

new move
Architektur in Bewegung

Birkhäuser
Basel

new

Architektur in Bewegung – Neue dynamische Komponenten und Bauteile

Michael Schumacher Michael-Marcus Vogt Luis A. Cerdón Krumme

move

■ Inhaltsverzeichnis

- 7 Vorwort
- 8 Die Poesie der Bewegung 4.0
Michael Schumacher
- 12 Bewegung: Visionen
Christina Chalupsky
- 14 Urbane Mobilität und Stadtstruktur
Max Schwitalla
- A Theorie und Planung**
- 1 Konzepte von Bewegung am Objekt und im Raum**
- 18 1.1 Perfect Skin –
Faszination neue Materialien
Klaudia Kruse
- 22 1.2 CFK-Strukturen:
Verwendung in der Luftfahrt –
Anwendung in der Architektur
Carsten Schmidt
- 26 1.3 Textil in Bewegung
Sara Nester, Shankar K. Jha
- 28 1.4 Bioinspirierte Elastizität
Jan Knippers, Axel Körner
- 30 1.5 Urbane Seilbahnen als dynamische
Elemente in Stadt und Architektur
Laura Kienbaum
- A Theorie und Planung**
- 2 Grundlagen von Bewegung und Konstruktion**
- 34 2.1 Raum auf Abruf – Flexible Architekturen
für wandelbare Städte
Paul Clemens Bart, Marvin Bratke
- 38 2.2 3D-Druckverfahren:
Replicate Architecture
Mirco Becker
- 40 2.3 Aktiv und wandelbar:
zukünftige Bewegungsstrategien
Arndt Goldack, Mike Schlaich
- 42 2.4 Shape Memory – Bewegung durch
Formgedächtnislegierungen
Jonas Kleuderlein, Sara Kukovec
- 44 2.5 Soft Robotics: Verformung und
Bewegung von weichen Komponenten
Annika Raatz, Mats Wiese
- B Anwendungen und Funktionen**
- 1 Nutzungen ändern und erweitern**
- 48 1.1 Moving Mobiliar
Olaf Schroeder
- 50 1.2 Adaptivität als Methode
Kaja Schelker, Werner Sobek
- 54 1.3 Typologie wandlungsfähiger Fassaden
Winfried Heusler
- 58 1.4 Wandelbare Dächer
Knut Stockhusen, Knut Göppert
- 62 1.5 Adaptive Wohnhäuser
Richard Murphy
- B Anwendungen und Funktionen**
- 2 Energie sparen und gewinnen**
- 68 2.1 Smart Skins
Brian Cody
- 72 2.2 Bewegliche Elemente für die Nutzung
von Sonnenenergie
Arno Schlüter, Uta Gelbke
- 76 2.3 Robustheit und Autoreaktivität:
Temperaturregulierung mittels
Dehnstoffelementen
Philipp Lionel Molter, Thomas Auer
- 80 2.4 Energiegewinnung in der Stadt der
Zukunft
Werner Jager, Laura Bugenings,
Markus Schaffer
- 84 2.5 Bewegliche und adaptive
Dünnglas-Lösungen
Jürgen Neugebauer,
Markus Wallner-Novak

B Anwendungen und Funktionen

3 Interaktion: Bewegung aufnehmen, lenken und abbilden

- 90** 3.1 Dynamische Gestaltung mit Licht:
Medienfassaden
Thomas Schielke
- 94** 3.2 4dTEX
Claudia Lüling, Johanna Beuscher
- 98** 3.3 Scherengestänge als Elemente adaptiver
Morphologien
Yenal Akgün, Feray Maden, Şebnem Gür,
Gökhan Kiper, Koray Korkmaz,
Engin Aktaş, Müjde Yar Uncu
- 102** 3.4 Bewegliche Brücken
Cezary M. Bednarski

C Gebäude und Bauteile

Schwenken / Drehen

- 108** Livraria da Vila
Isay Weinfeld
- 110** Sharifi-ha House
Nextoffice + Alireza Taghaboni
- 112** Gourmetrestaurant Steirereck
PPAG architects
- 114** Cirkelbroen
Olafur Eliasson
- 116** Scale Lane Bridge
McDowell + Benedetti Architects
Alan Baxter Ltd (Tragwerksplanung)

- 118** La Seine Musicale
Shigeru Ban Architects +
Jean de Gastines Architectes

C Gebäude und Bauteile

Rotieren

- 120** Dancing Pavilion
Estudio Guto Requena
- 122** MPavilion 2017
Office for Metropolitan Architecture (OMA)
- 124** Kielder Observatory
Charles Barclay Architects
- 126** Piscine Tournesol
Urbane Kultur Architectes
- 128** Moving Landscapes
Matharoo Associates
- 130** Odins Bro
ISC Consulting Engineers A/S
mit Bystrup Arkitekter og Designere

C Gebäude und Bauteile

Klappen

- 132** Paperhouse
Heatherwick Studio
- 134** Renault Symbioz House 33
Marchi Architectes
- 136** Theaterturm am Julierpass
Giovanni Netzer, Walter Bieler
- 138** Duke of York Restaurant
NEX-Architecture

- 140** Inderhavnsbroen
Studio Bednarski mit COWI UK
- 142** Wembley Stadion
Foster + Partners

C Gebäude und Bauteile

Schieben

- 144** Aktivhaus B10
Werner Sobek
- 146** MPavilion 2014
Sean Godsell Architects
- 148** Ballet Mécanique
Manuel Herz
- 150** Villa Chardonne
MADE IN Architecture
- 152** Gdańsk Shakespeare Theatre
Renato Rizzi mit Proteco Engineering S.r.l.
- 154** Olympic Tennis Centre
Dominique Perrault Architecture

C Gebäude und Bauteile

Falten

- 156** Canary Wharf Kiosk
Make Architects
- 158** Café-Restaurant OPEN
Pi de Bruijn und de Architekten Cie.
- 160** Mokyeonri Wood Culture Museum
Eunju Han + softarchitecturelab

- 162** Besucherzentrum Parlament
GEISWINKLER & GEISWINKLER –
Architekten ZT GmbH
- 164** Kinder- und Herzzentrum der Universität
Innsbruck
Nickl & Partner Architekten
- 166** Al Bahar Tower
AHR

Gebäude und Bauteile

Schwingen

- 168** Windswept
Charles Sowers
- 170** Wave Wall
Charles Sowers, Shawn Lani und
Peter Richards
- 172** Curtain Door
Matharoo Associates
- 174** Bewegliche Fußgängerbrücke in Stalhille
NEY + Partners
- 176** Lower Hatea River Crossing
Knight Architects
- 178** Merchant Square Footbridge
Knight Architects

Gebäude und Bauteile

Verformen

- 180** „La ville molle“
Atelier Raum

- 182** Kinetic Wall
Barkow Leibinger
- 184** Bezier Concertina Display
Stacklab
- 186** IBA Soft House
Kennedy & Violich Architecture
Knippers Helbig Advanced Engineering
- 188** MegaFaces
Asif Khan Ltd. mit iArt
- 190** One Ocean
soma architecture
Knippers Helbig Advanced Engineering

Gebäude und Bauteile

Komplexe Bewegungen

- 192** XXXX sofa
Yuya Ushida
- 194** EvolutionDoor
Klemens Torggler
- 196** Fissured Living
Matharoo Architects
- 198** Scherenbrücke am Jet d'Eau
Ingeni Ingenieure + MID Architecture
- 200** The Bund Finance Center
Heatherwick Studio und Foster + Partners
- 202** Institut du Monde Arabe
Jean Nouvel, Gilbert Lézénès,
Pierre Soria, Architecture Studio

- 206** Über die Autoren und Beiträge
- 214** Nachweise und Dank
- 216** Abbildungsnachweis
- 219** Sponsoren
- 223** Impressum

■ Vorwort

Zehn Jahre nach Erscheinen der ersten Move-Publikation stellt sich wieder die Frage: Was bewegt uns, was bewegt die Architektur und was bewegt sich in der Architektur?

Der ästhetische Reichtum bewegter Objekte im Raum ist ein prägendes Moment für unsere Wahrnehmung. Dem Reiz einer eleganten Bewegung kann sich niemand entziehen.

Insbesondere wenn diese die Gestalt des Gebäudes radikal verändert. Die Veränderung wird zum bestaunten Erlebnis, sei es im schnellen Wechsel zwischen zwei verschiedenen Zuständen oder in der kontinuierlichen Anpassung an sich verändernde Bedingungen. Durch die Kopplung mehrerer gleichartiger beweglicher Bauteile oder durch eine individuelle Choreographie der beweglichen Elemente lässt sich dieser visuelle Effekt zusätzlich steigern. Gesucht sind einfache Systeme, die komplexe Bewegung in die Erscheinung bringen und funktionsgerecht agieren.

Die Komposition spielt dabei ebenso eine Rolle wie das Spiel mit den Kräften. Die Herausforderung liegt im Zusammenspiel der unterschiedlichen Faktoren, welches auf das Wesentliche reduziert werden muss. Gesucht sind einfache Systeme, die komplexe Bewegung in die Erscheinung bringen und funktionsgerecht agieren.

Am Institut für Entwerfen und Konstruieren, Leibniz Universität Hannover, vermitteln wir den Prozess des Entwerfens und Konstruierens in den Wechselwirkungen der zahlreichen Einflüsse auf das Bauteil. Wir lehren bzw. lernen dies unter anderem an Studien zu beweglichen Bauteilen. In der Konzeption und Entwicklung funktionsfähiger Bewegungsabläufe, die vor allem im gebauten Modell überprüft werden, liegt ein hohes Erkenntnispotenzial über das Zusammenwirken von Material und Fügung sowie über die Umsetzung eines Konzeptansatzes in die Realität.

Im Konstruktionsdetail werden Kräfte vereint und verzweigt, treffen unterschiedliche Werkstoffe aufeinander, werden Toleranzen gepuffert und Funktionen vernetzt. Die Bewältigung der dabei typischerweise multidisziplinären Problemstellung auf kleinstem Raum ist das eigent-

liche Problem des Details/Bauteils. Durch den Aspekt der Beweglichkeit wird es um ein Vielfaches komplexer.

In verschiedenen Seminaren und unter Beobachtung der Architektur- und Technikentwicklung haben wir den Aspekt der Bewegung in der Architektur weiter verfolgt und erforscht. *New Move* dokumentiert den aktuellen Stand in Forschung und Praxis. In der langjährigen Forschungsphase bis zum heutigen *New Move* haben sich wichtige Erkenntnisse angedeutet, welche Aspekte für bewegliche Bauteile sinnvoll sind und für zukünftige Strategien geeignet erscheinen. Zielführend können dabei eine Vereinfachung der Bauweise, der Transfer von Innovationen und die modulare Verkettung von kleinen Systemen zu größeren Komponenten sein.

In *New Move* werden diese Möglichkeiten diskutiert und inspirierende Blicke für weitere visionäre Konzepte eröffnet. Wir bedanken uns bei den Autoren und unserem Team, die dieses Buch inhaltlich und grafisch mit großem Engagement ermöglicht haben. Ebenso gilt der Dank unseren Sponsoren, ohne deren Unterstützung das Buchprojekt nicht umzusetzen gewesen wäre. Allen Lesern wünschen wir viele neue Erkenntnisse für ihre Praxis und Freude an neuen Gestaltungskonzepten und baulichen Lösungen mit beweglichen Bauteilen.

