

## Gibt es eine Weltformel?

Herbert Hörz (Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin)

Rezension zu: Sabine Hossenfelder: Das hässliche Universum. Warum unsere Suche nach Schönheit die Physik in die Sackgasse führt. Aus dem Englischen von Gabriele Gockel und Sonja Schuhmacher. Frankfurt am Main: S. Fischer-Verlag GmbH 2018, 382 Seiten.

Das Buch von Sabine Hossenfelder fand bereits eine große Verbreitung mit vielen positiven Rezensionen. So erschien schon im September 2018 die 2. Auflage der deutschen Ausgabe. Der englische Titel lautet: „Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray“, New York: Basic Books 2018. Die Autorin ist studierte Mathematikerin und Physikerin. Sie forscht zu Problemen der Quantengravitation. Nach verschiedenen Stellen im In- und Ausland ist sie nun Research Fellow am Frankfurt Institute of Advanced Studies. Unter Interessenten ist sie durch ihren Blog Backreaction mit dem Pseudonym Bee bekannt.

In zehn Kapiteln und drei Anhängen geht die Autorin auf die gegenwärtigen Probleme der physikalischen Grundlagenforschung ein. Sie beginnt mit den verborgenen Regeln der Forschung und fasst zusammen: „Physiker arbeiten viel mit Mathematik und sind wirklich stolz darauf, dass es so gut funktioniert. Aber Physik ist nicht Mathematik, und für die Entwicklung einer Theorie sind Daten als Leitfaden unverzichtbar. In manchen Gebieten der Physik gibt es seit Jahrzehnten keine neuen Daten. Weil Experimente keine Leitlinien liefern, bedienen sich Theoretiker ästhetischer Kriterien. Funktioniert das nicht, sind sie irritiert.“ (S. 30) Solchen Irritationen geht sie nach. So stellt sie die Frage „Warum einem Theoretiker trauen?“ und meint: „Ich hoffe, die Philosophen haben einen Plan.“ (S. 50 u. 53) Kritisch analysiert sie die heuristischen Prinzipien für die Suche nach einer physikalischen Theorie, die die elektromagnetische, starke und schwache Wechselwirkung sowie die Gravitation vereinigt. Sie verweist, wie der Untertitel schon zeigt, auf Tendenzen in der physikalischen Forschungslandschaft, die die Physik in eine Sackgasse führen könnten. Auf unterschiedliche theoretische Ansätze, die eventuell als Theorie von Allem in Aussicht genommen werden können, wird im Buch eingegangen. Dazu gehören u. a. Susy (Supersymmetrien), die string-Theorie, die Annahme von Multiversen, die Suche nach Teilchen dunkler Materie und die Annahme eines Zusammenhangs zwischen kosmologischer Konstante und dunkler Energie. Als Prinzipien für die Suche nach einer umfassenden Theorie, die es ermöglicht, Prognosen über zu erwartende Entdeckungen abzugeben, gelten Einfachheit, Natürlichkeit und Schönheit. Doch das Universum ist nicht einfach oder schön, es ist „hässlich“. Das Vorwort des Buches beginnt deshalb mit der Feststellung: „Sie waren sich so sicher. Sie hatten Milliarden darauf verwettet. Jahrzehntlang erzählten sie uns, sie wüssten, wo die nächsten Entdeckungen zu erwarten seien. Sie bauten Teilchenbeschleuniger, schossen Satelliten ins All und installierten Detektoren in unterirdischen Bergwerken. Die Welt machte sich bereit für den nächsten großen Triumph der Physik. Doch der Durchbruch, den die Physiker erwarteten, blieb aus. Die Experimente ergaben nichts Neues.“ (S. 9)<sup>1</sup>

Gibt es eine Theorie von Allem, gewissermaßen eine Weltformel? Zu der Hierarchie auf dem Weg vom Besonderen zum Allgemeinen heißt es im Buch: „Dass in der Geschichte der Wissenschaft diese hierarchische Struktur nach und nach zum Vorschein gekommen ist, veranlasst heute zahlreiche Physiker zu dem Glauben, es müsse eine grundlegende Theorie geben, aus der sich alles andere ableitet – eine Weltformel oder ‚Theorie von Allem‘. Diese Hoffnung ist verständlich. Wenn Sie ein Jahrhundert lang an einem Monster-Wunderball herumgelutscht hätten, würden Sie nicht auch hoffen, endlich zum Kaugummi vorzudringen?“ (S. 66) Doch gibt es tatsächlich die gesuchte fundamentale Theorie?

