

Modelle in Prozessen

Carolin Höfler (Berlin/Köln)

Entwurfsmedien sind in komplexerer Weise in Architektur und Design eingebunden, als nur deren instrumentelle Vehikel zu sein. Ihr Einfluss beschränkt sich nicht allein auf die Darstellung von Körpern, Dingen und Räumen, sondern bezieht sich viel grundsätzlicher auf die Art, wie diese wahrgenommen, gedacht und entworfen werden [Gethmann und Hauser 2009: 10]. Wenn das Verhältnis von Architektur und Bewegung vor dem Hintergrund kultureller, sozialer und künstlerischer Entwicklungen seit den 1960er Jahren neu beleuchtet werden soll, kommt der Perspektive auf die Medien des Entwerfens eine zentrale Bedeutung zu. Denn die Praktiken, Konzepte und Medien des Entwerfens wirken aktiv daran mit, wie Bewegung in Raum und Zeit imaginiert und konstruiert werden kann.

Mit Blick hierauf untersucht der vorliegende Beitrag jene Verfahrensweisen des Entwerfens, die im Gebrauch von Modellen entwickelt werden. Zunächst erscheint die Auseinandersetzung mit Modellen für die Neubestimmung einer Architektur in Bewegung wenig geeignet, denn Modellen eilt der schlechte Ruf voraus, dass sie statisch seien und die Dynamik des Denkens stillstellen würden [Bredenkamp 2005: 15–16; ausführlich: Bredenkamp 1999]. Doch entgegen diesem tradierten Verständnis soll hier ein alternativer Begriff schärfer konturiert werden, wonach sich ein Modell als solches gerade in der Bewegung konstituiert – sei es in der Bewegung zwischen Abbild und Vorbild oder in der Erprobung von Vorgängen, die sich in der Bewegung verändern [Blättler 2015: 134; Bredenkamp 2005: 16–17]. Zudem ist die Fokussierung auf Modelle insofern von übergreifender Bedeutung, als Modellieren eine grundlegende Praktik des Entwerfens darstellt. „Entwerfen heißt, Modelle zu konstruieren“, erklärte Otl Aicher, der Mitbegründer der Hochschule für Gestaltung in Ulm, in seiner programmatischen Schrift *Die Welt als Entwurf* von 1991 [Aicher 1991: 195]. Mit dieser Bemerkung verwies er auf den Umstand, dass entwerferisches Handeln als solches schon immer eine Modellaktivität gewesen sei, die zur Konzeption paradigmatischer, zukunftsweisender Gestaltungsvorschläge in Architektur und Design führt. Zu den wichtigsten Aufgaben einer so verstandenen Modellaktivität gehört es, unbestimmte Situationen in bestimmte Probleme und spezifische Fragestellungen zu verwandeln, wie Donald A. Schön in seinen Untersuchungen der frühen 1980er Jahre zum „reflektierenden Praktiker“ ausführte [Schön 1983: 40; Schön 1985: 15; grundlegend: Farías 2013: 104]. Gestalterinnen und Gestalter haben selten mit klar definierten Problemen zu tun, deren Lösungen technischen und wissenschaftlichen Erkenntnissen folgend gefunden werden können. Eher treffen sie auf komplexe, offene Situationen, die sich nicht auf eine Variable oder eine Ursache reduzieren lassen. Oftmals sind es zufällige Beobachtungen von etwas, das ursprünglich nicht gesucht wurde, aber eine neue Sichtweise auf etwas eröffnet oder eine neue Fragestellung provoziert, die vor ihrem Aufkommen nicht hätte antizipiert werden können. Und genau dies ist die Stelle, an welcher der kreative und konstruktive Wert von Modellen zu lokalisieren ist. Modelle können helfen, das Unerwartete zum Vorschein zu bringen und das Nicht-Vorwegnehmbare in den Bereich des Greifbaren zu rücken.

Dass ein Entwurf durch Modelle und Prototypen entwickelt wird, dürfte eine unmittelbar einsichtige Tatsache bei der Gestaltung von Bauwerken und Produkten sein. Wenn aber die Gegenstände des

Entwerfens keine Gebäude, Erzeugnisse oder technisch hergestellten Güter sind, sondern Entwicklungsprozesse, Bewegungsabläufe, Beziehungsstrukturen und Handlungssysteme, wie sehen dann die zu konstruierenden Modelle aus? Wenn das Ziel ist, durch Modelle bewegliche Strukturen und offene Räume zu schaffen, die durch vielfältige Interpretationen und unterschiedliche Gebrauchsmuster aktiviert werden, welche Eigenschaften und Wirkungen müssten ihre Modelle im Entwurfsprozess haben? Welche konkreten Prozesse lassen sich über welche Art von Modellen ansprechen und formen? Das schließt die Frage nach den Denk- und Handlungsräumen ein, die über Modellbildung eröffnet oder verschlossen werden, und ebenso die Frage nach den Modellproduzenten und -adressaten. Von wem werden Modelle explizit und implizit entwickelt und an wen richten sie sich?

Der vorliegende Beitrag gilt jenen Modellen in Gestaltung und Wissenschaft, die tief in Erkenntnis- und Arbeitsprozesse, aber auch in prozessuale Entwicklungen von Modellgegenständen eingreifen. Hierbei werden bewusst Modelle aus unterschiedlichen Disziplinen und Zeiten mit verschiedenen Funktionen aufgeführt und gleichrangig betrachtet, um selbstverständlich erscheinende Kategorisierungen in Frage zu stellen. Mit der Fokussierung auf Modelle in Prozessen soll der Versuch unternommen werden, Modellieren als eine Praktik aufzufassen, die sich nicht allein im Repräsentativen erschöpft. Bei der Vorstellung, dass Modelle lediglich ihren Bezugsgegenstand abbilden, wird leicht übersehen, dass Modelle mit ihren eigenen Mitteln Wirkungen und Bedeutungen generieren, die neue Räume für Experimente und Innovationen öffnen können. Diese Perspektive ist mit der Frage nach der Handlungs- und Wirkungsmacht von Modellen verbunden, die hier näher untersucht werden soll. Das geschieht auch mit der Absicht, Modelle als Agenten von Veränderung und Verwandlung für eine Architektur in Bewegung produktiv werden zu lassen. Modelle haben dann nicht nur die Funktion, Prozesse zu beschreiben, Zusammenhänge zu erklären oder Entwicklungen vorauszusagen, sondern vor allem neue Aushandlungsprozesse anzustoßen und auszutragen, neue Entscheidungsprozeduren zu begründen und neue Interventionsweisen zu motivieren [Balke, Siegert und Vogl 2014: 5].

Zur Untersuchung des produzierenden Gebrauchs von Modellen in Gestaltungsprozessen werden im Folgenden Ansätze aus dem Bereich der Design Studies und der historischen Bildwissenschaft herangezogen, ebenso jüngere Beiträge zu einer Ethnologie des Designs, die untersuchen, wie Wissen von etwas noch nicht Existierendem produziert wird, so dass dieses zustande kommen kann. Als eigensinnige Gegenstände entfalten Modelle oft unerwartete Assoziationen, die sich aus ihrer jeweiligen Medialität und Materialität ergeben, und die in ihrem Potenzial, Handlungen zu stimulieren, erfasst werden sollen. Hierbei liegt der Fokus auf der Frage, wie Modelle Wahrnehmungen strukturieren und wie sie Interaktionen zu initiieren vermögen. Um Modelle als Verfahren der Formierung von Abläufen, Handlungen und Prozeduren in den Blick zu bekommen, werden Werk- und Erkenntnisprozesse der theoretischen Kartografie, der Biologie und Chemie, der strukturellen Architektur und des Computational Design beispielhaft befragt.

Modell als Abbild

In den folgenden Überlegungen wird es um die Frage gehen, auf welche Weise es gelingen kann, Modelle als Werkzeuge des Denkens, Erkennens und Handelns zu begreifen, die bestimmte Aktionen und Operationen erst ermöglichen und leiten. Um hierfür Ansätze zu gewinnen, werden zunächst jene modelltheoretischen Konzepte des späten 19. und 20. Jahrhunderts beleuchtet, die sich auf das Paradigma der Repräsentation berufen.[1] Sie bilden die Kontrastfolie, vor der ein alternatives Verständnis von Modellen und Modellierungen entwickelt wird, welche den Gegenstand des Interesses weniger abbilden als vielmehr erst entstehen lassen.

Das Konzept der Repräsentation, das in der Vergangenheit vielfach variiert wurde und bis heute die Diskussion um Modelle in Wissenschaft und Gestaltung beherrscht, wurde maßgeblich von Heinrich Hertz' *Prinzipien der Mechanik* aus dem Jahr 1894 geprägt und von Ludwig Boltzmanns Artikel über das Modell in der *Encyclopædia Britannica* von 1902 popularisiert [Hertz 1894; Boltzmann 1902]. In seinen Ausführungen zum Verständnis dynamischer Modelle definierte Hertz eine Entsprechungsbeziehung zwischen einem bereits existierenden, in seinem Wesen zu erkennenden und zu beschreibenden „ursprünglichen Gegenstand“ und einem im Nachhinein anzufertigenden Modell [Hertz 1894: 199]. Wenn diese Entsprechungsbeziehung in beiden Richtungen eindeutig ist, können Beobachtungen und Feststellungen am Modell auf den ursprünglichen Gegenstand übertragen werden, ohne dass sie ihre Gültigkeit verlieren. In diesem Übertragungsprozess gerät das Modell zum Abbild und Stellvertreter eines ‚Originals‘ oder ‚Systems‘. Dabei kann das Original auch als ein zukünftiger, erst noch herzustellender Gegenstand verstanden werden, sozusagen als „intendiertes Original“, wie Rolf Bernzen betont.[2] Dieses Verständnis ist für die Gestaltungsdisziplinen Architektur und Design insofern von Bedeutung als das Original, welches durch ein Modell repräsentiert wird, erst noch geschaffen werden muss.

In der Folge gab es immer wieder Versuche, alternative Beziehungen zwischen Modell und Gegenstand jenseits der strikten Isomorphie zu skizzieren und durch andere Konzepte der Entsprechung zu ersetzen. Insbesondere der Philosoph Herbert Stachowiak versuchte seit den 1960er Jahren, einen Ansatz zu entwickeln, der über die Idee der abbildungsmäßigen Originalbezogenheit hinausreichen sollte: „Modelle sind nicht nur Modelle *von etwas*. Sie sind auch Modelle *für jemanden*, einen Menschen oder einen *künstlichen* Modellbenutzer. Sie erfüllen dabei ihre Funktionen *in der Zeit*, innerhalb eines Zeitintervalls. Und sie sind schließlich Modelle *zu einem bestimmten Zweck*. Man könnte diesen Sachverhalt auch so ausdrücken: Eine pragmatisch vollständige Bestimmung des Modellbegriffs hat nicht nur die Frage zu berücksichtigen, *wovon* etwas ein Modell ist, sondern auch *für wen*, *wann* und *wozu* bezüglich seiner je spezifischen Funktionen es Modell ist.“ [Stachowiak 1973: 133]. Die pragmatischen Relativierungen, die Stachowiak definierte, zielten auf eine Erweiterung des Modellbegriffs um die Kategorien Gebrauch, Zeitlichkeit und Zweck. Gleichwohl blieb die Abbildbeziehung der Kern seiner *Allgemeinen Modelltheorie*, woraus das Modell seine Rechtfertigung erhielt und seinen Nutzen schöpfte.

