Cornelie Leopold *Hrsg.*

Über Form und Struktur – Geometrie in Gestaltungsprozessen

Springer Vieweg

Über Form und Struktur – Geometrie in Gestaltungsprozessen

Cornelie Leopold
Herausgeber

Über Form und Struktur – Geometrie in Gestaltungsprozessen

Springer Vieweg

Herausgeber

Cornelie Leopold
Fachbereich Architektur
TU Kaiserslautern
Kaiserslautern, Deutschland

ISBN 978-3-658-05085-6 ISBN 978-3-658-05086-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-05086-3

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Vieweg
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Redaktion und Lektorat: Cornelie Leopold
Satz: Silke Wienands

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Das Buch setzt sich mit Formen und Strukturen als Grundlagen für Gestaltungsprozesse in verschiedenen Disziplinen auseinander. Die Autorinnen und Autoren gehen der Frage nach, welche Rolle die Geometrie dabei spielt. Traditionell kommt der Geometrie die Aufgabe zu, Formen erfassbar, darstellbar und umsetzbar zu machen, deren Erzeugungsregeln zu untersuchen. Die aktuellen Entwicklungen zeigen die Verwendung immer komplexerer, unregelmäßigerer und scheinbar „ungeometrischer“ Formen. Neben geometrischen und topologischen Betrachtungen werden auch systemtheoretische Überlegungen sowie Prozesse der Morphogenese den Gestaltungen zugrunde gelegt. Die Beiträge in diesem Buch thematisieren Bezüge zwischen Form, Struktur und Materialität und wenden sich damit gegen aktuelle Tendenzen einer Beliebigkeit der Gestaltung. Ingenieurwissenschaftliche und künstlerisch-ästhetische Gestaltungsansätze finden zueinander. Die Bedeutung mathematisch-strukturellen und geometrischen Denkens in diesen komplexen Zusammenhängen werden sowohl in historischem Kontext beleuchtet als auch in künstlerischen, handwerklichen und computerbasierten Arbeitsprozessen in realisierten Beispielen aus der Praxis und der Lehre, insbesondere in Architektur und Produktdesign, aufgezeigt.

Im März 2013 fand die 9. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Geometrie und Grafik (DGfGG) als Jubiläumstagung zum 10jährigen Bestehen der Gesellschaft im Fachbereich Architektur der Technischen Universität Kaiserslautern statt. Die Beiträge dieses Buches sind im Zusammenhang dieser Tagung entstanden.

Die Autorinnen und Autoren wurden mit folgenden Fragen, die das Thema umreißen, in einem „Call for Papers“ gewonnen und ausgewählt:

- In welchem Zusammenhang stehen die aktuellen Entwicklungen in der Gestaltung mit der klassischen geometrischen Formensprache?
- Welche Rolle kommt der Geometrie heute in Darstellung und Gestaltungsvorgängen zu?
- Welche Bedeutung haben Strukturen und ihre Notationen für die Entwicklung von Gestaltungsansätzen?
- In welchem Verhältnis steht die geometrische Form zu ihrer Materialität?
- Wie hat sich das Zusammenspiel von Form und Materialisierung durch die virtuellen Möglichkeiten digitaler Werkzeuge verändert?
- Wird die Form zwangsläufig in Wechselwirkung mit der Festlegung der Funktionen bestimmt oder ermöglichen die sich rasant weiterentwickelnden digitalen Werkzeuge und Technologien sowie der Einsatz neuer Materialien eine Überordnung der ästhetisch-geometrisch geprägten Form?
- Welche Kriterien und welche geometrischen Prinzipien spielen heute bei der praktischen Formentwicklung eine Rolle?
- Welche Anforderungen ergeben sich hieraus für die Geometrieausbildung?

Von den formulierten Fragen haben sich viele angesprochen gefühlt, sowohl Leute aus der Praxis als auch aus theoretischen Zusammenhängen. Daraus ist ein besonderes Buch entstanden, das die Thematik in theoretischer Durchdringung und praktisch gestalterischer Umsetzung verbindet.

Nach einer Einführung in das Thema durch die Herausgeberin erfolgt ein theoretisch-historischer Einstieg zum strukturellen Denken um dann direkt den Gestaltern das Wort zu geben. Sowohl ingenieurwissenschaftliche, computerbasierte, theoretisch-analytische als auch künstlerische Ansätze werden verfolgt. Geometrische Überlegungen bilden die Basis. Die Beiträge des Buches verdeutlichen, dass der Geometrie, insbesondere der räumlichen Geometrie und mathematisch-methodischen Ansätzen in den aktuellen Gestaltungsprozessen große Bedeutung zukommt.

Der abschließende Diskurs über die Rolle der Geometrie für die Gestaltung reflektiert die unterschiedlichen Sichtweisen und lässt die Autorinnen und Autoren in einem lebendigen Dialog über das Thema erleben, in dem die verschiedenen Positionen in Bezug zu einander treten.[1]

Kaiserslautern, März 2014

Cornelie Leopold

1 Die Autorinnen und Autoren haben sich bemüht, alle Inhaber von Urheberrechten ausfindig zu machen. Sollten dabei Fehler unterlaufen sein, werden wir dies bei entsprechender Benachrichtigung gerne berichtigen.

Inhalt

1 Cornelie Leopold
Über Form und Struktur. Geometrie in Gestaltungsprozessen

13 Georg Vrachliotis
Strukturelles Denken als Werkzeug und Weltbild

21 Uta Graff
Struktur und Erscheinung. Transformation als Gestaltungsprinzip

33 Achim Menges
Integration aus Form, Material und Struktur: Computerbasierte Morphogenese in der Architektur

51 Oliver Niewiadomski
Stealth Design - Gestalt und Ästhetik polyedrischer Formgebung

69 Markus Holzbach
MaterialDenken - Materialität und (ihre) Gestaltung

85 Gabi Schillig
Dialogische Räume :: Spaces of Communication

99 Hermann Edel
Geometrische Lichtprojektionen auf einen Fadenzylinder - Baravalle-Kino

105 Gunter Weiss
Kunst : Geometrie : Mathematik - drei spannungsreiche Verhältnisse

117 Ueli Wittorf
Die Platonischen und Archimedischen Körper aus dem Tetraeder entwickelt

137 Tadeusz E. Dorozinski
Hyperbolisches Paraboloid und infinite Polyeder

145 Milena Stavric, Albert Wiltsche
Rückkehr zur Geometrie in der Zeit des digitalen Architekturentwurfes

157 Daniel Lordick
Biologische Strukturen als Inspirationsquelle für parametrische Modellierung

175 Ragunath Vasudevan, Kai Otto
Architektura - Struktura. Formfindung und technische Umsetzung einer Decke für einen unterirdischen Museumsbau

187 Manuela Irlwek, Achim Menges
Vergleich und Erweiterung von Horst Rittels Design Methodologie in parametrischen Entwurfsprozessen

207 Gert Bär
Kollisionsfreies Schleifen einer Schraubfläche mit einem Drehkegel

217 Luc Merx, Holmer Schleyerbach, Uli Herres
Profile: Handwerk und Geometrie

229 Norbert Palz, Sven Kuhrau
Analyse historischer Gewölbekonstruktionen und ihre zeitgenössischen Ableitungen als Instrument digitaler Geometriedidaktik

237 Ekkehard Drach
Das prekäre Verhältnis von Anschaulichkeit und Abstraktion in den Raumkonzeptionen der frühen Neuzeit

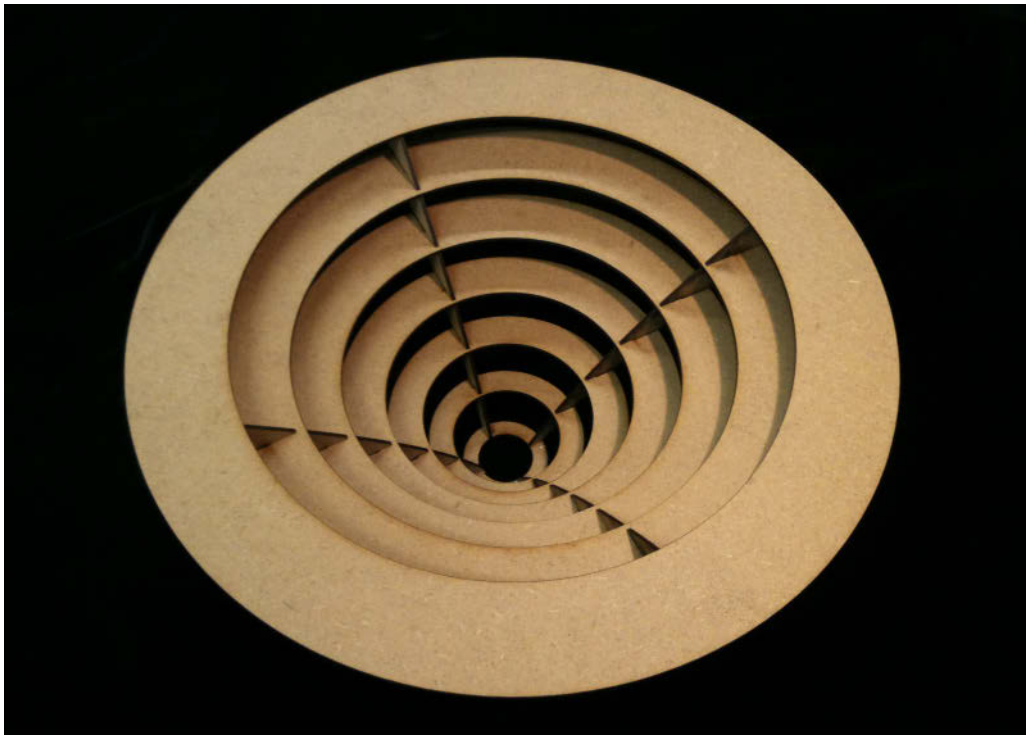
255 Josef Baulig
Die Casa Bernasconi in Balerna - Geometria und Proportio in der Tessiner Gegenwartsarchitektur

265 Norbert Reimann
Denkmal für die ermordeten Juden Europas - Bau-Mangelstudie zum Holocaust-Denkmal in Berlin. Annährungsversuch eines Bausachverständigen

281 Wolfgang Brune
Form als Spiegel der Erkenntnisstruktur

293 Autorinnen und Autoren im Diskurs
Rolle der Geometrie für die Gestaltung

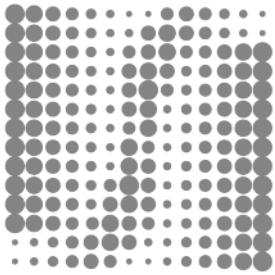
309 Autorinnen und Autoren



Modell eines parametrisch erzeugten Rotationsobjekts aus der Evolute einer Parabel. Studentische Arbeit von Hanno Katschinski, 2013. Foto: Theresa Voigt.

