



Christopher Wanjek:
Spacefarers – How Humans Will Settle the Moon, Mars, and Beyond
 Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts und London 2020
 390 Seiten mit Schwarz-Weiß-Abbildungen
 ISBN: 978-0-674-98448-6
 Gebunden \$ 23,99

Ins Sonnensystem und immer weiter

Wie könnte die nähere und ferne Zukunft des Menschen im All aussehen? Dieser Frage widmet sich das Buch »Spacefarers« des US-amerikanischen Wissenschaftspublizisten Christopher Wanjek. Er unterteilt sein Werk in sieben unterschiedlich lange Abschnitte und garniert das Ganze mit einem ausführlichen Quellenverzeichnis.

Zunächst geht Wanjek auf die Geschichte der Raumfahrt und der Mondlandung ein, bevor er sich den Szenarien der fortschreitenden Besiedelung unseres Sonnensystems widmet. Dabei zeigt sich, dass der Autor vor allem im medizinischen Bereich seine Stärken hat, denn er führt hier viele wenig bekannte Tatsachen auf und belegt, wie gefährlich eigentlich der Aufenthalt im All ist. Abträglich für die

Gesundheit sind die Mikrogravitation und die starke Belastung durch die energiereiche kosmische Strahlung unterschiedlichen Ursprungs. Pro Woche verliert ein Mensch an Bord der Internationalen Raumstation ISS rund ein Prozent des in seinen Knochen enthaltenen Kalziums, sodass diese bei mehrmonatigen Aufenthalt in der Erdumlaufbahn beträchtlich an Stabilität verlieren. Auch die Strahlung, sei es hochenergetische Gammastrahlung oder die Partikelstrahlung der Sonne, ist eine große Gefahr.

Im Hinblick auf den Substanzverlust bei den Knochen wundert sich Wanjek zu Recht, warum die NASA und die anderen Raumfahrtagenturen nicht an rotierenden Raumstationen und Raumfahrzeugen für den Vorstoß ins Sonnensystem arbeiten. Hierdurch ließe sich eine Vielfalt an Problemen ausschließen. Beispielsweise könnten sich Astronauten auf dem Weg zum Roten Planeten an die dort herrschende Schwerkraft von 38 Prozent der irdischen anpassen und auf dem Rückflug wieder an die irdische Normalschwere. Ohne eine solche Verfahrensweise ist zu befürchten, dass sich die mutigen Marsastronauten beim Ausstieg auf den Wüstenplaneten gleich die Beine brechen.

Wanjek behandelt auch die diversen Isolationsexperimente auf der Erde, die Raumflüge zum Mars simulierten. Dabei merkt er an, dass von der groß angelegten Simulation »Mars 500« von ESA und Russland auch nach zehn Jahren kaum Ergebnisse vorgestellt wurden. Interessant ist die Schilderung, dass es bei einer der Marsimulationen auf dem Mauna Loa nach wenigen Tagen beinahe zu einem Mord kam. Das Opfer wurde so schwer verletzt, dass es mit dem Rettungshubschrauber ausgeflogen werden musste, was das Ende des Experiments war. Und das, obwohl die Teilnehmer angeblich sorgfältig vor dem Versuch durch Psychologen ausgewählt wurden.