Es gibt zahlreiche verwandte Ansätze, denen stets das gleiche Szenario zugrunde liegt: Der eigentliche Gegenstand des Interesses existiert bereits real, gedanklich oder formal und das Modell hat die Aufgabe, diesen auf die eine oder andere Weise fassbar zu machen – sei es als Repräsentation, Idealisierung, Vereinfachung oder Beweis. Allen diesen Ansätzen ist das Verhältnis zwischen einem vorgegebenen Bezugsgegenstand und einem daraufhin hergestellten Modell gemeinsam. Exemplarisch sei hier wieder Stachowiak zitiert, der von einer „Dichotomie eines (wie

und wodurch auch immer) primär Gegebenen einerseits und seines sekundären Nachvollzuges (im bloßen Denken oder auch bereits im Tun) andererseits“ ausgeht und hier das Modell verortet: „Es ist dies die Dichotomie von in der Zeit Vor–gegebenem und Nach–gemachtem, von Urbild und Abbild, von Original und Modell.“ [Stachowiak 1983: 87].

Im Rahmen solcher modelltheoretischer Ansätze wird selten gefragt, welche Eigenschaften Modelle haben, welche Wirkungen sie entfalten oder was mit den Modellen geschieht, die das Original repräsentieren sollen. Auch wird der Gedanke der umgekehrten zeitlichen und logischen Konstellation wenig diskutiert, wonach *zuerst* das Modell vorhanden ist und *danach* erst eine Vorstellung von einer Gegebenheit oder einem Gegenstand entwickelt wird. Das Modell wird in den tradierten Ansätzen als „Endpunkt einer Abbildungsbeziehung“ gedacht, und nicht als „Ausgangspunkt einer Vorstellungsbildung“, wie der Kunsthistoriker Reinhard Wendler in seiner richtungsweisenden Studie *Modelle in Kunst und Wissenschaft* hervorhebt [Wendler 2013: 150–151]. Im Mittelpunkt solcher Ansätze stehen vor allem Kriterien, die ein Gegenstand erfüllen muss, damit man ihn als Repräsentation oder Stellvertreter eines anderen Gegenstandes wahrnehmen und untersuchen kann. In dieser Perspektive ist das Modell dem Bezugsgegenstand stets zu- und damit nachgeordnet und befindet sich in einem eher passiven Abhängigkeitsverhältnis zu diesem. Bis heute prägt diese Wahrnehmung den Umgang mit Modellen in den Gestaltungsdisziplinen, die sich etwa in fragwürdigen Hinweisen von Entwerfern äußert, dass der Modellrezipient Material und Herstellungsweise des modellierten Artefakts nicht beachten möge, da das Modell ja *nur* ein Stellvertreter für das eigentliche Objekt sei.

Gedächtnis und Instrument

Geht man von der Annahme aus, dass es noch andere Beziehungen zwischen Modell und Referenzgegenstand geben kann, als nur die der abbildhaften Repräsentation, dann rückt das Modellobjekt selbst, seine Präsenz und seine Wirkungen, in den Fokus der Aufmerksamkeit. Hier stellt sich die Frage, wodurch ein Gegenstand eigentlich zum Modell wird. „[A]nything can be a model of anything else!“, mutmaßte der Philosoph und Wissenschaftshistoriker Marx W. Wartofsky seit den 1960er Jahren [Wartofsky 1979, Muddle: 4]. Auch der Informatiker und Wissenschaftstheoretiker Bernd Mahr nahm an, dass ein Gegenstand dadurch zum Modell werde, dass man ihn als solches auffasse, weshalb grundsätzlich jeder Gegenstand zum Modell werden könne [Mahr 2008: 199]. An Wartofskys weiten Modellbegriff anschließend und darüber hinausgehend, entwickelte er ein „Modell des Modellseins“, für das eine doppelte Referenz konstitutiv sei: „Bei der Auffassung eines Objekts als Modell steht dieses Objekt in einem Zusammenhang, in dem es *sowohl als Modell von etwas* betrachtet wird, als auch *als Modell für etwas*.“ [Mahr 2008: 202] Mahr folgte mit dieser Idee der Von- und Für-Beziehungen eines Modells dem Ansatz der Wissenschaftshistorikerin Evelyn Fox Keller [Keller 2000]. Allerdings behandelte Keller die Modelle ‚von etwas‘ und die Modelle ‚für etwas‘ getrennt voneinander, wohingegen Mahr sie verschränkte und dadurch den Modellbegriff schärfte. Ihm zufolge wäre ein Gegenstand nur dann ein Modell, wenn beide Beziehungen zusammenwirken. Fehle eine der beiden Beziehungen, dann wäre der Gegenstand entweder ein Abbild, eine Repräsentation oder ein Vorbild, eine Regel, aber niemals ein Modell. Durch die Zusammenführung von Abbild und Vorbild konnte Mahr auch jene Potenziale des Modells begrifflich und konzeptionell fassen, die darauf zielen, bisher nicht Gedachtes und Entworfenes zu erschließen. Denn wenn das Modell nur etwas nachbilden würde, dann wäre der Gegenstand, auf den sich die Nachbildung bezieht, bekannt [Wendler 2013: 155].

Würde das Modell hingegen als *Vorbildung* aufgefasst, wäre der Bezugsgegenstand noch weitgehend unbestimmt und könnte nur über das Modell entwickelt werden.

Zentral für den Mahr'schen Ansatz ist, dass Modelle grundsätzlich im Spannungsfeld von Repräsentation und Produktion, Abbildung und Ermöglichung stehen. Modelle zeigen etwas und sind zugleich auf ein Handeln hin ausgerichtet. Dieser Doppelcharakter macht Gegenstände, Systeme, Formeln zu Modellen. Sie springen zwischen Abbild und Vorbild hin und her und begründen sich in dieser Kippbewegung erst als Modelle [Blättler 2015: 134]. Der Wissenschaftshistoriker Eberhard Knobloch beschreibt den doppelten Charakter von Modellen als eine Verschränkung von umgekehrten Blickrichtungen: „Das Modell [...] ahmt etwas nach, es ist retrospektiv.“ [Knobloch 2008: 92] Und umgekehrt: „Das Modell ahmt vor, es ist prospektiv.“ [Knobloch 2008: 93]

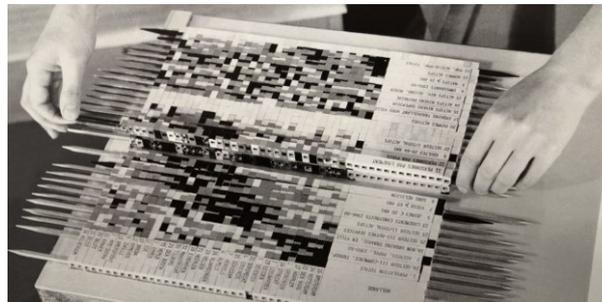


Abb. 1: Jacques Bertin, Recordable Matrix, 1968.

Foto und ©: Serge Bonin, Archives Nationales.

http://www.aviz.fr/bertifier_app/img/physical_matrix_lq.png. 01. 10. 2018

Als ein Beispiel für die doppelte Verfasstheit des Modells als veranschaulichende und zugleich impulsgebende Instanz können die Matrixkonstruktionen des französischen Kartografen Jacques Bertin genannt werden (Abb. 1). In seinem Werk *Sémiologie graphique* von 1967 entwickelte Bertin ein eigenständiges Zeichensystem mit visuellen Variablen als Modell für die Entwicklung von Diagrammen, Netzen und Karten und betonte hierbei dessen „Doppelfunktion als künstliches Gedächtnis und als Forschungs-Instrument“ [Bertin 1974: 10]. Seine Konstruktionen eröffnen dem Rezipienten zum einen eine abstrakte Form der grafisch-visuellen Repräsentation. Zum anderen bieten sie einen haptischen Zugang, der auf eine Handlungsaktivierung ausgerichtet ist und neue Denk- und Gestaltungsoptionen eröffnen soll.

Modelle wie diese sind auf bestimmte Weise konfiguriert, um etwas *mit* und *an* ihnen zu erproben [Hinterwaldner 2017: 1]. Durch Analogiebildung können mit ihnen Phänomene erkundet werden, die sonst keine Eingriffe erlauben würden, weil sie in Wirklichkeit zu abstrakt oder zu konkret, zu groß oder zu klein, zu langsam oder zu schnell, zu teuer oder zu gefährlich wären [Stachowiak 1973: 139]. Als Testgegenstände sind Modelle für den Benutzer handhabbar und orientieren sich an seinen Möglichkeiten der Erfahrbarkeit. Sie ermutigen zu Interaktionen und laden zum Experimentieren und Probieren ein. Für die Hervorbringung und Erfassung von Modellen scheint eine Kombination aus verschiedenen Sinneswahrnehmungen elementar zu sein. Modelle sind Artefakte, die bewusst auf körperhafte Erfahrungen ausgerichtet sind. Erst durch die körperliche Interaktion mit dem zu gestaltenden Modell kann die Imagination – jene bedeutende Produktivkraft in Transformationsprozessen – wirkungsvoll aktiviert werden. Zumindest legen dies die berühmten

Großmodelle des Architekten Eero Saarinen aus den 1950er Jahren nahe: Umfänglich involvieren sie den Körper des Entwerfers im Produktionsprozess und ermöglichen ihm so ein intensives Raumerleben (Abb. 2).

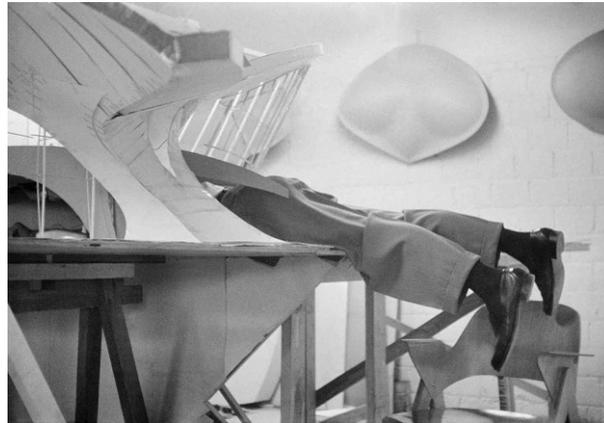


Abb. 2: Eero Saarinen in einem Modell für das TWA Flight Center, New York, späte 1950er Jahre. Foto und ©: Balthazar Korab.

Modelle fungieren hier nicht nur als Hilfsmittel oder Unterstützung. Vielmehr sind sie eine Bedingung der Möglichkeit entwerfenden Handelns. Sie nehmen die Gestalt operativer Instrumente an, mit denen kreative Vorgänge gleichsam selbstreflexiv erkundet und imaginative Prozesse angestoßen werden können.

Verwechslungen und Verwandlungen

Saarinens Versuchsobjekte machen deutlich, dass Modelle nicht nur bekannte Gegenstände und Sichtweisen darstellen, sondern auch hiervon abweichende Vorstellungen, die sich erst in der Auseinandersetzung mit ihnen offenbaren. Aus diesem Grund sind Modelle durch eine gewisse Unvollständigkeit und Unschärfe in Bezug auf den dargestellten Gegenstand charakterisiert. Als Folge der diffusen Entsprechungsbeziehung provozieren Modelle vielfältige Wahrnehmungen und Interpretationen, was dazu führen kann, dass die gleichen Modelle in verschiedenen Kontexten unterschiedliche Bedeutungen annehmen. So wurden beispielsweise die Prototypen geodätischer Kuppeln, die der Architekt Richard Buckminster Fuller während des Zweiten Weltkriegs im Auftrag der amerikanischen Luftwaffe entwickelt hatte, von den Naturwissenschaftlern Donald Caspar und Aaron Klug als Modelle molekularer Hüllenstrukturen von Virengenen wahrgenommen (Abb. 3) [Morgan 2006: 1288; grundlegend: Wendler 2013: 89–95].



Abb. 3: R. Buckminster Fuller, Geodesic Dome, vom US Marine Corps per Hubschrauber transportiert, 1954.
Foto in: Hays 2008: 6, Fig. 5. © The Estate of R. Buckminster Fuller.

