



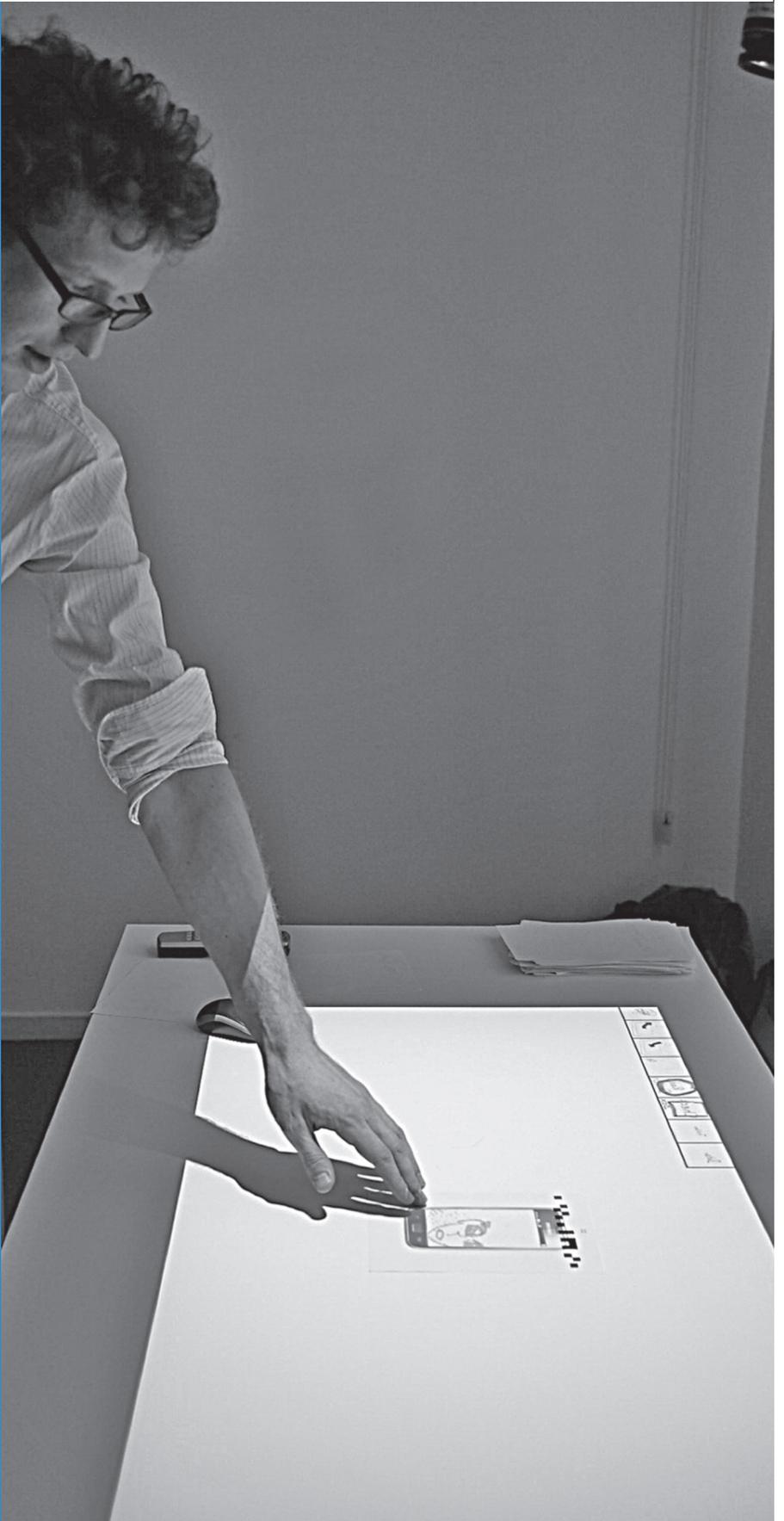
JULIAN ADENAUER, JÖRG PETRUSCHAT

PROTOTYPE!