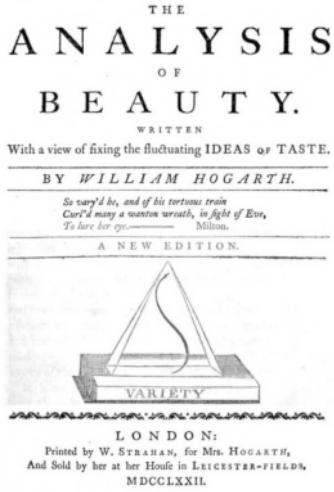
Über Form und Struktur
Geometrie in Gestaltungsprozessen

Formen und Strukturen sind grundlegende Bezüge für jegliche Gestaltung. Wenn wir über Form und Struktur nachdenken, befassen wir uns mit dem Fundament der Gestaltungsdisziplinen und stellen Zusammenhänge zwischen Form und Struktur her, indem aus einer strukturierten Anordnung von Elementen ein Ganzes wird, das dann eine Form besitzt.



Für die Tagung der Deutschen Gesellschaft für Geometrie und Grafik im März 2013 im Fachbereich Architektur der Technischen Universität Kaiserslautern hatten wir ein Logo entworfen, in dem aus Punktstrukturen ein „f“ für Form oder „S“ für Struktur ablesbar wird. Gleichzeitig kann es anspielen auf die Wellenlinie bei William Hogarth in „The Analysis of Beauty“[1] von 1753, der die Schönheit an der Form selbst festmacht.

Bild 1: Logo der DGfGG-Tagung 2013. Entwurf: Julia Visevic.



THE
ANALYSIS
OF
BEAUTY.
WRITTEN
With a view of fixing the fluctuating IDEAS OF TASTE.
BY WILLIAM HOGARTH.
So vary'd he, and of his tortuous train
Curl'd many a wanton wreath, in sight of Eve,
To lure her eye.——— Milton.
A NEW EDITION.
VARIETY
LONDON:
Printed by W. STRAHAN, for Mrs. HOGARTH,
And Sold by her at her House in LEICESTER-FIELDS.
MDCCLXXII.

Hogarth führt aus, dass die Wellenlinie die angenehmste Form für das Auge darstelle. Es stellt sich allerdings die Frage, ob Ästhetik direkt an der Form festgemacht werden kann oder diese Form erst im Zusammenhang von Kompositionen in Gestaltungsrelationen ästhetisch beurteilbar wird. Nach Max Bense wird die Hogarthsche Wellenlinie erst zum ästhetischen Element, indem sie als kompositionelles Element in einem Kunstwerk auftritt:

„Das ästhetische Element kann nie auf geometrische oder arithmetische Elemente reduziert werden.“[2]

Bild 2: Titelblatt William Hogarth: *The Analysis of Beauty*. London 1753.

1 William Hogarth: *The Analysis of Beauty*. London 1753. Deutsche Ausgabe: *Analyse der Schönheit.* Hamburg: Philo Fine Arts 2008.

2 Max Bense: *Aesthetica. Einführung in die neue Aesthetik*. Baden-Baden: Agis Verlag 1965. 2. erweiterte Ausgabe 1982, 43.

C. Leopold (Hrsg.), *Über Form und Struktur – Geometrie in Gestaltungsprozessen*,
DOI 10.1007/978-3-658-05086-3_1, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Formen und Strukturen können also nicht isoliert betrachtet werden sondern als Gestaltungsrelationen in ihren Bezügen zur Materialität, zu den Funktionen, den Werkzeugen, etc. Wenn wir Formen und Strukturen in ihren Gestaltungsrelationen betrachten möchten, geht es darum, diese zu erfassen und daraus Gestaltungsprozesse abzuleiten. Es stellt sich die Frage: Können die Gestaltungsprozesse auf nachvollziehbare rationale Methoden gegründet werden und die strukturellen Denkweisen der Mathematik und Geometrie als Grundlagen für die Gestaltung nutzbar gemacht werden?

Das Zitat des französischen Mathematikers, Elektrotechnikers und Entwicklers der Kybernetik Abraham A. Moles drückt die Rolle der Formen und Strukturen für die Wissenschaft insgesamt aus:

„Um die Welt zu fassen, müssen wir sie erfassen. Um sie zu erfassen, müssen wir sie zunächst strukturieren. Es gibt indessen nicht Strukturen an sich, sondern nur wahrgenommene Strukturen. Die Wissenschaft als wesentliche Form des Weltverständnisses liefert uns zugleich Maße und Formen für diese Strukturierung."[3]

Moles hatte gemeinsam mit Max Bense an der Hochschule für Gestaltung (HfG) Ulm die Informationsästhetik entwickelt und das kybernetische Modell auch auf die Sozialwissenschaften übertragen. Die Hochschule für Gestaltung in Ulm war von 1953 bis 1968 ein kurzes innovatives Hochschulprojekt, in dem eine intensive Durchdringung von Geometrie, Mathematik, Gestaltung, Praxis und Theorie verwirklicht wurde. Sicher entstanden z.T. zu hohe Erwartungen an eine Objektivierung der gestalterischen Tätigkeiten durch mathematische Methoden, dennoch war die Wechselwirkung von theoretischen und gestalterischen Ansätzen und die methodische Fundierung einzigartig, und gerade für aktuelle digitale Gestaltungsprozesse wegweisend.

Ausgangspunkt einer theoretisch fundierten Vorgehensweise ist es, Strukturen zu erfassen und zu formulieren. Diese Strukturen können dann selbst wieder in Gestaltung umgesetzt werden. Welche Rolle kommt nun aber der Geometrie dabei zu? Einige Beispiele hierzu aus der Arbeit mit Architekturstudierenden an der TU Kaiserslautern sollen die Ansätze verdeutlichen.

Die Geometrie versucht Formen erfassbar, beschreibbar, darstellbar und damit auch umsetzbar zu machen. Sie legt Erzeugungsregeln fest bzw. untersucht die Erzeugungsmöglichkeiten und ihre Bedingungen. Bei den Erzeugungsprinzipien zeigen sich direkt Zusammenhänge zur Materialität. Abwickelbare Flächen sind z. B. für die Umsetzung in entsprechenden Materialien besser geeignet als nicht-abwickelbare Flächen. Oder eine Faltstruktur, die aus einer ebenen Struktur erzeugt werden kann, eignet sich für die Umsetzung in ebenen Materialien.

3 Abraham A. Moles: Produkte: Ihre funktionelle und strukturelle Komplexität. In: *ulm 6.* 1962, 2.

Im Rahmen der Summer School des Erasmus Intensivprogramms „Structural Architectures – Geometry, Code and Design“[4] im September 2012 an der TU Kaiserslautern hatten die internationalen Studierenden aus Kaiserslautern, Madrid, Mailand und Zürich die Aufgabe, eine mobile Hütte für den Pfälzer Wald zu entwerfen. Das Team T2[5] ließ sich von unserem Faltworkshop inspirieren, in dem wir uns sowohl praktisch mit Papier als auch im digitalen parametrischen 3D-Modell mit den geometrischen Bedingungen verschiedener Faltprinzipien beschäftigten. Die Studierenden schreiben zu ihrem Entwurf:

„By simulation and experiment with varying dimensions of the triangles a solution that incorporates and reflects the parameters in the natural setting was sought with the goal of creating an easily foldable structure that would offer both comfort and safety for the user. Trees are serving as poles for the cabin by defining some of the configurations that can be formed. [...] The skin covering the structure is a plastic membrane attached to the light metal structure which allows for quick and easy transformation of the cabin through 180° and 360° rotation.“[6]

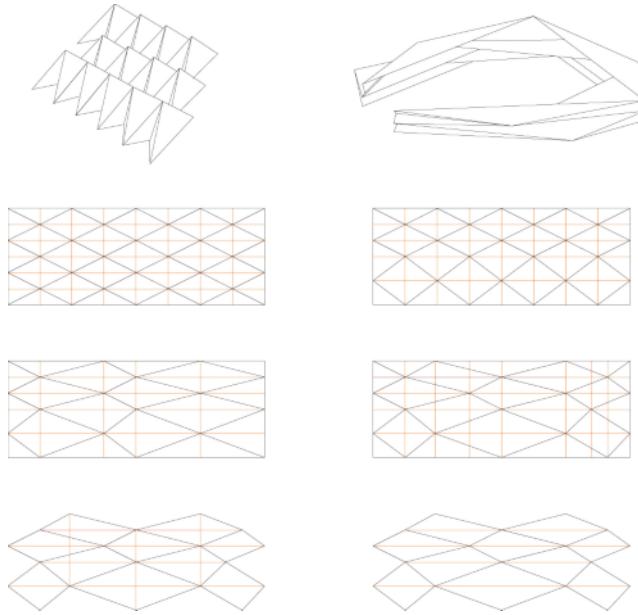


Bild 3: Entwurf eines Faltwerks als mobile Hütte im Pfälzer Wald im Rahmen des Erasmus Intensivprogramms an der TU Kaiserslautern, September 2012.[7]

4 Cornelie Leopold, Andreas Kretzer, Mayka García-Hípola, Covadonga Lorenzo Cueva, Luigi Cocchiarella, Fabrizio Leoni, Benjamin Dillenburger, Hua Hao (Eds.): *structural architectures - geometry, code and design II. A Hermit‘s Cabin*. Erasmus Intensive Programme in Kaiserslautern 2012. Technische Universität Kaiserslautern 2013.

