



Leseprobe

Alexander Unzicker

Auf dem Holzweg durchs Universum

Warum sich die Physik verlaufen hat

ISBN (Buch): 978-3-446-43214-7

ISBN (E-Book): 978-3-446-43287-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-43214-7>

sowie im Buchhandel.

DER LETZTE TANGO AM CERN: WARUM NICHT WIRKLICH ETWAS ENTDECKT WIRD

Selten waren die Erwartungen an ein Experiment so hochgesteckt wie beim *Large Hadron Collider*, kurz LHC, dem leistungsfähigsten Teilchenbeschleuniger der Welt. Das jahrelange Warten ist offenbar manchen nicht gut bekommen. Hören wir uns zum Beispiel an, was Michio Kaku, einer der prominentesten Physiker überhaupt, in einem Interview bei *Fox News* über die Perspektiven des LHC zu sagen hatte: Er werde den Urknall simulieren, das Geheimnis der Schöpfung aufdecken, zeigen, was vor Kapitel 1.1 Genesis passiert ist, entscheiden, ob Zeitreisen möglich sind, wahlweise auch in andere Universen, erklären, was vor dem Urknall passiert ist, die Stringtheorie beweisen, zeigen, ob unser Universum mit anderen kollidiert ist, mit Blasenuniversen, in denen möglicherweise andere Naturgesetze gelten, das Ganze sei noch großartiger als die kopernikanische Revolution, weil es um die Vereinigung aller Kräfte gehe, nach der industriellen und elektrischen Revolution gebe es nun eine Superkraft, die das Universum erschaffen habe ... Jede einzelne dieser Aussagen ist Schwachsinn, aber in der Konzentration überwältigend, schauen Sie es sich an auf YouTube.¹⁸⁷ Am Ende beklagt Kaku, dass der Beschleuniger einen *brain drain* nach Europa verursache, aber solange er sich nicht selbst dazu zählt, müssen wir uns, glaube ich, keine Sorgen machen. Um glaubwürdig zu bleiben, müsste sich das CERN eigentlich öffentlich von solchem Geschwätz distanzieren, aber die Grenzen zwi-

Ihre Bemerkungen sind wie ein Feuerwerk, sehr laut, aber nicht sehr erhellend. – Wolfgang Pauli

Es gibt Schwärmer ohne Fähigkeit, und dann sind sie wirklich gefährliche Leute. – Georg Christoph Lichtenberg

schen Kakus Märchenpredigt und der anerkannten Wissenschaft sind heute leider fließend geworden. Viele Stringtheoretiker verbringen am CERN Gastaufenthalte, allen voran das Supergenie Edward Witten, dessen Erwartungen nur wenig nüchterner sind.¹⁸⁸ Ein realistisch gebliebener Theoretiker trifft hier schon mehr den Kern der Sache:¹⁸⁹

„Die Hoffnung, dass die experimentellen Resultate des LHC das erreichen können, was fünf Jahrzehnte theoretische Überlegungen nicht geschafft haben, nämlich eine hochkomplizierte, aber gescheiterte Theorie abzuschaffen und über Alternativen nachzudenken, ist hochgradig naiv.“

Die Techniker und Experimentatoren, die dort viel leisten, können einem fast dafür leidtun, dass ihre Arbeit durch solche überreizten Fantasien diskreditiert wird.

GARANTIERTE SENSATIONEN

Aber auch jene, die die Geschichten über ‚Branen‘ und ‚Multiversen‘ vernünftigerweise mit einem Augenzwinkern verfolgen, müssen sich die Frage gefallen lassen, welchen Weg die Wissenschaft mit Projekten wie dem LHC eingeschlagen hat. Ist die Strategie,

... für den nächsten Schritt sind noch mehr Geld und noch größere Anstrengungen erforderlich, ohne die Gewähr, dass es wirklich schon der letzte Schritt sein wird. Die Grenze würde durch den Aufwand gezogen, ohne die Garantie, einmal ans Ende zu gelangen. – Emilio Segrè

