

# Glossar zur Solararchitektur

Florian Böhm

**Metabolismus als Formbildner:** Städte und Gebäude können von einem technischen Standpunkt aus ebenso wie auch alle Lebewesen durch eine Vielzahl von verbundenen symbolischen, stofflichen und energetischen Kreislauf- und Stoffwechselprozessen beschrieben werden. Im Zusammenhang mit der Entwicklung eines umweltverträglichen Architekturansatzes interessieren hier insbesondere die energetischen und stofflichen Kreisläufe; die Prozesse der symbolischen Kommunikation wie Türen, Verbindungen und informationsrelevanten Infrastrukturen sollen in diesem Artikel unberücksichtigt bleiben. Die hier näher zu behandelnden Kreisläufe sind auf der Makroebene der Stadt (siehe auch den Artikel von Guy Battle und Chris McCarthy in diesem Heft):

- Energie
- Verkehr
- Wasser
- Rohstoffe, Lebensmittel und Abfall
- Mikroklima, Landschaftsgestalt und Ökologie
- Baumaterialien und Gebäude.

Alle diese Prozesse sind dadurch zu charakterisieren, daß sie ein Eingangs- und ein Ausgangsprodukt besitzen. So werden große Teile der in das System "Stadt" hineingehenden elektrischen Energie in Wärmeenergie umgesetzt. Diese zusätzliche Wärmeenergie stellt ihrerseits ein Ausgangsprodukt für den mikroklimatischen Kreislauf dar, der dadurch eine Veränderung erfährt. Ähnlich verhält es sich mit Wasser, das als Trinkwasser den Kreislauf im System beginnt und als Abwasser das System wieder verläßt. Auch hier entsteht am "Ausgang" des Systems zusätzliche Wärmeenergie, die wieder in das System hineingeht. Es ist offensichtlich, daß im Falle hauptsächlich linearer Stoffwechselprozesse in endlicher Zeit ein System zum Erliegen käme, da dann kein Input von wichtigen Energieformen oder Rohstoffen mehr möglich wäre. Bei dem Umgehen mit dem System müssen die Rückkopplungswirkungen zwischen den Prozessen beachtet und genutzt werden. Für ein Haus als Mikroebene gilt Entsprechendes.

Dieser Metabolismus kann zu einem formgenerierenden Faktor bei der Gestaltung von Gebäuden und Städten werden. Dazu ist ein anderes Verständnis des Entwurfsprozesses erforderlich. Der Entwerfer muß dazu zu einem Verhaltensforscher werden, der die Spezifika des Gebäudes und seiner Nutzer untersucht und daraus Rückschlüsse für den Entwurf zieht.

**Sustainability:** Eine Anforderung, die an Produkte menschlicher Kultur gestellt werden muß, ist die Verträglichkeit oder, englisch, sustainability für Mensch und Umwelt. D.h. durch die Produktion, Nutzung und Entsorgung dieser Erzeugnisse dürfen nur so wenig Ressourcen in Anspruch genommen werden wie möglich. Ein Paradigma, das im Rahmen der sustainability angestrebt werden sollte, ist die Kreislaufwirtschaft, d.h. das End-/Abfallprodukt eines der oben aufgeführten Systeme wird durch das gleiche oder ein anderes System weiterverwendet. Rohstoffe und Energien werden nicht als ein aufbrauchbarer Vorrat gesehen, sondern als ein Guthaben, das in sinnvoller Weise genutzt werden kann, aber langfristig erhalten werden muß, um das System nicht vorzeitig kollabieren zu lassen. Aus diesen Gründen ist ein unbegrenztes Wachstum kaum mit den Anforderungen der sustainability zu verbinden. Sustainability erfordert vielmehr ein nachhaltiges Wirtschaften.

**Energie- und Stoffbilanzen:** Ein Weg, das Ziel der sustainability zu erreichen, ist die Analyse und daraus resultierende Optimierung von Energie- und Stoffströmen in der menschlichen Umwelt. Es wird untersucht, wieviel Energien und Grundstoffe während des gesamten Lebenszyklus eines Produktes mit allen seinen Neben- und Zwischenprodukten benötigt werden. Bei komplexen Produkten wie z.B. einem Gebäude ist das Aufstellen einer solchen Bilanz naturgemäß aufwendig, insbesondere da es aus einer großen Zahl von Bauteilen und Systemen bestehen. Aber gerade bei der Bewertung von Niedrigenergiehäusern ist eine derartige Energiebilanz von außerordentlicher Bedeutung, da ohne sie keine Einschätzung getroffen werden kann, inwieweit dieses Prädikat gelten kann. Denn beispielsweise beträgt die energetische Amortisationszeit von großflächigen photovoltaischen Elementen noch über 10 Jahre, wobei ein zuverlässiges und ökonomisches Funktionieren dieser Elemente über diesen Zeitraum hinaus noch nicht sicher nachgewiesen ist.

**Stadtökologie:** Die Frage der Umweltverträglichkeit stellt sich auf der Makroebene nicht nur für die Heiz- und Energiesysteme des einzelnen Gebäudes, sondern auch für die bauliche Struktur ganzer Orte. Neben dem Energieverbrauch für Heizung und Beleuchtung kommen hier Fragen des Verkehrs hinzu, der Ressourcen in Form von Platz und Energie fordert. Das Stadtklima und Fragen der Durchlüftung und Durchströmung spielen ebenso eine wichtige Rolle wie die Frage der Produktion und Ausbreitung von Wärme und Schadstoffen. Sauberkeit und Strömung des Grundwassers, Wasserver- und -entsorgung, Flächenverbrauch und -versiegelung, Beseitigung von Abfallstoffen sowie die Lebensbedingungen von Flora und Fauna sind weitere Kriterien, die die ökologische Qualität eines städtischen Umfelds bestimmen.

