

$E=mc^2$: Physik für Höhlenmenschen

Jürgen Beetz

$E = mc^2$: Physik für Höhlenmenschen

 Springer Spektrum

Jürgen Beetz
Berlin
Deutschland

ISBN 978-3-642-54408-8
DOI 10.1007/978-3-642-54409-5

ISBN 978-3-642-54409-5 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Andreas Rüdinger, Martina Mechler

Redaktion: Martin Radke

Einbandabbildung und Kapiteleroöffnungsbilder: Joanna Hegemann, Hamburg: (<http://www.joanna4illu.de/>)

Grafiken: Dr. Martin Lay, Breisach a. Rh.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Vorwort

Die Physik ist der ernsthafteste Versuch des Menschen, die Welt zu verstehen.

Peter Grünberg, Nobelpreis für Physik 2007

Naturwissenschaft ist letztlich nichts anderes als ein Versuch des Menschen, Klarheit zu gewinnen über seine eigene Rolle, seine Stellung im Ganzen.

Hoimar von Ditfurth: *Kinder des Weltalls. Der Roman unserer Existenz*

Dies ist das zweite „Höhlenmenschen“-Buch, das sich nun mit Physik beschäftigt – sozusagen bereits Teil einer kleinen Serie. Zweck einer Buchreihe ist ja auch ein Wiedererkennungswert und eine gewisse Ähnlichkeit untereinander. Deswegen sind auch Wiederholungen nicht nur zulässig, sondern z. T. auch wünschenswert oder notwendig. Daher steht auch in diesem Vorwort manches, was die Leser des ersten Buches bereits kennen. Sollten Ihnen also Eddi, Rudi, Siggj und natürlich und vor allem Willa bereits vertraut sein, dann lesen Sie über ihre Vorstellung einfach hinweg.

Einige haben das Buch „ $1 + 1 = 10$ – Mathematik für Höhlenmenschen“ vielleicht *nicht* gelesen (ein schweres Versäumnis, das sich jetzt bitter rächt). Dort sind die mathematischen Grundkenntnisse beschrieben, die man für die Physik braucht. Denn Mathematik ist die notwendige Voraussetzung für Physik. Brüche zum Beispiel sollten Ihnen nicht unbekannt sein, auch nicht deren Zähler und Nenner. Wenn letzterer gegen null tendiert, sollten bei Ihnen die Warnlampen angehen. Und ähnliches Grundwissen ... Denn das ist die schlechte Nachricht: Das Werkzeug der Physiker ist die Mathematik – wie die Rohrzanze für den Installateur. Sie sollten damit umzugehen wissen.

Die gute Nachricht ist: Physik versteht man auch, wenn man mal eine Zeile nicht nachrechnen kann. Sie beschreibt die reale Welt, die uns umgibt, und fasst sie in Gesetze – daher ist sie auch unserer Umgangssprache zugänglich. Für Profis ist Mathematik die „Sprache der Physik“: Manipulation von Formeln und Gleichungen, Koordinatensysteme und Funktionen, Sinus und Kosinus, Differenzial- und Integralrechnung, ... – und ein paar Dinge mehr, aber insgesamt überhaupt nichts Beängstigendes. Niemand verlangt Höhenflüge von Ihnen – ein paar mathematische Grundlagen reichen aus. Und das auch nur, wenn Sie jede Einzelheit nachvollziehen wollen. Physikalische

Zusammenhänge erschließen sich auch dem gesunden Menschenverstand und einer rein sprachlichen Beschreibung. Also lehnen Sie sich zurück und genießen Sie einfach spannende Entdeckungsgeschichten!