Kollisionen mit immer höheren Energien durchzuführen, wirklich auf lange Sicht sinnvoll, steckt in der Hochenergiephysik über den Namen hinaus noch eine Idee? Welchen Erkenntnisgewinn bringen uns Kollisionen, bei denen Teilchen zehntausendfach energiereicher sind als in ihrer stabilen Form? Und wozu dient die Suche in absurd kleinen

Ausschnitten der Realität? Grundlage von Wissenschaft ist Hypothesenbildung und Überprüfung, aber welche Theorie wird hier eigentlich noch überprüft, die echte quantitative Vorhersagen

Man beginnt sich vorzustellen, dass Experimente von Generationen von Forschern weitergereicht und mit sturer Geduld betrachtet werden, bis eines Tages etwas Unerwartetes geschieht.¹⁹⁰ – David Lindley

macht? Das Einzige, was man tatsächlich erwarten kann, ist das Unerwartete. Leider ist das nicht spannend, wie es allenthalben heißt, sondern lediglich peinlich. Wenn unsere bisherigen Gesetze nicht gelten, müssen wir diese überdenken und nicht neue dazuerfinden.

Am schlimmsten sind daher jene Theorien, die Verletzungen eines wichtigen Naturgesetzes ‚vorhersagen‘. Man male sich beispielsweise aus,

bei einem Experiment am LHC wäre die Energie nicht erhalten: Klar, ein schwarzes Miniloch hat sich damit aus dem Staub gemacht, supersymmetrische Teilchen, wohlgerückt Kandidaten für die Dunkle Materie, haben ihre unsichtbare Existenz damit bewiesen, oder die Energie ist schlichtweg in eine Stringanregung, Extradimension oder Parallelwelt abgewandert – alle haben recht gehabt! Aber Aasgeier, die über der Energieerhaltung kreisen, sind noch keine Physik.

Zu allem Überfluss kann die Energie der Produkte einer Kollision – Tausende verschiedenster Teilchen – keineswegs gut gemessen werden. Am genauesten gelingt dies bei der elektromagnetischen Wechselwirkung, problematischer wird es schon bei schweren Teilchen, die stufenweise abgebremst werden, schließlich entstehen aber noch viele Neutrinos, die in jedem Fall dem Detektor entkommen. Es ist also äußerst schwierig, verbindliche Aussagen über die Energie zu treffen. In etlichen Fällen ist den Daten allein nicht zu entnehmen, welches Teilchen denn nun die Energie transportiert hat – war es ein Photon oder ein neutrales Pion? Wurde ein Teilchenschauer von einem Neutron erzeugt oder gar von einem Neutrino?

Sollten diese Dinge sich als wahr erweisen, so werde ich mich nicht schämen, der letzte zu sein, der sie glaubt. – Ernst Mach

Im Prinzip versucht man, die Lücken des Puzzles mit bekanntem Wissen zu ergänzen, und stellt die Szenen im Computer nach: Bestimmte Teilchen betreten die Bühne, und mit aus früheren Experimenten ermittelten Wahrscheinlichkeiten verwandeln sich diese in neue Akteure. So werden alle echten Messungen mit künstlichen Zufallsexperimenten am Rechner verglichen, sogenannten Monte-Carlo-Simulationen. Viele am CERN waren die letzten fünfzehn Jahre ausschließlich mit dem Schreiben dieser Programme beschäftigt, denn die Komplikationen sind enorm – und damit leider auch die möglichen Fehlerquellen. So fanden um 1995 mehrere Arbeitsgruppen eine rätselhafte Anomalie beim Zerfall des Z_0 -Teilchens, bis ein Forscher am Berkeley-Laboratorium schließlich bemerkte, dass eine falsche Simulation in eine zentrale Datenbank eingespeist worden war. „Sonst hätten wir das vielleicht heute noch“, erzählte mir eine Teilchenphysikerin.