5 Sofía Domínguez Garzón, Pavlina Malinova, Víctor Rubio Matilla, Mateo Álvarez Ríos.

6 Siehe Fußnote 4, 50-51.

7 Ebd., 49.

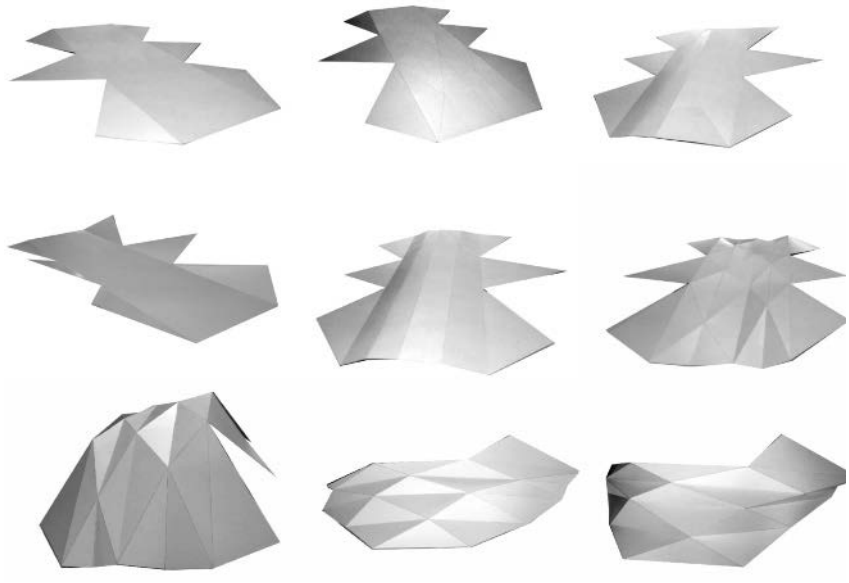


Bild 4: Faltbögen für die Herstellung der mobilen Hütte.[8]

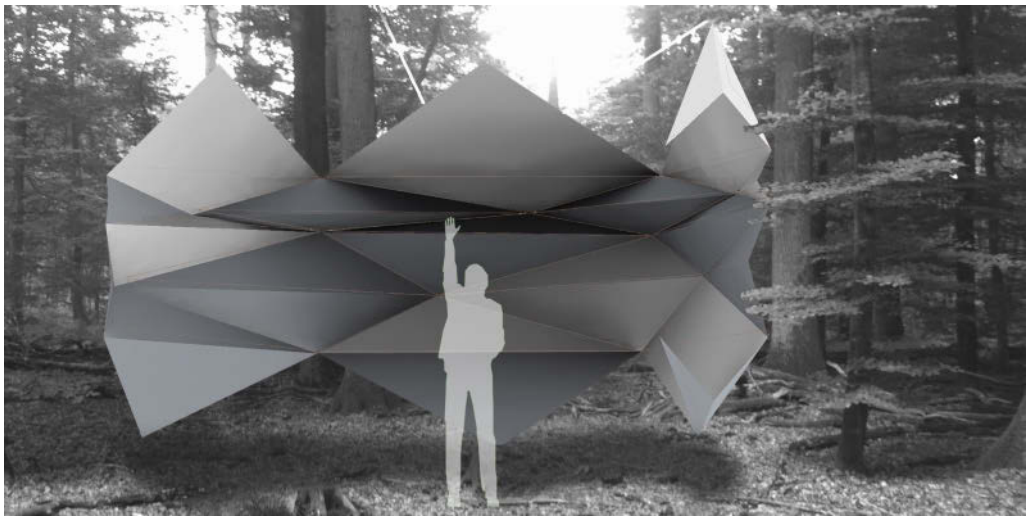


Bild 5: Fotomontage zur Aufstellung des Faltwerks.[9]

8 Ebd., 51.
9 Ebd., 52.

Bild 6 und 7: Fotomontagen zur Aufstellung und Nutzung des Faltwerks als mobile Hütte im Pfälzer Wald.[10]

Dieses Beispiel zeigt, wie die Auseinandersetzung mit der Geometrie von Faltstrukturen, die über Symmetrietransformationen verstanden werden können, zur Gestaltungsgrundlage werden können, indem ausgehend von regelmäßigen Faltstrukturen in Beziehung zu verschiedenen Parametern des Entwurfs wie Material, Ort, Nutzung ein Gestaltungsprozess entsteht.

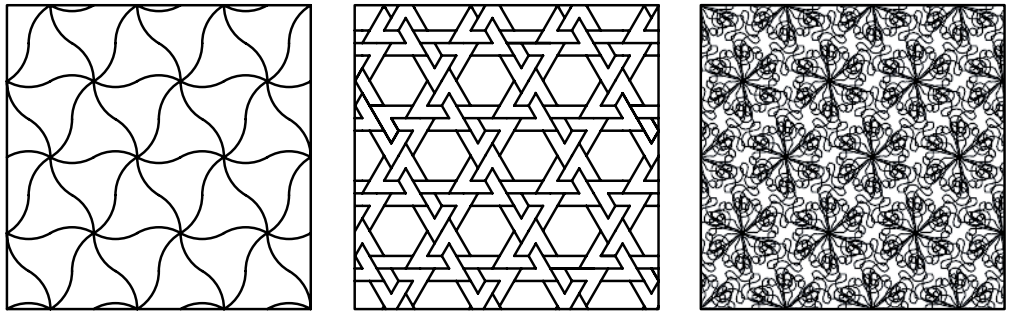


Bild 8: Ornamente der Symmetriegruppe p6.[11]

10 Ebd., 53.

11 Cornelie Leopold: Strukturelles Denken als Methode. In: Joaquín Medina Warmburg, Cornelie Leopold (Hrsg.): *Strukturelle Architektur. Zur Aktualität eines Denkens zwischen Technik und Ästhetik.* Bielefeld: transcript Verlag 2012, 25.

Bei der Analyse und Erzeugung von Mustern bzgl. ihrer Ordnung und Symmetriegruppe (Bild 8) wird deutlich, dass die strukturelle Betrachtung der entscheidende Hintergrund ist, nicht die Umsetzung in einer bestimmten Form. Hier wird der Unterscheid zwischen Struktur und Form besonders gut deutlich. Der Transformationsbegriff wird zu einer wesentlichen Grundlage für Symmetriestrukturen. Daraus entwickelte sich in der Geschichte der Mathematik ein völlig neuer, erweiterter Symmetriebegriff, bei dem neben der üblichen Kongruenztransformationen, auch affine Transformationen und Perspektiv-Transformationen miteinbezogen werden.

Überlegungen zur Symmetrie (Bild 9) bilden auch die Grundlage des Pavillonkonzepts, das 1955 an der HfG Ulm unter der Federführung von Max Bill geplant worden war. In dem Pavillon präsentierte sich die Stadt Ulm im selben Jahr auf der Landesausstellung Baden-Württemberg in Stuttgart. Die Analyse dieses Pavillons war Ausgangspunkt für unsere DAAD-Summer School „Struktur – Skulptur“ in Buenos Aires mit Studierenden und Professoren aus Buenos Aires, Caracas und Kaiserslautern 2012.[12]

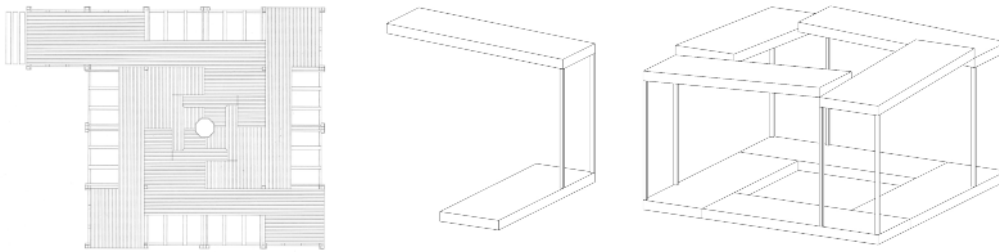
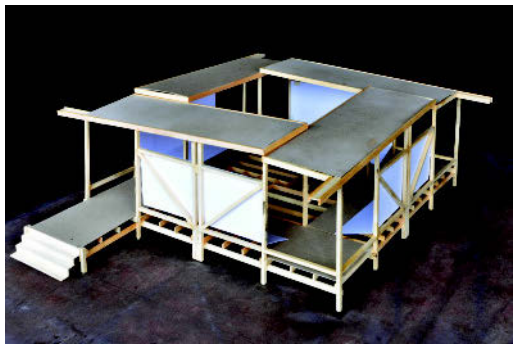


Bild 9: Draufsichtszeichnung des Pavillons[13] von Max Bill und vereinfachte Analyse der räumlichen Symmetriestruktur.

