

09. und 10. März 2020 | HafenCity Universität Hamburg

Arbeiten mit Modellen zur Gestaltfindung: Ein Rundgespräch zu disziplinären Ansätzen und interdisziplinären Schnittstellen

Abschlussbericht.

Johanna Ruge, Matthias Ballestrem, Annette Bögle, Ingrid Breckner und Kathrin Wildner.

Inhalt

1	Theoretischer Hintergrund: Modelle in Gestaltfindungsprozessen	4
	1.1 Das Modell als Untersuchungsgegenstand	4
	1.2 Forschungskontext: Gestaltung der gebauten Umwelt	4
	1.3 Disziplinäre Sichtweisen auf Modelle im Kontext der gebauten Umwelt.....	5
	1.4 Modelle der gebauten Umwelt: Spannungsfelder	6
	1.5 Interdisziplinarität als Forschungsansatz	7
2	Bericht vom Rundgespräch	8
	2.1 Ziele	8
	2.2 Programm.....	8
	2.3 Kurzzusammenfassungen der Beiträge	9
	2.4 Wesentliche Ergebnisse und Erkenntnisse der Arbeitsgruppen	11
	2.5 Liste der Teilnehmenden.....	12
3	Aktuelle Entwicklungen	13
	3.1 Forschungsschwerpunkt Offene Modelle	13
	3.2 Beitrag für die International Conference on Structures and Architecture 2022	14
	3.3 Nächste Schritte	14
	Bibliographie	15

Über die interdisziplinäre Forschungsinitiative Modelle

Die interdisziplinäre Forschungsinitiative zum Thema Modelle in verschiedenen Disziplinen der gebauten Umwelt bildete sich im Frühjahr 2019 an der HafenCity Universität Hamburg. An der Initiative sind aktuell sieben HCU-Professuren der Bereiche Architektur (Matthias Ballestrem), Bauingenieurwesen (Annette Bögle), BIM (Daniel Mondino), Digital City Science (Jörg Rainer Noennig), Kartographie (Jochen Schiewe), Kultur- und Sozialwissenschaften (Ingrid Breckner, Kathrin Wildner) beteiligt, die zu technisch-gestalterischen, sozial-kulturellen und digital-prozessorientierten Fragestellungen der gebauten Umwelt forschen.

Ziel der Forschungsinitiative ist eine interdisziplinäre Grundlagenforschung, die ein umfassendes disziplinäres wie interdisziplinäres Verständnis des Modellierens als Werkzeug der Erkenntnisgenerierung entwickelt. Das Thema hat aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung sowie der damit verbundenen Fragen nach angemessenen Darstellungsformen und intensiverer interdisziplinärer Zusammenarbeit große Aktualität. Das Forschungsinteresse wird in einem mehrstufigen Prozess entwickelt. Hierzu wird die Forschungsinitiative aktuell mit einer Anschubfinanzierung der HafenCity Universität Hamburg gefördert. Neben der Projektierung inter- und transdisziplinärer Forschungsvorhaben liegt ein weiterer Fokus auf der Vernetzung von Wissenschaftler*innen wie Praktiker*innen im Kontext gebaute Umwelt, um einen kontinuierlichen Austausch zum Thema Modelle zu etablieren.

Über das DFG-Rundgespräch im März 2020

Das Rundgespräch „Arbeiten mit Modellen zur Gestaltfindung“ diente dem inter- und transdisziplinären Austausch zum Thema Modelle in Analyse-, Planungs- und Gestaltungsprozessen der gebauten Umwelt. In dem Rundgespräch wurden Schnittmengen und Unterschiede in Bezug auf Modelle in verschiedenen Disziplinen thematisiert sowie Schlüsselaspekte und Fragen formuliert, welche als Ausgangspunkt für zukünftige Forschungsvorhaben dienen können. Das Rundgespräch fand am 09. und 10. März 2020 an der HafenCity Universität in Hamburg statt; insgesamt 24 renommierte Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen der Bereiche Architektur, Bauingenieurwesen, Kulturwissenschaften und Sozialwissenschaften nahmen daran teil.

1 Theoretischer Hintergrund: Modelle in Gestaltfindungsprozessen

Die Entstehung gebauter Umwelt basiert auf gedanklichen und materiellen Prozessen der Gestaltfindung – sei es das Finden einer geometrischen, strukturellen, konzeptuellen oder organisatorischen Gestalt. In solchen Prozessen der Gestaltfindung begegnen sich im Idealfall mehrere Disziplinen: Architekt*innen und Bauingenieur*innen als gestaltende Akteure des Bauwerks sowie Sozial- und Kulturwissenschaftler*innen als gestaltende Akteure der Interaktion Mensch-Bauwerk. Diese sehr unterschiedlichen Disziplinen kommen für die Dauer von Projekten zusammen. Voraussetzung für eine gute Zusammenarbeit ist ein gegenseitiges Verständnis des zugrundeliegenden Wissens und der daraus resultierenden Arbeitsweisen. Das Arbeiten mit Modellen stellt dabei eine von allen Disziplinen angewandte Methode dar. Das Modell dient den unterschiedlichen Disziplinen im Denk- und Gestaltungsprozess gleichermaßen als konzeptionelles Hilfsmittel, Werkzeug, Zwischenprodukt oder Repräsentationsmedium. Durch die prozessuale Betrachtung der Entstehung von Modellen sowie den Vergleich und die Kontrastierung der unterschiedlichen Vorgehens- und Nutzungsweisen kann disziplinäres wie interdisziplinäres Verständnis für Arbeitsweisen und Herangehensweisen in Planungsprozessen geschärft und so eine bessere Zusammenarbeit ermöglicht werden.

