

Carolin Höfler

## „Seeing by doing“. Josef Albers und die Materialisierung des Digitalen

### Materialwissen

Im Sommer 1994 veröffentlichte die New York Times unter der Überschrift „A Magna Carta for the Knowledge Age“ ein Manifest über den Cyberspace, in dem die Immaterialität der neuen Medien beschworen wurde. Das zentrale Ereignis des 20. Jahrhunderts war für die Autoren der „Sturz der Materie“: „Im Zeitalter des Wissens“, so hieß es, „gewinnen die Kräfte des Geistes die Oberhand über die rohe Macht der Dinge“.<sup>1</sup> Seitdem sind Begriffe wie Delokalisierung, Dematerialisierung und Entdinglichung Assoziationen, welche die digitale Vernetzung stereotyp begleiten. In der Vernetzung würden sich die territorialen Dimensionen von Orten und die Festigkeit der Welt auflösen. Bilder einer fortschreitend entmaterialisierten Welt, die in Deutungen der Moderne eine häufige und keineswegs neue Erscheinung darstellen, bestimmten auch die Design- und Architekturauffassungen der 1990er Jahre. Architekturen im Zeitalter der elektronischen Medien sollten a-topische, dynamische Gefüge sein, nur noch visualisiert und frei von geografischen, städtebaulichen oder sozialen Kontexten.<sup>2</sup> Als reine, zweckfreie Formen würden sie die schwindende Stabilität der Wirklichkeit angemessen zum Ausdruck bringen. Unbeeindruckt von dieser Denkfigur der Entmaterialisierung skizziert die jüngere Gestaltergeneration einen Formbegriff, der die vermeintliche Befreiung des Artefaktes von Stoff und Ort aufhebt. Entgegen des oft entworfenen Szenarios von der Verflüchtigung des Materiellen in der unendlichen Weite der Datenströme beginnen gegenwärtige Form-Auseinandersetzungen in Design und Architektur mit dem Studium des Werkstoffes, wobei die Materialisierung der Entwurfsidee nicht als Maßnahme gegen die zunehmende Digitalisierung des Entwurfsprozesses verstanden wird, sondern als notwendige Ergänzung.

Verborgene Leitbilder für die digital gebundenen Materialstudien sind die Stoff- und Strukturforschungen am Bauhaus der Zwanzigerjahre. Wurden die Bau-

hausmeister bisher als formale Gegenspieler der computerorientierten „Blobmeister“<sup>3</sup> wahrgenommen, wirken sie im Prozess der Materialisierung des Digitalen als latente Vorbilder. Vorbildhaft erscheint nicht nur der Einsatz neuer Materialien und Technologien in den Werkstätten des Bauhauses, sondern auch das grundlegende Verständnis der Form als Stoff. Einen zentralen Anknüpfungspunkt für aktuelle Gestaltkonzepte bildet das Bestreben des Bauhauses, die Trennung von ästhetischer und materieller Form zu überwinden. Zu den Grundgedanken des Bauhausprogramms, das auf die Schaffung einer Einheitskunstschule als Verschmelzung von Kunstakademie, Kunstgewerbeschule und Bauhochschule abzielte, gehörte die Fundierung der Kunst im Handwerk.<sup>4</sup> Die geistig-künstlerische und die technisch-handwerkliche Ausbildung sollten zusammengeführt und ein praktisches Zusammenwirken von Kunst, Industrie und sozialer Lebensgestaltung angestoßen werden. Ungeachtet der Tatsache, dass der Bauhausgründer Walter Gropius ab 1923 eine neue Einheit von Kunst und Technik beschwor, galt ihm das Handwerk weiterhin als „pädagogische Fundamentalkategorie“<sup>5</sup>, weshalb das Material in seinem Lehrkonzept eine wesentliche Rolle spielte. Im Unterricht sollte der kreative Umgang mit Werkstoffen und Werkzeugen vermittelt und das wechselseitige Wirkverhältnis zwischen Material, Arbeitsprozess, Zweck und ästhetischer Form erforscht werden. Dies galt neben der in den Werkstätten des Bauhauses durchgeführten Werklehre auch für den vorgelagerten Vorkurs. So fanden bei Johannes Itten Materialstudien statt, die der taktilen und visuellen Erfahrung von verschiedenen Werkstoffen dienten. Bei László Moholy-Nagy wurden Strukturen, Texturen und Fakturen im Hinblick auf ihre optischen und haptischen Qualitäten untersucht, und bei Josef Albers erfolgten Materialübungen zur Erprobung der stoffimmanenten Eigenschaften wie Stabilität, Festigkeit, Tragfähigkeit und Belastbarkeit. Vor allem Albers' Ex-

perimente zum wechselseitigen Wirkverhältnis von Form, Kraft und Masse und sein dynamischer Materialbegriff finden Eingang in das Konzept der verstofflichten Computerform.

### Kraftfeldsimulationen

Der Zusammenhang zwischen digitaler Form und analogem Stoff war in den Computereurwürfen der 1990er Jahre nicht unmittelbar zu erkennen. Die Entwurfsautoren inszenierten ihre Formerzeugnisse als aufgelöste und schwerelose Objekte, obwohl sie diese in einem nachgebildeten 3D-Raum entwickelt hatten, der mit materiellen Eigenschaften ausgestattet war. Der Wegbereiter der digitalen Freiform, Greg Lynn, versammelte in seinem manifestartigen Buch *Animate Form* von 1998 zahlreiche Bilder hauchzarter Raumbüllen ohne Maßstabsangaben, die, entbunden von stofflichen und konstruktiven Zwängen, im dunklen Raum des Weltalls zu schweben schienen.<sup>6</sup> Dass in diesen aufgelösten Formen materielle Qualitäten eingeschrieben waren, offenbart der Blick auf die formerzeugende Computertechnologie. Das von Lynn hauptsächlich verwendete 3D-Modellierungs- und Animationsprogramm *Maya* ermöglicht die modellhafte Darstellung dynamischer Effekte.<sup>7</sup> Mit dem Programmelement *Dynamics* lassen sich Bewegungen und Deformationen von geometrischen Objekten oder Partikeln nachbilden, die durch physikalische Kräfte wie Gravitation, Turbulenz oder Wind beeinflusst werden. Die Art der Objektbewegung hängt von den Materialeigenschaften ab, die den geometrischen Formen zugewiesen werden. So können die Objekte mit Attributen wie Elastizität, Federungsvermögen oder Oberflächenspannung versehen werden, die zusammen mit den einwirkenden Raumkräften ein spezifisches Formverhalten hervorrufen. Der Ablauf derartiger Formbewegungen zielt darauf ab, endgültige Gestalten oder Strukturen zu gewinnen. Die architektonische Gestalt erhält Lynn, indem er die Animation an einem bestimmten Zeitpunkt anhält und die in dem Moment dargestellte Form einfriert.

Ogleich die digitale Form durch materielle Kräfte und Eigenschaften bestimmt wird, ist die in ihrer Bewegung erstarrte Computergestalt eine Hüllfläche ohne Materialstärke. Die fehlende Tiefendimension der Form ergibt sich aus dem bildgebenden Verfahren der

Computeranimation. Mittels Animationstechnik werden Körper allein über ihre Oberfläche definiert, da im Animationsfilm Dreidimensionalität nur vorgetäuscht wird. Sollen animierte Flächen in gebaute Realität überführt werden, wird der Widerspruch von Oberfläche und Volumen deutlich. Mit großem entwerflichem und technologischem Aufwand werden die geometrisch anspruchsvollen Kurvenhüfte in eine baubare Geometrie übersetzt. In solchen Entwurfsprozessen ist die physische Materialisierung der digitalen Erzeugung der Form nachgestellt.

### Materialsysteme

Gegen diese Trennung von digitaler Entwurfs- und analoger Bauform wandte sich Ende der 1990er Jahre Lars Spuybroek vom Architekturbüro NOX in Rotterdam. Seine Computermodelle entstehen bis heute in einem kreativen Formfindungsprozess, in dessen Verlauf digitale und real-physische Formen in ein wechselseitiges Wirkungsverhältnis treten. Spuybroek unternahm eine Reihe von analogen Experimenten, in denen er das spezifische geometrische Formverhalten von Materialien untersuchte. Mit dem Biegeverhalten von Papier beschäftigte er sich vor allem in seinem Entwurf für das *Son-O-House* (2000–04).<sup>8</sup> Die räumliche Konstruktion entwickelte er aus einer Reihe von Papierstreifenmodellen, mit denen er typische Bewegungen von Menschen in häuslichen Situationen nachbildete.

