

Martin Harwit:
Cosmic Messengers: The Limits of Astronomy in an Unruly Universe
 Cambridge University Press,
 Cambridge 2021
 396 Seiten
 ISBN: 978-1-10884-244-0
 Gebunden £ 29,99, € 37

Was lässt sich noch im All entdecken?

Der Untertitel macht neugierig: Wird die gegenwärtig so atemberaubend fortschreitende Erforschung des Universums bald nichts mehr Neues hervorbringen können? Ähnlich wie die Geografie, für die es auf der Erdkugel nichts Wesentliches mehr zu entdecken gibt? Martin Harwit hatte das Thema bereits im Jahr 1981 in seinem einflussreichen Buch »Cosmic Discovery« aufgeworfen. Er sagte damals voraus, dass die Entdeckungsrate bedeutender astronomischer Phänomene jenseits der Jahrtausendwende abnehmen wird und dass die Gesamtzahl dieser Phänomene im beobachtbaren Universum begrenzt ist.

Als bedeutendes Phänomen definierte er eine Erscheinung, die sich von den bekannten um wenigstens einen Faktor 1000 in einer messbaren Eigenschaft unterscheidet. So sind beispielsweise galaktische Sternhaufen mit einigen hundert Mitgliedern ein ganz anderes Phänomen als Kugelsternhaufen mit Millionen Sternen und einer völlig anderen Symmetrie und Entstehungsgeschichte. Als »Cosmic Discovery« veröffentlicht wurde, waren 43 Phänomene bekannt; im jetzt vorgelegten Buch wird untersucht, was in den seither vergangenen 40 Jahren dazu gekommen ist. Aufbauend auf dieser Erfahrung sagt Harwit nun voraus, wie viel überhaupt noch entdeckt werden könne und berechnet dafür eine verblüffend kleine Zahl.

Er beginnt mit der Liste der Boten (englisch: messengers) aus dem Kosmos: Photonen oder elektromagnetische Strahlung, Neutrinos, Teilchen der kosmischen Strahlung, Gravitationswellen. Alle haben nur innerhalb von der Natur gesetzter Grenzen Aussagekraft. So können Photonen nur im Energiebereich von 10^{-10} bis 10^{15} Elektronvolt beobachtet werden. Bei noch niedrigeren Energien im Radiobereich begrenzt die Absorption durch interstellares Gas jeden Blick ins Universum.

Höherenergetische Photonen dagegen werden durch Wechselwirkung mit den allgegenwärtigen Photonen des Drei-Kelvin-Mikrowellenhintergrundes in Prozessen der Paarbildung zerstört, weiter als 100 Megaparsec können wir im Gamma-bereich nicht blicken. Die geladenen Teilchen der hochenergetischen kosmischen Strahlung geben keine Auskunft über ihren Ursprungsort, da sie durch kosmische Magnetfelder stark abgelenkt worden sind. Ihre maximale Energie ist ebenfalls durch die Wechselwirkung mit der Drei-Kelvin-Strahlung auf 10^{20} Elektronvolt beschränkt.

Im optischen Bereich sind die Positionsangaben für ferne Quellen durch den Mikrolinseneffekt um Mikrobogen Sekunden unsicher, denn ihr Licht wird durch Vorbeigang an Sternen, Galaxien, frei fliegenden Planeten gravitativ abgelenkt. Ein Teil der in der Frühphase des Universums ausgesandten Informationen zur Entstehung erster Sterne und Galaxi-

tor 1000 umfassen, ergeben sich wenige hundert Entdeckungsräume, in denen sich kosmische Objekte in wenigstens einem Parameter um den Faktor 1000 unterscheiden.