In der Entwurfspraxis bei der Konzeption energetisch effizienter Stadtteile äußern sich diese Fragen z.B. in der Gruppierung der Gebäude und der Vegetation. Verschattungen und Windschutzeffekte können hier die Energiebilanz des Gebietes stark beeinflussen.

**Modelle:** Aus der metabolistischen Vorstellung von Gebäude als Mikrosystem und Stadt als Makrosystem entsteht ein komplexes dynamisches System. Alles ist mit allem auf die verschiedenste Art und Weise verbunden. Eine Modifikation eines Parameters bringt die Veränderung einer Reihe weiterer verbundener Größen mit sich. Die direkte analytische Behandlung der gesamten miteinander vernetzten Größen ist vielfach nicht möglich, da die Beziehungen zwischen Größen nicht vollständig bekannt sind oder sich die Parameter widersprüchlich verhalten. So ist beispielsweise ein Gebäude von hoher Kompaktheit und geringer Oberfläche außerordentlich gut gegen Wärmeverlust optimiert, allerdings ist zu erwarten, daß seine Performance im Hinblick auf Tageslichtnutzung, solare Gewinne und natürliche Belüftung suboptimal ist.

Um trotz der genannten Schwierigkeiten Planungen aufstellen zu können, müssen also vereinfachte Modellvorstellungen gefunden werden. Sie müssen das komplexe System "Gebäude" oder "Stadt" hinreichend genau abbilden können und mit vertretbarem Aufwand zu überblicken sein. Im Bereich der Physik sind in den letzten Jahren topologische Verfahren entwickelt worden, um komplexe dynamische Systeme zu visualisieren und verstehen zu können. Für die Repräsentation von Gebäuden und urbanen Strukturen sind entsprechende, geeignete Modelle zu untersuchen. Sofern diese Modelle mathematisch formalisiert sind, können mit ihnen Simulationsrechnungen ausgeführt werden. Es ist so möglich, Aufschluß über das Verhalten des Modells unter bestimmten Randbedingungen zu erhalten, ohne daß das nachgebildete System in der Realität bestehen muß. Sofern die Nachbildung

des Systems hinreichend genau und gültig ist, lassen sich Rückschlüsse auf das Verhalten des realen Systems ziehen. Diese Überprüfung oder Validierung ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Nutzung eines Modells, denn dafür müssen seine Gültigkeit und besonders seine Grenzen bekannt sein. Eine Simulationsrechnung ermöglicht dann z.B. die Optimierung der energetischen Performance eines Gebäudes bereits während des Entwurfs, wenn Modifikationen des Konzepts noch ohne sehr große Kosten möglich sind. Neue Gebäudetypen wie Atriumgebäude oder Energiesparhäuser lassen sich wegen der komplexen Optimierungserfordernisse ohne geeignete Simulationsmodelle überhaupt nicht planen. Die Entwicklung und Nutzung von intelligenten Modellen kann dem Planungsprozeß wichtige Impulse geben.

Im Bereich der Ingenieurwissenschaften geht es heute vielfach zunächst darum, Prozesse in Form von Modellen zu beschreiben und unter Nutzung dieser methodischen Vorstellungen und Hilfsmittel konkrete Lösungen für den speziellen Einzelfall zu entwickeln. Dieses Entwickeln von Modellen kann man durchaus als einen kreativen Prozeß beschreiben, da ähnlich wie in einem Kunstwerk eine Interpretation der Realität geschaffen wird. Bei der Anwendung der Modelle haben sich teilweise erstaunliche Übertragbarkeiten zwischen den Bereichen ergeben. Beispielsweise arbeiten viele moderne Methoden in der Statik wie etwa die Methode der Finiten Elemente (FEM) mit Energieprinzipien oder nutzen viele Programme zur thermischen Simulation von Gebäuden die Analogie zum elektrischen Stromkreis.

**Werkzeuge und Medien:** Ein wichtiges Werkzeug bei Entwurf, Analyse und medialer Vermittlung von Gebäuden und Siedlungen ist der Computer geworden. Er besitzt die Fähigkeit, komplexe Simulationsrechnungen auszuführen und ihre Ergebnisse in verständlicher Form auszugeben. Eine besondere Rolle in diesem Zusammenhang spielen die Möglichkeiten der Computergrafik. Mit dieser lassen sich die großen Datenmengen visualisieren, die bei numerischen Simulationen als lange Zahlenkolonnen entstehen. Diese Graphiken sind wesentlich übersichtlicher und ermöglichen ein besseres Verstehen von Zusammenhängen, da die menschliche Wahrnehmung eben insbesondere visuelle Reize verarbeitet. Durch die elektronischen Bilder ergibt sich so eine neue Anschaulichkeit für Strömungen und Kräfte. Dies ist auch in ästhetischer Hinsicht der Fall, da die wissenschaftlichen Darstellungen aus dem Computer vielfach über einen eigenen, neuartigen visuellen Reiz verfügen. Nicht ohne Grund sind Verbindungen zwischen den Computerimages und Werken aus dem Bereich der Medienkunst sichtbar. Viele der fortgeschrittenen Animationsprogramme hatten ihren Ursprung in der wissenschaftlich-technischen Visualisierung, die aus den oben genannten Gründen eine notwendige Folge der Simulationsrechnungen

