

Spektrum
der Wissenschaft

22.21

KOMPAKT



Interstellares Reisen
Schuss ins Blaue

Städte im Weltraum
Besser leben als auf der Erde

Warp-Antrieb
Energie!

SCIENCE NOT FICTION

Die Welt
der Technik



Mike Beckers
E-Mail: beckers@spektrum.de

Liebe Zukunftsfans,

manchmal ist es nicht leicht, Sciencefiction von Magie zu trennen. Wenn sich Kirk und Spock auf einen anderen Planeten beamen lassen, erscheint das nicht weniger unwirklich, als wenn Harry und Hermine an einen fremden Ort apparieren. Der Unterschied ist der Anspruch, laut dem selbst die futuristischste Technologie fundamentalen Naturgesetzen genügen soll. Zugegeben, Teleportation und Warp-Antrieb biegen sich die Quanten- und Relativitätstheorie gehörig zurecht. Doch die Erzählungen der Sciencefiction basieren stets auf dem Vertrauen in die wissenschaftliche Methode – ganz anders als die Magie, deren Reiz gerade darin liegt, die Vernunft auszuhebeln. Ob bei Jules Verne oder Star Trek, die Geschichten repräsentieren eine Haltung, die Menschen seit Generationen inspiriert, die Grenzen des Machbaren zu erforschen; einige jüngere Ergebnisse stellen wir Ihnen hier vor.

Faszinierende Ein- und Ausblicke wünscht

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 07.06.2021

Folgen Sie uns:



CHEFREDAKTION: Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

REDAKTIONSLEITUNG: Alina Schadwinkel (Digital),
Hartwig Hanser (Print)

CREATIVE DIRECTOR: Marc Grove

LAYOUT: Oliver Gabriel, Marina Männle

SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.),
Sigrid Spies, Katharina Werle

BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

REDAKTION: Antje Findekle, Dr. Michaela Maya-Mrschtik

VERLAG: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600,
Fax: 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114,
USt-IdNr.: DE229038528

GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle

MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.),
Michaela Knappe (Digital)

LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser,
Ilona Keith, Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