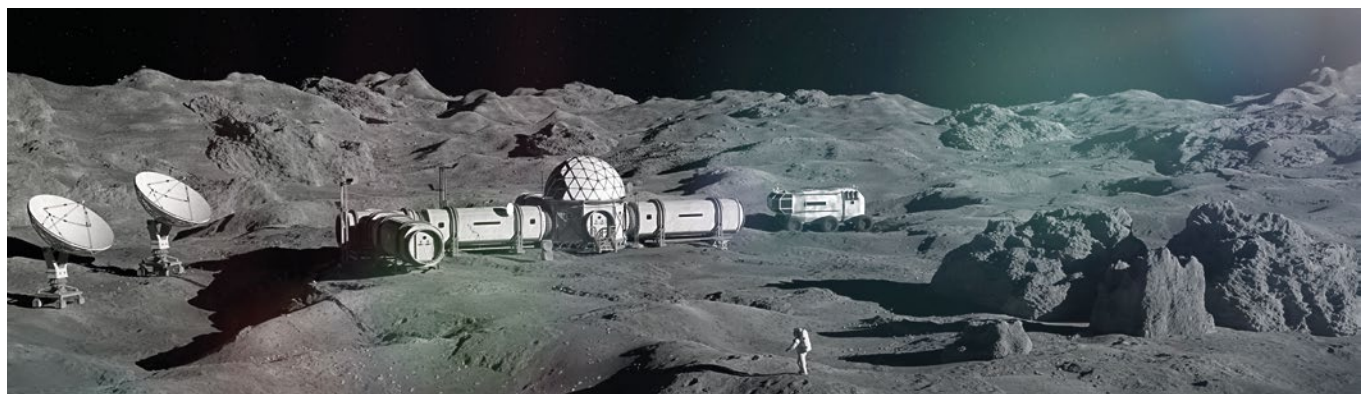
Bei der Geschichte der Raumfahrt als solcher schleichen sich dagegen Fehler ein: Zum Beispiel wusste Wernher von Braun nichts vom Werk von Konstantin Ziolkowski (1857–1935), sondern wurde von den Schriften Hermann Oberths (1894–1989) inspiriert. Auch diesem waren die Schriften Ziolkowskis in den 1910er und 1920er Jahren nicht bekannt, wie er dem Rezensenten in einem persönlichen Gespräch im Jahr 1983 erzählte: »Hätte ich damals schon die Arbeiten von Ziolkowski gekannt, hätte ich mir viel Rechenarbeit sparen können.« Störend ist die feindselige Art und Weise, wie Wanjek die Person Wernher von Brauns abhandelt, die sich nun mal nicht aus der Geschichte der US-amerikanischen Raumfahrt und ihrer größten Erfolge streichen lässt.

Wieso ein Vorstoß ins All?

Warum aber soll der Mensch in den Welt-raum fliegen und dort auf dem Mond oder dem Mars siedeln? Den Vorstellungen einer zweiten Erde als Fluchtpunkt einer reichen Elite erteilt das Buch eine Abfuhr. Stattdessen möchte Wanjek Ressourcen auf dem Planeten und im Asteroidengürtel abbauen und teilweise auch auf der Erde nutzen. Zunächst geht es um die Gewinnung von Helium-3 auf dem Mond, um damit irdische Fusionsreaktoren zu betreiben. Allerdings ist diese Technologie immer noch in weiter Ferne, und es sieht nicht danach aus, dass sich das in absehbarer Zeit ändert, obwohl dies der Autor anders sieht.

Bei den mineralischen Ressourcen und den daraus zu gewinnenden Metallen macht der Autor die übliche Milchmädchenrechnung auf, wie viel an wertvollen

Könnte so in ferner Zukunft eine Mondbasis zu Forschungszwecken auf dem Erdtrabanten aussehen?



Metallen vor allem bei den Asteroiden zu finden sei. Daran merkt man jedoch deutlich, dass Wanjek von den Geo- und Planetenwissenschaften nicht sehr viel versteht. Er tappt in die Falle hinein, dass die Asteroiden zwar besagte Metalle in den genannten Mengen enthalten, aber dass diese im gesamten Himmelskörper enthalten sind. Nur auf der Erde mit ihrem flüssigen Wasser und der hydrothermalen Aktivität hat uns die Natur den Gefallen getan, manche raren Stoffe in eng begrenzten Volumina um das Vieltausend- bis Millionenfache anzureichern. Dies sind die Lagerstätten. Dagegen müsste im All unter schwierigsten Bedingungen der gesamte Asteroid verarbeitet werden, also viele Kubikkilometer. Die größten Minenbetriebe auf der Erde haben bislang über Jahrzehnte hinweg kaum mehr als je einen Kubikkilometer aufgearbeitet. Bergbau im All ist nur sinnvoll, wenn die gewonnenen Stoffe auch vor Ort genutzt werden.