Michael Schumacher, Michael-Marcus Vogt, Luis A. Cordón Krumme
im August 2019



BB-8 – Star Wars

■ Die Poesie der Bewegung 4.0

Michael Schumacher

Im Januar 2007 wurde zum ersten Mal das iPhone von Steve Jobs auf der Macworld Conference & Expo in San Francisco vorgestellt. Am Jahresende waren bereits mehr als eine Million iPhones weltweit verkauft.

Im Band *Move*, der dem vorliegenden Band 2010 voranging, habe ich in der Einleitung versucht, die Bedeutung von Bewegung, von eleganter, sinnlicher Bewegung, am damals noch für viele ungewohnten Umgang mit den Bedienelementen eines Smartphones zu verdeutlichen. Das „Aufziehen“ von „Fenstern“ war auch 15 Jahre nach dem ersten Handy-Touchscreen von IBM etwas völlig Neues, ebenso wie überhaupt die Tatsache, dass dieselbe Stelle eines Bildschirms bei Berührung alle möglichen Funktionen übernehmen kann.

Ich habe damals versucht aufzuzeigen, wie allgegenwärtig und unabdingbar unsere Empfindung von Balance, von Gewicht und Statik in jeglicher Bewegung ist, obwohl diese Eigenschaften innerhalb einer elektronischen Welt ja ohne weiteres verzichtbar erscheinen.

Was für eine Veränderung hat die Welt inzwischen durch diese Technologien erfahren! Man erwischt nicht nur kleine Kinder, sondern auch sich selbst bei dem Versuch, auf allen möglichen Oberflächen etwas „aufziehen“ zu wollen, um dann enttäuscht festzustellen, dass das ein normaler „alter“ Fernseher oder gar der Spiegel im Bad ja gar nicht können kann. In dieser Weise wird sicherlich auch die Weiterentwicklung der sogenannten Gestensteuerung neben viel brauchbarem praktischem Nutzen eine Menge Komik in unser Alltagsleben bringen. Wer da

alles winken und fuchteln wird, um zu versuchen, das Schiebedach zu öffnen oder zu schließen; schade, dass Lorient uns schon verlassen hat, er hätte es sicher auf meisterhafte Weise vermocht, uns schalkhaft auch diese Absurdität des Daseins vorzuführen. Eines steht jedenfalls fest: Die Bedeutung von Bewegung im weitesten Sinn hat zugenommen. Millionen von Menschen radeln, joggen, laufen in riesigen Gruppen zusammen durch die Städte. In diesem Buch interessiert uns aber nicht Bewegung im Sinne von Rekorden oder zählbaren Einheiten, uns interessiert die Poesie, die Schönheit von Bewegung, das, was unser Leben bereichert über das materiell Notwendige hinaus.

Bewegung und Emotion

Eine Neuschöpfung aus dem Bereich des Films, die mich in Bezug auf unser Thema in den letzten Jahren am meisten und tief beeindruckt hat, ist der kleine Roboter BB-8, der in der *Star Wars*-Episode „Das Erwachen der Macht“ R2-D2 ersetzt hat. Die rollende Kugel, geschaffen von J. J. Abrams als Zeichner, der dem Androiden auch den Namen gab, Lawrence Kasdan und Michael Arndt und sicherlich einer Heerschar anderer Beteiligten, verkörpert unglaublich gut die Magie, die in der Gestaltung von Bewegung liegt.

Was könnte unpraktischer und aller Voraussicht nach unpräziser in Bezug auf exaktes Steuern sein als eine Kugel, auf der ein rollender Kopf versucht, die Balance zu halten. Jeder, der wie ich den drolligen Burschen als Sphero BB-8 erworben hat, weiß, wie unkalkulierbar die Kugel mit iPhone-App-Steuerung

übers Parkett schlittert, ständig den Kopf verliert, um dann nach wahnsinniger Zickzackfahrt unter dem Heizkörper zu verschwinden. Aber ungeachtet der im richtigen Roboterleben nicht so unwichtigen Steuerungseigenschaften ist BB-8 ein Meister des Ausdrucks, der R2-D2 weit in den Schatten stellt. Der „free-moving domed head“ schafft es dermaßen überzeugend, Nachdenken, Zweifel, Skepsis, Entschlossenheit und Zuwendung auszudrücken, dass man ihn trotz seiner offensichtlich harten Oberfläche einfach knuddeln möchte. Für mich ist das ein fantastisches Beispiel, wie – durchaus komplexe – mechanische Bewegung unmittelbar Gefühle ausdrücken kann.

Dieses Buch handelt von weniger spektakulären, mit weniger großen Budgets erreichten Lösungen auf dem Gebiet der mechanischen Bewegung. Aber auch auf dieser ganz praktischen Seite von Bewegung ist Wichtiges entstanden.

Bewegung und Nutzen

Mein Partner im Büro hat mir zum Geburtstag ein wundervolles Geschenk gemacht: ein elektrisch angetriebenes und elektronisch stabilisiertes Einrad. Das ist mein neues Stadtfahrzeug, handlich, schnell genug und sehr platzsparend. Es passt hervorragend in den Zusammenhang dieses Buches, erfüllt es doch genau das Anforderungsprofil, einerseits praktisch und benutzbar, darüber hinaus aber auch poetisch, interessant und verblüffend zu sein.

Einen Nachteil gibt es: Es existiert bisher keine staatliche Regelung, wie mit dem Fahrzeug im öffentlichen Raum umzugehen ist. Deshalb ist es lei-



Stadtfahrzeug: elektrisch angetriebenes und elektronisch stabilisiertes Einrad

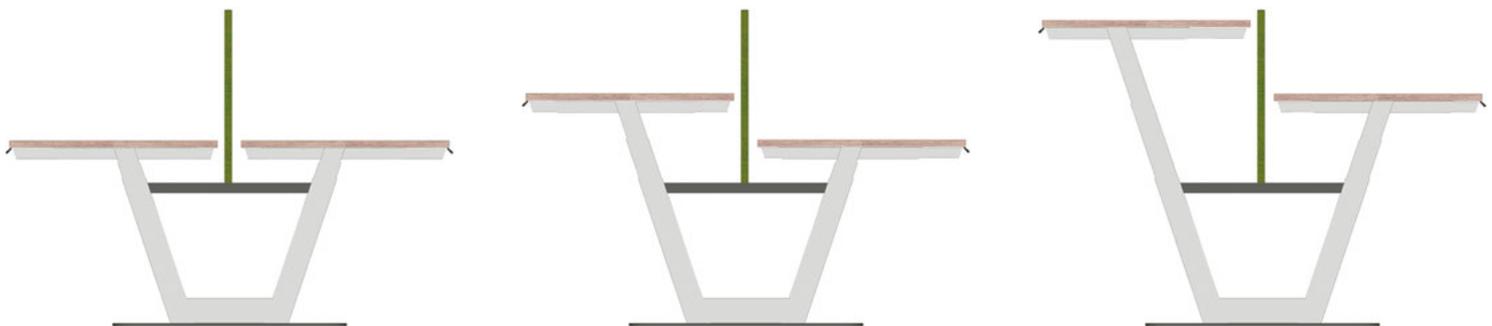
der bisher nicht zugelassen und wurde, vielleicht etwas überambitioniert, von vier Polizisten am Frankfurter Bahnhof sichergestellt, als ich versuchte friedlich nach Hause zu fahren. Um der deutschen Justiz Gerechtigkeit widerfahren zu lassen: Das damit verbundene Verfahren wurde inzwischen eingestellt und ich nutze das wundervolle Gefährt nur noch, um in unserem Archivkeller von einem Ende zum anderen zu gelangen.

Was die Geschichte aber ebenfalls zeigt: dass wir uns in einer Umbruchsituation befinden, was unsere Mobilität betrifft. Die Wichtigkeit des Autos (insbesondere als Statussymbol) ist für junge Menschen kaum noch nachvollziehbar. Ein weites Spektrum von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, vom Einrad über Skateboards und Roller bis hin zu E-Bikes, ergänzt und diversifiziert das Spektrum von Möglichkeiten, sich abhängig von der Distanz sinnvoll fortzubewegen.

Neue Technologien ermöglichen es, Konzepte in großem Maßstab Realität werden zu lassen. Neben diesen und der Bewegung, die durch neue Fahrzeuge und die daraus sich ergebenden Aspekte für Architektur und Stadtplanung entspringen, geht es in diesem Buch auch um die Bewegung und deren Poesie, die uns direkt und im kleinen Maßstab umgibt. „ParQ“ ist ein höhenverstellbarer Arbeitstisch, wie sie immer beliebter und von Mitarbeitern häufig gefordert werden. Das Problem des höhenverstellbaren Tisches ist ästhetisch nicht ganz einfach zu lösen. Der niederländische Möbelhersteller Vepa führt die Tischplatte an einer trennenden und akustisch absorbierenden Mittelwand zwischen zwei einander gegenüberliegenden Arbeitsplätzen auf und ab. Das ist geschickt und schafft eine gewisse Ordnung in der aufgrund der verschiedenen Tischhöhen leicht chaotisch wirkenden Gesamtanmutung. Der eigentliche Clou liegt aber in der Konstruktion der schrägen Füh-

rungen für die nicht rechteckig angeordneten Tischplatten. Eine raffinierte Mechanik sorgt dafür, dass die Tischplatte sich, entgegen der offensichtlichen Erwartung, beim Nach-oben-Fahren nicht von der Trennwand entfernt bzw. sich beim Herunterfahren nicht an dieser festklemmt. Das sieht sehr schön und interessant aus. Nicht jeder Nutzer wird stauend vor der mechanischen Raffinesse der Konstruktion stehen, viele bemerken sie wahrscheinlich gar nicht bewusst, aber genau in solchen „Effekten“ liegt der Reiz, liegen die Schönheit und das wahre Vergnügen an Dingen in Bewegung.