1.1 Das Modell als Untersuchungsgegenstand

Das Modell als Untersuchungsgegenstand ist alles andere als neu. So definierte Stachowiak in seiner Allgemeinen Modelltheorie schon 1973 drei grundlegende Merkmale von Modellen: Modelle sind erstens immer Modelle von etwas, das heißt sie repräsentieren ein Original bzw. bilden es ab (Abbildungsmerkmal, Stachowiak 1973: 131). Zweitens besitzen Modelle immer nur bestimmte Eigenschaften dieses Originals (Verkürzungsmerkmal, ebd.: 132), sie abstrahieren und reduzieren es auf den Verwendungszweck des Modells, denn Modelle werden drittens immer für einen bestimmten Zweck, zu einem bestimmten Zeitpunkt und für einem bestimmten Benutzer erstellt – sie existieren nie um ihrer selbst willen, sondern erfüllen einen pragmatischen Nutzen (Pragmatisches Merkmal, ebd.: 133). Die meisten Studien zu Modellnutzung befassen sich mit Modellen in den Naturwissenschaften. Hier ist der pragmatische Nutzen meist die Generation von neuen Erkenntnissen. Als Medium der Erkenntnisgeneration wurde das Modell insbesondere durch die Wissenschaftsphilosophie untersucht (z.B. Frigg & Hartmann 2018; Hesse 1966; Knuuttila & Boon 2011). In diesem Kontext ist neben Semantik und Ontologie der Modelle insbesondere deren Epistemologie, d.h. wie, warum und unter welchen Umständen von Modellen auf die jeweiligen Originale geschlossen werden kann, ausführlich thematisiert worden (vgl. Hesse 1966; Knuuttila & Boon 2011).

1.2 Forschungskontext: Gestaltung der gebauten Umwelt

Im Forschungskontext Gestaltung der gebauten Umwelt werden unterschiedlichste Modelle für die Raum- und Wissensproduktion eingesetzt. Die Generation von Wissen findet in theoretischen, empirischen wie entwurflichen Gestaltungsprozessen statt; im letzteren Fall ist sie ein Zwischenschritt auf dem Weg zu einem Gebäude als raumbildendes materielles Endprodukt. Drei Aspekte sind dadurch im Kontext der gebauten Umwelt zusätzlich zu den oben genannten von zentraler Bedeutung: Materialität, Prozesshaftigkeit und menschliches Handeln in der Wissenschaft und in der gebauten Umwelt.

Die *Materialisierung* von Ideen, Entwürfen oder Konzepten ist essentiell im Gestaltungsprozess, da sie dazu zwingt, zugrunde liegende implizite Annahmen explizit zu machen und so deren Weiterentwick-

lung erst ermöglicht. Mithilfe von Modellen werden fortlaufend neue Handlungsoptionen und Materialitäten produziert. Die Modelle können also als generative Medien bezeichnet werden, die die Produktivität steigern. Die Materialität von Modellen ist hierbei nicht nur physisch zu verstehen: auch digitale und theoretische Modelle nehmen Bezug zu Materialität, indem sie diese abstrahieren und umschreiben. Die benutzten Arbeitsmodelle befinden sich in ständiger Entwicklung, sind mehr Zwischenzustand als Endstadium, und spiegeln dadurch die *Prozesshaftigkeit* des Gestaltens. *Menschliches Handeln* beeinflusst die Konzeption und den Umgang mit Modellen in zweifacher Weise: Erstens werden Projekte in der gebauten Umwelt von disziplinär sehr heterogenen Teams bearbeitet. Es ist zu untersuchen, inwiefern Modelle in diesem Prozess als Kommunikationsmedium dienen können, auf welche Art und Weise Modelle von den unterschiedlichen Disziplinen genutzt werden und welche Potentiale in der gemeinsamen Nutzung von Modellen stecken. Zweitens stehen die Gebäude als Produkte des Gestaltungsprozesses gerade auch durch ihre materiell bedingte Unmittelbarkeit immer in Interaktion mit Menschen als deren Nutzer*innen. Eine inter- sowie transdisziplinäre Erarbeitung des Themas ist dadurch zwingend erforderlich.

1.3 Disziplinäre Sichtweisen auf Modelle im Kontext der gebauten Umwelt

Modelle in der Architektur

Architekturmodelle treten in unterschiedlichen Performanzen und Erscheinungsformen auf und übernehmen komplexe Aufgaben. Sie faszinieren durch ihre Material- und Raumqualitäten sowie durch die Miniaturisierung des Maßstabes. Dabei dienen sie in der Praxis sowohl der Illustration und dem Nachweis der Realisierbarkeit, als auch der Entwicklung und Verifizierung von Ideen im Entwurfsprozess. Demgegenüber werden Architekturmodelle üblicherweise nur in ihrer illustrativen Funktion rezipiert. Immer wieder wurden in Ausstellungen Versuche unternommen, neben dem illustrativen Gebrauch von Architekturmodellen ein breiteres Verständnis für deren generative Aspekte zu wecken. Beispiele hierfür sind u.a. Content in der Neuen Nationalgalerie Berlin 2004 und Das Modell. Werkzeug, Fetisch, kleine Utopie im DAM (Elser & Cachola-Schmal 2012). Dabei wird sichtbar, dass die Funktion des Modells als Medium der Entwicklung und Überprüfung von spezifischen räumlichen, materiellen und konstruktiven Grammatiken bisher wenig beleuchtet wurde. Exemplarisch für einen solchen Modellbegriff ist das Werk und die Forschung von Frei Otto, der durch seinen spielerischen Umgang mit Materialien eine hypothetische und visionäre Arbeitsweise mit Modellen zur Gestaltfindung einführte (vgl. Nerdinger 2005; Vrachliotis et al. 2017).

Modelle im Bauingenieurwesen

Im Bauingenieurwesen ist Arbeiten mit Modellen eine alltägliche Praxis. Dabei werden hauptsächlich mathematische bzw. theoretische Modelle benutzt, beispielsweise für die Bestimmung von Einwirkungen, für die Abschätzung des Material- und Tragverhaltens, für die Berechnung von Strukturen, sowie für die Abschätzung der Sicherheit (Duddeck 2001). Die Ergebnisse der Modellierungen werden heute verstärkt digital visualisiert. Auch das physische Modell wurde und wird im Bauwesen häufig genutzt, eine gute Übersicht der vielfältigen Anwendungen liefert Addis (2021, 2013). Trotz dieser Präsenz von Modellen im Arbeitsalltag der Bauingenieur*innen sind theoretische oder methodische Reflektionen über Modellbenutzung im wissenschaftlichen Diskurs kaum vertreten. Nicht erst mit der Digitalisierung und der damit einhergehenden früheren und fast exklusiven Nutzung digitaler Modelle in der Tragwerksplanung wird daher die Forderung nach einer Methodik der Modellnutzung im Ingenieurwesen laut (Addis 1988; Schlaich 1991; Kant & Kerr 2019). Bisher wenig betrachtet ist zudem die Rolle von Modellen im kreativen Tragwerksentwurf. Welche Rolle spielt in diesem Kontext die Materialität der Modelle, und wie verändern digitale Modelle den Prozess des Entwerfens?

