

Wurmlöcher

Immer wieder wird über Wurmlöcher spekuliert, mit denen man Abkürzungen durch den Raum herstellen können oder gar in die Vergangenheit reisen soll. Doch würde Letzteres nicht den physikalischen Energieerhaltungssätzen widersprechen? Schließlich wäre mein Energieinhalt und die Menge meiner Ladungsträger zeitweise doppelt existent, wenn ich in die Vergangenheit zurückreisen könnte, und das wäre eine eindeutige Verletzung der Energie- und Ladungserhaltung.

HARALD LUTZ, SINDELFINGEN

Wurmlöcher, auch Einstein-Rosen-Brücken genannt, sind Lösungen der Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie (ART), die »kurze« Verbindungen zwischen ansonsten weit auseinanderliegenden Bereichen der vierdimensionalen Raumzeit enthalten. Sie stellen kuriose globale Geometrien des Universums dar, die von den rein lokal wirkenden Gesetzen der ART im Grundsatz erlaubt werden (siehe »Hypothetisches Wurmloch«). Die erste davon, das Schwarzschild-Wurmloch, wurde bereits im Jahr 1916 unmittelbar nach der Veröffentlichung der ART von dem Österreicher Ludwig Flamm entdeckt – und dann für zwei Jahrzehnte bis zu ihrer Wiederentdeckung durch Nathan Rosen und Albert Einstein im Jahr 1935 vergessen. Andere Typen von Wurmlöchern entstammen Modifikationen und Erweiterungen der ART. All diese Lösungen sind von ernsthaften Wissenschaftlern, mathematisch fundiert und physikalisch interessant, aber rein spekulativ. Sie sind wahrscheinlich alle unphysikalisch.

Wie Herr Lutz richtig sagt, verletzen sie physikalische Grundsätze und auch das Kausalitätsprinzip, falls sie Zeitreisen in rückwärtiger Richtung erlauben. Ich ärgere mich eigentlich immer, wenn in Populärmedien darüber herumphilosophiert wird, so lange es keine beobachteten Phänomene gibt, die auf deren Existenz im realen Universum hinweisen könnten.

Unphysikalische Lösungen gibt es auch in anderen mathematischen und physikalischen Zusammenhängen, zum Beispiel die Tachyonen in der speziellen Relativitätstheorie. Das sind Teilchen, die schneller als das Licht sind und gewissermaßen rück-



M.Buschmann (commons.wikimedia.org/wiki/File:Wattwurm_jung.jpg) / public domain

Reales Wurmloch Ein noch junger Wattwurm (*Arenicola marina*) sitzt in der Wohnröhre unterhalb seines ganz persönlichen Wurmlochs. M. Buschmann nahm das Bild im Juli 2006 im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer auf.

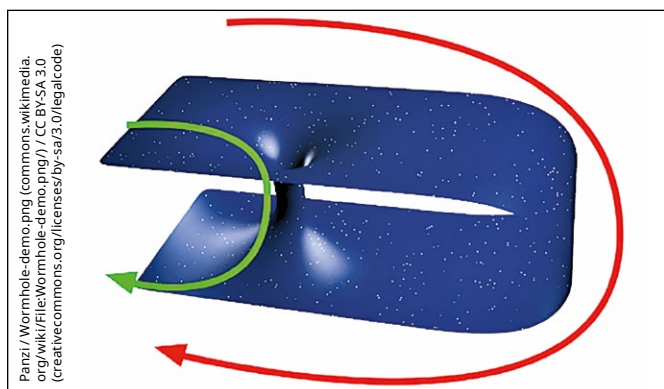
wärts in der Zeit laufen. In der klassischen Elektrodynamik treten die retardierten Potenziale auf, die populär ausgedrückt elektromagnetische Wellen sind, die rückwärts in der Zeit laufen. Auch sie verletzen die Kausalität, also das Prinzip von Ursache und Wirkung, wenn man Emission oder Absorption von Wellen in Betracht zieht. Das ist alles unphysikalisch und keine größeren philosophischen Anstrengungen wert.

