



JULIAN ADENAUER, JÖRG PETRUSCHAT

PROTOTYPE!

physical, virtual, hybrid, smart

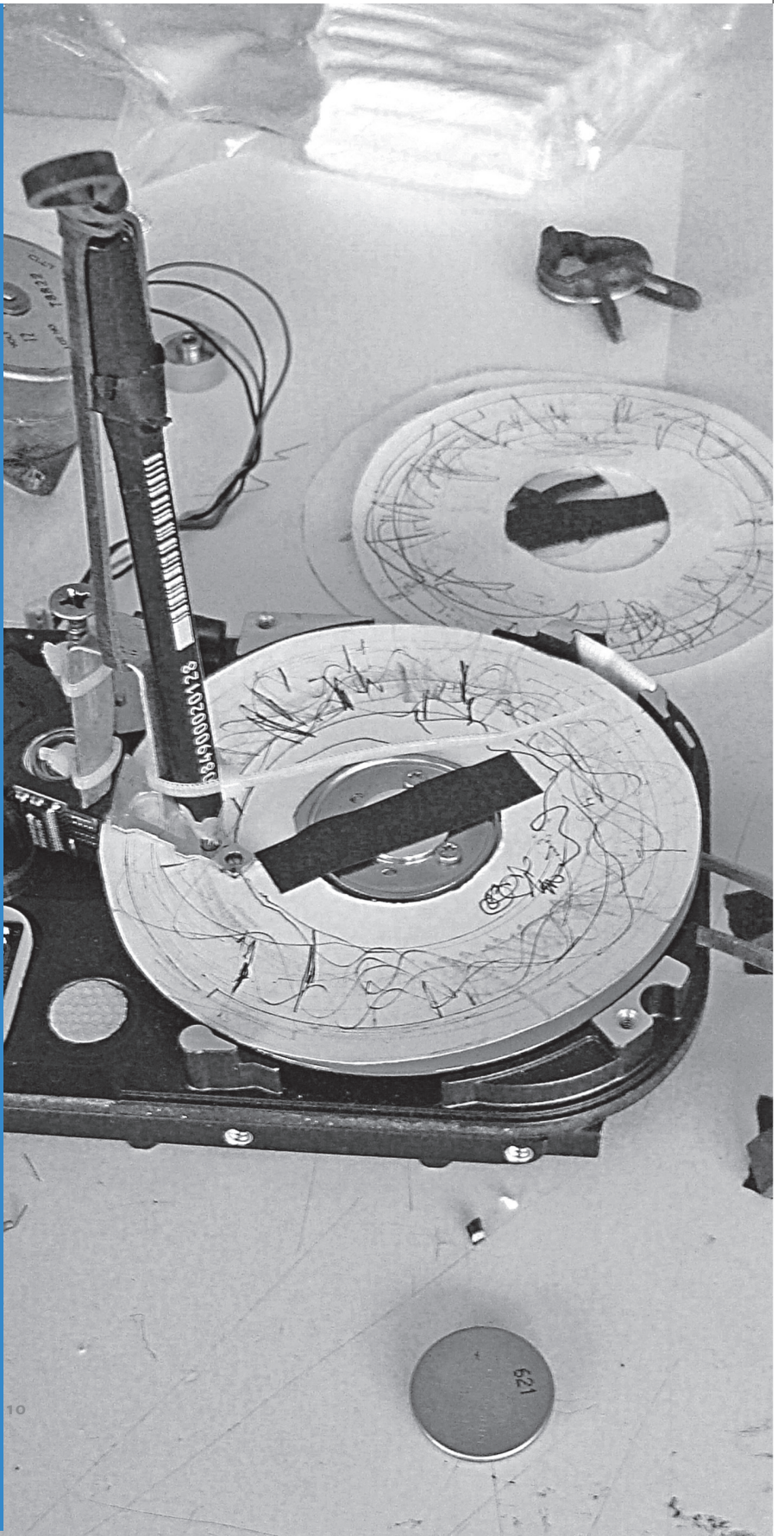
tackling new challenges in design and engineering

form+zweck



INHALT

- 12 **WAS WIR DENKEN**
Jörg Petruschat und Julian Adenauer, die Herausgeber, über ihre Positionen zu diesem Buch
- 38 **LET'S GROW THE CHAIR TOGETHER**
Ein Gespräch im Designstudio 7.5 über die Evolution von Entwürfen
- 54 **THE ROLE OF PHYSICALITY IN THE DESIGN PROCESS**
Steve Gill and Alan Dix about physical interacting in digital environments
- 80 **BOUNDARY OBJECTS, PARTIZIPATION, TRANSDISZIPLINARITÄT**
Ein Gespräch mit Gesche Joost zur Forschung durch Design
- 88 **THOUGHTS ON BLENDED PROTOTYPING**
Benjamin Bähr about throw away- and evolutionary prototyping
- 100 **THE ANATOMY OF PROTOTYPES: PROTOTYPES AS FILTERS, PROTOTYPES AS MANIFESTATIONS OF DESIGN IDEAS**
Young-Kyung Lim, Erik Stolterman and Josh Tenenbergs about the different roles of prototypes in the design process
- 124 **SPATIAL PROTOTYPING**
Christian Derix and Åsmund Gamlesæter about the capabilities of digital technology in architecture and spatial planning
- 142 **LIVE MODELS**
Jason Kelly Johnson and Nataly Gattegno about alternative modes of exploration that combine physical modeling, dynamic realtime inputs and digital simulation
- 150 **THEORIEN, MODELLE UND MULTIPLEXE KONSTELLATIONEN**
Ein Gespräch zwischen Martina Merz und Jörg Petruschat



- 160 **DESIGNPROBLEMLÖSEN MIT EXTERNEN
REPRÄSENTATIONEN**
Eva Wiese und Lisa Wiese zur psychologische Perspektive auf
die Produktentwicklung
- 186 **IDE VS. IPE: TOWARD TO AN INTERACTIVE
PROTOTYPING ENVIRONMENT**
Andrew Payne about an interactive prototyping environment, that
allows to link physical hardware devices to dynamic digital models
- 198 **AUF INS DIGITALE MATERIAL!**
Ein Gespräch zwischen dem Designer Christian Zöllner
und dem Technologen Tobias Fischer
- 216 **DIGITALE WERKZEUGE IN DER
PRODUKTENTWICKLUNG**
Julian Adenauer über digitale und hybride Modelle
- 240 **POINT CLOUD TO DIGITAL CLAY**
Holger Jahns zu direkten digitalen Transformationen
von 3D-Scans
- 254 **PROTOTYPING UND OPEN DESIGN – GESCHICHTE
UND GESCHICHTEN**
Helge Oder und Jörg Petruschat zur Herkunft und aktuellen Praxis
offener Entwicklungsprozesse.
- 278 **»CRACKERS WANT TO DESTROY – HACKERS
WANT TO BUILD.«**
Stefanie Düring und Anna Constanze Pierburg zum
Hardware Hacking
- 286 **TISCHE, TENNISBÄLLE, KURZE SCHREIE.
EINIGE BEMERKUNGEN ZUM PROTOTYPING**
Jörg Petruschat über das kreative Spiel mit dem Material

WAS WIR DENKEN

JULIAN ADENAUER, JÖRG PETRUSCHAT

Die Herausgeber Julian Adenauer und Jörg Petruschat mit einem Überblick über die Motive und Konzeptionen, die dieses Buch veranlasst und zu ihm geführt haben. Der folgende Text ermöglicht auch einen Einblick, wie das Denken der beiden sich zu den Standpunkten der anderen Autoren verhält, die von ihnen freundlich eingeladen wurden in diesen wunderbaren Kreis des gemeinsamen Denkens und Verstehens, und die auf sehr grosszügige Weise bereit waren, daran mit zu tun.

INHALT: DEMONSTRATION, GENERATION UND ERNSTHAFTES SPIEL | SKIZZIEREN ODER PROTOTYPEN? | DIE GENERATION NEUER IDEEN IST NICHT GENUG | ENTWURF AM PROTOTYP

DEMONSTRATION, GENERATION UND ERNSTHAFTES SPIEL

Viele meinen, am Beginn jeder Produktentwicklung stehe eine Idee. Aber diese Ideen fallen nicht aus dem Himmel. Sie sind Erzeugnisse konkreter Personen in konkreten Umständen. Sie entstehen aus den Dingen, die vor uns liegen und aus Erfahrungen, die wir mit anderen Dingen zu anderen Zeiten an anderen Orten gemacht haben. Oft bestehen Ideen darin, Dinge etwas besser zu machen. Dann erkennen wir in den Dingen, die vor uns liegen Tendenzen, die wir weiter entwickeln und optimieren. Manchmal bestehen Ideen darin, die Elemente, aus denen die Dinge bestehen, effektiver anzuordnen. Und manchmal besteht eine Idee darin, zu dem, was vorliegt, Funktionsbausteine hinzuzuziehen, die aus fremden Kontexten stammen. (Petruschat 2006) Kirby Ferguson meint radikal: »Everything is a Remix.«¹ Er verweist auf James Watt, dem nicht die Dampfmaschine einfel, sondern der den Auftrag hatte, eine schlecht funktionierende Newcomen-Maschine zu reparieren, auf Christopher Latham Sholes, der seine Schreibmaschine entlang der Tastatur eines Klaviers entwickelte, sowie auf Thomas Edison, der nicht die Glühlampe erfand, dafür aber eine Version, die sich verkaufen ließ.² Ferguson benennt drei Grundelemente der Kreativität mit: Kopieren, Variieren, Kombinieren. (Ferguson 2012) Das, was wir eine Idee nennen, sind Ereignisse, die aus dem Hantieren mit vorhandenem Material hervorgehen. (Petruschat 2010)

Weder die Bestandteile des iMac, noch des iPod, noch des iPad waren neuartig. Sie bestehen aus Versatzstücken, die bereits in Technologielaboren, bei Zulieferern oder sogar bereits am Markt existierten. Noch nicht einmal die Stärke von Steve Jobs, am Markt zweitklassige Produkte aufzuspüren, kann als ein neuartiges Verfahren gelten. (Isaacson 2011, S. 455)³ Und ohne die grafische Benutzeroberfläche, die bei Xerox entwickelt worden ist⁴, wäre der durchschlagende Erfolg des ersten Macintosh unmöglich gewesen. Von Steve Jobs heisst es, er habe gern Picasso zitiert: Gute Künstler kopieren, große Künstler klauen.

