

## Raketenantriebe - von Ziolkowski bis Warp-Antrieb (Teil3/3)

Nachfolgend werden weitere Raketenantriebe vorgestellt, die bisher nur als Idee existieren oder sich im Bereich der Sciences Fiction bewegen

**Nukleare Triebwerke** können auf Kernspaltung oder Kernfusion basieren. Die erzielbare Leistungsdichte liegt um den Faktor  $10^6$  (Spaltung) bzw.  $10^7$  (Fusion) höher als bei chemischen Antrieben. Technisch beherrscht wird bisher nur die Kernspaltung. An der Entwicklung entsprechender Antriebssysteme wurde seit den 50er Jahren gearbeitet (u.a. Projekt NERVA = Nuclear Engine for Rocket Vehicle Application - wurde 1973 eingestellt). Kleine Nuklearreaktoren, welche die natürliche Kernspaltung nutzen, sind zur Elektroenergiegewinnung in interplanetaren Sonden, wie z.B. den Voyager Sonden, integriert. Dabei wird die nukleare Energie zur Beschleunigung von Materie genutzt. Man könnte die Nuklearenergie auch als Grundlage für die Erzeugung von elektrischer Energie nutzen und dann Ionentriebwerke damit betreiben. Allerdings wird dann noch zusätzlicher Treibstoff in Form des zu ionisierenden Stoffes benötigt.

Ein besonders bemerkenswerter theoretischer Ansatz ist der **Nukleare Pulsantrieb (Bild 1)**. Dabei werden am Heck des Raumschiffes auf eine stoßgedämpfte stählerne Prallplatte alle paar Sekunden kleine richtungsgebundene nukleare Explosionen ausgelöst. Die Entwicklungsarbeiten liefen als Projekt „Orion“ in den USA von 1957 bis 1965, bewegten sich allerdings bis zum Schluss auf dem Niveau einer Machbarkeitsstudie mit Modellversuchen. Trotz verbliebener Unsicherheiten wurde das Antriebsprinzip, das eine einzigartige Verknüpfung von hohem spezifischem Impuls und hohem Schub ermöglicht, von führenden Wissenschaftlern (z.B. Dyson, von Braun) mit den vorhandenen technischen Mitteln als realisierbar angesehen.

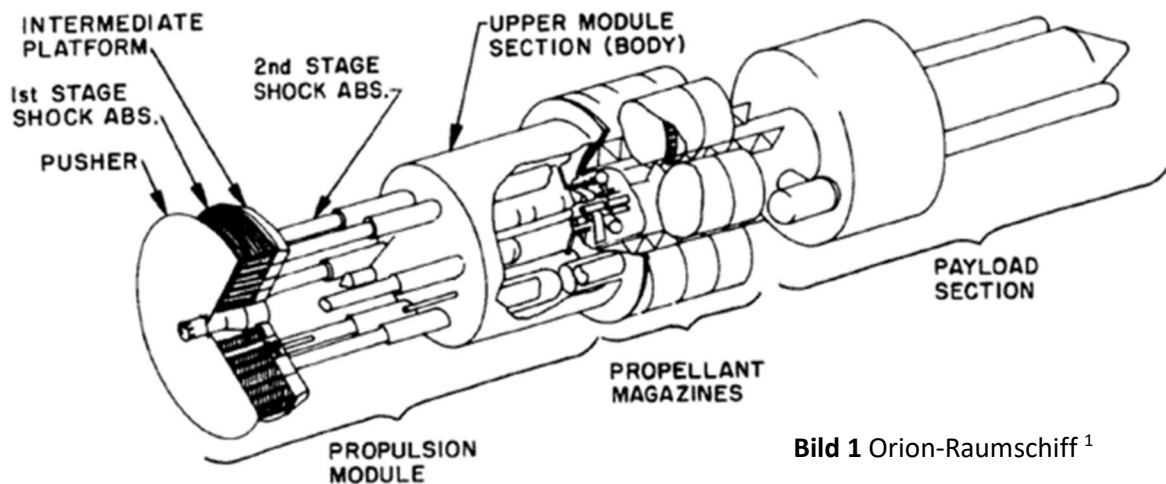
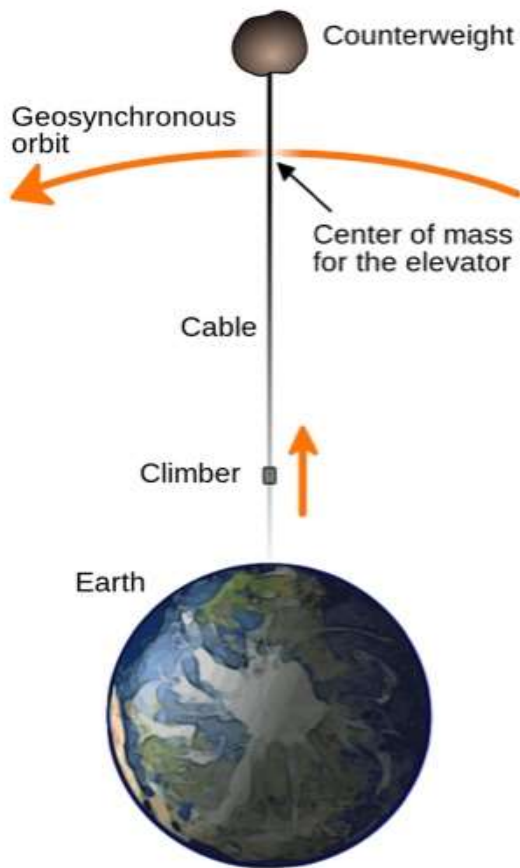