Aus der Analyse gewonnene Entwurfsgedanken führten als kooperatives Entwurfsprojekt zu einem neuentwickelten Konzept. Veränderte Funktionen, Materialien und Fügungen, im Entwurfsbeispiel ein Begegnungsraum für das Ritual des Mate-Trinkens unter Verwendung ausschließlich organischer Baumaterialien, die gewebt, geflochten und gebunden werden, führten zu einem veränderten Symmetriekonzept (Bild 11). Konstruktive und geometrische Konzepte bedingten sich gegenseitig.

12 Fachbereich Architektur, TU Kaiserslautern (Hrsg.): *rup, - Rebuilding Ulm Pavilion.* TU Kaiserslautern 2012. eBook: issuu.com/architektur.uni-kl/docs/rup.

13 Ebd.



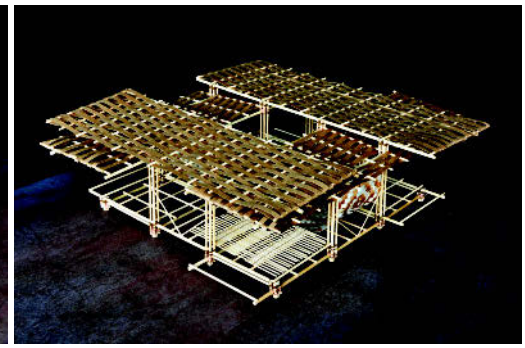


Bild 10 und 11: Modell des Billschen Pavillons und Modell des entworfenen Mate-Pavillons.[14] Fotos: Willem Roelof Balk.

Ein Zusammenhang von Struktur und Form kann an dem Beispiel eines Feldes konzentrischer Kreise und paralleler Gerade von gleichen Abständen entdeckt werden, hier in einer Zeichnung eines Architekturstudenten im Seminar „Kurven und Flächen“ an der TU Kaiserslautern. Er setzte sich mit dem Erzeugen von Kegelschnitten auseinander, wie dies Hermann von Baravalle, Geometriedozent an der HfG Ulm in seinem Buch „Geometrie als Sprache der Formen“[15] dargelegt hat und sich in einem dynamischen Geometrieverständnis äußert.

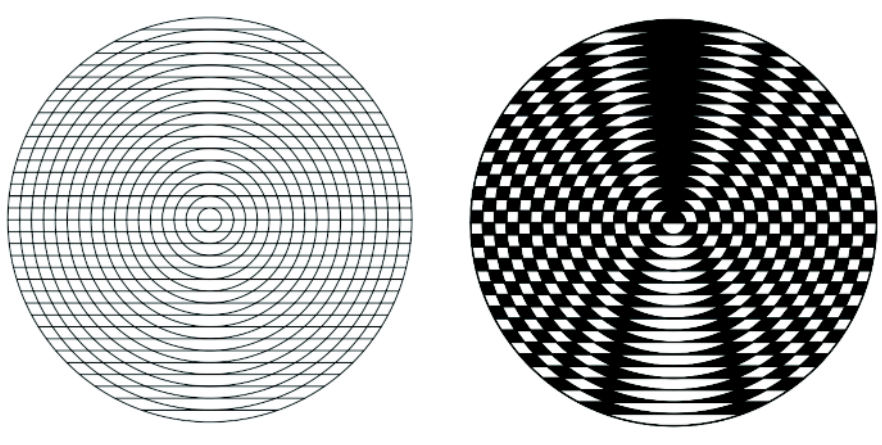


Bild 12: Konstruktion einer Parabel aus konzentrischen Kreisen und parallelen Geraden in gleichen Abständen. Studentische Arbeit von Muhlis Dogan, 2013.

14 Ebd.

15 Hermann von Baravalle: *Geometrie als Sprache der Formen.* Stuttgart 1957. Vgl. Beitrag von Hermann Edel in diesem Buch, 99ff.

Angeregt durch Studien von Eduardo Catalano[16], aus einem zweidimensionalen Muster räumliche Formen, hier Konstellationen Hyperbolischer Paraboloide zu erzeugen, entwickelten zwei Studentinnen im Seminar „Gestaltungsgeometrie“ Varianten Hyperbolischer Paraboloide. Die Linie ist hier konstitutives Element bzw. das Holzstäbchen im Modell.

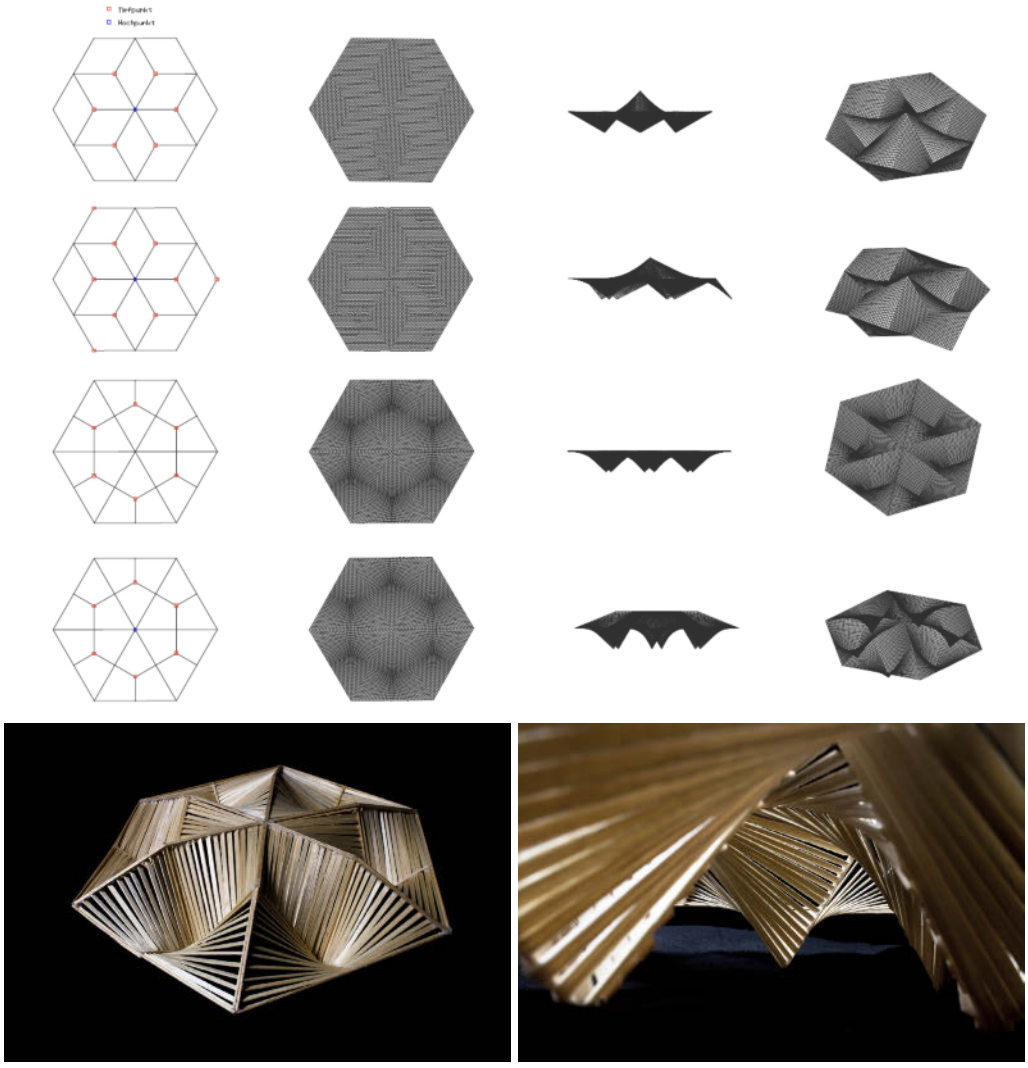


Bild 13 und 14: Zeichnungen und Modell Hyperbolischer Paraboloide. Studentische Arbeiten von Romy Link und Miriam Sachweh nach Eduardo Catalano, 2012. Fotos: Theresa Voigt.

16 Eduardo Catalano: *La Constante. Diálogos sobre estructura y espacio en arqutectura.* Cambridge 1996.

In Architektur und Design entstehen derzeit auffällige, möglichst komplexe und unregelmäßige Formen. Zum Teil generiert sich heute die Form aus der hohen Komplexitätsbewältigung mittels digitaler Werkzeuge, ohne dass Ordnungsschemata und damit Gestaltungsparameter noch wahrnehmbar sind. Daher scheint mir ein Erinnern an die Zusammenhänge der Wahrnehmbarkeit und Erfassen von Erzeugungsprinzipien von Formen und Strukturen wesentlich, um einer modischen Beliebigkeit zu entgehen, die insbesondere in spektakulären Architekturprojekten gegenwärtig ist. Dies passiert, obwohl gerade digitale Werkzeuge zu einer systematischen Erzeugung eine hervorragende Grundlage bieten.

