

# Traveller-Schiffe als Raumschiffe mit chemischen Triebwerken nutzen

## Einführung

Das Science-Fiction-Rollenspielsystem „Traveller“ hat in seinen vielen Varianten eine Unmenge an Raumschiffdeckplänen geschaffen, die sich für Rollenspielkampagnen im Weltraum eignen.

Unglücklicherweise hängt die Validität diese Deckpläne aber sehr stark von den doch sehr speziellen Annahmen über fortschrittliche Physik ab, die dem Offiziellen Traveller-Universum (OTU) zugrunde liegen.

Doch was, wenn man die Traveller-Deckpläne für Raumschiffe benutzen will, die etwas realistischer sind? Dieses Dokument soll einen Weg aufzeigen, die Traveller-Raumschiffwerte an ein etwas „härteres“ Science-Fiction-Setting anzupassen.

Man beachte, dass nur Traveller-*Sternenschiffe* damit sinnvoll konvertiert werden können. Jedes Schiff, das kein Sprungtriebwerk hat, wird ohne das Hinzufügen massiver Tanks oder einer (möglicherweise mehrstufigen) Trägerrakte nicht funktionieren können. Planetenboote müssen als reine Landekapseln interpretiert werden, oder als Fahrzeuge mit rein atmosphärischen Triebwerken.

## Grundannahmen

Für die Zwecke dieses Dokuments gelten die folgenden Annahmen:

- Die Schiffe benutzen chemische Raketentriebwerke mit realistischen Austrittsgeschwindigkeiten (oder spezifische Impulse).
- Das Sprungtriebwerk (oder was immer man als FTL-Methode verwendet) benötigt selbst keine nennenswerten Mengen an Treibstoff.
- Um das Volumen zu Masse zu konvertieren, nehmen wir näherungsweise an, dass eine Verdrängungstonne an Komponenten (außer Treibstoff) einer Tonne Masse entspricht. (Eine frühere Version dieses Dokuments ging von einem Verhältnis von 1:3 aus, doch hat sich bei der Betrachtung realer Raketentriebwerke und Brennstoffzellen herausgestellt, dass diese Zahl viel zu pessimistisch war, um realistisch zu sein.) Nur die Masse von Rumpf, Raketentriebwerk, Sprungtriebwerk und Reaktor/Brennstoffzelle sollen uns hier interessieren – alles andere enthält bemerkenswert hohe Anteile an Luft und fällt daher buchstäblich nicht ins Gewicht, abgesehen von Treibstoff und Fracht, die wir aber ohnehin separat betrachten müssen.
- Es wird nach der Konvertierung keine künstliche Schwerkraft an Bord geben. Es wird entweder davon ausgegangen, dass die Begleiterscheinungen der Schwerelosigkeit (Muskel- und Knochenrückbildung, Blutdruckprobleme, bei manchen auch Übelkeit) hingenommen werden oder preiswerte Medikamente zu deren Vermeidung existieren. Im freien Fall

könnten sich auch zwei Schiffe mit langen Kabeln „Rücken an Rücken“ aneinander koppeln und umeinander rotieren, um einen Schwerkraftersatz durch die Zentrifugalkraft zu erzeugen.

## Die meisten Werte

Die meisten Werte des Schiffes bleiben im Wesentlichen gleich.

- Das Überlichttriebwerk wird so funktionieren, wie man das für sein Spieluniversum wünscht. Die einzige Anforderung ist, dass das Überlichttriebwerk selbst keinen nennenswerten Treibstoff verbraucht.
- Computer, Brücke und die meisten anderen Module bleiben unverändert.
- Das Manövertriebwerk wird in der Lage sein, die selbe Schubleistung zu produzieren. Seine Ausdauer wird allerdings enorm sinken (siehe „Treibstoff und Ausdauer“, unten).

Nur zwei Dinge werden sich signifikant ändern: Die Ausdauer des Manövertriebwerks und die Energiequelle des Schiffes.

## Treibstoff und Ausdauer

Das OTU geht davon aus, dass das Sprungtriebwerk 10% des Schiffsvolumens an flüssigem Wasserstoff pro Parsek Sprungweite des Schiffes benötigt. Alle OTU-Sternenschiffe werden so entworfen.

Wir haben also 10% oder mehr des Schiffsvolumens, um darin Treibstoff aufzubewahren, und wollen nun wissen, wie viel Geschwindigkeitsänderung insgesamt (auch bekannt als „Delta V“) sich damit erzielen lässt. Die genauen Zahlen hängen dabei jedoch nicht in erster Linie vom Volumen ab, sondern von der Masse und dem spezifischen Impuls des verwendeten Treibstoffs im Verhältnis zum restlichen Schiff. Da das Volumen des Tanks fest steht, gilt: Je höher die Dichte unseres Treibstoffs, desto besser für unsere Reichweite.