Das Entstehen von Ideen hat zwei Voraussetzungen: Ein Akteur muss in der Lage sein, das, was vorliegt, in Funktionsbausteine untergliedern zu können. Das gelingt ihm in der Regel dadurch, dass er intern ein Modell seiner Interaktion mit den vorhandenen Dingen bildet: Wo werden die Hände angreifen? Welches Segment müssen die Augen kontrollieren? Welcher Teil ist für das Erreichen meiner Ziele von primärem Interesse? Welche Bereiche können getrost vernachlässigt werden? Welche Teile bewegen

sich? Welche verändern die Form oder Farbe? Welche bleiben stabil? Kurz: Um eine Idee zu haben, muss ein Akteur in der Lage sein, die Dinge, die vor ihm liegen, in Bestandteile unterschiedlicher Bedeutung zu gliedern.

Zweitens muss der Akteur in der Lage sein, das, was ihm vorliegt, in den Status der Vorläufigkeit zu versetzen. Er muss in den Dingen, die da sind, die Möglichkeit entdecken, dass sie auch ganz anders aussehen und das heisst hier: dass sie auch ganz anders arrangiert werden können. Er muss wissen oder zumindest ahnen, dass die Ganzheit, die die Dinge vor ihm verkörpern, nur ein Schein ist, der aufgebrochen werden kann. (Petruschat 2011) Er muss sich vorstellen können, dass, durch seine Kunst, die vorhandenen Dinge (mental) in Funktionsteile zu gliedern, Beziehungen und Wechselwirkungen deutlich werden, in die er eingreifen kann. Kurz: Um eine Idee zu haben, muss ein Akteur in der Lage sein, die bedeutungsvolle Gliederung, die er in seiner Wahrnehmung initiiert (geleistet) hat, als nur eine von mehreren Alternativen anzusehen, die von ihm, dem Akteur, auch ganz anders realisiert werden könnte.

Was wir hier mit dem Titel *Prototype!* hervorheben möchten, das ist ein Verfahren, das Wahrnehmungen, mentale Kartierungen, Ideen, händisches Agieren bei der Kombination und Dekonstruktion vorhandener materieller Elemente aufeinander bezieht.

Wir reklamieren damit einen aktionistischen, das Akteursverhalten einbeziehenden Begriff von Prototyp. Das ist ein anderer Begriff, als er traditionell in Gebrauch ist. Traditionell gilt der Prototyp als ein besonderer Objektzustand in Entwicklungsprozessen. Viele deutsche Designer beispielsweise orientieren sich dabei an der Nomenklatur von Rido Busse. Busse unterscheidet verschiedene Objektzustände im Entwicklungsprozess von Produkten als: (a) »Proportionsmodell« – sie geben grob die

1 <http://www.everythingisaremix.info>

2 Selbst die sogenannten Durchbrüche beruhen auf der Kombination von Elementen aus verschiedenen Kontexten - Gutenbergs Druckpresse ist etwa 1440 erfunden worden, aber die einzelnen Bestandteile gab es schon längere Zeit: bewegliche Lettern seit 1040, die Schneckenpresse seit dem Jahr eins unserer Zeitrechnung, Tinte seit 180 Jahren v.u.Z. und Papier seit 1800 Jahren vor der Zeitrechnung.

3 »Die Musik-Player, die es bereits gab, seien »wirklich scheiße«, erklärte er seinen Mitarbeitern. Phil Schiller, Jon Rubinstein und der Rest des Teams stimmten ihm zu. Als sie iTunes programmierten, beschäftigten sie sich auch mit dem Rio und anderen Musik-Playern und erklärten sie für Schrott. »Wir saßen zusammen und waren uns einig, dass die Teile echt Mist waren«, erinnerte sich Schiller. »Da passten nur ungefähr 16 Songs drauf, und man wusste überhaupt nicht, wie man sie bedienen sollte.«

4 Und auch die grafische Benutzeroberfläche war nicht neu, sondern beruhte bloß auf einer Metapher, dem Desktop. Gleiches gilt für die die Scroll-up Menus, denen die Suchbewegungen von Fingern auf Speisekarten vorausgehen usw.

äußere Form, und die Proportionen wieder; (b) ›Designmodell‹ – sie zeigen mit ihrem Äußeren wirklichkeitsnah die Anmutung des späteren Seriengerätes; (c) ›Funktionsmodell‹ – sie demonstrieren die Funktion des Gerätes ohne Rücksicht auf die äußere Form; (d) ›Prototyp‹ – das sind Modelle, gefertigt nach Zeichnungen oder Daten für die Serie. Mit dem Bau des Prototyps wird die Konstruktion zuverlässig kontrolliert. Dies erlaubt noch Korrekturen vor dem Bau der Serienwerkzeuge; (e) ›Vorserien‹ – sie werden mit Behelfswerkzeugen gefertigt, dienen der Erprobung beim Anwender im Feldtest. Kleinserien bis 500 Stück sind möglich; und (f) ›Muster‹ – das sind Teile oder Geräte, die aus einer Serie stammen. (Busse 2012) Eine derartige Differenzierung, an die sich alle Akteure, Unternehmer, Ingenieure, Designer diszipliniert halten sollen, ist uns im englischen und us-amerikanischen Kulturkreis nicht aufgefallen. Dort gilt oft alles, was nicht Finalprodukt ist, als Prototyp, egal ob rough, quick and dirty, early experience, customer ready, oder als Objekt für ein serious play (Schrage 2000). Michael Schrage, der Prototypen vor allem als Objekte für ein ersthaftes Spiel auffasst, beschreibt die begriffliche Unübersichtlichkeit in diesem Feld so: »The phrase rapid prototyping conjures radically different images in the minds of a software designer at a workstation and a mechanical engineer using stereolithography and laser sintering to produce physical three-dimensional models. The Prototyping vocabulary dictates how people view the models they build. Design-intensive cultures tend to have richer prototyping vocabularies than companies that view prototypes as simply necessary stepping-stones to the final product. In some organizations, every product model built – no matter how rough – is called a ›prototype‹. In cultures with strong technical and engineering traditions, however, only the working model that the organization has figured out how to manufacture is called ›the prototype‹ – everything else is called a breadboard or a mock-up. ›Prototyp‹ assumes a special connotation.

Interdepartmental misunderstandings arise when engineering's ›mock-up‹ is marketing's ›prototype‹. One division's ›roughs‹ are another's ›comps‹. Does the organization have alpha, beta, and gamma prototypes, or do versions get labeled by number? Are prototypes ›designed‹ or ›built‹? Do people ›create‹ prototypes or ›assemble‹ them? Are prototypes regarded internally as engineering artifacts or as marketing samples? Is different language used to describe internal prototypes and those shown to customers?« (Schrage 2000, S. 74) Obwohl wir uns bewusst sind, dass es essentialistisch und verwegen wäre, diese vielen pragmatischen

Ansätzen unter eine alles überspannende Definition zum Prototyp zu zwingen, und obwohl die Gemeinschaft der Prototyper – wie Lim, Stolterman und Tenenberg feststellen (Lim et al. 2008)⁵ – mit dem Fehlen einer einheitlichen Auffassung zum Prototyp einfach auskommen müssen, sehen wir uns in der Pflicht für dieses Buch gleichwohl ein halbwegs klares Verständnis vorlegen. Hier ist es: Wir sprechen lieber von Prototyping, statt vom Prototyp.⁶ Wir fokussieren damit nicht einen bestimmten Entwicklungsstatus im Fortgang von Produktentwicklungen, als vielmehr das Prototyping als einen Prozess, ein Verhalten und eine Haltung im Rahmen von Produktentwicklungen. Uns interessiert nicht, ob das, was man einen ›Prototyp‹ nennt, mehr oder weniger reif ist als ein ›Designmodell‹, mehr oder weniger verfeinert als ein ›Mockup‹ oder ein ›Funktionsmodell‹. Wir möchten mit unserer Orientierung auf die Aktion und das Verhalten von Akteuren nicht die Materialität marginalisieren, die für Prototypen zweifellos konstitutiv ist. Im Gegenteil. Der Fokus auf das Verhalten erst schließt die materiell und elementar vorliegenden Möglichkeiten wirksam auf. Erst die sinnlich-konkrete, motorische, interaktive Bezugnahme auf physische Dinge ermöglicht es Akteuren mentale Modelle von Bedeutungseinheiten zu bilden, zu kombinieren, zu destruieren und zu verwerfen oder über sie zu sprechen und nachzudenken. Wir grenzen uns damit gegen Auffassungen ab, die im Prototypen bloß ein Objekt, oder gar ein handelndes Objekt (Vetter 2011)⁷ sehen.