Eine solche fachübergreifende Modellerfahrung machte auch der Chemiker Harold Walter Kroto, als er 1985 eine neue Form des Kohlenstoffs mit kugelförmigen Molekülen entdeckte, die er in Anlehnung an die baulichen Vorbilder als *Fullerene* bezeichnete (Abb. 4) [Kroto 1996].

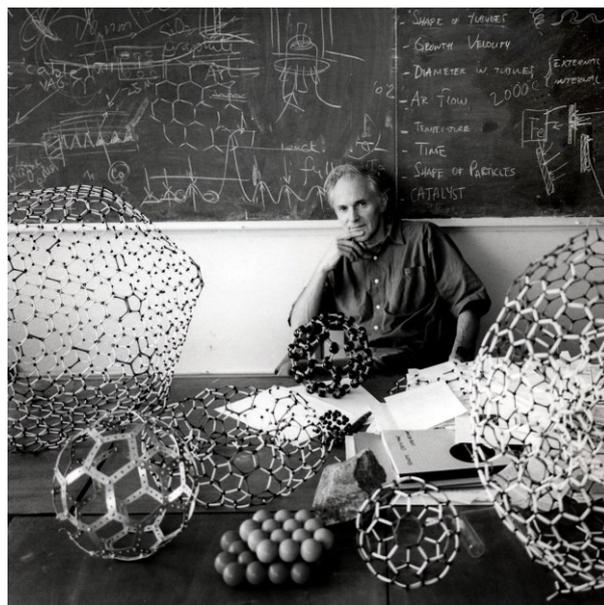


Abb. 4: Harold Kroto mit Modellen von Buckminsterfullerenen,
Falmer (Brighton, Sussex), 1996. Foto und ©: Anne-Katrin Purkiss.

Dachten die Naturwissenschaftler mit Kuppelmodellen über bisher unbekannte Molekülstrukturen nach, bezog der Architekt Frei Otto in umgekehrter Weise Panzer und Skelette mikroskopisch kleiner Einzeller in seine Entwürfe leichter Tragwerke ein [Otto 1985; Otto 1990: Radiolarien]. Dabei fasste er nicht nur die Naturformen selbst als Modelle auf, sondern auch den Vorgang ihrer Entstehung. Gemeinsam mit dem Biologen Johann-Gerhard Helmcke vollzog er in den 1960er Jahren die Gestaltwerdung mikromorphologischer Strukturen in technischen Modellen nach, um zu erkennen, dass ihre Bildungsprozesse den Bedingungen des minimalen Material- und

Energiebedarfs folgten (Abb. 5). Diesem Prinzip sollten sich auch seine leichtgewichtigen Baukonstruktionen beugen (Abb. 6).

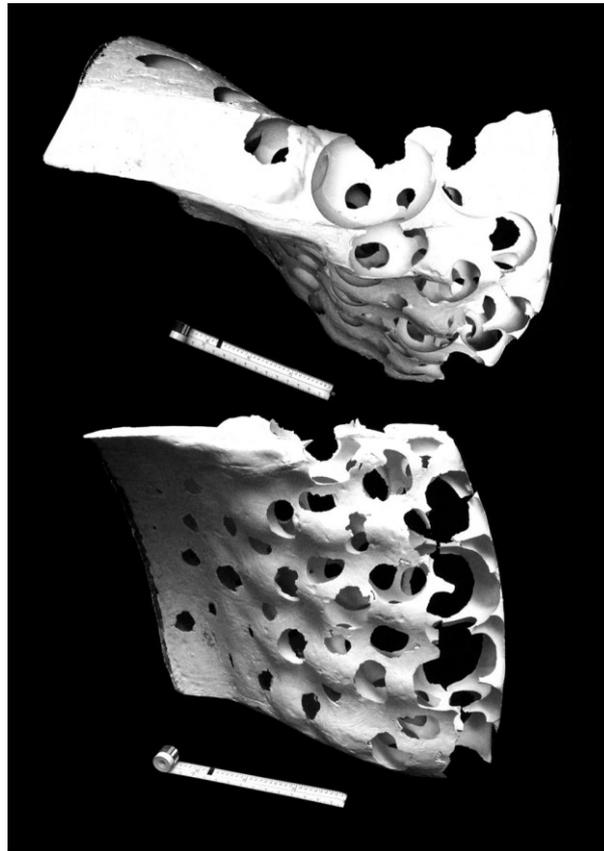


Abb. 5: Michael Hensel, Achim Menges und Gabriel Sanchiz Garin, Poröse Gussstrukturen (nach Modellen von J.-G. Helmcke und Frei Otto), 2005–2006.
Foto und © Achim Menges.

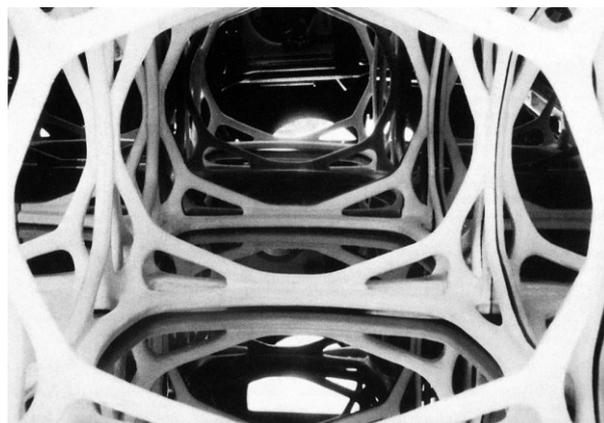


Abb. 6: Frei Otto, Studie zu einem Raumtragwerk mit biegesteifen Knoten, 1962. Foto in: Nerdinger 2005: 44.
© ILEK-Archiv, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart.

Die Modelle ließen sich folglich visuell skalieren sowie verschiedenen Größenordnungen und Bezugssystemen zuordnen. Indem sie sich zugleich auf biologische und architektonische Materialformen bezogen, wirkten sie in zwei Richtungen und erfüllten die Anforderung, die Bernd Mahr an Gegenstände gestellt hat, damit diese als Modelle aufgefasst werden können: Sie waren gleichermaßen Modelle ‚von etwas‘ und Modelle ‚für etwas‘. Sie dienten sowohl zur Veranschaulichung real existierender Naturstrukturen als auch zur Erprobung zukunftsweisender Baukonstruktionen. Es sind solche Modelle, wie jene von Helmcke und Otto, die ahnen lassen, dass sie ihre Qualitäten aus einer prinzipiellen Unbestimmtheit und Unterdetermination gewinnen, und nicht aus ihrer Entsprechung zu einem spezifischen Bezugsgegenstand. Je nach Zusammenhang und Perspektive produzieren sie verschiedene Sinngehalte und rufen unterschiedliche Funktionen auf. In diese Richtung dachte auch Buckminster Fuller, als er seine handlichen Kuppelmodelle in bizarre Kopfbedeckungen verwandelte.

Unschärfen und Unbestimmtheiten charakterisieren vor allem Modelle ‚für etwas‘, denn sie nehmen das noch nicht Existierende vorweg und konfrontieren die beteiligten Akteure mit einer zukünftigen, unbestimmten Situation. Aus diesem Grund definiert die Architekturtheoretikerin Susanne Hauser das Modellieren ‚für etwas‘ als ein Verfahren des Überschreitens von etwas Gegebenem [Hauser 2013: 363]. Im Modellieren neuer Gegenstände und Ideen überschreite jede gefundene Gestaltungsform das Bisherige. Modelle seien daher nicht nur Repräsentationen, sondern auch Präsentationen. Sie treten als „Träger eines Denkprozesses und nicht [nur] als Darstellung[en] seines Ergebnisses auf“, wie Wendler erörtert [Wendler 2013: 25]. Statt eines nur dienenden Verhältnisses des Modells zum Modellierten zeigen sie ein komplexes Geflecht von Effekten und Rückwirkungen [Bredenkamp 2005: 13].

In diesem vielschichtigen Wirkungsgefüge liegt jedoch eine Paradoxie: Der Plan oder Entwurf, auf den sich das Modell bezieht, entsteht erst in Wechselwirkung mit der Hervorbringung seines Modells. Auf diesen widersprüchlichen Sachverhalt verwies der Mathematiker, Physiker und Planungswissenschaftler Horst Rittel in seinem Beitrag *On the Planning Crisis. Systems Analysis of the ‚First and Second Generations‘* von 1972, in dem er Modelle in Planungsprozessen als „paradox of rationality“ bezeichnete [Rittel 1972: 391 – 392]. Seine Auffassung stützte sich auf die Beobachtung, dass Modelle, die im Rahmen einer Planung entstehen, zu den wichtigsten Einflussfaktoren auf die Planungsprozesse selbst zu zählen sind und damit zugleich ein unauflösbares Problem, ein „wicked problem“, hervorrufen [Rittel 1972: 392]. Denn Modelle sind keine den Planungsprozessen äußerlichen Mittel oder Werkzeuge, sondern bestimmen grundlegend, was und wie gedacht und geplant werden kann [Gethmann und Hauser 2009: 9]. Um diesem strukturellen Widerspruch im Modellierungsprozess zu begegnen, muss improvisiert werden, wie Wendler mit Blick auf Rittel darlegt: „Der modellgestützte Planungsprozess kann die nachfolgenden Handlungen nicht vollends vorwegnehmen, sodass diese unauflösbar Elemente spontaner Improvisation beibehalten.“ [Wendler 2013: 10] Damit ist der Prozess des Modellierens, soweit er Neues generiert, kein technisch-praktischer Vorgang. Der Modellierende erfährt ihn vielmehr als ein Operieren an der Grenze zwischen Bekanntem und Unbekanntem. In Anlehnung an den Forschungsbegriff des Wissenschaftshistorikers Hans-Jörg Rheinberger kann er mit einer „Bastelei“ verglichen werden, die im Kern von Unsicherheit durchzogen ist und sich auf noch unbekannte Dinge mit verschwommenen Grenzen richtet – auf „epistemic things“ [Rheinberger 1997]. Der Modellierungsprozess endet erst dann, wenn der Gegenstand oder Sachverhalt, auf den sich ein Modell bezieht, hinreichend bestimmt ist. Dann verliert das Modell seine Aufgabe. So lange aber der Bezugsgegenstand noch unbestimmt ist und das Modell „etwas zu wünschen übrig [lässt]“, wie

Rheinberger ausführt [Rheinberger 2005: 73], wird es gebraucht: „Vom Standpunkt des Forschungsprozesses aus behalten Modelle genau so lange ihre Funktion, wie die Repräsentationsbeziehung ein wenig unscharf bleibt“ [Rheinberger 2006: 16].

Eigensinnige Modelle

Die Frage nach den aktiven Potenzialen im Modellierungsprozess geht noch weiter. Nicht nur die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Repräsentation und Präsentation drängen die Vorstellung von der Produktivität der Modelle auf. Vielmehr finden sich in jüngster Zeit zahlreiche Ansätze in der Wissenschaftsforschung, Medientheorie sowie der Kunst- und Bildgeschichte, die den Modellen einen Eigensinn zusprechen. Die Philosophin und Wissenschaftstheoretikerin Margaret C. Morrison deutet Modelle in den Natur- und Sozialwissenschaften als „autonome Agenten“ und betont deren Eigengesetzlichkeit sowohl in Erkenntnis- als auch in Vermittlungsprozessen [Morrison 199]. Mit Blick auf entwerferische Modellierungsprozesse hebt der Kunsthistoriker Horst Bredekamp hervor, dass Modelle einen „über ihre engere Bestimmung hinausgehenden, die Bereitschaft zum Handeln und zum Denken stimulierenden Überschuß“ aufweisen, weshalb sie einen erheblichen Einfluss auf den Verlauf der Modellierung haben [Bredekamp 2005: 14]. Ein Modellierungsprozess beginne daher selten mit einer Idee und ende mit der Umsetzung eines Modells, wie Reinhard Wendler erörtert. Eher stoße jede Begegnung mit einem Modell eine Wirkungsfolge an, in der weitere aufeinander bezogene Modelle erzeugt werden [Wendler 2013: 83].