Modelle in den Kulturwissenschaften

Mit kulturwissenschaftlichen Ansätzen lassen sich physische Modelle von gebauter Umwelt auch als Akteure interpretieren (vgl. Latour 2005), die sich in gesellschaftliche Prozesse und Diskurse einschreiben, Handlungen kontrollieren, erzwingen oder verhindern (vgl. Mahr & Wendler 2009). Im Prozess der Herstellung der Modelle – der Formung einer Idee durch erfahrbare Materialität, der Materialisierung mentaler Konzepte und der Entwicklung von Annahmen zu Möglichkeiten räumlicher Aneignung – sind Modelle gleichermaßen Träger von Denkprozessen wie Gegenstand und Ort einer tentativen Konkretisierung gesellschaftlicher Strukturen. Einsichten der Urban Assemblage-Ansätze (Farias & Bender 2009) ermöglichen es, Modelle von gebauter Umwelt in größere Zusammenhänge einzuordnen und sich folgende Fragen zu stellen: Welche Denkprozesse und Handlungen der Gestaltfindung verkörpern sich in welchen Modellen? Welche kollektiven Vorstellungen von räumlichen Gefügen lassen sich in der Produktion von Modellen ablesen und initiieren und wie wirken sich umgekehrt Modellvariationen auf das Vorstellungsvermögen der räumlichen Umwelt aus?

Modelle in den Sozialwissenschaften

In den Sozialwissenschaften stehen Denkmodelle zur Erklärung und Veranschaulichung von strukturellen Zusammenhängen, sozialräumlichen Beziehungen und Handlungskonzepten im Vordergrund (vgl. Fleck 1980; Böhme 1993: 211ff.; Ritsert 1996). Dieses Modellverständnis erscheint zunächst gegensätzlich zu dem der Architektur, die intensiv mit materiellen Modellen arbeitet, und weist eher Parallelen zu naturwissenschaftlichen Denkmodellen auf. Allerdings kann dieser theoretische und konzeptuelle Zugang zu Modellen in den Sozialwissenschaften neue Erkenntnisse über die Konzeption und Benutzung von Modellen in der gebauten Umwelt generieren. So wurden die meisten methodisch-konzeptionellen Studien über die Arbeitsweise von Architekt*innen und Ingenieur*innen von Sozialwissenschaftler*innen durchgeführt. Dazu zählen z.B. die Untersuchung von Yaneva über die Arbeitsweise von Rem Koolhaas (Yaneva 2005) und die Untersuchung von Boland et al. über die Verwendung von digitalen Modellen bei Frank Gehry (Boland, Lyytinen, & Yoo 2007). Interessant scheint auch die konzeptuelle Verbindung von Modellbenutzung mit der Theorie der Boundary Objects (Star & Griesemer 1989). Fragen nach der Rolle des Modells als der eines Mediators (Morgan & Morrison, 1999) wurden aufgeworfen, aber bisher nicht für die gebaute Umwelt und insbesondere die dort vorherrschenden interdisziplinären Arbeitspraktiken erforscht.

1.4 Modelle der gebauten Umwelt: Spannungsfelder

Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen disziplinären Perspektiven auf Modelle lassen sich vielschichtige Spannungsfelder identifizieren, in denen sich Modelle im Forschungskontext der Gestaltung gebauter Umwelt bewegen.

Komplexität und Reduktion

Modelle abstrahieren und reduzieren komplexe Sachverhalte, um sie begreifbar zu machen bzw. um durch die Reduktion auf Wesentliches dieses besser bearbeiten zu können. Dies erfordert oftmals das Erfassen und Beschreiben, in anderen Worten das Explizitmachen von Implizitem. Andererseits umgehen beispielsweise physische Modelle eines Bauwerkes die Reduktion und Abstraktion und damit auch die Beschreibung bestimmter komplexer Eigenschaften des Originals, z.B. des Materialverhaltens, indem sie diese Eigenschaften des Originals einfach übernehmen.

Kreativitätspotential | Modell als generatives Medium

Durch die Formung und Repräsentation von vorher nicht da gewesenen Zuständen ermöglichen Modelle Produktivität und unterstützen Entwurfsprozesse somit aktiv (siehe Hinterwaldner 2017). Das Arbeitsmodell wird benutzt, um einen zukünftigen Zustand darzustellen, den man sich nicht vorstellen

kann. Es hält gewisse vorher nicht oder anders definierte Eigenschaften des zukünftigen Originals fest, und provoziert somit die Weiterentwicklung der Idee, des Entwurfs. Durch die Materialisierung generiert es sich selbst und führt in der Folge neue Veränderungen herbei, sodass sich ein fortlaufender evolutionärer Prozess einstellt. Sie fordern den Nutzer auf, immer neue Modelle und Zustände zu kreieren. Wenn Modelle gewisse Handlungen von den Benutzer*innen verlangen, besteht die Gefahr, diese als ‚Zwangsjacke‘ zu erleben.

Modell als disziplinüberspannendes Objekt, Akteur und Mediator

Inwieweit kann ein Modell in einem interdisziplinären Prozess als Kommunikationsmedium fungieren, als Vermittler zwischen Bauherr*in, Planer*in, Ingenieur*in? Welches Vorwissen ist nötig, um ein Modell, charakterisiert durch Abstraktion und Reduktion, intuitiv zu nutzen? Kann das Modell als Mediator fungieren, zwischen Entwurf und Entwerfer*in? Erzwingt das Modell durch seine Materialität bestimmte Handlungen von seinen Nutzer*innen und wird somit vom Objekt zum Akteur (Latour 2005)?