Obwohl Lim, Stolterman und Tenenberg so skeptisch sind in Bezug auf ein Diskurs bestimmendes Verständnis vom Prototypen machen sie in ihrem fundamentalen Artikel *The Anatomy of Prototyping*, wie in unserem Buch hier nachzulesen ist, vier Funktionen für den Prototyp geltend:

5 »We are primarily concerned with the lack of a fundamental definition of prototypes in the different ways of using and defining prototypes that many researchers and practitioners propose. We appreciate some researchers' attempts to summarize taxonomies of prototypes based on their different uses in design or development processes.« (Lim, Stolterman, Tenenberg, *The Anatomy of Prototyping*, p. 7:6)

6 Wir lehnen uns dabei an Lim, Stolterman und Tenenberg an, die ihren fundamentalen Beitrag *The Anatomy of Prototypes* nennen. Auf das Ganze des Beitrages gesehen, differenzieren Lim et al. allerdings nicht nachhaltig zwischen Prototyp und Prototyping und sprechen eben auch von »the anatomy of prototypes«, obwohl auch für sie die Vorgehensweise viel zentraler ist als das Objekt: »The anatomy of prototypes represents a way of thinking about prototypes, rather than a method that may lead to ›good‹ prototypes. The framework can be seen as both an analytic and a reflective tool. It can provide designers with conceptual and reflective guidance not only on how to design prototypes but also on how to interpret prototyping results.«

7 Der Begriff des ›handelnden Objektes‹ dort, insbesondere in Anknüpfung an Bruno Latours Akteur-Netzwerk-Theorie.

»(1) evaluation and testing, (2) the understanding of user experience, needs, and values, (3) idea generation, (4) communication among designers«. (Lim et al 2008)⁸

Sie fassen damit unterschiedliche Aspekte im Umgang mit Prototypen positiv zusammen. Wir möchten noch einen Schritt weiter gehen und die Funktion von Prototypen in drei Kategorien gliedern. Wir möchten damit stärker noch als Lim, Stolterman und Tenenberg Prototypen als Vermittlung und als Vermittler kreativer Prozesse ansprechen. Das Kriterium für unser Cluster ergibt sich aus den drei grundlegenden Beziehungen, in denen Prototypen als materielle Artefakte stehen und in denen sie ihre Wirkung entfalten. Sie vermitteln erstens zwischen Akteuren der Produktentwicklung einerseits und Stakeholdern und Entscheidern andererseits, sie vermitteln zweitens zwischen dem Ergebnis, das produziert werden soll, und dem Problemfeld, das zur Produktentwicklung Anlass gab, und sie vermitteln drittens die Kompetenzen der direkt an der Produktentwicklung beteiligten Akteure.

Demgemäß dienen Prototypen

1. (und klassischer Weise) der Argumentation und Darstellung. Sie zeigen, dass etwas funktioniert, dass etwas machbar ist, dass etwas zu Ergebnissen führt und damit Erwartungen (mehr oder weniger gut) trifft und sie in diesen Evaluationen auch entwickelt.

2. als generative Werkzeuge in Entwicklungsprozessen. Sie unterstützen dabei nicht allein die Entwicklung von Ideen. Sie sind genauso gut materielle Speicher von Vorschlägen. In ihnen kumuliert Entwurfserfahrung. Sie zeigen den gelungenen Versuch wie auch den Irrtum und halten beides für nachfolgende Entwicklungsschritt vor. Als Verkörperungen von Entwurfsgeschichte und Entwurfserfahrung bieten sie sich zugleich dem Spiel mit alternativen Lösungen an auf immer höher getriebenen Niveaus bereits gefasster Komplexität. Thomas Hughes sagt: »Prototypes are congealed culture.« Und Michael Schrage verlängert, sie seien »tangible slices not only of technology and technique but also of corporation's own interpretation of market and cultural forces.« (Schrage 2000, S. 62)

Der Werkzeugcharakter, den wir hiermit ansprechen, soll tatsächlich das Vorantreiben der Produktentwicklung selbst betonen. Von dieser Funktion für den Produktentwicklungsprozess ist die basale und selbstverständliche Funktion zu unterscheiden, dass die Finalerzeugnisse, die aus diesen Prototypen hervorgehen, in finalen Nutzungsszenarien Funktionen zu erfüllen haben oder als Werkzeug (Säge, Mobilephone usw.) dienen. Beide Funktionen laufen in der Realität oft ineinander und

durcheinander. Was auf der einen Ebene als Werkzeug erscheint – zum Beispiel als Säge oder als Schaufel – kann und muss auf einer anderen Ebene als ein Spielzeug aufgefasst werden, mit dem und an dem neue Ideen entstehen.

3. dienen Prototypen als Medien für das Entwerfen. Sie vermitteln die unterschiedlichen Kompetenzen, die am Entwerfen beteiligt sind. Sie bilden die materiellen Anker für multikompetente Teams aus Ingenieuren und Designern verschiedenster Disziplinen, aus Leuten vom Marketing, der Unternehmensführung, und oft auch aus verschiedenen Nutzergruppen. Michael Schrage nennt Prototypen »a social media and mechanism« (Schrage 2000, S. 14)⁹. »The prototype plays a more influential role in creating a team than teams do in creating prototypes. In world-class companies, an interesting prototype emits the social and intellectual equivalent of a magnetic field, attracting smart people with interesting ideas about how to make it better.« (Schrage 2000, S. 28) Gesche Joost hebt in ihrem Interview mit uns immer wieder die Funktion von Prototypen als »boundary objects« hervor. Prototypen organisieren Gemeinsamkeit und haben die Tendenz egoistische Perspektiven zu überwinden.

Wenn wir hier von »Medium« sprechen, dann sprechen wir in einem McLuhan'schen Sinne von »hard facts«, von Kanälen mit einer spezifischen Technik und Materialität und nicht von irgendwie fließenden mentalen Ereignissen. (Schrage 2000, S. 138)¹⁰ Allein durch ihre materielle

8 »We believe that the notion of a »good« prototype can only be understood in relation to the specific purpose of the design process and to the specific issue that a designer is trying to explore, evaluate, or understand. The purposes for which prototypes are used can be broadly categorized into the following areas: (1) evaluation and testing; (2) the understanding of user experience, needs, and values; (3) idea generation; and (4) communication among designers. These categories are not meant to be mutually exclusive, and any one prototype can be used for multiple purposes. The notion of prototype profiles that we have introduced can be used for planning and specifying prototypes in design practice according to these different purposes.«

9 »Prototypes engage the organization's thinking in the explicit. They externalize thought and spark conversation. They're »bandwidth-boosters« and context-creation for both information management and human interaction. A truly effective physical prototype of a portable computer or an automobile dashboard goes beyond the visual to appeal the tactile and kinesthetic. A genuinely creative spreadsheet simulation of a budget crises evokes a »suspension of disbelief« that activates the adrenal glands along with the mind. The conversational competitions and design debates that these shared models ignite forge collaborative creativity and fire innovation. Consequently, these models are not just tools for individual thought. They are inherently social media and mechanism. More often than not, they become the organization's lingua franca, or medium franca, bridging its multiple Departments of Babel. They boldly engage the »social senses« – the issues of power, perspective, accountability, and control – in ways the firm can't easily avoid.«

Daseinsweise können Prototypen zum Ausgangspunkt für neu ansetzende Interpretationen werden. Wir hatten das bei ihrer generativen Funktion bereits erwähnt.

Dass Prototypen als Medien fungieren, setzt sie aber auch in den Status einer nur symbolischen Welt. Prototypen sind, bei all ihrer Faktizität und nachgewiesenen Machbarkeit und Anmutung ein gutes Stück Theater. Erst dieser Status der Performance, der Inszenierung und des Theaters, der allen Prototypen anhaftet und zugebilligt wird, ermöglicht es Personen mit individuell sehr unterschiedlichen biographischen Erfahrungen und Kompetenzen, sie immer wieder neu und originell zu interpretieren.

Wir möchten mit dem Verweis auf die mediale Dimension von Prototyping auch darauf aufmerksam machen, dass die Art, in der ein Prototyp vorliegt und kommuniziert wird, maßgeblich ist für seine Funktion als Argument und seine Potenz, kreative Prozesse voranzutreiben. Es macht einen Unterschied, ob ein Prototyp als ein analog greifbares Gefüge ausgeht oder ob er in einer CAVE bewegt wird und wie die Mischung dieser beiden Formen organisiert ist; es ist ein Unterschied, ob ein Prototyp als eine auch aufgelöste Simulation oder ›quick and dirty‹ vorliegt. Hier, unter dem medialen Gesichtspunkt, hat sich in den letzten Jahren einiges weg bewegt vom klassischen Verständnis, der Prototyp sei nur Textlauf für die Fertigung. Hier wird die Differenz zum traditionellen Prototyping besonders deutlich. Es ist für die Zusammenarbeit verschiedener Kompetenzen ein Unterschied, ob in Clay oder in Arduino, mit Schaumstoff und Kleber in einer Werkstatt oder mit Snappern und Bizet-Tools in einer Cave gearbeitet wird. Alan Dix und Steve Gill schreiben in ihrem Beitrag zu unserem Buch: »The act of writing demands a particular word, the need to sketch demands that the location of a door is specified, the act of prototyping requires the components' interactions to be closely understood; what had been vague or fuzzy thoughts becomes specific and concrete; the very process of elaboration of thoughts changes the thoughts. Rather than pre-existing ideas being re-presented in an external form, the idea is itself formed in the process of presentation.« (Gill and Dix, S. 76)

Wie hier leicht einzusehen ist, greifen die drei von uns unterschiedenen Grundfunktionen des Prototypings ineinander und gehen auseinander hervor. Dass Prototyping ein kumulativer Prozess stetigen Erfahrungsgewinns ist, ist von den Funktionen der Machbarkeit und des Arguments nicht zu trennen. Und beides - die Kumulation von Entwurfserfahrungen und die Argumente zur Machbarkeit und Funktionalität - wirkt auf die Generation von Ideen und die Entwicklung neuartiger Arrangements zurück.

SKIZZIEREN ODER PROTOTYPEN?

Mit ›Experience Prototyping‹ haben Marion Buchenau und Jane Fulton Suri ein viel zitiertes Papier (Buchenau and Suri 2000) veröffentlicht, das, ähnlich wie wir es tun, eine neue Haltung gegenüber Prototypen in Entwicklungsprozessen konstatiert. Sie stützen sich dabei vor allem auf ihre Erfahrungen mit Projekten in der Designagentur IDEO. Ihre Beschreibungen stehen damit beispielhaft für den Umgang mit Prototypen in einem Vorgehen, das heute oft unter dem Begriff ›Design Thinking‹ firmiert.