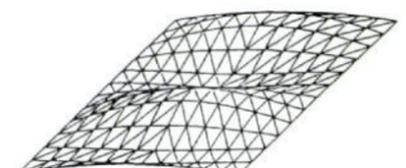
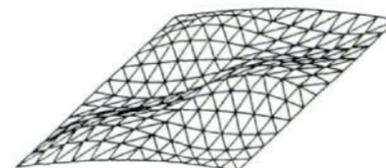
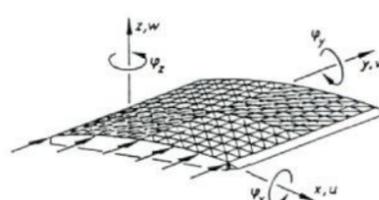
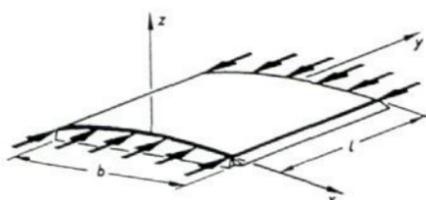
ist. Mittlerweile sind diese Programme in der Bedienung so einfach geworden, daß sie auch gerade im Bereich der Kunst und Architektur neue Möglichkeiten bringen. So können durch die gleichen Programme, mit denen im Film "Jurassic Park" die Bewegungen von Urzeitwesen simuliert worden sind, auch die Bewegung in Gebäuden und die Beziehungen von Gebäudeelementen zueinander analysiert und visualisiert werden (siehe auch 124/125 ARCH<sup>+</sup>: Lynn, Special Effects in der Architektur). Die elektronischen Werkzeuge für den Entwurf von Gebäuden beschränken sich nicht nur auf visuelle Simulationen zur Präsentation, die teilweise durch ihr hyperrealistisches Aussehen leicht ein zu perfektes, aber fälschliches Bild des noch nicht Gebauten liefern. Gerade im Bereich von Werkzeugen, die Informationen über die Performance des Gebäudes erstellen, besteht ein erhebliches Potential für die Architektur. Sie ermöglichen es z.B., bereits vor Baubeginn das energetische, klimatische und konstruktive Verhalten des entworfenen Gebäudes abzuschätzen, was eine Voraussetzung für den Entwurf responsiver Architekturen ist. Bislang arbeiten die Programme noch wenig interaktiv und sind zu wenig in den Entwurfsprozeß integriert, da sie im wesentlichen nur von bauphysikalischen Spezialisten zu nutzen sind. Die meisten Programme simulieren entweder die thermische Performance des Gebäudes oder die Tageslichtnutzung. Es existieren aber erst wenige Programme (z.B. Adeline oder TAS; siehe Baumarkt in diesem Heft), die die energetisch bedeutenden Wechselwirkungen zwischen diesen Größen dynamisch simulieren können.

Sinnvoll für den prozeßhaften Charakter einer integralen Planung wäre es zudem, wenn für die Entwurfsphase relativ einfach zu bedienende Simulationsprogramme zur Abschätzung der Gebäudeperformance zur Verfügung stünden. Diese Programme könnten direkt an die Entwurfs-CAD-Systeme des Architekten angebunden werden und zur Voruntersuchung von Entwurfsvarianten dienen. Als Beispiel für ein solches einfaches, aber interaktives Werkzeug mit einer einfach zu erlernenden Benutzeroberfläche könnte das Programm CADISI zum Entwurf von Zeltstrukturen dienen (siehe 121 ARCH<sup>+</sup>, S. 18). Das Programm ist von der Struktur und den Berechnungsmöglichkeiten her deutlich einfacher angelegt als das ursprüngliche Programm EASY für die genaue Konstruktion und Analyse derartiger Tragwerke. Dafür kann CADISI ohne große Vorkenntnisse genutzt werden und bietet eine übersichtliche Abschätzung mit grafischer Darstellung der Zeltform für den Architekten, die dann vom Fachingenieur in EASY weiterbearbeitet werden kann. Dies ist möglich, weil die Daten aus dem Programm CADISI direkt in das umfassendere Tool EASY importiert werden können, also ein durchgehendes Datenmodell existiert.

Analog dazu könnte bei der integralen Planung das einfa-

Entwicklung einer FEM-Idealisierung für das Beulen eines zylindrischen Schalentragwerkes unter Druck. Die Diskretisierung der

berechneten Eigenfrequenzen bei nichtlinearem Tragverhalten ist als Abwicklung dargestellt.



che Analysemodell der Gebäudeperformance im Zuge des weiteren Entwurfsfortschritts direkt vom Umweltingenieur weiterbearbeitet werden. Dynamische Simulationsprogramme bieten in dieser Phase detaillierten Aufschluß über spezielle Fragen des Gebäudeverhaltens, was für den Detailentwurf und die Anlagenauslegung erforderlich ist. Im nächsten Schritt können aus diesen Simulationsrechnungen und Planungen die konkreten Ausführungszeichnungen für die einzelnen Gewerke von Bau und Ausstattung erstellt werden. Voraussetzung für einen derartig integrierten Planungs- und Fertigungsprozeß ist ein umfassendes Produktdatenmodell für Gebäude, das auch energetische und konstruktive Simulationsdaten beinhaltet.

Solche integrierten Datenmodelle werden z.B. im Flugzeugbau verwendet, wo ebenfalls eine Reihe von gegensätzlich wirkenden Parametern simuliert werden müssen. Neben der Aerodynamik gehören zu den numerisch simulierten Größen dort auch die Dynamik der Flugzeugstruktur unter den verschiedensten Belastungszuständen, die Auslegung und statische Integration der Triebwerke und natürlich die ökonomische Performance des Flugzeugs. Die Ergebnisse der Simulationen müssen untereinander ausgetauscht, in den Entwurf integriert und für die Fertigung zur Verfügung gestellt werden. Es ist im Flugzeugbau also bereits möglich, verschiedene Simulations- und Geometriemodelle zu integrieren.