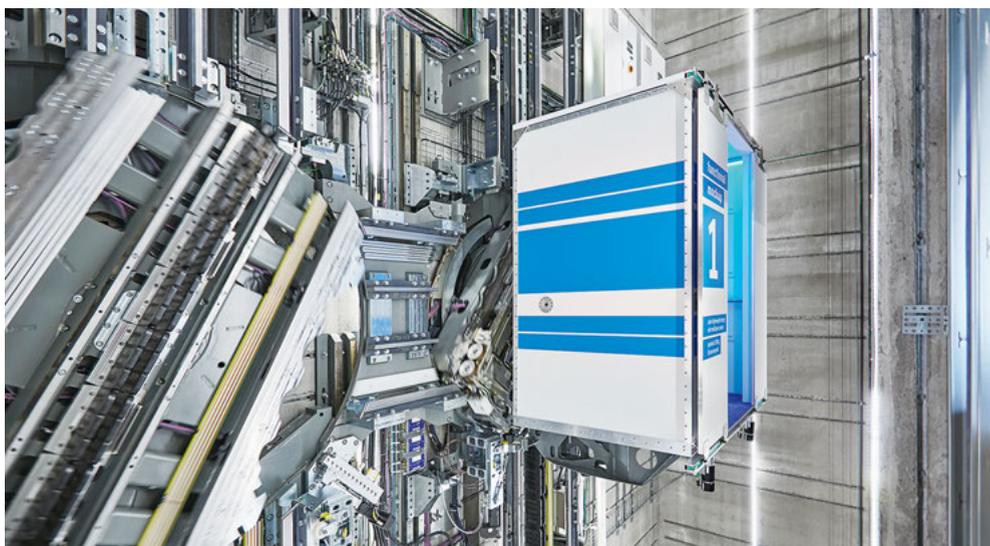
thysenkrupp hat einen neuen Aufzugstyp entwickelt, den „Multi“. Mittels Linearmotortechnik anstelle von Seilen befördern elektrisch gesteuerte Magnete die Kabinen in die Höhe und können sie auch horizontal transportieren. Wie beim Paternoster entsteht eine Kreisbewegung. Beliebig viele Kabinen können dadurch in einem Schacht befördert



Höhenverstellbarer Arbeitstisch ParQ



Fassadenstudie für Qianhai Information Building, Rechenzentrum, Shenzhen, China, schneider+schumacher



Mobilität in den Gebäuden anders denken: thyssenkrupp, „Multi“ – ein Aufzug ohne Seil

werden, um kurze Wartezeiten bei gleichzeitig höherer Kapazität der Beförderung zu ermöglichen. Da immer mehr Menschen in den Ballungsräumen leben werden und in der Folge Häuser höher und die Städte dichter werden müssen, um nicht ins Uferlose zu wachsen und keinen Platz mehr für Grünräume übrig zu lassen, stellt diese Entwicklung einen wichtigen Beitrag für die Stadtplanung der nächsten Jahrzehnte dar. Die Aufzüge beanspruchen weniger Platz in den Grundrissen der Hochhäuser, und das Gewicht der Seile, ein bei sehr hohen Häusern absolut entscheidender Faktor bei der Planung, entfällt. Durch diese Entwicklung werden auch brückenbildende Hochhäuser mehr in den Fokus der Aufmerksamkeit geraten.

Geniale Lösungen liegen fast immer im Detail. Schiebetüren stellen an und für sich keine Innovation dar. Ihr Einsatz war immer praktisch, weil kein Raum für das bei normalen Türen übliche Schwenken benötigt wird. Aber die Konstruktion konnte bislang in der Regel in Bezug auf Schalldichtigkeit wenig überzeugen. Eine raffinierte Führung des Türblattes, eine Umlenkung der Bewegung ganz am Ende des Laufweges, korrigiert diesen Nachteil, und man fragt sich, wieso es das nicht schon immer gegeben hat.

Bewegung und Material

Ein wichtiges, neues Feld der Untersuchung in diesem Buch ist dem Thema Material gewidmet. Neue Eigenschaften in Bezug auf Elastizität, Festigkeit und elektrische Leitfähigkeit eröffnen faszinierende neue Möglichkeiten der Konstruktion.

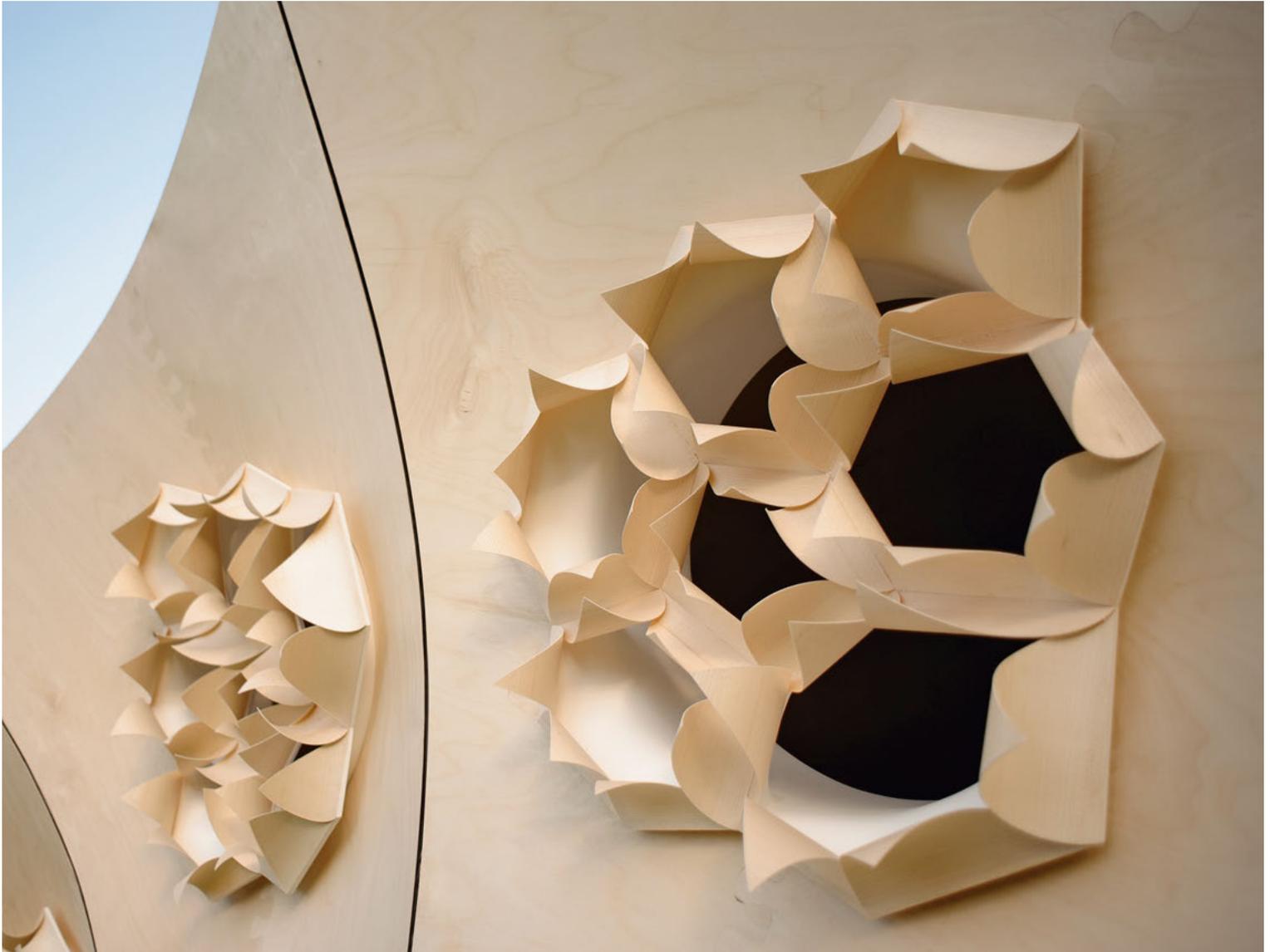
CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff)-Strukturen finden im Flugzeug- und Schiffsbau vielfältige Anwendungen. Die Suche geht dahin, geometrische Veränderungen unmittelbar durch Eigenschaften des Materials zu erreichen, also ohne Gelenke, Schienen oder externe Antriebe. Flügelprofile von Flugzeugen passen sich „von alleine“ der Geschwindigkeit an und erhöhen den Auftrieb im passenden Moment. Die Übertragung auf Gebäude besteht z. B. in Form von Lüftungs- oder Verschattungslamellen sowie adaptiven Solarfassaden, die sich „wie von selbst“ in die richtige Stellung bringen. Sicherlich noch in der Prototypenphase, werden solche Konstruktionen bereits in der Praxis erprobt.

Selbst im Bereich des Brückenbaus, einem auf eine Haltbarkeit von 100 Jahren ausgelegten Bereich des Bauens, werden neue, teilweise adaptive Materialien zunehmend eine Rolle spielen.

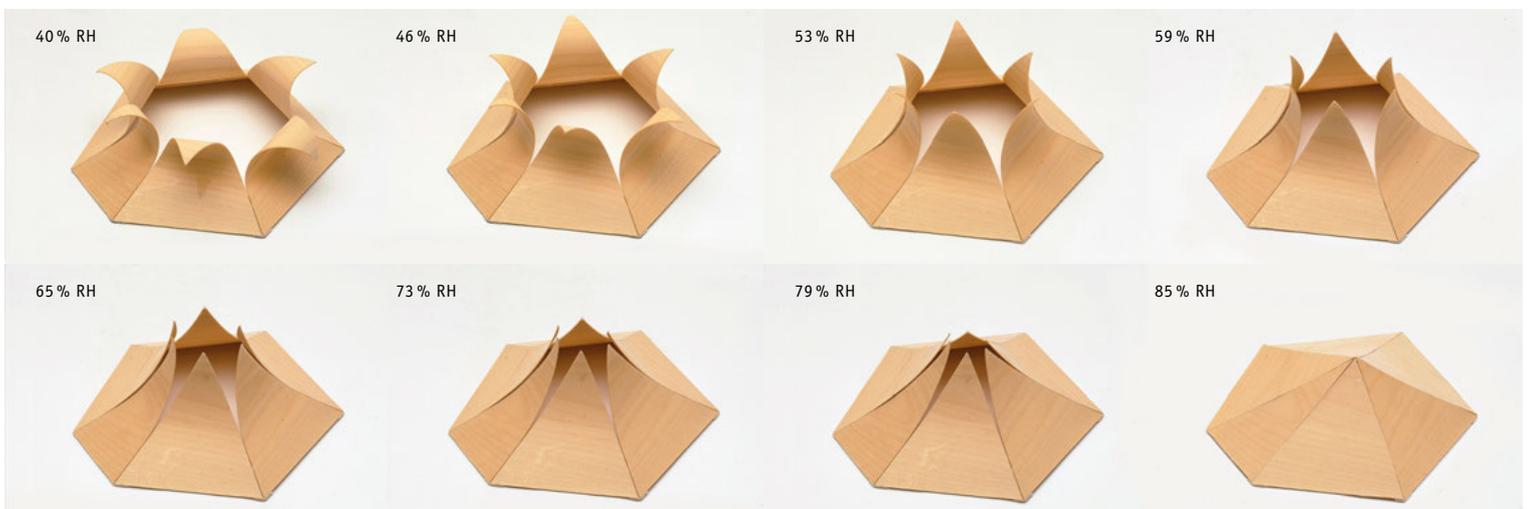
Aber nicht nur das Material, auch dessen Herstellungsmöglichkeiten bieten ein neues Feld für bewegliche Architekturelemente. Der 3D-Druck ermöglicht die Herstellung von funktionsfähigen Gelenken ohne das Zusammenfügen einzelner Teile. In einem Herstellungsschritt entstehen so Ketten, Scharniere und sogar ganze Getriebe.

Sicherlich wird die Architektur in der Breite nicht zu den Vorreitern auf dem Gebiet der Innovation in Bezug auf Materialentwicklung gehören, weil auf der Seite der Materialien die Dauerhaftigkeit über lange Zeiträume und auf der Seite der Bauten die üblicherweise, anders als etwa bei Fahr- bzw. Flugzeugen, gesicherte Wartung nicht gegeben sind.

Aber der Drang innovativer und ästhetisch geschulter Architekten und Ingenieure (Masters of Science, und Masters of Art), deren Berufsbild schon immer in der Zusammenarbeit verschiedenster Disziplinen lag, und die Pflicht zu einem mehr und mehr wirklich nachhaltigen Umgang mit unserem Planeten werden uns ästhetisch und funktional neue und wundervolle Möglichkeiten erschließen, unsere gebaute Umwelt zu erleben und zu genießen.