Wanjek schildert dann, wie der Mensch ins äußere Sonnensystem vorstoßen könnte. Bemannte Flüge zu den Galileischen Monden des Jupiter sind wegen der extrem hohen Strahlungsbelastung durch das Jupitermagnetfeld nur etwas für Roboter. Lediglich auf Kallisto, dem äußersten der vier großen Monde, wären eine Landung und eine Forschungsstation denkbar. Der Saturnmond Titan bietet dagegen einen guten Unterschlupf für mutige Astronauten, da seine dichte Atmosphäre Menschen gut vor der Strahlung aus dem All schützt. Allerdings müssen erst noch Materialien für den Dauereinsatz bei mittleren Temperaturen von -180 Grad Celsius entwickelt werden, bei der die meisten Kunststoffe wie Glas zerspringen. Schließlich wendet sich der Autor Sciencefiction-Ideen wie Generationenraumschiffen und Asteroidenkolonien zu, die er tatsächlich für realisierbar hält. Auch die Möglichkeiten, damit zu unseren Nachbarsternen vorzustößen, werden besprochen.

Insgesamt gesehen ist das Buch von Christopher Wanjek lesenswert und in einer gut verständlichen Sprache geschrieben. Man erfährt viel über die gesundheitlichen Aspekte des Lebens im All, aber man sollte nicht alle Aussagen des Autors für voll nehmen.

TILMANN ALTHAUS ist promovierter Geowissenschaftler und seit 2002 Redakteur von »Sterne und Weltraum«.



Trinh Xuan Thuan:
Die Magie der Nacht – Eine wissenschaftliche Reise von der Abenddämmerung bis zum Morgengrauen
Piper-Verlag, München 2019
256 Seiten, ISBN 978-3-492-05936-7
Gebunden € 25

Eines Nachts auf dem Mauna Kea

Eigentlich ist Trinh Xuan Thuan da, um Zwerggalaxien zu beobachten. Dafür hat der Astrophysiker von der University of Virginia Beobachtungszeit an einem der Teleskope auf dem hawaiianischen Vulkan Mauna Kea bekommen. Doch zuvor muss er warten, bis es dunkel ist – und das geht am besten draußen, nicht drinnen vor einem der zahlreichen Bildschirme im Kontrollraum. Zeit genug, sich bereits einige Gedanken zu machen zu dem Spektakel, was dort oben geboten ist. Und auch Zeit genug, um sehr schnell festzustellen, dass die Betrachtung des Universums ein »hochspirituelles« Unterfangen ist.

Auch nachdem die Sonne untergegangen ist und die Beobachtungen laufen, zieht es den Autor immer wieder vor die

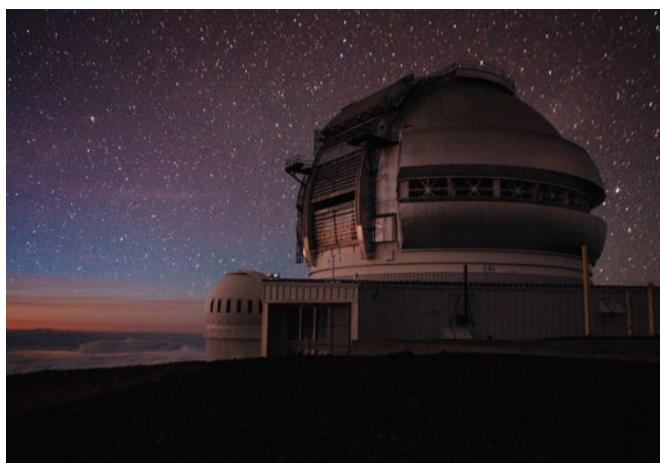
Tür. Bei Belichtungszeiten von rund einer Stunde ist dafür Zeit. Und so ist die nächtliche Beobachtung der Zwerggalaxien sein Ausgangspunkt für ein Nachdenken: ein Nachdenken über das, was es während einer Nacht am Himmel zu sehen gibt, aber eben auch darüber, was das eigentlich heißt.

Denn so ganz rein wissenschaftlich, wie der Untertitel des Buchs behauptet, ist sie nicht, diese Reise. Trinh Xuan Thuan erklärt natürlich so einiges: Er erklärt unter anderem, was Licht überhaupt ist, wie Spektren funktionieren, Mars, Jupiter, die Milchstraße, Dunkle Materie, Dunkle Energie – man könnte auch sagen, die üblichen Verdächtigen, schließlich geht es um Astronomie und Astrophysik.