Der Einsatz solcher Modelle für die Architektur hat sich als nicht so einfach realisierbar erweisen. Die Schwierigkeit bei der Konzeption integrierter Werkzeuge und Datenmodelle für den architektonischen Entwurfsprozeß liegt unter anderem darin, daß der Architekturentwurf als stark kreativ bestimmter Prozeß zumeist nicht linear abläuft wie der Entwurf eines technischen Systems wie z.B. eines Flugzeugs. Architektonische Entwurfsprozesse besitzen zumeist eher iterativen Charakter, d.h. es werden im Laufe des Prozesses immer wieder Modifikationen des Entwurfs eingebracht. Entsprechend kann die Datenstruktur aus dem Flugzeugbau in den Architekturbereich nicht einfach übertragen werden. Es sind geeignete Werkzeuge und Datenstrukturen zur Modellierung und Repräsentation kreativer Prozesse zu entwickeln, die symbolische, konstruktive und funktionale Beziehungen zwischen den Elementen des Gebäudes beinhalten. Interessante Ansätze in diese Richtung bieten das Projekt "A4 - Digital building" des Instituts für industrielle Bauproduktion an der Universität Karlsruhe für den Gebäudeentwurf oder CyberCityBerlin von ART+COM e.V. für städtebauliche Fragen. Darüberhinaus existieren Untersuchungen über die Nutzbarkeit in der Architek-

tur von neuronalen Netzen und genetischen Algorithmen (siehe 121 ARCH+), die das menschliche Gehirn als Strukturmodell zum Vorbild haben. Ziel ist es, den Computer nicht nur als bloßes Werkzeug zu nutzen, sondern auch als "Imagination Amplifier" und als Medium zur Vermittlung von Ideen.

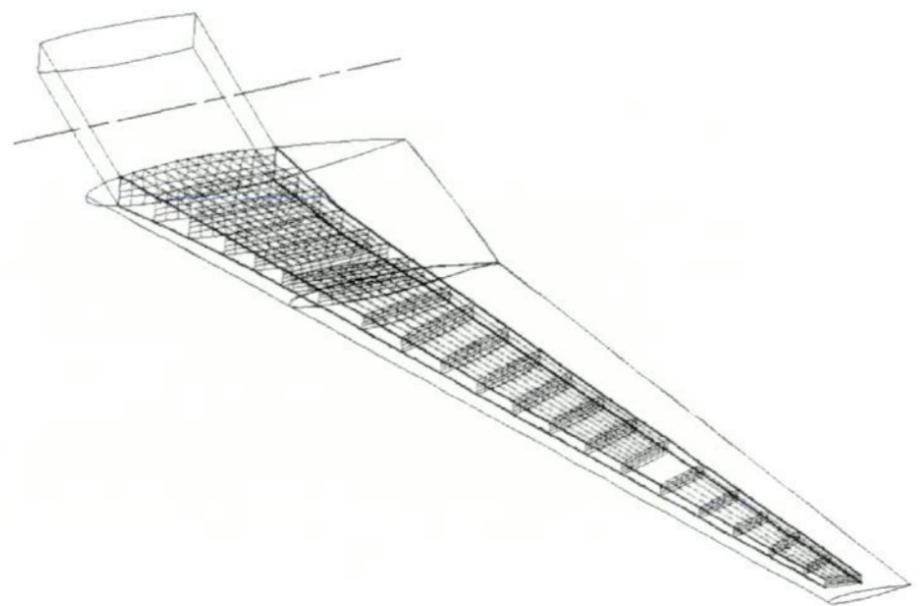
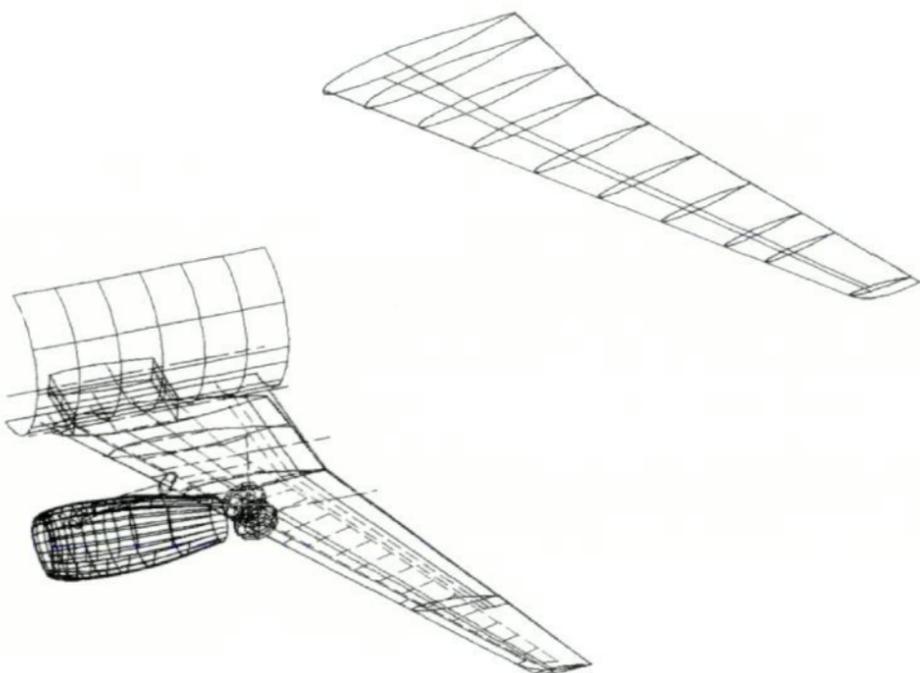
Ein Ausblick auf die Möglichkeiten neuartiger Werkzeuge ist das Projekt "Virtueller Windkanal" des Ames Laboratory der NASA in Kalifornien. Dabei wird die Technik der virtuellen Realität genutzt, um dem Wissenschaftler eine direktere Repräsentation seiner Simulationsergebnisse zu geben. Mittels Displaybrille und Datenhandschuh kann er sich durch einen virtuellen Windkanal bewegen und die visualisierte Strömung aus allen Perspektiven betrachten und gleichermaßen die Eigenschaften von Strömung und umströmtem Körper modifizieren. Ein wesentlicher Vorteil dieses Systems besteht darin, daß es die Kosten der Produktion komplexerer Animationen und die Wartezeiten auf sie einspart. Der Wissenschaftler sieht sofort, wie sich das System verhält und erstellt die Verbindungen zwischen den simulierten Bildern sofort in seinem Gehirn, das uncreative (und kostenträchtige) Warten auf den Rechner entfällt. Dieses direktere Erleben und Analysieren von Informationen verbindet die Anschaulichkeit und Haptik des Experiments mit den Möglichkeiten moderner Analyse- und Simulationsverfahren, was auch im Bereich der Architektur interessant sein kann.