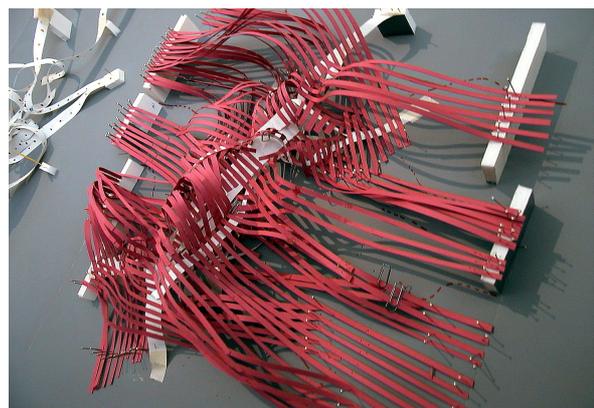


Abb. 1: Lars Spuybroek/NOX, Son-O-House, Son en Breugel, Niederlande, 2000-04

Diese Bewegungen hatte er zuvor mit einer Videokamera aufgenommen und dann digital analysiert und formalisiert, indem er die unterschiedlichen Körperkonturen im Videobild nachzeichnete und die so ent-

standenen Umrissrahmen zu komplexen dreidimensionalen Formen zusammensetzte. Die digital erzeugten Bewegungslinien der Körper, Gliedmaßen und Hände materialisierte er mit verschiedenen eingeschnittenen Papierstreifen, die er so miteinander verknüpfte, dass sie sich von selbst aufwölbten. Das Ergebnis war eine Arabeske verschlungener Bänder, die als vielschichtiges Gefüge von Bögen und Rippen gelesen werden konnte und als Grundlage für eine erneute Digitalisierung diente. Unter Verweis auf Gottfried Semper's Bekleidungstheorie in der Architektur bezeichnete Spuybroek seine Materialstrukturen als „textile Tektonik“<sup>9</sup>, wobei das Textile selbst zum Tektonischen werden sollte. Als Gegenprogramm zum klassischen Prinzip des Tragens und Lastens entwickelte er Konstruktionen aus nachgiebigen Materialien, die durch Verschränkung fest und stabil wurden. Mit Formbildungstechniken wie „Verweben, Bündeln, Umschlingen, Verflechten, Verstricken oder Verknoten“<sup>10</sup> suchte er die bisher unterschiedenen Gestaltungselemente Struktur, Textur und Masse zusammenzuführen.

Aufbauend auf derartigen Formexperimenten entwickeln die deutschen Architekten Michael Hensel und Achim Menges seit 2002 ein Entwurfs- und Unterrichtsprogramm, in dem der Begriff des Materialsystems von zentraler Bedeutung ist.<sup>11</sup> Darunter verstehen die Autoren eine Struktur aus gleichzeitig raumbildenden, kraftabtragenden, energieleitenden und speichernden Elementen, die aus den spezifischen Eigenschaften der zur Verwendung kommenden Materialien und Herstellungsprozesse hervorgehen.<sup>12</sup> Ein solches Materialsystem entsteht in einem analog-digitalen Formfindungsprozess, in dem der Computer nicht nur zur Darstellung geometrisch komplexer Oberflächen, sondern auch zur Beschreibung des Materialverhaltens genutzt wird. Grundlegender Unterschied zu bisherigen rechnergebundenen Entwurfsansätzen ist, dass die gestalterische Tätigkeit mit der Untersuchung eines real-physischen Materials beginnt. Wurden rechnerbasiertes Entwerfen und computergesteuertes Herstellen bisher als Befreiung von konstruktiven und materiellen Zwängen wahrgenommen, begreifen Hensel und Menges die strukturellen und stofflichen Bedingungen als Entwurfsgrundlage für die Form. Zur Gestaltbildung werden Eigenschaften und Verhalten des Materials sowie Fügungstechniken und

Fertigungsmöglichkeiten erkundet und als Parameter in ein digitales 3D-Modell eingeschrieben. In diesem Prozess wird die Gestalt nicht eigenhändig geformt, sondern organisiert sich selbsttätig. So ergibt sich etwa bei einem Papierstreifen, dessen Enden mit den Händen zusammengeführt werden, von selbst eine Schlaufe.<sup>13</sup>

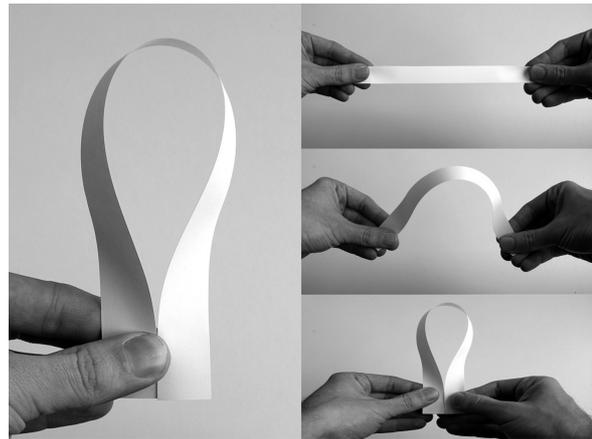


Abb. 2: Achim Menges, Paperstrip Morphologies, AA School, London, 2004-05

Die dem Papierstreifen innewohnenden Widerstandsmomente und die externen Haltekräfte der Hand stehen zueinander im Gleichgewicht und bilden sich in der Schlaufenform ab. Von dem Papierstreifen wird anschließend ein parametrisches Computermodell erstellt, bei dem das Streifenelement durch die Eigenschaften seines Verformungsverhaltens definiert wird. Parameter bilden die geometrischen Charakteristika der Schlaufe und die materialspezifischen Einflussgrößen, die durch Werkstoffeigenschaften wie Elastizität und Festigkeit ausgedrückt werden.

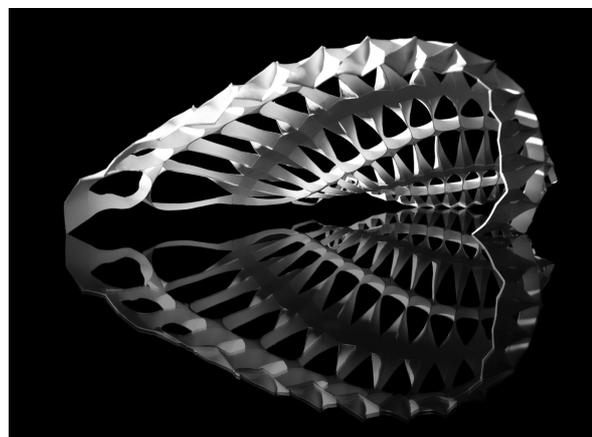


Abb. 3: Achim Menges, Paperstrip Morphologies, AA School, London, 2004-05

Auf diese Weise entsteht ein allgemeiner Informationssatz, der das Schlaufenelement als flexible Beziehungsstruktur bestimmt. Dieses generische Modell bildet den Grundbaustein eines größeren Systems und erhält eine konkrete Gestalt, wenn es auf einer Fläche positioniert wird und mit anderen Elementen in eine wechselseitige Beziehung tritt.

### **Funktion und Material**

Vor dem Hintergrund der parametrischen Materialmodelle gewinnt der Formunterricht des Bauhauslehrers Josef Albers an Aktualität, was sich in der zunehmenden Veröffentlichung seiner Entwurfsmethoden und Schülerarbeiten in Ausstellungen, Büchern und Filmen äußert.<sup>14</sup> Am Dessauer Bauhaus und später am Black Mountain College und der Yale University in den USA entwickelte Albers seinen Ansatz des „Seeing by doing“,<sup>15</sup> der sich durch Materialanalyse und Formexperiment auszeichnete.<sup>16</sup> Obgleich Hensel und Menges keine Anhaltspunkte zu Verbindungen mit dem Bauhaus liefern, beruht ihr Entwurfskonzept auf dem Formbegriff von Albers. Für die Gestaltbildung bevorzugte Albers das Material gegenüber der Funktion: „Die wirtschaftliche Form resultiert aus Funktion und Material. Vor der Erkenntnis der Funktion steht natürlich das Studium des Werkstoffs. So beginnen unsere Form-Auseinandersetzungen mit dem Studium des Werkstoffs.“<sup>17</sup> Wenn Albers den von Louis Sullivan geprägten Gestaltungsleitsatz der Bauhausmoderne „Form follows function“ in „Form follows material“ verwandelte, ging es ihm nicht um die Vernachlässigung der Funktion zugunsten der äußeren Form, sondern um die Erkenntnis, dass das Material selbst eine Funktion hat und bestimmte Gebrauchszwecke nahelegt.

