Michael Dürfeld

mauern

Wissensstruktur und Strukturwissen der Architektur

Wissensstrukturen in ihrer Gesamtheit in einem Interdisziplinären Labor neu zu denken bedeutet zunächst, sich darüber verständigen zu müssen, wie einerseits *Wissen* und andererseits *Struktur* in den jeweiligen Disziplinen gedacht wird. Die Vielzahl der Disziplinen, die am Interdisziplinären Labor beteiligt sind, führt zu einer Vielzahl unterschiedlicher *Konzepte* von Wissen und Struktur, unterschiedlicher *Semantiken* zur Beschreibung dieser Konzepte und unterschiedlicher *Methoden*, mit Wissen und Strukturen zu operieren. In dieser disziplinären Verschiedenheit finden sich aber auch Überschneidungen und Ähnlichkeiten. Die Herausforderung besteht nun darin, aus diesem differenten, additiven, multidisziplinären Wissenswissen und Strukturwissen ein integratives, interdisziplinäres Wissenswissen und Strukturwissen zu entwickeln, welches die Grundlage für ein neues Denken von Wissensstrukturen bildet. Dabei kann es nicht darum gehen, den kleinstmöglichen Nenner zu finden, sondern das größtmögliche Potenzial sichtbar und operativ wirksam zu machen. Das wiederum geht nur, wenn die einzelnen Disziplinen explizit ihren fächerspezifischen Blick darlegen und kommunizieren. Jede der disziplinspezifischen Perspektiven fordert dazu auf, gemeinsam in jeweils unterschiedlichen Arten und Ausmaßen über Wissensstrukturen nachzudenken.

Was kann nun die Architektur dazu beitragen? Worin liegt das Potenzial einer Perspektivierung, die von der Architektur aus in ein interdisziplinäres Denken von Wissensstrukturen eingebracht werden kann?

Im Folgenden soll die These entwickelt werden, dass der disziplinäre Blick der Architektur auf ihr Strukturwissen entscheidende Impulse bereitstellt, ein interdisziplinäres Strukturwissen neu zu denken. Eine solche architekturspezifische Perspektivierung hätte dann im Weiteren einen entsprechenden Einfluss darauf, Wissensstrukturen in ihrer Gesamtheit neu zu denken.

Die architektonische Basis des Strukturbegriffs

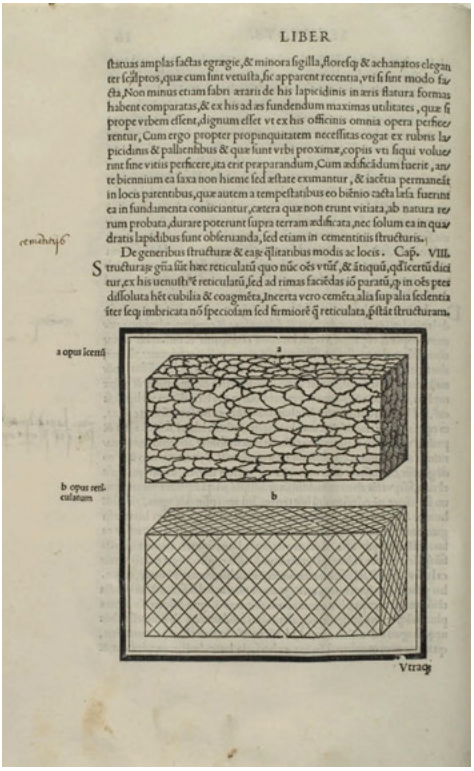
Das Strukturwissen, wie es in den Natur- und Geisteswissenschaften heute verwendet wird, ist ein vergleichsweise junges Wissen, das erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts die wissenschaftlichen Disziplinen grundlegend geprägt hat. Der Strukturbegriff an sich ist jedoch viel älter und hat seinen Ursprung auch nicht in einem wissenschaftlichen, sondern in einem gestalterischen Kontext – dem der Architektur. Etymologisch lässt sich der Strukturbegriff auf das lateinische Wort *structura* zurückführen, welches die Bezeichnung für den Mauerwerksverband ist. So kann man in dem ältesten überlieferten, umfassenden Architekturtraktat *De architectura libri decem* von Vitruv um 30 v. Chr. nachlesen:

> »Structurarum genera sunt haec: reticulatum, quo nunc omnes utuntur, et antiquum, quod incertum dicitur.«
> »Die Arten des Mauerwerks sind folgende: reticulatum (netzförmiges Mauerwerk), das jetzt alle verwenden, und ein altertümliches, das opus incertum (unregelmäßiges Bruchsteinmauerwerk) genannt wird.«[1]

Mit dem lateinischen Wort *struere* wird entsprechend die dazu notwendige Tätigkeit des Mauerns und mit *structor* der römische Maurer bezeichnet. Der Begriff Struktur geht also aus der architektonischen Praxis des Mauerns hervor (Abb. 1–3).