Dieses Konzept der Informationsverarbeitung in der Planung stünde damit in Kontrast zu dem des Facility Management, das im wesentlichen die Verwaltbarkeit und Systematisierung von Planungsobjekten und -prozessen zum Ziel hat.

**Kybernetik/Regelungstechnik/Responsivität:** Die Kybernetik, die Wissenschaft von der Steuerung und dem Zusammenwirken verschiedener Faktoren, spielt bei der Entwicklung energiesparender Gebäude eine große Rolle. Der Begriff "Responsivität", d.h. das Antworten des Gebäudes auf Umweltveränderungen, beinhaltet bereits die Vorstellung eines Regelkreises. Es ist dabei weniger die Vorstellung vom intelligenten Gebäude, das aktiv auf alle Umwelteinflüsse reagiert und die-

Ein Beispiel eines Produktdatenmodells im Flugzeugbau: Die Struktur der Tragfläche wird mit dem CAD-Programm CATIA entworfen und in ein Konturmodell umgewandelt. In einem FEM-Programm wird

dieses Modell in Finite Elemente (Drahtnetz) eingeteilt und werden die Belastungen aufgetragen. Durch die Rechnung nach FEM werden die Beanspruchungen analysiert und grafisch aufbereitet.

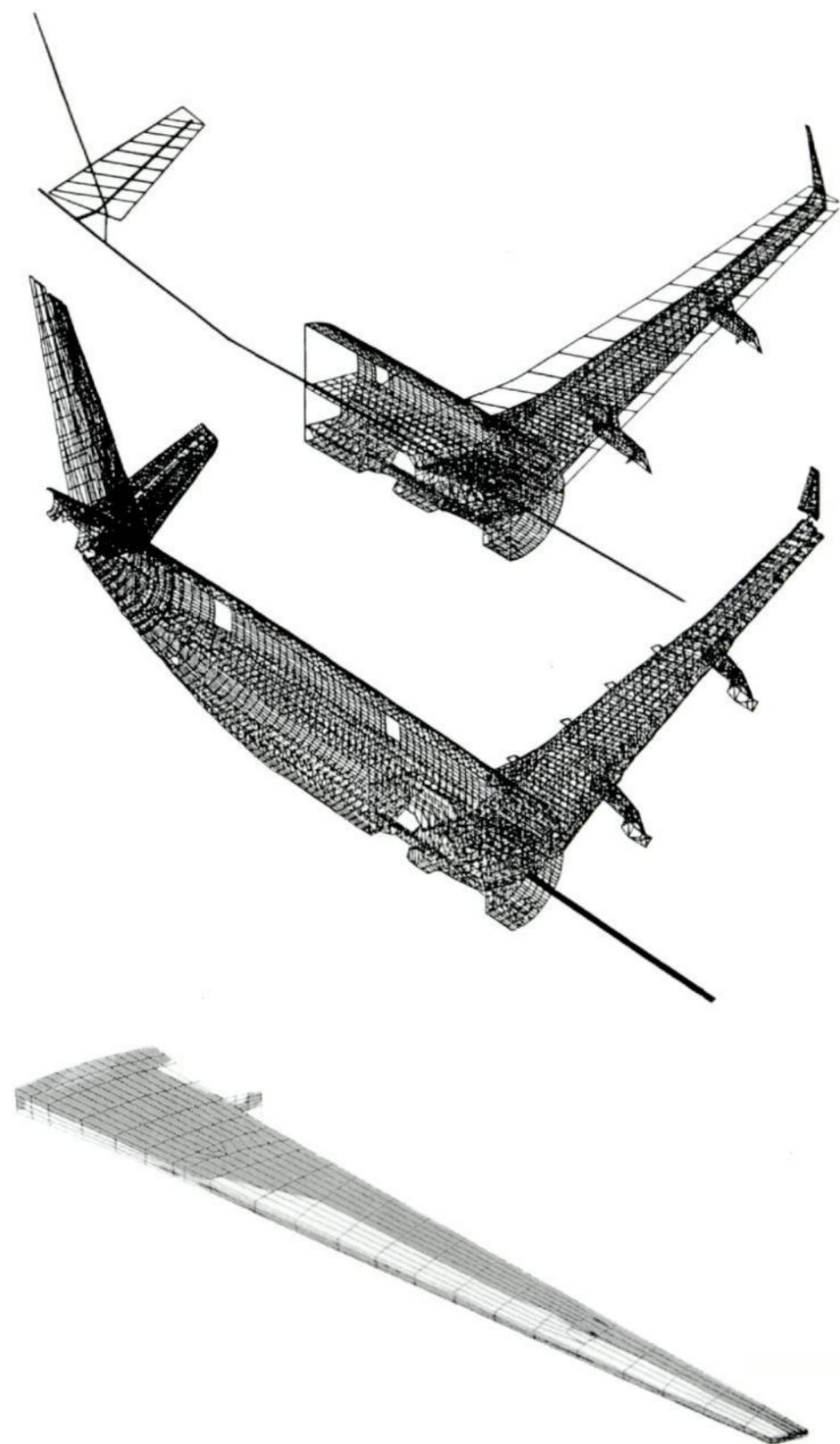
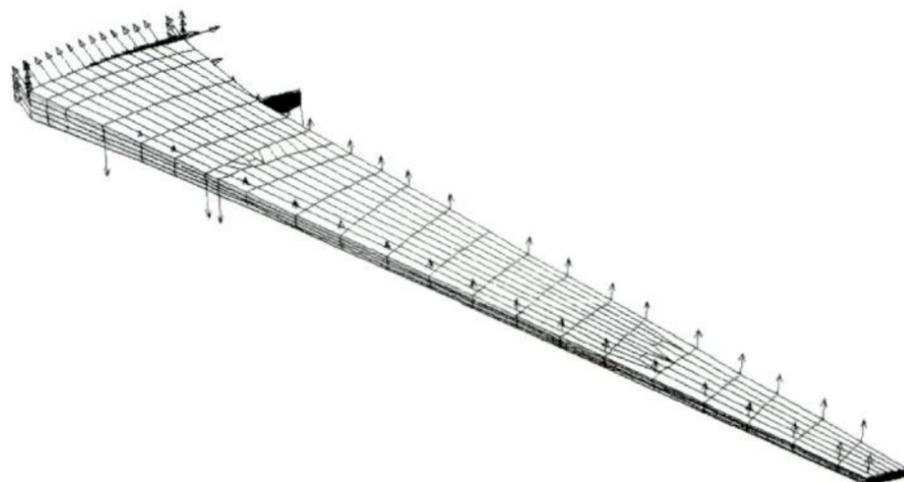
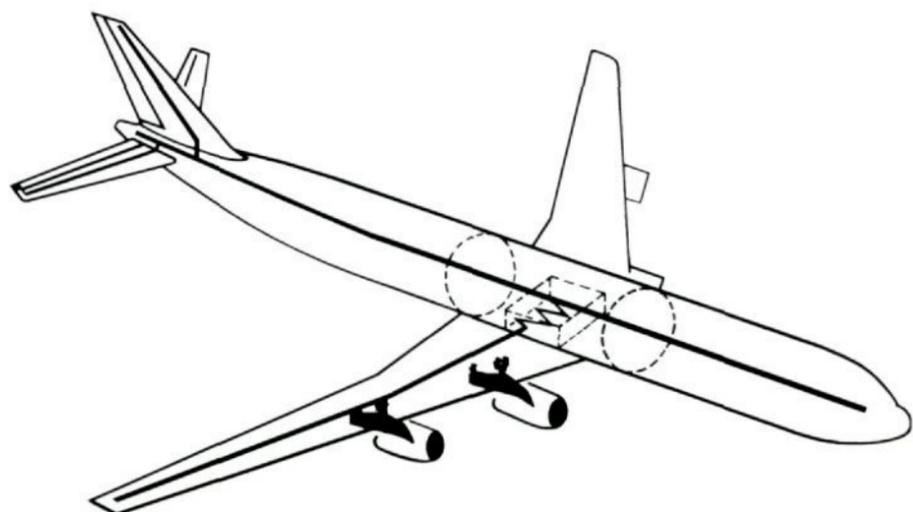