In seinem Vorkurs am Bauhaus unterschied Albers zwischen dem Studium der Materie und des Materials, ebenso wie zwischen der Kombination und Konstruktion von Werkstoffen. Im Rahmen der Materialstudien untersuchten die Schüler die äußere Erscheinung der Werkstoffe und erforschten Oberflächenqualitäten in Materialcollagen, Zeichnungen und anderen Medien. Von László Moholy-Nagy übernahm er das „systematische Ordnen“ von Materialien „in auf- und absteigender Stufung zwischen zwei Polaritäten“: „Tastaturleitern von hart zu weich, glatt zu rau, warm

zu kalt oder kantenfest zu amorph, poliert-glatt zu klebend-saugend. Optische Materie-Leitern, z.B. eng- – weitmaschig, durchsichtig – durchscheinend – undurchsichtig, klar – trübe – dicht.“<sup>18</sup>

Zielten die Materialstudien auf die sinnliche Erkenntnis der stofflichen Oberflächen ab, ging es bei den Materialübungen um die Erforschung der „inneren Energien“<sup>19</sup> wie Stabilität, Tragfähigkeit und Festigkeit der Werkstoffe. Albers ermunterte seine Schüler, neue, unbekannte Qualitäten von Werkstoffen zu entdecken. Zur Anwendung kamen vor allem Materialien, deren Konstruktionsmöglichkeiten bisher wenig erkundet waren. Seine Schüler arbeiteten mit einfachen, als kunstunwürdig angesehenen Stoffen wie Papier, Draht, Wellpappe, Glas, Stroh, Gummi, Cellophan, Blech, Stanniolpapier oder Streichholzschachteln. Das unvoreingenommene Erproben dieser Materialien im Hinblick auf ihre technischen und ästhetischen Möglichkeiten führte zu elementaren Form Erfahrungen. Die strukturellen, funktionalen und ökonomischen Bedingungen der Materialien ließ Albers in extremen Konstruktionen untersuchen: „Äußerste Ausnutzung des Stoffes wird erstrebt durch Ausprobieren der größten Tragfähigkeit (höchsten Aufbau, weiteste Ausladung, stärkste Belastung), der größten Festigkeit (Zug, Biegung), der engsten Verbindungen, des kleinsten oder schwächsten Standes.“<sup>20</sup>

Bei seinen Materialübungen kam es Albers weniger auf eine handwerkliche Unterweisung als auf eine visuell-taktile Schulung seiner Studenten an. Die Vermittlung bewährter Techniken und Fertigkeiten aus den Handwerken lehnte er als pädagogisch unzulänglich ab.<sup>21</sup> Ziel seiner Gestaltungslehre war das „erfindende Bauen“, das durch zweckloses und vorurteilsfreies Probieren mit Materialien – durch „unfachliche Versuchsarbeit“<sup>22</sup> – entfaltet werden sollte. Exemplarisch für die schöpferische Entdeckung von Werkstoffen und Werkzeugen war das Studium von Papier: „Beispiel: Papier wird draußen (in Handwerk und Industrie) meist liegend und flach und geklebt verwendet, eine Seite des Papiers verliert dabei meist ihren Ausdruck, die Kante wird fast nie genutzt. Das ist uns Anlaß, Papier stehend, uneben, plastisch bewegt, beiderseitig und kantenbetont auszunutzen ... Anstatt zu kleben werden wir es binden, stecken, nähen, nieten,

also anders befestigen und es auf seine Leistung bei Zug- und Druckbeanspruchung untersuchen.“<sup>23</sup>



Abb. 4: Josef Albers und Studenten manipulieren ein Blatt Papier, Black Mountain College, New Haven, 1946

Das systematische Erforschen von Materialien kennzeichnet auch den computerbasierten Entwurfsansatz von Hensel und Menges. Wie Albers erkunden die Architekten mit ihren Studenten ungewohnte, flexible Materialien wie Papier, Holzfurnier, Stahlblech, Kunststoff, Textilgewebe oder Seilnetz, um neue Strukturverfahren jenseits des klassischen Stütze-Last-Prinzips zu erfinden. Dabei gerät die Faltung wie bei Albers zu einem Leitbildverfahren, weil sie ein nachgiebiges Material durch einfache Formung verfestigt.

### Entmaterialisierung

Albers suchte den „geringstmögliche[n] kompositorische[n] Aufwand, die Beschränkung auf das geometrische Element“,<sup>24</sup> um die Relation von „effort“ und „effect“ zu verbessern – ein Prinzip, das der Künstler seinen Schülern unter dem Stichwort „Ökonomie der Mittel“ handlungsverbindlich auferlegte. Mit Materialökonomie meinte er optimale Materialausnutzung. So gab es Übungen, in denen eine Form aus einem Material „möglichst ohne Verlust, ohne Verschnitt“<sup>25</sup> hergestellt werden sollte. Materialökonomie und Arbeitsökonomie griffen in Albers' Methode unmittelbar ineinander. Im Unterricht wurde das Prinzip der Arbeitsökonomie durch Beschränkung des Herstellungsprozesses auf wenige Arbeitsvorgänge und durch einen

eingeschränkten Werkzeuggebrauch vermittelt. Diese Restriktionen waren weniger ökonomisch als pädagogisch motiviert. Die Beschränkung auf einfaches Material und die Verpflichtung der Schüler auf material- und arbeitsökonomische Verfahrensweisen galten Albers als Kreativitätstechniken zur Herausbildung verschiedener Entwurfslösungen. Albers arbeitete stets in Serien, „weil es nicht nur eine einzige Lösung gibt für ein ästhetisches Problem“<sup>26</sup>. Seine gezeichneten, gemalten oder modellierten Formen existierten nicht als Einzelform im Sinne eines Unikats, sondern als unendliche Möglichkeiten potenzieller Formen. Statt einer Musterlösung standen für ihn verschiedene Lösungsansätze mit spezifischen Vorzügen gleichberechtigt nebeneinander, vorausgesetzt, dass die von ihm gesetzten Kriterien eingehalten wurden: „Das Verhältnis von Aufwand und Wirkung gilt als Wertmaßstab für das Arbeitsergebnis. Ein Element plus ein Element müssen außer ihrer Summe mindestens eine interessierende Beziehung ergeben.“<sup>27</sup>

Auch Hensel und Menges folgen in Entwurf und Lehre dem ökonomischen Prinzip, wobei sie mit ihren Materialsystemen nicht die Optimierung weniger bevorzugter Aspekte, sondern die Integration vielfältiger Anforderungen anstreben.<sup>28</sup> Analog zu Albers suchen sie weniger die Effizienz als die Effektivität eines Materialsystems zu steigern. Beschreibt die Effizienz die Wirtschaftlichkeit, bezeichnet die Effektivität die Wirksamkeit des Systems im Hinblick auf die gestellten Anforderungen.