Grundlage dieses Ansatzes ist die Überlegung, nicht die Gestaltung des Produktes, sondern das Erlebnis, das der Nutzer bei der Verwendung und der Interaktion mit dem Produkt hat (›User Experience‹), in den Mittelpunkt der Produktentwicklung zu rücken. Insbesondere bei der Gestaltung interaktiver Systeme erscheint dann das Prototyping als eine Kernaktivität. Das Ziel: »to explore and communicate what it will be like to interact with the things we design.«

›Experience Prototyping‹ umschreibt keinen festen Werkzeugsatz für den Bau von Prototypen¹⁰. Überhaupt spielt die konkrete Materialität keine wirklich entscheidende Rolle für die Performance, Evaluation oder, wie bei Lim et al. bei der Hervorhebung bestimmter Aspekte zuungunsten anderer. Im Verständnis von Marion Buchenau und Jane Fulton Suri kann der Prototyp jegliche Form annehmen: »an Experience Prototype is any kind of representation, in any medium, that is designed to understand, explore or communicate what it might be like to engage with the product, space or system we are designing«. Dafür betonen sie sehr stark das aktive Ausprobieren, das ›exploring by doing‹, als die zentrale Aktivität im Entwurfshandeln.

Buchenau und Suri setzen auf die Verwendung einfache Werkzeuge und Materialien und argumentieren für einen ›low fidelity mindset‹. Diese Herangehensweise rücke Fragen des Entwerfens in den Mittelpunkt

¹⁰ »The clay proved extraordinarily useful media for visualization, but they seldom promoted collaboration media because they weren't built with collaboration in mind. Indeed, the clays were the property and preserve of the stylists, not the engineers. The nature of the medium also itself militated against easy changes. Modifying a clay on the margins was relatively easy: scrape off a millimeter here, round off an edge there. But making a significant change was akin to sculpting a brand-new David. Meanwhile, manufacturing's prototypes were organizationally beyond the reach of the stylists. For decades, designers and engineers each built there own prototypes.«

¹¹ »Experience Prototyping is less a set of techniques, than it is an attitude, allowing the designer to think of the design problem in terms of designing an integrated experience, rather than one or more specific artifacts.«

und nicht die Tools und Techniken, mit denen Entwurfsideen umgesetzt werden¹². Zum anderen ermögliche ein low fidelity mindset schnellere Iterationen. Obwohl auch wir das Prototyping als eine erkundende und Erkenntnis erzeugende Tätigkeit fokussieren und deshalb einige Ansichten von Buchenau und Suri sehr unterstützten, irritiert uns die Zweitran- gigkeit, mit der die materiellen Faktoren des Prototypings bei Buchenau und Suri verhandelt werden. Es ist nicht gleichgültig, mit welchem Mate- rial, mit welchen Modulen, mit welchen Werkzeugen Prototypen gebaut werden. Die materiellen Faktoren kanalisieren, limitieren die Aussage- kraft der Prototypen etwa in derselben Weise, wie es Marshall McLuhan für die Medien formulierte: »The medium is the message.«

Wir möchten aber nicht nur die limitierende Funktion materieller Faktoren betonen. Uns geht es um den aufbauenden Effekt, der in der materiellen Struktur und der konkreten Form der Prototyping-Toolkits vorhanden ist. Die Materialität, die Bausteine von Prototyping Toolkits helfen nicht nur dabei, neue Ideen zu generieren und Wirkzusammen- hänge neu zu denken. Sie sind den Akteuren vor allem unverzichtbar, um rasch auf höhere und komplexere Entwurfsebenen zu gelangen und ›laut zu denken‹. Das Prototyping, wie wir es verstehen, ist nicht nur ein Vorgang, Ideen zu materialisieren, um sie festzuhalten. Wir sehen im Pro- totyping einen aufbauenden Prozess. Benjamin Bähr markiert in seinem Beitrag einen wichtigen Unterschied: den Unterschied von throw-away- Prototypen im Sinne von Buchenau und Suri und einem Prototyping- Konzept, das er evolutionär nennt. Genau diesen evolutionären und kumulativen Aspekt möchten wir hier betonen: Prototypen sind Stufen- leitern. Stellt man die Prototypen eines Entwicklungsprozesses neben- einander, wird die zunehmende Verkörperung von Intelligenz deutlich. Die Materialien, die von den Entwurfsideen informiert werden sollen, die Funktionsmodule, die im Prototypenbau arrangiert werden, müssen die Anregungen der Prototyping-Akteure verschiedenster Kompetenzberei- che aufnehmen können. Nur wenn das Material und die Ordnungsprin- zipe der eingesetzten Module diese Speicherfunktionen erfüllen können, wird die sequentielle Außenlagerung von Entwurfsideen eine aufbauende Wirkung zeigen. Das ist die Voraussetzung, um im Prototyping höhere Komplexitätsniveaus zu erreichen.

Zweifellos wird das gestaltende Denken sehr stark geprägt durch die Artefakte, mit denen die Akteure arbeiten. Die Prototypen und die Pro- totyping-Werkzeuge nehmen direkten Einfluß auf die Richtungen und die Formen des entwerfenden Denkens. Sie sind nicht nur Medien der

Kommunikation von Ideen, die im Kopf bereits fix und fertig gedacht wurden und nun nur noch in den Prototypen überführt werden müssen, wie eine Nachricht in ein Telegraphenkabel. Obwohl Buchenau und Suri den Einfluss von Prototypen auf das Denken durchaus anerkennen¹³ sehen sie nur die anregende und limitierende, nicht jedoch die aufbauende Funktion. Wir glauben, dass sich mit der Verwendung höherwertiger Bausteine im Prototyping auch ein höheres Wirkvermögen erschließen lässt und dass ›intelligentes‹ Material neue Möglichkeiten eröffnen kann, die in einer low fidelity Herangehensweise nicht hätten erschlossen werden können. Die besonderen Eigenschaften eines Materials, das Leistungsspektrum eines elektronischen Moduls können Keimlinge für den Entwurf sein, aus dem schließlich das Konzept entfaltet wird. Mit eigenschaftslosen ›low fidelity‹-Materialien kann diese Art der Anregung nicht erreicht werden.

Auch Bill Buxton folgt in seinem Buch *Sketching User Experiences* (Buxton 2007) der Auffassung, dass Design sich im Kern mit dem Entwerfen von Erlebniskontexten und nicht von Produkten beschäftigen sollte. Buxton stellt das Skizzieren als kreatives Werkzeug in den Mittelpunkt des Entwurfsprozesses. Für ihn ist die Tätigkeit des Skizzierens jedoch viel mehr als nur der Prozess, der die Erstellung einer Skizze zum Ziel hat. »The importance of sketching is in the activity, not in the resulting artifact.« (Buxton 2007, S. 135)

Es geht ihm dabei nicht allein um klassische Skizzen, die mit Stiften auf Papier gebracht werden. Diese sind häufig unzureichend, wenn mehr durchdacht werden soll als nur die äußere Form, mehr erlebt als nur Äußerlichkeiten. Deshalb erweitert Buxton das Konzept der Skizze, indem er es nicht nur von Stiften und Papieren, sondern überhaupt von der Fixierung auf Materialien und Tools befreit. Buxton ist, wie Buchenau und Suri, vor allem am Prototyping im Kontext von Interaction Design interessiert. So überträgt er das Konzept, die Haltung und den Akt des Skizzierens auf den Entwurf von Interaktionen und das Produkterlebnis: »sketches for experience and interaction design will likely differ from conventional sketching since they have to deal with time, phrasing, and feel. [...] The key here is to understand that sketching as I mean it has more to do with exercising the imagination and understanding (mental

¹² »Low-tech solutions seem to promote the attitude that it is the design question that is important, not the tools and techniques that can be brought to bear.«

¹³ »The tools we use to design, such as prototypes, influence the way we think. Solutions, and probably even imagination, are inspired and limited by the prototyping tools we have at our disposal.«

and experimental) than about materials used.« Während Buchenau und Suri die Unterscheidung zwischen Skizze und Prototyp auflösen, indem sie den Begriff des Prototyps sehr stark erweitern¹⁴, betont Bill Buxton diese Unterscheidung ganz bewusst. Er stellt den Begriff des Skizzierens klar dem Begriff des Prototypen gegenüber: »Sketches are not prototypes they serve different purposes, and therefore are concentrated at different stages of the design process. Sketches dominate the early ideation stages, whereas prototypes are more concentrated at the later stages where things are converging within the design funnel.« (Buxton 2007, S. 139) Er ähnelt damit stark den traditionellen Auffassungen, wie sie in deutschen Ingenieursnormen festgeschrieben sind.

Prototypen sind für ihn aufwändiger herzustellen als Skizzen. Sie sind eher Antworten als Fragen, eher Verfeinerungen als Erkundungen, eher Beschreibungen als Vorschläge. Auch wenn Buxton einräumen muss, dass ihm die Differenzierung häufig schwer fällt und es sich bei dieser Differenzierung eher um einen fließenden Übergang als um einer Trennlinie handelt, möchte er auf diese Unterscheidung nicht verzichten: »perhaps the real value in drawing a marked distinction between sketching and prototyping lies not in the end points, but in recognizing that there is a continuum between them. An awareness of it, its properties, and its implications, may help guide us in how and when we use different tools and techniques.«

In diesem Buch folgen wir dieser begrifflichen Unterscheidung von Buxton nicht. Uns erscheint die Differenzierung zwischen Skizze und Prototyp zu stark als eine Unterscheidung zwischen einem Bereich der Ideenfindung, den Buxton ›Sketching‹ nennt und einem Bereich der Ideenumsetzung, den er ›Prototyping‹ nennt. Wir hingegen möchten mit unserem Verständnis von Prototyping betonen, dass die Fragen, die zu Ideen führen, nicht allein von einem flexiblen Geist abhängen, sondern von der Konfrontation mit Artefakten, die als problematisch oder frustrierend erlebt werden. Es ist eine der herausragenden Eigenschaften von Prototypen, dass die Antworten, die sie geben, nur den Status der Vorläufigkeit und der Fragwürdigkeit haben. Die Haltung, die wir ›Prototyping‹ nennen, besteht gerade darin, die Antworten, die mit Prototypen, aber auch mit anderen Realisierungsformen von (mental) Modellen gegeben werden, kritisch zu sehen. Wir anerkennen durchaus die unterschiedlichen Herangehensweisen, die Buxton in Skizze hier und Prototyp dort unterteilt, sehen darin jedoch nur unterschiedliche Artikulationen *eines* Vorgangs. Für uns ist das ›Prototyping‹ eine generative Methode. Unser Fokus liegt auf der

Interaktion mit Materialien und Tools, die Ideen erzeugen oder Ideen filtern und klären und schließlich zu immer höheren Reifegraden bei den prototypischen Artefakten führen. Wir reklamieren das, was Buxton zur Skizze schreibt, für das, was wir ›Prototyping‹ nennen: »all this serves the purpose of affording, encouraging, and enriching the conversations that we have with ourselves, our sketches, our colleagues, and our clients«.