Natürlich kann die gleiche Objektklasse in mehreren dieser Räume gefunden werden. Mit einer erfahrungsgestützten Statistik berechnet Harwit, dass es etwa 90 unterschiedliche bedeutende Phänomene im Kosmos zu erkennen gibt. Und 60 davon sind heute bereits entdeckt! Diese goldenen Entdeckungen sind in ausführlichen Tabellen aufgelistet, beginnend in der Antike (Sterne, Planeten, Novae). Sie erstrecken sich bis zum Jahr 2016 mit der Entdeckung der Verschmelzung Schwarzer Löcher und deren Abstrahlung von Gravitationswellen. Ergänzt wird jede Eintragung in diese Ehrentafel durch bedeutende Folgebeobachtungen, die zum tieferen Verständnis der Natur der neuen Objektklasse führte.

Auch die von Harwit bereits vor 40 Jahren vermutete Abnahme der Entdeckungsrate jenseits der Jahrtausendwende wird jetzt bestätigt. Nach einem starken Anstieg im Zeitraum 1965 bis 1995, ausgelöst durch eine Flut technischer Innovationen in der Nachkriegszeit, fällt die Kurve der Entdeckung neuer Phänomene pro Vierteljahrhundert heute flach ab. Sie könnte in ein bis zwei Jahrhunderten gegen Null gehen, die Entwicklung immer leistungsfähigerer Instrumente

Der Autor lässt uns den Gang der Forschung auf mehreren Feldern der modernen Astrophysik miterleben.

en sind durch interstellare Staubextinktion zu einem isotropen extragalaktischen Hintergrundlicht entartet, wodurch Rückschlüsse auf die Orte der ursprünglichen Quellen ausgelöscht sind. Diese Begrenzungen und die teilweise Zerstörung ausgesandter Information bringen den Verfasser zu der Frage, ob es für die Erforschung des Universums möglicherweise eine Art Unschärferelation gibt.

Harwit charakterisiert die wissenschaftlichen Instrumente im astronomischen Werkzeugkasten durch ihre Fähigkeiten: den erfassbaren Wellenlängenbereich, das Winkelauflösungsvermögen, die spektrale Auflösung und die Zeitauflösung sowie die Messung der Polarisierung. Werden diese Parameter in Gruppen aufgeteilt, die jeweils einen Fak-

kann uneffektiv werden. Eine bedeutende Unsicherheit bei diesen Überlegungen verursachen allerdings die Dunkle Materie und die Dunkle Energie. Ob sie Boten (Teilchen, Strahlung?) aussenden, wissen wir noch nicht, wir kennen sie bisher nur über ihre gravitative Wirkung.

Vor diesem Blick in die Zukunft lässt uns Harwit in den ersten Kapiteln des Buches den Gang der Forschung auf mehreren Feldern der modernen Astrophysik nacherleben. Durch die Frühphase des Universums begleitet uns seine kosmologische Uhr, die 10^{-43} Sekunden nach dem Beginn der Zeit startet und die vielen aufregenden Phasen, wie Inflation und Entstehung der leichten Elemente durchläuft. Aus dieser Frühzeit könnte noch ein niederenergetischer 1,9-Kelvin-

Neutrino-Untergrund entdeckt werden, was gegenwärtig mit dem KATRIN-Experiment in Karlsruhe angestrebt wird.

Ausführliche Kapitel sind der Geschichte der Gravitationslinsen mit ihren Möglichkeiten zur Erforschung kompakter Objekte und der Dunklen Materie, sowie der hochenergetischen kosmischen Strahlung mit ihren Fermi-Beschleunigern gewidmet. Aufgelockert werden diese Beiträge durch die Vorstellung bedeutender Forscher, ihrer Leistungen und ihrer gelegentlichen Irrtümer.

Martin Harwit hat als Astrophysiker und Professor an der Cornell University die goldenen Jahre des Anstiegs der Entdeckungsraten mitgestaltet. Ihn interessierte stets auch die Geschichte der Astronomie, das brachte ihn 1987 als Direktor an die Spitze des National Air and Space Museum in Washington, D.C. Sein Buch »Cosmic Discovery« hat die Entscheidung der NASA für den Bau der vier großen Weltraumobservatorien befördert.