Dies ist eine Liste von Flüssigtreibstoffen für Raketen (Auszug aus Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid\\_rocket\\_propellant](https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_rocket_propellant)):

## Definitionen

$V_e$  Austrittsgeschwindigkeit

$r$  Verhältnis Oxidierer zu Treibstoff

$T_c$  Kammertemperatur

$d$  Dichte des Oxidierer-Treibstoff-Gemisches, in Tonnen pro  $m^3$ .

## Raketentreibstoffe

Oxidierer	Treibstoff				
		$V_e$	$r$	$T_c$	$d$
LOX	$H_2$	4462	4.83	2978	0.32
	$CH_4$ (Methan)	3615	3.45	3290	0.83
	$C_2H_6$	3584	3.10	3351	0.91
	$C_2H_4$	3635	2.59	3521	0.89
	RP-1 (Kerosin)	3510	2.77	3428	1.03
	$N_2H_4$ (Hydrazin)	3460	0.98	3146	1.07

Nutzen wir LOX/LH-Treibstoff (Also Flüssigsauerstoff und Flüssigwasserstoff), ergibt sich folgende Konvertierungstabelle:

### Verwendung von LOX/LH-Treibstoff für die Konvertierung zu Raketentriebwerken

Alte Sprungweite	Anteil des Schiffsvolumnes	Anteil der Schiffsmasse	Delta v
1	10%	14%	1,460 m/s
2	20%	37%	2,716 m/s
3	30%	39%	3,874 m/s
4	40%	50%	4,999 m/s
5	50%	60%	6,149 m/s
6	60%	87%	7,388 m/s

Probieren wir Kerosin, weil wir kleinen Erdlinge uns die Technik dafür gut vorstellen können. Die Konvertierungstabelle sieht folgendermaßen aus:

## Verwendung von LOX/Kerosin-Treibstoff für die Konvertierung zu Raketentriebwerken

Alte Sprungweite	Anteil des Schiffsvolumnes	Anteil der Schiffsmasse	Delta v
1	10%	35%	3.457 m/s
2	20%	55%	5.521 m/s
3	30%	67%	7.126 m/s
4	40%	76%	8.539 m/s
5	50%	83%	9.889 m/s
6	60%	96%	11.276 m/s

SpaceX, die berühmte und erfolgreiche Weltraumfirma von Elon Musk, hat sich für die Verwendung von „Methalox“, Flüssigmethan mit flüssigem Sauerstoff als Oxidierer, entschieden, was diesen Treibstoff zusehends populär gemacht hat. Es ist etwas weniger dicht als Kerosin, hat dafür aber einen etwas höheren spezifischen Impuls. Würde das für unsere Zwecke auf funktionieren?

## Verwendung von Methalox-Treibstoff für die Konvertierung zu Raketentriebwerken

Alte Sprungweite	Anteil des Schiffsvolumnes	Anteil der Schiffsmasse	Delta v
1	10%	30%	2.972 m/s
2	20%	49%	4.892 m/s
3	30%	62%	6.429 m/s
4	40%	72%	7.801 m/s
5	50%	79%	9.125 m/s
6	60%	95%	10.493 m/s

Erstaunlicherweise ist also die Lösung für das Problem von SpaceX auch eine gute Lösung für unsere Konvertierung!

Um die Sprungrichweite eines Schiffes in delta V zu konvertieren, benutze man die passende Tabelle für den Treibstoff der eigenen Wahl.

## Schlussfolgerungen für das eigene Spieluniversum

Was bedeuten nun diese delta-V-Werte? Man braucht etwa 1.000 bis 2.000 m/s an delta V, um zu landen (sofern man keine Fallschirme oder ähnliches verwendet), also sollte für ein stromlinienförmiges Schiff, das einfach nur landen will, stets ausreichen Treibstoff verfügbar sein. Die letzte Phase der Landung wird senkrecht stattfinden, mit der Nase des Schiffes nach oben, weg vom Gravitationszentrum, doch kann man wahrscheinlich auf den letzten Metern mit Hilfe der Manövriertriebwerke in die Vertikale schwenken, sobald die gesamte Geschwindigkeit durch die

Bremswirkung der Atmosphäre und das Haupttriebwerk aufgezehrt wurden und man nur noch wenige Meter hoch ist.