Es befremdet, dass so extensive Computersimulationen nötig sind, um die Experimente überhaupt noch zu verstehen, und oft genug muss auf externe Daten zurückgegriffen werden: Beispielsweise hätte man ohne den am Hamburger Beschleuniger HERA gemessenen Formfaktor des Protons am CERN ein Problem. Das bedeutet aber umgekehrt, dass in den neuen Experimenten keineswegs das ganze bisherige Wissen getestet wird, so

dass man behaupten könnte, das Standardmodell werde dort geprüft. Wie sollte das auch gehen? Die zahllosen Teilchen, von denen sich im Prinzip jedes in jedes umwandeln kann, bedingen eine noch viel größere Zahl von Umwandlungswahrscheinlichkeiten, und neben den physikalischen Eigenschaften der Teilchen gibt es noch eine Menge von Zahlen, die die experimentellen Details beschreiben. Die Zahl der freien Parameter ist immens. Und niemand soll bitte behaupten, auch nur im Entferntesten einen Überblick darüber zu haben.

EXPERIMENT MIT TUNNELBLICK

Die am LHC anfallenden Datenmengen überschreiten jede Dimension, die noch abzuspeichern wäre. Darüber könnte man ins Grübeln geraten, aber die praktische Lösung lautet, dass man 99,99 Prozent der Daten sofort aussortiert und nur jene verwendet, die Interessantes versprechen – das sogenannte Triggern. Pro Jahr bleiben damit immer noch so viele Bytes übrig, dass sie, auf DVDs gepresst, einen Turm in Höhe des Mont Blanc ergäben – ohne Hülle. Kann man diese Datengebirge je sinnvoll analysieren?

Vorauswahl ist eine verdächtige Strategie, denn überraschende Durchbrüche in der Wissenschaft hat es meist dort gegeben, wo man es am wenigsten erwartete. Der Trend, nur mehr geringe Teile der Wirklichkeit in den Blick zu nehmen, begann schon in den 1960er Jahren, als man anfing, die Daten vieler Reaktionsprodukte wegzuzwerfen – im Grunde eine wenig durchdachte Methode. Später ging man von Beschleunigern zu Collidern über: so als ob man bei einem Crashtest nicht ein Auto an die Wand, sondern zwei Autos gegeneinander fahren lässt. Im letzten Fall wird eine höhere Energie frei – das Leitmotiv aller Experimente. So werden heute die vielen nach einem Aufprall nur leicht abgelenkten Teilchen fast gar nicht beachtet; das Augenmerk konzentriert sich auf die Produkte, die nach der Kollision senkrecht zum Strahl herausgeschleudert werden – ein verschwindend kleiner Anteil der tatsächlich stattfindenden Prozesse. Blickverengung ist das Prinzip der Hochenergiephysik geworden.

Die immer heftigeren Kollisionen erzeugen einen Wust von Teilchen, von denen etlichen erlaubt ist, unsichtbar Energie abzutransportieren – im Grunde ein methodischer Wahnsinn. Bei der Lektüre von Büchern wie *Nobel Dreams* von Gary Taubes bekommt man den Eindruck, dass man letztlich alles finden kann, wenn man nur konzentriert genug nach der theoretischen Wunschvorstellung sucht. Dafür, ob ein Prozess ‚sauber genug‘

ist, um als Entdeckung zu gelten, wie zum Beispiel beim W-Boson, gibt es eben keine sauber definierten Kriterien. Der Nobelpreis hierfür, den Carlo Rubbia 1984 erhielt, belohnte jedenfalls nicht Sorgfalt, sondern Schnelligkeit. Denn Rubbia hatte nachweislich schlechtere Daten als seine Konkurrenz, die er aber durch bauernschlaue Tricks davon abhielt, vor ihm zu publizieren.¹⁹¹