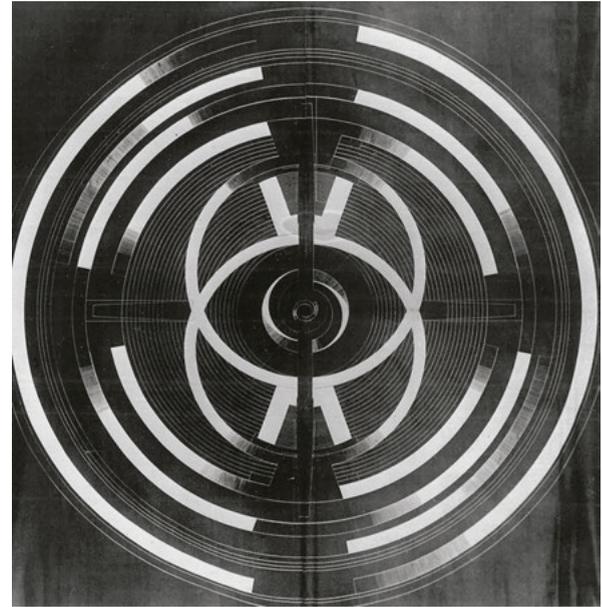
HygroSkin: adaptive Holzlamellen beim Meteorosensitive Pavilion, ICD Universität Stuttgart – Achim Menges in Zusammenarbeit mit Oliver David Krieg und Steffen Reichert



Detail HygroSkin – Öffnungsmaß in Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit; Materialforschung und Fassadenstudie, ICD Universität Stuttgart – Achim Menges in Zusammenarbeit mit Oliver David Krieg und Steffen Reichert

■ Bewegung: Visionen

Christina Chalupsky



Endless Theatre, Friedrich Kiesler, 1925, Grundriss¹

Angetrieben durch die Hoffnung auf eine bessere Welt, waren Visionen und utopische Ideen schon immer ein elementarer Bestandteil der Architektur. Fortschritt ist dabei mit Bewegung assoziiert, mit einer gerichteten Bewegung hin zu etwas erstrebenswertem Neuem. Auf diese Weise richten sich bewegliche visionäre Projekte an der Schnittstelle von Architektur und Kunst auf eine Gestaltung der Zukunft.

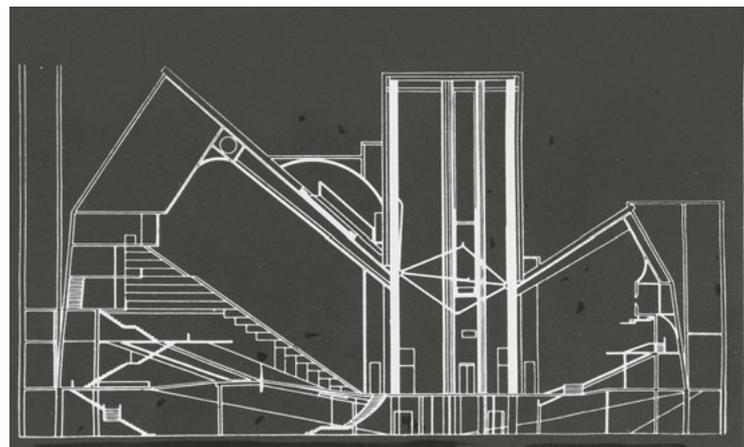
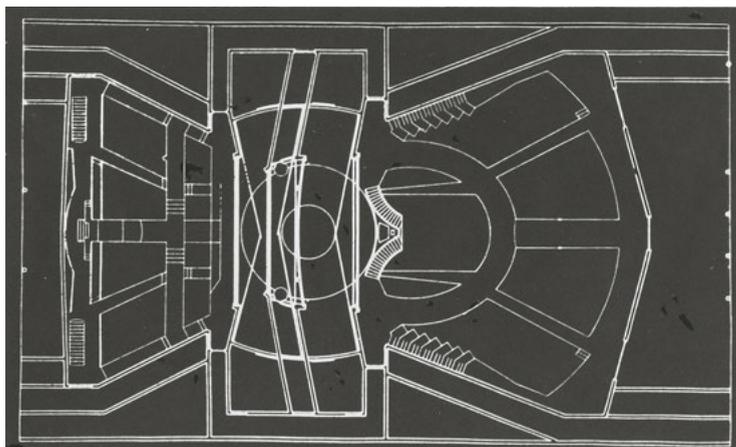
Visionäres Raumtheater

Friedrich Kiesler, der österreichisch-amerikanische Architekt, Künstler und Theatervisionär, beschäftigte sich zeit seines Lebens mit Fragen der Flexibilität und Multifunktionalität. Seine Vorstellungen über eine permanente Raumkontinuität und das Endlose

entwickelte er dabei im Rahmen verschiedener Projekte fortlaufend weiter. 1924 präsentierte er auf der „Internationalen Ausstellung neuer Theater-technik“ in Wien die Raumbühne, welche im Wiener Konzerthaus aufgebaut war. Die offene Konstruktion verfügte über mehrere Bühnenpodeste, welche durch eine spiralförmige Spielrampe, ein Trittleitersystem sowie einen elektrischen Aufzug miteinander verbunden waren. Dieser konstruktivistische Bühnenturm ermöglichte es, Szenen gleichzeitig und auf verschiedenen Höhen darzustellen. Kulissen entfielen gänzlich; der Bühnenraum wurde in alle Richtungen offen gehalten. Ziel war es, die Handlung auf unterschiedlichen Ebenen erfahrbar zu machen und den Zuschauer aus seiner passiven Rolle, die er im Traditionstheater zu spielen hatte, heraus-

zuholen. Inszenierung, Selbsterfahrung und Erlebnis sollten untrennbar miteinander verbunden sein. Ganz visionär hatte Kiesler für das Publikum rotierende Flächen vorgesehen, welche um die Raumbühne herum schweben sollten. In der konkreten Situation des Konzerthausaales saßen die Zuschauer jedoch hoch oben am Balkon, welcher die Raumbühne U-förmig umgab.

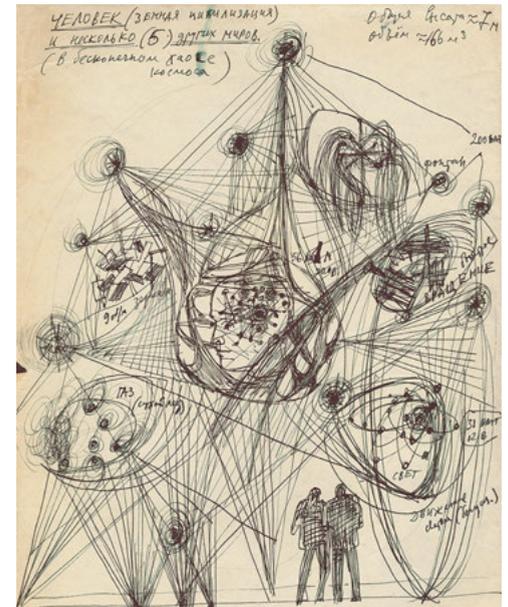
Auch wenn die experimentelle Raumbühne zunächst auf große Kritik stieß, setzte sie sich später als Ideengeber für Theaterleute, wie z. B. den Amerikaner Julian Beck mit seinem Living Theatre, durch. Einige Jahre später reflektierte Kiesler das Provisorium der Raumbühne erneut und transportierte sie frei von jeglicher Realisierungsabsicht in die sphärische Theaterform des Endless Theatre. Im Grundriss er-



Grundriß und Schnitt zu einem Theaterentwurf für Brooklyn Heights, Friedrich Kiesler, 1926. Doppeltheater mit gemeinsamer Bühne, zusammen und getrennt zu bespielen (kleines und großes Haus).¹



Nachtsansicht der Skulptur „Galaxy“, Dvizenie, 1967



Entwurfsskizze „Galactica“, Lev Nussberg, 1967

scheint die Bühne hier als eine Zusammensetzung aus konzentrischen Kreisen; im Schnitt zeigt sich der Entwurf ellipsenförmig, durchzogen von feinen schleifenförmigen Bahnen.

Kieslers Fokus auf den endlos fließenden Raum könnte in seinem großen Interesse an Physiologie und Psychologie begründet gewesen sein. Er war der Überzeugung, dass flexible Räume gut für die Entwicklung der menschlichen Psyche seien, da durch die Wechselwirkung zwischen Mensch und Bauwerk Input und Output generiert würden. Aus diesem Gedanken heraus entwickelte Kiesler später die Designtheorie des Correalismus.

Am Beispiel Kieslers ist der potenzielle Laborcharakter des Theaters gut zu erkennen. In den 1920er Jahren nutzten auch viele andere Künstler das Theater als Ort, um ihre utopischen Raumkonzepte hinsichtlich einer neuen Ästhetik sowie Gesellschaftsordnung praktisch zu erproben.

Utopische Fantasien

Auch bei Lev Nussberg dreht sich das künstlerische Schaffen um die Beziehung der Elemente zueinander und ihre Transformation in einen neuen Zustand. Der russische Künstler, Architekt und Designer ist für seine kinetischen Spektakel bekannt. Er gründete die Künstlergruppe „Dvizhenie“ („Bewegung“) und gilt als ein Vertreter der kinetischen Kunst, einer abstrakten Kunst, welche sich sowohl im Raum als auch in der Zeit realisiert.

Nussberg arbeitete unaufhörlich daran, die Probleme des Menschen und der Gesellschaft nicht nur festzustellen, sondern auch darzustellen. Dabei

stand stets die Idee im Vordergrund, da eine angemessene Ausführung aufgrund der schlechten materiellen und finanziellen Bedingungen meist nicht realisierbar war. Nichtsdestotrotz sind das Ausmaß und die Anzahl der Kunstaktionen, die Nussberg und seine Gruppe „Bewegung“ teils halblegal unter sowjetischen Bedingungen realisierten, bemerkenswert. Er erhob dabei die Symmetrie zu einer der wichtigsten Bedingungen seiner Kunst.

Die Skulptur „Galaxy“, eine etwa 3 m hohe kristalline Struktur, wurde aus Metallstreben und synthetischer Schnur gefertigt und von der Gruppe „Bewegung“ im Oktober 1967 im Rahmen der Ausstellung „Technischer Fortschritt und Jugend“ in Moskau ausgestellt – als Prototyp einer Skulptur im öffentlichen Raum für neu geplante Stadtzentren in der gesamten Sowjetunion. Elektromotoren beleben das Herz der kinetischen Installation; die eckigen Formen bewegen sich begleitend zur Musik und sind nachts farbig beleuchtet.

