

wird; die Texte beschränken sich hingegen auf ein bis zwei kurze Sätze pro Seite (Abb.). Das erinnert weniger an ein Comicbuch, von dem man einzelne Panels und Sprechblasen vermuten würde, sondern an ein Bilderbuch. Die dargestellten Szenen sind sehr atmosphärisch und naturgetreu, wenn auch nicht photorealistisch gestaltet, wie es in letzter Zeit in der Dinoliteratur im Trend liegt. Beides tut dem Lesevergnügen aber keinen Abbruch. Zudem zeigt der Fokus auf das lokale Ökosystem, dass es auch abseits von *T. Rex* und Co. spannendes zu entdecken gibt.

Wem das noch nicht genug ist, kann auf weiteren 40 Seiten mehr über *Europasaurus*, die Ausgrabungen und Funde, und über die Lebenswelt in Norddeutschland vor 154 Millionen Jahren erfahren. Einer der Autoren, Dr. Oliver Wings, war als Paläontologe an den Ausgrabungen und Forschungsarbeiten beteiligt, womit die Korrektheit und Aktualität der Informationen sichergestellt ist. Zusammen mit Joshua Knüppe, der sämtliche Abbildungen im Buch gestaltet hat, hat er so ein Buch abgeliefert, das nicht nur dem neusten Wissensstand entspricht, sondern auch die Informationen gekonnt in Szene setzt. Sehr ungewöhnlich aber durchaus positiv ist die Tatsache, dass sämtliche Texte in dem Buch sowohl auf Deutsch und Englisch sind und somit einem breiteren Publikum zugänglich ist oder begleitend zum Englischlernen genutzt werden kann.

Wie die meisten Dinosaurierbücher richtet sich *Europasaurus* generell auch eher an ein jüngeres Publikum, und die Abbildungen und kurzen Texte sind sicher für Kinder im Grundschulalter geeignet. Bei einigen Fachbegriffen ist eventuell elterliche Unterstützung gefordert, wobei Kinder meistens über ein Dinosaurierwissen verfügen das dem mancher Paläontologinnen und Paläontologen in nichts nachsteht. Die detailliert gestalteten Abbildungen, zweisprachigen Texte und Fülle der Infoseiten am Ende machen das Buch aber auch für ältere Dinosaurierenthusiasten interessant.

Dr. Stephan Lautenschlager, Birmingham (UK)

Sabine Hossenfelder

Mehr als nur Atome: Was die Physik über die Welt und das Leben verrät
Siedler Verlag, München (2023), übersetzt aus dem Englischen von Monika Niehaus-Osterloh und Bernd Schuh [ISBN: 978-3827501660] 320 S., € 26,00

Sabine Hossenfelder ist eine streitbare Physikerin (aus der Forschung über Quantengravitation kommend), die erfolgreich Sachbücher veröffentlicht und einen populärwissenschaftlichen Videokanal mit derzeit 845.000 Abonnenten betreibt. Mit ihrem neuen Buch (original auf englisch: „*Existential Physics*“) versucht sie nichts Geringeres, als „*A Scientist's Guide to Life's Biggest Questions*“ vorzulegen (Untertitel der Originalausgabe). Manchen ihrer Aussagen (z. B. über spekulative Paralleluniversen) ist unbedingt

Sabine Hossenfelder
Mehr als nur Atome:
Was die Physik über die Welt und das Leben verrät



zuzustimmen. Daneben geht sie aber von einigen fragwürdigen und einigen regelrecht falschen Prämissen aus.

Sie behauptet z. B., dass bei einem Kuchenteig die unvermischten Bestandteile einen Zustand niedrigerer Entropie darstellten, der Teig nach der Fertigstellung einen Zustand deutlich höherer Entropie habe. Denn „die Zucker- und die Mehlmoleküle“ (sic!) seien statistisch homogen verteilt, also: hohe Entropie im Gleichgewichtszustand, wie in Lösungen. Eier und Mehl würden, wenn man sie zusammen in der Schüssel liegen ließe, sich auch spontan ohne Mixer vermischen, nur würde es zu lange dauern und die Eier würden verfaulen. Das ist grundfalsch, denn Dispersionen (Mehl ist in Teilchenform *dispergiert* und nicht als „Molekül“ *gelöst*) sind Systeme fern vom Gleichgewicht, bilden sich nicht spontan, sind hoch strukturiert und weisen niedrigere Entropie auf als die einfache Summe der

Bestandteile¹. Hier erfüllt sie ihren eigenen Anspruch nicht, wonach Theorien unsere Beobachtungen erklären sollen: Ihre Darstellung beschreibt nicht Dispersionen, sondern Lösungen. Mehr noch: Mit dem Argument, der Gravitation sei bisher keine Entropie zugeordnet (was angesichts der Definition der Entropie Unsinn wäre), hält sie „*persönlich den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik für höchst suspekt*“.