GOTTESTEILCHEN, SERVIERT IM SCHMUTZMANTEL

Was soll man nach alledem zu der Entdeckung auf Raten des Higgs-Bosons sagen? Zweifel weckt schon der Anspruch, den ‚Hintergrund‘, ein störendes Rauschen, das ein Signal vortäuscht, gut entfernen zu können. Denn die einzig verbliebene Möglichkeit, das Higgs mit dem Zerfall in zwei Photonen nachzuweisen (andere Prozesse hatte man vorher ausgeschlossen), wird von Teilchenphysikern einhellig als ‚der schmutzigste Kanal‘ bezeichnet. Es ist bizarr, dass das Higgs *identifiziert* werden soll, indem es sich in zwei Gamma-Lichtquanten umwandelt – das tun praktisch alle Teilchenpaare. Eine aberwitzig primitive Hürde für ein Teilchen, das angeblich so spezielle Eigenschaften hat: Man halte sich vor Augen, dass andere Prozesse ein zum Higgs-Boson identisches Signal erzeugen, das billionenfach (!) stärker ist. All dies meint man durch Filterungen und Computersimulationen herausrechnen zu können – schwer zu glauben, dass so eine ehrgeizige Datenreduktion wirklich beherrschbar bleibt.

Die angegebenen hohen Wahrscheinlichkeiten, mit denen Entdeckungen im Allgemeinen gerechtfertigt werden, beziehen sich übrigens auf zufällige Abweichungen, nicht auf mögliche Fehler in der Modellierung. Ganz sicher ist dabei nur eines: Je mehr Hintergrund entfernt wird, desto größer wird die Gefahr, Artefakte zu erzeugen, die Teilchen vortäuschen – vor allem wenn die Theoretiker dafür längst Namen zur Hand haben. Nichts hindert beispielsweise daran, ein Higgs-Signal als Quark-Antiquark-Paar einer noch unbekannteren vierten Quark-Familie zu interpretieren, vor allem wenn man, wie

Wie Ereignisse analysiert wurden und welche Ressourcen der Sortierung und Strukturierung der Informationsflut aus einem großen Experiment gewidmet wurden, konnte ... entscheiden, ob und wann eine Entdeckung gemacht wurde.¹⁹² – Peter Galison, Wissenschaftshistoriker

Hierin liegt eine Abwägung, dass *genug* getan wurde, damit Untergrundeffekte das Signal nicht produzieren können. Wissenschaftler vermeiden es in ihrem retrospektiven Urteil, diese Abwägung zu erwähnen. – Andrew Pickering

beim Higgs, die Ausrede bereithält, nur ein winziger Anteil zerfalle auf diese Weise. Nur stehen Quarks derzeit nicht auf der theoretischen Wunschliste, während das Higgs seit Jahrzehnten verzweifelt gesucht wurde. Dabei hat man sich bei seiner Masse alle Möglichkeiten offen gehalten: Als Entdeckung des Teilchens gilt, in *irgendeinem* Energiebereich ein paar mehr Signale zu finden, als man versteht. Fast jede unbekannte Spur im Schnee wird so zum Beweis für den Yeti.

Ansonsten ist der ‚Higgs-Mechanismus‘ unbeleckt von jeglicher tieferen Reflexion über Gravitation, und deswegen sagt auch die Entdeckung des Higgs nicht das Geringste darüber aus, warum die Massen der Elementarteilchen die beobachtete Größe haben. Anstatt über ihre Zahlenwerte kann man sich dann über die Stärke der Anbindung an das ‚Higgs-Feld‘ wundern – was für ein Fortschritt. Ich glaube einfach nicht an solche Flickwerk-Physik. Gefunden hat man allerdings schon vieles.

Der schlimmste Fall ist die experimentelle Übereinstimmung einer falschen Theorie mit schwammigen Vorhersagen. – Bert Schroer, theoretischer Physiker

Für den Fall, dass die Entdeckung des Higgs doch noch revidiert wird, hat man aber auch schon Plan B in der Hinterhand, zum Beispiel ein ‚Higgs-Multiplett‘, also mehrere Higgs-Teilchen mit höherer Energie und noch geringerer Reaktionswahrscheinlichkeit, hinter der sie sich verstecken können. Selbstredend benötigt man zu ihrer Entdeckung einen neuen Beschleuniger...