Modelle erschöpfen sich für Bredekamp nicht nur darin, dass sie Abbilder ‚von etwas‘ oder Vorbilder ‚für etwas‘ sind. Sie fungieren ebenso als Gebilde, die in ihrer Form und Wirkmacht so eigenständig sein können, dass sie selbst für den Bezugsgegenstand gehalten werden: „Modelle sind [...] auch an sich. Sie haben eine eigene Brillanz, Ästhetik und setzen sich sehr oft an die Stelle dessen, was sie modellieren. Entwickeln also einen Eigenlauf, der sich geradezu als Schicht zwischen dem Gestalter oder Betrachter und dem, was über das Modell geschaffen werden soll, schiebt. Das gibt dann die Illusion, dass das Modell selbst die Wirklichkeit ist.“ [Bredekamp, zit. nach: Kleinspehn 2011] Im Akt des Modellierens ereignen sich, so die weiterführende Diagnose, unvorhersehbare Wirkungen, die der Intention der Modellierer und der richtungsweisenden Kraft der Vorbilder entzogen seien. Diese Effekte ergeben sich aus den verwendeten Medien und Materialien, aber auch aus dem Zusammenspiel von Modellierungsgegenstand, -ziel und -kontext. In ähnlicher Weise argumentieren die Medienwissenschaftler Friedrich Balke, Bernhard Siegert und Joseph Vogl, wenn sie der Frage nachgehen, worin sich der Eigensinn von Modellen äußert [Balke, Siegert und Vogl 2014: 6]. Sie richten ihr Augenmerk auf die vermittelnden Strukturen, Materialien und Zeichensysteme von Modellen und fassen sie als Bedingungen auf, die konstitutiv auf das einwirken, was sie vermitteln.

All die genannten Positionen wenden sich gegen einen tradierten Modellbegriff, wonach ein Modell ein passives Abbild einer im Vorhinein bestimmten, unveränderbaren Idee oder Realität sei, bei dem Materialität und Medialität eine nachrangige Rolle spielen. Vielmehr gehen sie von der Annahme aus, dass die konkrete materielle, mediale und symbolische Beschaffenheit eines Modells den Rahmen eines Denk- und Handlungsraumes festlegt, innerhalb dessen sich die Idee erst entwickelt. Die Art der Modellierung entfaltet – so die übereinstimmende Ansicht – verschiedenartige Assoziationen und Vorstellungen, die bedingen, wie man das Modellierte wahrnehmen und behandeln kann. Je nachdem, mit welchem Medium, in welchem Material und nach welchem

Maßsystem Modelle angefertigt werden, gewähren sie unterschiedliche Einblicke in jene Sachverhalte, die mit und an ihnen verhandelt werden. Für eine Erweiterung oder Begrenzung des Denkens und Handelns sorgt neben der Medialität und Materialität auch die gewählte Modellfeinheit. Sie definiert den Grad der Wiedergabe von Informationen und Strukturen, weshalb sie für Eingriffsmöglichkeiten entscheidend ist, denn nur bereits Vorhandenes kann verändert werden [Hinterwaldner 2017: 21].

Wie sehr Vorstellung und Ergebnis eines architektonischen Entwurfes von den verwendeten Modellierungsmaterialien abhängen, erläutert der österreichische Modellbaulehrer Franz Hnizdo: „Wenn Sie eine Idee im Kopf haben und Sie versuchen, diese Idee umzusetzen, und Sie haben einen Stein vor sich, Holz, Styropor, dann wird diese Idee drei verschiedene Ausformungen haben. Der Widerstand, der sich Ihnen beim Stemmen oder Formen von Styropor oder Gips bietet, ist jeweils ein ganz anderer.“ [Hnizdo 2008: 22] Die Eigenschaften, Bearbeitungspraktiken und Gebräuche von Modellmaterialien nehmen also Einfluss auf die architektonische Formwerdung und greifen damit tief in die Prozesse der Ideen- und Entwurfsbildung ein [Wendler 2013: 30–31]. Sie prägen, was mit den Modellen erkundet werden kann: So können Modelle aus Vollmaterialien wie Holz oder Ton eine Vorstellung von der Körperhaftigkeit der noch zu bauenden Architektur geben, wohingegen Modelle aus linearen Elementen wie Stäben oder Schnüren eine mögliche Baukonstruktion zu veranschaulichen vermögen. Idee und Material bedingen sich in solchen Modellierungsprozessen gegenseitig und verwandeln sich ineinander zu einem eigenständigen Dritten, das sich dann auf die nach dem Modell ausgeführten Handlungen auswirkt. Die weitreichenden ästhetischen wie ideologischen Folgen spezifischer Modellierungsmaterialien für die gestaltete Umwelt fasste der Architekt Günther Behnisch in der ironisch-griffigen Formel zusammen: „Holzklötzchen produzieren eine Klötzchenarchitektur.“ [Behnisch 1989: 196]

Im Bewusstsein dieser Wirkungen experimentierte Frei Otto daher mit Modellierungsmaterialien, die im architektonischen Entwurfsprozess gewöhnlich nicht zum Einsatz kommen [Otto 1990: Experimente]. So studierte er etwa Seifenhäute, Kettennetze oder Tierdärme in Modellen und Modellfotografien, um Erkenntnisse für die Entwicklung leichter, beweglicher Baukonstruktionen aus Membranen, Gitterschalen oder Pneus zu gewinnen (Abb. 7 und 8).



Abb. 7: Frei Otto mit Eberhard Haug, Pneumatisches Experiment mit aufblasbarem Tierdarm, 1973.
© ILEK-Archiv, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart.

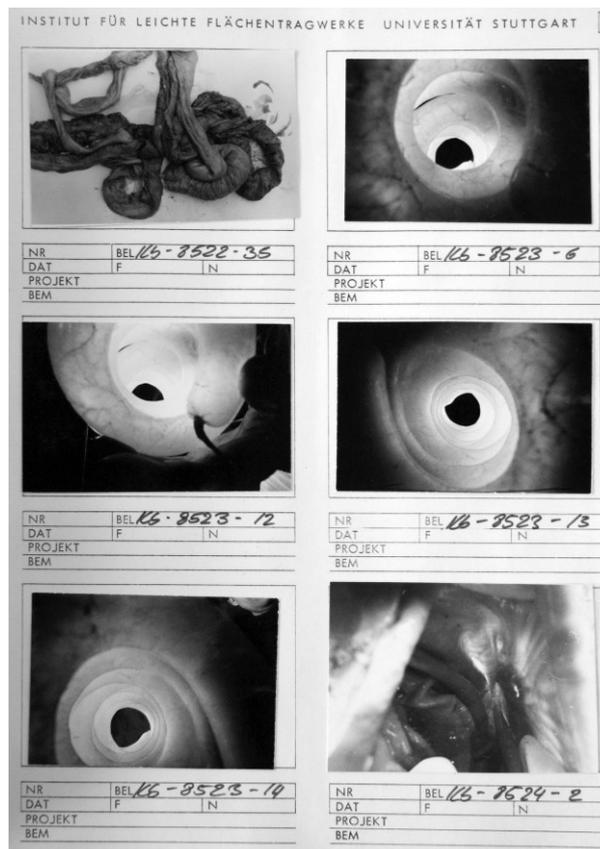


Abb. 8: Frei Otto, Fotos vom Inneren eines Schweinedarmes, Institut für Leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart, 1972. © ILEK-Archiv, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität Stuttgart.

Seine Modellbaumaterialien zeichneten sich dadurch aus, dass sie sich nicht in klassischer Weise formen ließen. Stattdessen lösten sie jene gestaltbildenden Prozesse aus, die unter vorgegebenen Randbedingungen und herrschenden Naturgesetzen zu sichtbaren Formen und Konstruktionen führen. Gerade mit Blick auf diese Selbstbildungsprozesse wird deutlich, wie stark die Eigenschaften und Merkmale der Materialien dasjenige zu beeinflussen vermögen, was mit ihnen untersucht und entworfen wird.

Zwingende Wirkungen

Seit den 1960er Jahren hat Marx W. Wartofsky Modelle wiederholt als „modes of action“ bezeichnet, die auch jene Annahmen und Anschauungen verändern, welche den Modellen selbst anfänglich zugrunde gelegen haben: „[S]ome models [...] transform the total vision of those who involve themselves in the model. They are radical and revolutionary in their effect. They are modes of action which act by infection upon an age and its consciousness, and they help release energies and possibilities of the imagination and mind beyond anything that the model itself exemplifies. That is, the model produces more than it contains.“ [Wartofsky 1979: Telos: 144] So gesehen, können Modelle die Kontextualisierung ihrer selbst verändern, wodurch ein dynamisches, weitgehend autonom und unvorhersehbar erscheinendes Wirkungsgefüge entsteht, welches das Verhältnis zwischen Modell und Rezipient bestimmt. Mit Blick auf Wartofsky definiert Wendler dieses Verhältnis als eine abenteuerlich-eigenwillige Beziehung, die sich von einem einfachen Gebrauchs- und Kontrollverhältnis radikal unterscheidet: „Man benutzt ein Modell nicht einfach, sondern lässt sich

mit ihm ein“, wobei es unmöglich sei, sich dessen Wirkungen „vom Leib zu halten“ [Wendler 2013: 29, 41]. Diese Form des Umgangs impliziere „die bewusste oder nicht bewusste, willentliche oder unwillentliche Delegation von Handlungsmacht an einen als Modell aufgefassten Gegenstand“ [Wendler 2013: 41].

Die so beschriebene Wirkmacht der Modelle über ihre Produzenten wird aber keineswegs immer als positiv und wünschenswert erachtet. Oftmals scheint der materielle Eigensinn der Modelle eine Beeinträchtigung darzustellen, wie der Archäologe und Schriftsteller Johann Joachim Winckelmann in Bezug auf Tonmodelle ausführte, welche beim Brennen und Trocknen unterschiedlich schwinden.[3] Aufgrund ihres unerwarteten Verhaltens können Modelle dann die Entwicklung eines Gedankens, einer Erkenntnis oder eines Entwurfes erschweren oder gar verhindern. Ähnlich verhält es sich mit dem Eigensinn des individuellen Problem- und Handlungssettings, das in Modellen eingeschrieben ist, und das sie zu explorieren erlauben. Modelle gestatten danach nur bestimmte Aktionen, wohingegen sie andere blockieren. Sie zeitigen also nicht nur öffnende, anregende, sondern auch einschränkende und verhindernde Wirkungen. Bredekamp spricht in diesem Zusammenhang von der „Fesselung der Denk- und Konstruktionspotentiale“ durch Modelle [Bredekamp 2005: 15–16]. Hierbei bezieht er sich auf die Kritik des italienischen Bildhauers und Architekten der Renaissance, Michelangelo Buonarroti, der Modellen vorwarf, dass sie etwas fixieren würden, was für ihn nur dynamisch zu denken sei [Bredekamp 1999].