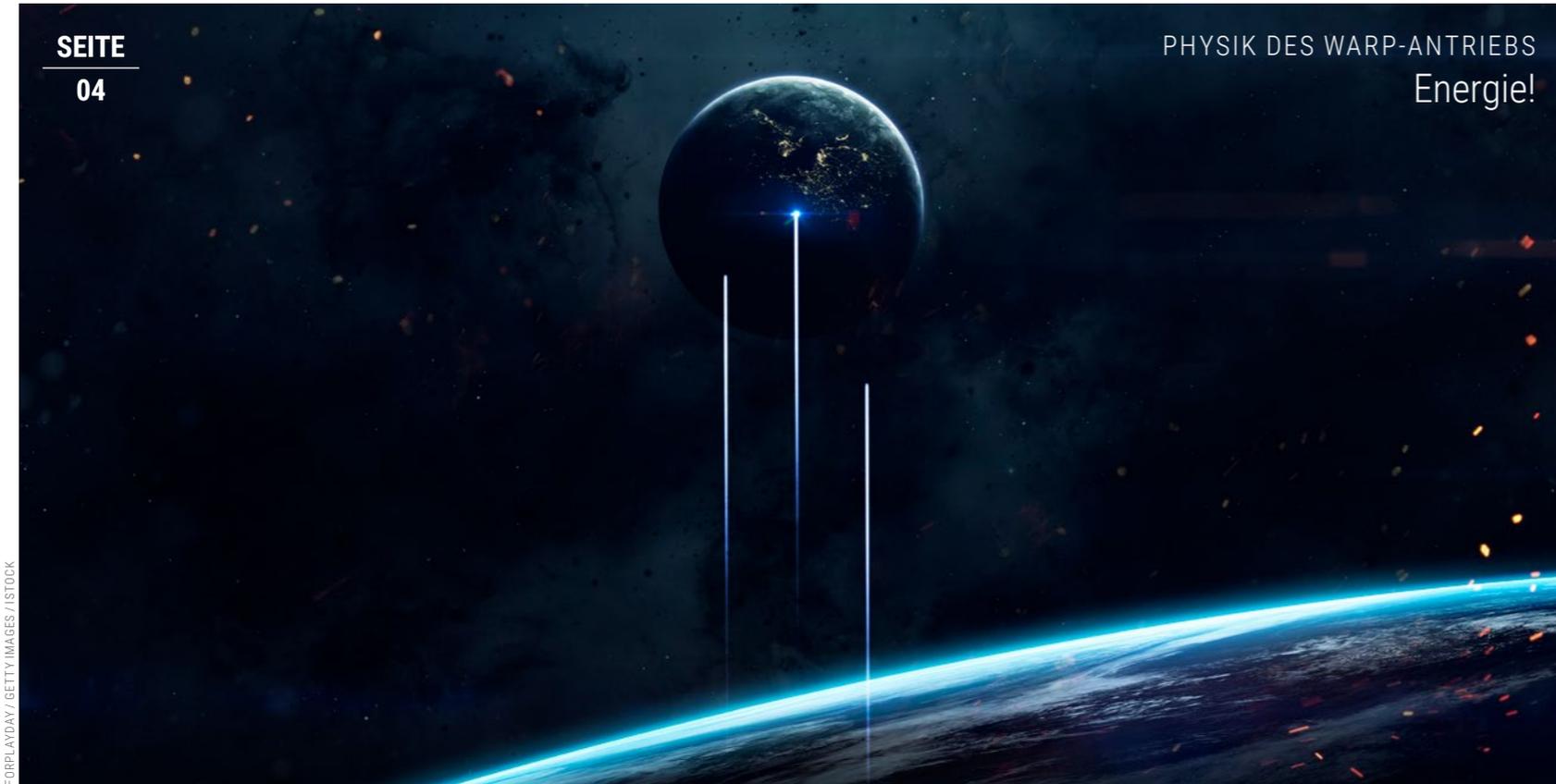
BEZUGSPREIS: Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer

ANZEIGEN: Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an anzeigen@spektrum.de.

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2021 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

SEITE
04

PHYSIK DES WARP-ANTRIEBS
Energie!



FORPLAYDAY / GETTY IMAGES / ISTOCK

SEITE
14

RAUMFAHRT
Schuss ins Blaue



COFFEKAI / GETTY IMAGES / ISTOCK

STÄDTE IM WELTRAUM
»Das könnte das
Paradies werden«

SEITE
25



DOTTEDVETI / STOCK.ADOBE.COM

KÜNFTIGE KRIEGE
Angriff im Orbit

SEITE
44



ENOT-POLOSKUN / GETTY IMAGES / ISTOCK

- 04 PHYSIK DES WARP-ANTRIEBS
Energie!
- 12 KOSMOLOGIE
Dunkler Sektor könnte Wurm Löcher
stabilisieren
- 14 RAUMFAHRT
Schuss ins Blaue
- 25 STÄDTE IM WELTRAUM
»Das könnte das Paradies werden«
- 32 LASER
Ein ganz besonderes Licht
- 38 NEUROMORPHE RECHNER
Künstliches Gehirn für Smartphone
und T-Shirt
- 44 KÜNFTIGE KRIEGE
Angriff im Orbit
- 57 AUTONOME WAFFENSYSTEME
»Schlagabtausch in
Maschinengeschwindigkeit«

PHYSIK DES WARP-ANTRIEBS

ENERGIE!

von Robert Gast

Lange war er bloß eine Spinnerei von Sciencefiction-Fans. Jetzt haben sich Forscher den Warp-Antrieb nochmal genauer angesehen. Und die Idee damit etwas näher an die Wirklichkeit gebracht.