physical, virtual, hybrid, smart

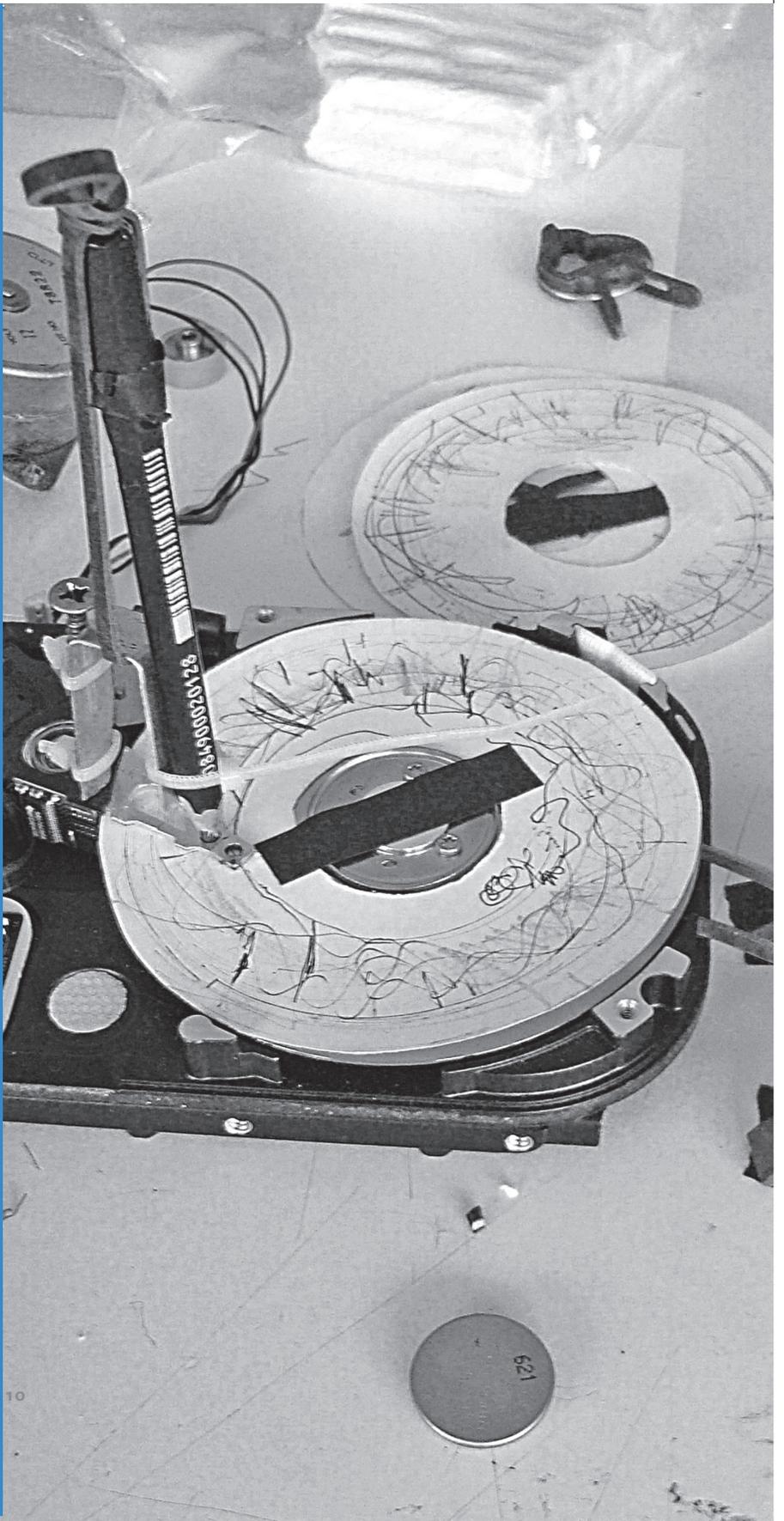
tackling new challenges in design and engineering

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 Tenenberg 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