Das ist alles nicht neu, aber verwendet wurde dieser etymologische Verweis auf die architektonische Basis des Strukturbegriffs meist nur als kleines, folgenloses Aperçu – ein konkreter wissenstheoretischer Blick auf die Tätigkeit des Mauerns wurde jedoch nicht daran angeschlossen. Zu traditionell, zu innovationsarm, zu banal erschienen wohl diese Tätigkeit und deren Ergebnisse. Damit wurde jedoch die Möglichkeit außer Acht gelassen, ein vormodernes Strukturwissen herauszuarbeiten, welches ausschließlich gestalterisch und noch nicht von einem wissenschaftlich formatierten, modernen Strukturbegriff geprägt ist.
Zu diesem Argument tritt ein weiteres: Die digitale Revolution und Materialinnovationen haben die heutige Architektur in Entwurf und Produktion grundlegend verändert, und mit Computational-Design-Strategien und Robotertechnologie wird die klassische Praxis des Mauerns neu in den Blick genommen. So hat zum Beispiel das Architekturbüro Gramazio & Kohler seit Anfang der 2000er-Jahre begonnen, an der ETH Zürich zu den Möglichkeiten von robotergestützter

1 Zitiert aus der von Carl Fensterbusch übers. und komm. Ausg.: Fensterbusch 1996, 102–103.



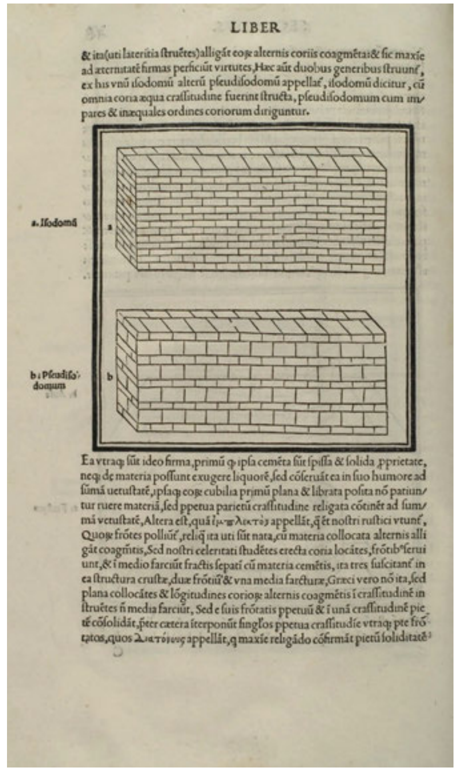
LIBER

ſtatuas amplas factas egrægie,& minora ſigilla,floreſq; & achanatos elegan ter ſcalptos,quæ cum ſint vetuſta,ſic apparent recentia,vti ſi ſint modo fa/ cta,Non minus etiam fabri ærarii de his lapicidinis in æris ſtatura formas habent comparatas,& ex his ad æs fundendum maximas utilitates, quæ ſi prope vrbem eſſent,dignum eſſet vt ex his officinis omnia opera perficee/ rentur, Cum ergo propter propinquitatem neceſſitas cogat ex rubris la/ picidinis & pallienſibus & quæ ſunt vrbi proximæ,copiis vti ſiqui volue/ rint ſine vitiis perficere,ita erit præparandum,Cum ædificādum fuerit, an/ te biennium ea ſaxa non hieme ſed æſtate eximantur, & iacētia permaneāt in locis patentibus,quæ autem a tempeſtatibus eo biēnio tacta læſa fuerint ea in fundamenta coniiciantur,cætera quæ non erunt vitiata,ab natura re/ rum probata,durare poterunt ſupra terram ædificata,nec ſolum ea in qua/ dratis lapidibus ſunt obſeruanda,ſed etiam in cementitiis ſtructuris.

De generibus ſtructuræ & earū q̄litatibus modis ac locis. Cap. VIII.

Structurarū gn̄a ſūt hæc reticulatū quo nūc oēs vtūt,& ātiquū,qd' icertū dici tur,ex his uenuſtiꝰ ē reticulatū,ſed ad rimas faciēdas iō paratū,q̄ in oēs ptes diſſoluta hēt cubilia & coagmēta,Incerta vero cemēta alia ſup alia ſedentia īter ſeq; imbricata nō ſpecioſam ſed firmiorē q̄ reticulata,p̄ſtāt ſtructuram.

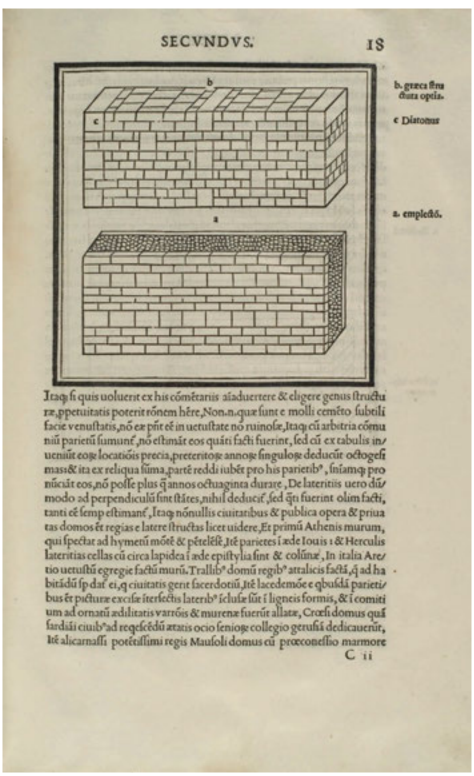
Vtraq;



LIBER

& ita(uti lateritia ſtruētes)alligāt eorū alternis coriis coagmētat& ſic maxīe ad æternitatē firmas perficiūt virtutes,Hæc aūt duobus generibus ſtruunť, ex his vnū iſodomū alterū pſeudiſodomū appellať, iſodomū dicitur, cū omnia coria æqua craſſitudine fuerint ſtructa, pſeudiſodomum cum im/ pares & inæquales ordines coriorum diriguntur.