Ein ganz simples Beispiel möge das veranschaulichen: Wenn Sie ein Quadrat mit der Fläche $F = 4$ Quadratmeter vor sich haben, dann können Sie dessen Seitenlänge a aus der Gleichung $F = a^2$ berechnen. Dafür gibt es zwei Lösungen, nämlich $+2$ Meter und -2 Meter. Beide sind mathematisch korrekt, und trotzdem ist es nicht besonders sinnvoll, die Frage nach der Existenz von Quadraten mit der Seitenlänge minus zwei Meter tiefsinnig zu diskutieren. Nein, diese zweite Lösung ist einfach unphysikalisch.

Dass man andernfalls zu »interessanten« Konsequenzen kommen kann, das möchte ich gleich mit illustrieren: Nehmen Sie eine solche negative Kantenlänge zur Hand und machen Sie daraus statt eines Quadrats einen Würfel. Der hat dann das Volumen von minus acht Kubikmetern. Wenn Sie ihn mit normalem Wasser der Dichte eine Tonne pro Kubikmeter füllen, dann gibt das eine Masse von minus acht Tonnen. Die wird dann im irdischen Gravitationsfeld mit 80 000 Kilonewton nach oben beschleunigt. Aha, endlich eine simple und energiesparende Möglichkeit gefunden, schwere Nutzlasten in den Weltraum zu befördern ...

Als positives Schlusswort möchte ich anfügen, dass submikroskopisch kleine Wurmlöcher vielleicht dereinst eine Bedeutung in einer künftigen Quantengravitationstheorie gewinnen könnten. Eine wunderbare Zusammenfassung der Theorien zu Wurmlöchern gibt es in der englischen Wikipedia (en.wikipedia.org/wiki/Wormhole).

Ulrich Bastian ist der Leserbriefredakteur von SuW und arbeitet in Heidelberg an der Gaia-Mission der ESA.



Hypothetisches Wurmloch Veranschaulichung eines Wurmlochs in der vierdimensionalen Raumzeit der allgemeinen Relativitätstheorie. Das gezeigte zweidimensionale Universum ist im mathematischen Sinn sogar weitgehend flach, lediglich in den kleinen Umgebungen der beiden Enden des Wurmlochs ist es stark gekrümmt. Und dennoch gibt es in diesem Modell eine kurze Verbindung zwischen weit voneinander entfernten Bereichen.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

H-Alpha Sonnentteleskop für Protuberanzen und mehr

**NEU
EINGETROFFEN**



LUNT LS40THa/B500 H-Alpha Sonnentteleskop

Art.-Nr. 0551145

939 EUR*

Die H-Alpha Wellenlänge ist die eindrucksvollste Art die Sonne zu beobachten. Während man mit normalen Sonnenfiltern nur die Sonnenflecken sehen kann, werden mit H-Alpha Sonnentelaskopen Protuberanzen am Sonnenrand sichtbar, Filamente und Flares auf der Oberfläche, und vieles mehr. Leider kosten solche H-Alpha Sonnenfilter-Systeme in der Regel oft mehrere tausend Euro. Die LS40THa Teleskop von Lunt Solar Systems bieten diese Faszination der Beobachtung des dynamischen Geschehens auf der Sonne

Die LS40THa Teleskope sind wahlweise auch mit den größeren Blocking-Filtern B600 oder B1200 erhältlich:

LUNT LS40THa/B600 H-Alpha Sonnentteleskop

Art.-Nr. 0551146

1.049,00 €*

LUNT LS40THa/B1200 H-Alpha Sonnentteleskop

Art.-Nr. 0551147

1.359,00 €*



**LUNT Transportkoffer
für LS50THa und LS40THa**

Art.-Nr. 0554010

110,00 €*

*Unverbindl. empf. Verkaufspreis inkl. gesetzl. MwSt., zzgl. Versand