se vollständig ausgleicht, als vielmehr das intelligent geplante Gebäude, das mit den Klimaschwankungen interagiert und ihre Wirkungen puffert. Ein Entwurf solcher Gebäude setzt möglichst umfassende Kenntnisse des Verhaltens von Luftströmungen, Energieflüssen und Energieumwandlungsprozessen in dem Gebäude voraus, was beispielsweise durch den Ansatz der integralen Planung erfüllt werden kann.

Neben der intelligenten Planung sind die Fassade und der Einsatz der Mikroelektronik wichtige Komponenten einer responsiven Solararchitektur. Die Fassade ist die Schnittstelle zwischen dem extremen Außenklima und einem gemäßigten Innenklima. Sie soll diese modulierende Funktion mit möglichst geringem Energieaufwand erreichen. Dazu werden transparente, transluzente und opake Bauteile kombiniert, die Energie transmittieren oder speichern können. Durch den Einsatz der Mikroelektronik können adaptive Regelsysteme realisiert werden, die wesentlich besser auf die Umgebungsbedingungen eingehen können als relativ starre Steuerkreise. Solche Regelsysteme sind mittlerweile in den alltäglichen Gebrauch eingegangen und leisten dabei bereits wichtige Dienste z. B.

in der Steuerung von Heizungen. Diese werden nicht mehr allein der Außentemperatur nachgeführt, sondern beziehen auch Raumtemperatur und Zeit in das Regelprogramm mit ein. Durch den Einsatz von digitalen Steuerungen, die mittlerweile aufgrund ihrer einfachen Bedienbarkeit und ihres günstigen Preises überall anzutreffen sind, lassen sich komplexe Regelkreise mit einer Reihe von beeinflussenden und beeinflussbaren Parametern aufbauen. Sinnvoll eingesetzt im Rahmen eines intelligenten responsiven Konzepts, kann der Einsatz dieser Systeme zur Energieeinsparung und zu einem besseren Raumklima beitragen. Ohne den Nachweis von Funktion und Performance beim Entwurf wären solche Systeme sinnlos, da hier eben gerade ein komplexer Systemaufbau vorliegt, der bei falscher Konzeption aufgrund der großen Anzahl von Schaltungen und Programmbeziehungen nur schwer zu ändern ist. In idealer Weise können hier Simula-

Das Modell des Flugzeugs wird zur Berechnung der Schwingungsbelastungen der Gesamtstruktur elementiert.