Ea vtraq; ſūt ideo firma,primū q̄ ipſa cemēta ſūt ſpiſſa & ſolida p̄prietate, neq; de materia poſſunt exugere liquorē,ſed cōſeruāt ea in ſuo humore ad ſūmā uetuſtatē,ipſaq; eorū cubilia primū plana & librata poſita nō patiun/ tur ruere materiā,ſed p̄petua parietū craſſitudine religata cōtinēt ad ſum/ mā vetuſtatē,Altera eſt,quā ἐμπλεκτὸν appellāt,q̄ ēt noſtri ruſtici vtunť, Quorū frōtes polliūť,reliq̄ ita uti ſūt nata,cū materia collocata alternis alli gāt coagm̄tis,Sed noſtri celeritati ſtudētes erecta coria locātes,frōtibꝰ ſerui unt,& ī medio farciūt fractis ſepatī cū materia cemētis, ita tres ſuſcitanť in ea ſtructura cruſtæ,duæ frōtiū & vna media farcturæ,Græci vero nō ita,ſed plana collocātes & lōgitudines coriorū alternis coagmētis ī craſſitudinē in ſtruētes n̄ media farciūt, Sed e ſuis frōtatis p̄petuū & ī unā craſſitudinē pie tē cōſolidāt,p̄ter cætera īterponūt ſinglos p̄petua craſſitudīe vtraq; p̄te frō tatos,quos διατόνους appellāt,q maxīe religādo cōfirmāt pietū ſoliditatē



SECVNDVS. 18

Itaq; ſi quis uoluerit ex his cōmētariis aīaduertere & eligere genus ſtructu ræ,p̄petuitatis poterit rōnem hēre,Non.n.quæ ſunt e molli cemēto ſubtili facie venuſtatis,nō eæ p̄nt eē in uetuſtate nō ruinoſæ,Itaq; cū arbitria cōmu niū parietū ſumunť,nō eſtimāt eos quāti facti fuerint, ſed cū ex tabulis in/ ueniūt eorū locatiōis precia,preteritorū annorū ſingulorū deducūt octogeſi mas:& ita ex reliqua ſūma,partē reddi iubēt pro his parietibꝰ, ſnīamq; pro nūciāt eos,nō poſſe plus q̄ annos octuaginta durare, De lateritiis uero dū/ modo ad perpendiculū ſint ſtātes,nihil deducíť,ſed q̄ti fuerint olim facti, tanti eē ſemp eſtimanť,Itaq; nōnullis ciuitatibus & publica opera & priua tas domos ēt regias e latere ſtructas licet uidere,Et primū Athenis murum, qui ſpectat ad hymetiū mōtē & pētelēſē,Itē parietes ī æde Iouis : & Herculis lateritias cellas cū circa lapidea ī æde epiſtylia ſint & colūnæ, In italia Are/ tio uetuſtū egregie factū murū.Trallibꝰ domū regibꝰ attalicis factā,q̄ ad ha bitādū ſp dať ei,q ciuitatis gerit ſacerdotiū,Itē lacedemōe e qbuſdā parieti/ bus ēt picturæ excīſæ īterſectis lateribꝰ īcluſæ ſūt ī ligneis formis, & ī comiti um ad ornatū ædilitatis varrōis & murenæ fuerūt allatæ, Crœſi domus quā ſardiāi ciuibꝰ ad reqeſcēdū ætatis ocio ſeniorū collegio geruſiā dedicauerūt, Itē alicarnaſſi potētiſſimi regis Mauſoli domus cū prœconeſſio marmore

C ii

Abb. 1–3: Diese Seiten entstammen der Vitruv-Ausgabe von 1511, die von Giovanni Giocondo in Venedig herausgegeben wurde, und zeigen unterschiedliche Mauerwerksverbände – *structurae*.

Fabrikation in der Architektur zu forschen und dabei die Praxis des Mauerns reaktiviert. Prominent angewendet wurde dieses robotergestützte Mauern unter anderem in dem Bau der Wände des Weinguts Gantenbein in Fläsch (Schweiz) 2006 (Abb. 4), der Installation *Structural Oscillations* auf der 11. Architektur Biennale Venedig 2008 (Abb. 5) und schließlich in dem Projekt *Flight Assembled Architecture* von 2011 – der wohl zur Zeit innovativsten Version eines Mauerns (Abb. 6, 7).[2] In Zusammenarbeit mit dem System- und Roboterspezialisten Raffaello D'Andrea ließ das Architekturbüro das Architekturmodell einer Turmstadt bauen, in der die einzelnen Modell-Bauelemente mithilfe von Flugrobotern aufeinandergesetzt werden.
Ein genauerer Blick auf das Mauern scheint also mehr als angebracht und zieht folgende zwei Fragen nach sich: 1) Welches Wissen – welche *Wissensbereiche, -formen* und *-formate* lassen sich beim Mauern unterscheiden, charakterisieren und benennen? 2) Wie ist dieses Wissen strukturiert, wie lässt sich die Struktur des architektonischen Wissens beschreiben?