DIE STUNDE DES KONJUNKTIVS IN GENF

Interessant sind aber schon die Hintertürchen, die bei der Bekanntgabe der Higgs-Beobachtung offengelassen wurden: CERN-Chef Rolf-Dieter Heuer verglich das Teilchen mit einem Freund, den man aus der Ferne sehe. Leider sei man noch nicht ganz sicher, ob es sich nicht auch um dessen Zwilling handeln könnte. Und wie wäre es mit einem entfernteren Verwandten? In Wahrheit wird doch jedes Signal mit offenen Armen begrüßt, aber wie das Standardmodell-Higgs-Boson genau aussieht, entscheidet man am besten erst, wenn der Fremdling nähergekommen ist – nach gründlicher Untersuchung, versteht sich. Wenn sich das Teilchen dann doch ganz anders benimmt als erwartet, wird es den theoretischen Physikern nicht an Chuzpe fehlen, eine schlicht falsche Vorhersage in ein Resultat umzudeuten, das noch viel spannender sei, weil es auf Physik ‚jenseits des Standardmodells‘ hindeute: Wir gratulieren uns, dass wir etwas nicht verstanden

haben! Dass der Rest der Wissenschaft dies nachbetet und die Öffentlichkeit weiterhin glaubt, es handle sich um fundamentale Erkenntnisse, muss man zumindest befürchten – es geht ja schon eine ganze Zeit so. Zu bitter wäre wohl die Einsicht, dass das ganze Modell längst an seinen ‚Erfolgen‘ krankt. Denn es handelt sich in Wirklichkeit nicht um eine wohldefinierte Theorie, sondern um ein unkontrolliert wachsendes Gebilde, das schon viele unverstandene Resultate in neuen Ausbeulungen verdaut hat. Standardmodell heißt in Wirklichkeit das System selbst, sich mit immer neuen Ad-hoc-Annahmen an die Daten anzupassen wie ein ständig mutierendes Virus.

Auch ein gelehrter Mann studiert so fort, weil er nicht anders kann. So baut man sich ein mäßig Kartenhaus. Der größte Geist baut's doch nicht völlig aus. –
Johann Wolfgang von Goethe

Seit der LHC in Betrieb ist, wächst die Ungeduld nach greifbaren Ergebnissen – ein ungesunder Erwartungsdruck, der auf dem Experiment lastet und der sicher ein bisschen die Lust verdirbt, eine ersehnte Entdeckung auf systematische Fehler zu prüfen. Anders als bei den überlichtschnellen Neutrinos, die die gesamte Physik demontiert hätten, tut das Higgs ja niemandem weh.* Vielleicht hätte man den Nobelpreis schon allein für die technische Leistung vergeben sollen, dann wäre das Arbeiten entspannter. Irgendetwas messen? *Yes we can*. Schließlich erhielt Obama den Nobelpreis auch für die Erwartungen an seine Amtszeit.

Und so werden wir weiterhin erleben, dass jedes kleine Detail in den Daten lautes Geschnatter auslöst. Dass dahinter die Absicht steckt, die Medienaufmerksamkeit am Köcheln zu halten, will ich gar nicht unterstellen. Befremdlich ist jedoch, wie schnell die Physik jeder noch nicht trockenen Messung den Mantel der Begründung umhängt. Die Theorien lechzen nach jedem Datentropfen, der oft noch am gleichen Tag von einem Paper auf ArXiv.org aufgesogen wird, ohne dass man hoffen kann, die Wüste der unverstandenen Effekte werde jemals durch Erklärungen grünen. Dass auf ein Ergebnis *keine* theoretische Beschreibung passt, ist unvorstellbar geworden, und das ist auch das Problem des *Large Hadron Collider* – seine Resultate sind beliebig interpretierbar.

* Stattdessen die ungeliebte Nicht-Entdeckung zu präsentieren, wäre sicherlich schwerer zu vermitteln gewesen.