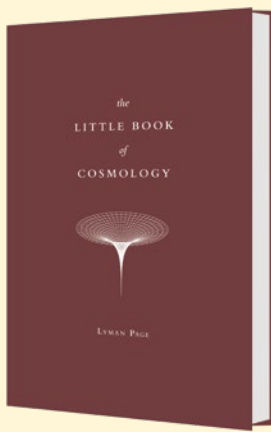
Aber angereichert ist das Ganze mit Zitaten, Gedichten und Gemälden von Van Gogh, Chagall oder Goya, Shakespeare und Diderot kommen genauso zu Wort wie Albert Einstein. Wer nun meint, schon einen Hauch von Räucherstäbchen riechen zu können und dramatisch »Wir sind alle Sternenstaub« vor sich hinmurmelt, den kann ich als Rezensentin entweder beruhigen oder enttäuschen: Ganz so esoterisch, wie das nun klingt, ist es nicht. Stattdessen liefert Trinh Xuan Thuan vielmehr eine Erzählung, welche die spirituelle Komponente, die so eine nächtliche Beobachtung mit sich bringen kann, nicht außer Acht lässt. Aufdringlich wird er dabei glücklicherweise nicht.

Und wer weiß, vielleicht kann die Lektüre gerade Laien dazu anregen, nach dem Lesen einmal hinauszugehen in die Nacht, nach oben zu schauen und das Ganze mit ein bisschen mehr astrophysikalischem Wissen auf sich wirken zu lassen.

FRANZISKA KONITZER arbeitet in München als freie Wissenschaftsjournalistin.



Bei seinen Beobachtungen an einem Observatorium wie dem Gemini North Telescope auf dem Mauna Kea in Hawaii, kam der Autor Trinh Xuan Thuan auf tiefeschürfende Gedanken zum Nachthimmel und dem Kosmos.



Lyman Page:
The Little Book of Cosmology
 Princeton University Press,
 Princeton 2020
 152 Seiten
 ISBN: 978-0-691-19578-0
 Gebunden \$ 19,95, £ 16,99

Meisterhaftes Buch der Kosmologie

Vor mir liegt das »Little Book of Cosmology« von Lyman Page. Es hat etwa DIN-A5-Format und kommt, wenn man das Vorwort und den vierteiligen Anhang nicht zählt, mit 110 Textseiten aus. Ist es möglich, ein so reichhaltiges und umfassendes Thema wie die Kosmologie derart knapp und dennoch so darzustellen, dass man nach der Lektüre solide Kenntnisse davonträgt?

Schlagen wir es auf, zugegebenermaßen etwas skeptisch. Das erste der fünf Kapitel beginnt gemächlich. Es handelt von Ausdehnung, Alter und Größe, von der Endlichkeit des Universums und davon, dass wir Objekte in großer Entfernung aus der Vergangenheit in unsere Gegenwart leuchten sehen. Hier stellt der Autor uns das Universum anhand einfacher Beobachtungen und Tatsachen vor und verbringt einige Zeit damit, ganz grundlegende Themen zu erläutern. Besonders sorgfältig diskutiert er, was es heißen soll, dass sich das Universum ausdehnt und was wir meinen, wenn wir von seiner Größe reden. Noch ist nichts Aufregendes passiert.

Im zweiten Kapitel geht es um die Bestandteile des Universums. Der kosmische Mikrowellenhintergrund tritt auf, die Wärmestrahlung also, die das Universum erfüllt und Zeugnis ablegt von dem heißen Anfangszustand, aus dem es kam. Ne-

ben die Strahlung tritt die Materie, die gewöhnliche und die Dunkle, hinzu kommt die kosmologische Konstante, und der Autor erklärt, wie sich kosmische Strukturen entwickeln.

Schon hier zeigt sich eine der wesentlichen Stärken dieses Buchs: Der Autor geht von Beobachtungen aus, von gesicherten empirischen Tatsachen; er spekuliert nicht und verliert sich weder in Einzelheiten noch auf Um- und Nebenwegen. Er zeichnet den konzeptionellen Rahmen der Kosmologie mit wenigen Strichen, die er knapp und gekonnt setzt. Die Skepsis beginnt zu weichen. Lesen wir weiter.