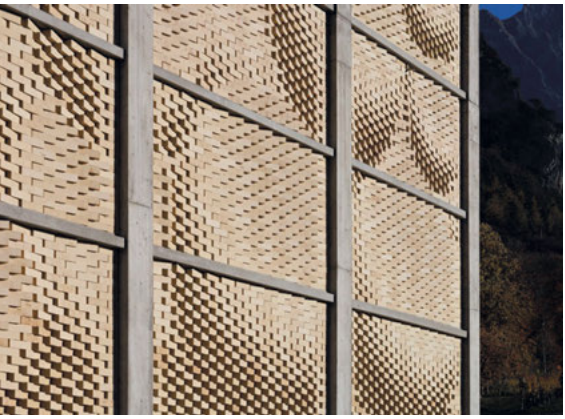


Abb. 4: Mit Robotertechnologie hergestellte Außenwand des Weinguts Gantenbein, 2006.

Abb. 5: Wandaufbau durch einen Roboter für die Installation *Structural Oscillations* in Venedig, 2008.

2 Weitere Informationen in Gramazio/Kohler/D'Andrea 2013.

Abb. 6, 7: *Flight Assembled Architecture*, 2011.

Flight Assembled Architecture

Flight Assembled Architecture ist ein Architekturmodell im Maßstab 1:100 für das Projekt einer vertikalen Stadt. In der Region Meuse (Frankreich) hat das Architekturbüro Gramazio & Kohler eine Stadt für über 30.000 Einwohner geplant, die nicht klassisch horizontal organisiert ist, sondern vertikal in Form eines 600 m hohen Turmes. Im FRAC Centre in Orléans (Frankreich) entstand 2011 aus über 1.500 Styropor-Elementen der sukzessive Aufbau des 6 m hohen Modells mithilfe von insgesamt vier Flugrobotern (Quatrocopter). Die vier Flugroboter fliegen gleichzeitig zu einer Stelle, an der sie die bereitgestellten Styroporblöcke aufnehmen. Nachdem die Flugroboter die exakten Koordinaten zum Absetzen der Blöcke durch eine Software, der ein digitaler Plan zugrunde liegt, erhalten haben, fliegen sie an diese Stelle und setzen den Block ab. An der Unterseite der Blöcke befindet sich ein spezieller Kleber, der die Blöcke miteinander fixiert. Die Flugroboter fliegen dabei autonom und werden durch eine Software gesteuert, die auf Basis der Daten der anderen Flugbewegungen und des aktuellen Baustands die einzelnen Flugbahnen errechnen und koordinieren.

Was dieses Modell interessant macht, ist, dass es nicht darauf abzielt, das Endprodukt – die Turmstadt – zu simulieren, sondern den *Bauprozess*. Die architektonische Praxis und Gestaltungstechnik, die diesem Prozessmodell unterliegt, ist die des *Mauerns*: Einzelne Elemente werden nach einem bestimmten System neben- und übereinander so angeordnet, dass sie eine raumdefinierende Mauer bilden. In *Flight Assembled Architecture* wird somit simuliert, wie die basale architektonische Praxis des Mauerns bei heutigem Wissensstand in einem städtebaulichen Maßstab durchgeführt werden könnte.
Die Frage ist nun, welches Wissen benötigt wird, um einen solchen Mauerprozess durchzuführen. Welche Entscheidungen müssen gefällt werden, welches Wissen wird dafür benötigt und woher kommt es? – Kurz: Welches Wissen steckt hinter den Entscheidungen des Architekturteams und wie ist es strukturiert?

Wissensbereiche des architektonischen Strukturwissens

Mit einem konkreten Blick auf die Installation werden im Folgenden vier Wissensbereiche unterschieden und benannt, welche die Grundlage für die einzelnen Entwurfs- und Realisierungsentscheidungen des Architekturteams bilden. Innerhalb dieser Wissensbereiche muss das Architekturteam Entscheidungen fällen mit dem Ziel, den beabsichtigten Zweck der architektonischen Installation zu realisieren. Diese vier Wissensbereiche benenne ich mit den Begriffen *Material*, *Technik*, *Raum* und *Kultur*.

1) Das Architekturteam muss sich für ein *Material* entscheiden, mit dem gemauert werden soll. Dieses Material muss vielen – widerstreitenden – Kriterien genügen: Es muss einerseits leicht formbar sein, denn es soll in eine immer gleiche Blockform gebracht werden und andererseits als Blockform formstabil sein. Außerdem muss es leicht sein, damit es von den Flugrobotern transportiert werden kann. Das Material sollte zudem kostengünstig sein, aber auch umweltverträglich. Es sollte schnell zu produzieren, aber auch nachhaltig sein. Diese Liste ließe sich beliebig weiterführen. Alle diese Entscheidungen benötigen als Grundlage ein umfassendes *Materialwissen*.