DIE GENERATION NEUER IDEEN IST NICHT GENUG

Seit das Design Thinking als eine universelle Methode der Ideenfindung popularisiert wurde, gelten Prototypen als ideale Generatoren für neue Ideen und Konzepte durch jederman. Oft werden dabei – ›quick and dirty‹ und möglichst mit den zukünftigen Nutzern gemeinsam – Prototypen in Papier und Pappe, mit Post It's, Heißkleber und bunten Stiften gebaut. Am Ende erhält der Veranstalter ein Doppeltes: Erstens Konzepte, die ihm vorher unbekannt waren, weil externe Akteure die engen Fokussierungen unternehmenseigener Abteilungen mit neuen Wünschen und Expertisen aufbrechen. Zweitens sind die Konzepte, die aus diesen rasch zusammengebastelten Prototypen ablesbar werden, sehr nah am Markt und an dem, was Kunden wünschen und sich vorstellen, eben weil einige *lead user* in diese Prototyping-Workshops einbezogen waren. Diese Verknüpfung von Open Innovation, Design Thinking und Prototyping zur Findung neuer Produktkonzepte ist in den letzten Jahren vielfach und erfolgreich probiert worden. Aber das Prototyping ist zu weit mehr zu gebrauchen, als neue Konzepte zu generieren, zu evaluieren und deren Machbarkeit zu testen. Einerseits ist die Beteiligung von Nutzern in der Konzeptphase und am Bau von Prototypen nicht unbedingt eine Erfolgsgarantie der Finalprodukte am Markt. Von Henry Ford gibt es die Geschichte: »Wenn ich meine Kunden gefragt hätte, was sie sich wünschen, dann hätten sie geantwortet: ›Ein schnelleres Pferd.« – Es bringt nicht immer etwas, Kunden oder technische Experten zu befragen und zum Partner von Produktentwicklungen zu machen. Von den Technikern erhält man meist nur die

14 »[Prototypes] range from sketches and different kind of models at various levels — ›looks like‹, ›behaves like‹, ›works like‹ — to explore and communicate propositions about the design and its context.«

Auskunft, was alles warum nicht geht und von den Kunden erfährt man zwar, was sie sich denken und wünschen. Aber Produkte, die am Markt bloß den Kundenwunsch spiegeln, sind für die Kunden dann eben auch wenig überraschend und selten ein Erlebnis, das den ersten Eindruck überdauert. Steve Jobs hat deshalb für Produktentwickler und Designer das Credo formuliert: Sie müssen es verstehen, einen Text zu lesen, der noch nicht geschrieben ist. Das ist eine nette Metapher. Sie hört sich gut an und irgendwie geheimnisvoll und intelligent, weil darin ein Paradoxon steckt – man kann Texte nicht lesen, die noch nicht geschrieben sind. Auch Steve Jobs konnte das nicht. Weder er noch das Team, das er antrieb und befehligte, verfügte über übersinnliche Fähigkeiten. Auch handelten sie nicht paradox. Sie taten einfach nichts anderes, als im wahrsten Sinne des Wortes das Prototyping in das Zentrum der Entwicklung ihrer artistischen und sehr komplexen Produktpalette zu stellen. Und sie verbanden das Prototyping der Produkte mit der Strategieentwicklung für das Unternehmen. Sie machten aus einer Phase, die in jedem Unternehmen bei jeder Produktentwicklung irgendwann auftaucht und abgearbeitet werden muss – das Bauen und Testen von Prototypen – einen permanenten und kontinuierlichen Prozess.

Betritt man das Designstudio von Jonathan Ivy an der Infinite Loop 2 auf dem Apple Campus, schreibt Isaacson, dann liege links neben dem Eingang das Großraumbüro mit Schreibtischen für etliche junge Designer, rechts aber befände sich ein höhlenartiger Hauptraum. Auf sechs Stahltischen befänden sich die Prototypen von allen Produkten, die in der Entwicklung sind. Man könne sie in die Hand nehmen und mit ihnen herumspielen. Man könne verschiedene Varianten – etwa des iPhone – miteinander vergleichen, diese Varianten aber auch ins Verhältnis setzen zum MacBook oder iPad. Auf diese Weise hätten alle, die den Raum betreten, sowohl einen Überblick über die Entwicklungsfortschritte bei jedem einzelnen Produkt als auch einen Überblick über das Gesamtpaket, mit dem die Marke Apple demnächst auf dem Markt vertreten sein würde. Man sieht, beschreibt der Designchef Jonathan Ivy dieses Setting, »wie die Dinge miteinander verbunden sind«, »in welche Richtung es weitergeht«, »wo die Firma ihre Energie investiert«; man sieht »drei Jahre in die Zukunft«. Das ist etwas, »das in einer großen Firma ziemlich schwer zu erreichen ist«. (Isaacson 2011, S. 406) Direkt hinter diesem Prototypenbasar befände sich das Studio für computergesteuertes Design und noch einen Raum weiter stehen die Spritzgußmaschinen für die Schaummodelle und eine robotergesteuerte Spritzlackkammer. (Isaacson 2011, S. 405)

In dieser räumlichen Struktur von Präsentationstischen, CAD-Plätzen und Modelshop sind Prototypen mehr als nur Ergebnisse von Ideen, die ins Material getrieben wurden. An ihnen ist abzulesen, wie Produktkonzepte konkreter werden und wie ihnen Schritt für Schritt Intelligenz, Raffinesse und damit Prägnanz gegenüber den Konkurrenten zuwächst. Diese permanente Übersicht über einen ablaufenden Entwicklungsprozess ist unverzichtbar, wenn es um Produkte geht, die eine hohe Komplexität von Modulen und Funktionen verkörpern und integrieren. Bei elektronischen Geräten sind die Steuerfunktionen, die von Handbewegungen realisiert werden, beispielsweise nicht zu trennen von der Software, die ihr hinterlegt ist und dem grafischen Interface, auf dem die Feedbacks erscheinen. Code, Animation, Interface wirken zurück auf den Ort, an dem die Steuerelemente platziert werden, auf die Farbigekeit und die Textur der Materialien, die für die greifbaren Elemente ausgewählt werden. Iteration für Iteration speichern und verknüpfen die Prototypen die Intelligenz, die verschiedene Kompetenzen in sie eintragen. Sie speichern zugleich die Erfahrungen des Gelingens und Mißlingens dieser Integrationen. Prototypen dienen nicht nur der Erprobung nur eines Gedankens, auch wenn er sehr komplex sein mag und in Zeichnungen gut vorher geplant. Prototypen nehmen als materielle Artefakte insbesondere die Erfahrungen auf, die im Entwurfshandeln gewonnen werden. Jeder Ausbau der Prototypen im materiellen Sinne ist auch ein Zugewinn von Handlungswissen, das diesen materiellen Ausbau bewerkstelligte. Dieser materielle Ausbau, seine Verfeinerung, seine konstruktiven Alternativen und seine Funktionsintegrationen auf immer wachsender Stufenleiter sind zugleich Verankerungen des Wissens, das zu diesen Alternativen, Verfeinerungen, Integrationen geführt hat. So sind Prototypen ungleich mehr als bloß Darstellungen von Ideen. Sie sind Werkzeuge und Medien, die den Akteuren helfen, Produkte über die Grenzen des bloß Denk- und Vorstellbaren hinauszutreiben. Mit originellen Ideen kann man gedanklich und träumerisch spielen – aber das Repertoire der Möglichkeiten für diese Gedankenspiele ist immer durch den eigenen Kopf und die eigenen Erfahrungen beschränkt. Erst wenn dieses Spiel durch materielle Elemente vermittelt wird, wenn es aus den Köpfen heraus und in die Realität eines Teams hineintritt, können die unterschiedlichen Kompetenzen unterschiedlicher Akteure einbezogen, ihre Gegenseitigkeit und Kontroverse fruchtbar gemacht werden. Erst durch die Entäußerung der Ideen in ein Spiel mit materiellen Elementen und Modulen entsteht jene Komplexität an Möglichkeiten, die über alles, was ein Einzelner sich denken kann, hinausreicht. Die Wirklichkeit der materiellen Dinge ist so unendlich viel

reicher an Möglichkeiten, überraschender, unwahrscheinlicher, als es je ein bloß gedankliches Spiel wird erzeugen können.

Deshalb nennen wir den Prozess des Prototypings einen kulturellen Entwicklungsprozess. Prototypen sind als materiell gefügte und gegliederte Artefakte, sofern sie einem beständigen Ausbau-, Konstruktions- und Kombinationsprozess entstammen, Batterien und Wagenheber kultureller Erfahrungen.¹⁵ Sie speichern nicht nur Arbeit, die in ihnen zur Ruhe gekommen ist, wenn eine ideale Form sich um sie schließt. Sie regen zur Aktivität an, da ihre Strukturen prinzipiell offen und damit vorläufig sind - im Prototyp ist jedes Gehäuse abnehmbar, jede Struktur nur eine Montage, die auch noch ganz anders ausfallen könnte.