Für Erik Lentz fing alles mit »Star Trek« an. Der Weltraum, unendliche Weiten – aber leider auch riesige Distanzen. Es sei denn, man sitzt auf der Brücke der USS Enterprise. Alle paar Folgen hebt Kapitän Jean-Luc Picard die Hand und sagt: »Warp 9, Energie!« Die Sterne werden zu Strichen, die Lichtjahre fliegen dahin. Und der Grundschüler Erik Lentz fragt sich, ob das auch in echt funktioniert.

»Irgendwann ist mir klar geworden, dass die Technologie dafür nicht existiert«, erinnert sich der 33-jährige US-Amerikaner heute. Lentz studierte Physik, schrieb eine Doktorarbeit über Dunkle Materie und war eigentlich viel zu beschäftigt, um sich Gedanken über Sciencefiction zu machen. Doch dann, zu

Beginn der Corona-Pandemie, fand er sich als isolierter Postdoc in Göttingen wieder, mit viel Freizeit und den Flausen aus seiner Kindheit im Kopf.

300 Jahre zu früh geboren

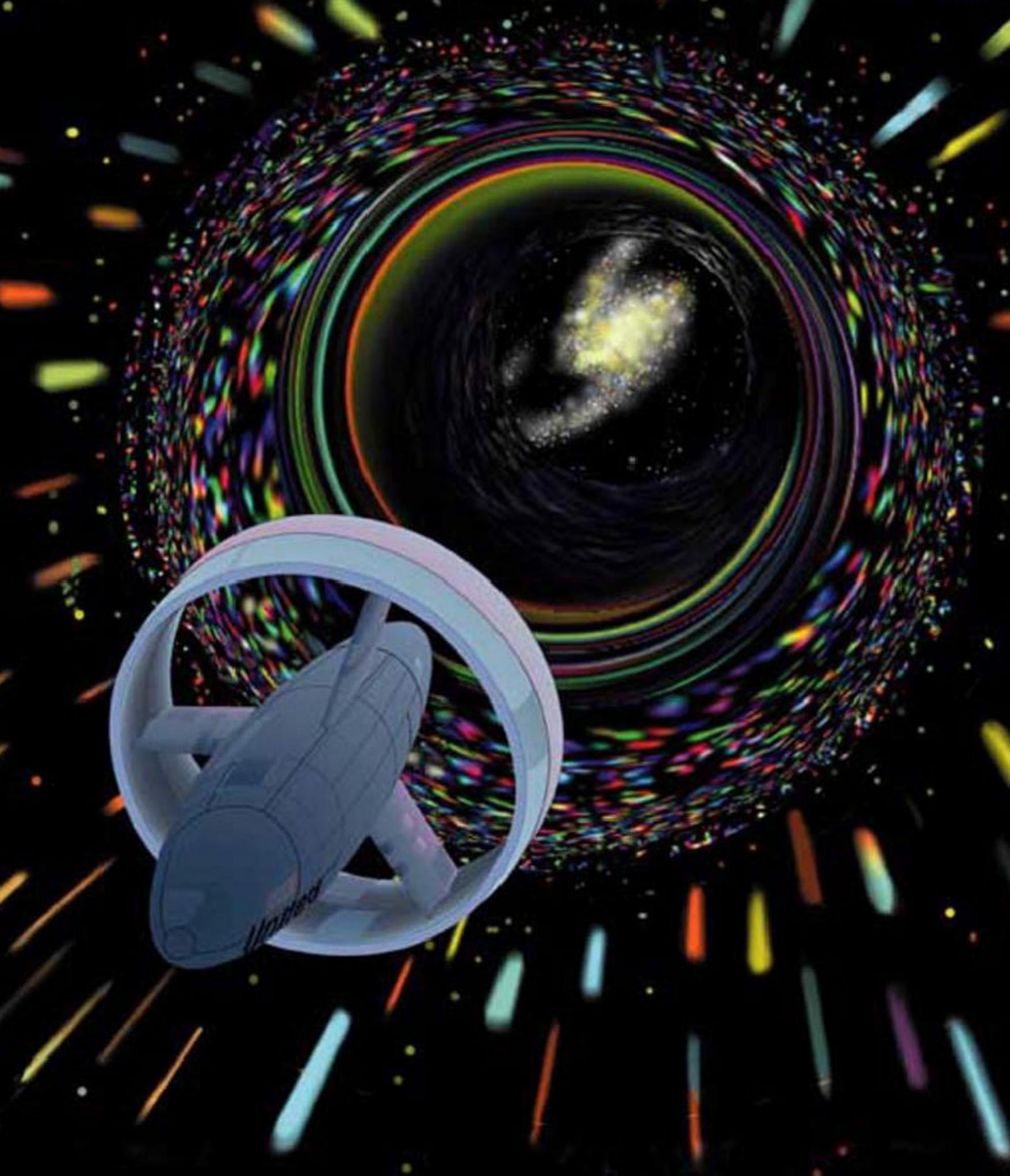
Erst las er die überschaubare Zahl wissenschaftlicher Aufsätze, die bis dato zum Warp-Antrieb erschienen waren. Dann machte er sich selbst Gedanken. Nach ein paar Wochen fand er etwas, das alle vor ihm übersehen hatten. Lentz brachte seine Idee zu Papier, besprach sie mit älteren Kollegen. Und veröffentlichte sie schließlich in einer Fachzeitschrift, begleitet von einer Pressemitteilung der Universität Göttingen.