Digitale Werkzeuge zur parametrischen Modellierung ermöglichen, auf geometrisch-mathematischen Grundlagen Formen prozessorientiert zu entwickeln. Dabei kommt es auch auf ein mathematisches Grundverständnis an, in dem die Abstraktion eine herausragende Rolle spielt. Paul Bernays schreibt in „Die Philosophie der Mathematik und die Hilbertsche Beweistheorie“ 1930:

„Wenn wir dem nachgehen, was wir unter dem mathematischen Charakter einer Betrachtung verstehen, so zeigt sich, dass das Kennzeichnende in einer bestimmten Art der Abstraktion liegt, [...]. Diese Abstraktion, welche als die formale oder mathematische Abstraktion bezeichnet werden möge, besteht darin, dass von einem Gegenstand [...] die strukturellen Momente, d. h. die Art seiner Zusammensetzung aus Bestandteilen hervorgekehrt und ausschließlich in Betracht gezogen wird. Man kann demnach als mathematische Erkenntnis eine solche definieren, welche auf der strukturellen Betrachtung der Gegenstände beruht.“[17]

So können z. B. durch eine Abstraktion auf Raumbezüge und eine Denkweise in Graphen allgemeine Strukturen für Grundrisse entwickelt werden, die in unterschiedlichen Formen umsetzbar sind. In topologischen Denkweisen abstrahieren wir auf Zusammenhangsverhältnisse und sehen von der konkreten Form ab. Wenn allerdings Strukturen wahrnehmbar gemacht werden sollen, müssen diese durch Zeichen vermittelt werden. Sie müssen sich materialisieren, d. h. auch zur Form werden.

Die Geometrie wie sie für die Gestaltung relevant wird und in diesem Buch thematisiert wird, sitzt an der Schnittstelle von Abstraktion und Konkretion, wie Max Bill das treffend formulierte:

„Abstrakt ist: unanschaulich, begrifflich, rein gedanklich. [...] Die Abstraktion ist notwendiges Hilfsmittel des Denkens. [...] Konkret ist das wirkliche, das vorhandene, sichtbare und greifbare Objekt. [...] Abstrakte Ideen, Verhältnisse, Gedanken sichtbar zu machen, das ist Konkretion, Vergegenständlichung.“[18]

17 Paul Bernays: Die Philosophie der Mathematik und die Hilbertsche Beweistheorie. 1930. Nachdruck in: Paul Bernays: *Abhandlungen zur Philosophie der Mathematik.* Darmstadt: Wissenschaftlich Buchgesellschaft 1976, 23.

18 Max Bill: *Präzisierungen zur konkreten Gestaltung.* Zürich 1947. Zitiert nach: *rup, - Rebuilding Ulm* Pavilion. Umschlag. Vgl. Fußnote 12.

Das Gestalten sitzt somit an der Schnittstelle zwischen Abstraktion und Konkretion, Denken und Realisieren, Theorie und Praxis. Im ästhetischen Objekt wird die geometrische Idee in einer sinnlichen Gestalt wahrnehmbar gemacht. Geometrische Ordnungsprinzipien sind als Schemata der Gestaltung wirksam. Auf diese Weise können ästhetische Kompositionsprozesse geometrisch fundiert werden.[19]

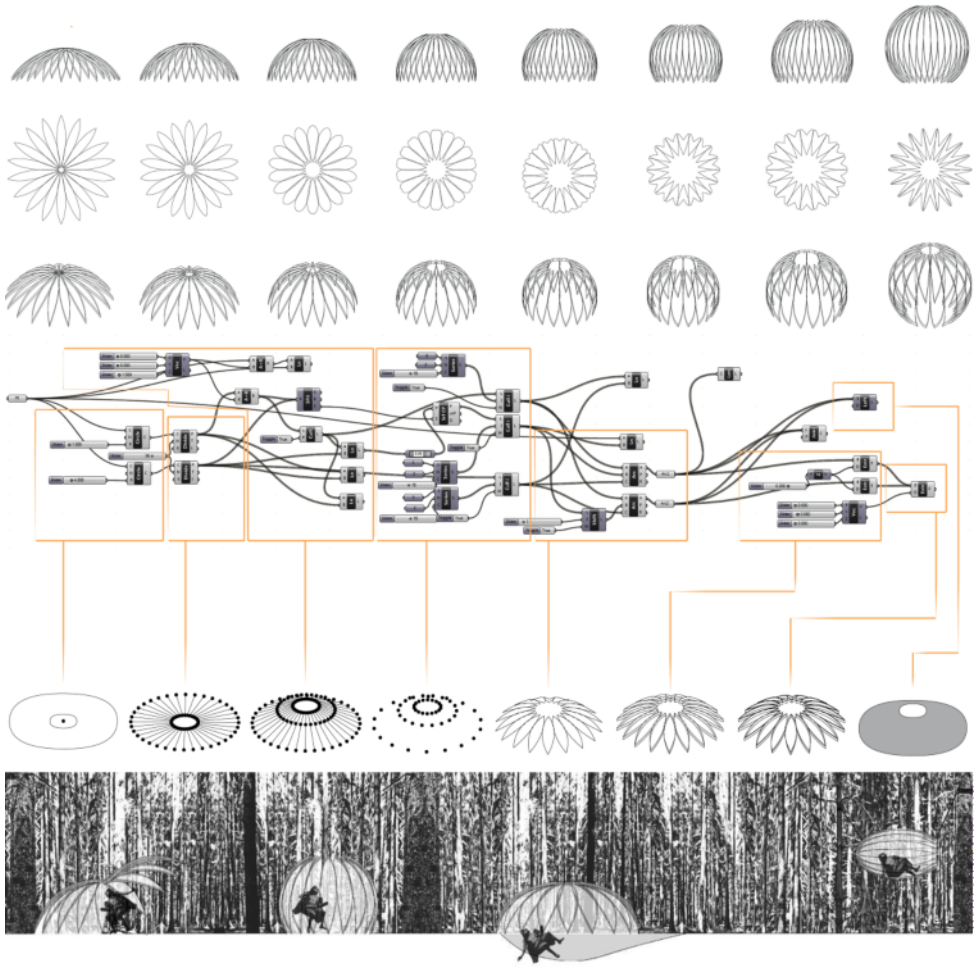


Bild 15: Cabin Design T5 bei der Erasmus Summer School 2012 in Kaiserslautern.[20]

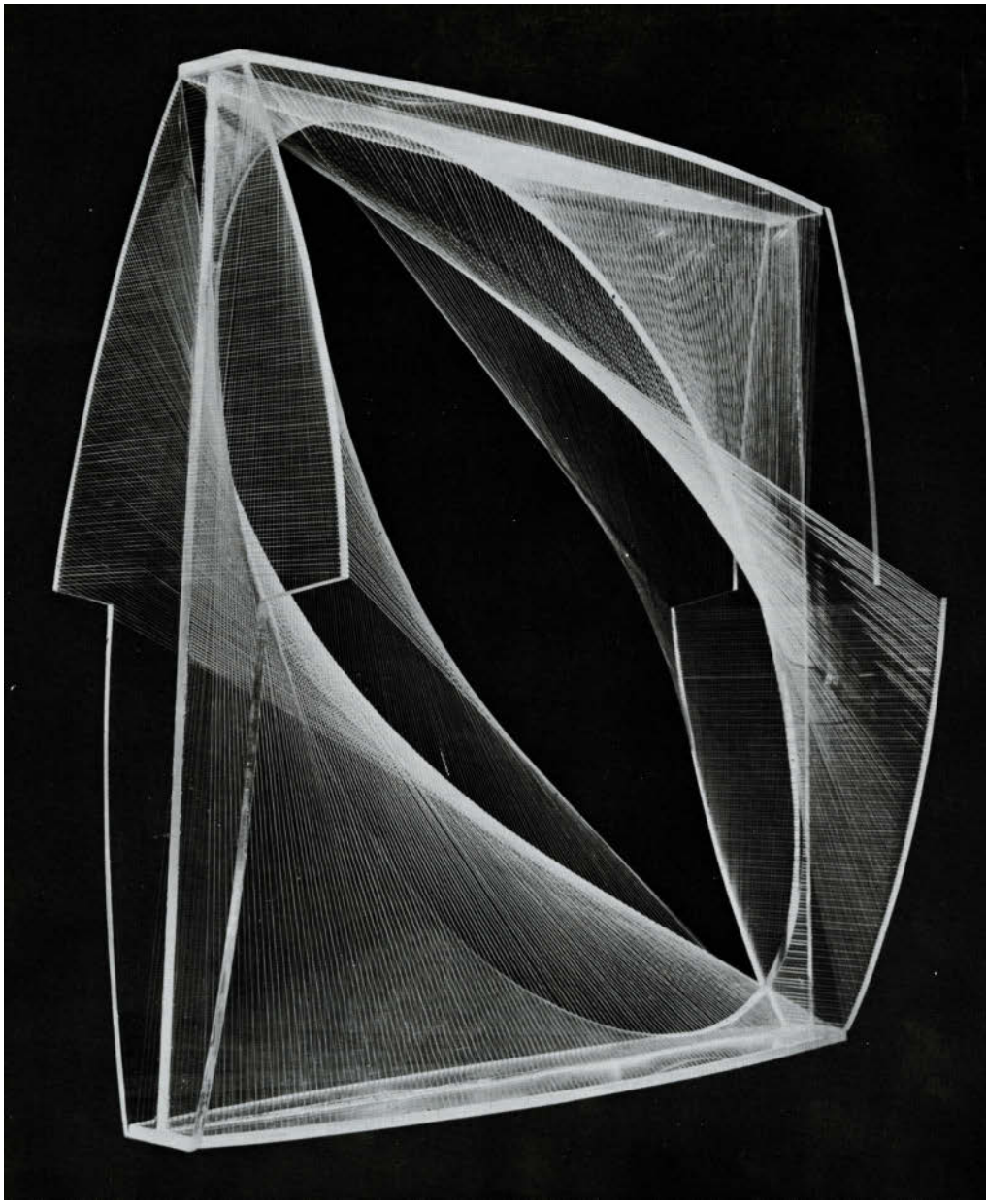
19 Vgl. Cornelie Leopold: Prolegomena zu einer geometrischen Ästhetik. In: Friedhelm Kürpig (Hrsg.): *Ästhetische Geometrie – Geometrische Ästhetik*. Aachen: Shaker Verlag 2010. 65.