Bild 1 Orion-Raumschiff <sup>1</sup>

Aus ökologischen und politischen Gründen ist bisher kein nukleares Antriebssystem bei Raumfahrtmissionen zum Einsatz gekommen. Weitgehend ungeklärt ist bisher auch, wie die Besatzung sicher vor der Strahlung zu schützen ist.

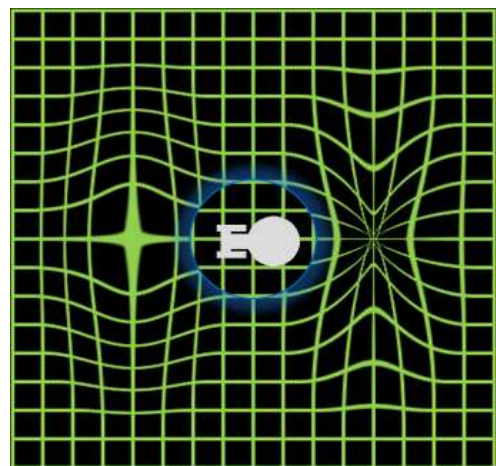
An der Nutzung der kontrollierten Kernfusion, insbesondere zur Energieerzeugung wird zwar seit den 60er Jahren mit zunehmender Intensität geforscht, aber es werden wohl noch Jahrzehnte bis zum großtechnischen Einsatz vergehen.

Ein hypothetischer **Weltraumlift (Bild 2)** ist zwar kein Antriebssystem, würde aber eine sehr wirtschaftliche Beförderung von Nutzlasten ohne Raketenantrieb in die Erdumlaufbahn ermöglichen. Wieder war es Ziolkowski, der diese Idee bereits 1895 hatte. Zur Realisierung müsste ein geeignetes



**Bild 2** Schema eines Weltraumlifts <sup>2</sup>

ein Transport von einem Raumpunkt zum anderen nur mit maximal Lichtgeschwindigkeit möglich ist. Gleichzeitig lässt sie aber die Abstandsänderung von Raumpunkten mit Überlichtgeschwindigkeit zu. Deshalb muss um das Raumschiff herum eine WARP-Blase gebildet werden, in der die Raumzeit in Reiserichtung gestaucht und hinter dem Raumschiff wieder expandiert wird. Diese Veränderungen müsste sich überlichtschnell ausbreiten, so dass das Raumschiff in dieser Blase mitreist (**Bild 3**). Ein solches Konstrukt steht, wie gesagt, nicht im Widerspruch zu den Einsteingleichungen, würde aber wohl unvorstellbar große Mengen eines hypothetischen Treibstoffes mit negativer Energiedichte (was immer das auch sein mag) erfordern.



**Bild 3** Überlichtschnell in der WARP-Blase <sup>4</sup>

Absolut ins Reich der Phantasie gehören (zumindest aus heutiger Sicht):

- **Antimaterieantriebe**

Energiegewinnung durch gegenseitige Vernichtung von Materie und Antimaterie. Antimaterie wird in sehr kleinen Mengen (einige Nanogramm) in Beschleunigern hergestellt. Ihre Aufbewahrung erfolgt kurzzeitig in elektromagnetischen Feldern, da der Zusammenstoß mit normaler Materie zur Vernichtung führen würde. In der Natur sind keine größeren Vorkommen von Antimaterie bekannt. Einzelne Antiteilchen entstehen kurzzeitig bei thermonuklearen Reaktionen. Sie werden aber sehr schnell durch die Kollision mit „normalen“ Materieteilchen vernichtet.