In dieser Perspektive sind Modelle weniger Vorschläge oder Angebote als vielmehr Forderungen, Befehle oder Zwänge. Wartofsky hat die zentrale These für diese Sichtweise formuliert, wonach Modelle nachahmenswerte Handlungen verkörpern und folglich eine imperative Kraft entfalten: „Thus, it is more than an action; it is at the same time a *call* to action. It functions (in the way of this paraphrase of the categorical imperative of Kant) as an exemplary model with a claim on us to share in its purpose and in its mode of action to achieve this purpose.“ [Wartofsky 1968/1979: 143] Wartofsky zufolge wird der Rezipient von dem Modell angewiesen, den im Modell verhandelten Sachverhalt auf eine durch das Modell bestimmte Art und Weise zu denken [Wendler 2013: 42]. Das Modell gibt die Denk- und Handlungsweise des Rezipienten vor, sein Verständnis des dargestellten Gegenstandes und sein weiteres Vorgehen im Modellierungs- und Umsetzungsprozess. Der imperative Charakter bezieht sich dabei auf jeden Aspekt des Modells. Außer den bewusst wahrgenommenen Aspekten wirken auch solche, die dem Rezipienten bisher nicht bewusst oder bekannt gewesen sind, oder die er gar auszuschließen versucht hat. So können eingebaute Vorstellungen, Materialeigenschaften und Verhaltensweisen (wie das Trocknungs- und Formungsverhalten von Ton oder das Bedien- und Feedbackverhalten eines Tastfeldes) zu zwingenden Denk- und Handlungsanweisungen werden. Die öffnenden und einengenden Wirkungen von Modellen stehen somit in einem direkten Wechselverhältnis: Modelle erzwingen quasi das offene Denken und Handeln, wodurch gleichermaßen Produktivität und Dominanz entstehen. Modelle erfüllen eine doppelte Funktion: Sie sind einerseits Ermöglichungsformen für Experimente, andererseits Anweisungsformen für ihre Verwirklichung. Sie erlauben, dass mit ihnen bestimmte Phänomene durch Experimente fassbar werden, nach denen die Wirklichkeit dann zwangsläufig gestaltet wird. In diesem Sinne konzentrieren und verkörpern Modelle Autorität. Im Kontext einer Entwurfspraxis, die sich ausdrücklich der Gestaltung von Prozessen, Verhältnissen und Handlungsweisen widmet – seien sie individueller oder gesellschaftlicher Art –, sind die zwingenden Modellwirkungen von besonderer Brisanz, da sie auch für ideologische Zwecke genutzt werden können.

Repräsentieren als transformativer Prozess

Ein solches Verständnis der öffnenden und einengenden Wirkungen von Modellen zieht so grundsätzliche Bestimmungen wie die der Repräsentation als stummes Abbild eines vorgegebenen ‚Originals‘ gezielt in Zweifel [Frye 2017: 117]. Eine Neubewertung von Repräsentationsverfahren als Techniken der Aufnahme, Anordnung und Transformation, die für die Gestaltung von Prozessen, Beziehungen und Handlungen von zentraler Bedeutung sind, finden sich vor allem in jüngeren Studien aus dem Bereich der Wissenschaftsforschung wieder. Angeregt durch die frühen Laborstudien in den Naturwissenschaften, wenden sich Arbeiten wie die von Bruno Latour mit ihrem ethnografischen oder mikrosoziologischen Interesse zunehmend auch kreativen Prozessen der Repräsentation zu. Dabei geht es im Kern darum, dass eine Repräsentation ihren Bezugsgegenstand nicht nur erfasst, sondern auch erzeugt, indem der Gegenstand bearbeitet, zugerichtet und bereitgestellt wird. Latour diskutiert dies in seinem Buch *Die Hoffnung der Pandora* am Beispiel der Arbeit einer Gruppe von Naturwissenschaftlern, welche die natürliche Umwelt zwischen Urwald und Savanne im brasilianischen Boa Vista erforschte [Latour 1999: 24–79; Latour 1997]. Latour begleitete die Expedition von Forschern, die Bodenproben entnahmen, um herauszufinden, ob der Urwald fortschreite oder zurückgehe, und ob es Austauschbeziehungen zwischen den Vegetationstypen gebe. Die Wissenschaftler erzeugten Repräsentationen der natürlichen Umwelt, indem sie Steine, Urwaldboden und Regenwurmspuren in Diagramme und Proben übertrugen. Detailliert beobachtete Latour, wie diese Proben aus der Natur entnommen, kartografiert, katalogisiert, im Labor untersucht und schließlich in Form von wissenschaftlichen Beiträgen in die Fachöffentlichkeit getragen wurden. Die einzelnen Repräsentationstechniken waren dabei miteinander verkettet. Sie vermittelten erst als Zusammenhang eine Vorstellung davon, wie sich der Übergang von der Savanne in den Urwald vollzieht. Mithilfe der Repräsentationstechniken wurden aus der Natur entnommene Materialien in transportable Formen verwandelt. Die Wissenschaftler benutzten etwa einen Pedokomparator, eine Art Sammlungs- und Setzkasten, mit dem sie die Bodenproben ordnen und befördern konnten (Abb. 9).



Abb. 9: Bruno Latour, Pedokomparator mit Bodenproben, Amazonas, Brasilien, 1991.

Fotos in: Latour 1999: 52, Fig. 2.13 und 55, Fig. 2.14.

Sowohl die aus der Natur entnommenen Proben als auch deren Transportbehältnis lassen sich als Repräsentationsmodelle bezeichnen. Dem Prinzip des *pars pro toto* folgend, treten die Proben an die Stelle der unterschiedlichen Vegetationstypen und stehen für deren Wechselbeziehungen, die es zu erforschen gilt. Für die Erstellung der Proben wird die Natur minutiös bearbeitet, zugeschnitten und zugerichtet. Auch der Sammlungskasten kann als Modell betrachtet werden, verweist er doch mit seinem modularen Raster auf das kartesische Maß- oder Ordnungssystem, nach dem die Natur

erfasst und verstanden werden soll. Mit der Bürde seiner Tradierungs- und Autorisierungsgeschichte in Wissenschaft und Gestaltung gibt der kartesische Kasten vor, wie der Wissenschaftler die Natur zu denken und zu untersuchen hat. Die trennende Rahmung des Kastens sorgt dafür, dass die Natur in voneinander geschiedenen Bereichen wahrgenommen und analysiert wird. Zugleich führt der Vorgang des Rahmens und Rasterns dazu, dass die getrennten Bereiche in neue Zusammenhänge gestellt werden. Weil durch diese Form der Repräsentation die erforschte Natur eine Umformung erfährt, die sich auf die Gegebenheit der Natur selbst auswirkt, lassen sich die Techniken im Sinne Latours als ‚Akteure‘ im Forschungsprozess verstehen. Das Repräsentationsmodell verändert den Blick der Wissenschaftler auf die untersuchte Natur: Einerseits ermöglicht es, Vorannahmen zu revidieren und alternative Schlussfolgerungen zu ziehen, wodurch Neues entstehen kann. Andererseits zwingt es die Forscher dazu, ihr Denken und Handeln an einem normativen Ordnungssystem auszurichten, wodurch Wahrnehmungen tief beeinflusst oder bisherige Vorstellungen zementiert werden.

Bezieht man Latours Verständnis der Repräsentation als Transport- und Transformationsphänomen auf Entwurfspraktiken in Architektur und Design, so lassen sich ähnliche Beobachtungen zur Bearbeitung und Verwandlung des dargestellten Gegenstandes machen. Gestalterinnen und Gestalter erzeugen beispielsweise Repräsentationen von baulichen Strukturen oder sozialen Umfeldern, indem sie bestimmte Phänomene und Prozesse in Diagramme und Modelle übertragen. Im Moment ihrer Übertragung werden die Phänomene und Prozesse selbst grundlegend beeinflusst. Wie die Naturrepräsentationen in Latours Beschreibung befinden sich auch die durch Gestaltung erzeugten Repräsentationen von baulichen Strukturen und räumlichen Anordnungen in einem netzwerkartigen Zusammenhang. Die verschiedenen Formen der Repräsentation eines Projektes wie Texte, Diagramme, Zeichnungen, Fotografien, Karten, Objekte und Modelle weisen Beziehungen untereinander auf. Weil eine Repräsentationsform selten alle Aspekte eines Projektes umfasst, werden viele Einzelrepräsentationen hergestellt, die erst im Zusammenhang ihre Bedeutungen und Wirkungen entfalten. Die Produktion von Wissen und Sinn erfolgt dann als Übersetzungsleistung, die sich zwischen den Dingen und ihren Repräsentationen bewegen.

Je nach gewählter Repräsentationstechnik wird eine spezifische Perspektive auf den Gegenstand oder das Thema des Entwurfes entwickelt. Diese Perspektive macht bestimmte Dinge erfahrbar, wobei die gewählte Repräsentationstechnik die Bedingungen des Erfahrbarwerdens und damit die Gegebenheit der Dinge vorgibt. Eine Repräsentation ist dann weniger ein Abbild als vielmehr ein Bild. Das Bild kann als vorläufiges Ergebnis eines transformativen Prozesses aufgefasst werden, der durch die eingesetzten Verfahren, Instrumente, Techniken und Methoden hervorgerufen wird. Repräsentieren in diesem Sinne bedeutet dann kein einfaches Wiedergeben, sondern ein umfassendes Zusammentragen und Umformen von Informationen in Gestalt von Analogien, Modellen und Spuren.

So betrachtet, erweist sich die Repräsentation als eine Operation, für die der Medienwissenschaftler Hartmut Winkler den Begriff des „Prozessierens“ geprägt hat [Winkler 2015]. Mit dieser Begrifflichkeit bezieht sich Winkler auf Friedrich Kittlers Bestimmung der drei basalen Medienfunktionen Übertragen, Speichern und Prozessieren [Kittler 1993: 8]. Diese Begriffe, insbesondere der des „Prozessierens“, sind aus der Erfahrung mit dem Computer abgeleitet: Computer übertragen und speichern Daten nicht nur, sondern sie verändern und formen sie um. Gleichsam als „Prozessor“ operiert hier die Repräsentation im Sinne Latours, die immer auch erzeugt, was sie darstellt, und damit das Dargestellte verändert.

Modellieren und Komponieren

Befunde dieser Art, welche die Repräsentation eines Gegenstandes mit seiner Transformation verschränken, sind in Anbetracht der Vorstellung, Verwandlungsprozesse in Modellen abzubilden und zugleich hervorzubringen, sehr wertvoll. Um Repräsentationspraktiken in den Gestaltungsdisziplinen als Agenten der Veränderung näherzukommen, erweisen sich vor allem jüngere Beiträge zu einer Ethnologie des Designs als besonders aufschlussreich. Einen Überblick hierüber gibt der Soziologe und Kulturanthropologe Ignacio Farías, wenn er sich mit der Frage befasst, wie im Entwurfsprozess Erkenntnisse von etwas noch nicht Existierendem gewonnen werden können [Farías 2013: 80–81]. Exemplarisch nennt er die Forschung von Albena Yaneva, die sich mit Praktiken des Recherchierens, Modellierens und Präsentierens in der Architektur auseinandersetzt und sie nach ihrem Potenzial befragt, neues Wissen zu produzieren [Yaneva 2009; Yaneva 2005]. Unter einer ähnlichen Perspektive befassen sich Boris Ewenstein und Jennifer Whyte mit dynamischen Interaktionen zwischen Modellen und den im Modellierungsprozess involvierten Akteuren. In ihrer 2009 erschienenen Studie *Knowledge Practices in Design* erörtern sie Modelle als unvollständige Visualisierungen, die dazu aufrufen, durch das Wissen und die Interpretationen der am Designprozess Beteiligten vervollständigt zu werden [Ewenstein und Whyte 2009: 22–23].

Versteht man Modellierung in diesem Sinne als eine wissenschaftsnahe, epistemische Praxis, so stellt sich die Frage, inwiefern die kreativen, hervorbringenden und schöpferischen Prozesse der Architektur und des Designs in dieser Vorstellung Berücksichtigung finden. Auch hierauf versuchen die Arbeiten von Yaneva eine Antwort zu geben. Das Charakteristikum des Modellierens in den Gestaltungsdisziplinen erkennt diese vor allem in der kompositorischen Operation des Addierens: „The ‚addends‘ [...] are models and people, city and client’s requirements, public concerns and foam cutters, a reality that gets composed afresh, and is augmented as the story develops.“ [Yaneva 2009: 7] Yaneva greift hierbei auf den Begriff der Komposition von Bruno Latour zurück, womit dieser eine fortschreitende Anordnung verschiedenartiger Entitäten bei der Konstitution einer gemeinsamen Welt beschreibt [Latour 2010: 473–474]. Beim Komponieren spielen zwar auch die Frage der Repräsentation eine zentrale Rolle, aber vor allem unter dem Blickwinkel, dass die Repräsentation als Medium der Koordination und Kooperation performativ in die Welt eingreift.