Schaut man sich diese Vorgänge der Erfahrungskumulation im fortgesetzten Prototypenbau etwas genauer an, dann wird ein weiterer Punkt deutlich: das Material, das beim aktuellen Prototyping zum Einsatz kommt, ist breit ausdifferenziert und besteht aus verschiedenen Kategorien. Diese Kategorien lassen sich nach unserer Ansicht in zwei Gruppen ordnen. Einerseits finden im Prototyping die klassischen Modellbaumaterialien Verwendung, wie Gips, Holz, Clay oder Schaumstoff. Diese Materialien sind weitgehend unbestimmt in ihrer Wirkung und wir bezeichnen sie deshalb der Kürze halber als passiv und ›dumm«. Sie sind meist amorph, plastisch und den Verfahren des Urformens, Umformens, Spanens und Abtragens gegenüber günstig. Die Form, die sie so bereitwillig aufnehmen, gibt ihnen oft überhaupt erst eine Bedeutung, die sie aus einem semantischen Nullzustand hinausführt. Die Regeln, die zu beachten sind, wenn man diese Materialien verwendet, sind ihnen oft von Natur aus eigen, leicht einzusehen und sie lassen einen weiten Gestaltungsspielraum zu. Die Materialien der zweiten Gruppe, die im heutigen Prototyping eingesetzt werden, verkörpern selbst eine Intelligenz. Elektronische Bauteile, Sensoren, Displays, Force-Feedback-Module, Motoren, Getrieben, Mikrocontroller, aber auch virtuelle Simulationen von Realität in einer CAVE oder im CAD, getagte Tiles oder Bricks, in denen analoge und digitale Welten sich kreuzen, sind auf bestimmte Wirkungs- und Interaktionsmuster zugerichtet. Für diese Bauelemente, Module, virtuellen Realitäten gibt die Sprache nur sehr widerwillig den Begriff des Materials her. Denn diese Bauteile bestehen ihrerseits aus Komponenten, die wiederum aus Komponenten bestehen, deren Form und Lage zueinander nicht gleichgültig, sondern eine Bedingung ihres Funktionierens ist. Wir bezeichnen diese Materialien hier als intelligent und ›smart«.

In ihnen ist bereits eine bestimmte Komplexität von Wirkungsmöglichkeiten gefasst und die Standards ihrer Verknüpfung und Programmierung definieren den Designraum zusätzlich. Allerdings lassen sich mit derartigen Modulen oder Kunststoffen sehr spezielle, gerichtete Wirkungen erzielen, die den ›dummen‹ und passiven Materialien unmöglich sind. Das gilt insbesondere für kybernetische Prozesse und deren Integration auf immer höheren Ebenen der Komplexität.

Der Vorteil ›dummer‹ Materialien liegt darin, dass man mit ihnen gut Theater spielen kann. Ihr illusionäres Potential ist sehr hoch. Das weiss jeder, der eine Bühnenkulisse nicht nur von einem Logenplatz aus gesehen hat. Lange Zeit beruhte die magische Wirksamkeit von Kunst genau auf diesem Potential, mit an sich bedeutungslosem Material wie Farbe, Leinwand, Gips, bedeutungsschwere Illusionen zu erzeugen. Die Präsentation und das Zuschauen müssen allerdings strikt getrennt und der Zuschauer still gestellt werden. (Petruschat 2011) Dann erscheinen diese Illusionen tatsächlich als Prototypen sozialer Konflikte und Möglichkeiten zu ihrer Lösung als Prototypen paradiesischer Zustände, oder von einer Welt, die keiner geschenkt haben will. Noch heute profitieren im Prototyping vor allem Designmodelle und ›Anschauungsmodelle‹ von dieser ästhetischen Überhöhung des Materials. Auch sie dürfen nur unter Vorbehalt in die

15 »Menschliche Artefakte und Verhaltensweisen nehmen im Lauf der Zeit an Komplexität zu (sie haben eine ›Geschichte‹). Ein Individuum erfindet ein Artefakt oder eine Vorgehensweise, um eine bestimmte Aufgabe zu lösen, und andere erlernen sie in kürzerer Zeit. Wenn dann ein weiteres Individuum eine Verbesserung erfindet, übernehmen wiederum in der Regel alle, einschließlich heranwachsende Kinder, die neue, die verbesserte Version. Dies führt zu einer Art kulturellem Wagenhebereffekt, bei dem jede Version einer Vorgehensweise so lange im Repertoire der Gruppe erhalten bleibt, bis jemand etwas Neues und Besseres erfindet. (Verweis auf: Tomasello, M., A. Kruger, and H. Ratner, Cultural learning. Behavioral an Brain Sciences 16, 1993, p. 495-552) Ebenso wie sie Gene erben, die sich in der Vergangenheit angepasst haben, erben Individuen somit auf kulturellem Wege Artefakte und Vorgehensweisen, die die gesammelte Weisheit ihrer Vorfahren beinhalten. (Verweis auf: Richerson, P. and R. Boyd, Not by Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution. Chicago. University of Chicago Press, 2006) Bis heute sind die Menschen die einzige Tierart, die nachweislich Änderungen von Verhaltensweisen akkumuliert, die so immer komplexer werden.« (Tomasello, M., Warum wir kooperieren, Berlin 2010, S. 9/10) – Unabhängig von unserem Bemühen, diese kulturelle Grundfunktion menschlicher Kultur mit dem Prototyping hier kurzzuschließen, überschätzt Tomasello die Eigenständigkeit von Verhaltensweisen gegenüber den Artefakten, die sie ermöglichen. Damit unterschätzt er die Funktion der Verkörperung und materiellen Vergegenständlichung von Erfahrungen in jedem Iterationsschritt. Er überschätzt damit die Rolle der individuellen Innovation vor dem Hintergrund einer in den Objekten und ihrem Gebrauch kumulierenden kollektiven und arbeitsteiligen Erfahrung und Kompetenz.

Hand genommen und manipuliert werden. Prototypen aus ›dummen‹ Materialien filtern andere Funktionen als Prototypen, die aus ›smarten‹ und intelligenten Komponenten bestehen.

Der Unterschied zwischen ›dummen‹ und ›smarten‹ Materialien zum Prototypenbau kann aus unserer Sicht auch ›funktionalistisch‹ ausgedrückt werden: ›Dumme‹ Materialien können zu Werkzeugen einer Illusion werden. Ihre Kernleistung besteht dann darin, ihre eigene Materialität zum Verschwinden zu bringen und etwas anderes darzustellen, als sie sind. Ihr semantisches Potential ist sehr hoch. ›Smarte‹ Materialien sind eigentlich keine Materialien im Sinne semantischer Offenheit, sondern bereits für bestimmte Verwendungen zugerichtet (konfiguriert). ›Smarte‹ Materialien sind bereits Werkzeuge, die im Prototyping zu Elementen eines Kombinationsspiels werden. Das macht sie zu einem Material zweiter Ordnung. Kurz: ›Smarte‹ Materialien sind Werkzeuge, die zum Material gemacht werden für höher komplexe Werkzeuge.

Roland Zwick, Ingenieur und Leiter des Model Shop im Designstudio 7.5., das u.a. für Herman Miller Corp. arbeitet, sieht die Sache so: »Wenn man bei uns in den Model Shop hineinschaut, dann nennen das viele eher einen ›Dritte-Welt-Model-Shop‹. Wir haben kein ›fancy equipment‹. Das ist aber auch gleichzeitig der Filter, der einem sagt: Wenn wir das mit diesen relativ primitiven Maschinen bauen können, und wenn das dann noch funktioniert, dann ist das ein guter Test, dass man es in der Serie auch hinbekommen wird. Wenn man Dinge nur in einem ›clean room‹ und einem ›super equipten‹ Model Shop hinbekommen kann, dann ist die Chance, das in ein wirklich bezahlbares und erfolgreiches Produkt umsetzen zu können, relativ gering. [...] Da entsteht ein Spezialistentum, das blockiert. Da ist der generalistische Ansatz produktiver, der relativ frei ist gegenüber speziellen Techniken und Materialien, der einem die Probe mit diesem und jenem erlaubt. Dann muss man allerdings auch aushalten können, dass es immer Leute außen herum gibt, die von dem Problem, was man gerade lösen will, viel mehr Ahnung haben.« Und seine Schwester Carola Zwick, die gemeinsam mit Claudia Plikat und Burkhard Schmitz das Designstudio 7.5 in Berlin gegründet hat, ergänzt: »Wenn man in teure Technik in der Werkstatt investiert, dann kann man nur noch in dieser Technik denken.« Das gilt für das Prototyping von hochwertigen Büros-tühlen und Büromöbeln. Das sind sehr komplexe Angelegenheiten, die aus Materialien bestehen, deren Leistungsfähigkeit oft ins extrem getrieben wurde. Die Kunst der Designer und Ingenieure von 7.5 bestand bei ihrem weltberühmten Stuhl *Setu* darin, passive Materialien kinematisch so zu

arrangieren und zu verketten, dass sie aktiv werden. Rückenfläche und Sitzfläche werden durch die Spannung von Oberkörper und Oberschenkel wie ›von selbst‹ in die angenehmste Position gebracht. Das besondere Erlebnis, das beim Sitzen entsteht, beruht auf der Interaktion des menschlichen Körpers mit einer sehr intelligent arrangierten Kinematik hochleistungsfähiger Kunststoffe. Die Formen ihrer Verbindung und Verknüpfung entstanden in unzähligen Iterationen und Roland Zwick, der ›MacGyver‹ bei 7,5, hat für alle Ideen, die am Vormittag im Spiel mit dem, was bereits auf dem Tisch lag, entstanden sind, am Nachmittag gleich die Probe und nächste Iteration gebaut.