THEORIEN, MODELLE UND MULTIPELLE KONSTELLATIONEN

EIN GESPRÄCH ZWISCHEN
JÖRG PETRUSCHAT UND MARTINA MERZ

Ich traf Martina Merz auf einem Kolloquium zum Thema »Modelle als Akteure«. Zu diesem Kolloquium hatten Informatiker auch einige Geisteswissenschaftler geladen, um mit ihnen zu diskutieren, wie stark Modelle menschliches Handeln vorbestimmen - die Informatiker selbst erlebten beim Schreiben von Software in steigendem Maße die formatierende Kraft von Standards und Programmiersprachen. Am Rande dieses Kolloquium erzählte mir Martina Merz wie am CERN in Genf Forschung abläuft. Ich war erstaunt, dass am CERN erst dann die Teilchenbeschleuniger angeworfen werden, wenn datengesättigte Computersimulationen zuvor die Hypothesen der theoretischen Physik bereits erfolgreich durchgespielt haben. Überraschendes geschieht so nicht. Unbekanntes kann in diesem Setting nicht auftauchen. Die Experimente der Physiker erscheinen nur als Bestätigungen theoretischer Hypothesen und virtueller Simulationen. Sind Modelle wirklich so idealistisch konfiguriert? Sind die Experimentalkulturen bereits so spezialisiert, dass die Wissenschaft nur noch sieht und erkennt, was sie bereits weiss? Wir sprachen mit Martina Merz über den Unterschied von Theorien und Modellen, über den Einfluss subjektiver Annahmen auf die Prozesse der Modellbildung sowie über Modelle, die für verschiedene Akteure in verschiedenen Situationen verschiedenes leisten - etwas, das Martina Merz »multiplex« nennt.

Martina Merz ist Förderungsprofessorin des Schweizerischen Nationalfonds am Soziologischen Seminar der Universität Luzern. Nach Studium und Promotion in der Physik (München) wechselte sie in die sozial- und kulturwissenschaftliche Wissenschaftsforschung, wo sie seither in Forschung und Lehre tätig ist. Ihr Interesse gilt der vergleichenden Analyse zeitgenössischer Wissenschaftskulturen in Hinblick auf ihre epistemischen Praktiken, sozialen Formen und kulturellen Deutungen. Als ethnographische Beobachterin forschte sie mehrere Jahre am CERN in Genf. Seit 2006 leitet sie ein wissenschaftssoziologisches Projekt zur Konstitution des neuen Forschungsfelds der Nanowissenschaften. Bei eikones, dem Forschungsschwerpunkt »Bildkritik« an der Universität Basel, ist sie Direktionsmitglied und Co-Leiterin des Clusters »Modell, Bild, Entwurf«.

Petruschat: Was macht eine Soziologin am CERN?

Merz: Was eine Soziologin am CERN macht? In Anlehnung an den Laborstudienansatz der neueren Wissenschaftssoziologie arbeitet sie ethnographisch: sie beobachtet, protokolliert, hört zu, befragt, liest, recherchiert. Mein Interesse gilt dem Forschungsalltag der Teilchenphysiker mit seinen Routinen, Interaktionsgepflogenheiten und Problembewältigungsstrategien. Mit diesem Ansatz sehe ich mich in der Tradition der soziologischen Ethnographie, die das Fremde im Eigenen aufzuspüren sucht. Die Teilchenphysik mit ihren Superlativen (hinsichtlich der Größe ihrer Experimente, der Komplexität ihrer Theorien, der Menge ihrer Daten) bietet einen instruktiven Fall für die Analyse zeitgenössischer Naturwissenschaft. Ethnographische Studien fokussieren verschiedene Aspekte der Wissenschaft. Mich interessieren besonders die epistemischen Praktiken und die damit einhergehenden kulturellen Besonderheiten der Teilchenphysik.

Petruschat: Können die Frauen und Männer in der Teilchenphysik heute überhaupt noch etwas entdecken in einem naiven Sinne, also etwas auffinden, was vorher niemand für wahrscheinlich gehalten hat, was ›unbekannt‹ war? Läuft nicht jeder Erkenntnis eine Spekulation oder theoretische Konstruktion voran, der gegenüber die epistemische Praxis einen eher bestätigenden Status hat in dem Sinne, dass voran gestellte Annahmen in symbolischen Ordnungen experimentell mit Realität aufgefüllt werden?