---

<sup>1</sup> Seitenzahlen ohne weitere Angaben beziehen sich auf das rezensierte Buch

Auf viele Probleme für die Antwort auf diese Frage wird im Buch verwiesen. Sie harren der Lösung: „Warum ist die Menge der dunklen Energie so groß, wie sie es ist? Warum gibt es fünfmal mehr dunkle Materie als normale? Und was sind Dunkle Materie und Dunkle Energie überhaupt?“ Weitere Probleme werden genannt und dann festgestellt: „Schlimmer noch ist, dass sich die Allgemeine Relativitätstheorie nicht konsistent mit dem Standardmodell kombinieren lässt, weshalb Physiker seit achtzig Jahren versuchen, eine quantisierte Version der Gravitation zu entwickeln – eine Theorie der Quantengravitation. ...“ (S. 99) Nach weiteren Ausführungen zu Problemlösungen wird festgestellt: „Theoretische Physiker machen sich schuldig, indem sie schwierige Fragen unter den Teppich kehren und sich stattdessen auf Fragen konzentrieren, die mit höherer Wahrscheinlichkeit kurzfristig zu publizierenden Ergebnissen führen. Der Grund für den gegenwärtigen Mangel an Fortschritten liegt womöglich darin, dass wir uns auf die falschen Fragen konzentrieren.“ (S. 253) In interessanten Interviews mit international bekannten Theoretikern, die eine bestimmte theoretische Orientierung vertreten, sei es die Suche nach höheren Symmetrien oder nach grundlegenden Strukturen, nach strings oder Multiversen, versucht die Autorin Antworten auf die vor der physikalischen Grundlagenforschung stehenden Fragen zu finden, wozu die prinzipielle Frage gehört, ob es eine Weltformel gibt. In der WIKIPEDIA heißt es dazu: „Eine Weltformel oder eine Theorie von Allem ([englisch](#) *theory of everything*, *ToE* oder *TOE*) ist eine hypothetische [Theorie](#), gebildet aus [theoretischer Physik](#) und [Mathematik](#), die alle physikalischen Phänomene im bekannten [Universum](#) präzise beschreiben und verknüpfen soll. Mit der Zeit ist der Begriff in die Popularisierungen der [Elementarteilchenphysik](#) eingeflossen. In diesem Forschungsgebiet würde eine Weltformel, also ein einziges, allumfassendes Modell, die Theorien aller [grundlegenden Wechselwirkungen](#) der Natur erklären und zusammenführen.“ (Weltformel 2018)

Das war schon eine Zielstellung von manchen theoretischen Physikern im vergangenen Jahrhundert. Als Wissenschaftsphilosoph habe ich damals auf die Problematik dieses Herangehens aufmerksam gemacht, wie der Bericht darüber zeigt: „Heisenberg war überzeugt, die mathematische Ordnung der Elementarteilchen mit einer Grundgleichung erfassen zu können, die er aufgestellt hatte. Man vermarktete 1958 in der Presse dieses Herangehen sogar als Entdeckung der Weltformel. So meldete ADN am 27.2.1958, dass es zum ersten Mal gelungen sei, ‚Vorschläge für die mathematische Formulierung der Naturgesetze zu machen, die die Struktur der kleinsten Teilchen und damit der Materie selbst bestimmen.‘ (Berliner Zeitung vom 1.3.1958) Der Gedanke dabei war: Da Elementarteilchen die Grundlage aller Prozesse sind, könnte eine allgemeine Theorie der Elementarteilchen eine Welttheorie sein. Das war schon deshalb problematisch, weil alle Struktur- und Entwicklungsniveaus der Wirklichkeit ihre eigenen Systemgesetze haben. Sie können jedoch durch gemeinsame allgemeine mathematische Strukturen ausgezeichnet sein. Dann verschiebt sich das Problem der Systemspezifik auf die Transformation allgemeiner Symbole zu beobachtbaren Größen und auf die Existenz- und Wirkungsbedingungen der allgemeinen Gesetze.“ Heisenberg arbeitete, auch nach der Kritik an der „Weltformel“, weiter an seiner einheitlichen Feldtheorie. Im Brief vom 29. 08. 1966 an mich schrieb er: „Vielleicht interessiert es Sie, dass ich jetzt gerade ein Buch abgeschlossen habe, das in den nächsten Monaten unter dem Titel ‚Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen‘ erscheinen wird. ... Die hier in München entwickelte Theorie hat sich in den letzten Jahren soweit vervollkommen, dass mir die Darstellung in einem Buch möglich erschien, und ich hoffe, dass die Grundgedanken dieser Theorie damit auch einem weiteren Kreis von jüngeren Physikern zugänglich werden.“ (Hörz, H. 2016, S. 202) Ich erhielt das Buch von ihm mit einer handschriftlichen Widmung.