Seil für den Lift aus einer Station in einer geostationären Umlaufbahn zur Erde herabgelassen und dort verankert werden. Außerhalb der Umlaufbahn müsste ein Gegengewicht stationiert werden. Der Seilquerschnitt wäre entsprechend der Belastungsänderung über die Höhe zu optimieren. Ein wesentliches Problem ist die Bereitstellung eines Seiles mit der erforderlichen Länge und Zugfestigkeit. Werkstoffmäßig liegt man z.Z. mit Kohlenstoffnanoröhren bei etwa der Hälfte der benötigten Festigkeit. Als Energiequelle werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, z.B. Energietransport von der Basisstation mittels Laser oder alternativ mittels Maser (Mikrowellen). Eine weitere Möglichkeit wäre die Energiegewinnung mittels Solarmodulen. Wegen vieler derzeit ungelöster Probleme dürfte eine Realisierung noch in weiter Ferne liegen, dessen ungeachtet aber grundsätzlich machbar sein <sup>3</sup>.

**WARP-Antriebe** (warp=krümmen) mit mehrfacher Lichtgeschwindigkeit spielen in der Sciences-Fiction-Literatur und -Filmwelt eine große Rolle und werden wohl auch in Zukunft dortbleiben müssen. Der WARP-Antrieb beruht auf der Allgemeinen Relativitätstheorie, die zwar besagt, dass

- **Antigravitationsantriebe**

Die Antigravitationskraft ist rein hypothetisch. Sie kann zwar anhand von Theorien belegt werden. Aber man muss dazu sagen, dass die Gravitation selbst noch nicht vollständig verstanden ist. Ein wichtiger Schritt zum Verständnis war der Nachweis von Gravitationswellen. Das theoretische Teilchen Graviton, das der Übertragung der Gravitationskraft dienen soll (ähnlich dem Photon für das Licht) konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden. In wie weit die theoretisch definierte Dunkle Energie, die das Auseinanderdriften der Galaxienhaufen und die beschleunigte Ausdehnung des Weltalls verantworten soll, eine Rolle spielt, ist noch ungeklärt. Man weiß nicht, was diese Dunkle Energie überhaupt ist.

- Die Benutzung von **Wurmlöchern** zur Überwindung von Raum und Zeit

Wurmlöcher sind theoretische Gebilde, die eine Verkürzung von Wegen in der Raumzeit erzeugen. Sie benötigen ähnliche Voraussetzungen, wie der Warp-Antrieb (negative Energie zur Stabilität). Ein Beispiel für zweidimensionale gekrümmte Flächen kann man sich so vorstellen: Auf einem Blatt Papier (A4) müssen Sie von einer Ecke zur anderen ca. 30 cm zurücklegen. Wenn Sie das Blatt krümmen, können sich die Ecken direkt berühren. Teilweise wird auch in der Literatur philosophiert, ob Schwarze Löcher solche verkürzten Wege erzeugen. Allerdings bleibt auch dann unklar, wie man lebendig durch ein Schwarzes Loch kommen kann. Außerdem kann die aktuelle Physik Schwarze Löcher nicht beschreiben, sondern nur anhand ihrer Masse einen Ereignishorizont festlegen. Was hinter diesem Horizont passiert, weiß keiner.

- **Beamen** (Teleportation) von Menschen und Gegenständen (**Bild 4**)

Bisherige vielversprechende Erfolge gibt es nur im Bereich der Quantenteleportation bei der Entwicklung einer neuen Computer-generation. Beim Beamen wird der zu beamende Körper analysiert, in seine Bestandteile zerlegt und an einem anderen Ort wesensgleich wieder zusammengebaut. Allerdings müsste beim Menschen nicht nur die körperliche Gestalt und Zusammensetzung wiederhergestellt werden, sondern auch der Informationsgehalt des Gehirns darf nicht verloren gehen.



**Bild 4** Mr. Spock meint: „Faszinierend!“<sup>5</sup>

#### Quellen:

- <sup>1</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Orion-Projekt#Zukunft>
- <sup>2</sup> <https://www.askamathematician.com/wp-content/uploads/2019/06/GoingUp.jpg>
- <sup>3</sup> <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Weltraumlift?title=Weltraumlift>
- <sup>4</sup> <https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/news/2012/warp-antrieb-gefahr-fuer-zivilisation-am-reiseziel/>
- <sup>5</sup> <https://www.tvmovie.de/news/star-trek-discovery-staffel-2-bei-netflix-er-spielt-mr-spock-101712>