Merz: Tatsächlich ist es in einem Hochtechnologieforschungsfeld wie der Teilchenphysik fast unmöglich geworden, etwas Unbekanntes in einem, wie Sie sagen, naiven Sinn aufzufinden. Allerdings ist es eine offene Frage, ob die Teilchenphysik sich von anderen Experimentalwissenschaften in dieser Hinsicht prinzipiell unterscheidet oder ob es sich, eine Ansicht, zu der ich tendiere, hierbei um eine graduelle Unterscheidung handelt. Hinzu kommt, dass Theorie und Experiment bzw. Beobachtung sich nicht so strikt voneinander trennen lassen, wie man zunächst meinen könnte.

Petruschat: Sie meinen, wissenschaftliche Erkenntnis ist ohne kumuliertes Wissen sowieso nicht zu haben?

Merz: Im Fall der Teilchenphysik korrespondiert das heute als theoretisches Bezugssystem vorherrschende ›Standardmodell‹ sehr eng mit Daten und Beobachtungen früherer Experimente. Das Standardmodell

ist sozusagen datengesättigt. Aufgrund gewisser Inkonsistenzen im Standardmodell bei höheren Energieskalen haben Teilchenphysiker nun Erweiterungen dieses Modells konstruiert und hiervon ausgehend Hypothesen für zukünftige Experimente aufgestellt. So wurde es ihnen möglich, in den erhobenen Daten bisher unbekannte Merkmale zu identifizieren. Es gibt allerdings auch Physiker, die der Ansicht sind, das Auffinden von Neuem im Experiment sei ohne theorieinduzierte Hypothesen zu haben. Als Sozialwissenschaftlerin interessiert mich diese Debatte vor allem in Bezug auf die Vorstellungen, die mit Theorieinduziertheit bzw. -freiheit verbunden sind.

Petruschat: Was kann ich mir unter Theorieinduziertheit und was unter Theoriefreiheit vorstellen? Gibt es Differenzen zwischen dem Standardmodell und den Theorien, auf denen es beruht?

Merz: Physiker selbst weisen darauf hin, dass es sich beim Standardmodell um ein Modell und keine Theorie (im Sinne einer Struktur universeller Gültigkeit, die für alle Energiegrößenordnungen gilt) handelt. Hier besteht ein Bezug zur neueren Wissenschaftsforschung und ihren Debatten über die wissenschaftliche Bedeutung und die Charakteristiken von Modellen. Denn es sind Modelle (und keine Theorien), die eine Verzahnung mit den im Experiment beobachteten Phänomenen erlauben. In diesem Sinne können Modelle mehr ›lokale Wahrheit‹ enthalten als Theorien. Sie sind weder ganz Theorie, noch ganz Daten, sondern enthalten Elemente von beiden, was es ihnen – z.B. nach Margaret Morrison und Mary Morgan – ermöglicht, zwischen Theorie und Daten zu vermitteln. Der Begriff der Theorieinduziertheit von Daten bezieht sich auf diese über das Standardmodell (bzw. seine Erweiterungen) vermittelte Assoziation von Theorie und Daten.

Petruschat: Wie stark prägen heute subjektive Annahmen die Gestalt von Modellen? Ich erinnere mich an die Enttäuschung von Johannes Kepler, dass die Daten, die Tycho Brahe ihm überlieferte, sich nicht in astronomische Kreisbahnen transformieren ließen, als Kepler sie dem kopernikanischen Weltbild unterwarf. Nur unfreiwillig freundete sich Kepler mit elliptischen Planetenbahnen an und ihren zwei Brennpunkten, die er als einen Verstoß gegen das (ästhetisch-eingebildete) Ideal größtmöglicher Einfachheit ansah.

Merz: Wissenschaftler haben präzise Vorstellungen davon, was ein gutes Modell auszeichnet. Die Güte eines Modells evaluieren sie zum einen