Die Eigenschaften der Quanten mit ihrer „Unschärfe“ seien die Grundlage von allem, was wir auf der makroskopischen Ebene beobachten. Die tiefste Ebene der Organisation der Materie *bestimme*, was auf den höheren Ebenen geschehe. Auf der Quanten-Ebene finde man die fundamentalen Gesetze der Physik, und aus denen leiteten sich alle weiteren Gesetze auf höheren Ebenen ab. Dabei ignoriert sie die „umweltbedingte Quanten-Dekohärenz“, die die Unschärfe und alle weiteren Eigenschaften der Quanten verschwinden lässt: Schon Atome verhalten sich nicht mehr wie Quanten, Moleküle und dann Zellen (und Mehlteilchen) erst recht nicht. Die Dekohärenz wurde von H. D. Zeh beschrieben und experimentell von Serge Haroche (Nobelpreis) nachgewiesen. Auf höheren Ebenen der Organisation der Materie, beginnend mit den Atomen, entstehen aufgrund der Wechselwirkung der verschiedenen Bestandteile eines dynamischen Systems jeweils neue Phänomene und Gesetzmäßigkeiten (u.a. Entropie), die sich *nicht* aus den Eigenschaften der Bestandteile ableiten lassen: Das wäre „starke Emergenz“, die laut Hossenfelder in der Welt nicht beobachtet werde. Alle Gesetzmäßigkeiten auf höheren Ebenen der Organisation der Materie könnten prinzipiell aus den Eigenschaften der Quanten abgeleitet werden.

Zugleich aber behauptet sie (Kapitel 7), es gebe bisher keine Theorie, die die Komplexität in unserer Welt erkläre, die komplexen Strukturen, die wir überall finden in Pflanzen, Ökosystemen, in menschlichen und tierischen Gesellschaften, der Wirtschaft und sogar auch in Galaxien im Universum. Das ist unrichtig, denn es gibt schon lange die Nicht-Gleichgewichtsthermodynamik, die „dissipative Strukturen“ beschreibt und für deren Entwick-

lung Ilya Prigogine 1977 den Nobelpreis erhielt². Sie kann nicht aus „fundamentalen Gesetzen der Quantenphysik“ und sicherlich auch nicht künftig aus einer „Schleifenquantengravitations“-Theorie heraus abgeleitet werden.

Die „verstorbene Großmutter“ kann nicht, wie im Buch behauptet wird, in Form von „ewiger Information“ irgendwo und irgendwie im Universum mit ihrer gesamten Geschichte jederzeit mit Supercomputern nachgerechnet werden. Information bleibt nämlich nicht ewig erhalten: Information ist gleichbedeutend mit minimaler Entropie, der Anstieg der Entropie im Maßstab des Universums entspricht Verlust von Information. Information entsteht beim Aufbau komplexer (dissipativer) Strukturen, sei es in Dispersionen, oder beim Wachstum der Pflanzen und Tiere, beim Beginn des Lebens und der Evolution, der Entwicklung der Komplexität von Gesellschaften, bei der Entstehung und weiteren Entwicklung von Galaxien. Innerhalb dieser jeweils offenen Systeme sinkt Entropie, im Gesamtmaßstab des Universums steigt sie an.

Aus allein schon diesen 3 Beispielen ergibt sich, dass die Welt nicht, wie die Autorin glaubt, „deterministisch“ ist. Ihrer Ansicht nach geht alles in der Zukunft eindeutig, *zumindest theoretisch* vorher-sagbar aus der Vergangenheit hervor. Die Entwicklung von Komplexität allerdings ist nicht im voraus berechenbar. Zukünftiges entsteht zwar im Rahmen der Naturgesetze aus Voraussetzungen der Vergangenheit, aber aus der Dynamik der Entwicklung offener Systeme ergeben sich ständig Bifurkationen mit unterschiedlichsten Optionen alternativer Entwicklung. Was man rückwärts betrachtet erklären und verstehen kann, wenn man nachher berechnen kann, warum und wie etwas geschehen ist, ist das noch lange kein Beleg dafür, dass man es auch vorwärts gesehen hätte berechnen können; denn rückwärts kennt man die anderen zum damaligen Zeitpunkt der Ereignisse vorliegenden alternativen Entwicklungsmöglichkeiten nicht, diese entstehen erst im Verlauf des dynamischen Geschehens. Alles, was in der Zukunft geschieht, hat zwar seine Ursachen in der Vergangenheit, aber die Komplexität der Wechselwirkung nicht-linearer Prozesse in Nicht-