2) Das Architekturteam muss sich für eine *Technik* entscheiden, mit der gemauert werden soll. Dazu gehört nicht nur die Entscheidung, das Mauern mithilfe von Flugrobotern durchzuführen, sondern auch die Entscheidung, in welcher Reihenfolge und in welchem Winkel zueinander die einzelnen Blöcke aufeinandergestapelt werden, wie die einzelnen Elemente untereinander verbunden werden, wie die Blöcke durch die Flugroboter festgehalten und mit welcher Software sie gesteuert werden. Für diese Entscheidungen benötigt das Architekturteam ein *Technikwissen*.

3) Das Architekturteam muss sich für einen *Raum* entscheiden, in dem gemauert werden soll. Wie muss der Raum beschaffen sein, dass er die Bereitstellung der Mauerelemente, die Flugbewegungen der Flugroboter und das Produkt – die Mauer – ermöglicht? Das Architekturteam

benötigt ein Wissen darüber, wie sich Material- und Technikentscheidungen im Medium des Raumes konkretisieren lassen und welche Auswirkungen sie wiederum auf den Raum haben, wie sie ihn gestalten. Dabei geht es nicht allein um physische Eingriffe und deren physische Auswirkungen, sondern auch um die damit verbundene veränderte Raumwahrnehmung. Dafür ist ein umfassendes *Raumwissen* notwendig.

4) Das Architekturteam muss sich für eine *Kultur* entscheiden, in der gemauert werden soll. Die von ihnen getroffenen Material-, Technik- und Raumentscheidungen müssen jenseits ihrer Zweckerfüllung Sinn machen. Die Technikentscheidung, mithilfe von Flugrobotern zu mauern, macht zum Beispiel in einem hochtechnologisch industrialisierten Umfeld Sinn, aber nicht in einem Kontext ohne diese technischen Möglichkeiten. Dieser kulturspezifische Blick richtet sich außerdem auf den Zweck selbst und hinterfragt ihn kritisch. Der Zweck – hier der Bau einer Turmstadt – macht nur in einem kulturellen Kontext Sinn, in dem die Bodenpreise hoch sind, eine starke Bevölkerungsdichte herrscht und genügend Menschen bereit sind, in einer solchen Turmstadt zu wohnen oder zu arbeiten. Die Entscheidungen benötigen ein breites Vergleichswissen, welches als die Funktion des modernen *Kulturwissen* zu verstehen ist.[3]

In der Unterscheidung der beiden ersten Wissensbereiche – dem Materialwissen und dem Technikwissen – scheint die Unterscheidung zwischen *knowing-that* und *knowing-how* von Gilbert Ryle auf. Der britische Philosoph hatte 1949 in seinem Buch *The Concept of Mind* diese beiden Wissenskategorien eingeführt, um zwischen dem klassischen Tatsachenwissen – dem *knowing-that* – und einem Technik- und Handlungswissen – dem *knowing-how* – zu unterscheiden.[4] In einer Weiterführung dieser Unterscheidungs- und Bezeichnungslogik soll hier das mediale Raumwissen entsprechend als ein *knowing-where* und das vergleichende Kulturwissen als ein *knowing-different* bezeichnet werden:

Material	**Materialwissen**	**Knowing That**
Technik	**Technikwissen**	**Knowing How**
Raum	**Raumwissen**	**Knowing Where**
Kultur	**Kulturwissen**	**Knowing Different**

3 Siehe Baecker 2003.

4 Siehe Ryle 1949.

Wissensformen und -formate des architektonischen Strukturwissens

Architektonisches Strukturieren lässt sich als ein komplexer Entscheidungsprozess beschreiben, der auf vier unterschiedliche Wissensbereiche zurückgreifen muss, damit er Sinn macht. Dabei sind Material, Technik, Raum und Kultur keine originär architektonischen Wissensbereiche in dem Sinne, dass ihr Wissen von der Architektur generiert wird. Vielmehr werden Material-, Technik-, Raum- und Kulturwissen von anderen Akteuren hervorgebracht: den Wissenschaften, dem Handwerk und der Kunst. Entsprechend findet sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Wissensformen: wissenschaftliche Wissensformen der Natur- und Geisteswissenschaften, handwerklich-technische Wissensformen und künstlerische Wissensformen. Eine eindeutige Zuordnung einer Wissensform zu einem Wissensbereich gibt es dabei nicht. Vielmehr ist jeder Wissensbereich selbst inhomogen und beinhaltet unterschiedliche Wissensformen: Das Materialwissen wird zu einem beträchtlichen Teil von naturwissenschaftlichen Disziplinen wie der Physik, Chemie, aber auch der Biologie gespeist.[5] Aber auch das handwerkliche Wissen über Materialien findet sich in diesem Wissensbereich. Ebenso lassen sich im Technikwissen sowohl wissenschaftliches Wissen aus den Ingenieur- und Planungswissenschaften und der Informatik sowie das Wissen aus der handwerklichen Praxis ausmachen.[6] Ein Raumwissen findet sich vor allem bei den Geowissenschaften, der Raumsoziologie aber auch bei raumbezogenen künstlerischen Praxen. Das Kulturwissen wird wiederum hauptsächlich von geisteswissenschaftlichen Disziplinen wie der Kulturwissenschaft und den Geschichtswissenschaften, aber auch durch die Sozialwissenschaften gespeist.