Schnell wurde deutlich: Nicht nur Erik Lentz träumt vom Warp-Antrieb. Medien in aller Welt berichteten über seinen Vorschlag, ein Dutzend Redaktionen fragte für ein Interview an. Eine Diskussion im

Onlineforum Reddit brachte es auf 2700 Kommentare und 33 000 Empfehlungen. Ein Internetnutzer schrieb: »Hat sonst noch jemand das Gefühl, dass wir 300 Jahre zu früh geboren wurden?«

Klar, heute ist das Universum viel zu groß für den Menschen. Bis zu unserem Nachbarstern Proxima Centauri braucht ein Lichtstrahl mehr als vier Jahre. Mit den besten verfügbaren Antrieben wäre man zehntausende Jahre unterwegs. Da kann man noch so sehr von Kolonien in anderen Sternsystemen träumen – diese Reise tritt niemand an.

Aber vielleicht geht es ja eines Tages schneller. Ideen gibt es viele, von per Laser beschleunigten Sonnensegeln bis hin zu nuklearen Antrieben. Doch selbst mit ihnen käme man in einem Menschenleben nicht allzu weit. Nein, die Galaxie steht nur dem offen, der ähnlich schnell wie das Licht reist. Oder schneller.



Eine Blase in Raum und Zeit

Und so machen sich fantasiebegabte Physiker seit Langem Gedanken über den ultimativen Antrieb. Über eine Blase in Raum und Zeit, in der ein Raumschiff von Sonne zu Sonne flitzen könnte, so wie die Enterprise. Es ist Forschung an der Grenze der Wissenschaft: nicht zwangsläufig falsch, aber gewürzt mit einer großen Prise Optimismus.

Dass sich heute überhaupt Wissenschaftler mit der Idee befassen, ist einem Fachaufsatz von Miguel Alcubierre aus dem Jahr 1994 zu verdanken. Der mexikanische Physiker schaute damals nicht nur leidenschaftlich gerne »Star Trek«. In seiner Doktorarbeit an der Cardiff University befasste Alcubierre sich auch mit der Relativitätstheorie. Auf den ersten Blick besagt sie, dass nichts schneller als das

REISEN MIT ÜBERLICHTGESCHWINDIGKEIT |

So stellte sich ein Künstler der NASA Ende der 1990er Jahre die Reise mit einem Warp-Antrieb vor. Der Torus am Bauch des Raumschiffs sollte dazu dienen, ein Feld mit negativer Energie zu erzeugen. Aus heutiger Sicht wäre das nicht mehr nötig.