Inzwischen gibt es, wie die Autorin in ihrem Buch schildert, neue Apparate und Theorien. Das Higgs-Boson wurde entdeckt. Die Hoffnung bleibt, mit noch höheren Energien und weiteren Detektoren Neues zu finden. Doch die philosophischen Grundprobleme einer Theorie von Allem existieren weiter. Trotz mancher kritischer Anmerkungen der Autorin zu Philosophen, die

Argumente neu erfinden, die Physiker schon zurückgewiesen haben oder Paradoxien aufstellen, die schon aufgelöst wurden, ist ihre Feststellung berechtigt: „Heute sind die meisten Probleme in der Grundlagenphysik philosophische Bedenken und nicht Konflikte mit Daten, und wir brauchen die Philosophie, um unserem Unbehagen auf den Grund zu gehen. Sollten wir numerischen Zufälligkeiten Aufmerksamkeit schenken? Ist es überhaupt gerechtfertigt, Naturgesetze auf der Basis der ästhetischen Wahrnehmung zu beurteilen? Haben wir Grund zu der Annahme, dass grundlegende Gesetze einfach sein sollten? Und wenn Naturwissenschaftler am laufenden Band Hypothesen produzieren, um die Druckerpressen am Laufen zu halten, was sind dann gute Kriterien, um die Erfolgsaussichten ihrer Ideen einschätzen zu können? Wir brauchen Philosophen, um die Lücke zwischen präwissenschaftlicher Konfusion und wissenschaftlicher Argumentation zu überbrücken. Doch das bedeutet auch, dass mit dem Fortschritt in den Naturwissenschaften, mit der Erweiterung unseres Wissens der Spielraum für die Philosophie unvermeidlich schrumpft.“ (S. 286 f.) Stimmt diese letzte Bemerkung? Interessant ist doch, dass Lücken immer wieder neu auf anderen Gebieten auftauchen, was Philosophie erforderlich macht. Die allgemeine Bemerkung zum Spielraum der Philosophie ist einseitig, weil mit neuen Erkenntnissen neue philosophische Probleme zu lösen sind. So wird Naturerkenntnis immer mehr zur Basis humaner Gestaltung der Gesellschaft, was prinzipielle Erwägungen über Humankriterien und Humangebote erfordert, wie etwa die Ökologie zeigt. (Hörz 2018)

Wie sieht es mit den von der Autorin angesprochenen heuristischen Prinzipien der Forschung aus? Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip ist seit längerer Zeit Gegenstand interdisziplinärer Debatten in einem Arbeitskreis der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin. (Hörz, Krause, Sommerfeld 2016) Zwischen philosophischem Reduktionismus und wissenschaftlich berechtigten Reduktionen ist zu unterscheiden. (Sommerfeld, Hörz, Krause 2010) Die Welt ist in ihren relativ stabilen Systemen (Universen, Erde, Lebewesen, soziale Systeme) und Prozessen (Qualitätsänderungen mit Systemevolution und Systemauflösung) komplex, asymmetrisch und nicht-linear. Das ist Ausdruck ihrer Unerschöpflichkeit. Um sie zu erkennen, reduzieren wir Komplexität, symmetrisieren Asymmetrien und linearisieren Nicht-Lineares, um unsere Umwelt und unser Verhalten auf der Grundlage von Erkenntnissen gezielt gestalten zu können. Wir nähern uns der wirklichen Komplexität, Asymmetrie und Nicht-Linearität mit unseren Modellen und Theorien besser an. Jeder Erkenntnisprozess erfordert Vereinfachungen. Philosophischer Reduktionismus umfasst einseitige abstrahierende und konkretisierende Vereinfachungen, die wissenschaftlich deshalb nicht gerechtfertigt sind, weil wesentliche Zusammenhänge nicht beachtet werden. Er tritt in verschiedenen Formen auf: als Naturalismus, der die Spezifik des Gesellschaftlichen leugnet oder als Soziologismus, der die natürlichen Grundlagen menschlicher Individualität ignoriert, als Empirismus, der das spekulative Erfassen der Wirklichkeit unterschätzt, als Scientismus, der Glaube, Liebe und Hoffnung der Menschen als Handlungskomponenten nicht berücksichtigt. Reduktionen sind dann nicht gerechtfertigt, wenn sie das erkannte Elementare allein auf das Komplexe in seinen Grundstrukturen, das Höhere auf das Niedere ohne Beachtung der qualitativ neuen Eigenschaften des höher entwickelten Systems, das Besondere auf das Allgemeine, wenn Entscheidungen zur Lösung lokaler und regionaler Probleme die spezifische Lage nicht berücksichtigen, zurückführen. Das ist philosophischer Reduktionismus durch das Ignorieren wesentlicher Aspekte. Schönheit, verbunden mit Symmetrie, ist ein Ordnungsprinzip. Die Wirklichkeit ist nicht unbedingt symmetrisch. Sie weist Durchbrechungen auf, die in höheren Symmetrien eingefangen werden. Natürlichkeit kann nicht gedanklich bestimmt werden, sondern ist durch Experimente zu überprüfen.