1.5 Interdisziplinarität als Forschungsansatz

In ihren jeweiligen disziplinären Kontexten sind Modelle umfassend etabliert, ihr Gegenstand und Zweck, ihre Materialität sowie ihre Rolle und Einbindung in Arbeitsprozesse klar definiert. Da die Modelle in den Disziplinen unterschiedlichen Zwecksetzungen dienen, unterscheiden sie sich stark in ihrer methodologischen Einbettung, Konzeption und Gestalt wie auch in ihrem methodischen Gebrauch. In diesem Sinne ist das Arbeiten mit Modellen eine exklusive Methode, die eine fachliche Expertise im Umgang mit ihnen voraussetzt. Komplexe, interdisziplinäre Fragestellungen in Analyse-, Planungs-, und Gestaltungsprozessen in der gebauten Umwelt machen allerdings eine interdisziplinäre Auseinandersetzung mit dem Modell als zentrales Element im Arbeitsprozess notwendig. Eine interdisziplinäre Erarbeitung ist also erforderlich, um dem Thema an sich gerecht zu werden. Des Weiteren ist eine transdisziplinäre Erarbeitung sinnvoll, um die notwendigen Schlüsse und sinnvolle Handlungsanweisungen für die Praxis aus der Forschung zu ziehen. Die oben beschriebenen Spannungsfelder zeigen auf, welche Fragestellungen eine solche Auseinandersetzung aufwerfen könnte.

Durch einen inter- und transdisziplinären Austausch soll zunächst ein besseres gegenseitiges Verständnis der Arbeitsmethoden erreicht werden. Die Prämisse ist, dass durch Sichtbarmachung der Modellentstehung und -benutzung in den unterschiedlichen Disziplinen Unterschiede wie Schnittmengen in Bezug auf das Modellieren als Methode in Gestaltfindungsprozessen der gebauten Umwelt einer wissenschaftlichen Reflexion zugänglich gemacht werden können. Dies ermöglicht die Erweiterung der Praktiken der Entwicklung und Nutzung von Modellen insbesondere an den disziplinären Schnittstellen. Die in den beteiligten Disziplinen unterschiedlichen Modellbegriffe und Verwendungskontexte, insbesondere auch bzgl. des Gegenstands der Modellierung, werden als Chance gesehen, die jeweils eigene Sichtweise auf die Probe zu stellen und sich gegenseitig im Hinblick auf eine Methode der Modellbenutzung zu befruchten. Darüber hinaus kann ein erweiterter Modellbegriff für die eigene Disziplin zu neuen Erkenntnissen führen.

2 Bericht vom Rundgespräch

2.1 Ziele

Das Rundgespräch Modelle in Gestaltfindungsprozessen verfolgte hauptsächlich drei Ziele. Das übergeordnete Ziel bestand darin, Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen verschiedener Disziplinen der gebauten Umwelt zusammenzubringen und dadurch den inter- wie transdisziplinären Diskurs über das Thema Modelle in Gestaltfindungsprozessen anzustoßen. Insbesondere durch den Fokus auf Arbeitsmodelle, also alltäglich verwendete aber wenig explizit reflektierte Modelle waren die Beiträge der eingeladenen Praktiker*innen von großer Bedeutung. Die tatsächliche Verwendung und der Gebrauch von Modellen in der Praxis sollte durch Impulsvorträge von Vertreter*innen der unterschiedlichen Disziplinen veranschaulicht werden.

Die weiteren Ziele waren konkret auf mögliche zukünftige inter- und transdisziplinäre Forschungsprojekte in diesem Kontext ausgerichtet. Erstens war dies das Identifizieren von disziplinären und interdisziplinären Forschungslücken und Formulieren von Forschungsfragen für zukünftige Forschungsprojekte. Hierfür wurden die disziplinspezifischen Diskurse über Modellnutzung als Methode verbunden. Zusätzlich wurden die in 1.4 aufgezeigten Spannungsfelder im Dialog mit Praktiker*innen auf Relevanz überprüft um geeignete Forschungsfragen abzuleiten. Zweitens war dies die Erörterung eines geeigneten Forschungsgegenstandes sowie Forschungsprozesses für zukünftige Forschungsprojekte zu Modellen. Dies beinhaltete die Diskussion methodologischer Konzepte, um Austausch und eine produktive Kooperation zu gewährleisten.

2.2 Programm

Tag 1: Montag, 09.03.2020

- | | |
|-----------|--|
| 12:00 Uhr | Begrüßung & Einführung |
| 13:00 Uhr | Statements und Diskussion disziplinärer Perspektiven „Was ist ein Modell?“ <ul style="list-style-type: none">▪ Simon Wiesmaier <i>David Chipperfield Architects</i>▪ Christian Tschersich <i>LAVA Laboratory for Visionary Architecture</i>▪ Judith Lehner <i>TU Wien Stadtkultur und öffentlicher Raum</i>▪ Lidia Gasperoni <i>TU Berlin Architekturtheorie</i>▪ Sighard Neckel <i>Universität Hamburg Gesellschaftsanalyse und sozialer Wandel</i>▪ Lisa Wiedemann <i>HSU Hamburg Soziologie unter Berücksichtigung der Mikrosoziologie</i> |
| 14:30 Uhr | Pause |
| 15:00 Uhr | Statements und Diskussion disziplinärer Perspektiven: „Was ist ein Modell?“ <ul style="list-style-type: none">▪ Jan Knippers <i>Universität Stuttgart Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen, Jan Knippers Ingenieure</i>▪ Klaus Bollinger <i>Universität für angewandte Kunst Wien Tragkonstruktionen, Bollinger + Grohmann Ingenieure</i>▪ Bill Addis <i>TU München Tragwerksentwurf</i>▪ Kai-Uwe Bletzinger <i>TU München Statik</i>▪ Johanna Ruge <i>HCU Hamburg Entwurf und Analyse von Tragwerken</i>▪ Lisa Kosok <i>HCU Hamburg Kulturerbe und Museumswissenschaften</i>▪ Heidrun Primas <i>Forum Stadtpark Graz</i>▪ Robert Matthias Erdbeer <i>WWU Münster Neuere Deutsche Literatur</i> |
| 17:00 Uhr | Pause |

- 17:30 Uhr Interdisziplinäre Arbeitsgruppen
Austausch unterschiedlicher Modellverständnisse
Begriffe / Schnittstellen / Unterschiede / Besonderheiten / Forschungslücke
- 18:30 Uhr Ergebnisvorstellung im Plenum

Tag 2: Dienstag, 10.03.2020

- 09:00 Uhr Begrüßung
- 09:30 Uhr Disziplinäre Arbeitsgruppen
Ideenentwicklung für ein methodologisches Konzept eines Forschungsantrags
*Disziplinäre Fragestellungen / interdisziplinäre Schnittstellen /
disziplinübergreifender Forschungsgegenstand*
- 11:00 Uhr Pause
- 11:30 Uhr Plenum: Ergebnisvorstellung und Fazit
- 13:00 Uhr Veranstaltungsende

2.3 Kurzzusammenfassungen der Beiträge

Alle Statements lieferten eine neue Blickrichtung auf das Thema und somit wertvollen Input für die nachfolgenden Diskussionen in den Arbeitsgruppen und im Plenum. Die Kernaussagen der Statements sind im Folgenden knapp zusammengefasst.