Radikale Maschinenarchitektur

Der britische Architekt und Visionär Cedric Price setzte sich ebenso mit der aktiven Rolle des Betrachters auseinander und versuchte diese neu zu definieren. Viel beachtet wurde insbesondere sein Konzept für den Fun Palace, einen kybernetischen Kultur- und Veranstaltungsort, mit dem Ziel, einem breiten Massenpublikum Angebote wie Theater, Konzerte und Bildungsveranstaltungen zugänglich zu machen und dadurch Kulturproduktion und Gemeinschaft anzuregen. Unterstützt durch die Theaterregisseurin Joan Littlewood und gefördert durch

britische Intellektuelle, sollte das ambitionierte Projekt den Zuschauer in den Mittelpunkt der Inszenierung stellen und ein aktives statt passives Kulturerlebnis fördern. Programme und Inhalte sollten sich gänzlich aus den Interessen der Besucher ergeben. Aufbauend auf diesem Verständnis wurde für die Architektur des Fun Palace kein konkretes Raumprogramm festgelegt, sondern eine offene Raumstruktur aus beweglichen Elementen vorgesehen. Diverse Raumelemente, wie z. B. Vortragsäle, Bühnen, Stege und Rampen, sollten dabei von der Decke einer offenen Stahlstruktur hängen und mechanisch und elektronisch gesteuert immer wieder neue Raumkonfigurationen bilden, welche sich mittels Sensoren und Feedback-Mechanismen nahezu unsichtbar an die Aktivitäten der Nutzer anpassen. Unzählige Kombinationsmöglichkeiten sollten den Besuchern größtmögliche Bewegungsfreiheit geben. Wenn auch nie realisiert, diente Cedric Prices Fun Palace z. B. als Inspiration für das Centre Pompidou, entworfen von Renzo Piano, Richard Rogers und Gianfranco Franchini, in Paris.

Das idealistische Denken der beschriebenen Protagonisten und ihre visionären Projekte für Theater, Kunst und Stadtraum stehen im Dienst eines gesellschaftlichen Erneuerungsprozesses. Bewegliche Komponenten dienen dabei als Schlüsselemente und eröffnen neue Handlungsmöglichkeiten im Raum.



Zukünftige urbane Mobilität als Inspiration für nachhaltige Stadtplanung

■ Urbane Mobilität und Stadtstruktur

Max Schwitalla

Festgefahrene Stadttypologien

Die Bewegung von Menschen und der Transport von Gütern erfolgten schon immer in differenziert ausgebauten Strukturen und räumlichen Ausprägungen. Städte entstanden an Wegkreuzungen respektive um Marktplätze oder entlang von Schifffahrtsrouten. Urbane Wohn- und Arbeitsstrukturen erforderten seit jeher adäquate Mobilitätslösungen, sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen. Für Ludwig Hilberseimer galten die neuen Mobilitätstechnologien Anfang des 20. Jahrhunderts gar als Hoffnungsträger. Sein visionärer Entwurf für die Hochhausstadt von 1924 war funktional aufgeteilt, von unten nach oben geschichtet: Fern- und Stadtbahn, Auto und darüber Fußgänger.¹

Das aktuelle Wachstum der Weltbevölkerung, die sich allein in den letzten 50 Jahren auf ca. 7,5 Milliarden Menschen verdoppelte, hat zu einer dramatischen Urbanisierung unseres Planeten geführt. Zwar konnte der technologische Fortschritt die Lebensqualität

verbessern, doch die räumliche Logik der Verstädterung folgt bis heute den mehr als einhundert Jahre alten Mobilitätstechnologien Auto und Aufzug.

Die Stadttypologien aus dem 20. Jahrhundert stoßen an die Grenzen der Nachhaltigkeit: Die horizontale Autostadt basiert auf enormem Flächenverbrauch, der Pendlerverkehr produziert klimaschädliche Schadstoffe und richtet durch akkumulierten Zeitverlust im Stau volkswirtschaftlichen Schaden an. Die vertikale Aufzugsstadt hat längst die Grenzen sozialer Nachhaltigkeit erreicht. Das Missverhältnis von zunehmend privatem Raum, gestapelt in den Türmen für Wohnen und Arbeiten, zu dem, relativ betrachtet, schwindenden öffentlichen Stadtraum minimiert den Begegnungsraum für Menschen. Die anwachsende Kommerzialisierung des urbanen Raums führt zu einer sozialen Segregation in den Städten. So entsteht das neue Phänomen der Dark Towers in New York City oder London: Hochhäuser, die abends dunkel bleiben, weil sie zu Spekulationsobjekten geworden sind,

in denen keine Menschen wohnen, sondern nur noch Geld „residiert“.² Keine der heute bekannten Stadttypologien erfüllt ausreichend die menschlichen Bedürfnisse nach räumlicher Qualität und kann auf das zukünftige immense Wachstum eine hoffnungsvolle Antwort liefern.³ Der Mobilitätsexperte Stephan Rammler fordert deshalb längst eine neue Art der Stadt- und Verkehrsentwicklung als systemische Neuerfindung der Mobilität, in der Produkt- und Nutzungsinnovationen strategisch verknüpft werden.⁴

Stadtstruktur neu denken: Netzwerk von Nachbarschaften

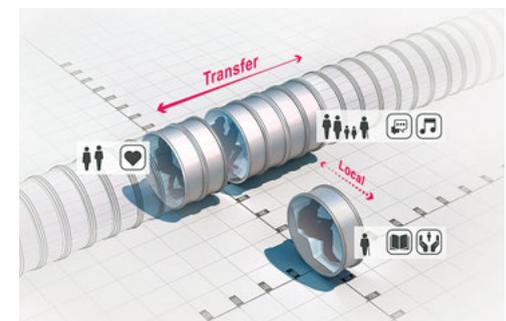
Nicht zuletzt durch die Digitalisierung erleben wir derzeit einen epochalen Umbruch in der urbanen Mobilität und damit eine Neuverhandlung von urbanem Raum für Mobilität und Immobilität. Immobilienentwickler haben bereits erkannt, dass die Mobilitätsgarantie für die Bewohner durch ein Flottenmanagement die kostengünstigere Alternative zur



Festgefahrene Stadttypologien: Auto- und Aufzugsstadt (z. B. L. A. und NYC)



Organismus Stadt als Netzwerk von Nachbarschaften



Mobilitätskonzept „Flywheel“



Nachbarschaften mit menschlichem Maßstab, z. B. Quartier der kurzen Wege



Neue Nachbarschaftstypologien durch Elektro-Mikromobilität



Das „Urbane Regal“: Nachbarschaft mit räumlichen Qualitäten

Tiefgarage für private PKWs darstellen kann. Nutzen wir bald Mobilitätsangebote mit geteilten und autonom fahrenden Fahrzeugen, die nicht mehr geparkt werden müssen, wird wertvoller innerstädtischer Parkraum zur Umnutzung verfügbar. Ebenso erlauben neue oder weiterentwickelte Mobilitätstechnologien, wie etwa leise, aber leistungsstarke E-Bikes, in völlig neuen räumlichen Strukturen zu denken. Wie können wir Stadt im 21. Jahrhundert neu verstehen und anstelle horizontaler Straßenraster und vertikaler Aufzugssackgassen innovative Typologien gestalten?

Der ehemalige Baubürgermeister von Barcelona, Antoni Vives, definiert aus praktischer Erfahrung die Stadt als ein Ensemble von „Hyperconnected Neighbourhoods“.⁵ Der urbane Raum als ein Organismus aus Nachbarschaften, hochvernetzt durch öffentlichen Verkehr wie BRT, Metro und Seilbahn oder zukünftig durch Drohnibus-Direktverbindungen. Zusammen mit der Feinverteilung von Menschen und Gütern über Mobility-/Logistik-Hubs in der Nachbarschaft entsteht eine intermodale Mobilitätskette mit verschiedenen Maßstäben von transfer/schnell zu lokal/langsam, die einem menschengerechteren Mobilitätsverständnis gerecht werden kann.

„Flywheel“: Konzept für zukünftige Netzwerke

Das Mobilitätskonzept „Flywheel“ könnte beide Maßstäbe bedienen, den Transferverkehr zwischen den Nachbarschaften sowie den lokalen Transport innerhalb der Nachbarschaft. Die Grundlage ist ein platzsparender Einsitzer, der sich modular als Zug für den energie- und raumeffizienten Transferverkehr zusammenkoppeln als auch für den letzten Reiseabschnitt im Zielquartier wieder entkoppeln lässt.⁶ Dieses Mobilitätskonzept sowie Überlegungen zu neuen Nachbarschaftstypologien sind in interdisziplinärer Kooperation zwischen dem Autor und dem Mobilitätsunternehmen Schindler Aufzüge AG entstanden.

Die Nachbarschaft: menschlicher Maßstab

Eine nachhaltige Quartiersplanung mit kleinmaßstäblicher Funktionsdurchmischung reduziert den

Mobilitätsbedarf und fördert die Identifikation mit der eigenen Nachbarschaft. Die kleinste entschleunigte Mobilitätseinheit ist unser Schuhwerk. Darauf basierend, ermöglicht das Quartier der kurzen Wege eine Alternative zum autogerechten, linearen und monotonen Straßenquerschnitt. Kleinteilige Blockgrößen mit variierenden abwechslungsreichen Zwischenräumen von engen privaten hin zu weiten öffentlichen Räumen tragen in ihrer Abfolge ganz natürlich zur räumlichen Orientierung bei.

Neue Mobilitätstechnologien: neue Nachbarschaftstypologien

Soziale Medien und neue Kommunikationstechnologien verändern das Erkunden und Navigieren im urbanen Raum. Verkaufsflächen müssen nicht zwingend auf Straßenniveau geplant werden, sie können sich heute mit einem virtuellen Schaufenster medial bemerk- und auffindbar machen. Die Grenzen der traditionellen funktionalen Aufteilung in gewerbliche Sockelzone und darüber angeordnetem Wohn-/Arbeiten sind aufgehoben, und Nachbarschaften lassen sich neu als dreidimensionale Netzwerke denken. Die Elektrifizierung der Mikromobilität erlaubt solche Netzwerke zugleich als Erschließungskonzept zu verstehen. Zum Beispiel kann man mit dem E-Bike schneller fahren, interessanter ist aber, dass Menschen bis ins hohe Alter mit diesen Technologien Höhenunterschiede bequem meistern können. Eine Nachbarschaft kann als Hügellandschaft aus Plattformen geplant werden: gleich einem durch den Fluss von Menschen erodiertes Gebirge, mit an- und absteigenden Radwegen und terrassierten Flächen für den öffentlichen Raum.

Die über Rampen erschlossenen, doppelgeschossigen Plattformen bilden das „Urbane Regal“, eine tragende Megastruktur mit Boden, Decke und technischer Infrastruktur. Die bauliche Struktur ermöglicht Veränderungen zwischen den Plattformen und somit Nachhaltigkeit durch Anpassungsfähigkeit sowie die Partizipation der Nutzer bis hin zum Selbstbau. Zweigeschossige Maisonette-Häuser bzw.

Townhouses auf den Plattformen mit einer Vorzone für Parkplätze für kleine Fahrzeuge (z. B. E-Bikes) bieten ausreichend Privatsphäre für die Bewohner der öffentlichen Megastruktur.

Bereits in den 1950er und 60er Jahren entstanden Ideen zu Megastrukturen oder flexiblen Ausbauten wie bei Constant Anton Nieuwenhuys (1920–2005) in seinem utopischen Projekt „New Babylon“,⁷ oder bei Yona Friedman (geb. 1923) in seiner „Ville Spatiale“.⁸ Aber erst heute, im Kontext der dramatischen Urbanisierung, wird die Dringlichkeit evident, urbanen Raum von hoher Qualität, verdichtet, anpassungsfähig und damit nachhaltig zu gestalten. Dafür stehen jetzt neue Technologien zur Verfügung, um einst utopische Konzepte Realität werden zu lassen und um Antworten auf die drängenden Fragen zukünftiger Stadtentwicklung zu finden. Dazu gehören neben modularem Bauen, digitalen Produktionsverfahren, neuen Materialien oder innovativen Brandschutzkonzepten vor allem Mobilitätstechnologien, die es uns erlauben, neue Wege zu gehen: Wir müssen wieder Städte für Stadtbewohner bauen, mit dem Fokus auf räumliche Qualitäten für Menschen und nicht für Autos und Aufzüge!