DAS MITTELALTER IST NÄHER, ALS MAN DENKT

Auch wenn ich hier einen Aufschrei riskiere: Die Teilchenphysik weist inzwischen Parallelen zur Astrologie auf. Exotische Eigenschaften wie ‚Strangeness‘ oder ‚Isospin‘ definieren ja das Teilchen als solches, und insofern geht es nur mehr um die bloße Existenz und die Einteilung in ein bestehendes Muster – so, wie es bei einem neu entdeckten Stern lediglich darauf ankam, seine Himmelsposition einem bekannten Sternbild zuzuordnen. Ist der ‚Achtfache Weg‘ des Quark-Modells wirklich so verschieden von den zwölf Tierkreiszeichen?* Einen Platz findet man immer, ob als sechste Zehe des großen Bären oder als Laus im Pelz des Herkules – aber so, wie diese Bilder die Himmelskugel abdecken, stehen heute zu jedem Energiebereich Theorien mit ihren Variationen bereit, sich die Ergebnisse mit einer Portion Fantasie einzuverleiben, sei es als vierte Quarkgeneration oder fünfte Kraft. Tatsächlich hat doch jede unerwartete Messung der letzten Jahre sofort ‚plausible‘ theoretische Interpretationen generiert, auch wenn sie sich dann meistens als statistische Sternschnuppe herausstellte. Das Standardmodell ist unfähig, der Masse eines Teilchens Sinn zu geben, so, wie die Astrologie nichts mit der Leuchtkraft eines Sternes anfangen kann. So, wie sich Astrophysik von Astrologie unterscheidet – durch Farbdiagramme, Helligkeitsberechnungen und Erklärungen wie Kernfusion, kurz: durch die Physik der Sterne –, so viel fehlt dem Standardmodell zu einer echten Theorie: Berechnung von Massen, Halbwertszeiten, Fragen nach grundlegenden Mechanismen – praktisch alles, was die Teilchenphysik zu Physik machen würde. Quantitatives ist ihr fremd, weil dies wie bei den Sterndeutern einen falsifizierenden Finger in die Wunde legen könnte. Übrig bleibt ein willkürliches Gerüst, das jedem, der nach Einsicht strebt, unbefriedigend erscheinen muss. Vielleicht kann man die Natur nicht verstehen. Aber ganz sicher kann die Hochenergiephysik sie nicht erklären.

Alles, was sich sagen läßt,
läßt sich klar aussprechen.¹⁹³ –
Ludwig Wittgenstein

So ist das Standardmodell eben *nicht* bestätigt, weil es sich inzwischen weder bestätigen noch widerlegen läßt. Der Glaube daran beruht auf der fehlenden Reflexion über die wuchernde Komplizierung, den wissenschaftstheoretisch unzulänglichen Methoden, einer historischen Igno-

Ist dies schon Tollheit, hat es doch
Methode. – William Shakespeare

* Gemeint ist hier nicht deren anthropozentrische Interpretation.

ranz, wie solche Modelle zustande kommen, und einer Verdrängung der soziologischen und psychologischen Mechanismen, die die Masse, aber auch den Einzelnen für den Ernst der Lage blind machen. Das Standardmodell ist nicht mehr glaubwürdig, und es ist nicht so, dass die Physiker zu dumm wären, dies zu erkennen, aber oft zu feige, es insgesamt in Frage zu stellen. Es mit Erweiterungen zu reparieren bedeutet, Feuer mit Stroh zu löschen. Theorien vor und nach der Krise, wie der Wissenschaftsphilosoph Thomas Kuhn sagt, sind inkommensurabel. Weniger vornehm ausgedrückt: Das Standardmodell muss - anders geht es nicht - als Ganzes auf den Müll.

Wenn Du merkst, dass Du ein totes
Pferd reitest, steig ab. -
Weisheit der Dakota-Indianer

HOMO SAPIENS PARTICELLUS

Diese Einsicht ist wahrscheinlich schwer zu spüren, wenn man gegenüber der Komplizierung der Naturgesetze schmerzfrei geworden ist. Die in der Hochenergiephysik tätigen Forscher sind hier seit langem abgehärtet: Wer sich nach den 1970er Jahren, als die Modelle schon so offensichtlich unübersichtlich waren, zum näheren Studium der Elementarteilchenphysik entschloss, wusste, was er tat. Physiker, die die Ansichten von Einstein, Schrödinger oder Dirac über Naturgesetze teilten, waren nicht darunter. Von wem also sollte der Nachwuchs das Zweifeln lernen? Die Experimente selbst sind längst zu unüberschaubar, um sie anzweifeln zu dürfen! Manche Tests des Gravitationsgesetzes lassen sich von den Rohdaten bis zur theoretischen Auswertung in wenigen Wochen nachvollziehen. Resultate der modernen Hochenergiephysik, insbesondere aber eine detaillierte Kenntnis der experimentellen Grundlagen und extensiven Simulationen bei der Auswertung, benötigen hingegen Jahre. Ein Hochenergiephysiker, der nach eingehendem Studium zu ernsthaften Zweifeln am gesamten Modell kommt, müsste sich eingestehen, einen wesentlichen Teil seines Berufslebens vergeudet zu haben. Die Teilchenphysik ist gegen Selbstreflexion gut versichert.