Entsprechend bedeutet Modellieren als kompositorischer Vorgang nicht nur, die damit verbundenen Deutungen und Interpretationen zu fokussieren, sondern auch, sich als Entwerfer zu positionieren, etwas zu entwickeln, zu arrangieren und in diesem Sinne performativ zu agieren. Auch wenn Modellieren eine Form der Wissensrezeption und Wissensproduktion darstellt, handelt es sich primär um eine Praktik, mit der Zukünftiges projektiv entworfen wird. Mithilfe von Modellvarianten werden mögliche Zusammenstellungen heterogener Dinge, Sachverhalte oder Ereignisse hingeworfen, untersucht und ausgewählt. Bei der Modellierung handelt es sich also nicht nur um einen Prozess der Erkenntnis- und Wissensgewinnung, sondern auch um ein Verfahren zur Willensbildungs- und Entscheidungsfindung. Mit Blick hierauf lässt sich Modellieren als eine vielschichtige ästhetische, symbolische und technische Praxis zur Konzeption wünschenswerter Realitäten auffassen, in der sich kulturelle und soziale Projektionen artikulieren, und die durch kompositorische Entscheidungen bestimmt wird.

Dass zu den zentralen Entwurfsoperationen Entscheidungen gehören, betont auch der Architekt Patrik Schumacher in *The Autopoiesis of Architecture*. „Design decisions“ sind für ihn grundlegende

Kommunikationsakte, durch die Entwurfsprozesse systematisch vorangetrieben werden [Schumacher 2011: 197–203]. Um Entscheidungen treffen zu können, bedarf es einer Fülle von Entwurfsalternativen, die möglichst gleichwertig sind. Solche Alternativen werden von Gestalterinnen und Gestaltern durch Anwendung bestimmter Strategien bewusst hervorgebracht. Eine dieser Strategien erkennt Farías in der Erzeugung der von ihm so bezeichneten „epistemischen Dissonanz“ [Farías 2013: 101–105]. Gemeint ist damit die produktive Ausschöpfung alternativer Erkenntnisperspektiven auf etwas noch nicht Existierendes. Mit seiner Feldforschung in Architektur- und Designbüros zeigt Farías, dass die zahlreichen unterschiedlichen Perspektiven, Positionen, Standpunkte und Kenntnisse, wie sie im gemeinsamen Arbeiten von Gestaltern und Nicht-Gestaltern in Erscheinung treten, Grenzen aufbrechen, Wissen verbinden und Prozesse mobilisieren. Die Zusammenarbeit sei kreativer und innovativer, wenn Differenzen und Dissonanzen, bezüglich dessen, was in einem Projekt für wertvoll gehalten werde, nicht beseitigt, sondern gepflegt und genutzt würden, so dass eine produktive Unruhe und Ungewissheit eintreten.

Eine solche Dissonanz, so Farías, sei nicht nur ein „intersubjektives Phänomen“, das aus den unterschiedlichen Erkenntnispositionen der beteiligten Akteure entstehe. Vielmehr sei es auch ein „soziotechnisches Phänomen, das von der Fähigkeit visueller Mediatoren [abhängt], neue Information zu produzieren und bisherige Entscheidungen zu testen“ [Farías 2013: 101]. Solche Mediatoren sind in der Architektur und im Design vorzugsweise Modelle. In Modellen werden Entwurfsentscheidungen in iterativen Schleifen getroffen. Sie beziehen sich auf bereits gefällte, aber umkehrbare Entscheidungen und können weitere Entscheidungen hervorrufen. Modellieren lässt sich demzufolge als eine „Praxis“ beschreiben, „die Entscheidungsnetzwerke errichtet“ [Farías 2013: 81].

Dissonanzen organisieren

Anschauliche, wenn auch nicht unumstrittene Beispiele für den Aufbau von Entscheidungsnetzwerken stellen urbane Planungsexperimente und Planspielmodelle dar, wie sie beispielsweise in der Stadtentwicklung der 1960er Jahre erprobt wurden [beispielhaft: Geiger 1999; Heinle 1970]. Getestet werden sollte ein gemeinschaftliches Planen in Alternativen, das auf einer systematischen Entscheidungsfindung beruhe. Exemplarisch führte das Architekturbüro Heinle, Wischer und Partner ein solches Experiment im Zuge der Planungen für das Olympische Dorf München 1972 durch. Wie die Architektin Nathalie Heger in ihrer Studie zur Geschichte dieses Projektes eindrucksvoll darlegte, wurden Entscheidungsfindungsprozesse explizit formalisiert, enthierarchisiert und interdisziplinär ausgerichtet [Heger 2014: 113–124]. Getrieben von der Idee, die traditionelle Rolle des Architekten als alleinigen Ideen- und Formschöpfer zu überwinden, arbeiteten von Beginn an über zwanzig Architekten mit sechzehn Fachplanern in disziplinübergreifenden Teams zusammen, die sich als Vertreter unterschiedlicher Wissensgebiete und Nutzerinteressen verstanden [Heger 2014: 125]. Entwurfsentscheidungen sollten hier nicht von einer Autorität, sondern im Spannungsfeld divergierender Perspektiven getroffen werden.

Um die unterschiedlichen Akteure in die Planungen einzubeziehen und zugleich ästhetische Vorlieben und politische Motive als dominierende Entscheidungsfaktoren zurückzudrängen, wurde ein methodisch genau strukturierter Modellierungsprozess definiert. Dieser Prozess wurde durch Computer maschinell unterstützt, wobei die Automatisierung von Berechnungsvorgängen im Vordergrund stand. Der Prozess begann damit, dass alle Daten gesammelt, kategorisiert und

gewichtet wurden, die durch die Rahmenbedingungen und das Raumprogramm des Bauvorhabens vorgegeben waren. Zudem formulierten die Akteure gemeinsame Wünsche und Zielsetzungen, die sie in entsprechende Richtlinien verwandelten. Aus den getroffenen Festlegungen leitete das Planungskollektiv konkrete Handlungs- und Arbeitsanweisungen für die verschiedenen Phasen des Modellierungsprozesses ab. Der gesamte Prozess wurde in fünf aufeinander aufbauenden Stufen organisiert, wodurch eine möglichst große Varietät an städtebaulichen Studien erreicht werden sollte. Über eine stufenweise Beurteilung wurden die Entwürfe dann auf ein endgültiges Konzept reduziert. Die Planungsgruppe definierte 200 Prüfkriterien, um von 57 erarbeiteten Alternativen über 20 auf sieben, dann drei und letztendlich auf den einen schließlich ausgeführten Entwurf zu kommen [Heger 2014: 128–130]. Die Bewertung der Arbeiten erfolgte in gemeinsamen Gesprächen zwischen allen Beteiligten. Modellierung in diesem Sinne bedeutete also die Gestaltung eines Prozesses, in dem aus einer abnehmenden Zahl von Entscheidungsalternativen die jeweils bestmögliche Entscheidung gefunden werden sollte.

Zur gezielten Herbeiführung von Entwurfsentscheidungen verfolgte die Planungsgruppe eine Kreativitätstechnik, die in der Nachkriegszeit und im Kalten Krieg als ein produktives Methodenrepertoire popularisiert wurde: die morphologische Analyse. Sie entstand unter dem Einfluss des allgemeinen Systemdenkens, der Kybernetik und des Operations Research, das als Teilgebiet der Betriebswirtschafts- und Managementlehre Matrixmodelle zur Entscheidungsunterstützung verwendete [Heger 2014: 107]. Im Zuge der Planungen für München sollten mithilfe dieser Methode neue Kombinationen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren und Bewertungskriterien des Bauvorhabens gefunden werden. Die Analyse wurde in einem morphologischen Kasten dargestellt, der sich insofern als Modell im Sinne Mahrs auffassen lässt, als er zum einen gegebene Bedingungen und konkrete Bezüge veranschaulicht, zum anderen zukünftige Verhältnisse und übergreifende Forderungen aufzeigt (Abb. 10).

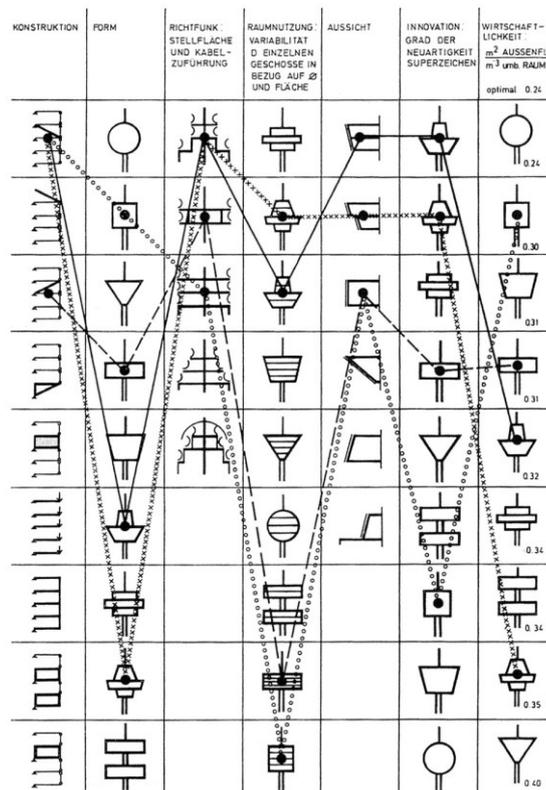


Abb. 10: Heinle, Wischer und Partner, Olympisches Dorf München, 1968–1972. Morphologischer Kasten, Diagramm. Heger 2014: 109. © Heinle, Wischer und Partner.

Im Rahmen solcher Planungsexperimente sind Modelle soziotechnische Konfigurationen. Modelle ermöglichen nicht nur, Planvarianten darzustellen, sondern auch, neue Formen der Planung zu organisieren. In der Gruppe können anhand von Modellen verschiedene Vorstellungen diskutiert und Entscheidungen getroffen werden. Idealerweise ist das Modell am Ende das Ergebnis eines sozialen Austausch- und Aushandlungsprozesses unterschiedlicher Akteure. Gestalterinnen und Gestalter übernehmen in einem so strukturierten Modellierungsprozess zunehmend die Rolle von Koordinatoren [Heger 2014: 104]. Aktivität und Kreativität der Beteiligten fließen vor allem in die Entwicklung und Beschreibung der prozesssteuernden Faktoren und der formbestimmenden Funktionen sowie in die Wahl der Randbedingungen ein. Statt Raum- und Baustrukturen direkt zu entwerfen, werden Bedingungen und Regeln entwickelt, nach denen die Strukturen erst entstehen. Zu Beginn der Modellierung existiert vielmehr eine Prozess- als eine Formvorstellung. Die in den verschiedenen Stufen hervorgebrachten Modelle werden nicht als Einzelformen im Sinne von Unikaten aufgefasst, sondern als unendliche Möglichkeiten potenzieller Formen und Strukturen. Denn jedes spezifische Modell ist dem Anspruch nach nur die Variante eines zuvor gemeinsam definierten Regelwerks.

Durch die Verknüpfung und Übernahme unterschiedlicher Blickwinkel auf den gleichen Sachverhalt erfahren alle Akteure bauliche, politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Zusammenhänge als gemacht und damit im Prinzip immer auch als modellierbar. Doch selbst integrative Modellierungsprozesse entfachen nicht nur öffnende, sondern auch fixierende Wirkungen. Auch wenn vielfältige Interessen und Sichtweisen involviert werden, so strukturiert und erzeugt die Modellierung eine spezifische formale und soziale Ordnung, die auf Einschränkungen und

Ausschlüssen beruht. Zudem verleitet die Systematisierung von Entscheidungssituationen zu der trügerischen Annahme, dass die Modellierung objektiv und die Umwelt uneingeschränkt planbar sei [Heger 2014: 110].