Zu diesen unterschiedlichen Wissensformen treten zusätzlich zwei verschiedene Wissensformate: explizite und implizite Wissensformate. Diese stehen quer zu den oben genannten Wissensformen, das heißt, in jeder Wissensform findet sich sowohl explizites als auch implizites Wissen. Das Verhältnis differiert nach Wissensform, sodass zum Beispiel in den wissenschaftlichen Wissensformen eher explizites Wissen anzutreffen ist, während handwerkliches Materialwissen zu einem großen Teil aus einem impliziten Wissen besteht.

Fasst man die obigen Überlegungen zu den Wissensbereichen, -formen und -formaten zusammen, so kann das architektonische Strukturwissen als ein *synthetisches Wissen* aus unterschiedlichen *Wissensbereichen* (Material, Technik, Raum, Kultur), *Wissensformen* (wissenschaftlich, handwerklich, künstlerisch) und *Wissensformaten* (explizit, implizit) definiert werden.[7]

5 Die Fächer kulminieren zusammen in der interdisziplinären Materialwissenschaft.

6 Bezeichnenderweise firmieren Ingenieur- und Planungswissenschaften mit der Informatik in den letzten Jahren unter dem Label der Technikwissenschaften.

7 Architektonisches Strukturwissen lässt sich damit nicht nur als komplex, sondern geradezu als enzyklopädisch bezeichnen. Genau darin liegen auch seine besondere Eigenart und Unterschiedlichkeit zum Strukturwissen anderer Disziplinen.

Wissensstruktur des architektonischen Strukturwissens

Nachdem nun vier Wissensbereiche, drei Wissensformen und zwei Wissensformate analytisch unterschieden, inhaltlich charakterisiert und terminologisch benannt worden sind, welche die Wissensgrundlage für die architektonische Praxis des Mauerns und damit die des architektonischen Strukturierens bilden, stellt sich die Frage nach der spezifischen Struktur dieses Strukturwissens. Die Herausforderung besteht im Umfang und der Heterogenität des Wissens, auf das zurückgegriffen werden muss. Eine erste Operationalisierung dieser großen Wissensbereiche für die Architektur geschieht durch die sogenannten Fachdisziplinen. Sie sind es, die die großen Wissensbereiche nach architekturrelevantem Wissen durchsuchen, es sammeln, weiterentwickeln und den Architektinnen und Architekten zur Verfügung stellen. Diese Fachdisziplinen – zum Beispiel die Bauphysik im Bereich des Materialwissens, die Baukonstruktion im Bereich des Technikwissens, die Stadtsoziologie im Bereich des Raumwissens und die Baugeschichte im Bereich des Kulturwissens – sind jedoch heute schon wieder so groß und komplex geworden, dass sie hier weder die Entscheidungen signifikant erleichtern würden, noch können sie das Problem der Heterogenität lösen. Wenn das Strukturwissen ein synthetisches Wissen ist, dann stellt sich die Frage nach der Wissensstruktur des architektonischen Strukturwissens als diejenige, wie diese Synthetisierung genau abläuft. Konkret ergibt sich die Frage, in welchem Verhältnis bezüglich 1) Wertigkeit, 2) Zeitlichkeit und 3) Präsenz die einzelnen Wissensbereiche zueinander stehen: 1) Gibt es wichtige und weniger wichtige Wissensbereiche? 2) Müssen die Wissensbereiche in einer besonderen Reihenfolge in den Entwurfs- oder Realisierungsprozess eingebracht werden? 3) Kann auf einen Wissensbereich verzichtet werden?

Dazu soll noch einmal der Blick auf die konkreten Entscheidungen des Architektenteams gelenkt und nach den zugrundeliegenden Auswahlkriterien gefragt werden. Wonach muss sich beispielsweise die Materialentscheidung richten? Der Hinweis auf den Zweck ist an dieser Stelle natürlich einleuchtend und durchaus zutreffend, aber nicht ausreichend. Denn in der Architektur gibt es meist mehrere Möglichkeiten, um einen Zweck zu ermöglichen. Nach welchen Kriterien wird beispielsweise zwischen zwei gleichwertig erscheinenden Materialien entschieden? Hier ist der Kontext entscheidend, der aus allen schon gefällten und noch zu fällenden möglichen Entscheidungen aus den anderen Wissensbereichen besteht. Da jede Entscheidung auch andere ausschließt, muss das Architekturteam ins Kalkül ziehen, was damit in Zukunft ausgeschlossen wird. Eine Materialwahl muss nicht allein vor dem Hintergrund anderer möglicher Materialien getroffen werden, sondern auch immer zugleich vor dem Hintergrund vergangener und zukünftiger Technik-, Raum- und Kulturentscheidungen. Jede Änderung erfordert ein Überprüfen aller mit dieser Umentscheidung zusammenhängenden Entscheidungen. Denn Material-, Technik-, Raum- und Kulturentscheidungen hängen alle miteinander zusammen, sind aber nicht beliebig koppelbar. Nicht alle Materialien lassen sich für eine bestimmte Technik verwenden. Die Technikentscheidung, mit Flugrobotern zu bauen, bedeutet deshalb eine Einschränkung in der Materialwahl, denn es darf nur so schwer sein, dass die Flugroboter das Material noch transportieren können.