Das Prinzip der Ökonomie der Mittel hatte für Albers auch ästhetische Bedeutung, denn der maßvolle Umgang mit Material führte in seinen Augen „zur Betonung der Leichtigkeit“<sup>29</sup> – ein Ziel, das auch die gespannten, biegsamen und durchlässigen Konstruktionen von Hensel und Menges verfolgen. Die Reduktion der Masse war ein Thema, das am Bauhaus besondere Aufmerksamkeit erhielt und in den transparenten Architekturen von Walter Gropius oder den gleichsam entmaterialisierten Sitzmöbeln von Marcel Breuer umgesetzt wurde. Die drastische Verringerung des Materialaufwandes bestimmte vor allem die Konstruktionsübungen von Moholy-Nagy, neben dem Albers in den Jahren 1923 bis 1928 lehrend im Vorkurs tätig war.<sup>30</sup> In seinem Unterricht entstanden Gefüge aus Holz, Metall, Glas und Kunststoff, die vielfach bis zur völligen

gen Durchsichtigkeit getrieben waren und Körper nur als Liniengerüst andeuteten. Diese Studien zur Raumerfahrung, die von den Raummodellen der russischen Konstruktivisten und Moholys eigenen Plastiken beeinflusst waren, reflektierten jene am Bauhaus seit Mitte der Zwanzigerjahre wirkende Idee der Ökonomisierung der Mittel, an dem die pädagogische Praxis von Albers einen zentralen Anteil hatte. Auch für Moholy förderte die Materialreduktion die gezielte Entwicklung neuer Strukturideen: „... jedes Gramm Ersparnis – bei gleichbleibender Wirkung – bedeutete oft einen kleinen Sieg des Erfinderischen.“<sup>31</sup> Breiten Raum nahmen in Moholys Vorkurs die Gleichgewichtsstudien ein, bei denen es darauf ankam, die aus einfachen Elementen sparsam zusammengesetzten, labilen Konstruktionen optisch und real in der Balance zu halten. Mit derartigen Übungen sollte den Schülern ein grundlegendes Verständnis für die Eigenschaften und das Verhalten von Materialien vermittelt werden: „Die Materialwerte Biegsamkeit, Dehnungsgrenze, Elastizität usw. werden bei diesen Arbeiten hineinkalkuliert.“<sup>32</sup>

### Faltung

Dass die Stoff- und Strukturforschungen des Bauhauses in gegenwärtigen Materialkonzepten wiederkehren, liegt nicht nur an dem experimentellen Umgang mit Material, sondern auch an dem zugrunde liegenden Begriff des Raumes als Beziehungssystem. Als Leitlinie für seinen Vorkurs und sein Buch *Von Material zu Architektur* (1929) diente Moholy die Entwicklung der Plastik vom massiven Block über den modellierten und perforierten Körper bis zur schwebenden und kinetischen Struktur.<sup>33</sup> Spannungsbeziehungen im Raum visualisierte der Künstler durch Stab- und Gitterwerke, durch Kabel und Netze oder durch die sichtbar gemachten Bewegungsmuster des Lichtes. Statt solider Körper beschwor er veränderliche Relationen: „Beziehung statt Masse“.<sup>34</sup> Diese Vorstellung von Raum vermittelten auch die Arbeiten der architektonischen Avantgarde in den 1990er Jahren. Peter Eisenman, der die „Architektur im Zeitalter der elektronischen Medien“<sup>35</sup> neu zu bestimmen suchte, sah den Nutzen des Rechners vor allem in der Organisation räumlicher Beziehungen. Die Fähigkeit des Rechners, Zusammenhänge, logische Ketten und Wirkungsgefü-

ge zu erfassen und zu gestalten, erlaubte ihm, architektonischen Raum als Beziehungsstruktur wahrzunehmen. Der Wandel des Raumbildes von der Idee des unabhängigen, absoluten Behälters zur Vorstellung der netzartigen, relationalen Ordnungsstruktur war für Eisenman eines der bezwingendsten Ergebnisse des „Projekts der Moderne“, das er als fundamentale Welterkenntnis in seinen Entwürfen veranschaulichen wollte.

Ausdruck des gewandelten Raumbildes waren neben Moholys Gleichgewichtsstudien auch Albers' Überlegungen zur Figur-Grund-Wahrnehmung, die Eisenman später in nahezu gleichem Wortlaut aufnehmen sollte. Aus dem Gedanken der Materialökonomie folgte Albers die Aufhebung der Trennung von Primär- und Sekundärformen: „Gleiche Berücksichtigung und Bewertung der Positiva und Negativa läßt nichts ‚übrig‘. Wir unterscheiden wesentlich nicht mehr tragend und getragen, wir lassen nicht mehr Scheidung zu in dienend und bedient, schmückend und geschmückt. Jedes Element oder Bauglied muß gleichzeitig helfend und geholfen wirksam sein, stützend und gestützt. So schwinden Sockel und Rahmen und damit das Denkmal, das auf einem Übermaß von Unterbau ein Untermaß von Getragenen trägt.“<sup>36</sup>

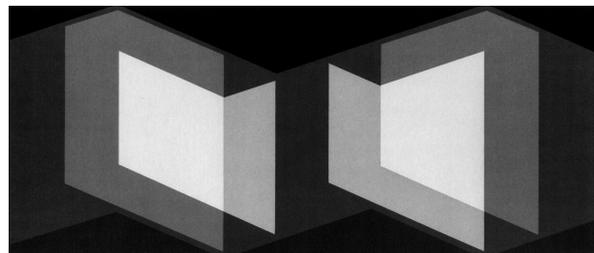


Abb. 5: Josef Albers, Biconjugate (Zweifaches Konjugieren)

Die Gleichwertigkeit von Figur und Grund bestimmte Albers' künstlerische Arbeiten ebenso wie seine Materialstudien im Unterricht. In seinem grafischen Werk irritierte der Künstler die Wahrnehmung des Betrachters durch mehrdeutig lesbare geometrische Formen, mit denen er den perspektivischen Bildraum aufzulösen suchte. Die räumlich dargestellten Linien- und Flächengefüge zeigte er in sich widersprechenden Ansichten, die einen ständigen Wechsel der Blickrichtung oder des Standortes des Betrachters bedingten. Albers' Forderung nach einer „Aktivierung der Negativa“<sup>37</sup>, der Zwischenräume, Restflächen und Ergänzungsvolumina, kennzeichnete vor allem die auf Fal-

tungen und Klappungen beruhenden Materialübungen seiner Schüler. In den Papierfaltungen verwandelte sich der Grund kontinuierlich in eine Figur und umgekehrt die Figur in den Grund. Nach Ansicht von Albers war die Gleichwertigkeit von Positivform und Negativraum nicht nur ein formales Problem, sondern auch Metapher eines Demokratieverständnisses, das den Unterschied von Über- und Unterordnung, von Herrschen und Dienen negiert.<sup>38</sup>

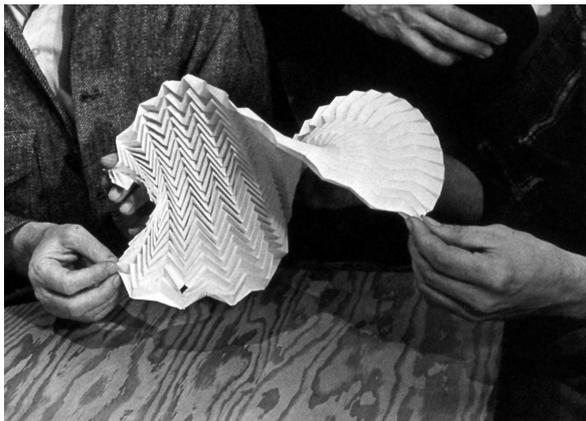


Abb. 6: Josef Albers untersucht eine Papierfaltung mit Studenten, Black Mountain College, New Haven, 1946

Die Gestaltvision einer hierarchielosen, auf gleichberechtigten Beziehungen aufbauenden Organisationsstruktur erhielt vor dem Hintergrund digitaler Kommunikations- und Gestaltungstechniken neuen Auftrieb. Die Falte wurde in den 1990er Jahren zu einem abstrakten Denkmodell und konkreten Raumbild einer neuen Architektur im Medienzeitalter erklärt. In Anlehnung an Gilles Deleuzes Analyse des Begriffs der Faltung bei Leibniz entwickelte Peter Eisenman die Vorstellung einer Architektur des Ereignisses, die sich selbst organisierend entfaltet.<sup>39</sup> Gleichzeitig verfasste er eine formale Vorschrift, nach der Raum durch Faltung seiner begrenzenden Oberflächen gebildet wurde. Ohne sich auf die Faltstudien von Albers zu beziehen, entwarf er einen analogen Begriff des entgrenzten Raumes. Er propagierte die Faltung von Flächen als Gegenprogramm zur traditionellen Raumgestaltung, die sich nach den cartesianischen Prinzipien der Trennung von Figur und Grund, innen und außen, oben und unten richtete. In der klassischen Architekturtheorie wurden Figur und Grund als zwei statische Zustände des architektonischen Objektes definiert, die jeweils ein unterschiedliches Raumkonzept begründeten. Aus der Betonung der Figur ging die Idee

des modernen Solitärs auf neutralem Grund hervor, die das Objekt in das Zentrum der Gestaltung stellte und eine Beziehung zwischen Figur und Grund negierte. Die Akzentuierung des Grundes motivierte die Vorstellung des postmodernen Kontextualismus, der in jedem Umfeld latente Strukturen als Ausgangspunkt für eine neue Gestaltung vermutete.<sup>40</sup> In beiden Fällen, so Eisenman, waren die Begriffe Figur und Grund „bestimmend und allumfassend“<sup>41</sup> und sorgten für eine Wahrnehmung des Raumes als starre Dreidimensionalität. Die Falte als „eine Art Mittelding oder dritte Figur“<sup>42</sup> zielte hingegen auf eine Dynamisierung von Raum, indem sie ein neues Verhältnis zwischen den Grundkategorien der traditionellen Sehweise ausdrückte. Mit der Faltung sollte dem Raum die Zeitdimension erschlossen werden: „Anders als der Raum der klassischen Sehhordnung überwindet der Gedanke des gefalteten Raumes die Wahrnehmungsfixierung zugunsten einer zeitlichen Modulation. Durch die Faltung wird nicht länger die planimetrische Projektion bevorzugt; stattdessen gibt es eine veränderliche Krümmung.“<sup>43</sup>