Die Kunst, Physik zu erklären, ohne den Leser und die Leserin zu erschrecken, muss etwas Wichtiges berücksichtigen: Unser Gehirn in seiner heutigen Form ist etwa 40.000 Jahre alt und hat sich seitdem biologisch nicht wesentlich verändert. Wir werden von Trieben und Begierden gesteuert – Hunger, Durst, Sexualtrieb, Geltungssucht, Kommunikationsbedürfnis und Machtgier – die „kulturelle Evolution“ hat dem nur ein rationales Mäntelchen übergestülpt. Denn wir sind „im Grund noch immer die alten Affen“.¹

Erfreulicherweise gehören „Neugier“ und „Wissensdurst“ auch zu diesen Grundantrieben – so hat sich das spielerische, nur zum Teil an den Problemen und Erfordernissen des Alltags orientierte Denken entfaltet. Daran möchte ich auch die Linie dieses Buches entwickeln. Es sollen nicht nur die einfachen, fast gefühlsmäßig zu erfassenden physikalischen Fragen des täglichen Lebens beantwortet werden. Ich möchte auch die Lust wecken, mehr zu wissen und weiter zu denken, als es zur Lösung der Aufgabe erforderlich gewesen wäre.

Deswegen kann ich bei dem Versuch, Physik „begreiflich“ zu machen, erneut in die Steinzeit zurückgehen – genauer gesagt: etwa in die Jungsteinzeit, zufällig 7986 v. Chr., also vor genau 10.000 Jahren. Ackerbau und Viehzucht hatten schon begonnen. Dorfgemeinschaften, Rundhäuser und eine arbeitsteilige Gesellschaft existierten bereits. Dort treffen Sie Rudi Radlos, den Physiker (die paradoxe Bedeutung dieses Namens wurde im ersten Buch erklärt) und seinen Freund Eddi Einstein, den Denker (wie konnte ein Topmathematiker in der Jungsteinzeit auch anders heißen!). Ein *dritter* Geselle gehörte zu der Truppe: Siggis Spöckenkieker, der Druide und Seher.² Warum nun alle Namen auf „i“ enden – diese Frage beschäftigt noch die Historiker. Man vermutet, dass ein lang gezogenes „i“ („Komm mal her, Rudiiii!“) in der damals noch unverschmutzten Luft am weitesten zu hören war – aber daran arbeiten die Paläontophysiker noch.

Siggis Rolle ist eine bedeutende: Man glaubte damals noch an Determinismus und Vorbestimmung – da traf es sich gut, dass der Seher mit der Gabe der Präkognition gesegnet war.³ So können wir Rudi und Eddi mit Erkenntnissen ausstatten, die erst Jahrtausende später von bedeutenden Philosophen, Mathematikern und Physikern erlangt worden waren.

Die wahre Meisterin der Wissenschaft ist jedoch Wilhelmine Wicca, meist „Willi“ genannt. Sie ist die erste Mathematikerin der Geschichte und würde

es auch lange bleiben.⁴ Zu Unrecht, wie man weiß, benutzt eine Frau doch nicht nur eine, sondern *beide* Gehirnhälften. Und da durch diese Verbindung nach den Regeln der Systemtheorie ein neues Gesamtsystem entsteht („Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“), ist es nicht verwunderlich, dass Willa so klug war wie die drei Kerle *zusammen*. Deshalb galt sie auch als Hexe⁵ – was damals ein Ehrentitel war – und als weise Frau.

Wir werden die Gedankengänge und Erfahrungen unserer Vorfahren hier verfolgen und nachvollziehen. Ich werde schwierige Gedanken nicht nur in einfache Worte kleiden, sondern sie in kleine verdaubare Häppchen zerlegen. Ein kompliziertes Problem bleibt nämlich kompliziert, auch wenn man es einfach nur umgangssprachlich ausdrückt. Erst die Verringerung des Schwierigkeitsgrades durch Zerlegung in einzelne Teilprobleme schafft Klarheit – ein Vorgehen, das seit jeher zum Prinzip der Naturwissenschaft gehört.

Physik ist eine exakte Wissenschaft – mit kleinen „Löchern“, die wir noch thematisieren werden. Sie zeichnet sich auch durch eine präzise Schreibweise aus und verschiedene typographische Regeln, die beachtet werden sollten. Aber an diesem Konjunktiv merken Sie schon: *so* ernst wollen wir das hier nicht nehmen. So werden hier manchmal mathematische Größen (wie es in Fachbüchern üblich ist) klein oder groß oder kursiv oder steil geschrieben, manchmal aber auch nicht. Da Sie ja mitdenken, wird Sie das nicht verwirren. Und die kursive Schreibweise verwenden wir auch (wie Sie drei Sätze weiter oben sehen), um etwas zu betonen und hervorzuheben.