Das Prototyping von elektronischem Gerät ist eine ähnlich komplexe und doch auch ganz andere Baustelle. Als der iPod zur Diskussion stand, legte Fadell, ein Ingenieur, der lange bei Philips gearbeitet hatte, bevor er sich bei Apple verpflichten ließ, Funktionsmodule auf den Tisch, die sich wie Legosteine zusammenstecken ließen. Walter Isaacson beschreibt die Situation so: »Fadell begann seine Vorführung damit, dass er die einzelnen Bauteile aus einer Schachtel holte und auf dem Tisch ausbreitete, die 1,8-Zoll-Festplatte, das LCD-Display, Platinen und Akkus, sämtlich mit Angaben zu Kosten und Gewicht beschriftet. Während er sie herumzeigte, sprachen sie darüber, dass Größe und Preis in den nächsten Jahren vermutlich immer mehr schrumpfen würden. [...] Anschließend enthüllte Fadell nacheinander seine aus Styropor gebauten und im Innern mit Angelblei beschwerten Modelle. Das erste Modell hatte einen Slot für eine Musik-Speicherkarte. [...] Das zweite Modell hatte ein Dynamic Random Access Memory (DRAM), das zwar billig war, aber wenn der Akku leer war, gingen alle Musikdaten verloren. [...] Schließlich steckte Fadell ein paar der Legosteine zusammen, um zu demonstrieren, wie ein Gerät mit einer 1,8-Zoll-Festplatte aussehen würde. Darauf sprang Jobs offenbar an.« (Isaacson 2011, S. 458, 459) Dann kam Fadell zum Höhepunkt seiner Vorführung und zauberte unter einer Schale ein komplett zusammengebautes Modell dieser Variante hervor. »Ich hatte eigentlich gehofft, noch ein bisschen Lego spielen zu können, aber Steve entschied sich sofort für die Festplattenvariante, und zwar genau so, wie wir sie gebaut hatten«, erinnerte sich Fadell. (Isaacson 2011, S. 459)¹⁶

¹⁶ Die Idee für den iPod entstand aus der Unzufriedenheit mit den MP3-Playern am Markt, für die iTunes, das gerade auf den Markt geworfen wurde, ein viel zu perfektes Programm war, als dass es auf dieser Art Hardware zufriedenstellend genutzt werden konnte.

Die 1.8-Zoll-Festplatte mit den damals ungläublichen fünf Gigabyte Speicher für tausend Songs hatten sie vom japanischen Zulieferer Toshiba mitgebracht, der damit nichts anzufangen wusste. Das LCD-Display und die Lithium-Polymer Batterie hatte Jon Rubinstein aufgetrieben.¹⁷ Fadells Prototyping ist ein Baukasten aus existierenden Modulen.

Wir möchten mit diesen Schilderungen zur Geschichte des iPod nicht einfach nur Kirby Fergusons Geschichte wiederholen, dass es auf dieser Welt nichts Neues gibt, außer die Variation von Elementen und deren Rekombination. Uns geht es hier um einen tieferen und weiteren Aspekt. Ein Prototyp, der aus vorhandenen Elementen kombiniert und zusammengebaut wurde, ist etwas sehr anderes als ein Artefakt, bei dem ein Künstler seine Idee ins Material treibt. In diesem Falle bildet das Material der Idee einen Widerstand und am Ende des Prozesses werden sowohl das ›dumme‹ Material als auch die Idee, die dem Künstler vorschwebte, klüger, intelligenter, feiner, differenzierter sein. Dummes, unbestimmtes, amorphes Material ist zweifellos eine geeignete Kulisse für individuelle Originalität und schöpferische Selbstverwirklichung. Im Spiel mit Modulen hingegen, die Intelligenz bereits verkörpern, ist nicht Dummheit zu überwinden, sondern hierbei kann Intelligenz, die bereits vorhanden ist, verkettet und auf höheren Niveaus der Komplexität integriert werden. Das ist der Aufbruch in eine Welt, in der die Intelligenz des einen die Bedingung für die Intelligenz aller anderen ist.¹⁸ Das Spiel mit Modulen, in denen technische Komplexität bereits gefasst ist, ermöglicht den Akteuren im Prototyping zweierlei: Einerseits lassen sich verschiedenartige Module auf höheren Stufen integrieren und andererseits regt die Gliederung des Prototypen in verschiedenartige Module zur Ergänzung mit anderen und weiteren Modulen an – die Probleme können während des Prototypings enger oder weiter gefasst werden.¹⁹ Für uns heisst das zunächst, dass es bei der Entwicklung komplexer Produkte prinzipiell kein Ende gibt. Die Vorstellung, es gäbe das ›ideale‹ Produkt, ist antiquiert. Es gibt nur noch vorläufige Versionen. Was bei der Software schon lange *permanent beta* genannt wird, ist heute zu einem Kennzeichen in fast allen Branchen der Produktentwicklung geworden. Der Zeitpunkt, zu dem ein Produkt als ›fertig‹ gilt und auf den Markt geschickt wird, wird in den allermeisten Unternehmen willkürlich festgelegt.

Und gerade weil Produktentwicklungen nicht mehr ›fertig‹ werden, auch weil in vielen Bereichen mit der Markteinführung der einen Generation bereits die nachfolgende Generation in der Pipeline ist, erscheint schließlich die Produktkultur insgesamt, die uns alltäglich umgibt, im

Licht von *permanent beta*. Das ist es, was wir meinen, wenn wir das Prototyping nicht nur ein Verhalten, sondern auch eine Haltung, eine Sichtweise, eine kulturelle Einstellung nennen. Die Wirklichkeit im Status von *permanent beta* zu sehen, nimmt ihr den Schein des Endgültigen und verwandelt das, was ist und oft frustrierend wirkt, in den Status einer Vorläufigkeit. Das ist ein radikaler Bruch mit einer alten Sichtweise, die an Dauerhaftigkeit, Langlebigkeit, Letztgültigkeit und absoluter Wahrheit ausgerichtet ist. Das ist auch ein Bruch mit einer Einstellung, die nur im Umsturz des Ganzen eine Chance für Veränderungen sieht und diesen real schwer möglichen Akt auf immer spätere Zeiten vertagt. Die Kriterien für die Schonung des Planeten haben sich gewandelt. Heute wissen wir, dass nicht statische Gleichgewichte, sondern fließende Gleichgewichte das Geheimnis der Evolution auf diesem Planeten sind. Soziale Revolutionen finden auf sehr konkreten, handgreiflichen Ebenen statt. Als Staatsakt enden sie in bleiernen Revolutionsdemonstrationen und versteinerten Bürokratien. Eine Veränderung der Verhältnisse beruht auf einer Veränderung des Verhaltens und der Neuordnung seiner materiellen Bedingungen. Heute sind wir uns stärker bewusst, dass die Lösungen, die wir für viele Produktbereiche als ›gültig‹ oder als ›optimal‹ oder ›bestens‹ betiteln, oft bereits nach nur wenigen Gebrauchszyklen ihre dunklen Seiten zeigen: ob es sich dabei um Materialien handelt, die zwar haltbar, aber physiologisch schädlich sind, oder viel zu knapp, um gerecht verteilt zu werden. Oder aber wir werden mit Folgen unseres kulturellen und technologischen Handelns konfrontiert, deren Schädlichkeit wir erst haben erkennen können, weil und als sie instanziiert wurden.

17 Und auch das Scroll-Wheel, das Phil Schiller als sein eigenes Baby präsentierte, hatte in den Reglern zur Sendersuche bei Radios seine direkten Vorläufer. Das später so gefeierte Click-Wheel, dass die mechanische Drehbewegung durch eine Berührung ersetzt, hat Apple in Kooperation mit Synaptics entwickelt, einer Firma, die sich mit kapazitiven Feldern auskannte und diese Technik, die den menschlichen Finger als Kondensator in ein Feld bringt, geht ihrerseits auf das Theremin zurück, ein Musikinstrument von 1919, das auf gestischen Interaktionen in und mit kapazitiven Feldern beruht. vgl. auch Eliot Van Buskirk, The secret of iPod's scroll wheel, 22.09.2004 unter http://news.cnet.com/2010-1041_3-5375101.html, zuletzt am 05.03.2012

18 Auch diese Arbeit kann von einem Einzelnen geleistet werden. Aber dieser Einzelne ist in seinem Verständnis von dem, was in den Modulen bereits gefasst ist, durch sein Ego begrenzt.

19 Ein derartiger Umgang mit wuchernder Komplexität ist im Modell einer bloß individuellen Originalität nicht mehr zu begreifen. Deshalb treffen alle Mythen, die in der Firma Apple und ihren iPods, iPads und iPhones das Meisterstück um Steve Jobs abfeiern, nicht die Wirklichkeit des Prozesses.

Wir möchten hier weder dem Verschleiß noch der Ausbeutung das Wort reden. Die künstlich geschaffene Welt in der Perspektive des Prototyping, des *permanent beta*, zu sehen, soll helfen, an ihrer schrittweisen Veränderung zu arbeiten, Schaden zurückzunehmen, der unseren Lebensgrundlagen bereits zugefügt wurde und durch schlecht konzipierte und schlecht gemachte Produkte immer weiter zugefügt wird.

Es ist nicht allein der Status der Vorläufigkeit, den wir mit unserem Plädoyer für das Prototyping und die Sichtweise der *permanent beta* reklamieren möchten. Wer die Produkte, die unsere alltägliche Welt konfigurieren als Prototypen zu sehen lernt, wird diese Welt als eine kulturelle bereits tief durchgliederte Welt erkennen. Diese Welt ist nicht in erster Linie eine natürliche Welt, die uns vorgesetzt ist und in die wir hineingeboren sind, die wir erobern müssen mit Skalpellen, Mikroskopen und Refraktoren, die wir erst kleinschneiden und aufsprengen müssen, um sie deuten, überlisten und beherrschen zu können. Die Welt, die uns heute umgibt, ist zuallererst eine gemachte Wirklichkeit. Sie besteht aus Elementen und Modulen, in denen Technik und Kultur sich kreuzen – und dabei taugliche und weniger taugliche, gelungene und frustrierende Verbindungen eingehen. Das Prototyping als Sichtweise und Haltung ist in seinem Kern konstruktivistisch und kritisch. Die konstruktivistische Tradition steckt in den Techniken der Montage und Collage, im aufbauenden Kombinationsspiel mit bereits bedeutungshaltigen Elementen. Den kritischen Blick auf das kulturell bereits Gefügte teilt das Prototyping mit der Perspektive der Hacker. »Das Ziel eines Hackers«, schreiben Stefanie Düring und Anna Constanze Pierburg in ihrem Beitrag zu unserem Buch, »ist nicht das Aufbrechen bestehender Strukturen und die Störung innerhalb eines Systems, sondern er sieht darin das geeignete Mittel zur Ausbildung notwendiger Innovation.« Bevor jedoch Elemente kombiniert und zu neuen Ganzheiten gefügt werden können, müssen sie aus ihren bisherigen Kontexten herausgerissen werden. Für diese Auswahl muss das alte Ganze nicht insgesamt als verwerflich, sondern als ein Gefüge von Elementen begriffen werden, die auch gegeneinander zu isolieren und zu trennen sind. Der Blick des Prototypers ist ein analytischer Blick. Das Gefüge der heutigen Welt sehen wir nicht mehr als eine göttliche Schöpfung an, deren Elemente wie zu Galileis Zeiten erst mühselig entziffert und verstanden werden müssen. Es ist ein von Menschen gemachtes Erzeugnis, ein Gefüge aus Grundbausteinen ihrer Kultur, deren Technik bereits elementarisiert ist und auf deren Fundament weiter gebaut werden kann.