Aber was ist mit Starten? Das wird mit einem zu chemischen Triebwerken konvertierten Schiff normalerweise schlicht nicht möglich sein. Für den Start wird man annehmen müssen, dass alle Raumhäfen wiederverwendbare, mehrstufige Startraketen für Nutzlasten bis 3,000 Tonnen anbieten. Das ist sicherlich enorm für heutige Verhältnisse, doch wird eine interstellare Gesellschaft sicher in der Lage sein, dies ausgesprochen kostengünstig tun zu können.

Wenn man die Treibstoffkosten auf 1 Credit pro Tonne festsetzt, und bestimmt, dass die Miete für die Trägerrakete nicht mehr als 5 Credits pro Tonne beträgt, kommt man auf Startkosten von 65 Credits pro Tonne oder knapp 200 Credits pro Verdrängungstonne (oder 40.000 Credits für ein 200-Verdrängungstonnen-Schiff wie einen Freihändler).

Dies ist natürlich nur möglich, wenn es extrem billige und weit verbreitete Produktionsstätten für Raketentreibstoff gibt, die Preise für Energie am Boden extrem niedrig sind, und die wiederverwendbaren, landefähigen Trägerraketen extrem langlebig sind.

Energie auf der Planetenoberfläche müsste weniger als 1 Credit pro 40.000 kWh kosten – mit anderen Worten, elektrische Energie wäre im Wesentlichen kostenlos in diesem Universum, beispielsweise weil es langlebige und leistungsfähige Solarzellen gibt, die Hunderte oder Tausende von Jahren halten, oder die mit automatisierten Prozessen auf jede beliebige Oberfläche gesprüht werden können. Ist das der Fall, wird alles (auch Raumschiffe!) wesentlich billiger sein, mit Ausnahme von nicht automatisierbarer Arbeitskraft. In diesem Fall teile man alle Preise für Güter, die keine solche Arbeitskraft erfordern, durch 10.

Ist Energie weniger billig, werden interstellare Reisen (und damit Handel) entsprechend teurer sein. Bei Preisen die in etwa mit den heutigen vergleichbar sind, also etwa Cr. 1.000 pro Tonne Methan, ergeben sich Startpreise von Cr. 65.000 pro Tonne Nutzlast, selbst wenn man von langlebigen, wiederverwendbaren und landefähigen Trägerraketen ausgeht.

## Schlussfolgerungen für den Raumkampf

Der Raumkampf in Traveller geht von Schiffen aus, die konstant beschleunigen und keine Probleme mit der verfügbaren Menge an delta V haben – sie haben für praktische Zwecke schlicht unendlich viel davon.

Offensichtlich kann dies nach der Konvertierung auf chemische Raketen nicht mehr angenommen werden. Eine Raumkampfrunde, oder 360 Sekunden, bei 1g Beschleunigung entspricht einen delta V von 3.600 m/s, mehr als viele Schiffe insgesamt haben werden.

Stattdessen wird es nötig, einen weiteren Wert im Raumkampf zu beachten: Geschwindigkeit.

Man startet den Kampf mit einer bestimmten Geschwindigkeit, in m/s, relativ zum Gegner. Sollte die Situation nicht vorgeben, wie hoch diese relative Geschwindigkeit ist, bestimme man sie zufällig: Die Standardrelativgeschwindigkeit ist  $3W6*100$  m/s, wobei sich die Richtung durch einen weiteren W6 bestimmt: 1-3 bedeutet, die Entfernung nimmt ab, 4-6 bedeutet, sie nimmt zu.

Die Reichweite zum Ziel ändert sich mit einer Rate von 36 km pro Kampfrunde pro 100 m/s relativer Geschwindigkeit. (Damit dauert es bei dieser Geschwindigkeit 35 Kampfrunden, die Entfernung um ein Entfernungsband zu ändern.)

Verwendet man die alternativen Bewegungsregeln aus Buch 2, so wird eine relative Geschwindigkeit von einem Entfernungsband (1.250 km) mit einer Geschwindigkeit von 3.600 m/s gleichzusetzen sein. Es ist hier notwendig, auch Bruchteile im Auge zu behalten und anzuwenden.

Um die Geschwindigkeit in die gewünschte Richtung zu ändern, verbrauche man  $\Delta V$  aus dem Treibstofftank des Schiffes, und zwar mit einer Rate von maximal 3.600 m/s pro g Beschleunigung des Schiffes (weniger geht immer). Man tue das nicht zu oft, denn nach dem Kampf muss der ursprüngliche Kurs fortgesetzt werden!