Am Schluss des jetzt vorgelegten Bandes behandelt Harwit menschliche und

soziale Beziehungen zur Forschung. Da geht es um die Karrieren junger Wissenschaftler, etwa darum, wie ein Postdoc-Verhältnis zukunftssträchtig gestaltet werden kann.

Aber auch um die Spurensuche nach extraterrestrischem Leben, wofür sich kostengünstig die Untersuchung von neuerdings erkannten interstellaren Eindringlingen in Sonnensystem besser eignet als die Planung von Expeditionen zu fernen Zielen. Für die eventuelle Kolonisierung eines anderen Planeten wäre es sinnvoll, eine geeignete Welt ohne jegliche einheimische Lebensformen zu wählen.

Welche Zielgruppe hat das Buch?

Das Buch wendet sich an Interessierte der Astronomie, Naturwissenschaften und Mathematik. Auch Entscheider in der Wissenschaftspolitik werden es mit Gewinn lesen. Dem Liebhaberastronomen wird ein spannender Einblick in den Gang der astronomischen Forschung und das neueste Wissen über das Universum gebo-

ten. Nicht alle Kapitel sind leicht zu lesen und gelegentlich entfernt sich die Betrachtung vom Kernanliegen. Nützliche Zugaben sind der ausführliche Anhang mit eingängigen Erklärungen vieler Fachbegriffe und die umfangreichen Verzeichnisse der Originalliteratur zu jedem Kapitel mit mehr als 500 Eintragungen.

Vielleicht wird nicht jede Leserin, jeder Leser die Hervorhebung der Entdeckung neuer Phänomene und ihre Definition mögen. Denn auch die folgende vertiefte Erforschung der neuen rätselhaften Erscheinungen, insbesondere mit den jetzt möglichen großen Himmelsdurchmusterungen, bringt laufend Spannendes hervor. Dieser wissenschaftsphilosophische Blick auf die ganze Breite der Astronomie und des Universums regt auf jeden Fall zum Nachdenken und zu Diskussionen an.

DIETRICH LEMKE leitete bis zu seiner Emeritierung am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg mehrere Weltraumprojekte für die Infrarotastronomie.

Kosmische Wimmelbilder



Jan Paul Schutten,
Floor Rieder (Illustration):
**Das Weltall oder Das Geheimnis,
wie aus nichts etwas wurde**
Gerstenberg Verlag, Hildesheim 2021
160 Seiten mit zahlreichen Abbildungen
ISBN: 978-3-8369-6038-0
Gebunden € 26,00

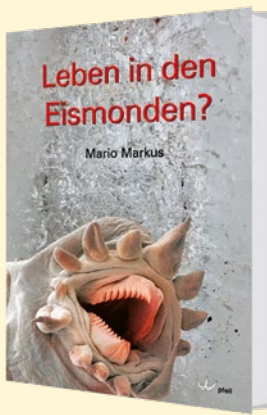
Dieses Jugendbuch fällt auf: großformatig, siebenfarbig, dunkelblauer Schnitt und kein einziges »echtes« Weltraumfoto – dafür viele fantasievolle Wimmelbilder in Wort und Schrift und andere aufwändige Zeichnungen, die den Text mit Humor und Fantasie unkonventionell bebildern. Der niederländische Autor Jan Paul Schutten ist kein Naturwissenschaftler, sondern Kinder- und Jugendbuchautor, und vielleicht ist gerade das der Grund, warum dieses Buch so mitreißend ist.

Er beschreibt und bestaunt Phänomene und Gedankenexperimente rund um die Erschaffung des Weltalls auf Augenhöhe mit seinen Leserinnen und Lesern, albert mit ihnen herum und macht sich auch mal über physikalische Begriffe lustig. Sein Tipp, falls etwas nicht verstanden werden sollte, lautet einfach: Später nochmal lesen! Dass er selbst keine Furcht vor diesem komplexen Thema hat, zeigt sich deutlich am Register: Es liest sich wie das »Who is Who« der Teilchenphysik.