Architektur

Simon Wiesmaier von David Chipperfield Architects thematisierte den Wandel der Rolle des physischen Modells in der Architekturpraxis. Physische Modelle hatten in der Vergangenheit einen sehr hohen Stellenwert, da sie für die Entwicklung von Entwürfen genutzt wurden und dabei gleichzeitig haptisch bzw. gegenständlich und abstrakt sein konnten. Heute werden Entwürfe dagegen hauptsächlich mit Hilfe von parametrischen digitalen Modellen entwickelt, während physische Modelle hauptsächlich der Kommunikation dienen.

Christian Tschersich von LAVA Laboratory for Visionary Architecture charakterisierte den Entwurf als eine Aufgabe im n-dimensionalen Raum. Hierbei verbinden digitale Modelle die unterschiedlichen Dimensionen im Raum durch assoziative Beziehungen. Des Weiteren hob er die Funktion der Modelle als kollaborative Werkzeuge hervor.

Judith Lehner vom Arbeitsgebiet Stadtkultur und öffentlicher Raum der TU Wien sieht das Modell nicht als einen evolutionären Prozess, sondern als Sammlung von unterschiedlichen Zuständen. Hierbei ist das Modell ein Objekt, an dem Aushandlungsprozesse stattfinden. Des Weiteren wies sie darauf hin, dass eine trans- bzw. interdisziplinäre Auseinandersetzung mit Modellen die Beschäftigung mit disziplinären Blindfeldern voraussetzt.

Für Lidia Gasperoni vom Arbeitsgebiet Architekturtheorie der TU Berlin können Modelle illustrativen oder generativen Charakter haben. Sie unterschied zwischen vier Arten von Modellen: Modelle als Artefakte, Modelle als Entwurfsmedien, Modelle als Präsentationsmedien, Modelle als Repräsentationsmedien. Zudem formulierte sie Fragen zum Wesen der Modelle sowie zu unserem Umgang mit ihnen, nämlich ob Modelle eine eigene Logik besitzen, wie sich das digitale Modell vom analogen unterscheidet, und ob die Haltung, mit der wir Modelle verwenden, deren Wirkungen bestimmt.

Sozialwissenschaften

Sighard Neckel vom Arbeitsgebiet Gesellschaftsanalyse und sozialer Wandel der Universität Hamburg definierte Theoriemodelle des Sozialen als elementare Erklärmodelle sozialer Prozesse. Weiter zeigte er auf, wie durch die Kontingenz sozialer Prozesse die Modellbildung auf den Verlauf dieser Prozesse selbst gerichtet ist. Den Prozess der Modellierung beschrieb er mit den Schritten Beobachtung – „Rätsel“ – Identifikation tragender Elemente – Analyse ihres Zusammenwirkens – Generalisierung auf allgemeine Regeln in gleichgelagerten Fällen.

Für Lisa Wiedemann vom Arbeitsgebiet Soziologie unter der Berücksichtigung der Mikrosoziologie der HSU Hamburg entstehen Modelle bei der Technisierung von Prozessen. Sie erläuterte, wie bei der Gestaltung von Technik neue Vorstellungen von Nutzungen und Lebensweisen inskribiert werden. Dies geschehe stets abstrahierend und daher notwendigerweise modellförmig. Sie verwies außerdem darauf, dass Modelle Reibungen produzieren können.

Bauingenieurwesen

Jan Knippers vom Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen der Universität Stuttgart/ Jan Knippers Ingenieure erläuterte, dass im Bauingenieurwesen unterschiedliche Modelle für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden. In Entwurfsprozessen entsteht dadurch eine Kette verschiedener Modelle: Entwurfsmodell (Idee und Konzept) – Geometriemodell (Konkretisierung) – Statikmodell (Formfindung der Gleichgewichtsgeometrie) – Fertigungsmodell (Fertigungsdaten).

Klaus Bollinger vom Institut für Tragkonstruktionen der Universität für angewandte Kunst in Wien/ Bollinger + Grohmann Ingenieure illustrierte die Verwendung unterschiedlicher Modelle anhand von Beispielen aus seiner eigenen Berufspraxis. Hierbei wurde insbesondere die Vielseitigkeit des Begriffs Modell alleine im Bauingenieurwesen deutlich, welcher sowohl physische, als auch digitale und parametrische Modelle oder Prozessmodelle meinen kann. Er beschrieb seine Praxis als interaktive Entwicklung von Entwürfen durch den Wechsel zwischen physischen und digitalen Modellen.

Bill Addis vom Institut für Tragwerksentwurf der TU München stellte heraus, dass es die Aufgabe von Ingenieur*innen sei, Vertrauen in Entwürfe herzustellen durch die Quantifizierung ihres Tragverhaltens bzw. ihrer Sicherheit. Er wies darauf hin, dass sich Theorie und Modell in diesem Prozess schon immer ergänzt haben, wobei physische Modelle hauptsächlich bei besonderen, erstmaligen Aufgaben zum Einsatz kommen.

Kai-Uwe Bletzinger vom Institut für Statik der TU München beschrieb den Prozess der Modellbildung: ausgehend von der Beobachtung wird versucht, das Beobachtete zu verstehen und umzusetzen in etwas „Handhabbares“. Er stellte klar, dass Modellbenutzung immer aus Modellbildung und Modellverwendung bestehe. Außerdem betonte er, dass Modelle immer für einen bestimmten Zweck gebildet werden; diesen könnten sie dann gut abbilden, allerdings würden sie an anderen Stellen zu kurz greifen. Es sei daher wesentlich, Modelle so einzusetzen, dass sie die richtigen bzw. wichtigen Informationen liefern.