hinsichtlich des ihm zugedachten Einsatzbereichs. Zum anderen kommen aber auch ästhetische Kategorien bei der Bewertung von Modellen zum Tragen. Ich würde allerdings nicht von ›subjektiven Annahmen‹ sprechen, da solche Vorstellungen kollektiver Natur sind, typisch für eine bestimmte wissenschaftliche Kultur, auch wenn über die Schönheit bzw. Hässlichkeit eines Modells nicht unter allen Physikern Konsens herrschen mag. Dazu fällt mir eine kleine Geschichte ein, die mir unlängst ein Experimentalphysiker erzählte: One morning, as I came to Larry's office, there was a man sitting there and Larry told me: »come in, meet my friend Shelly Glashow!« I was impressed to meet one of the founders of the Standard Model of particle physics. Shelly asked: »You worked on a LEP experiment, did you find any sign of new physics beyond the Standard Model?« I answered that the Standard Model had been checked with great detail in all directions, leptons, quarks, neutrinos at the Zo and that the same was being done at the WW threshold ... and with any precision we looked at it, the Standard Model passed the test with success. He looked at me and said: »you look disappointed, why?« I told him it was a bit embarrassing since he was one of the creators of the Standard Model. He insisted, so I told him: »well, I always thought that nature was aesthetically elegant and therefore the theory describing it should be based on beautiful and simple mathematical objects. But the $SU_2 \times U_1$ breaking into U_1 , as a geometrical object underlying the Standard Model, looked rather ugly ... but of course that was a personal view which was irrelevant and it was meant without any offense.« Shelly started to laugh and laugh and then said: »yes, I agree, it does not look very nice!«

Petruschat: Lassen Sie uns bitte noch etwas dem Unterschied zwischen Theorie und Modell nachgehen. Zunächst ist dieser Unterschied nicht offensichtlich. Theorien modellieren Realität, nicht wahr? Woher kommt die Differenz? Was leisten Modelle, das Theorien nicht leisten und was leisten Modelle, das Theorien nicht leisten?

Merz: Diese Fragen lassen sich aus verschiedenen Perspektiven beleuchten. In den Augen von Physikern sind Theorien durch ihre Allgemeingültigkeit gekennzeichnet – Beispiele wären die allgemeine und die spezielle Relativitätstheorie –, während Modelle hinsichtlich ihres Anwendungsbereichs lückenhaft sind bzw. nur für bestimmte Parameterbereiche Gültigkeit haben. Wenn sich Modelle allerdings aufgrund ihrer präzisen Vorhersagen für experimentelle Messungen und durch

ihre Bezugnahme auf einen umfassenden Phänomenbereich nachhaltig bewährt haben, erkennen Physiker ihnen zuweilen den Status von Theorien zu. So hört man mitunter, das Standardmodell sei eine sehr erfolgreiche Theorie. Als Fazit lässt sich festhalten, dass Physiker in ihrem Forschungsalltag Theorie und Modell typischerweise graduell unterscheiden.

In der Wissenschaftsphilosophie wird das Verhältnis von Theorie und Modell kontrovers diskutiert. Margaret Morrison und Mary Morgan, ich erwähnte sie bereits, sehen in Modellen ›autonome Agenten‹. Für sie sind Modelle durch ihre Autonomie gegenüber der Theorie gekennzeichnet und nicht etwa konstitutiv für diese. Aufgrund ihrer Unabhängigkeit und der Tatsache, dass Modelle aus verschiedensten Bausteinen (theoretischer und empirischer Natur) zusammengesetzt seien, könnten sie zwischen den beiden Welten der Theorie und des Experiments vermitteln. Auf eine kurze Formel gebracht besagt dies, dass erst Modelle es möglich machen, Daten und Theorien miteinander in Beziehung zu setzen. Diese Sichtweise wird heute auch von einer ganzen Reihe von Wissenschaftshistorikern und Wissenschaftssoziologinnen vertreten. Eine solche praxisorientierte Perspektive geht davon aus, dass sich der richtige ›Ort‹ von Modellen zwischen Theorie und Empirie erst bestimmen lässt, wenn die praktische Forschungsarbeit, von der Modellkonstruktion zu ihrer Anwendung in der Interpretation der Empirie oder der Vermittlung zwischen Theorie und Daten, in den Blick genommen wird.

Petruschat: Es sind offenbar eher Modelle als Theorien, die für die Forschung herausfordernd und für die Erkenntnisse fruchtbringend sind. Woran liegt das? Sind Modelle ›pragmatischer‹, in ihren Wirkungen leichter abzuschätzen als Theorien und demzufolge auch leichter zu bauen, weil sie dichter an den Experimentalsystemen verortet sind?