NASA / DIGITAL ART BY LES BOSSINAS (CORTEZ III SERVICE CORP.), 1998

Licht reisen sollte. Doch mit etwas Kreativität lässt sich ein Schlupfloch finden.

Denn laut Albert Einsteins Jahrhundertwerk leben wir in einer vierdimensionalen »Raumzeit«, die nicht statisch ist, sondern von Massen verbeult wird wie eine Tischdecke. Alles, was sich über das Tischtuch bewegt (beziehungsweise *durch* die Raumzeit), kann nur bis zu dem vom Licht vorgegebenen Tempolimit beschleunigen. Das Tischtuch selbst lässt sich hingegen beliebig schnell verformen, wie das Universum in manchen Situationen selbst beweist.

Beim Urknall beispielsweise breitete sich das frisch geschaffene Raum-Zeit-Gefüge vermutlich für ein paar Sekundenbruchteile viel schneller aus als jeder Lichtstrahl. Und noch heute treibt die Expansion extrem weit entfernte Galaxien mit Überlichtgeschwindigkeit davon, wodurch uns ihr Licht nicht mehr erreichen kann.

Nicht das Raumschiff bewegt sich, sondern das All

Miguel Alcubierre erkannte: Von hier ist es nur ein kleiner Schritt zum Warp-An-

trieb. Denn wenn man die Raumzeit vor einem Raumschiff zusammenschieben und dahinter als Ausgleich strecken würde, könnte man mit Überlichtgeschwindigkeit sein Ziel ansteuern. Das Schiff bliebe dabei in einer Blase gefangen, in der die Besatzung nicht viel von der interstellaren Reise mitbekäme. Alcubierre verglich es mit einem Personentransportband am Flughafen: »Wenn hinter mir Boden aus dem Nichts entsteht und vor mir weggenommen wird, bewege ich mich vorwärts.«

Doch sobald man diesen Gedanken in der Sprache der allgemeinen Relativitätstheorie formuliert, tauchen große praktische Probleme auf. Um die Raumzeit derart radikal zu verformen, müsste man eine gigantische Masse auf einer Schale vereinen, deren Wand dünner ist als jeder Atomkern. Und um die Blase aufrechtzuerhalten, benötigt man laut Alcubierre nicht nur gewöhnliche Masse, deren Schwerkraft die Front zusammenzieht. Sondern auch eine Energieform mit negativem Vorzeichen, die eine Art Antischwerkraft ausstrahlt und so das All an den Rändern der Wölbung

aufgehen lässt wie einen Hefeteig. Für die allermeisten Physiker hatte sich das Gedankenspiel damit erledigt. Denn laut Quantentheorie kann Energie – die laut Einsteins Formel $E = mc^2$ nichts anderes ist als entfesselte Masse – zwar durchaus einen negativen Wert annehmen. Allerdings scheint sie dies nur in seltenen Spezialfällen zu tun, und das auch nur tief im Mikrokosmos, etwa beim so genannten Casimir-Effekt. Die Mengen, um die es dabei geht, sind so winzig, dass jede technische Anwendung absurd erscheint.

Miguel Alcubierre, heute Physikprofessor in Mexiko, sah das freimütig ein: »Im Sinn einer potenziellen Technologie lässt die Idee sehr zu wünschen übrig«, schrrieb er einmal. Er widmete seine Karriere daher lieber etablierten Phänomenen, Schwarzen Löchern zum Beispiel. Sein Warp-Antrieb-Konzept hingegen blieb ein großes Faszinosum, vor allem bei Trekkies. Und bei ein paar Gravitationsphysikern am Rand des Mainstreams, die an Alcubierres Idee herumdokterten und gelegentlich Abwandlungen davon veröffentlichten.