War der kosmische Mikrowellenhintergrund im zweiten Kapitel aufgetreten, wird er uns im dritten Kapitel präsentiert. Wiederum beginnt die Darstellung mit Messungen. Was wird eigentlich beobachtet, und wie wird bearbeitet und reduziert, was gemessen wurde? Die Temperaturschwankungen im kosmischen Mikrowellenhintergrund werden anschaulich beschrieben, und dann gelingt dem Autor eine ganz hervorragend klare und dabei knappe Erläuterung der Art, wie diese Temperaturschwankungen quantifiziert und analysiert werden.

Das ist das Herzstück dieses kleinen Buchs, nicht nur deswegen, weil die hier beschriebene Analyse zentral für die moderne Kosmologie geworden ist, sondern auch deswegen, weil der Autor führend daran beteiligt war, die dafür notwen-

Wer dieses schöne Buch liest, weiß nachher wirklich, was moderne Kosmologie ausmacht.

gen Messungen zu ermöglichen. Längst ist die Skepsis gewichen.

Das vierte Kapitel ist dem kosmologischen Standardmodell gewidmet, also der theoretischen Deutung dessen, was uns das Universum zeigt. Es beginnt mit einer etwas ungenauen Besprechung der Krümmung, fasst dann das Wesentliche der inflationären Phase in der Frühzeit des Universums und ihrer Bedeutung für den Ursprung der kosmischen Strukturen zusammen, bespricht die Entstehung der leichten Elemente und die chemische Zusammensetzung des kosmischen Materials. Schließlich erläutert der Autor die sechs fundamentalen Parameter, die dem kosmologischen Standardmodell ausreichen, um das Universum im Großen zu beschreiben. Das sind die Dichteparameter

der gewöhnlichen und der Dunklen Materie sowie der kosmologischen Konstante, die Transparenz des Universums, die anfängliche Amplitude seiner Strukturen und ein letzter Parameter, der die statistische Verteilung dieser Strukturen kennzeichnet. Dies alles wird in diesem Kapitel auf wenigen Seiten treffend beschrieben.

Schließlich, im fünften Kapitel, geht der Autor die Grenzen des kosmologischen Standardmodells entlang. Er würdigt die Bedeutung der Lichtablenkung durch Massen, also den Gravitationslinseneffekt. Der Autor bespricht dann fünf höchst verschiedenartige Themen aus der aktuellen Forschung: die Verbindung zwischen der Kosmologie und den Neutrinos; mögliche Gravitationswellen aus dem sehr frühen Universum; die Entstehung kosmischer Strukturen und die kosmologische Konstante; die Population der Galaxienhaufen, ihre systematische Entdeckung und ihre Rolle als kosmologische Leitfossilien; und schließlich mögliche winzige Abweichungen des kosmischen Mikrowellenhintergrunds von reiner Wärmestrahlung. Eine knappe Zusammenfassung schließt den Haupttext ab; dann folgt ein Anhang aus vier nützlichen Vertiefungen.

So kann nur jemand schreiben, der seinen Gegenstand ganz und gar durchdrungen hat. Es ist ein meisterhaftes Buch, dem seine kleinen Schwächen nichts an-

haben können. Es ist nicht wichtig, dass beispielsweise die Erklärung der Lagrange-Punkte nicht vollständig ist, dass die MOND-Theorie (die MODified Newtonian Dynamics als alternative Theorie der Gravitation) als einzige Alternative zur allgemeinen Relativitätstheorie erwähnt wird. Auch dass der Mathematiker Bernhard Riemann konsequent als Reimann angesprochen wird, ist nicht weiter von Belang.

Wer dieses schöne Buch liest, was nicht lange dauert und ein Vergnügen ist, weiß nachher wirklich, was moderne Kosmologie ausmacht und worauf ihre Aussagen gründen.

MATTHIAS BARTELMANN ist Kosmologe am Institut für Theoretische Physik der Universität Heidelberg.