Physik durchzieht unseren Alltag und ist mit den zentralen Fragen unseres Lebens verbunden: Was hängt wie zusammen? Welche Gesetze bestimmen das Dasein des Menschen und der Natur? Welche Strukturen gibt es und wie kann der menschliche Geist sie in Erkenntnisse umformen? Wie ziehen wir aus unseren Wahrnehmungen angemessene und logische Schlüsse?

Auch muss ich dem Autor Dietrich Schwanitz widersprechen. Er schreibt in seinem Buch „Bildung“ freimütig:⁶ „Die naturwissenschaftlichen Kenntnisse werden zwar in der Schule gelehrt; sie tragen auch einiges zum Verständnis der Natur, aber wenig zum Verständnis der Kultur bei. ... So bedauerlich es manchem erscheinen mag: Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie nicht.“ Nein, finde ich, sie sind immens wichtig zum Verständnis der Kultur – die Wendung vom erdzentrierten Weltbild des Mittelalters (und der Kirche) zur modernen kopernikanischen Erkenntnis der Neuzeit, wonach die Sonne im Mittelpunkt unseres Planetensystems steht, hat unser gesamtes Denken und unsere Kultur

beeinflusst. Naturwissenschaften prägen unser gesamtes Weltbild, zum Leidwesen vieler Dogmatiker, die im Mittelalter stehen geblieben sind. Aber ich möchte nicht polemisieren, ich möchte *begreiflich* machen. Deswegen habe ich bei vielen Fachbegriffen auch die sprachlichen Wurzeln ausgegraben. Da ein „gebildeter“ Mensch *Vincent van Gogh* nicht für einen niederländischen Fußballspieler hält, sollte er auch *Gottfried Wilhelm Leibniz* nicht die Erfindung eines Butterkekses zuschreiben. Apropos „Bildung“: Das Buch enthält mehr oder weniger Stoff einer höheren Schule – nur *reloaded and remixed*. Also nichts, was man nicht bewältigen könnte.

Ich habe versucht, Ihnen hier die Grundlagen der Physik zu zeigen. Dabei will ich Ihnen nur die (aus meiner subjektiven Sicht) wesentlichen *Basics* vermitteln. Physik ist ein riesiges Gebiet, das sich unmöglich in einem kleinen Büchlein abhandeln lässt. Sie werden schnell erkennen, wo meine persönlichen Präferenzen liegen. Damit es nicht allzu technisch wird, habe ich öfter Formeln und Einzelheiten weggelassen und lieber auf die interessante und oft langwierige und von Irrtümern begleitete Entdeckungsgeschichte geschaut. Sicher werden einige Fachleute sagen: „Wo steht denn etwas über XYZ? Das gehört doch hierher!“ Unbescheiden könnte ich Goethe zitieren: „In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister!“ Aber eher danke ich meinen Lektoren Martina Mechler und Dr. Andreas Rüdinger für ihren freundlichen Warnhinweis: „Sie können über alles schreiben, nur nicht über 350 Seiten!“

Viele Lerninhalte sind auch seit meiner Schulzeit verschüttet worden. So bin ich besonders Herrn Dr. Martin Radke, Lektorat Textgärtnerei in Bremen, für seine fachliche Korrektur sowie wertvolle Anregungen verpflichtet. Dr. Oscar Bandtlow, Physiker und Dozent für angewandte Mathematik an der *University of London* (UK) hat ebenso wichtige Beiträge geliefert wie Prof. Dr. Helmut Föll vom Institut für Materialwissenschaft der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, die ich (zum Teil) wörtlich und (immer) respektvoll übernommen habe. Auch die intensive fachliche Betreuung von Dr. Andreas Rüdinger hat mir sehr geholfen. Nun sind alle Fehler beseitigt – bis auf die, die wir trotz größter Mühe übersehen haben. Und ich bekenne mich zu meiner genetischen Vorbelastung, indem ich mich bezüglich Gliederung und Inhalt auf den „Leitfaden der Physik“ meines Urgroßvaters stütze.⁷ Damit sind Sie, meine verehrten Leserinnen und Leser, auf dem exakten Stand der Erkenntnis der Dinge, die man wissen sollte. Genießen Sie es!