Würde ich das alles schreiben, wenn es ernste Konsequenzen hätte? Ist es gar unverantwortlich? Sicherlich ist meine Kritik zu unerhört, als dass sie Gehör finden kann. Dagegen wird jedem Teilchenphysiker, der mit ehrlichem Enthusiasmus ein Forschungsprojekt verfolgt, dabei wohl die Hut-

Es ist schwer, jemandem etwas
begreiflich zu machen, wenn sein
Gehalt darauf beruht, es nicht zu
begreifen. - Upton Sinclair,
amerikanischer Schriftsteller

schnur hochgehen. Diese Empörung, die mir manchmal entgegenschlägt, trifft mich durchaus, denn ich glaube nicht, dass Einzelne die Teilchenphysik in die Krise geführt haben. Vielmehr

Die Wissenschaft kennt kein Mitleid. –
Romain Rolland, Literatur-
Nobelpreisträger 1915

ist sie wohl ein emergentes Phänomen in einem System, das mit falschen Regeln arbeitet – ähnlich wie der Philosoph Richard

David Precht es in der Finanzkrise sieht.¹⁹⁴ Ebenso wie eine Finanzindustrie als solche nutzlos ist, muss in der Wissenschaft die Feststellung erlaubt sein, dass auch ein gesamtes Forschungsgebiet nicht zielführend war – selbst wenn sich jemand dadurch verletzt fühlt. Sind die Fundamente auf

Der Irrsinn ist bei Einzelnen etwas
seltenes – aber bei Gruppen,
Parteien, Völkern, Zeiten die Regel. –
Friedrich Nietzsche

Sand gebaut, ist man enttäuscht, wenn Autoritäten den Bau genehmigt haben. Aber man kann nicht den Kopf mit in den Sand stecken, sonst wird irgendwann der Schaden für die Wissenschaft und die, die Wissenschaft betreiben, noch größer. So, wie Teilchenphysik im Moment betrieben wird, hat das Ganze keinen Sinn.

REPRODUZIERBAR STATT BETRIEBSBLIND

Durch eindrucksvolle Anlagen wie das CERN gerät heute ein unverzichtbarer Teil der naturwissenschaftlichen Methodik in Vergessenheit: Reproduzierbarkeit, die bedeutet, dass ein Versuch allein mit Hilfe seiner Dokumentation wiederholt werden kann. Und damit haben alle heutigen Großprojekte ein Problem. Bei gigantischen Aufbauten, die sich die Welt nur ein Mal leisten kann, ist Reproduzierbarkeit schon aus praktischen Gründen schwierig. Zwar gibt es an den großen Collidern verschiedene Detektoren mit getrennten Arbeitsgruppen, und so widersprach mir ein von mir sehr geschätzter Teilchenphysiker: „Die ‚checks and balances‘ gibt es hier durch konkurrierende Gruppen wie ATLAS und CMS am Large Hadron Collider oder D0 und CDF am Tevatron. Mehr oder weniger können sie sich gegenseitig nicht leiden und halten aktiv dagegen, wenn eine Behauptung schwach ist.“

Alternativen ... können nicht entstehen in riesigen Communitys, deren einziges Ziel in der Verwaltung einer Monokultur besteht.¹⁹⁵ –
Bert Schroer, theoretischer Physiker