ENTWURF AM PROTOTYP

Lange wurden Prototypen vor allem in ihrer Funktion als Evaluationswerkzeug, als Erprobungsobjekt und als Grundlage für die Validierung- bzw. Falsifizierung von Hypothesen verstanden. Prototypen standen am Ende eines Prozesses, dessen Ergebnisse anschließend in einer prototypischen Form manifestiert wurden. Diese Denkweise schafft dem Entwickler einen Spielraum, wie das Konzept durch einen Prototyp repräsentiert werden kann. Meist ist es schließlich nicht möglich, den Prototypen schon in Form des späteren Produkts zu produzieren, weil es zu teuer und zu aufwendig ist. Häufig ist dies auch gar nicht gewollt, da es für eine Nutzerstudie sinnvoll sein kann, dass der Prototyp eindeutig kein fertiges Produkt ist und dadurch grundsätzlichere Fragen gestellt werden können und der Blick des Betrachters nicht durch ein schickes Äußeres, aufwändige Animationen oder hochwertige Materialien geblendet wird. Auch um den Fokus der Evaluation auf einen bestimmten Aspekt zu legen, dessen Prägnanz zu erhöhen, oder wie im Verständnis von Lim et al. (Lim et al. 2008), die andere Eigenschaften weg zu filtern, kann ein Prototyp ganz gezielt nur einen Teilaspekt des Produkts repräsentieren. Der Prototyp ist dann selber ein gestaltetes Objekt, braucht einen kalkulierenden vorgelagerten Schritt, der Kosten und Nutzen vergleicht, Ziel und Weg definiert und letztendlich aus Kalkül eine ›representation dimension‹ und ›filtering dimension‹ festlegt. Durch das Verstehen des Zusammenhangs zwischen Evaluationsergebnis und Prototyp, wird der »skill of designing a prototype« zu einer wichtigen Kompetenz des Entwicklers, dessen Ziel es ist, den ›besten Prototyp‹ zu entwerfen. Diesen besten Prototyp definiert Lim et al. als: »The best prototype is one that, in the simplest and the most efficient way, makes the possibilities and limitations of a design idea visible and measurable.« Carola Zwick spricht in unserem Interview mit ihr von einer »Angemessenheit des Modells an die Frage«.

Aus diesem Verständnis heraus wurden im Bereich der Mensch-Technik-Interaktionsforschung (Human Computer Interaction – HCI) viele Debatten über die Auswirkung der so genannten *fidelity* geführt, also der Abstraktionsebene des Prototypen, des Abstands zwischen Repräsentation und Produkt. Schließlich ist es eben auch eine Kosten- und Zeitfrage, ob ein Prototyp aus Papier besteht, oder es sich um eine voll funktionsfähige interaktive Software handelt. Die durchgeführten Untersuchungen, kommen hierbei jedoch zu sehr unterschiedlichen Erkenntnissen (siehe Lim et al., S. 104-127).

Wer aber ausschließlich die Evaluationsergebnisse im Blick hat, übersieht etwas ganz wesentliches: die Perspektive des Entwicklers oder vielmehr die Beziehung des Entwicklers zum Prototyp. Der Prototyp kann für den Entwickler viel mehr sein, als nur das Ende eines Gedankens. Er ist auch Teil des Gedankens und Mittelpunkt des aktiven Denkens. Der Prototyp ist nicht nur eine Repräsentation, von der Erkenntnisse abgeleitet werden und die im nächsten Iterationsschritt durch eine neue Repräsentation ersetzt wird. Der Prototyp kann ein kumulierendes Objekt sein, an dem sich Kompetenzen treffen und angehäuft werden. An ihm wächst die Idee und das Konzept. In diesem Verständnis wird ein fertiges Konzept nicht bloß in die ›richtige‹ Form gegossen, sondern Form und Konzept wachsen zusammen. Wir sehen den Prototyp als wachsendes Objekt und nicht als Ergebnis eines vorangegangenen andersartigen Designprozesses, der in einem nachgelagerten Schritt in eine Repräsentation überführt werden soll. Für uns steht der Prototyp nicht am Ende eines Teil-Prozesses, sondern im Zentrum und ist das Medium des Prozesses. Auch Lim et al. heben diesen Aspekt hervor und schreiben: »We view prototypes not only in their role in evaluation but also in their generative role in enabling designers to reflect on their design activities in exploring a design space.«

Diese Haltung ist für uns das ›neue Prototyping‹. Dieses neue Denken ersetzt nicht das alte, sondern fügt ihm eine Dimension hinzu und will den Fokus etwas verschieben. Auch wenn die Gestaltung für den Nutzer und die Überprüfung der Funktionserfüllung mit Prototypen essenzieller Bestandteil des Entwicklungsprozesses sind, wollen wir den Blick schärfen auf den Prototyp als Werkzeug für den Entwickler, als generierendes Werkzeug.

In diesem Buch finden sich mehrere sehr unterschiedliche Ansätze, die versuchen, diese neue Haltung mit Hilfe von neuartigen Werkzeugen für ihr jeweiliges Gebiet lebbar zu machen.

Der Ansatz des *Blended Prototyping*, den Benjamin Bähr in seinem Beitrag vorstellt, liefert einen solchen Ansatz für die Gestaltung von Interfaces mobiler Endgeräte. Bei ihm treffen sich die Entwickler an einem multimedial erweiterten Tisch, um gemeinsam Konzepte zu entwerfen, zu probieren und weiterzuentwickeln. Obwohl ihnen dabei viel Freiraum für die kreative Entfaltung gegeben wird, können automatisch interaktive Repräsentationen geschaffen werden, anhand derer mit den Gestaltungsmöglichkeiten gespielt werden kann. Bähr sieht in seinem Ansatz ein Instrument »to convey ideas in chaos to an ordered communicable structure«. Für ihn ist diese Technik eine Verschmelzung der Vorteile von Wegwerf-Prototypen und evolutionären Prototyping Ansätzen: »developers can develop their ideas in

regard to the particular product stage and are able to create some aspects of their prototype in a throw-away, other in an evolutionary manner«.

Christian Derix zeigt, dass computergestütztes Entwerfen in der Architektur, durch eine Rückbesinnung auf die Schaffung kreativer Freiräume für den Gestalter eine intelligente Symbiose zwischen Entwerfendem und algorithmischer Intelligenz bieten kann. Desintegration schafft so eine Entwurfsumgebung, die beide Kompetenzen erst nimmt und einen kreativen Prozess entlang verschiedener computergestützter Prototypen ermöglicht.

Die Herausgeber, Januar 2012

Dank

Wir möchten uns bei allen Autoren sehr bedanken für ihre oft spontane Bereitschaft, an diesem Buch mitzutun. Es war unser Traum, einen Diskurs unter all denen anzufeuern, die das Prototypen und Modellbauen nicht bloß als Job und Dienstleistung für andere tun, sondern aus der tiefen Einsicht und dem oft empfundenen Spass heraus, dass die Arbeit mit analogem und digitalem Material zu solideren, weniger spekulativen und viel reichhaltigeren Erkenntnissen führt, als bloss unverbindliches Herumgerede, zu Ergebnissen, an denen andere wiederum ansetzen und weiterarbeiten können, weil Gedanken als Dinge auf realen oder virtuellen Tischen stehen, dadurch allen begreifbar sind und zur Fortsetzung ermuntern.

Literatur

- Buchenau, M. and J. F. Suri (2000), Experience prototyping. Proceedings of the conference on Designing interactive systems processes, practices, methods, and techniques - DIS '00 (pp. 424-433). New York, ACM Press.
- Buxton, B. (2007), Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design. Morgan Kaufmann Publishers
- Ferguson, K., Everything is a Remix, Part 3, 03:02 min. unter: http://www.everythingisaremix.info/video/everything_is_a_remix_3.mkv zuletzt am 29.02.2012
- Isaacson, W. (2011), Steve Jobs. Die autorisierte Biografie des Apple-Gründers, C. Bertelsmann München
- Lim, Y.-K., E. Stolterman, J. Tenenberg (2008), The Anatomy of Prototypes: Prototypes as Filters, Prototypes as Manifestations of Design Ideas. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 15(2).
- Petruschat, J. (2006) Transsemantische Zustände; cc-Download unter: www.petruschat.com
- Petruschat, J. (2010), Nichts Neues. Keine Zeit; cc-Download unter: www.petruschat.com
- Petruschat, J. (2011), Fassungslosigkeit. Einige Bemerkungen zum freien Spiel der Kräfte; cc- Download unter www.petruschat.com
- Petruschat, J. (2011), La lotta continua; cc-Download unter: www.petruschat.com
- Rido-Busse-Design, http://www.busse-design-ulm.de/services_modellbau.html; zuletzt am 28.02.2012
- Schrage, M. (2000), How the World's Best Companies Simulate to Innovate; Harvard Business School Press, Boston Massachusetts; Copyright 2000 President and Fellows of Harvard College