Johanna Ruge vom Arbeitsgebiet Entwurf und Analyse von Tragwerken der HCU Hamburg verwies auf das „paradox of rationality“, welches Modellen innewohnt: ohne Modelle ist eine Planung nicht durchführbar, gleichzeitig haben Modelle einen sehr großen Einfluss auf die Planung. Sie kritisierte die Sichtweise auf Modelle im Ingenieurwesen: Diese würde Modelle oft als rein pragmatische Mittel zum Zweck betrachten, während in andere Disziplinen das generative oder aktive Potential bzw. der Eigensinn von Modellen hervorgehoben würde und diese als Kreativitätsförderer betrachtet würden. Sie vertrat die These, dass durch ein offeneres Modellverständnis und einen offeneren Einsatz von Modellen mehr Kreativität in Entwurfsprozesse von Tragwerksplaner*innen gebracht werden kann.

Kulturwissenschaften

Lisa Kosok vom Arbeitsgebiet Kulturerbe und Museumswissenschaften der HCU Hamburg definierte Modelle als Instrumente, um anders zu denken, Neues zu denken, kreativ etwas zu erschaffen. Sie wies darauf hin, dass Modelle faszinieren, und dass Menschen bereit sind, sich von Modellen belehren zu lassen. Damit warf sie die Frage der Macht über das Modell bzw. der Macht des Modells auf. Als eine Forschungsfrage stellte sie in den Raum, inwiefern sich die kommunikativen und medialen Eigenschaften des Modells auf die Rezeption des Modells auswirken.

Heidrun Primas vom Forum Stadtpark Graz berichtete aus ihrer Praxis. Sie beobachtete, wie Architekturmodelle Projekte verändern und darüber hinaus auch in politischer Hinsicht Bedeutung haben. Sie versteht Modelle als performative Praxis: durch das Einführen von Modellen entstehen neue Wissensräume, womit die Modelle die Grundlage für Austausch bieten. Sie deklarierte Modelle als lebendige Aktionen, welche neue Interaktionen schaffen und Zusammenhänge sichtbar machen bzw. entwickeln.

Robert Matthias Erdbeer vom Arbeitsgebiet Neuere Deutsche Literatur der WWU Münster charakterisierte den Modellbegriff als dynamisch und prozessual. Er stellte heraus, dass es wichtig sei, sich mit der Befragbarkeit und mit der Hermeneutik von Modellen zu beschäftigen. Außerdem definierte er drei zentrale Problematiken bei der Verwendung von Modellen, nämlich die Modellvergessenheit, die Modellentzogenheit und den Modellzwang.

2.4 Wesentliche Ergebnisse und Erkenntnisse der Arbeitsgruppen

Die interdisziplinären Arbeitsgruppen machten deutlich, dass ein großes Interesse an dem Thema sowie an einer interdisziplinären Auseinandersetzung besteht. Die unterschiedlichen Blickpunkte auf Modelle wurden ebenso offenbar wie die Schwierigkeit einer gemeinsamen Begriffsdefinition. Trotzdem gelang eine Kommunikation über das Thema, was darauf schließen lässt, dass das Modellieren als Methode tatsächlich disziplinübergreifend untersucht werden kann. In den disziplinären Gruppen wurde diskutiert, wie eine mögliche Forschungsmethodologie aussehen könnte. Die Ergebnisse wurden jeweils im Plenum präsentiert und zur Diskussion gestellt. Im Folgenden wird eine Auswahl der Thesen, Erkenntnisse, offenen Fragen sowie Ansätze vorgestellt.

Eine Anregung bestand darin, nicht das Modell-Objekt sondern stattdessen hauptsächlich die Tätigkeit des Modellierens in den Fokus zukünftiger Forschung zu rücken. Hierbei stellte sich die Frage, ob Modellentwicklung eher einer Reduktion oder einer Abstraktion des zu modellierenden Gegenstandes entspricht, und welche Einschränkungen für den Modellgebrauch aus Reduktionen entstehen können. Eng damit verbunden ist die Frage nach der Intention eines Modells, also zu welchem Zweck, mit welcher Absicht, und für welches Ziel es entwickelt wurde. Es wurde übereinstimmend die These vertreten, dass Modelle, wenngleich sie abstrahieren und/oder reduzieren, eine eigene Komplexität aufweisen.

Die Überlegungen verdeutlichen die Erkenntnis, dass Modelle erst durch ihren Kontext beschreibbar bzw. analysierbar werden. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach dem Verhältnis zwischen Modell und System.

Ein weiteres Thema war die Frage nach den Folgen, die sich aus der Nutzung von Modellen ergeben können. In diesem Zusammenhang entstand die Idee der Modellfolgenabschätzung in Anlehnung an die Technikfolgenabschätzung. Ein Bezug zum vorherigen Aspekt ergibt sich dadurch, dass alle Modelle gewisse Pfadabhängigkeiten im Entstehungsprozess aufweisen, sodass sich die Frage stellt wieviel Nutzende eines Modells über dessen Entstehungsprozess wissen müssen, um es sinnvoll verwenden zu können. Verbunden damit ist auch die Beobachtung bzw. die These einiger Teilnehmenden, dass Vertrauen in Modelle eine Art kulturelle Praxis darstellt. Vor allem in den beiden gestaltenden Disziplinen Architektur und Bauingenieurwesen beschrieben die Teilnehmenden Modellverwendung als alltägliche Routine. Ein Hinterfragen im Sinne einer Kritik des Modells sei daher in beiden Disziplinen nötig.

Der Begriff *Offenes Modell*, der zunächst in der disziplinären Arbeitsgruppe der Architekt*innen aufkam, wurde auch im Plenum rege diskutiert. Offenheit hat dabei unterschiedliche Facetten, so kann sie sich auf eine transparente Entwicklung eines Modells beziehen, aber auch interdisziplinär oder transdisziplinär verstanden werden, indem ein offenes Modell beispielsweise Modelle unterschiedlicher Disziplinen integriert oder Teilhabe ermöglicht. Das Hinterfragen von Routinen in Bezug auf Modellentwicklung und -nutzung, die Aufdeckung von blinden Flecken in disziplinären Modellen oder das Aufzeigen von Grenzen der Lesbarkeit von Modellen könnte als Hilfestellung dienen, um zu bestimmen, an welcher Stelle und in welcher Weise disziplinäre Modelle geöffnet werden könnten oder sollten.