Doch bleiben wir bei der Physik und der Suche nach einer Theorie von Allem. Philosophisch ist m. E. prinzipiell festzuhalten: „Bei der Einheitssuche geht es um den Zusammenhang zwischen einer substanziellen, auf die Substanzen zielende, und einer relationalen, Veränderung und Entwicklung in den Relationen zwischen substanziellen Größen berücksichtigende, Betrachtungsweise, denn nur sie entspricht dem wirklichen Geschehen. Substanz ist also nicht im

Sinne unveränderlicher Grundbausteine der Welt zu sehen. Substanzen und Relationen gehen ineinander über. Räumliche Beziehungen werden substanzial durch Gravitonen vermittelt, die weiter gesucht werden. Generell gilt für Substanzen, zu denen im weiteren Sinne alle Grundbausteine des Geschehens, also Teilchen, Medien und Felder gehören: (1) Sie sind im Raum lokalisierbar. (2) Sie sind beweglich, d. h. sie wechseln den Ort. (3) Sie sind quantifizierbar. Die Menge der Substanz ist bilanzierbar. (4) Sie sind relational miteinander verbunden und verändern sich in der Zeit. Die Suche nach bisher nicht gefundenen Elementarteilchen, auch nach den Gravitonen als den elementaren Bausteinen der Gravitationskraft, wird sicher nur den Zusammenhang von relationalen und substanzialen Komponenten, philosophisch gesprochen, die Beziehung von Materiearten und Materieformen, also die dialektische Relation von Struktur und Prozess, bestätigen.“ Berechtigt ist die Analyse der Autorin, die die Überschätzung der Rolle der Mathematik bei der Lösung physikalischer Grundlagenprobleme betrifft. Sie stimmt mit philosophischen Auffassungen überein. Dazu stellte ich fest: „Das Wesen der Dinge ist nie allein in der Mathematik oder allein in einer Ursubstanz zu fassen. Jede mathematische Gleichung bedarf der Transformationsregeln, um zu beobachtbaren Ereignissen zu kommen. Jede Ursubstanz ist dabei nicht nur Ausdruck wesentlicher, in der Mathematik erfassbarer Strukturen, sondern in der Wechselwirkung mit anderen Substanzen zu fassen, was zur Vielfalt der Naturphänomene führt. So hat sich die Suche nach den Substanzen als dem Wesen des Geschehens auf die Erkenntnis von Prinzipien der Strukturbildungs- und Entwicklungsmechanismen verlagert. Das wird deutlich, wenn wir Teilchen als Wellenpakete fassen, Massen über Gitterstrukturen errechnen, nach den Teilchen der Supersymmetrie (Susy) suchen oder eine theory of everything aufstellen. Die Vereinigung von Quanten- und Relativitätstheorie, die Suche nach einheitlichen Theorien zur Naturerklärung, sind weiter brisante Themen der Forschung. Erkenntnistheoretische und methodologische Fragen sowie naturwissenschaftliche Grundlagen für die Welterklärung werden die dialektisch-materialistische Philosophie weiter beschäftigen.“ (Hörz 2016, S. 232 f.)