Leitbild für eine zeitlich modulierte Form, die einen kontinuierlichen Zusammenhang zwischen innen und außen schafft, war für Eisenman die Möbiusschleife, eine topologische Struktur, die nur eine Kante und eine Fläche hat.<sup>44</sup> Ein derartiges in sich gewundenes Endlosband bildete ein zentrales Motiv in der künstlerischen Arbeit von Max Bill, des ehemaligen Bauhaus-Schülers und späteren Gründungsrektors der Hochschule für Gestaltung in Ulm, die sich als legitimes Nachfolgeinstitut des historischen Bauhauses verstand.

Die Gestaltvision der sich selbst erzeugenden Form, die ihren sichtbaren Ausdruck in der Falte fand, wurde durch Albers' Vorkurs und das Bauhausprogramm maßgeblich bestimmt. Vor allem der nach 1923 einsetzende Umschwung vom Handwerklich-Romantischen zum Konstruktiv-Ingenieurhaften führte zur Betonung der Sachlichkeit und Zurückweisung des freien, individuellen Selbstaussdrucks. Das Ziel des Elementarunterrichts von Albers bestand in der Vermittlung gestalterischer Grundqualifikationen im Sinne einer „überindividuellen Gestaltungssprache“.<sup>45</sup> Albers war bemüht, alles Handschriftliche zu beseitigen und eine geometrisch einfache und technisch präzise For-

mensprache herauszubilden, unter deren Zuhilfenahme die Gestalt wie von selbst entstehen sollte.

Die Vorstellung der sich selbst organisierenden Form gewann in den 1990er Jahren erneut an Bedeutung, als Designer und Architekten im Computer ein geeignetes Instrument zur Erzeugung autorloser Entwurfsprozesse entdeckten. Für Eisenman lag die wesentliche Qualität des Rechners darin, Bilder zu schaffen, „die abgelöst sind von der Geschichte der Architektur und der Geschichte des konzeptionalisierenden Einzelnen“.<sup>46</sup> In seinen Entwürfen nutzte er die digitalen Techniken, um die Präsenz des Autors zurückzudrängen und selbstgenerierende Mechanismen der Gestaltbildung zu stärken. Auch das gegenwärtige Konzept der Materialsysteme von Hensel und Menges baut auf der Idee der selbsttätigen Formerzeugung auf, wobei digitale und analoge Selbstbildungsprozesse kombiniert werden. Parallel zu Albers betrachten sie die Form nicht als das Werk künstlerischer Imagination, sondern als das Ergebnis wechselseitiger Wirkverhältnisse von Material, Struktur und Umwelt. Die Form ist für sie nicht primär komponiertes Objekt, sondern materieller Träger möglicher Wirkungen.

### Raummembran

Hensels und Menges' Modell einer „Architektur in Wechselwirkung mit der Umwelt“<sup>47</sup> baut auf Konzepten auf, wie sie der Bauhausschüler Siegfried Ebeling unter dem Einfluss von Moholy und Albers in seiner 1926 veröffentlichten Schrift *Der Raum als Membran* propagierte.<sup>48</sup> Ausgehend von der biologischen Zelloberfläche beschrieb Ebeling die raumbegrenzende Fläche als semipermeable Trennschicht zwischen innen und außen. Die Wand war für ihn nicht nur funktional tragendes Teil oder abgrenzendes Element, sondern auch „eine Membran, die einen Druck feinerer Art aufzunehmen und weiterzugeben hat“.<sup>49</sup>

Ebeling studierte ab 1923 am Bauhaus in Weimar und arbeitete gleichzeitig in den Dessauer Werken des Flugzeugunternehmers Hugo Junkers, wo er 1926 an der Forschung zum Metallhaus beteiligt wurde. Im Jahr 1924 schrieb er in der Zeitschrift *Junge Menschen*, in dem Bauhäusler ihre ersten Manifeste veröffentlichten, über Kosmologie Raumzellen. Darunter verstand er bauliche Gebilde, die nicht mehr statisch, fest und undurchlässig waren, sondern im Austausch

mit ihrem Umfeld standen: „Der heute noch massivporös umkleidete Raum wird durch die Schöpfung neuer Strukturverhältnisse (Anwendung neuer technischer Verfahren) zu einer Membran zwischen unserem Körper als Kern und den plasmatischen Energien der Großwelt werden.“<sup>50</sup> In seiner zwei Jahre später in Dessau publizierten Schrift *Der Raum als Membran* forderte er, „daß das Haus aufzufassen ist als Durchgangsmittel eines kontinuierlichen, wenn auch in seiner Richtung mehrfach gebrochenen Kräftestroms“.<sup>51</sup> Ebeling formulierte einen Forschungsansatz, der nach einer Vermittlung zwischen den natürlichen Kräften und dem umbauten Raum suchte. Zentrales Problem bildete die Erschließung der kosmischen und terrestrischen Strahlung als Energiequellen, wobei das Haus zu einem Ort der Energieumwandlung erklärt wurde. Erkenntnisleitende Fragen waren etwa, ob Sonnenwärme in elektrischen Strom umgeformt und Temperaturdifferenzen aus Licht und Schatten heizen oder kühlen könnten.<sup>52</sup> Im Rahmen seiner Metallhaus-Forschungen bei Junkers skizzierte Ebeling die Idee einer reaktiven Raumbegrenzung: „Die Wandhaut ist einzig unter dem Gesichtspunkt zu bearbeiten, daß sie ein reaktionsfähiges, aktives System darstellt, welches auf das Strahlungsphänomen kräfteharmonisch abgestimmt ist und zugleich die physiologischen Grundbedingungen der Organismen intensiviert.“<sup>53</sup>

Hensel und Menges greifen diese Idee einer biologischen, die Prozesse des Zellstoffwechsels adaptierenden Architektur auf, ohne die Membrantheorie von Siegfried Ebeling zu erwähnen. Den Gestaltungsleitensatz der Bauhausmoderne „Form follows function“ verwandeln sie in „Form follows performance“<sup>54</sup>, wonach die Form nicht von ihrem Gebrauchszweck, sondern von ihrer Wirkung auf den Umraum abgeleitet wird. Wie ein Hüllorgan soll die architektonische Haut der Abgrenzung zwischen innen und außen, dem Schutz vor Umwelteinflüssen, der Repräsentation, Kommunikation und Wahrung des Inneren dienen und gleichzeitig über vielfältige Austauschfunktionen und Anpassungsmechanismen verfügen.

Der Gedanke, die Wand als Membran aufzufassen, bestimmte in den 1950/60er Jahren die plastischen und architektonischen Arbeiten der Schüler von Albers in den USA. Der Österreicher Erwin Hauer und

der Amerikaner Norman Carlberg, die bei Albers an der Yale University in New Haven studiert hatten, fertigten Skulpturen und Wandschirme aus geometrisch abstrakten Faltmodulen an.<sup>55</sup>



Abb. 7: Erwin Hauer, Architectural Screen, Showroom Knoll International, Mexico City, cast hydrostone, 1950

Für den amerikanischen Möbelhersteller Knoll entwarf Hauer perforierte Modulflächen aus sattelförmig gekrümmten Elementen, die in einem regelmäßigen Ordnungsraster fugenlos angeordnet waren und sich wie dreidimensionale Kacheln zu einem Muster verschränkten. Als semipermeable Trennschicht im Sinne Ebelings filterten und modellierten sie das einfallende Licht. Hensel und Menges beziehen sich offen auf die Arbeiten Hauers als Vorbilder.<sup>56</sup> Parallel zu Hauer verfolgen sie das Prinzip der Elementarisierung, das den modularen Systembau in Architektur und Design kennzeichnet. Wie die Protagonisten des modularen Bauens wecken sie mit ihren Materialsystemen die Erwartung der unbegrenzten Anpassung der Form an unterschiedliche Gebrauchszwecke. Unter Verwendung computergesteuerter Produktionstechniken, die eine Individualisierung der maschinell erzeugten Form erlauben, treiben sie die Zerlegung des Baukörpers durch Differenzierung der Teile bis zum Äußersten. Die individuellen Komponenten schaffen innerhalb eines Bauteils gleichzeitig offene und geschlossene Bereiche, durch die der Lichteinfall unterschiedlich gestaltet wird. Darüber hinaus fungiert die strukturierte Oberfläche als tragende Konstruktion, die je nach Lastfall lokal unterschieden wird.