1 Hilberseimer, Ludwig, *Groszstadtarchitektur*, Stuttgart, 1927, S. 17.

2 Sassen, Saskia, „Global Capital and Urban Land“, Urban Age Conference „Shaping Cities“, Venedig, 14.07.2016.

3 Rammner, Stephan; Schöller-Schwedes, Oliver, *Mobile Cities. Dynamiken weltweiter Stadt- und Verkehrsentwicklung*, 2. erg. und überarb. Aufl., Berlin, 2012, S. 242.

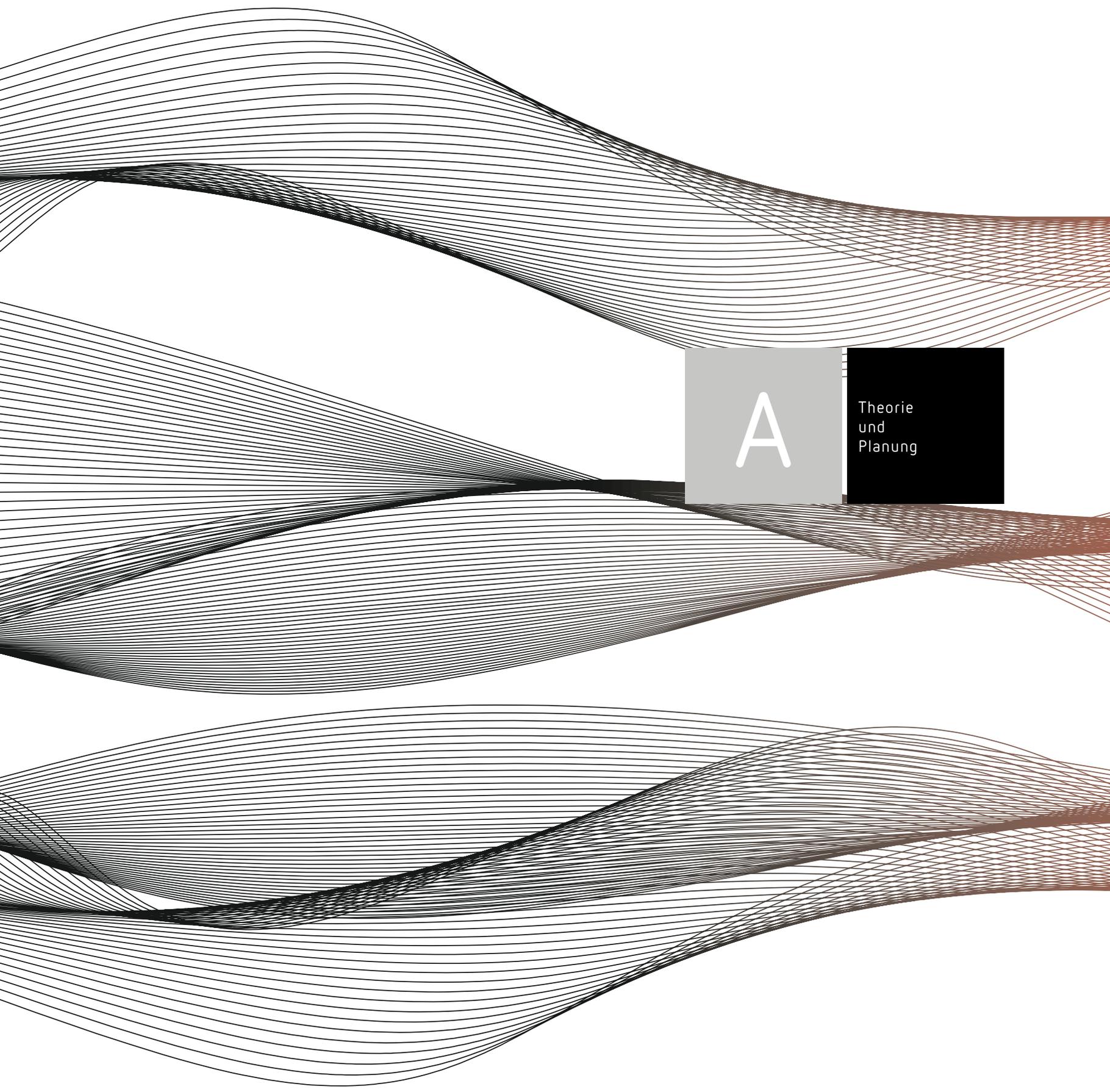
4 Rammner, Stephan, *Die Neuerfindung der Mobilität. Mobilität als Weltedesign*, Braunschweig, 2010.

5 Vives, Antoni, „Smart Sustainability for European Cities“, Konferenz „Decarbonising Transport: Smart Mobility Innovation for Sustainable Cities“, Berlin, 15.11.2016.

6 Maak, Niklas, „Das beschleunigte Leben“, *Frankfurter Allgemeine Quarterly*, Ausgabe 06/Frühjahr 2018, Audi Urban Future Award 2014 – Team Berlin, <https://vimeo.com/111542258>, aufgerufen am 09.08.2018.

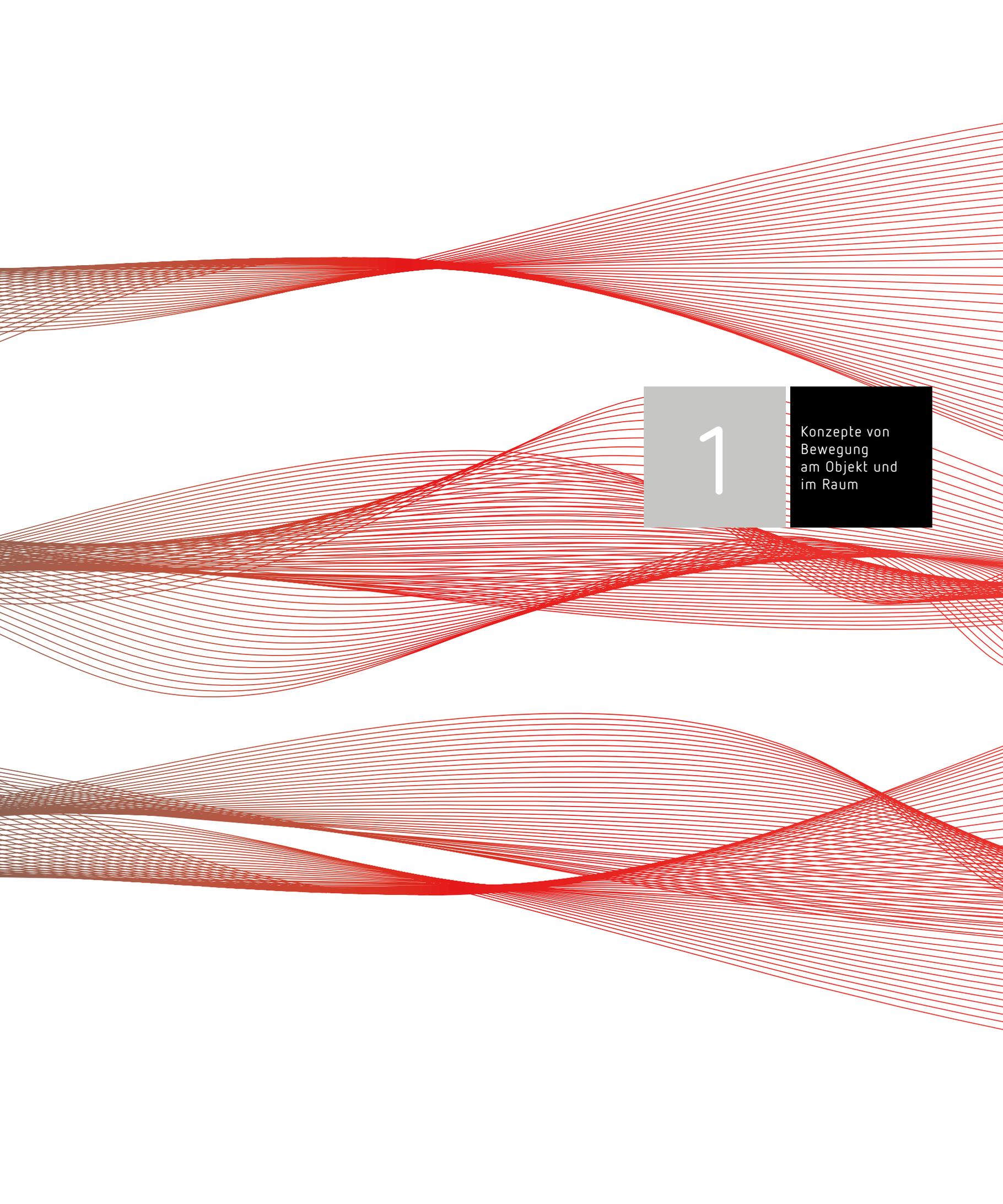
7 van Schaik, Martin; Mäcel, Otakar, *Exit Utopia: Architectural Provocations, 1956–1976*, München, 2005.

8 Friedman, Yona, „Vers un urbanisme tridimensionnel“, *Architecture d'Aujourd'hui*, Jg. 33, Nr. 102, 1962, S. 76–77.



A

Theorie
und
Planung

The background of the page is composed of numerous thin, red, wavy lines that create a sense of motion and depth. These lines are arranged in a way that they appear to flow and curve across the page, creating a complex, layered effect. The lines are most dense in the center and become sparser towards the edges, giving the impression of a three-dimensional space.

1

Konzepte von
Bewegung
am Objekt und
im Raum



SkySong Phoenix – schwebende Dynamik

■ 1.1 Perfect Skin – Faszination neue Materialien

Kludia Kruse

Bewegung und Dynamik, also die Möglichkeit zur Veränderung der Erscheinung und Stofflichkeit, ist etwas, woran sich unsere Wahrnehmung begeistert entzündet. Das Potenzial zu überraschen, Gestaltungsform und Charakter zu verändern, Identitäten zu schaffen, neue Einsatzbereiche und Umsetzungsmöglichkeiten zu entwickeln, kann sich in ihren unterschiedlichsten Formen zeigen. Innovationen in den Herstellungsprozessen wie 3D-Druck, in der Materialforschung zu Themen wie „leicht + hochfest“ – wie das vor 15 Jahren entdeckte Material Graphen –, aber auch Entwicklungen in Technologie und Wissenschaft, wie künstliche Intelligenz, ermöglichen noch größere Freiheitsgrade in der Gestaltung. Der Wunsch, die Schönheit in der Einfachheit zu finden, das Pure und doch Geheimnisvolle hinter einer unaufgeregten Oberfläche zu vermuten, stellt

einen tatsächlichen Wert dar und ist mehr als nur ein Trend. Besondere Schwerpunkte in Forschung und Entwicklung liegen seit langem auf dem Thema Nachhaltigkeit, auf Re- und Upcycling, Re-Creation und Re-Use. Wo Schönheit und Poesie mit Nachhaltigkeit und Funktionalität zusammengehen („bio-tiful“), entstehen erlebbare Werte.