Auch die Vielzahl der Modelle hat nicht nur eine ermöglichende, sondern auch eine irreführende Wirkung. Je mehr Alternativen modelliert werden, desto stärker führen sie in eine Sphäre, welche die Unterscheidung zwischen Modell und Bezugsgegenstand erschwert. Der beständige Perspektivwechsel kann bei den Beteiligten zu immer neuen Interessenskonflikten und Abwägungen führen, bis hin zur Erschütterung eigener fest gefügt geglaubter Ansichten. Solche bewusst herbeigeführten Momente können bewirken, was der Modelltheoretiker Reinhard Wendler als „epistemische Rochade“ bezeichnet hat [Wendler 2013: 150–154]. Die beteiligten Akteure vergessen den Status der im Modellierungsprozess gewonnenen Vorstellungen und halten die Versuchsanordnung für die Realität – sei sie architektonischer, politischer, gesellschaftlicher oder wirtschaftlicher Natur. Das Modell erscheint dann mit einem Mal transparent bis zur Unsichtbarkeit, als ob das Dargestellte die Lebenswirklichkeit sei und nicht deren Modell.

Materialien anordnen

Computergestützte Planungsexperimente und Planspielmodelle der 1960er Jahre gewinnen wieder neue Aktualität, was zum einen an dem wiedererwachten Interesse an einer Gestaltung des Sozialen liegt, zum anderen an dem Aufstieg des Computers zur omnipräsenten Infrastruktur der Architektur- und Designproduktion. Ähnlich wie die Protagonisten der 1960er Jahre fragen sich Gestalterinnen und Gestalter heute, wie Systematisierungsarbeit und kreative Prozesse ineinanderwirken können [Heger 2014: 115]. Erneut entzündet sich an der Dialektik von analytischer Rationalität und ethischem Gespür, von Erkenntnis und Haltung eine der zentralen Auseinandersetzungen in den Gestaltungsdisziplinen.

Ganz entgegen der ursprünglichen Erwartung haben computerbasierte Modelle gegenwärtig einen wesentlichen Anteil an der produktiven Verschränkung dieser scheinbar unvereinbaren Bereiche. Mithilfe digitaler Modellierungsverfahren verweisen engagierte Architektengruppen auf eine experimentelle Gestaltungspraxis, die sich gegen die begriffliche und konzeptionelle Verengung des Modells als Veranschaulichung einer Entwurfsidee oder stummes Abbild einer erdachten Gestaltung richtet. Statt die Modellierung auf die Verwertungszusammenhänge einer Bauindustrie und Kreativwirtschaft auszurichten, wird der Frage nachgegangen, wie ein modellierendes Gestalten zu denken sei, das sich mit sich selbst als ein Spekulieren über zukünftige Formen des Entwerfens und Produzierens auseinandersetzt. Der Fokus der Modellierung liegt hierbei insbesondere auf der Organisation von Materialanordnungen und ist eng mit dem Ziel verbunden, in Zeiten schwindender Ressourcen nachhaltiger und damit gesellschaftsverbundener zu gestalten [Fezer 2016: 81].

Ergebnisoffene Modellierungen von Materialprozessen initiiert beispielsweise das Architektur- und Designbüro *Certain Measures* aus Berlin und Boston. In ihren Projekten untersuchen Tobias Nolte und Andrew Witt, wie datengesteuerte Modellierungsprozesse dabei helfen können, neue Beziehungen zur Umwelt aufzubauen. Während klassische Planungs- und Bauprozesse auf Zeichnungen und Modellen basieren, welche die Größe und Materialität eines zu errichtenden Gebäudes festlegen, fragen Nolte und Witt nach umgekehrten Prozessen, die das zur Verfügung stehende Materialangebot zum Ausgangspunkt der Planung machen. In ihrem Projekt *Mine the Scrap* erkundet das Team computerbasierte Entwurfsprozesse, die aus zufälligem, unsortiertem

Materialabfall neue Strukturen hervorbringen [Certain Measures 2017]. Anstatt das Altmaterial in aufwendigen Prozessen zu trennen, zu zerkleinern und in einen Materialkreislauf zurückzuführen, scannt eine Formerkennungssoftware im ersten Schritt die Abfälle, erstellt eine Inventarliste verschiedener Formen und errechnet anschließend, wie jede Einzelform die beste Verwendungsmöglichkeit innerhalb einer definierten Struktur erhalten kann (Abb. 11).



Abb. 11: Certain Measures, Mine the Scrap, 2017. Modellfotos.
© Certain Measures, Berlin.

Zugrunde liegt diesem Entwurfsverständnis ein Modellbegriff, der stärker dem Konzept der Produktivität als dem der Repräsentativität verpflichtet ist. Modelle werden als Denk- und Werkzeuge interpretiert, mit denen technologische und ökologische Veränderungsprozesse reflektiert, initiiert und geformt werden können, wobei Materialabfälle und Bauschutt in euphemistischer Weise zu Modellressourcen erklärt werden. Nolte und Witt verfolgen ein erfindendes Modellieren, das durch ein vorurteilsfreies und zunächst zweckloses Probieren mit Materialien entfaltet werden soll, wofür Josef Albers' Begriff der „unfachlichen Versuchsarbeit“ eine treffende Bezeichnung ist [Albers 1928: 3]. Heterogene Teile alter Materialien werden versuchsweise gefügt und als strukturbildende Elemente in Testmodellen praktisch geprüft. Dabei können je nach Algorithmus andere Formen und Strukturen generiert werden. Nichts scheint endgültig festgelegt zu sein. So entstehen improvisierte, fragile Formen und Strukturen, die im Prinzip erneut demontiert werden können. Die einzelnen Materialteile können dann wieder einer neuen Form und einem neuen Gebrauch zugeführt werden. Der Modellierungsprozess ist demzufolge buchstäblich reversibel.

Durch die mehrfache Nutzung von Materialien sollen Materialkreisläufe geschaffen werden, bei denen Prozesse des Konstruierens und Dekonstruierens ebenso von Bedeutung sind, wie das Konstrukt selbst. Letzteres versteht sich als Teil einer Modellierungskette, die von einem Versuchsmodell zum nächsten führt. Die modellhaften Konstrukte werden über die Nutzung derselben Materialien verbunden, wobei sie jeweils unterschiedliche Formen annehmen. Auf diese Weise können sie – entsprechend des modelltheoretischen Konzeptes von Herbert Stachowiak – von anderen Benutzern in einem anderen Zeitraum zu anderen Zwecken verwendet werden.

Modellieren, wie es Nolte und Witt praktizieren, bedeutet ein kontinuierliches Ansammeln und Anordnen von in Bewegung befindlichen Materialien. Entgegen festgelegter Modelle, die sich als Abbilder eines bestimmten zeitlich fixierten Zustandes begreifen lassen, entstehen operative Modellgefüge in Wechselbeziehung zu vorhandenen Ressourcen und spezifischen Anforderungen.

Nicht länger sind Modelle statuarisch geronnene Ergebnisse oder Objekte. Vielmehr gewinnen sie an Beweglichkeit, werden jederzeit veränderbar und adaptierbar an eine sich wandelnde Umgebung oder wechselnde Bedürfnisse. Dieser Modellierungsbegriff rekurriert auf einen Ansatz, den der britische Anthropologe Timothy Ingold jüngst als „Ökologie der Materialien“ beschrieben hat. Seine Beobachtungen münden in die enthusiastische Forderung nach einem Perspektivenwechsel – weg von modellhaften Objekten als feste und endgültige Entitäten, und hin zu einem modellierten Lebensumfeld als Kräftefeld und Kreislauf von Ressourcen, Energien und Stoffen [Ingold 2014: 72–73].

Kritisches Modellieren

Die hier diskutierten Modelle und Modellierungen gehen von einer Vorstellung von Gestaltung aus, wonach Architektur und Design keine anwendungstechnischen Dienstleistungen im ökonomischen Sinne sind, sondern entwurfsbasierte Artikulationen relevanter Problemstellungen [Fezer 2012: 41]. Das bedeutet, dass die gestalterische Tätigkeit nicht erst einsetzt, wenn ein Problem bereits definiert ist und hierfür nur noch eine standardisierte Lösung bereitgestellt werden muss. Vielmehr beginnt sie mit der Entwicklung von Modellen, welche die Problemlagen erst charakterisieren. Statt den Prozess der Modellierung allein auf die Ausformung von Entwürfen oder die Umgestaltung von gegebenen Gegenständen zu beschränken, bezieht er sich viel grundlegender auf die Auseinandersetzung mit der Frage, wie Wahrnehmungen strukturiert, wie Debatten und Entscheidungssituationen konfiguriert und wie hierdurch Bedingungen für gegebene wie intendierte Lebenswirklichkeiten geschaffen werden. So gesehen öffnen Modelle einen Repräsentationsraum, in dem mit vielschichtigen Voraussetzungen, divergierenden Interessen und unterschweligen Konflikten als Formen der Bezugnahme experimentell umgegangen wird.

Um eine solche Auseinandersetzung führen zu können, ist ein Verständnis der Wirkungen von Modellen und Modellierungsprozessen notwendig. Dies erfordert eine Vorgehensweise, welche die Modelle selbst problematisiert und ihre Bedingtheiten, Vorannahmen und Eigensinnigkeiten in den Blick nimmt. Durch ihre Problemorientierung geraten Modelle zu Werkzeugen der Selbstkritik der Gestaltungsdisziplinen. Im Unterschied zu tradierten Kritikformen der Architektur und des Designs setzt ein kritisches Modellieren weder ausschließlich *ex negativo* an noch reproduziert es implizite oder postulierte Abgrenzungen weiter. Vielmehr zielt es auf eine ermöglichende Kritik ab. Dabei liegt der Fokus der Modelle nicht allein auf einer kritischen Reflexion der vorherrschenden Gestaltungspraxis oder auf einer spekulativen Auseinandersetzung mit Zukunftsentwicklungen. Modellierung versteht sich hier mehr noch als konstruktiv–pragmatische Gestaltung von Veränderungsprozessen. Durch Modelle sollen Veränderungen in der Wahrnehmung und Deutung von Problemen erreicht werden, um alternative Entwurfsansätze entfalten zu können. Hierzu bedarf es vor allem produktiver Modelle und Regelwerke – Modelle, die nicht nur einen verstehenden Nachvollzug gegebener Verhältnisse ermöglichen, sondern auch die gestaltende Produktion von Veränderungen; Modelle, die sich tiefgreifend mit den Dynamiken von Beziehungszusammenhängen und Prozessabläufen befassen; Modelle, welche die Kommunikation und Kontrolle in Gestaltungsprozessen offenlegen und zugleich organisieren.

In einer so bestimmten Modellierungspraxis werden althergebrachtes Expertentum, hierarchische Weisungslinien und top–down–orientierte Entwurfsprinzipien verworfen. Stattdessen erfahren vielfältige Wissensformen und Modellpraktiken aus unterschiedlichen Bereichen eine deutliche

Aufwertung, ebenso wie ein gemeinsames Entwickeln von Fragestellungen mit verschiedenen Beteiligten. In jedem Fall sind Modelle und Modellierungen keine Randerscheinungen oder besonderen Spielarten der Darstellung in Architektur und Wissenschaft, die nur in der dreidimensionalen Gestaltung Anwendung finden. Vielmehr erlauben Modelle, einen überkommenen Entwurfsbegriff zu aktualisieren und Architektur und Design als komplexe Aushandlungsprozesse zwischen unterschiedlichen Akteurinnen und Akteuren zu erfahren. Und sie ermöglichen, die vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Architektur und Bewegung, Raum und Zeit vor dem Hintergrund kultureller, sozialer und technologischer Veränderungen im 20. und 21. Jahrhundert neu zu denken und zu gestalten.