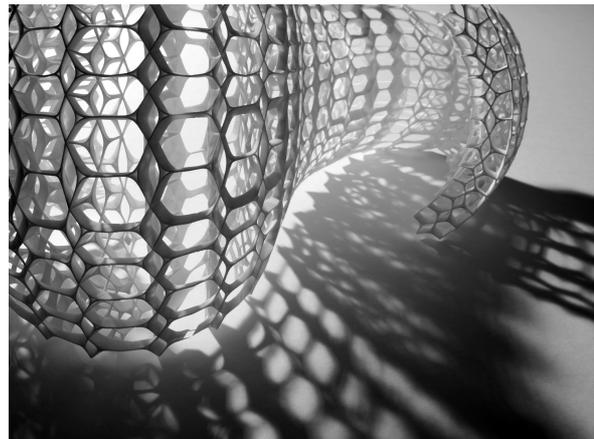


Abb. 8: Daniel Coll | Capdevila, Streifenmorphologien, 2004–2005

### Selbstbildung

Hensel und Menges verstehen ihre Materialkonstruktionen als Modelle einer flexiblen, adaptiven Architektur, die vor dem Hintergrund der Fusion von Biologie und Informatik als Leitwissenschaften eine neue Ausrichtung erfährt. Die Vorstellung einer reaktionsfähigen Architektur erreicht ihren vorläufigen Höhepunkt in der Idee eines Materialsystems, das auf wechselnde Umwelteinflüsse durch Formveränderungen in der Zeit reagiert. Im Jahr 2005 entwickelte Menges mit Designstudenten der HfG Offenbach eine sich selbsttätig öffnende und schließende Flächenstruktur, die auf dem Formungsverhalten von Holzblättern bei wechselnder Luftfeuchtigkeit beruhte.<sup>57</sup> Die Struktur wurde aus geometrisch individuellen Komponenten zusammengesetzt, die jeweils aus einer tragenden, offenen Faltstruktur und zwei flüssigkeitsempfindlichen Holzfurnierelementen bestanden. Bei hoher Luftfeuchtigkeit krümmten sich die Furnierelemente, wodurch sich eine Öffnung zwischen Tragstruktur und Deckfläche ergab.



Abb. 9: Steffen Reichert, Reaktive Flächenstruktur, 2005–2007

Die Beschäftigung von Hensel und Menges mit sich selbst erzeugenden Materialsystemen und generativen Modellen aus Natur, Wissenschaft und Technik lässt sich als Fortsetzung einer Traditionslinie auffassen, innerhalb derer Architekten, Theoretiker und Ingenieure nach einer Befreiung der Architektur von ästhetischen Vorgaben streben. Obwohl sich Verfahren und Formen geändert haben, ist die Selbstgenerierung der Gestalt über ein Jahrhundert hinweg Ziel der experimentellen Architektur gewesen. Die bekannte Polemik der avantgardistischen Vertreter im 20. Jahrhundert gegen allgemein anerkannte Stile oder gestalterische Systeme in Kunst und Architektur kann als Teil eines umfassenden Wandels von der Vorstellung der Vorherbestimmung zur Idee der Selbstgenerierung, von der Transzendenz zur Immanenz verstanden werden.<sup>58</sup> Die Materialstudien von Albers und die Konstruktionsübungen von Moholy sind Ausdruck dieses Paradigmenwechsels von der prädestinierten zur selbstorganisierten Form. Ihr Konzept der integralen Form- und Materialwerdung findet sich in den Tensegrity-Strukturen von Buckminster Fuller und den Leichtbaukonstruktionen von Frei Otto wieder. Die Bedeutung von Frei Otto für Hensel und Menges zeigt sich in der wiederholenden Darstellung seiner Konstruktionen in ihren zahlreichen Veröffentlichungen.<sup>59</sup> Zur Erforschung von Formen aus Selbstbildungsprozessen experimentierte Otto in den 1960er Jahren mit Materialien, die ein komplexes, elastisches Verhalten aufwiesen. So baute er etwa Modelle aus gespannten Seifenhäuten, um Konstruktionen aus Membranen oder Seilnetzen zu erforschen. Diese Selbstbildung lässt sich als „selbsttätige Formwerdung einer Konstruktion beschreiben, die den Gleichgewichtszustand der ihr innewohnenden und auf sie ausgeübten Kräfte in Abhängigkeit zu den jeweiligen Materialeigenschaften anstrebt“.<sup>60</sup> Hensel und Menges übertrugen die vom Material ausgehende Selbstbildung der Form ins Digitale. Im Unterschied zu den Leichtbaukonstruktionen der 1960er Jahre, die vor allem statischen Erfordernissen gehorchen mussten, integrieren sie in ihre Systeme widersprüchliche Interessen. Ein mögliches Problem dieser Synthese ist, dass die formbildenden Einflussgrößen so miteinander vermischt werden, dass die Wirkungen des Systems undeutlich und die Bewertungskriterien vage werden. Auch wenn sich

ihre Materialsysteme in der Praxis noch beweisen müssen, und Gebäudeentwürfe noch ausstehen, verändern Hensel und Menges den Blick auf das Verhältnis von erdachter und erbauter Architektur. Mit der Aufhebung der klassischen Trennung zwischen Form und Stoff und dem Einsatz neuer Technologien zur Untersuchung von Materialeigenschaften gehen sie über die rechnergestützten Formexperimente ihrer Vorgänger hinaus und entwickeln ein „digitales Handwerk“, das an die Material- und Konstruktionsstudien des Bauhauses anschließt. In der Auseinandersetzung mit dem physischen Material, die integraler Bestandteil der Bauhauslehre war, liegt gegenwärtig das Entwicklungspotenzial für die digitale Form in Design und Architektur.

## Endnoten

1. George Gilder, George A. Keyworth, Alvin Toffler (u.a.): „Cyber-space und der amerikanische Traum. Auf dem Weg zu einer elektronischen Nachbarschaft: eine Magna Charta für das Zeitalter des Wissens“, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung v. 26. August 1995, S. 30.
2. Vgl. Wagner 1998, Architektonika.
3. Die Architekten, die geschmeidige Computerformen entwarfen und baulich umsetzten, wurden zu „Blobmeistern“ ernannt. Den deutsch-englischen Begriff „Blobmeister“ prägte Ende der 1990er Jahre der amerikanische Architekt Wes Jones. Vgl. Schmal 2001, Blobmeister, S. 8.
4. Vgl. Wick 2000, Kunstschule, S. 56-59.
5. Rainer K. Wick: „Marginalien zur Geschichte des Vorkurses“, in: Krampen 2009, Albers, S. 5.
6. Vgl. Lynn 1998, Form.
7. Greg Lynn verwendete zur Formbildung vor allem das Modellierungs- und Animationsprogramm Maya der kanadischen Firma Alias. Ein direkter Vorläufer dieser Software mit dem Namen Power Animator wurde in der Filmindustrie erstmals 1993 für die Dinosaurier-Animationen im Spielfilm Jurassic Park von Steven Spielberg eingesetzt.
8. Vgl. Spuybroek 2004, NOX, S. 174-197.
9. Spuybroek 2006, Schinkel, S. 24.
10. Ebd.
11. Michael Hensel und Achim Menges (\*1975) lehren seit 2002 im Masterprogramm Emergent Technologies and Design an der Architectural Association School of Architecture (AA) in London. Hensel ist Gründungsmitglied des interdisziplinären Forschungsnetzwerkes Ocean und nimmt zurzeit eine Professur an der Oslo School of Architecture and Design wahr. 2005 wurde Menges an die Hochschule für Gestaltung in Offenbach am Main für die Studienschwerpunkte Visualisierung und Materialisierung im Fachbereich Produktgestaltung berufen. 2008 wechselte er zur Universität Stuttgart, wo er das Institut für computerbasiertes Entwerfen neu einrichtete. Menges lehrt als Gastprofessor an der Harvard University in Cambridge/USA. Ihren gemeinsamen Forschungs- und Entwurfsansatz stellten die Architekten 2006 in der AA-Publikation Morpho-Ecologies dar.
12. Vgl. Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 31.
13. Vgl. ebd., S. 20 ff.
14. Zum Unterricht von Albers siehe das Buch Josef Albers. To Open Eyes von Frederick A. Horowitz und Brenda Danilowitz (2006) sowie den Film Josef Albers. Beobachten und Formulieren von Martin Krampen (2009).
15. Albers, zit. n. Barker 2009, Vorkurs, S. 244.
16. Josef Albers (1888-1976) studierte ab 1920 am Bauhaus in Weimar, unterrichtete ab 1923 die Vorlehre und übernahm die Leitung der Werkstatt für Glasmalerei und später die für Tischlerei. Nach der Schließung des Bauhauses in Berlin wurde er zusammen mit seiner Frau Annie als erste Bauhäusler an das neu eröffnete Black Mountain College in North Carolina berufen.