Interdisziplinäre Aspekte wie die Fusion von Material, Verarbeitungsprozessen und Informationen zeigen sich auch in der Erfüllung des Wunsches nach Vernetzung sowie intuitiver Bedienung und Nutzung. Die Zugänglichkeit und Funktionalität von Smart Technology und künstlicher Intelligenz unmittelbar in dem uns umgebenden Raum zu erleben – in der Architektur und Innenarchitektur, im Automobildesign, in der Mode oder im Produktdesign –, dies entwickelt sich immer mehr in eine Richtung, die für

den Menschen leicht anzunehmen und zu adaptieren ist. Benutzerfreundliche interaktive Systeme machen uns das Leben leichter, sie sind aber dennoch auch mit kritischem Blick zu betrachten.

Inspirationsquellen für Gestaltung und Anwendung kommen aus den unterschiedlichsten Bereichen der Forschung und Entwicklung. Oft fachgebietsübergreifend, nutzen und entwickeln sie Synergien. Der Kontext, in dem sich ein neues Produkt oder der Betrachter bewegen, und die Geschichte, die hinter allem steckt, sind es, die dem Nutzer den Zugang erleichtern. Die Faszination für das Unbekannte und für spannende Kontraste, ob fest oder fließend, beweglich oder statisch, perfekt oder imperfekt, der Wechsel von Farben, Oberflächen oder Informationen bilden zusammen das Momentum, das unsere Wahrnehmung triggert und zum Erlebnis wird.



BMW Gina – eine sinnliche Stoffhülle



BMW Gina – ein Kleid fürs Auto



BMW Vision Next 100 – bewegte Geometrie



Wynyard Walk Sydney – Infotainment auf dem Weg

A

1

ARCHITEKTUR + MODE + MOBILITÄT

GINA BMW Konzeptstudie, 2008

Transformation – Die Hülle selbst als perfekter Ausdruck von Bewegung

Das GINA Light Visionary Model mit seinem flexiblen Textilbezug hat eine fast nahtlose Außenhaut, die sich über eine bewegliche Unterkonstruktion spannt. Die veränderbare Hülle ermöglicht geschwindigkeitsanpassende Adaptionen. Im Innenraum bietet sie eine flexible Volumenerweiterung des Stauraumes und die Möglichkeit, bestimmte Funktionen nur dann anzuzeigen, wenn sie benötigt werden.

Dieses Gestaltungsprinzip „Minimalflächen“ und der Einsatz ungewöhnlicher Materialien finden sich so in der Architektur des Automobils, der Mode entlehnt.

Ein hochelastisches Material – von mir auf der Première Vision in Paris entdeckt und ursprünglich für Badekleidung entwickelt.

Das Material für diesen Zweck einzusetzen, war der revolutionäre Impuls und Startpunkt für einen neuen Kreativprozess und nicht zuletzt für eine neue Designsprache bei BMW.

Es schuf unerwartete Freiheitsgrade in Funktionalität und Gestaltung, aber auch wegweisende Produktions- und Vertriebsstrategien.

ARCHITEKTUR + DYNAMIK

Die Beweglichkeit der Flächen, die Transparenz und neue Formensprache inspirierten das BMW Design Team auch zur

BMW Vision Next 100 Konzeptstudie, 2016

Ausdruck von Dynamik, Veränderbarkeit, Individualität – maßgeschneidert mit intelligenten Materialien und neuen Herstellungsprozessen für ein emotionales, intuitives Erleben einer veränderbaren Geometrie. Inspiration und Zusammenspiel von automobilen Oberflächen und der Architektur der Zeltdächer des Olympiastadions München von Frei Otto erschaffen dynamische, revolutionäre Skulpturen.

VERBINDLICH SCHWEBEND

ASU SkySong Infrastruktur, Arizona State

University, Phoenix

FTL Design Engineering Studio NYC, Nic Goldsmith, 2010

FTL entwickelte das ikonische Infrastrukturprojekt, das sich über zwei sich kreuzende Straßen und vier Plätze erstreckt. Die schattigen Plätze sind Herzstück eines neuen Zentrums mit Geschäften und Restaurants unter einer passiv gekühlten Struktur mit Regenwasser-Rückgewinnung. FTLs Tensegrity-Träger ermöglichen die Gestaltung des Schattenelements, um die umgebenden Gebäude zu vereinen, ohne sich mit ihnen zu verbinden, und lassen eine schwebend dynamische Architektur entstehen.

MOBILE ARCHITEKTUR

Crashtest Volvo Cars Safety Centre, Göteborg, 2000

Die dynamische Formveränderung der Architektur ist hier die Antwort auf die Anforderungen an die technischen Bedürfnisse. Das Gebäude ist so konzipiert, dass ein Teil auf Luftkissen gelagert und auf einer Kreisbahn um 90° zum übrigen Gebäude frei beweglich ist. Dadurch können unterschiedliche Aufprallwinkel von Fahrzeugen für Crashtests simuliert werden. In der Weiterentwicklung dieser Idee könnten ganze Gebäude, von einem Luftkissen getragen, von ihrem stationären Ort wegbewegt werden – aus der Immobilie würde eine Mobilität.

ON THE MOVE – INFOTAINMENT

Wynyard Walk Studio, Sydney

Woods Bagot Architects für Transport New South Wales, 2016

Der Wynyard Walk ist ein 9 m breiter, 180 m langer Fußgängertunnel, der den Bahnhof Wynyard mit Barangaroo in Sydney Harbour verbindet. Die mehrfach preisgekrönte Fußgängerverbindung lässt mit sechs integrierten, großflächigen Bildschirmen mit digitaler Bildkunst den Weg der Fußgänger zu einem besonderen Erlebnis werden. Das Designkonzept basiert auf der Idee vom Flow als Metapher für den steten Fluss der Fußgänger, inspiriert von der Natur und der Geologie der Region mit ihrer Landschaft aus tiefen Klippen, Schluchten, Stränden und Flussmündungen. Dieser ebenso kreative wie funktionale Raum verbindet Kunst, Kultur und Technologie zu einer Reihe von visuellen Erlebnissen.



GRDXKN – angewandter Strukturdruck

NEUE MATERIALEFFEKTE

GRDXKN

Bastian Müller, Industriedesigner, 2017

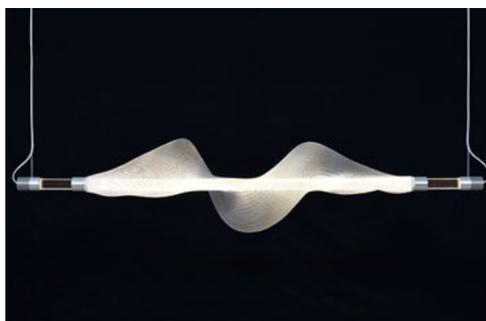
Diese neue Textildrucktechnologie erlaubt zweidimensionalen Farben, dreidimensional zu werden. Textilien, die mit dieser technischen Farbe verstärkt werden, sind gleichzeitig leicht und robust, flexibel und abriebfest. Die ehemals rein dekorative Farbe wird hier zu einer funktionalen, plastischen Struktur transformiert.

ÄSTHETISCHE VERÄNDERUNG

VAPOUR Light

von Studio Thier&vanDaalen, 2016

Die Faszination für die Bewegung von Strukturen in der Natur und den Kontrast zwischen geometrischen und organischen Formen inspirierte diese Lichtskulptur. Indem die flexible Außenhaut aus Nylongewebe verdreht oder gezogen wird, können die unterschiedlichsten Formen entstehen, Farben und Lichtintensität variieren nach Wunsch.

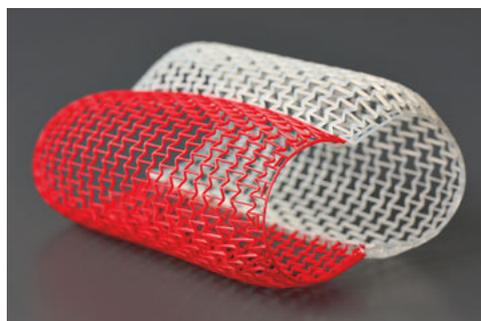


Vapour – Licht- und Formspiel

3D-DRUCK – AUXETISCHES MATERIAL

Eric Esser, Produktdesigner M. A., 2017

AuxTex ist das Zusammenspiel einer auxetischen Struktur mit flexiblem, gummiartigem TPE-Kunststoff. Durch diese Synthese aus Geometrie und Material ist das Textil sehr leicht, geschmeidig fließend, luftdurchlässig, belastbar und in der Lage, auf Zug um das Doppelte seiner Fläche zu expandieren. Bei Dehnung wird Material normalerweise länger und dünner – auxetisches Material dagegen wird bei Zug länger und dicker. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielseitig: vom reinen Textil für den Modereich, in der Medizintechnik als Teil einer Orthese, im Automobilbereich als Schutz oder Knautschzone bis hin zu statischen Zwecken in der Architektur.



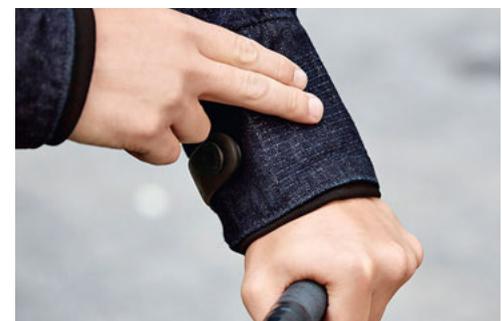
AuxTex – auxetischer 3D-Druck

INTELLIGENTE MATERIALIEN

Jacquard – Smart Wearables

Google ATAP Team, 2014 – 2017

Die Entwicklung leitfähiger Garne und Stoffe ermöglicht die Integration funktionsfähiger Bedienelemente in Kleidung. Konnektivität und Interaktivität werden buchstäblich verwoben in unsere Alltagsdinge. Elektronik bildet hier eine Brücke von der physikalischen zur digitalen Welt für On-the-Move-Anwendungen wie Kommunizieren, Navigieren und Musikhören. Kleidung versteht verschiedene Berührungsgesten, aktiviert digitale Dienste oder reagiert mit Licht und haptischem Feedback. Realität ist das bereits in einer Levi's Jeans – von hier zur Anwendung in der Innenarchitektur ist es nur ein kleiner Schritt.



Jacquard Smart – sensibler Stoff



Selbstwachsender Stuhl – Bio-Tiful



Haus der Zukunft Berlin – Bio-Tektur

NEW MINDSET – ALTE MATERIALIEN UND NEUE DENKANSÄTZE – BIO-TIFUL

Plant yourself a chair
Studio Werner Aisslinger, 2012

Do it Yourself by Nature – eine einfache wie radikale Produktionsutopie. Schnellwachsender Bambus wird in einem Stuhl-Stahlkorsett zu einem selbstwachsenden Stuhl – eine neue Art, die Produktion im Möbeldesign von einer globalisierten Serienfertigung zu einer ressourcenschonenden, lokalen Produktion umzukehren.

SOLI – SENSORIK UND FEINSTE GESTENERKENNUNG DURCH RADAR

Google ATAP Team, 2015

Bedienarten wie Drücken, Drehen, Schieben werden zukünftig durch Soli ohne das Vorhandensein einer Mechanik ermöglicht – Soli macht den Touchscreen überflüssig. Diese Art der intuitiven Bedienung kommt auch analog denkenden Menschen sehr entgegen.