Und so erzählt Schutten in fünf Kapiteln von Sternen, Galaxien und Schwarzen Löchern, von Einsteins Relativitätstheorie, vom Urknall, den Elementarteilchen und von Dunkler Materie und Dunkler Energie. Dabei stellt er immer wieder mit Absicht spannende Fragen vor, auf die auch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (noch) keine Antworten haben und zeigt so, wie lebendig Physik ist.

Leider unterlaufen dem motivierenden Autor an einigen wenigen Stellen dann doch Denkfehler: So beschreibt beispielsweise das Modell eines Kettenkarussells zwar das Trägheitsverhalten umlaufender Körper, aber es erklärt definitiv nicht die Bahngeschwindigkeiten der Planeten – diese nehmen nämlich nach außen hin ab und nicht zu. Insgesamt gebühren Schutten und Rieder ein großes Lob für ihre erfrischende Art, junge Menschen für physikalische Themen zu begeistern.

NATALIE FISCHER arbeitet am Haus der Astronomie in Heidelberg und ist dort zuständig für den Bereich Astronomie für Kindergarten und Grundschule.



Mario Markus:
Leben in den Eismonden?
Dr. Friedrich Pfeil Verlag, München 2020
128 Seiten mit 126 Schwarz-Weiß-
Abbildungen
ISBN: 978-3-89937-254-0
Gebunden € 24,80

Die Frage nach Leben im All

Planeten, Monde, Kometen und Asteroiden: Sie alle können potenziell Leben beherbergen, dessen ist sich der Physiker und emeritierte Professor des Max-Planck-Instituts für molekulare Physiologie in Dortmund, Mario Markus, sicher. Neben extraterrestrischen Lebensformen beschäftigt sich Markus in seinem neuesten Buch »Leben in den Eismonden?« zudem mit Organismen, die an äußerst lebensfeindlichen Orten auf der Erde existieren. Seine Ausführungen ergänzt er dabei mit physikalisch-chemischen Grundlagen.

Dass die Entstehung von Leben auch unter Extrembedingungen möglich ist, veranschaulicht der Autor anhand verschiedener Beispiele. So finden sich beispielsweise Bakterien und einzellige Pilze in Höhen von bis zu 77 Kilometern – trotz lebensfeindlicher Bedingungen verursacht durch ultraviolette Strahlung, niedrige Sauerstoffkonzentrationen, hohe Ozonwerte und extreme Trockenheit. Ver-

Aktiver Enceladus: Der nur rund 500 Kilometer große Saturnmond ist für die Suche nach Leben von besonderem Interesse. An seinem Südpol treten Geysire aus Wasserdampf aus, die auch organische Stoffe und Salze enthalten. Sie stammen aus einem Ozean (blau) unterhalb der festen Eiskruste (hellblau) oberhalb des aus Gestein bestehenden Kerns des Mondes (grau), der wahrscheinlich vulkanisch aktiv ist.

mutlich durch warme Luftmassen emporgetragen, haben sich die verschiedenen Bakterien- und Pilzarten an ihre unwirtliche Umgebung angepasst.

Ferner gibt es in den USA und im nordöstlichen Afrika Bakterienarten, die außergewöhnlich hohen Salzkonzentrationen standhalten. Unter anderem existieren sowohl im Great Salt Lake in Utah als auch auf der Sinai-Halbinsel in Ägypten Halobakterien. Der maritime Ringelwurm *Alvinella pompejana* dagegen lebt in großer Hitze: in 80 Grad Celsius heißen

des Ozeans ähnelt dabei offenbar dem Hydrothermalfeld »Lost City«, das Teil des mittelatlantischen Rückens zwischen Bermuda und den Kanarischen Inseln ist und ein reichhaltiges Ökosystem beherbergt. Eine solche Lebensvielfalt ist somit auch auf Enceladus denkbar.

Markus liefert zudem Fakten zur Forschungsgeschichte und zu geplanten Projekten, bei denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nach extraterrestrischem Leben suchen. Beispielsweise sind zwei weitere Missionen zu Europa geplant.