- 1950 folgte er einer Berufung zum Direktor des Department of Design an die Yale University in New Haven. Ende 1953 und im Sommer 1955 war er als Gastdozent an der Hochschule für Gestaltung in Ulm tätig. Vgl. Wick 2000, Kunstschule, S. 164-185, 320 f., 350-358.
17. Albers 1928, Formunterricht, S. 3.
  18. Ebd., S. 7.
  19. Ebd., S. 6.
  20. Ebd., S. 5.
  21. Auch in seinen Zeichenübungen wies Albers weniger auf technische Fertigkeiten als auf die Möglichkeiten zur Sichtbarmachung geometrischer Beziehungen und materieller Wirkungen hin: „Gewellte Papierbänder an der Wand zeichnen wir ‚durchsichtig‘, konstruieren so zwangsläufig ‚mathematische Zusammenhänge‘“. Auch bei den Farbübungen wurde ausdrücklich die Benutzung von Farbpapieren empfohlen, um die Unregelmäßigkeiten bei der Benutzung von Pinsel und Pigmenten zu vermeiden. Vgl. Michael Götte: „Albers heute“, in: Krampen 2009, Albers, S. 15.
  22. Albers 1928, Formunterricht, S. 3.
  23. Ebd., S. 4.
  24. Albers, zit. n. Wissmann 1971, Albers, S. 8.
  25. Albers 1928, Formunterricht, S. 4.
  26. Albers, zit. n. Wissmann 1971, Albers, S. 8.
  27. Albers 1928, Formunterricht, S. 4.
  28. Vgl. Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 23.
  29. Albers 1928, Formunterricht, S. 4.
  30. Vgl. Wick 2000, Kunstschule, S. 156-159; Krause 2009, Beziehung.
  31. Moholy-Nagy 1929/1968, Material, S. 134.
  32. Ebd., S. 153.
  33. Vgl. ebd., S. 92-192.
  34. Ebd., S. 202.
  35. Eisenman 1995, Unfolding.
  36. Albers 1928, Formunterricht, S. 5.
  37. Ebd., S. 4.
  38. Vgl. ebd., S. 4 f.; Wick 2000, Kunstschule, S. 183.
  39. Vgl. Eisenman 1995, Entfaltung.
  40. Vgl. ebd., S. 194 ff.
  41. Ebd., S. 196.
  42. Ebd., S. 200.
  43. Eisenman 1995, Unfolding, S. 211.
  44. Eisenmans programmatischer Entwurf für das Max-Reinhardt-Haus in Berlin (1992) baute auf dem Motiv der einseitig berandeten Fläche auf, deren Modell sich durch gegensinniges Zusammenfügen zweier Kanten eines Bandes herstellen ließ. Vgl. Davidson 2006, Eisenman, S. 22-227.
  45. Kröll 1974, Bauhaus, S. 55.
  46. Eisenman 2008, Interview, S. 44.
  47. Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 24.
  48. Ebeling 1926, Membran. – Zu Ebeling siehe Scheiffele 2003, Membran.
  49. Ebeling, zit. n. Scheiffele 2003, Membran, S. 190.
  50. Ebeling 1924/1980, Raumzellen, S. 173.
  51. Ebeling 1926, Membran, S. 34.
  52. Einen der wichtigsten Strahlungsvorgänge im Haus erkannte Ebeling in der Lichtzufuhr. In seinem Entwurf eines Einraumhauses von 1926 formte er Fenster zu Prismen um und versah sie mit Farbfiltern, womit nicht nur eine verbesserte Belichtung erreicht, sondern auch wechselnde Atmosphären der Innenräume erzeugt werden sollten. Die Idee einer Membran, die am leichtesten durch die halbdurchlässige Beschaffenheit des Glases zu verstehen ist, dürfte auch Albers beschäftigt haben, der 1923 mit der Leitung der Werkstatt für Glasmalerei betraut wurde und farbige Glasfenster entwarf. Vgl. Scheiffele 2003, Membran, S. 185 f., 191; Wick 2000, Kunstschule, S. 166-168.
  53. Ebeling, zit. n. Scheiffele 2003, Membran, S. 190.
  54. Vgl. Hensel/Menges 2008, Archplus.
  55. Vgl. Hauer 2004, Continua.
  56. Vgl. Hensel/Menges 2006, Morpho-Ecologies, S. 21 f.; Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 39.
  57. Vgl. Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 44 f.
  58. Vgl. Mertins 2004, Biokonstruktivismus, S. 360.
  59. Vgl. Hensel/Menges 2006, Morpho-Ecologies, S. 19, 29 f., 328; Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 20, 47, 67.
  60. Hensel/Menges 2008, Archplus, S. 20.