In Bezug auf die interdisziplinäre Ausrichtung und methodologische Gestaltung künftiger Forschungsprojekte wurde insbesondere die Verschränkung zwischen den ingenieurwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Perspektiven bzw. Modellen als fruchtbar angesehen. Hierbei könnten die Sozialwissenschaften eine analytische Perspektive einnehmen und den Prozess des Modellierens anderer Disziplinen reflektieren. In diesem Zusammenhang wurde auch die im Rundgespräch erlebte Erfahrung geäußert, dass die Beschäftigung mit Modellvorstellungen anderer Disziplinen grundsätzlich zu neuen Erkenntnissen über die eigenen disziplinären Modelle führen kann.

2.5 Liste der Teilnehmenden

Bill Addis | *TU München Tragwerksentwurf*

Matthias Ballestrem | *HCU Hamburg Architektur und Experimentelles Entwerfen*

Kai-Uwe Bletzinger | *TU München Statik*

Annette Bögle | *HCU Hamburg Entwurf und Analyse von Tragwerken*

Klaus Bollinger | *Universität für angewandte Kunst Wien Tragkonstruktionen, Bollinger + Grohmann Ingenieure*

Ingrid Breckner | *HCU Hamburg Stadt- und Regionalsoziologie*

Robert Matthias Erdbeer | *WWU Münster Neuere Deutsche Literatur*

Lidia Gasperoni | *TU Berlin Architekturtheorie*

Jan Knippers | *Universität Stuttgart Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen, Jan Knippers Ingenieure*

Lisa Kosok | *HCU Hamburg Kulturerbe und Museumswissenschaften*

Judith Lehner | *TU Wien Stadtkultur und öffentlicher Raum*

Mona Mahall | *HCU Hamburg Architektur und Kunst*

Daniel Mondino | *HCU Hamburg Digitales Integriertes Prozessmanagement – Planen*

Sighard Neckel | *Universität Hamburg Gesellschaftsanalyse und sozialer Wandel*

Jörg Noennig | *HCU Hamburg Digital City Science*

Emiliya Popova | *HCU Hamburg Digitales Integriertes Prozessmanagement – Planen*

Heidrun Primas | *Forum Stadtpark Graz*

Johanna Ruge | *HCU Hamburg Entwurf und Analyse von Tragwerken*

Kai Schramme | *HCU Hamburg Entwurf und Analyse von Tragwerken*

Tim Simon-Meyer | *HCU Hamburg Architektur und Experimentelles Entwerfen*

Christian Tschersich | *LAVA Laboratory for Visionary Architecture*

Lisa Wiedemann | *HSU Hamburg Soziologie unter Berücksichtigung der Mikrosoziologie*

Simon Wiesmaier | *David Chipperfield Architects*

Kathrin Wildner | *HCU Hamburg Stadtanthropologie*

3 Aktuelle Entwicklungen

In dem Rundgespräch wurden viele Perspektiven auf Modelle und deren Verwendung in disziplinär unterschiedlichen Kontexten diskutiert und jeweils geeignete Forschungsfragen und -methodologien mitgedacht. Das Rundgespräch lieferte somit zahlreiche neue Erkenntnisse, Ideen und Anregungen für die Gestaltung zukünftiger inter- und transdisziplinärer Forschungsprojekte zum Thema Modelle. Zudem führte das rege Interesse – disziplinübergreifend sowie in Wissenschaft und Praxis – die Relevanz des Themas vor Augen. Aufgrund der Fülle der Ideen waren im Nachgang des Rundgesprächs zunächst weitere Recherchen und darauf aufbauend eine Fokussierung auf eine Fragestellung notwendig. Bei der Evaluation wurde die konzeptionelle Idee des Offenen Modells als besonders wertvoll erachtet. Diese wird aktuell weiter ausgearbeitet und in einem Projektantrag konkretisiert und konsolidiert.

3.1 Forschungsschwerpunkt Offene Modelle

Ausgangspunkt für die Idee der Offenen Modelle ist der Umstand, dass disziplinäre Modelle jeweils nur einen Teilausschnitt der komplexen Analyse-, Planungs- und Gestaltungsprozesse in der gebauten und sozialen Umwelt abbilden. Zusätzlich zu diesen bewussten Ausblendungen enthalten Modelle unbewusste Ausblendungen und Reduktionen. Diese unknown unknowns sind problematisch, da sie in Modellen nicht mitgeführt und daher nur schwer adressiert werden können. Gelingende interdisziplinäre Zusammenarbeit ist daher angewiesen auf eine komplementäre Integration disziplinärer (Teil-) Modelle wie auch auf die zielgerichtete Aufdeckung unbewusster Ausblendungen und Reduktionen in Modellen.

In offenen Modellen sollen disziplinäre Modelle, die jeweils Einzelaspekte der grundsätzlich integralen Gesamtheit von sozialräumlichen und soziotechnischen Lebenswelten abbilden, zueinander komplementär verknüpft werden. Im Laufe von Analyse-, Planungs- und Gestaltungsprozessen können sich die Beziehungen zwischen den disziplinären Modellen verändern und partielle Verknüpfungen je nach Bedarf hergestellt bzw. wieder gelöst werden. Durch die dynamische Weiterentwicklung bleiben Offene Modelle anschlussfähig und werden so zu einem validen Instrument interdisziplinärer Arbeitsprozesse.

Durch die Offenheit für unterschiedliche disziplinäre Zugänge wie auch für die Berücksichtigung gesellschaftlicher Veränderungen dienen Offene Modelle an inter- als auch an transdisziplinären Schnittstellen als „Spiegel“, die Reflexionsschleifen ermöglichen und aufzeigen können, welche räumlich-materiellen oder sozial-kulturellen Folgen bestimmte Entscheidungen haben. So könnte der zukünftige Gebrauch raumzeitlicher Gestaltungspraxis schon in den konzeptionellen Phasen zum Gegenstand ganzheitlicher Reflexion und gegebenenfalls gemeinsamer Optimierung aus der Perspektive unterschiedlicher disziplinärer Blickwinkel werden, wodurch im Idealfall Fehlplanungen und deren fachliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen reduziert und zusätzliche Kreativitätspotenziale zur Verwirklichung von Innovationen erschlossen werden können.