Merz: Modelle sind in der Tat für den Erkenntniszuwachs äußerst produktiv. Das hängt zunächst einmal mit ihrem Werkzeugcharakter zusammen. Während eine Theorie Physikern in ihrer Forschung entweder ein festes Bezugssystem ist (z.B. für Berechnungen in einem bestimmten Theorierahmen) oder als Fernziel vor Augen steht (z.B. im Zuge der Theorieentwicklung), sind Modelle flexible Werkzeuge, die im Forschungsprozess sehr vielseitig eingesetzt werden können. Das heißt insbesondere, dass man Modelle nur unzureichend erfasst, wenn man sie auf ihre Eigenschaft, etwas zu repräsentieren, reduziert. Denn

Modelle sind nicht nur Modelle ›von‹ etwas (das sie repräsentieren), sie sind auch Modelle ›für‹ etwas, um die Wissenschaftsforscherin Evelyn Fox Keller zu paraphrasieren. Als Modell ›für‹ suggerieren Modelle neue Fragestellungen, sie ermöglichen es, den Zusammenhang von Variablen zu erkunden, sie regen neue Experimente an etc. Zu ihren mannigfaltigen Positionen im Forschungsprozess gehört unter anderem, dass sie nicht nur zwischen Theorie und Experiment vermitteln können, sondern bspw. auch zwischen Expertise bzw. Experten verschiedener Fachgebiete oder Zuständigkeiten. Eine solche Vermittlung zwischen Kompetenzen und Wissensgebieten erlauben z.B. die großen und komplexen Computermodelle, die in der Teilchenphysik die Funktionsweise von Detektoren simulieren. Komplexe Computermodelle sind oftmals ›dicht‹ an den Experimentalanordnungen oder ›der Natur‹ (z.B. Klimamodelle) und ziehen hieraus ihre besondere Bedeutung. Andererseits ist das präziseste und detailgetreueste Modell nicht unbedingt in jeder Situation auch das beste Modell. In manchem Verwendungszusammenhang leistet ein einfaches Modell mit nur wenigen Modellbausteinen (Variablen, Parametern usw.) bessere Dienste, z.B. dadurch, dass es das zu behandelnde wissenschaftliche Problem erst vorstellbar und handhabbar macht. Lässt man den Blick ganz allgemein über die Modellpraxis der Teilchenphysiker schweifen, so finden sich Beispiele für jegliche Form von Modellen und der ihnen jeweils eigenen Praxis: die äußerst komplexen, möglichst detailgetreuen, auf dem Computer implementierten Modelle ebenso wie schnell hingeworfene Testmodelle, deren Dynamik mit Stift und Papier exploriert werden kann.

Petruschat: Joseph Weizenbaum hat anlässlich eines Gespräches über die Macht von Paradigmen und Metaphern mir gegenüber folgendes Bild gebraucht: Wer nur einen Hammer kennt, für den ist die ganze Welt ein Nagel. Diese Metapher zur Funktion von Metaphern und Paradigmen zielt auf die Limitierungen, die von jedem Modell, auch von sehr komplexen, eingesetzt sind, sobald die Modelle nicht mehr bloß als Referenz, sondern als Werkzeug gefordert werden. Ein Hammer mag für eine Faust stehen, die auf ein Objekt einschlägt, indem ihre Wirkungskraft durch den Hebelarm verstärkt wird. Derart wird der Hammer zum Modell der Faust, zu ihrer Simulation und Projektion. Solange der Hammer zum Schlagen Verwendung findet, solange er den Deutungsbereich der Faust nicht übersteigt, solange das Modell (der Hammer) die semantischen Limits seiner Referenz (auf die Faust) nicht tangiert,

ist bestenfalls seine physikalische Ausstattung ein Problem. Unvorhersehbares entsteht, wenn seine Syntax und Struktur – eine schwere, kantige Form an einem Stiel – zur Manipulation oder Erkundung von Objekten eingesetzt wird, die über das Modell des Einschlags hinausgehen und deren Bedeutung im Modell des Einschlags nicht mehr zu fassen ist. Was ich damit andeuten möchte, ist: Modelle geben Akteuren die Möglichkeit, die in ihnen gefasste Semantik durch Pragmatik in Frage zu stellen und zu überwinden.