Europa und Enceladus bieten wegen der Wasserfunde besonders spannende Forschungsperspektiven.

hydrothermalen Quellen im östlichen Pazifischen Ozean. Trotz extremer Temperaturen, Druck oder Radioaktivität können sich also Organismen ausbilden, die teilweise sehr komplex sind.

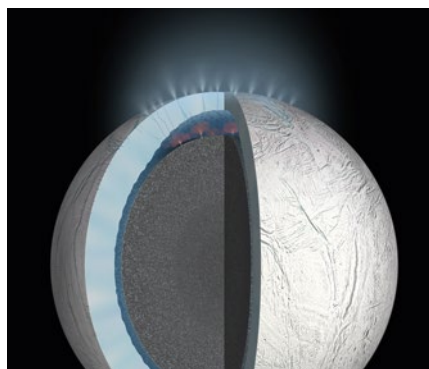
Wegen der Wasserfunde auf den beiden Eismonden Europa und Enceladus bieten die beiden Trabanten besonders spannende Forschungsperspektiven. Ende der 1990er Jahre ließen die Daten der Raumsonde Galileo darauf schließen, dass es im Inneren des Jupitermondes Europa einen Ozean aus Salzwasser gibt. Laut Computermodellen befindet er sich rund 20 Kilometer unter der Eiskruste des Mondes. Zudem wiesen spektroskopische Analysen auf Sauerstoff in der Atmosphäre hin – ebenso fanden die Forschenden Spuren von Kohlenstoff: alles elementare Voraussetzungen für das Entstehen von Leben. Damit könnten neben Bakterien auch höher entwickelte Organismen wie Algen auf Europa existieren.

Im Jahr 2005 machte die Cassini-Sonde auf dem Saturnmond Enceladus spektakuläre Entdeckungen: Sie fand Geysire sowie Kohlendioxid, Formaldehyd und verschiedene organische Verbindungen, die auf einen Ozean etwa 30 Meter unter der Eiskruste schließen lassen. Der Grund

Im Jahr 2022 wird die europäische Sonde JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) starten, die den Mond mittels naher Vorbeiflüge erkunden soll. Dagegen plant die NASA, im Jahr 2025 die Sonde Europa Clipper bis auf 25 Kilometer Entfernung zu Europa zu schicken. Forschende möchten das Innere des Mondes mit einem Radar untersuchen, um mehr über seine Beschaffenheit zu erfahren. Ende der 2020er Jahre sollen zudem Missionen zu Enceladus starten. Ziel ist es, die Geysire des Mondes zu durchfliegen und biologisches Material zu sammeln.

Mit seinem Buch richtet sich Markus an eine Leserschaft, die bereits mit den Themen vertraut ist. Er scheut sich nicht, im wissenschaftlichen Fachjargon komplexe Sachverhalte zu erläutern, die mitunter überfordern. Zwar befindet sich am Ende des Buches ein Glossar, in dem er Fachbegriffe erklärt, doch leider fehlen entsprechende Verweise im Text, so dass ein direktes Nachschlagen während der Lektüre nicht möglich ist. Zudem fallen manche Ausführungen sprunghaft aus, was es nicht immer einfach macht, den Gedankengängen des Autors zu folgen. Für Interessierte ergänzt er Literaturangaben durch Fußnoten, die auf wissenschaftliche Publikationen verweisen.

Dennoch lohnt die Lektüre, denn Markus beleuchtet den Themenkomplex sowohl aus biologischer, chemischer, physikalischer als auch aus einer astrologischen und geschichtlichen Perspektive. Wer gerne tief in komplexe Sachverhalte einsteigt, ist mit Mario Markus' Buch gut beraten.



NASA / JPL-Caltech

JULIA SCHULZ ist Veterinärmedizinerin und Journalistin. Als Erstere ist sie in der Wild- und Zootiermedizin tätig, als Zweitere im Wissenschafts- und Kulturjournalismus.