## Bibliographie

- Albers, Josef: „Werklicher Formunterricht“, in: Bauhaus Nr. 2/3, 1928, S. 3-7
- Albers, Josef: Formulation : Articulation, mit einem Text von T. G. Rosenthal, Leipzig 2006
- Barker, Oliver: „Albers' Vorkurs. Funktion und Material“, in: Modell Bauhaus, hrsg. v. Bauhaus-Archiv Berlin/Museum für Gestaltung, Stiftung Bauhaus Dessau und Klassik Stiftung Weimar, Ostfildern 2009, S. 243-46
- Davidson, Cynthia (Hg.): Auf den Spuren von Eisenman, Sulgen 2006
- Ebeling, Siegfried: „Kosmologie Raumzellen“, in: Bauhaus Weimar, Sonderheft der Zeitschrift Junge Menschen Nr. 8, November 1924, Reprint 1980, S. 173 f.
- Ebeling, Siegfried: Der Raum als Membran ist ein analytisch-kritischer Beitrag zu Fragen zukünftiger Architektur, die über das nackte Bedürfnis hinausgeht und hiermit sich legen möchte in die gestaltende Hand aller Wissenschaft, Dessau 1926
- Eisenman, Peter: „Die Entfaltung des Ereignisses“, in: ders., Aura und Exzess. Zur Überwindung der Metaphysik der Architektur, Wien 1995, S. 193-201
- Eisenman, Peter: „Visions' Unfolding. Architektur im Zeitalter der elektronischen Medien“, in: ders., Aura und Exzess. Zur Überwindung der Metaphysik der Architektur, Wien 1995, S. 203-215
- Eisenman, Peter: „Interview“ v. Selim Koder, in: Intelligente Ambiente, Ars Electronica, Festival-Katalog, hrsg. v. Karl Gerbel und Peter Weibel, Bd. 1, Linz 1994, S. 44-50; im Internet veröffentlicht unter: [http://90.146.8.18/de/archives/festival\\_archive/festival\\_catalogs/festival\\_artikel.asp?ProjectID=8672](http://90.146.8.18/de/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?ProjectID=8672) (aufgerufen: März 2010)
- Hauer, Erwin: Continua. Architectural Screens and Walls, New York 2004
- Hensel, Michael/Menges, Achim (Hgg.): Morpho-Ecologies. Towards Heterogeneous Space in Architectural Design, London 2006
- Hensel, Michael/Menges, Achim (Gastred.): Versatility and Vicissitude. Performance in Morpho-Ecological Design, AD Architectural Design, Profile 192, London 2008
- Hensel, Michael/Menges, Achim (Gastred.): Form follows Performance. Zur Wechselwirkung von Material, Struktur, Umwelt, Archplus Nr. 188, Juli 2008
- Horowitz, Frederick A./Danilowitz, Brenda: Josef Albers. To Open Eyes. At the Bauhaus, Black Mountain, and Yale, London 2006
- Krampen, Martin u.a. (Hgg.): Josef Albers. Beobachten und Formulieren, Grundkurs mit Übungen, nach einem Filmskript von Josef Albers, Stuttgart 2009, DVD mit einem Booklet
- Krause, Joachim: „Beziehung statt Masse'. Raumkonstruktionen im Unterricht von Moholy-Nagy“, in: Modell Bauhaus, hrsg. v. Bauhaus-Archiv Berlin/Museum für Gestaltung, Stiftung Bauhaus Dessau und Klassik Stiftung Weimar, Ostfildern 2009, S. 137-140
- Kröll, Friedhelm, : Bauhaus 1919-1933. Künstler zwischen Isolation und kollektiver Praxis, Düsseldorf 1974
- Lynn, Greg: Animate Form, New York 1998
- Mertins, Detlef, : „Biokonstruktivismus“, in: Lars Spuybroek, NOX. Bauten und Projekte. Machining Architecture, München 2004, S. 360-369
- Moholy-Nagy, László: Von Material zu Architektur (1929), hrsg. v. Hans M. Wingler, Mainz/Berlin 1968
- Neumann, Eckhard (Hg.): Bauhaus und Bauhäusler. Erinnerungen und Bekenntnisse, Köln 1985
- Rappolt, Mark (Hg.): Greg Lynn Form, New York 2008
- Scheiffele, Walter: Metall und Membran, in: ders.: Bauhaus, Junkers, Sozialdemokratie. Ein Kraftfeld der Moderne, Berlin 2003, S. 185-197
- Schmal, Peter Cachola (Hg.): Digital, real. Blobmeister: Erste gebaute Projekte, Basel/Boston/Berlin 2001
- Spies, Werner: Albers, Stuttgart 1970. (= Kunst heute, 15)
- Spuybroek, Lars: NOX. Bauten und Projekte. Machining Architecture, München 2004
- Spuybroek, Lars: „Flexibler Schinkel. Im Gespräch mit Judit Solt“, in: Archithese Nr. 4, Juli/August 2006, S. 20-25
- Wagner, Kirsten: „Architektonika in Erewhon: Zur Konjunktur architekturnaler und urbaner Metaphern“, in: Wolkenkuckucksheim Nr. 1, Mai 1998
- [http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/wolke\\_deu/Themen/981/Wagner/wagner\\_t.html](http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/wolke_deu/Themen/981/Wagner/wagner_t.html) (aufgerufen: Februar März 2010)
- Wick, Rainer K.: Kunstschule der Moderne, Ostfildern-Ruit 2000
- Wick, Rainer K.: Bauhaus. Kunst und Pädagogik, Oberhausen 2009. (Artificium – Schriften zu Kunst und Kunstvermittlung, hrsg. v. Kuni- bert Bering, 33)
- Wissmann, Jürgen: Josef Albers, Recklinghausen 1971. (= Monographien zur rheinisch-westfälischen Kunst der Gegenwart, 37)

## Abbildungen

Abb. 1: Lars Spuybroek/NOX, Son-O-House, Son en Breugel, Niederlande, 2000–04, Modell aus Papierstreifen, Galerie Aedes, Berlin, 2001, Foto: C. Höfler

Abb. 2: Achim Menges, Paperstrip Morphologies, AA School, London, 2004–05, Manipulation eines Papierstreifens (© Achim Menges)

Abb. 3: Achim Menges, Paperstrip Morphologies, AA School, London, 2004–05, Modell aus Papierstreifen (© Achim Menges)

Abb. 4: Josef Albers und Studenten manipulieren ein Blatt Papier, Black Mountain College, New Haven, 1946, Fotografie (Horowitz/Danilowitz 2006, Albers, S. 125, Foto: Genevieve Naylor, © The Josef and Anni Albers Foundation)

Abb. 5: Josef Albers, Biconjugate (Zweifaches Konjugieren), Siebdruck, Portofolio II: 7 (Albers 2006, Formulation, S. 107, © The Josef and Anni Albers Foundation)

Abb. 6: Josef Albers untersucht eine Papierfaltung mit Studenten, Black Mountain College, New Haven, 1946, Fotografie, Detail (Horowitz/Danilowitz 2006, Albers, S. 77, Foto: Genevieve Naylor, © The Josef and Anni Albers Foundation)

Abb. 7: Erwin Hauer, Architectural Screen, Showroom Knoll International, Mexico City, cast hydrostone, 1950 (Hauer 2004, Continua, S. 15, © Princeton Architectural Press)

Abb. 8: Daniel Coll I Capdevila, Streifenmorphologien, 2004–2005, AA School Diploma Unit 4, London, Projektbetreuung: Michael Hensel, Achim Menges (© Michael Hensel, Achim Menges)

Abb. 9: Steffen Reichert, Reaktive Flächenstruktur, 2005–2007, HfG Offenbach, Projektbetreuung: Achim Menges, Prototyp mit geöffneten Holzurnierelementen (© Achim Menges)

## Zusammenfassung

Entgegen des oft entworfenen Szenarios von der Verflüchtigung des Materiellen im Digitalen beginnen gegenwärtige Form-Auseinandersetzungen in Design und Architektur mit dem Studium des Werkstoffs. Dabei wird die Hinwendung zum Material nicht als Maßnahme gegen die zunehmende Digitalisierung des Entwurfsprozesses verstanden, sondern als notwendige Ergänzung. Für einen Paradigmenwechsel von der Ent- zur Rematerialisierung der Form werben vor allem die deutschen Architekten Michael Hensel und Achim Menges mit ihrem Konzept der Materialsysteme. Grundlegender Unterschied zu bisherigen rechnergebundenen Entwurfsansätzen ist, dass ihre gestalterische Tätigkeit mit der Untersuchung eines realphysischen Materials beginnt. Zur Formbildung werden Materialeigenschaften, Fügungstechniken und Fertigungsmöglichkeiten erkundet und als Parameter in ein digitales 3D-Modell eingeschrieben, das je nach Anforderung lokal differenziert werden kann. Verborgene Leitbilder für diese Materialeexperimente sind die Stoff- und Strukturübungen am Bauhaus der Zwanziger Jahre. Vor allem die Studien von Josef Albers, die der Erforschung der konstruktiven, funktionalen und ökonomischen Möglichkeiten von Material galten, finden Eingang in die Vorstellung der analog-digitalen Formwerdung. Für Albers war die Form weniger das Werk künstlerischer Imagination, als das Ergebnis

wechselseitiger Wirkverhältnisse von Material, Struktur und Umwelt. Seine Forderung nach einer Aktivierung der Zwischenräume, Restflächen und Ergänzungsvolumina gewinnt vor dem Hintergrund topologischer Computerflächen erneut an Aktualität. Mit der Papierfaltung nahm er ein zentrales Formbildungsverfahren der rechnerbasierten Entwürfe vorweg. Sein Verständnis der Form als Wirkungsträger bestimmt bis heute die Vorstellung einer performativen Gestalt, die eine flexible Anpassung an spezifische Umweltanforderungen erlauben soll.

## Autorin

Carolin Höfler ist Kunsthistorikerin und Architektin. Sie lehrt an der Technischen Universität Braunschweig am Institut für Entwurf, Medien und Darstellung. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Raumtheorie und Formgeschichte des Digitalen in Architektur und Design sowie Kulturtechniken und Medien des Entwerfens. Im Herbst 2009 promovierte sie bei Horst Bredekamp mit der Arbeit „Form und Zeit. Computerbasiertes Entwerfen in der Architektur“ an der Humboldt-Universität zu Berlin.

## Titel

Carolin Höfler: „Seeing by Doing“. Albers und das Materielle im Digitalen; in: kunsttexte.de., Themenheft 1: Kunst und Design, G. Jain (Hg.), 2010 (12 Seiten), [www.kunsttexte.de](http://www.kunsttexte.de)