Diese an die Tagespolitik erinnernden Scharmützel können aber kein grundlegendes Fehlkonzept aufdecken, das seit längerem im Fachgebiet etabliert ist. Denn allgemeine Methoden, wie man etwa den Hintergrund ent-

fernt oder auf welche Weise Simulationen modelliert werden, unterscheiden sich nicht. Die konkurrierenden Kollaborationen hinterfragen die Grundlagen so wenig wie Pepsi und Cola unsere Ernährungsgewohnheiten. Im Übrigen werden sie sich auch gegenseitig über die Schulter schauen, so wie dies vor dreißig Jahren schon üblich war.* Von unabhängiger Reproduzierbarkeit kann also nicht die Rede sein. Dies alles, um es nochmals zu betonen, ist weder böser Wille noch mangelnde Kompetenz der Beteiligten, sondern Konsequenz von *Big Science*, die keine Ergebnisse mehr liefern kann, weil die Voraussetzungen wissenschaftlicher Methodik verloren gegangen sind. Soziologisch *too big to fail*, aber in der Sache längst *too big to deliver*, ist *Big Science* ein Monstrum mit einem Eigenleben, das aus historischen Gründen noch ein paar Namen gemeinsam hat mit einer Wissenschaft, die vor hundert Jahren blühte – Physik, wo bist du?

Big science may destroy great science. – Karl Popper

MIT GLASNOST ZUR DEMOKRATIE

Wie könnte man aber Reproduzierbarkeit bei Großprojekten wie dem *Large Hadron Collider* umsetzen? Ein wunder Punkt ist die fehlende Aufzeichnung: Wie soll jemand die heutigen Experimente nachbauen, nach fünfzig oder hundert Jahren, wenn es keine direkte Überlieferung mehr gibt? Mit Hilfe von ein paar gedruckten Veröffentlichungen? Was ist mit den Millionen Zeilen von Computercode, der für die Auswertung essenziell ist? Ist das alles nachhaltig dokumentiert? Wenn schon das Experiment selbst kaum nachgebaut werden kann, so muss man wenigstens die Daten so gut wie möglich konservieren. Neben den völlig ungefilterten Daten ohne Trigger, genannt *minimum bias data*, den weiteren Verarbeitungsstufen nach Kalibrierungen (*data summary tape*, DST und Mini-DST), müssten vor allem die Aufzeichnungen der Treffer in den Detektoren bei den entsprechenden Energien, genannt *common ntuples*, frei verfügbar sein.** Wenn das wegen der Datenmenge nur zum Teil möglich ist, nun gut. Bisher ist jedoch keine einzige Teilchenkollision im Internet,

Ein großer Aufwand, schmäählich! ist vertan. – Johann Wolfgang von Goethe

* Wie Gary Taubes in seinem Buch *Nobel Dreams* berichtet (S. 87), hackten damals schon Mitglieder der UA1-Kollaboration die Computerfiles ihrer Konkurrenz UA2.

** Erst ab dieser Stufe werden die Daten im „data preservation program“ langfristig konserviert.

die irgendjemand ohne das Spezialwissen der Kollaborationen auswerten könnte - und das ist heutzutage eigentlich ein Skandal.

Wenn man sich verlaufen hat, muss man sämtliche bisherigen Begriffe in Frage stellen und den Blick aufs Ganze richten, unbelastet von den Modellen, die sich als untauglich erwiesen haben - aber das ist heute unmöglich. Selbst wenn sich ein Teilchenphysiker von den Denkschemata der vergangenen Generationen befreite, könnte niemand mit den Ergebnissen des CERN etwas anfangen, weil sie in einer Sprache formuliert sind, die schon die Denkweise vorgibt. Die Doktrinen der Interpretation können sich nur durch freien Zugang auflösen: Details der Rohdaten müssen öffentlich sein und alle Auswertungsschritte müssen erläutert werden, mit einsehbarem Code von Open-Source-Programmen, die jeder Wissenschaftler über das Internet bedienen kann. Vielleicht ist das eine naive Vision, aber - ganz ohne Ironie - ich denke, in hundert Jahren wird als wichtigster Beitrag des CERN zur Teilchenphysik das World Wide Web gelten.