Dieser rekursive Verknüpfungsprozess von Entscheidungen aus unterschiedlichen Wissensbereichen kennzeichnet den Synthetisierungsprozess des architektonischen Strukturwissens. Es wird gebildet durch das Netz in seiner dynamischen und offenen Gesamtheit. Dadurch wird auch deutlich, dass die einzelnen Wissensbereiche keine Hierarchie ausbilden. Vielmehr lässt sich in Anlehnung an aktuelle Modellierungstechniken in der Architektur die spezifische Struktur des architektonischen Strukturwissens als *parametrisch* bezeichnen. Beim parametrischen Modellieren werden Systeme durch die sie generierenden Parameter beschrieben, die als Variablen gespeichert und denen dann Werte zugewiesen werden können. Eine geometrische Form – zum Beispiel ein Kubus – wird nicht mehr durch seine exakte Geometrie, sondern über dessen generierende Parameter (Höhe, Breite, Länge) und die damit verknüpften Zahlenvariablen beschrieben. Bei Änderung eines Parameters werden aufgrund der bei der Modellerstellung formulierten Bezüge die übrigen Maße vom Rechner angepasst und nachgeführt. Hierbei würden die vier Wissensbereiche Material, Technik, Raum und Kultur den vier Parametern eines architektonischen Strukturwissens entsprechen, und jede Entscheidung wäre als ein Wert zu betrachten, der vom Architekturteam diesem Parameter zugewiesen wird.[8] Zusammen ergibt sich damit für das architektonische Strukturwissen eine parametrisch vernetzte Wissensstruktur aus zweckgerichteten, raumbasierenden und differenzsensiblen Entscheidungen über Materialien und Techniken.

Die Wissensmodellierung des architektonischen Strukturwissens, wie sie hier entwickelt worden ist, basiert einerseits auf einer begriffsgeschichtlichen Beobachtung (dass der Strukturbegriff auf das lateinische *structura* zurückgeht, welches die Bezeichnung für den Mauerwerksverband war) und andererseits der Beobachtung eines aktuellen Beispiel aus der Architekturpraxis (*Flight Assembled Architecture*).[9] Ausgehend von diesen Beobachtungen werden im Folgenden drei architekturwissenschaftliche Forschungsfelder skizziert, die vom Prozess des Mauerns und dessen Interpretation als eines Strukturierungsprozesses aus jeweils einen besonderen Fokus auf 1) die Architektur, 2) das Material und 3) den Strukturbegriff legen.

8 Der Parameter *Raumwissen* stellt dabei sicher, dass die Material- und Technikentscheidungen im Medium des Raumes eine Strukturierung bewirken. Damit unterscheidet sich Architektur beispielsweise von zeitlichen Strukturierungen der Musik, die gleichwohl ebenfalls durch Material- und Technikentscheidungen konstruiert werden. Der Parameter *Kulturwissen* verhindert, dass sich eine stabile Konstellation festsetzt, denn es könnte ja immer auch anders sein, anders gedacht werden oder anders entworfen werden: Er hält damit das System Strukturwissen am Laufen und stellt sicher, dass es nicht stehen bleibt.

9 An dieser Stelle sei angemerkt, dass dieses Wissensmodell des architektonischen Strukturierens – welches anhand einer hochtechnologischen Variante des Mauerns gewonnen wurde – auch für handwerkliche Verfahren des Mauerns – wie sie beispielsweise Vitruv über 2.000 Jahre früher beschrieben hat – zutrifft.

Die architekturwissenschaftliche Perspektive: *mauern* als Grundoperation der architektonischen Gestaltung

Eine architekturwissenschaftliche Perspektive auf das Mauern wird eröffnet, indem nach dessen grundlegender Funktion gefragt wird. Welche Funktion hat das Mauern in der Architektur jenseits eines konkreten Zweckes? In einem abstrahierenden Sinne lässt sich das Mauern als eine Operation der Grenzziehung und der Abschirmung im Medium der Räumlichkeit verstehen. Dieses Abschirmen lässt sich als eine Operation des Schließens und Öffnens beschreiben, mit der ein Innen von einem Außen abgegrenzt wird, wobei Innen und Außen immer noch wechselseitig erreichbar bleiben. Damit wird die Operation des Schließens und Öffnens im Medium der Räumlichkeit zur grundlegenden architektonischen Operation. Die Abschirmung als Produkt dieser grenzziehenden Operation ist dann das basale Element der Architektur.[10] Mit dem Prozess des Mauerns – also dem architektonischen Strukturieren – wird also nicht ein beliebiges, sondern das basale Element der Architektur generiert, welches dann selbst als Element dient, um Architektur zu formen – denn aus dem spezifischen Anordnen von Abschirmungen wird das architektonische Objekt konkretisiert. Es lässt sich hier also ein hierarchisches Stufenverhältnis erkennen: Wie Steine und Ziegel die Elemente der Mauer bilden, so bilden Mauern die Elemente der Architektur. Und so wie die Mauer über einen Strukturierungsprozess konkretisiert wird, so lässt sich die Konkretisierung der Architektur über einen analogen Strukturierungsprozess beschreiben. Denn für die Anordnung der einzelnen Mauern zu einem Bauwerk werden ebenso Material-, Technik-, Raum- und Kulturwissen benötigt. In der Technik des Mauerns lässt sich damit nicht nur das architektonische Strukturwissen beobachten, sondern vielmehr auch das architektonische Gestaltungswissen.

