierte und materialisierte Idee erweiterten Monolog. Das erzeugte Objekt ist in diesem Sinne - trotz der Freiheit der Erfindung - ein vollständig vom Erfinder determiniertes Gebilde, ein Artefakt im wörtlichen Sinne.

Die im SFB 230 entwickelten Formfindungsverfahren unterscheiden sich davon insofern, als sie den Formfindungs- und Entwurfsprozeß als dialogisches Verfahren begreifen, als einen 'Dialog mit der Natur', bei dem der gestalterische Input des Entwerfers mit einem 'physikalischen Input' im Wechselspiel steht.

Durch die dadurch entstehende Eigendynamik des Entwurfsprozesses ist der Entwerfer immer zugleich Experimentator. Er setzt 'Randbedingungen' für Prozesse, die das Konstruieren bewirken. das heißt er stellt 'Fragen'. Die

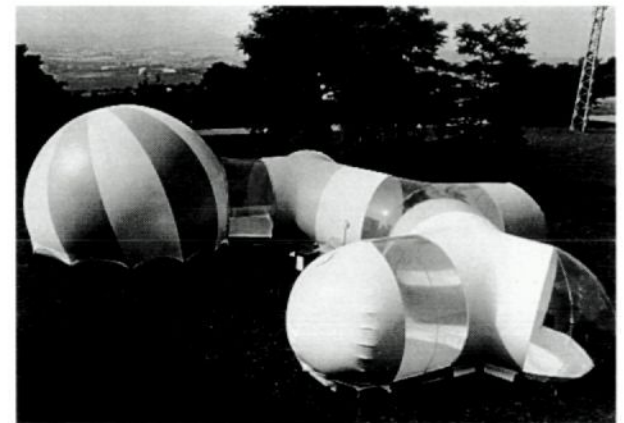
richtige Formulierung dieser Fragen erfordert allerdings ein hohes Maß an Erfahrung und einen souveränen Umgang mit dem Modell. Nur dann kommt ein Dialog in Gang, der über einen Selbstbildungs- bzw. Selbstorganisationsprozeß eine Form erzeugt, die zugleich eine sinnvolle Konstruktion ist. Vorteil dieses Verfahrens ist, daß architektonische Form und Baukonstruktion als Synthese innerhalb eines Prozesses entstehen und nicht, wie im 'klassischen' Verfahren, voneinander abgekoppelt sind. Die Gefahr, daß sich Form und Konstruktion widersprechen könnten, ist damit auf ein Minimum reduziert.

Die vom SFB 230 entwickelte Methodenkombination zur Realisierung dieses Anspruches besteht aus experimenteller Formfindung, analytischer Formfindung und Strukturoptimierung. Während die experimentelle Formfindung mit realen Modellen arbeitet, nutzen die analytische Formfindung und die Strukturoptimierung die Möglichkeiten der Computersimulation. Durch eine Koppelung der Methoden entsteht ein Verfahren, das den architektonischen ebenso wie den baukonstruktiven Anforderungen in jeder Phase der Formfindung und des

Entwurfs das optimale Tool zur Verfügung stellt. Die Be-Greifbarkeit (Haptik) des realen Modells, seine Handhabbarkeit und Anschaulichkeit, die dem kreativen Impuls des Entwerfers entgegenkommen und dem ästhetischen Empfinden ausreichend Spielraum gewähren, sind ebenso einbezogen wie die Flexibilität, die Leistungsfähigkeit, die Präzision und die Fähigkeit des Computers, Multikriterienprobleme zu bewältigen sowie - im Sinne der theoretischen Morphologie - die dem Entwurfskonzept inhärenten evolutiven Möglichkeiten.¹

Anmerkung:

1) Die Forschungen zur Konstruktionsmorphologie pflanzlicher Tragsysteme finden am Biologischen Institut der Universität Stuttgart unter der Leitung von Prof. Ulrich Kull statt.



Realisierte Leichtbauten mit unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien: unten die Metro Station Parilly, rechts eine Holzgitterschale und rechts oben eine pneumatische Konstruktion



Realized lightweight constructions making use of different constructive principles: Metro Station Parilly (right), wooden lattice shell (above) and pneumatic construction (above, right)