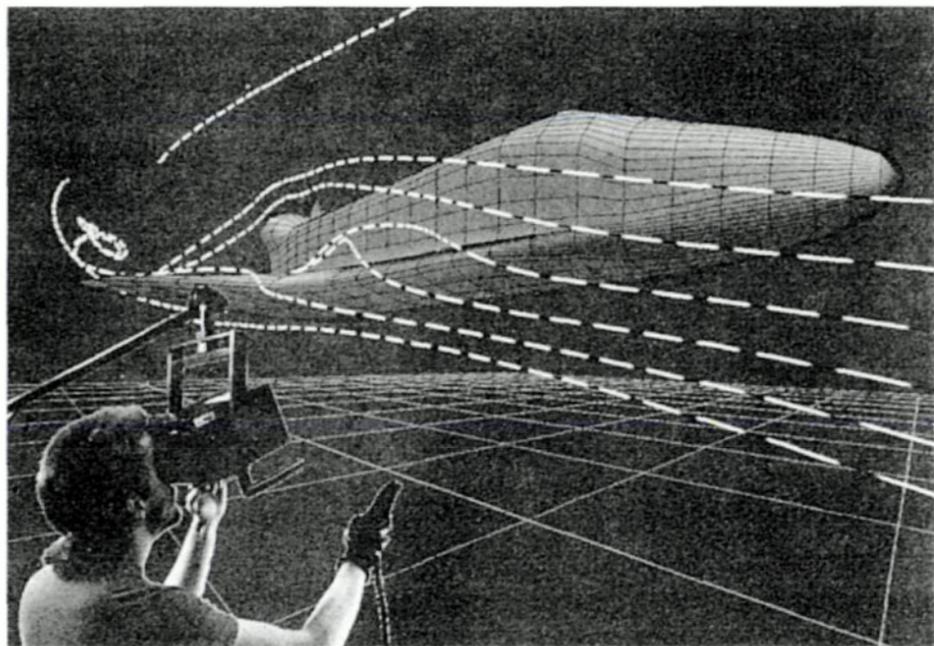


tionsprogramme eingesetzt werden, die für den Regelsystementwurf in sehr weit entwickelter Form (z.B. das Programmpaket MATLAB) vorliegen, da digitale Regelsysteme seit einiger Zeit in sehr vielen Bereichen eingesetzt werden und ihr Verhalten ausgezeichnet durch Digitalrechner simuliert werden kann. Weiterhin können für die Entwicklung und Kontrolle der Reglerprogramme die Simulationstools eingesetzt werden. Denn bei korrekt aufgestellten Simulationsmodellen, müssen unter entsprechenden Randbedingungen die beiden Systeme vergleichbare Ergebnisse liefern. Ein Vergleich mit der Realität durch die Kopplung von Simulations- und Regelungsprogramm in der laufenden Anlage ist für die Verbesserung von Simulations- und Reglermodellen nützlich.

Von entscheidender Bedeutung bei der Nutzung technischer Systeme, egal ob Gebäude oder Klimaregelung, ist dabei jedoch die Akzeptanz durch die Nutzer. Denn wenn bei laufender Heizung das Fenster geöffnet oder das Reglerprogramm ausgeschaltet wird, verliert das beste Konzept seinen Wert. Auch der Einbau immer weiterer Kontrollmechanismen (z. B. wenn das Fenster geöffnet wird, schaltet die Heizung automatisch ab) dürfte in diesen Fällen keine grundsätzlichen Verbesserungen bringen. Denn zur Ausschließung jeglicher Nutzerfehler müßte ein enormer Aufwand getrieben werden, was die Nutzer in ihrer Flexibilität und Lebensqualität unverhältnismäßig einschränken würde. Das Konzept energiesparender responsiver Architektur verläßt somit immer mehr die Idee vom Intelligenten Gebäude, wie sie sich noch in der zentralen Schaltwarte der Haustechnik des Lloyds' Building in London manifestiert und inszeniert wird. Es wird statt dessen der informierte Nutzer in die Interaktion der vernetzten Systeme und der im Gebäude ablaufenden Prozesse als bestimmende Größe einbezogen. Damit dieses Konzept funktioniert, ist es natürlich erforderlich, daß die Nutzer in diesen interaktiven Nutzungsprozeß eintreten und ein kritisches Verständnis für die Funktion des metabolistischen, vernetzten Systems Gebäude entwickeln, was bei Wohngebäuden naturgemäß einfacher ist als bei großen öffentlichen Gebäuden. Ein didaktisches Moment auf dem Weg dorthin ist die sinnliche Erfahrbarkeit und Begreifbarkeit der metabolistischen Prozesse, Zusammenhänge und Energieströme, was u.a. auch eine Anforderung an die Gestaltung der haustechnischen Anzeige- und Bedienelemente ist. Ein Stromzähler der konventionellen Art im Hausflur ist keine besondere Motivation zum Energiesparen. Ein positives Beispiel in dieser Richtung ist die sichtbare Funktionsschautafel im Gästehaus Windberg von Thomas Herzog (siehe S. 43).

**Rolle des Architekten und der Architektur:** Durch die Konzepte der responsiven Architektur und der integralen Planung verändert sich auch die Rolle des Architekten. Entwurfliche Fragen wie das Finden der Form verlagern sich immer mehr in interdisziplinäre Projektgruppen oder werden durch Simulationssoftware übernommen. Auch die rechtlichen Rahmenbedingungen haben sich mit der Einführung des EG-Rechts der Niederlassungsfreiheit gewandelt, so daß im wesentlichen große Büros mit entsprechender Ausstattung und Know-how bevorzugt werden. Das Fortschreiten dieser Entwicklung stellt das Primat des Architekten im Entwurfsprozeß in Frage, der im wesentlichen die Rolle eines Generalplaners oder eines Dirigenten im Orchester der Fachingenieure einnehmen würde. Der Charakter der Architektenarbeit könnte sich entsprechend in Richtung auf Projektkoordinierung und Fragen der Vermittlung zwischen widersprüchlichen Zielen während des Entwurfs- und Bauprozesses verlagern. Viel stärkere Bedeutung hätte auch das Umgehen mit Planungswerkzeugen wie Modellsimulationen im künstlichen Himmel, Klimalabor oder im Windkanal oder die Nutzung von Computersimulationen im Entwurfsprozeß, und natürlich der intensivere Austausch mit den Fachingenieuren des Entwurfsteams. Der architektonische Entwurfsprozeß bekäme stärkeren Werkstattcharakter.

