

## Unterricht

### Science Fiction: Utopie oder Zukunft?

von Patrik Vogt

#### Aufgaben

##### 1. Technik und Phänomenen in Science-Fiction: Was ist realistisch?

Trage Phänomene und technische Anwendungen aus Science-Fiction-Filmen und -Literatur zusammen, deren Existenz du physikalisch erklären kannst, und solche, die du bezweifelst bzw. für physikalisch falsch hältst! Begründe deine Entscheidungen!

##### 2. Dauer der Beschleunigung auf Impulsgeschwindigkeit

Der menschliche Organismus kann über einen längeren Zeitraum hinweg das Dreifache der Erdbeschleunigung gerade noch verkraften. Wie lange bräuchte es bei einer Beschleunigung von  $3g$ , um die „Impulsgeschwindigkeit“ ( $0,25c$ ) der U. S. S. Enterprise zu erreichen?

##### 3. Funktionsweise und Realisierbarkeit eines Trägheitsabsorbers

Innerhalb eines kurzen Zeitintervalls könnte die Besatzung der U. S. S. Enterprise eine Beschleunigung auf „Impulsgeschwindigkeit“ nicht lebend überstehen. Deshalb „erfanden“ die Star-Trek-Autoren einen Trägheitsabsorber. Suche zu diesem Thema Informationen im Internet! Bereite ein Referat zum Thema „Notwendigkeit, Funktionsweise und Realisierbarkeit eines Trägheitsabsorbers“ vor.

##### 4. Beschleunigung auf Impulsgeschwindigkeit: Energie- und Treibstoffmenge

- Welche Energie muss aufgebracht werden, um das Raumschiff Enterprise auf „Impulsgeschwindigkeit“ zu beschleunigen? Die Masse der Enterprise beträgt ca. 5 Millionen Tonnen.
- Die zur Beschleunigung notwendige Energie soll durch Reaktoren bereitgestellt werden, in denen eine gesteuerte Kernfusion (von Wasserstoff zu Helium) abläuft. Dabei wird pro Kilogramm des eingesetzten Wasserstoffs eine Energie von ca. 250 GWh frei. Welche Wasserstoffmasse wäre notwendig, um das Raumschiff Enterprise einmal (!) auf die genannte Geschwindigkeit zu beschleunigen? Warum wäre zum Abbremsen die gleiche Energie erforderlich?
- Könnte der Treibstoff vielleicht während des Flugs „eingesammelt“ werden? Recherchiere im Internet nach dem durchschnittlichen Wasserstoffvorkommen im Weltall!

##### 5. Anheben von Planeten mittels Traktorstrahl?

In Star-Trek können Raumschiffe mit Hilfe eines sogenannten Traktorstrahls Objekte im All bewegen; genutzt wird er z. B., um feindliche Raumschiffe am Fliehen zu hindern oder um eigene abzuschleppen. Die Enterprise soll sogar Planeten aus ihren Bahnen heben können. Ist ein solcher Vorgang aus physikalischer Sicht möglich? Begründe deine Antwort!

##### 6. Wie kalt kann es tatsächlich werden?

Im Star-Trek-Universum ist es gelungen, einen Körper auf eine Temperatur von  $-295\text{ °C}$  abzukühlen. Nimm Stellung dazu!

##### 7. Kampf mit Lichtschwertern

In einer Szene aus „Star Wars“ liefern sich Darth Vader und Luke Skywalker einen Kampf mit Lichtschwertern. Beurteile dies aus Sicht der Physik!

## 8. Weltraumgefechte auf dem Prüfstand

Weltraumgefechte sind in Science-Fiction-Filmen stets mit eindrucksvollen optischen Effekten und lauten Explosionen verbunden. Zugegeben: Ohne visuelle und akustische Effekte wäre eine solche Kampfszene für den Zuschauer relativ langweilig, doch entspricht dies auch der Realität?

- Schüttelt ein Tuch mit Kreidestaub über dem Strahl eines Laserpointers aus. Was könnt ihr beobachten und wie könnt ihr eure Beobachtung erklären? Könnte man einen Laserstrahl im Weltall tatsächlich mit den Augen wahrnehmen? Begründet! **Achtung! Den Laserpointer nicht in Augenhöhe betreiben!**
- Euch stehen ein Mobiltelefon, eine Vakuumpumpe sowie eine Wasserstrahlpumpe zur Verfügung. Plant ein Experiment, mit dem ihr nachweisen könnt, dass Schallwellen – im Gegensatz zu elektromagnetischen Wellen – zur Ausbreitung ein Medium benötigen. Führt den Versuch durch und beantwortet die Frage, ob man bei Weltraumgefechten die Explosion eines Raumschiffes tatsächlich hören könnte.
- Schreibt zu den durchgeführten Experimenten jeweils ein Versuchsprotokoll nach folgender Gliederung: Material, Aufbau/Durchführung, Beobachtung, Folgerung.