Gleichgewichts-Systemen erlaubt ständig mehrere unterschiedliche Wege in die Zukunft: Das Astbild von genetisch gleichen benachbarten Eichen ist verschieden; eineiige Zwillinge haben unterschiedliche Fingerabdrücke (und im Detail viele weitere Unterschiede). Im Universum ist es auch in der unbelebten Materie nicht anders: Keine Schneeflocke ist identisch wie eine zweite aufgebaut; keine Galaxie (unter den 100 Milliarden) sieht exakt aus wie eine zweite. Wie soll das aus „fundamentalen Gesetzen der Quantenphysik“ heraus berechnet werden, zumal die Quanten-Dekohärenz dem entgegensteht? Komplexität ist in der Quantenphysik nicht grundlegend angelegt, sie entsteht zusammen mit emergenten Gesetzmäßigkeiten erst auf höheren Ebenen der Organisation der Materie.

Auf einer solchen Grundlage hätte es ein echter „*scientist's guide to life's biggest questions*“ werden können; „*Mehr als nur Atome*“ surft aber nur auf der Welle aktuellen Quantenhypes als neue Version alter Vorstellungen von Schicksal, Fügung und der Illusion prinzipieller Vorhersagbarkeit; das zeigt, wie sehr nicht-gleichgewichtsthermodynamische Allgemeinbildung fehlt.

¹B. Weßling https://www.researchgate.net/publication/202290104_Critical_Shear_Rate_-_the_Instability_Reason_for_the_Creation_of_Dissipative_Structures_in_Polymers

² Ilya Prigogine, Nobelpreis 1977, <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1977/press-release/>, das Buch „Was für ein Zufall! Über Unvorhersehbarkeit, Komplexität und das Wesen der Zeit“ (B. Weßling), SpringerNature 2022, führt allgemeinverständlich darin ein.

Dr. Bernhard Weßling, Jersbek

NEUERSCHEINUNGEN

Dietrich von Engelhardt: Medizin in Romantik und Idealismus (Band 1 bis 4) frommann-holzboog Verlag e.K., Stuttgart (2023). Band 1: Darstellung und Interpretation [ISBN 978-3-7728-2951-2] 600 S., Einzelpreis € 98,00; Band 2: Anthologie historischer Texte [ISBN 978-3-7728-2952-9] 498 S., Einzelpreis € 178,00; Band 3: Mediziner der Romantik [ISBN 978-3-7728-2953-6] 484 S., Einzelpreis € 178,00; Band 4: Forschungsbibliographie [ISBN 978-3-7728-2954-3], 390 S., Ein-

Dietrich von Engelhardt Medizin in Romantik und Idealismus (Band 1)



zelpreis € 178,00. Preis für die Gesamtausgabe € 542,00.

Mit der deutschen Romantik verbinden sich nicht nur Kunst, Geschichte, Theologie und Philosophie, sondern – weitaus weniger beachtet – auch Medizin und Naturwissenschaften. Im Gegensatz zu den empirischen Wissenschaftstendenzen der Frühen Neuzeit und der Aufklärung entwickeln Mediziner um 1800 philosophische Konzepte zur Überwindung der Gegensätze von Leib und Seele, Gesundheit und Krankheit, Natur und Kultur. Das metaphysische Naturverständnis dieser Mediziner beeinflusst bis heute die Suche nach Bewahrung und Pflege der Natur und einer „humanen“ Humanmedizin. In einem bislang nicht vorliegenden Umfang dokumentiert und interpretiert der Medizin- und Wissenschaftshistoriker Dietrich von Engelhardt in vier Bänden diese faszinierende Epoche mit ihren Positionen, Personen und Quellen im Horizont der international-interdisziplinären Forschung.

Dennis Wells: Tagebuch einer Biene. Faszinierende Einblicke in die Welt der Blütenstaubsammler Frederking & Thaler, München (2023). [ISBN: 9783954163946] 192 S., ca. 220 Abb., € 29,99

Dennis Wells: Tagebuch einer Biene. Faszinierende Einblicke in die Welt der Blütenstaubsammler



Bienen können sehr unterschiedliche Persönlichkeiten haben und diese helfen, in der sich wandelnden Welt zu überleben. Außerdem sind Bienen – trotz ihres einfachen Gehirns – intelligent: Sie besit-