Wenn Evelyn Fox Keller die Funktion von Modellen für Erkenntnisprozesse betont, dann möchte ich hier auf Umwege hinweisen, den derartige Erkenntnisweisen nehmen können. Natürlich könnte man sagen, Modelle hätten die Funktion, diese Wirklichkeit abzubilden, und in dieser Funktion einer wie auch immer gearteten Stellvertretung (models of) ermöglichen oder provozieren Modelle auch Erkenntnisse und Experimente (models for). In beiden Relationen dienen Modelle derart ›nur‹ der Darstellung. Sie sind Gebilde, die einem Erkenntnisinteresse unterstellt sind. Die Werkzeugfunktion, die ich hier ansprechen möchte, verwendet die in den Modellen festgesetzte Referenz in einer Handlungsebene, die nicht auf Erkenntnis, sondern auf Anwendung zielt. Dabei, entlang dieser instrumentellen Verwendung, stellen Modelle Wirklichkeit nicht nur ›dar‹ oder ›vor‹, sondern in diesem zweiten Sinne stellen Modelle, die Wirklichkeiten darstellen, zugleich auch Wirklichkeiten her. Bei dieser Herstellung geht es nicht allein um Passung oder Erkenntnis, sondern eher um einen technischen Prozess. Obwohl (und ich bin versucht zu sagen: Gerade weil) bei einer Anwendung von Modellen als Technik Erkenntnis nicht das erste Ziel ist, entstehen hierbei Einsichten, die vorher nicht absehbar waren. Das liegt nach meinem Dafürhalten daran, dass im technischen Einsatz Modelle mit sehr komplexen Wirklichkeiten kontaminiert werden. Jede die Darstellung überschreitende Pragmatik lockert die im Modell gefassten Bedeutungen; die Grenzen der im Modell gefassten Bedeutungen werden kritisch und prägnant. Dieses Versuchen ist ein Prozess voller Risiken. Ich nenne Modelle, die in derartig kritische und risikovolle Verwendungskonstellationen gebracht werden, ›Prototypen‹. Sie haben im wahrsten Sinne des Wortes einen ›vorläufigen‹ Charakter. Der Angriff auf ihre Geltung ergibt sich aus verschiedenen intendierten Versuchen, ihre Grenzen auszutesten, mit ihnen zu spielen und ihre Bestimmung für bekannte Ziele zu lockern. So wie John Cage beispielsweise das für Pianos sich erdacht hat. Mit viel Mut zur Chuzpe könnte man sagen: Stelle ein Modell in ein

Team verschieden kompetenter Personen und es wird zu einem Prototypen, zu einem Startpunkt sehr differenzierter Evolutionen.

Merz: Dass Modelle Wirklichkeit auch herstellen (können), würde ich sofort bejahen. Ich möchte hinzufügen, dass sie sich hinsichtlich der ihnen eingeschriebenen Gebrauchsweisen und Spielräume, die sie ihren Anwendern bieten, maßgeblich unterscheiden. Nicht jedes Modell ist gleichermaßen produktiv, wenn es darum geht, Wirklichkeiten nicht nur darzustellen, sondern auch herzustellen. Ein typisches Beispiel für Modelle mit dem Potential der Wirklichkeitsherstellung sind komplexe Computermodelle, die für eine unproblematische Nutzung außerhalb ihres Konstruktionskontextes besonders präpariert werden. Ein Unterschied zu den von Ihnen angesprochenen Verwendungskonstellationen solcher Modelle könnte darin liegen, dass ihr Einsatz in der Teilchenphysik in jedem Fall im Dienste der Erkenntnisproduktion steht. Nur ist die angestrebte Erkenntnis in einem Fall mehr, im anderen Fall weniger direkt auf das Modell und seine Ingredienzien bezogen. Bleiben wir bei den Computermodellen, so sind bspw. die sog. Ereignisgeneratoren, welche die Zerfallsprozesse in Teilchenkollisionen simulieren, ein bedeutendes Werkzeug, um Wissen über mögliche Designvarianten von Detektoren zu erwerben. Sie schaffen den imaginierten Detektoren eine quasi-experimentelle Umgebung, in der Eigenschaften dieser zentralen Forschungsinstrumente in aller Breite exploriert werden können. Ich nenne solche Modelle, die für verschiedene Akteure, in verschiedenen Situationen verschiedenes leisten, multiplex. Die Produktivität dieser Modelle liegt gerade in dem Spannungsverhältnis, das daraus resultiert, dass ein Modell für die einen eine ›Antwortmaschine‹ ist und gleichzeitig für andere eine ›Fragemaschine‹, um mit Rheinbergers Begriffspaar zu sprechen.