Was hemmt nach Meinung der Autorin die physikalische Grundlagenforschung? Ihre Antwort ist: „Wertschätzung des Schönen und der Wunsch, sich anzupassen, sind menschliche Züge. Aber sie verzerren unsere Objektivität. Solche kognitiven Verwirrungen hindern die Wissenschaft daran, optimal zu arbeiten und sie bleiben derzeit ungeklärt. Und diese Verzerrungen sind nicht nur bei Theoretikern anzutreffen. Während sich Experimentatoren größte Mühe geben, um statistische Verzerrungen zu erklären, haben Theoretiker die Ruhe weg und glauben fröhlich, es sei möglich, die korrekten Naturgesetze intuitiv zu erfassen.“ (S. 298) Soziale Verzerrungen werden ausgemacht, die mit dem Streben nach Unterstützung durch eine erfolgreiche Gruppe zusammenhängen. Gesucht werden anerkannte Vorhaben, die finanziell gefördert werden. Relevante Informationen werden nicht unbedingt weitergegeben, wenn es der Gruppe nützt. Publikationen sind Basis für Anerkennung und Finanzen, wenn man anerkannte Themen behandelt. Die Autorin meint: „Wie konnten wir in eine solche Situation geraten? Weil es für uns Wissenschaftler ein Leichtes ist, Regierungsbehörden und Leistungsträgern die Schuld zu geben und die Klagen reißen tatsächlich nicht ab. In Nature und Times Higher Education erscheint ungefähr jede zweite Woche eine Tirade über widersinnige Versuche, wissenschaftliche Erfolge zu messen. Wenn ich diese Artikel auf Facebook teile, bekommen sie garantiert eine Menge Likes. Dennoch ändert sich nichts. ... Es ist nicht gerade populär, den eigenen Stamm zu kritisieren. Aber dieses Zelt stinkt.“ (S. 302 f.)

Doch der Schluss des Buches klingt optimistisch. Im Abschnitt „Die Suche geht weiter“ werden Prognosen und bisherige Ergebnisse der Forschung benannt. Prinzipiell ist festgehalten: „Aber ob wir nun etwas finden oder nicht, schon jetzt steht fest, dass die alten Regeln für die Theorieentwicklung ein Auslaufmodell sind. Fünfhundert Theorien, um ein Signal zu erklären, das keines war, und 193 Modelle für das junge Universum beweisen überdeutlich, dass die heutigen Qualitätsstandards für die Bewertung unserer Theorien nicht mehr zu gebrauchen sind. Um

künftig vielversprechende Experimente auszuwählen, brauchen wir neue Regeln. ... Wir wissen, dass die Naturgesetze, die wir heute haben, unvollständig sind. Um sie zu vervollständigen, müssen wir das Quantenverhalten von Raum und Zeit verstehen und entweder die Gravitation oder die Quantenphysik generalüberholen, vielleicht auch beide. Und die Antwort wird neue Fragen aufwerfen. Die Physik, so könnte es scheinen, war die Erfolgsgeschichte des vergangenen Jahrhunderts, aber jetzt ist das Jahrhundert der Neurowissenschaften oder des Bioengineering oder der künstlichen Intelligenz angebrochen (abhängig davon, wen man fragt). Meiner Meinung nach ist das eine Fehleinschätzung. ... Der nächste Durchbruch der Physik wird in diesem Jahrhundert stattfinden. Er wird schön sein.“ (S. 307 f.)

Wünschen wir dem Buch viele interessierte Leserinnen und Leser und der physikalischen Forschung Erfolg versprechende Regeln, einschließlich der aus der Philosophie kommenden Impulse, um weitere Erkenntnislücken zu schließen.

#### Literatur:

Hörz, Herbert (2016): Ist Marxismus noch zeitgemäß? – Erfahrungen, Analysen, Standpunkte. Berlin: trafo Verlag

Hörz, Herbert (2018): Ökologie, Klimawandel und Nachhaltigkeit. Herausforderungen im Überlebenskampf der Menschheit. Berlin: trafo Verlag

Weltformel (2018): <https://de.wikipedia.org/wiki/Weltformel> (Zugriff am 29.12.2018)

Hörz, Herbert, Krause, Werner, Sommerfeld, Erdmute (2016), Sind komplexe Systeme einfach? Bilanz des Arbeitskreises „Prinzip Einfachheit“. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 125/126

Sommerfeld, Erdmute, Hörz, Herbert, Krause, Werner (Hrsg.) (2010), Einfachheit als Wirk-, Erkenntnis- und Gestaltungsprinzip. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 108