Die materialwissenschaftliche Perspektive: *mauern* im Material

Für eine materialwissenschaftliche Perspektivierung muss die Blickrichtung von der Mauer auf das Material der Mauerelemente selbst gerichtet werden – es muss in das Material gezoomt werden. Die aktuelle Biomaterial-Forschung mit ihren Möglichkeiten, bis in die Nanoebene von Materialien vorzudringen, hat gezeigt, dass diese nicht homogen aus einer einzigen Materialstruktur bestehen, sondern aus unterschiedlichen hierarchischen Strukturebenen. Je nach Größenmaßstab, je nachdem, wie tief in das Material gezoomt wird, zeigen sich unterschiedliche Strukturen. Diese hierarchischen Strukturebenen sind es, welche die Materialien so besonders potent machen und ermöglichen, dass sie unterschiedlichste Eigenschaften ausbilden. Dies wird in der Materialwissenschaft produktiv – gestaltend – genutzt: Für die Produktion von

10 Siehe dazu Dirk Baecker: »Sobald es um eine Abschirmung geht, die Innen und Außen trennt, geht es um Architektur, was auch immer diese Architektur bezwecken, welches Material auch immer verwendet sein und wie auch immer sie aussehen mag.« Baecker 1990, 90.

Werkstoffen mit neuen Eigenschaften werden nicht mehr unterschiedliche Materialien kombiniert. Stattdessen werden die Strukturen in einem Material verändert. Die Materialwissenschaft beginnt auf Mikro- und Nanoebene Doppel-T-Träger, Röhren und Sandwichelemente zu produzieren, wie es im Makrobereich der Architektur getan wird. Der Begriff der »Architectured Materials«,[11] der in die materialwissenschaftliche Diskussion eingeführt wurde, bringt sehr genau den Paradigmenwechsel zum Ausdruck. Damit wird das architektonische Strukturwissen zu einem notwendigen Wissen der Materialwissenschaft und die Architektur zu einem neuen Mitspieler im interdisziplinären Team der Materialwissenschaft.

Die strukturwissenschaftliche Perspektive: *mauern* als Ausgangspunkt einer transdisziplinären Strukturengeschichte

Mit einem solchermaßen architektonisch charakterisierten Strukturbegriff als Ausgangspunkt könnte auf die weitere Geschichte des Strukturbegriffs zurückgeblickt und genauer gekennzeichnet werden, welche Transformationen wann stattfanden und welche disziplinären Aneignungen dafür verantwortlich sind. Grundlage hierfür wäre eine vertiefende historische Analyse des architektonischen Strukturierungsprozesses: Wie wurde er historisch beschrieben, wie lässt er sich heute beschreiben, wie wurde er damals und heute abgebildet? Daran anschließend ließen sich diese Beschreibungen und Darstellungen des architektonischen Strukturierens in ein Verhältnis setzten zu Beschreibungen und Abbildungen von Strukturierungsprozessen anderer Disziplinen – zum Beispiel in der Ethnologie, Linguistik, Soziologie, Physik und Biologie. Im Zusammenspiel eines geisteswissenschaftlich-hermeneutischen Strukturalismus und einer naturwissenschaftlich-analytischen Strukturforschung mit dem gestalterisch-synthetischen Strukturwissen der Architektur ließe sich so eine transdisziplinäre Strukturengeschichte entwerfen.

11 Bouaziz/Bréchet/Embury 2008.

Literatur

Baecker, Dirk (1990): ***Die Dekonstruktion der Schachtel – Innen und Außen in der Architektur***. In: Luhmann, Niklas / Bunsen, Frederick D. / Baecker, Dirk: Unbeobachtbare Welt. Über Kunst und Architektur. Bielefeld: Haux, S. 67–104.

Baecker, Dirk (2003): ***Wozu Kultur?*** 3. Aufl. Berlin: Kadmos.

Bouaziz, O. / Bréchet, Y. / Embury, J. D. (2008): ***Heterogeneous and Architectured Materials: A Possible Strategy for Design of Structural Materials***. In: Advanced Engineering Materials, vol. 10, no. 1/2, pp. 24–36. Online: *http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adem.200700289/epdf* (last access: 5 May 2015).

Fensterbusch, Curt (Hg.) (1996): ***Vitruvii De architectura libri decem – Zehn Bücher über Architektur***. 5. Aufl. Darmstadt: Primus.

Gramazio, Fabio / Kohler, Matthias / D'Andrea, Raffaello (2013): ***Flight Assembled Architecture***. Orléans: Editions Hyx. Video der Installation online unter: *http://vimeo.com/32962555* (zuletzt aufgerufen: 24. Mai 2015).

Ryle, Gilbert (1949): ***The Concept of Mind***. London / New York: Hutchinson's University Library.

michael.duerfeld@hu-berlin.de
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Basisprojekt: **Historische Strukturuntersuchungen im Labor**
Disziplin: **Architektur**

Michael Dürfeld hat Architektur und Stadtplanung in Hamburg und Berlin studiert und am Fachbereich Architekturtheorie der Technischen Universität Berlin mit der Arbeit *Das Ornamentale und die architektonische Form. Systemtheoretische Irritationen* promoviert. Seit 2012 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Exzellenzcluster *Bild Wissen Gestaltung*. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Interferenz von Architekturtheorie, Kunsttheorie und Systemtheorie.