Petruschat: Der Witz besteht gerade darin, dass es die Antwort ist, welche neue ›Fragen‹ und Erkenntnisse provoziert. So, glaube ich, denkt sich das auch Rheinberger, wenn er in den Experimentalanordnungen Räume sieht, bei denen Technologien nicht vorhersehbare Ereignisse erzeugen oder provozieren sollen. In dieser Provokation nicht vorhersehbarer Ereignisse sehe ich die besondere Funktion von Prototypen: sie sind Antworten, modelliert, um Fragen zu provozieren.

Merz: Teilchenphysiker haben ihren eigenen Begriff von Prototypen. Sie meinen damit ein materiell realisiertes (nicht ›bloß‹ mittels Computer simuliertes) Modul des Detektors, d.h. ein charakteristisches

Bauelement desselben. Ein solcher Prototyp hat vorläufigen Charakter: seine Anfertigung steht im Dienste des zu diesem Zeitpunkt erst imaginierten ›realen‹ Detektors. In Testläufen wird die Eignung der gewählten Designelemente für die anvisierte Funktionsweise des Detektors untersucht. In diesem Prozess treffen Prototyp (3D-Modell) und Simulation (Computermodell) auf das Intensivste aufeinander. Beide werden in engem Kontakt der zuständigen Wissenschaftler konstruiert, exploriert und miteinander abgeglichen. Werden in der Simulation Material- und andere Eigenschaften des Prototypen explizit modelliert, so werden im Gegenzug die Daten aus dem Testlauf des ›realen‹ Prototypen mit jenen aus der Simulation verglichen, um sodann ein möglichst präzises Bild davon zu erstellen, was Sache ist. An dieser Stelle wird sichtbar, in welchem Maße die Erkenntnisproduktion in der Teilchenphysik auf einer unhintergehbaren Verkettung verschiedener Modelltypen beruht.

Petruschat: Sie nannten Modelle ›multiplex‹, weil Modelle unterschiedlichen Akteuren in unterschiedlichen Situationen unterschiedliche Zugangsweisen ermöglichen. Gibt es bei all dieser Unterschiedlichkeit auch Vergleichbares? Haben Sie am CERN zum Beispiel eine Genderspezifität im Aufbau oder beim Aushandeln von Modellen und Prototypen feststellen können?

Merz: Nein, eine Genderspezifität im Umgang mit Modellen habe ich nicht beobachtet. Das hat mich aber auch nicht weiter verwundert. Eine Frage hingegen, die auch Physikerinnen und Physiker umtreibt, ist die nach eventuellen Generationenunterschieden. Mit den heute vorhandenen sehr leistungsstarken Computersystemen haben sich die epistemische Bedeutung und die Praxis des Modellierens in den letzten Jahren stark gewandelt. Für die junge Generation von Physikern ist die Kapazität von Computermodellen, komplexe Wirklichkeiten zu generieren, eine unhinterfragte Selbstverständlichkeit. Ältere Kollegen beäugen diese Haltung zuweilen kritisch, weil sie hierin eine Überbewertung des Digitalen gegenüber der empirischen Wirklichkeit sehen. Sie warnen, dass hierüber Expertise und Skills im Umgang mit den Widerständigkeiten des Materiellen verloren gingen. Das generative Potential von Modellen erscheint hier noch einmal in neuem Zusammenhang: zum einen mit Blick nicht nur auf das, was Modelle ermöglichen, sondern auch auf ihr Potential zu verdrängen oder unsichtbar zu machen, zum anderen mit Blick auf die Materialität und Medienspezifität von Modellen und die affordances verschiedener Modelltypen.