FASZINATION ZUKUNFT

Living Plant Constructions

Haus der Zukunft Berlin, Dr.-Ing. F. Ludwig/
D. Schönle, 2012

Baubotanische Strukturen bilden lebende, sich verändernde Fassaden und sind integraler Bestandteil dieses klimatischen Gebäudekonzepts im Außen- und Innenraum. Im Wechsel der Jahreszeiten – schattenspendend im Sommer, Farbspiel im Herbst, transparent im Frühjahr und licht im Winter – zeigen sich neben ästhetischen auch die ökologischen Vorteile. Die Konstruktion besteht aus mehreren Bäumen, deren Geäst sich ineinander verflucht und zu einem Gesamtorganismus verwächst. Seine Stabilität nimmt zu, die Grundgeometrie bleibt erhalten.

Die verschiedenen Entwicklungen, Denkansätze und Strategien zeigen, dass die auf uns zukommenden Veränderungen und Erfindungen faszinierend, aber auch herausfordernd sind. Der holistische Blick darauf lässt innovative Möglichkeiten erahnen, wenn sich die einzelnen Aspekte kreuzen, verbinden und stärken.

Das Denken einer flexiblen Außenhaut für Fahrzeuge, die Idee, einen Stuhl oder eine Fassade sich selbst wachsen zu lassen oder mit Gesten in der Luft komplexe Maschinen zu steuern, zeigen, dass oft nur die Limitierung unserer Fantasie die Grenze für weitere Entwicklungen darstellt.

Die anstehenden emotionalen, sozialen und technischen Fragen beschäftigen sich mit Weiterentwicklung, Veränderung und Dynamik.

Wohin also entwickelt sich Materialität zukünftig?

Welche Prozesse machen Undenkbares denkbar?

Welche neuen Perspektiven gilt es zu erobern?

Und wie lässt sich Zukunft weiterdenken und aus Visionen eine für alle positive Realität entwickeln?

■ 1.2 CFK-Strukturen: Verwendung in der Luftfahrt – Anwendung in der Architektur

Carsten Schmidt



Automatisierte Herstellung einer A350-Seitenschale bei Premium Aerotec im Automated Fiber Placement

Im Flugzeugbau werden Faserverbundstrukturen, insbesondere auf kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) basierte, in weiten Teilen in der Primär- und Sekundärstruktur angewendet. Prominenteste Beispiele hierfür sind der Airbus A350 XWB und der Boeing 787 Dreamliner. Die Hälfte ihres Strukturgewichts besteht aus dem faserverstärkten Material. Dazu zählen tragende Teile wie Flügel- und Rumpfschalen, aber auch die Leitwerke.

Grund für die Beliebtheit der CFK-Strukturen bei den Flugzeugentwicklern sind die ausgezeichnete gewichtsspezifische Festigkeit und Steifigkeit. Der Verbund aus Kunststoffmatrix und Verstärkungsfasern erlaubt über die Wechselwirkung von Adhäsion und Kohäsion eine Kraftübertragung untereinander. Aufgrund der Variabilität der Fasern (HAT, UHM, HM), der Faserorientierung innerhalb der Struktur (isotrop und anisotrop, d.h. richtungsabhängig und richtungsunabhängig) und der Matrixwerkstoffe (z.B. Thermoplast, Duroplaste) lassen sich die Eigenschaften von CFK-Strukturen in einem weiten Bereich einstellen. Möglich wird dies durch den schichtweisen generativen Aufbau der Strukturen, der im Flugzeugbau überwiegend in hochautomatisierten Produktionssystemen ausgeführt wird.

Hybride Materialkonzepte

Neben den reinen CFK-Strukturen existieren auch Lösungen, die die Vorteile von faserverstärkten und metallischen Strukturen vereinen. Ein Beispiel für diese Hybridverbunde sind Faser-Metall-Laminate. So wird beispielsweise der Rumpf des Airbus A380 teilweise aus mehrfach geschichteten Glasfaser-

Aluminium-Lagen gebaut. Durch den zusätzlichen Schritt der Hybridisierung besitzt diese Struktur ausgezeichnete Eigenschaften bezüglich Schadenstoleranz und Feuerwiderstand, wodurch die Bauteilzuverlässigkeit noch einmal steigt.

Lokal angewendet, verbessern hybridisierte Strukturbereiche auch die Fähigkeit von Hochleistungsfaserverbunden, große Lasten aus angrenzenden Strukturen aufzunehmen. Dabei lassen sich die einzelnen dünnen Metalllagen der sogenannten intrinsischen Hybridverbunde in Form und Material individuell auslegen, in Abhängigkeit von der zu erwartenden Beanspruchung und auch bezüglich eines gewünschten Schadenverhaltens. Das Schadenverhalten kann anstelle der Metallschichten auch mittels Elastomerschichten, die die Schlagzähigkeit von CFK-Strukturen steigern, verbessert werden. Zudem eignen sich Elastomerschichten als passive Dämpfung in Faserverbundstrukturen zur Reduktion der Schallabstrahlung.

Anwendungen in der Architektur

In der Architektur ist die Verbreitung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffstrukturen aufgrund der hohen Materialkosten noch sehr eingeschränkt.

GFK

Glasfaserverstärkte Kunststoffe jedoch sind bereits vielfach in Anwendung, z. B. für großflächige Fassadenelemente an Gebäudefronten. Ein berühmtes Beispiel sind die großen „Stimmgabeln“ an der Elbphilharmonie. Die sphärisch gebogenen Fassadenelemente bestehen aus einem Verbund von GFK-

Stimmgabel und dreidimensional gebogener Glasscheibe. Sie sind bis zu 5 m hoch und bekleiden 16000 m² der Gebäudefassade.¹

Ein weiterer Vorteil des Verbundes von Glas und glasfaserverstärktem Kunststoff sind die weitgehend selbsttragenden Eigenschaften mit hoher Festigkeit und Steifigkeit. So erlaubt das Verbundsystem großflächige Verglasungen mit kaum sichtbaren Rahmenkonstruktionen. Diese weisen dann durch den Einsatz der Glasfasern das gleiche Wärmeausdehnungsverhalten auf wie die Glasscheibe. Diese transluzenten Fassadenelemente erzeugen durch Lichtstreuung ein lebendiges Fassadenbild und liefern zudem durch ihren niedrigen Energiebedarf für Heizung und Beleuchtung einen wesentlichen Beitrag zur Energiebilanz von Gebäuden.

CFK

Weitaus weniger Lösungen sind gegenwärtig auf Basis kohlenstofffaserverstärkter Strukturen auszumachen. Die meisten von ihnen haben konzeptionellen Charakter oder stehen in Verbindung mit zukunftsweisender Architektur.

Ein Beispiel für einen technisch notwendigen Einsatz einer Kohlenstofffaserverstärkung zeigt Apples Steve-Jobs-Theater im Silicon Valley.² Die weltweit größte selbsttragende Carbon-Dachkonstruktion überspannt eine Fläche von 1734 m² bei einem Durchmesser von 47 m. Die 44 insgesamt nur 80 t schweren Dachsegmente scheinen dabei auf der tragenden Gebäudehülle aus Glas zu schweben.

Neuartige, der Natur nachempfundene Herstellungsverfahren von Faserverbundstrukturen haben scha-



CFK-Rumpfschale des Airbus A350

lungslose Bauten ermöglicht.³ Als Vorbild für die Architektur des Forschungspavillons ICD/ITKE in Stuttgart diente die Deckflügelschale (Elytron) flugfähiger Käfer.⁴ Das Bauwerk aus Kohlenstoff- und Glasfasersegmenten zeigt deutlich, wie durch interdisziplinäres Wirken von Architekten, Bauingenieuren und Produktionstechnikern völlig neuartige Struktur- und Produktionskonzepte entstehen können, die über ein möglichst werkstoffgerechtes Vorgehen zu sehr effizienten Faserverbund-Bauten führen können.

Formänderungen – Inspirationen aus dem Flugzeugbau

Hybride Materialkonzepte aus steifen, faserverstärkten duromeren und flexiblen elastomeren Bauteilzonen befähigen zu aktiven Formänderungen und ermöglichen damit sich bewegende Strukturen. Ein Beispiel hierfür sind formveränderliche Flügelstrukturen („morphing aerofoil“) wie die formvariable Flügelvorderkante.⁵ Hier erlauben die schubweichen elastomeren Zwischenschichten durch Verringerung elastischer Rückstellkräfte größere Verformungsgrade.

Gesteuerte Formänderung

Über in den Flügel integrierte Aktoren, beispielsweise elektrisch angetriebene Hebel oder in die Struktur integrierte Piezofolien, wird das Flügelprofil in Abhängigkeit verschiedener Flugphasen besser an die aerodynamischen Anforderungen angepasst. Die geschlossene Flügeloberfläche verbessert die Aerodynamik und verringert die Lärmemission im Flug. Von der Natur inspiriert, finden sich pneumatische Stellmechanismen wie die von der Venusfliegenfalle (*Dionaea muscipula*) inspirierte Flügelhinterkante.⁶ Analog zu einer durch Druckänderung in den Blattzellen erfolgenden Schließung der Fangblätter der Pflanze verformen sich die mit unterschiedlichen Drücken beaufschlagten Kunststoffzellen der Landeklappe. Bei langsamer Fluggeschwindigkeit kann die Klappe auf diese Weise die Wölbung der Tragfläche vergrößern, somit den Auftriebsbeiwert erhöhen und dadurch den Geschwindigkeitsverlust kompensieren.

Da die gesamte Kontur einer Tragfläche Einfluss auf die Luftkräfte nimmt, gibt es formveränderliche Strukturkonzepte für den gesamten Flügelquerschnitt. Angelehnt an ein Fischgrätenmuster, kann

sich die Flügelstruktur entlang der „Wirbelsäule“ verformen.⁷ Hierfür verantwortlich ist ein Sehnenpaar, das oberhalb und unterhalb der „Wirbelsäule“ verläuft und durch Zug einer der Sehnen eine Auf- oder Abwärtsbewegung der Struktur bewirkt. Durch die Erhöhung der Anzahl eingesetzter Aktoren lassen sich noch individuellere Flügelquerschnitte erzeugen. Mit fünf Freiheitsgraden ausgestattet ist z. B. eine formveränderliche Tragfläche mit integrierten Ultraschall-Piezomotoren.⁸ Diese bewegen sich auf einer nachgiebigen Traverse und verschieben dadurch die Kräfteinleitungspunkte der inneren Tragstruktur, mit der Folge, dass sich die äußere Hülle des Flügels verformt.

Eine Sonderform stellen bistabile Formänderungsmechanismen dar.⁹ Grundlage hierfür ist ein unsymmetrisch ausgelegter Lagenaufbau innerhalb der CFK-Struktur. Dieser führt beim Aushärten zu Verzugdeformationen aufgrund von Eigenspannungen. Es entstehen zwei oder mehrere Verformungszustände, die die innere Spannung ausgleichen. Gegenüber konventionellen Stellgliedern ist dabei von Vorteil, dass keine kontinuierliche Energieversorgung zur Aufrechterhaltung der Deformation erforderlich ist.