20 Vgl. Fußnote 4, 74-77 – Entwurf der Studierenden Shahram Abdollahi, Daniele Cremaschi, Mehdi Shoghi und Theresa Voigt.

Bei aller Komplexitätserzeugung, die heute insbesondere durch die digitalen Werkzeuge möglich wurde, sollte nicht vergessen werden, dass Gestaltung nur wahrnehmbar und erfassbar wird, damit eine ästhetische Grundlage hat, wenn auch die Ordnungsstrukturen und Erzeugungsregeln erkennbar bleiben. Digitale Gestaltungsprozesse ermöglichen, gerade durch die Festlegung von Regeln und der parametrischen Formulierung, Ordnungsstrukturen umzusetzen.

Das Beispiel eines parametrischen Entwurfsprozesses für eine Waldhütte im Pfälzer Wald im Rahmen des Erasmus Intensivprogramms „Structural Architectures – Geometry, Code and Design“ 2012 zeigt eine solche Möglichkeit auf (Bild 15).

Die Geometrie bleibt auch gegenwärtig die Grundlagendisziplin für die Gestaltung. Daher muss neben der Darstellenden Geometrie, die Hintergründe für das Verständnis aller Visualisierungen, Darstellungen und Projektionen räumlicher Objekte liefert, eine Gestaltungsgeometrie als Fundament für Formen und Strukturen etabliert werden.



Naum Gabò: Lineare Konstruktion, 1942/43. The Philipps Collection, Washington D.C. (Foto: Herbert Matter). György Kepes (Hrsg.): Struktur in Kunst und Wissenschaft. Brüssel 1967, 19.

Strukturelles Denken als Werkzeug und Weltbild

„Unser Interesse an der unsichtbaren Welt liegt darin, für sie in der sichtbaren Welt eine Form zu finden, das heißt das trügerisch vertraute, sichtbare, äußere Erscheinungsbild aufzubrechen, zu zerlegen, zu atomisieren, bevor wir erneut damit umgehen können“, [1]

beschreiben Jacques Herzog und Pierre de Meuron ihren Entwurfsprozess und damit auch ihren Blick auf die Welt. Entwerfen sei eine Suche nach der „verborgenen Geometrie der Natur“[2] und einem damit verbundenen „geistigen Prinzip“.[3] Herzog de Meuron verdeutlichen, dass sich um die Frage nach der Rolle der Geometrie in der Architektur – trotz mathematischer Präzision – ein diffuses, doch produktives Bedeutungsspektrum aufspannen kann, das von Metaphern der Unsichtbarkeit und Sichtbarkeit sowie von Ordnung und Unordnung gleichermaßen handelt. Bemerkenswert ist Herzogs und de Meurons Darstellung, wenn man sich ergänzend dazu die Begriffsbestimmung von Frieder Nake vor Augen führt, die er in seinem Beitrag für das 2. Treffen der Deutschen Gesellschaft für Geometrie und Grafik (DGfGG) in Bremen formulierte:

„Die Geometrie befasst sich mit den messbaren Formen und ihren Strukturen in Ebene und Raum. Ihre elementaren Gebilde sind Punkte, Geraden und Ebenen. [...] All das sind Abstrakta: Sowohl die Formen wie ihre Strukturen und Maße sind abstrakt. Nichts davon können wir sehen. [...] Wenn Geometrie unsichtbar ist und von Strukturen handelt, kann sie nicht anschaulich sein. Die Darstellende Geometrie erst stellt das sichtbar dar, was Gegenstand der Geometrie ist. Sie geht in ihrem Begriff davon aus, dass Geometrie im engeren und eigentlichen Sinne eine rein geistige Vorstellung ist, wie alles andere in der Mathematik auch. Die Darstellende Geometrie dagegen stellt eine Brücke her, indem sie die Transformation von Geometrie in Grafik behandelt.“[4]

Sowohl Herzog de Meurons, als auch Nakes Bemerkungen zu Geometrie erscheinen in Zeiten von Computersimulation und *Non-Standard Geometries* in einem besonderen Licht. Strategien des architektonischen Entwurfs werden heute zunehmend durch Einflüsse geprägt werden, die an der Schnittstelle zu kulturellen Vorstellungen der modernen Informationstechnologie entstehen. Die ästhetischen Konstanten der Moderne scheinen zunehmend modifiziert, durch das Schwarm-Denken leistungsfähiger Multi-Agenten-Systemen zerlegt, zusammengesetzt und schließlich gebaut. Was an dem einen Ende zu einer sogenannten einheitlichen Basis des Bauens führt, produziert am anderen Ende Formen der Unruhe. Nichts anderes hatte wohl auch Vilém Flusser im Sinn, als er behauptete,

1 Jacques Herzog und Pierre de Meuron: Die verborgene Geometrie der Natur. In: *Sturm der Ruhe. What is Architecture*. Salzburg: Architekturzentrum Wien (Hrsg.), 2001, 265.
2 Ebd.
3 Ebd.
4 Frieder Nake u. a.: Angeregt von Paul Klee und Manfred Mohr. Bewegungen im Hyperwürfel und auf der Bildfläche. In: Oliver Niewiadomsky (Hrsg.): *Geometrie, Kunst und Wissenschaft*. Bremen: Hauschild Verlag 2007, 220.

C. Leopold (Hrsg.), *Über Form und Struktur – Geometrie in Gestaltungsprozessen*,
DOI 10.1007/978-3-658-05086-3_2, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

„die Welt habe die Struktur des Zahlenuniversums angenommen, was verwirrende Erkenntnisprobleme stellt, wenn sich bei den Computern herausgestellt hat, dass das kalkulatorischen Denken die Welt nicht nur in Partikel zersetzen (analysieren), sondern diese auch wieder zusammensetzen (synthetisieren) kann.“[5]

Wirft man einen Blick in die digitale Bauproduktion, so wird deutlich, dass es heute zunehmend um die Fabrikation von Bauteilen geht, bei der die Materialisierung von komplexen Geometrien und irregulären Strukturen im Mittelpunkt steht. Grundlegend ist daher die Frage, mit welchen praktischen und auch theoretischen Werkzeugen die Architektur mit diesen neuen Technologien interagieren und in einen fruchtbaren, aber auch kritischen Dialog treten kann. Dabei geht es nicht nur um die immer wieder geforderte Standortbestimmung der Architektur zu Kunst, Wissenschaft und Technologie. Zur Debatte steht vielmehr eine Reformulierung des strukturellen Denkens selbst – in seiner Funktion als geistiges Prinzip, intellektuelle Technik und handwerkliche Konstruktion. In der Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Architektur von einer groß angelegten

„Entmythologisierungswelle des Zeitalters der Kommunikation überrollt, die unter der Schirmherrschaft des exakten Wissens von der Information stand.“[6]

Aufgerüstet mit vermeintlich objektiven Kommunikationsdiagrammen und Regelkreisläufen, begann man sich großflächig für das Strukturelle der Dinge zu interessieren – pointiert formuliert: Man war auf der Suche nach dem Schaltplan der Welt, und übersah dabei ganz bewusst den Widerstand ihrer Materialität und physischen Substanz. An die Frage nach der tatsächlichen Nutzbarkeit solcher rigoroser Denkmodelle war von Beginn an auch die Frage nach der kulturellen Rolle des einzelnen geknüpft, womit auch das bis heute sensible Thema der Autorenschaft in den Vordergrund rückte. Darüber, welche gestalterische Bedeutung dem Computer für die Architekturproduktion zugesprochen werden soll, wird deshalb seit knapp 50 Jahren engagiert diskutiert. Das produktive Potential dieser bis heute anhaltenden Unruhe liegt in der Herausforderung, immer wieder nach den Möglichkeiten, aber auch nach den Grenzen des strukturellen Denkens in der Architektur zu fragen.

„Will it [...] be necessary to educate a new profession of architectural assistants for the purpose of articulating the problems to be solved into the proper language of the computer?“[7]

5 Vilém Flusser: Digitaler Schein. In: Florian Rötzer (Hrsg.): *Digitaler Schein: Ästhetik der elektronischen Medien*. Frankfurt am Main 1991, 152.

6 Erich Hörl: *Die heiligen Kanäle. Über die archaische Illusion von Kommunikation*. Zürich/Berlin 2005, 19.

7 Walter Gropius: Computers for Architectural Design. In: *Architecture and the Computer*. Proceedings of the First Boston Architectural Center Conference. Boston: Bibliothek des Dept. Architektur, MIT, 5. Dezember 1964, 41.

So lautete die Frage im Dezember 1964 an das Publikum der First Boston Conference on Architecture and the Computer. Derjenige, der diese Frage stellte, war kein Geringerer als Walter Gropius. Er sprach damit aus, was zahlreiche Architekten im Publikum dachten. Die Besucher waren neugierig und das nicht nur, da mit dem Bauhaus-Gründer einer der berühmtesten Architekten des 20. Jahrhundert auf der Teilnehmerliste der ersten Architekturkonferenz zum Thema Computer stand. Vielmehr war Gropius mit seinen 81 Jahren zugleich auch der älteste Gastredner dieses wahrlich historischen Kolloquiums, bei dem man erstmals im großen Stil die Frage diskutieren wollte, wo die Potenziale, aber auch die Grenzen des Computers für die Architektur lägen.