Die Nutzung der neuen Entwurfswerkzeuge muß dabei allerdings nicht notwendigerweise die Kreativität und künstlerischen Möglichkeiten des Architekten limitieren. Ein interessantes Beispiel für den kreativen Umgang damit bietet das Büro von Frank Gehry. Dort wird mit dem CAD-Programm CATIA gearbeitet, das ursprünglich von dem französischen Luftfahrt Hersteller Dassault für den Entwurf von Flugzeugen entwickelt wurde und in der Luft- und Raumfahrtindustrie (z.B. auch bei Boeing und Airbus) weit verbreitet ist. Aufgrund seiner Herkunft ist dieses Programm in der Lage, komplexe Strukturen und mehrfach gekrümmte Geometrien bearbeiten zu können, und bietet direkten Anschluß an hochentwickelte Analysemethoden wie FEM-Programme. Gehry nutzt die Fähigkeiten des Programms, um zu neuen architektonischen Formen zu gelangen und diese baubar zu machen. Modelle werden direkt aus den Computerdaten maschinell mittels Stereolithographie (siehe 116 ARCH<sup>+</sup>, S. 16) gefertigt. Für die Produktion der kompliziert gekrümmten Fassadenelemente als weiteres Beispiel werden CIM (Computer Integrated Manufacturing)-Verfahren genutzt. Die CAD-Daten werden in Informationen zur Steuerung der Steinfräsen umgewandelt, mit denen die Fassadenplatten geformt werden. Interessanterweise hat die Ästhetik der Architektur, die auf diese Weise entworfen wird, mit der von Flugzeugen wenig gemein. Mit dieser Entwurfshaltung hat Gehry einen Weg gefunden, den Hang zur rein technischen Nutzung der technischen Werkzeuge intellektuell zu überwinden und die freien kreativen Komponenten der Architektur zu bewahren.



Aerodynamische Simulation eines Space Shuttle Entwurfs im virtuellen Windkanal

**Contracting vs. Consulting:** Auch auf dem Gebiet der Ingenieurtechnik zeichnen sich neue Tendenzen ab - weg von der reinen Planungs- und Beratungsleistung hin zu einer umfassenderen Beschäftigung mit dem technischen System als Dienstleistung.

So stellt das Contracting ein neues Modell in der (Energie-) Versorgung dar, das das Consulting-Modell erweitert. Consulting umfaßt die Beratung der Entwerfer und Betreiber von Gebäuden z.B. hinsichtlich einer Optimierung des Energieverbrauchs. Es geht dabei im wesentlichen um eine Ingenieurdienstleistung. Das Contracting geht noch einen Schritt weiter: Es werden nicht nur Beratungsleistungen erbracht, sondern die Erstellung und der Betrieb des Energieversorgungssystems gehört mit zum Leistungsumfang. Beispielsweise möchte eine Hausgemeinschaft die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung zur Gewinnung von Strom und Wärme für ihr Gebäude nutzen. Ein Contractor bekommt den Auftrag, dieses Blockheizkraftwerk zu planen, zu errichten, zu betreiben und nach Ende der Lebenszeit zu entsorgen und zu erneuern. Es wird also im Prinzip die Energiedienstleistung Strom und Wärme von dem Contractor bezogen, der diese zu einem vereinbarten Preis liefert. Ihm obliegt dabei die Verantwortung für einen sicheren und umweltverträglichen Betrieb während des gesamten Lebenszyklus der Anlage. Der Unterschied zu einem Energieversorgungsunternehmen konventioneller Prägung besteht darin, daß konkrete Forderungen an die Art und Weise der Energiegewinnung gestellt werden können und eine direkte Verantwortlichkeit für die Einhaltung der Umweltschutzrichtlinien besteht. Bei der konventionellen Art des Strombezugs kann der Verbraucher weder erkennen, wie der Strom erzeugt wurde, noch darauf Einfluß nehmen. Bei dem Contractor-Modell wird der Produktionsprozeß der Energie sinnlich erfahrbar, womit die Verantwortung für die Folgen des Energieverbrauchs wieder erkenn- und beeinflussbar wird, was zum bewußten und sparsamen Umgang mit Energie mo-

tiviert. Außerdem sollte der Contractor aufgrund der Vertragsbedingungen nicht primär am Absatz immer größerer Energiemengen interessiert sein, was sich auch in der Preisgestaltung niederschlägt, indem höherer Verbrauch nicht durch Mengenrabatte belohnt wird. Durch das Modell der dezentralen Energieproduktion mittels Contractoren werden regenerative Energieformen gestärkt. Denn die großtechnische Nutzung dieser Energiequellen ist zwar noch nicht wirtschaftlich; aber im kleineren dezentralen Maßstab läßt sich durch Windkraft- oder Solaranlagen bereits ein ansehnlicher Wirkungsgrad und eine wirtschaftliche Energieausbeute erzielen. Eine Voraussetzung für die Funktion dieses Modells sind rechtliche Rahmenbedingungen, die kein Monopol der konventionellen Energieversorgungsunternehmen vorsehen und faire Preise für die Einspeisung des überschüssigen Stroms gewährleisten. Das Modell des Contractings ist im Prinzip auf nahezu alle Güter übertragbar, indem nicht mehr das Gut, sondern nur noch die Nutzungsrechte erworben werden.

Literatur zum Thema:

Ludger Hovestadt, A4 - digitales Bauen, Düsseldorf: VDI-Verlag 1994

Philipp Oswald, Susanne Rexroth, Wohltemperierte Architektur, Heidelberg:

C. F. Müller 1994

Guy Battle, Chris McCarthy; div. Artikel in der ARCH+ der Jahrgänge 1994-95  
Internationales Design Zentrum (Hrsg.), Energien gestalten, Köln: Du Mont 1990

Entwurf der Walt Disney Concert Hall von Frank Gehry (CAD-Programm CATIA)