Die Idee Offener Modelle soll in einem inter- und transdisziplinärem Projekt exemplarisch entwickelt und erforscht werden. Das Ziel hierbei ist die Schaffung eines grundsätzlichen Verständnisses, wie gestalterische, technisch-konstruktive, kulturelle, gesellschaftliche, politische und ökonomische Prozesse in dynamischer, offener und prozessualer Weise in einem generativen, deskriptiven und transformativen Offenen Modell erfasst und zusammengefasst werden können und wie dieses inter- und transdisziplinär für komplexe Analyse-, Planungs- und Gestaltungsprozesse in der gebauten und sozialen Umwelt genutzt werden kann.

3.2 Beitrag für die International Conference on Structures and Architecture 2022

Die Forschungsinitiative hat 2021 einen ersten Beitrag zum Thema Offene Modelle für die International Conference on Structures and Architecture 2022 in Aalborg verfasst. In dem Beitrag „Towards an Open Model for Integrated Planning of the Built Environment: Research Agenda“ werden zunächst die Unzulänglichkeiten unvollständiger Modellierung anhand von Beispielen realisierter Projekte erörtert. Nach der Diskussion des Stands der Technik integrierter Planungsansätze wird die in 3.1 skizzierte Vision des Offenen Modells als konzeptionelle Lösung vorgestellt. Anhand dieses Konzeptes werden in einem ersten wissenschaftlichen Scoping des langfristigen Forschungsvorhabens Dilemmata und zentrale Forschungsfragen in Bezug auf integrierte Modellierung formuliert.

Der Beitrag dient als Vorarbeit für die Beantragung eines langfristigen interdisziplinären Forschungsvorhabens. Gleichzeitig soll er zu einen Paradigmenwechsel motivieren: von einer exklusiven und disziplinären Modellierungskultur hin zu einer umfassenderen und ganzheitlicheren, die es ermöglicht, die komplexen Herausforderungen bei Transformationen der gebauten Umwelt zu bewältigen.

3.3 Nächste Schritte

Im nächsten Schritt wird ein Projektantrag zum Thema Offenes Modell verfasst. Zudem soll das bestehende Netzwerk des Rundgesprächs in der Wissenschaft und in der Praxis verfestigt und weiter ausgebaut werden. Zukünftige Zusammenarbeit mit den Zugehörigen des Netzwerkes ist dabei sowohl in Form von Kooperationspartnerschaften für das geplante Forschungsprojekt sowie in Form von inter- und transdisziplinären Austausch bei Workshops oder Rundgesprächen sehr erwünscht.

Bibliographie

- Addis, B. (2021). *Physical models: Their Historical and Current Use in Civil and Building Engineering Design*. Berlin: Ernst und Sohn.
- Addis, B. (2013). 'Toys that save millions' - A history of using physical models in structural design. *The Structural Engineer*, 91 (4), 12-27.
- Addis, W. (1988). Models in engineering science and structural engineering design. IABSE congress report, 13, 769-774.
- Böhme, G. (1993). *Am Ende des Bacon'schen Zeitalters. Studien zur Wissenschaftsentwicklung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Boland, R. J., Lyytinen, K. & Yoo, Y. (2007). Wakes of Innovation in Project Networks: The Case of Digital 3D Representations in Architecture, Engineering, and Construction. *Organization Science*, 18 (4), 631-647.
- Duddeck, H. (2001). Modelle der Technik - Wie Ingenieure die Realwelt in Entwurfsmodelle umsetzen. *Akademie-Journal*, 1/2001, 2-6.
- Elser, O. & Cachola-Schmal, P. (Hrsg.). (2012). *Das Architekturmodell - Werkzeug Fetisch Kleine Utopie*. Frankfurt am Main: Deutsches Architekturmuseum & Zürich: Verlag Scheidegger & Spiess GmbH.
- Farias, I. & Bender, T. (Hrsg.). (2009). *Urban assemblages. How Actor-Network Theory Changes Urban Studies*. New York: Routledge.
- Fleck, L. (1980 [1935]). *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Frigg, R. & Hartmann, S. (2018). Models in Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2018 Edition), Edward N. Zalta (Hrsg.), URL=<<https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/models-science/>>
- Hesse, M. B. (1966). *Models and Analogies in Science*. Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press.
- Hinterwaldner, I. (2017). Prolog. Modellhaftigkeit und Bildlichkeit in Entwurfsartefakten. In S. Ammon & I. Hinterwaldner (Hrsg.). *Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung. Operative Artefakte in Entwurfsprozessen der Architektur und des Ingenieurwesens*. Paderborn: Wilhelm Fink Verlag.
- Kant, V. & Kerr, E. (2019). Taking Stock of Engineering Epistemology: Multidisciplinary Perspectives. *Philosophy and Technology* 32, 685-726.
- Knuuttila, T., & Boon, M. (2011). How do models give us knowledge? The case of Carnot's ideal heat engine. *European Journal of the Philosophy of Science*, 1/2011, 309-334.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. New York: Oxford University Press.
- Mahr, B. & Wendler, R. (2009) Modelle als Akteure. KIT Report 156 TU Berlin
- Morgan, M. S., & Morrison, M. (Hrsg.). (1999). *Models as Mediators*. New York: Cambridge University Press.
- Nerdinger, W. (Hrsg.). (2005). *Frei Otto. Das Gesamtwerk. Leicht Bauen. Natürlich Gestalten*. Birkhäuser.
- Ritsert, J. (1996). *Einführung in die Logik der Sozialwissenschaften*. Münster: Westfälisches Dampfboot.
- Schlaich, J. (1991). The need for consistent and translucent models. IABSE congress reports.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer.
- Star, S. L., & Griesemer, J. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology. *Social Studies of Science*, 19 (3), 387-420.
- Vrachliotis, G., Kleinmanns, J., Kunz, M. & Kurz, P. (Hrsg.). (2017). *Frei Otto. Denken in Modellen*. Leipzig: Spector Books.
- Yaneva, A. (2005). Scaling Up and Down: Extraction Trails in Architectural Design. *Social Studies of Science* 35/6, 867-894