Zu Beginn der 1960er Jahre war der Computer für Architekten technologisches Neuland und galt in erster Linie als ein Artefakt von Technikern für Techniker. Die meisten konnten sich noch kein Bild davon machen, *wie* und besonders *wo* der Computer in die Vielschichtigkeit der Entwurfs- und Planungsprozesse integriert werden sollte. Die Vorstellung davon, was ein Computer sei oder wie er aussah, wurde überwiegend durch Fotos geprägt, auf denen raumgreifende, in grelles Licht getauchte Großrechner zu sehen waren, stilisiert zu Repräsentanten einer nüchternen und rationalen Welt der angewandten Mathematik. Auf kleinen, überwiegend aus der Militärindustrie eingeführten Bildröhren flackerten dünne computergraphische Linien.

Es war eine fremde Welt aus Codes und Programmen, die jedoch, da ihr der geheimnisvolle und verführerische Glanz des Technischen anhaftete auch faszinierte.

„Still I believe, if we look at those machines as potential tools to shorten our working processes, they might help us to free our creative power.“[8]

Der Glaube an die entlastende und zugleich die Kreativität befreiende Funktion der Maschine war – und so sollte man besser sagen: ist – eine in der Architektur vielerorts anzutreffende Einstellung und keinesfalls neu. Viele träumten in den 1960er Jahren von dem befreienden Potenzial der Automation, der Erlösung aus der ermüdenden Enge repetitiver Tätigkeiten und dem Aufbruch in eine Welt, in der der Mensch mithilfe von Technik und Wissenschaft zu vermeintlich wahren Werten gelangen könnte. Es sollte nicht versucht werden, in philosophischen Abhandlungen oder medientheoretischen Überlegungen zu erklären, was der Computer für eine Maschine sei oder wodurch er sich von anderen Maschinenvorstellungen unterscheidet. Vielmehr begann man ein großes Spektrum unterschiedlichster Anwendungen und Szenarien für die architektonische Praxis der Zukunft zu entwickeln. Die Industrie begriff früh, dass man Architekten für neuartige Technologien besser über den Weg der Praxis, als über den der Theorie begeistern konnte. Mit den neuen Instrumenten in der Hand sollte sich der Architekt weiterhin in der ihm vertrauten visuellen Welt der Zeichnung bewegen und gleichzeitig aus dem ihm fremden Gebiet der Codes und Programme heraus operieren können. Der Architekt wurde zu einem Bestandteil einer noch größtenteils unerschlossenen Welt aus Apparaten und technischen Verfahren.

8 Ebd.

Gropius sprach in seiner eingangs zitierten Frage von einer „proper language of the computer“ und einem „architectural assistent“. Besonders letzterem sollte eine entscheidende Rolle zukommen: die eines Übersetzers. Der entwerfende Architekt sollte diesem zuerst die künstlerischen Kriterien des Gebäudes erklären. Anschließend müsste ein „architectural assistent“ die dazu entsprechenden Algorithmen programmieren. Dieser Architekturassistent sollte also sowohl die Sprache des Architekten als auch die der Maschine sprechen können, als ein Übersetzer im doppelten Sinne: zwischen Mensch und Maschine, aber auch zwischen Mathematik und Bild. Wolle man also sich in der Architektur dem Computer als Werkzeug nicht weiter verschließen, so müsse man die Vorstellung eines sogenannten Architekturassistenten – heute würde man wohl eher von einem Geometriespezialisten sprechen - ernst nehmen, ja wenn nicht sogar ihm eine für die Architekturproduktion entscheidende Funktion zusprechen. Der Clou bestand darin, dass Gropius mit der Figur des Architekturassistenten die Beziehung von Struktur und Form in eine Frage nach dem strukturellen Wissen verwandelt hatte.

Bild 1: Blick in die Ausstellung New Landscape in Art and Science, MIT 1951.[9]

Diese Frage - wenn auch in einem anderen Kontext - stand auch für den ungarischen Künstler und Theoretiker György Kepes (1906–2001) im Vordergrund, als er 1967 das *Cen-*

9 György Kepes (Hrsg.): *New Landscape in Art and Science*. Chicago 1956, 100-101.

ter for Advanced Visual Studies (CAVS) am MIT gründete. In unmittelbarer Nähe von Wieners Kybernetik und den Laboren des Kalten Krieges einerseits, aber auch von der Architekturfakultät der Harvard University, an der Gropius lehrte andererseits, propagierte Kepes eine Vorstellung von Kunst als „art on a civic scale“.

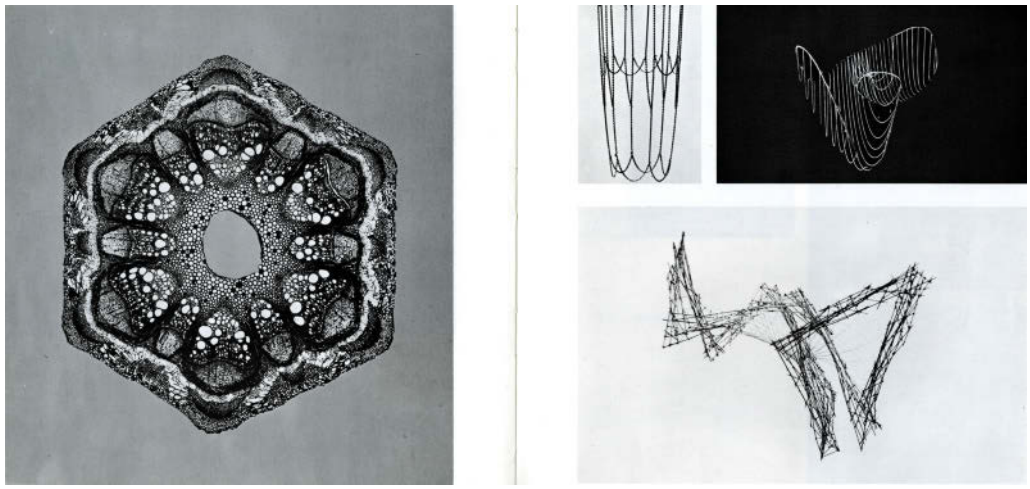


Bild 2: Mikrofotografische Aufnahme eines Querschnitts durch einen Zweig von I.W. Bailey (links); Strukturstudien mit Kettenmodell von Frei Otto (rechts).[10]

Neue Bildtechniken, wie etwa Bewegungsstudien in Langzeitbelichtung oder Röntgenbilder ermöglichten sowohl für die wissenschaftliche Forschung als auch für die Kunst neuartige, objektiv anmutende Darstellungsmöglichkeiten. Ordnungsmuster der modernen Kunst und Architektur wurden technischen Bildern von Kristallen, Zellen und Flüssigkeiten gegenübergestellt. Statt Wissenschaftlichkeit und Rationalität, ging es für Kepes um die Förderung der sogenannten sozialen Imagination von Strukturen. Nicht das Motiv eines einzelnen Bildes war dafür entscheidend, sondern das Gruppieren, Anordnen und Arrangieren möglichst vieler Bilder unter- und miteinander. Kepes einfaches, doch wirkmächtiges Credo lautete: „Das phantasievolle Sehen ist struktur-orientiert.“[11] Seine Aufmerksamkeit richtete sich dementsprechend auf Prozesse und Organisationsmuster, die visualisiert und greifbar gemacht werden sollen als die bestimmenden Faktoren einer sich schnell verändernden Umwelt und einer auf Wachstum fixierten Gesellschaft. Ziel war die Entwicklung einer neuen strukturellen Ikonografie am Beginn des informationstechnologischen Zeitalters. Als Grundlage dafür dienten eine Reihe aufsehender Ausstellungen sowie eine mehrteilige Publikationsreihe.

10 Ebd., 6-7.
11 György Kepes (Hrsg.): *Struktur in Kunst und Wissenschaft*. Brüssel 1967, IX.

Zu nennen sind hier besonders *New Landscape in Art and Science*[12] und *Struktur in Kunst und Wissenschaft.*[13] Namhafte Autoren aus Architektur, Mathematik, Kunst und den Wissenschaft steuerten Beiträge bei, die unterschiedliche Formen des sogenannten strukturellen Denkens erörterten: Neben Gropius, der dies mit Blick auf die historische Wechselwirkung von Kunst und Technik diskutierte, beschrieb Norbert Wiener komplexe Musterbilder in der Natur, Stanislam Ulam erklärte mathematische Regelwerke von Wachstumsprozessen, Christopher Alexander stellte Einflussfaktoren bei der Formfindung dar und Richard Paul Lohse stellte den Aufbau unterschiedlicher Farbstrukturen dar. Durch künstlerische Strategien und einer Rhetorik visueller Analogien sollte die wissenschaftlich erfassbare Ordnung der Welt sinnlich begreifbar gemacht werden, damit die Menschen sich in dieser neuen Welt der Form orientieren und sie sich aneignen können.

Kepes propagierte nichts Geringeres als die Reorganisation von ästhetischer Erfahrung und wissenschaftlicher Erkenntnis. Das *Center for Advanced Visual Studies* sollte als Laboratorium dienen, in dem mit den neusten technologischen Werkzeugen hinsichtlich ihres künstlerisches Potentials experimentiert werden konnte, durchaus vergleichbar mit den Projekten der „generative Ästhetik“ der frühen Computerkunst von Georg Nees und Frieder Nake.