Anmerkungen

[1] Der folgenden Darstellung modelltheoretischer Ansätze liegt die Studie von Reinhard Wendler zugrunde: Wendler 2013: 143–166.

[2] Rolf Bernzen hat den Dom von Florenz als das „intendierte Original“ des Modells von Filippo Brunelleschi bezeichnet. Bernzen 1986: 165.

[3] Im Umkehrschluss diskutierte Winckelmann Wachs als ein besser geeignetes bildhauerisches Modellierungsmaterial, da es sich den Absichten des Modellierers besser füge [Winckelmann 1874: 15 (§106, 107); Wendler 2013: 31–32].

Literatur

Aicher, Otl. *Die Welt als Entwurf. Schriften zum Design*. Berlin 1991.

Albers, Josef. „Werklicher Formunterricht“. In: *Bauhaus* Nr. 2/3 / 1928: 3–7.

Avanessian, Armen (Hg.). *Realismus Jetzt. Spekulative Philosophie und Metaphysik für das 21. Jahrhundert*. Berlin 2013.

Balke, Friedrich, Bernhard Siegert und Joseph Vogl (Hg.). *Modelle und Modellierung*. Paderborn 2014.

Behnisch, Günther. „Modelle im Büro Behnisch & Partner“. In: *Der Architekt* Nr. 4 / April 1989: 195–196.

- Bernzen, Rolf. *Die praktische und theoretische Konstitution des Modellverfahrens. Ein Beitrag zur Frühgeschichte der neuzeitlichen Wissenschaft*. Frankfurt a. M., Bern und New York 1986.
- Bertin, Jacques. *Graphische Semiologie: Diagramme, Netze, Karten*. Berlin 1974 (franz. Originalausg. 1967).
- Blättler, Christine. „Das Modell als Medium. Wissenschaftsphilosophische Überlegungen“. In: Bernhard Thalheim und Ivor Nissen (Hg.). *Wissenschaft und Kunst der Modellierung. Kieler Zugang zur Definition, Nutzung und Zukunft*. Berlin 2015: 107–138.
- Boltzmann, Ludwig. „Model“. In: *Encyclopædia Britannica* Vol. XXX. London 1902: 788–791.
- Bredenkamp, Horst. „Michelangelos Modellkritik“. In: Bernd Evers (Hg.). *Architekturmodelle der Renaissance. Die Harmonie des Bauens von Alberti bis Michelangelo*. München 1999: 116–123.
- Bredenkamp, Horst. „Modelle der Kunst und der Evolution“. In: *Debatte* Nr. 2 / 2005: 13–20.
- Certain Measures. „Mine the Scrap Installation“. 2017. https://certainmeasures.com/mts_installation.html, 01.10.2018.
- Ewenstein, Boris und Jennifer Whyte. „Knowledge Practices in Design. The Role of Visual Representations as ‚Epistemic Objects‘“. In: *Organization Studies* Nr. 1 / Januar 2009: 7–30.
- Fariás, Ignacio. „Epistemische Dissonanz. Zur Vervielfältigung von Entwurfsalternativen in der Architektur“. In: Sabine Ammon und Eva-Maria Froschauer (Hg.). *Wissenschaft Entwerfen. Vom forschenden Entwerfen zur Entwurfsforschung der Architektur*. Paderborn 2013: 76–107.
- Fezer, Jesko. „Was ist Experimentelles Design?“. In: *Lerchenfeld* Nr. 13, Januar 2012: 39–41. <http://www.hfb-hamburg.de/de/aktuelles/magazin-lerchenfeld>, 20.08.2019
- Fezer, Jesko. „Experimentelles Design. Für einen engagierten Designbegriff“. In: Claudia Banz (Hg.). *Social Design. Gestalten für die Transformation der Gesellschaft*. Bielefeld 2016.
- Frye, Annika. *Design und Improvisation. Produkte, Prozesse und Methoden*. Bielefeld 2017.
- Geiger, Martin. „Die SNL-Spielsimulation in der Raumplanung“. In: *Schweizer Ingenieur und Architekt* Nr. 22 / Juni 1999: 481–487.
- Gethmann, Daniel und Susanne Hauser. „Einleitung“. In: Daniel Gethmann und Susanne Hauser (Hg.): *Kulturtechnik Entwerfen. Praktiken, Konzepte und Medien in Architektur und Design Science*. Bielefeld 2009: 9–15.
- Hauser, Susanne. „Verfahren des Überschreitens. Entwerfen als Kulturtechnik“. In: Sabine Ammon und Eva-Maria Froschauer (Hg.). *Wissenschaft Entwerfen. Vom forschenden Entwerfen zur Entwurfsforschung der Architektur*. Paderborn 2013: 363–384.
- Hays, K. Michael. „Fuller’s Geological Engagements with Architecture“. In: K. Michael Hays und Dana Miller (Hg.). *Buckminster Fuller. Starting with the Universe*. New York 2008: 1–19.
- Heger, Natalie. *Das Olympische Dorf München. Planungsexperiment und Musterstadt der Moderne*. Berlin 2014.
- Heinle, Erwin. „Die Planung des Olympischen Dorfes München“. In: *Bauen + Wohnen* Nr. 10 / Oktober 1970: 366–371.
- Hertz, Heinrich. *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*. Leipzig 1894.
- Hinterwaldner, Inge. „Prolog. Modellhaftigkeit und Bildlichkeit in Entwurfsartefakten“. In: Sabine Ammon und Inge Hinterwaldner (Hg.). *Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung. Operative Artefakte in Entwurfsprozessen der Architektur und des Ingenieurwesens*. Paderborn 2017: 13–30.
- Hnizdo, Franz. „Modellbau ist Detektivarbeit ...“. In: *Hintergrund* Nr. 40 / Oktober 2008: 17–25.
- Ingold, Timothy. „Eine Ökologie der Materialien“. In: Susanne Witzgall und Kerstin Stakemeier (Hg.). *Macht des Materials – Politik der Materialität*. Zürich und Berlin 2014: 65–73.
- Keller, Evelyn Fox. „Models Of and Models For. Theory and Practice in Contemporary Biology“. In: *Philosophy of Science* Jg. 67 / September 2000. Supplement. Proceedings of the 1998 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association. Part II: Symposia Papers: 72–86.
- Kittler, Friedrich. *Draculas Vermächtnis. Technische Schriften*. Leipzig 1993.
- Kleinspehn, Thomas. „Wie Bilder auf Menschen wirken. Horst Bredenkamp: ‚Theorie des Bildakts‘“. 21. September 2011. http://www.deutschlandfunk.de/wie-bilder-auf-menschen-wirken.700.de.html?dram:article_id=85245, 01.10.2018.
- Knobloch, Eberhard. „Modelle in der Geschichte der Wissenschaften“. In: Ulrich Dirks und ders. (Hg.). *Modelle*. Frankfurt a. M. 2008: 85–101.

- Kroto, Harold Walter. „Die Entstehung der Fullerene“. In: Wolfgang Krätschmer und Heike Schuster (Hg.). *Von Fuller bis zu Fullerenen. Beispiele einer interdisziplinären Forschung*. Braunschweig und Wiesbaden 1996: 53–80.
- Latour, Bruno. „Der Pedologenfaden von Boa Vista. Eine photophilosophische Montage“. In: Hans-Jörg Rheinberger, Michael Hagner und Bettina Währig-Schmidt (Hg.). *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*. Berlin 1997: 213–263.
- Latour, Bruno. *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies: An Essay on the Reality of Science Studies*. Cambridge, Mass. 1999.
- Latour, Bruno. „An Attempt at a ‚Compositionist Manifesto‘“. In: *New Literary History* Nr. 3 / Sommer 2010: 471–490.
- Mahr, Bernd. „Ein Modell des Modellseins – Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs“. In: Ulrich Dirks und Eberhard Knobloch (Hg.) *Modelle*. Frankfurt a. M. 2008: 187–218.
- Morgan, Gregory J. „Virus Design, 1955–1962: Science Meets Art“. In: *Phytopathology* Nr. 11, November 2006: 1287–1291.
- Morrison, Margaret. „Models as autonomous agents“. In: Dies. und Mary S. Morgan (Hg.). *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge 1999: 38–65.
- Nerdinger, Winfried (Hg.). *Frei Otto. Das Gesamtwerk. Leicht bauen, natürlich gestalten*. Basel, Boston und Berlin 2005.
- Otto, Frei (Hg.). *IL 28, Diatomeen I. Schalen in Natur und Technik*. Mitteilungen des Instituts für leichte Flächentragwerke der Universität Stuttgart. Stuttgart 1985.
- Otto, Frei (Hg.). *IL 25, Experimente. Form Kraft Masse 5*. Mitteilungen des Instituts für leichte Flächentragwerke der Universität Stuttgart. Stuttgart 1990.
- Otto, Frei (Hg.). *IL 33, Radiolarien. Schalen in Natur und Technik II*. Mitteilungen des Instituts für leichte Flächentragwerke der Universität Stuttgart. Stuttgart 1990.
- Rheinberger, Hans-Jörg. *Toward a History of Epistemic Things. Synthesizing Proteins in the Test Tube*. Stanford, CA 1997.
- Rheinberger, Hans-Jörg. „Überlegungen zum Begriff des Modellorganismus in der biologischen und medizinischen Forschung“. In: *Debatte* Nr. 2 / 2005: 69–74.
- Rheinberger, Hans-Jörg. *Epistemologie des Konkreten. Studien zu einer Geschichte der modernen Biologie*. Frankfurt a. M. 2006.
- Rittel, Horst. „On the Planning Crisis. Systems Analysis of the ‚First and Second Generations‘“. In: *Bedriftsøkonomen* Nr. 8 / Oktober 1972: 390–396.
- Schön, Donald A. *The Reflective Practitioner. How Professionals Think In Action*. New York 1983.
- Schön, Donald A. *The Design Studio. An Exploration of its Traditions and Potentials*. London 1985.
- Stachowiak, Herbert. *Allgemeine Modelltheorie*. Wien und New York 1973.
- Stachowiak, Herbert. „Erkenntnisstufen zum Systematischen Neopragmatismus und zur Allgemeinen Modelltheorie“. In: Ders. (Hg.). *Modelle – Konstruktion der Wirklichkeit*. München 1983: 87–146.
- Schumacher, Patrik. *The Autopoiesis of Architecture*. Vol. I. Chichester 2011.
- Wartofsky, Marx W. „The Model Muddle. Proposals for an Immodest Realism (1966)“. In: Ders. *Models. Representation and the Scientific Understanding*. Dordrecht, Boston und London 1979: 1–11.
- Wartofsky, Marx W. „Telos and Technique. Models as Modes of Action (1968)“. In: Ders. *Models. Representation and the Scientific Understanding*. Dordrecht, Boston und London 1979: 140 – 153.
- Wendler, Reinhard. *Das Modell zwischen Kunst und Wissenschaft*. Paderborn 2013.
- Winckelmann, Johann Joachim. „Gedanken über die Nachahmung der griechischen Werke in der Malerei und Bildhauerkunst (1755)“. In: Ders. *Werke. Einzig rechtmäßige Original-Ausgabe. Zweiter Band*. Stuttgart 1874: 1–20.
- Winkler, Hartmut. *Prozessieren. Die dritte, vernachlässigte Medienfunktion*. Paderborn 2015.
- Yaneva, Albena. „Scaling Up and Down. Extraction Trials in Architectural Design“. In: *Social Studies of Science* Nr. 6 / Dezember 2005: 867–894.
- Yaneva, Albena. *The Making of a Building. A Pragmatist Approach to Architecture*. Bern 2009.