Gehen wir nun in die Steinzeit zurück und lernen wir etwas über die Gegenwart (und sogar die Zukunft)! „Physik“ bedeutet ja – dem altgriechischen Ursprung des Wortes folgend – die „Naturforschung“. Damit Sie das nicht als

Mühe empfinden, habe ich es in unterhaltsame Geschichten verpackt. Also machen wir uns auf die Reise ins Neolithikum ...

Doch an Eines werden Sie schon stirnrunzelnd gedacht haben: Wie konnten Menschen vor 10.000 Jahren schon so weit entwickelt gewesen sein – ohne Metalle, ohne Maschinen, ohne Technik? Wie wahr! Was auf dem Gebiet der Mathematik noch gerade eben vorstellbar war – scharfsinnige Denker, die die Erkenntnisse späterer Jahrtausende vorwegnahmen –, wird unter diesem Aspekt zunehmend unwahrscheinlich. Warten Sie ab und seien Sie gespannt, wie ich mich aus der Affäre ziehe! Und bleiben Sie kritisch mit wachem Verstand. Nicht alles, was gedruckt ist, ist auch wahr. Vielleicht nicht einmal der vorstehende Satz. Damit lasse ich Sie jetzt allein ...

Jürgen Beetz, Mai 2014 (10.000 Jahre nach diesen Geschichten)
Besuchen Sie mich auf meinem Blog <http://beetzblog.blogspot.de>:



Inhalt

Vorwort	V
Inhalt	XI
1 Was bisher geschah und wie Rudi zur Physik kam	1
2 Rudi Radlos und die einfachen Dinge	5
2.1 Messung von Raum, Zeit und Kraft	6
2.2 Grundbegriffe von Kraft und Bewegung	10
3 Kräfte bewegen die Welt	19
3.1 Statik: Zusammensetzung von Kräften	20
3.2 Dynamik: Bewegung durch Kräfte	29
3.3 Impuls, Energie und Arbeit	36
3.4 Die Welt ist voller Energie	49
4 Kräfte verändern Körper	57
4.1 Elastizität bei Zug und Drehung	58
4.2 Kräfte in Luft und Wasser	65
5 Rudi R. schwitzt und friert	75
5.1 Wärme wirkt auf Körper	76
5.2 Wärme wird gespeichert und verrichtet Arbeit	79
5.3 Wärme verändert Körper	85
5.4 Die Wärme-Grundgesetze	91
6 Rudi kann auch Lärm machen	97
6.1 Die Regeln der Töne	98
6.2 Wellen und ihre Gesetze	102
7 Geheimnisvolle Kräfte aus der Zukunft	109
7.1 Unsichtbare Kräfte, sichtbare Effekte	110
7.2 Elektrizität und Magnetismus sind Zwillinge	121
7.3 Wirkungen auf Körper und Materie	129
7.4 Elektromagnetische Wellen und ihr Verhalten	134
8 Erkenntnis erleuchtet, Licht erhellt	143
8.1 Das Wesen des Lichtes und seine Gesetze	144
8.2 Lichteffekte und ihre praktischen Anwendungen	151
8.3 Wie schnell ist das Licht und was ist es überhaupt?	158

9	Das Universum von innen	165
9.1	Materie wird in ihre Bestandteile zerlegt	166
9.2	Woraus besteht das „Nichts“ der Materie?	172
9.3	„Quanten“ sind keine großen Schuhe	185
9.4	Warum hält das alles zusammen?	201
10	Das Universum von außen	207
10.1	Was fliegt da eigentlich so herum?	208
10.2	Warum hält auch das alles zusammen?	219
10.3	Wieso fliegt das Universum dennoch auseinander?	225
10.4	Der Kosmos besteht aus Teilen, die aus Teilen bestehen	233
10.5	Die wohl berühmteste Formel der Welt	239
10.6	Und wo kam das Universum überhaupt her?	250
11	Physik und Metaphysik	263
11.1	Theorien sind gut, Experimente sind besser	265
11.2	Philosophie und Spiritualität	276
11.3	Große Fragen der Physik.	285
11.4	Das physikalische Quartett	293
	Anmerkungen	303
	Stichwortliste und Register	351