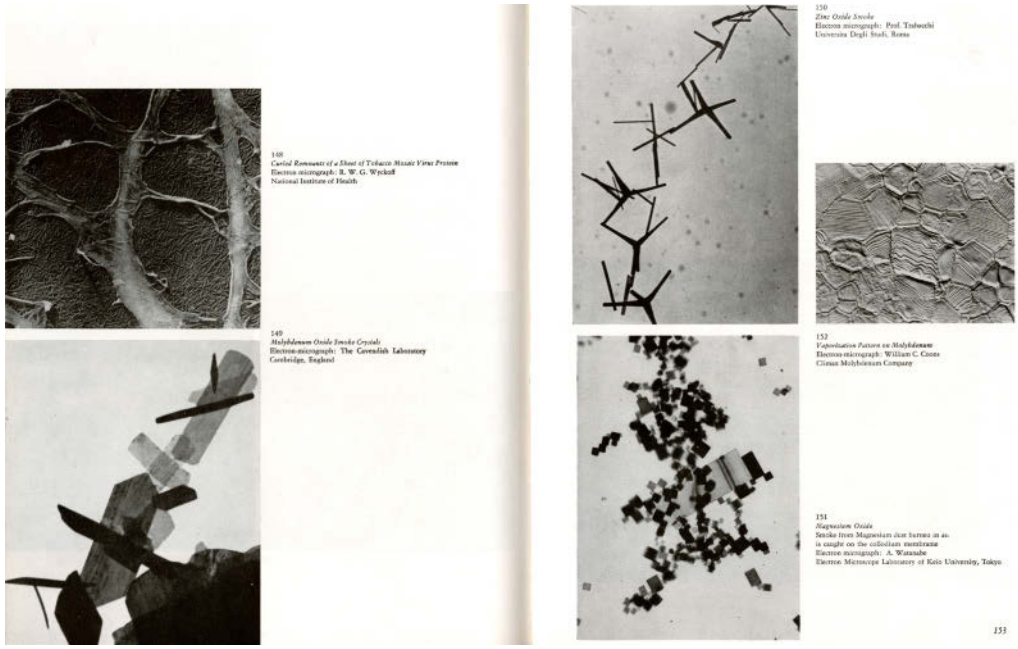
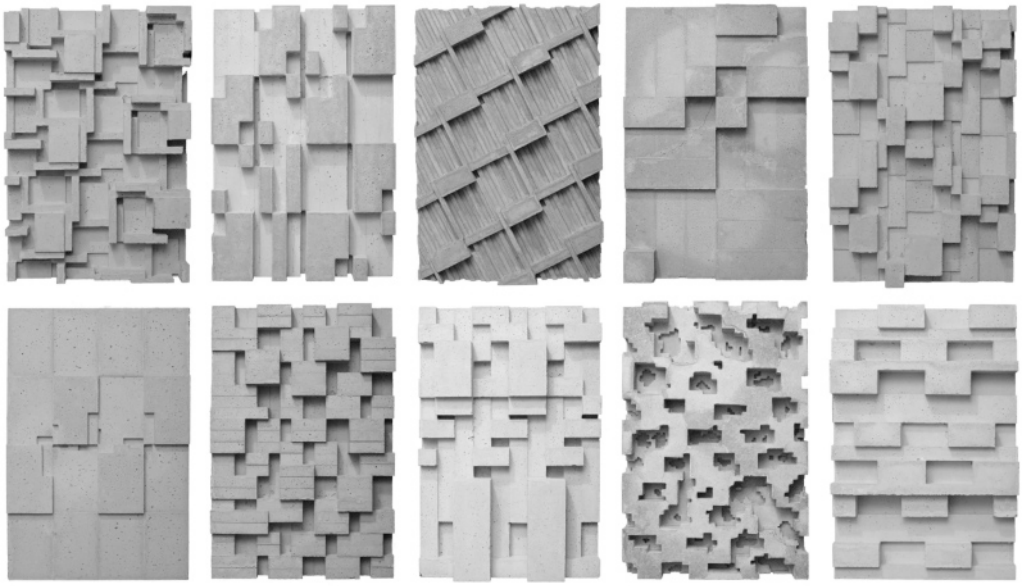


Bild 3: Elektromikroskopische Aufnahmen von Kristallstrukturen.[14]

12 György Kepes (Hrsg.): *New Landscape in Art and Science.* Chicago 1956.
13 György Kepes (Hrsg.): *Struktur in Kunst und Wissenschaft.* Brüssel 1967.
14 György Kepes (Hrsg.): *New Landscape in Art and Science.* Chicago 1956, 152-153.

Heute geht es nicht mehr nur um Bilder von Strukturen. Im Zentrum steht ein beharrliches Um-, Re- und Neucodieren von Räumen, Objekten, Formen, Oberflächen, Materialien selbst - ein scheinbar rekursiver Prozess des Programmierens, der zu einem neuen ästhetischen Paradigma führt.

Entgegen des oft entworfenen Szenarios von der Entmaterialisierung der Architektur durch den Computer, beginnen gegenwärtige Auseinandersetzungen mit Formen verstärkt wieder mit dem Studium eines Werkstoffs. Dabei wird die Hinwendung zum Material nicht als Maßnahme gegen die zunehmende Digitalisierung des Entwurfsprozesses verstanden, sondern als notwendige Ergänzung. Gleichzeitig lässt sich durch den Einsatz immer leistungsfähigerer Werkzeuge, die Komplexität der gebauten Geometrien soweit erhöhen, bis diese bei der Fertigung auch nur noch digital wirtschaftlich umsetzbar sind. Das ist gewissermaßen eines der Kernprobleme in der Produktion von sogenannten *Non-Standard Geometries*. Dennoch scheinen digitales Entwerfen und digitale Fabrikation zunehmend Hand in Hand zu gehen und in einer materialbasierten Wechselbeziehung zu stehen. Nach einer heterogenen Experimentierphase in der Frühzeit der digitalen Medien zeichnet sich heute ein mehr oder weniger zusammengehörendes technologisches Fundament für die Architekturproduktion ab, wie es sich selbst Gropius für das Industrielle Bauen nicht erträumt hätte. Damals sah er sich mit der Herausforderung konfrontiert, die Modernisierung einer gesamten Branche voranzutreiben zu müssen. Heute scheint von den digitalen Medien die ganze Gesellschaft erfasst. Fest steht: Mit der Rückbesinnung auf Bau- und Werkstoffe rückt auch die Geschichte der Geometrie wieder in den Vordergrund. Inmitten der oft hitzig geführten Diskussion um die Macht von Werkzeugen und Weltbildern, verspricht die Geometrie mit einer wohltuenden Gelassenheit aufzutreten. Es ist eine trügerische Gelassenheit, die den Charme und die Authentizität sämtlicher einst so engagiert geführten Debatten über die Beziehung von Architektur und Computer, von Form und Struktur längst hinter sich gelassen hat.



Betonreliefs, Format: 40x60cm. Studentische Arbeiten verschiedener Verfasser.

Struktur und Erscheinung
Transformation als Gestaltungsprinzip

1. Vorbemerkung – Zur Gestaltungslehre in der Architektenausbildung

Das Gestalten, als bewusste Einflussnahme auf die Erscheinung der Dinge in der Welt, ist eine spezifisch architektonische Disziplin. Gestalten heißt eine Vorstellung gewinnen von dem, was man zu bauen beabsichtigt. Abstraktes Denken und konkretes Arbeiten sind maßgeblich für den Prozess der architektonischen Konzeption und Konkretisierung. Gestaltungsaufgaben haben in diesem Zusammenhang das große Potential, dass sie befreit von den komplexen, funktional technischen, kontextuellen und konstruktiven Anforderungen an eine Architektur erarbeitet werden können. Nicht im Sinne einer Reduktion sondern im Sinne der fokussierten Betrachtung wesentlicher Aspekte der architektonischen Arbeit.

Mit in sich geschlossenen, klar umrissenen Aufgabenstellungen werden grundlegende Themen des räumlich architektonischen Schaffens, wie Raum, Struktur, Material, Licht, Atmosphäre, Ort, Topografie etc. betrachtet. Die Aufgaben sind jeweils so angelegt, dass das Augenmerk auf die schöpferischen Fähigkeiten und das kreative Potential des Einzelnen gelenkt wird, ohne dass ein spezifisches Fachwissen Voraussetzung für die Bearbeitung ist.

Mit diesem Vorgehen wird ein Methodenrepertoire angelegt, das einen konzentrierten Blick auf übergeordnete Aspekte des architektonischen Arbeitens und eine vertiefende Betrachtung ermöglicht, bei gleichzeitiger Erarbeitung von konzeptionellen Aspekten und Argumenten der spezifischen Fragestellung. Die Aufgaben werden als in sich geschlossene Arbeiten ganzheitlich betrachtet. Insofern, als dass ein wesentlicher Teil der Arbeit darin liegt, aus der gestellten Frage heraus ein Thema für die Aufgabe zu entwickeln und mit räumlich architektonischen Mitteln zu formulieren.

Bei allen Themen und Aufgaben geht es grundsätzlich um die Auseinandersetzung mit den genuinen Mitteln einer Architektur der Gegenwart. Unabhängig von der spezifischen Thematik gilt das Hauptaugenmerk immer auch der zentralen Frage nach den Mitteln und Wegen, die den kreativen Prozess auszulösen und anzuregen in der Lage sind.

Strukturen sind das Thema der im Folgenden betrachteten Beispiele aus der Gestaltungslehre. Dabei geht es um den Prozess der Transformation textiler Strukturen in Betonreliefs.

2. Struktur – Ein grundlegendes Thema der Architektur

Nach Kenneth Frampton sind es drei Faktoren, die sich jenseits einer gestalterischen Absicht in die gebaute Architektur einlagern. In der Einführung zu seinen „Studien zur Kultur des Tektonischen“ schreibt Frampton:

C. Leopold (Hrsg.), *Über Form und Struktur – Geometrie in Gestaltungsprozessen*,
DOI 10.1007/978-3-658-05086-3_3, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2014