Wie man leicht sehen kann, wird der Raumkampf hauptsächlich aus Artillerieduellen bestehen, wobei Ausweichen oder überhaupt Änderungen der Geschwindigkeit kaum eine Rolle spielen. Stattdessen verwende man Gegenmaßnahmen und Sandwerfer.

## Reaktor

Das Offizielle Traveller-Universum nimmt preiswerte und leichte Fusionsreaktoren an. Dies ist schlicht nötig, da ohne die so möglich werdenden verfügbaren Energiemengen die Traveller-Gravitationstriebwerke nicht funktionieren könnten (tatsächlich sind die Reaktoren, streng physikalisch betrachtet, sogar immer noch zu schwach dafür, selbst wenn man die ganze Unmöglichkeit des gesamten Konzepts ignoriert).

Wir haben jedoch gerade unseren Hauptmanöverantrieb in ein chemisches Raketentriebwerk konvertiert, was bedeutet, dass wir so viel Energie überhaupt nicht mehr benötigen – die Energie für den Antrieb ist schließlich chemisch im Treibstoff gespeichert.

Dann wiederum muss man aber auch sagen, dass Fusionsenergie womöglich ohnehin Traamtänzerie ist, und Spaltungsreaktoren sind sehr viel schwerer pro Watt Leistung, selbst unter den optimistischsten der realistischen Annahmen. Außerdem war die Abwärme solch gewaltiger Energiequellen stets ein Problem, das Traveller aus Bequemlichkeit einfach ignoriert hat.

Wir gehen also einfach davon aus, dass der Reaktor des Schiffes eine Brennstoffzelle, eine Batterie, oder eine andere Art der chemisch betriebenen Energieversorgung benutzt. Da wir ja wesentlich weniger Energie benötigen, wird das immer noch ausreichend sein. Die Energieleistung eines solchen Aggregats wird allerdings eher im Bereich von 30 kW pro Verdrängungstonne (oder 200 kWh pro Verdrängungstonne im Falle einer Batterie) liegen, und nicht in der Nähe der fantastisch hohen Werte, die Traveller gemeinhin annimmt.

Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass es nun sehr viel einfacher ist, das Schiff zu kühlen, da schlicht weit weniger Hitze produziert wird. Man beachte allerdings, dass Energiewaffen dann keine Option mehr sind. Daher wird vorgeschlagen, die Laser (und anderen Energiewaffen) des Schiffes durch Raketen oder Projektilwaffen zu ersetzen, wenn man sich für eine schwächere Energiequelle entscheidet.

## Fertig

Das war es schon – die Konvertierung ist abgeschlossen! Unser Raumfahrzeug ist nun ein stolzes Schiff, das den Gesetzen der realen Physik folgt – sofern man den Überlichtantrieb ignoriert.

Ein Universum voller solcher konvertierten Schiffe wird sich ganz anders anfühlen als das Offizielle Traveller-Universum, und nicht nur im Raumkampf. Es wird sich jedoch realistischer anfühlen, da nun nur noch eine einzige Ausnahme von den physikalischen Gesetzen, wie wir sie kennen, nötig ist (nämlich eben der Überlichtantrieb).

Man mag sogar eine Kampagne in einem einzigen Sonnensystem spielen wollen, für den maximalen Realismus. In diesem Fall wird die Spielwelt allerdings entweder räumlich vergleichsweise klein sein (vielleicht beschränkt auf den Erdborbit, den Mond und die Raumstationen darum herum) oder zeitlich sehr ausgedehnt, mit Reisezeiten von zum Beispiel 100-250 Tagen zum Mars, sofern man keine Zusatzraketen oder eine Art Katapulte benutzt, um die Geschwindigkeit etwas zu erhöhen.

## Zusammenfassung

Ein gegebenes OTU-Schiff kann mittels der folgenden Checkliste auf die Verwendung „realistischerer“ Physik konvertiert werden:

- 1) Man wähle einen Raketentreibstoff für das Spieluniversum, siehe Seite 3 für die Werte. Man notiere das  $\Delta V$  für den gewählten Treibstoff und die vorhandene Tankgröße.
- 2) Ändern des Schiffsreaktors zu einer Brennstoffzelle, einer Batterie und einer anderen Art chemischer Generator. Man reduziere die Leistung auf 30 kW pro Verdrängungstonne für einen Generator oder 600 kWh pro Verdrängungstonne für eine Batterie.
- 3) Optional: Wenn die Treibstoffkosten so niedrig sein sollen wie vorgeschlagen, reduziere man auch den Preis des Schiffes auf ein Zehntel.