## 9. Jagd auf einen Unsichtbaren

In dem Fantasy-Thriller „Jagd auf einen Unsichtbaren“ wird die Hauptfigur durch einen nuklearen Unfall unsichtbar. Zu seinem Verdruss wird Nick Halloway alias Chevy Chase darüber hinaus noch von mehreren Killern gejagt.

- Unter welchen Voraussetzungen wäre Nick Halloway tatsächlich unsichtbar?
- Könnte er unter diesen Voraussetzungen selbst etwas sehen?
- Euch stehen ein mit Glycerin befüllter Messbecher sowie eine Glasröhre zur Verfügung. Stellt den Messbecher vor einen lichtdurchlässigen Hintergrund, so dass dieser nicht durchschienen werden kann. Taucht dann die Glasröhre in den Messbecher ein und verschließt dabei mit dem Zeigefinger deren oberen Ende. Durch Anheben des Fingers könnt ihr nun die Luft teilweise entweichen lassen, so dass sich der untere Teil der Glasröhre mit Glycerin füllt. Was könnt ihr beobachten? Wie könnt ihr eure Beobachtung erklären? Untermauert eure Erklärung mit einschlägigen Zahlenwerten. Recherchiert hierzu ggf. im Internet.

## 10. Ausweichmanöver: Kann man einem Laserstrahl entkommen?

In vielen Weltraumgefechten gelingt es den Piloten Laserstrahlen auszuweichen, die sich bereits auf das Raumschiff zu bewegen. Ist dies wirklich möglich?

## 11. Beam me up, Scotty!

„Beam me up, Scotty!“ ist in der Science-Fiction-Welt zu einem legendären Ausspruch geworden. Nach Meinung des Chefingenieurs der Enterprise Geordi La Forge ist der Transporter im Star-Trek-Universum die sicherste Art, zu reisen. *Könnte das Beamen in ferner Zukunft Wirklichkeit werden?*

- Ein menschlicher Körper besteht aus ca.  $10^{28}$  Atomen. Allein für die Position jedes dieser Atome wären drei Koordinaten zu speichern, um ihre Lage rekonstruieren zu können. Angenommen, die Informationen über ein Atom beanspruchen ein Kilobyte, dann bräuchte man für einen Menschen einen Speicherumfang von  $10^{28}$  Kilobyte. Wie lange würde man zur Speicherung dieser Datenmenge brauchen, wenn in einer Sekunde 1 GB gespeichert werden könnte? Veranschauliche dir das Ergebnis mit einem sinnvollen Vergleich!
- Wie hoch wäre der Festplatten- bzw. DVD-Stapel, mit dem man die notwendige Speicherkapazität bereitstellen könnte? Recherchiere notwendige Daten z. B. im Internet!
- Neben der nicht zur Verfügung stehenden Speicherkapazität ist die Heisenberg'sche Unschärferelation ein physikalisches Gesetz, welches das Beamen unmöglich macht. Was sagt dieses Naturgesetz aus? Recherchiere im Internet oder der Schulbücherei!

d) Um die Heisenberg'sche Unschärferelation zu umgehen, „erfanden“ die Star-Trek-Autoren den Heisenberg-Kompensator. Ist der Bau eines solchen Geräts realisierbar?

## 12. Reisen durch die Zeit

Im Zusammenhang mit Zeitreisen werden immer auch Paradoxa thematisiert. Zum Beispiel kann eine in der Vergangenheit vorgenommene Korrektur dazu führen, dass in der Gegenwart gar keine Zeitreise stattfindet, da der Grund hierfür entfällt. Findet jedoch keine Zeitreise statt, so kann die Vergangenheit auch nicht korrigiert werden. Recherchiert im Internet nach Zeitparadoxa und beschreibt drei Beispiele!

## Lösungen

### 1. Technik und Phänomene in Science-Fiction: Was ist realistisch?

Realistisch	Unrealistisch
Kommunikationsgeräte (vergleichbar mit Handys), Laserwaffen, Reisen zu anderen Planeten (bemannter Marsflug),...	Beamen, Warp-Antrieb, Wurmlöcher, Traktorstrahlen, hörbare Einschläge bei Weltraumgefechten, unsichtbare Personen oder Raumschiffe,...

### 2. Dauer der Beschleunigung auf Impulsgeschwindigkeit

3 g bedeutet: In 1 s wird eine Geschwindigkeit von ca. 30 m/s bzw.  $30 \cdot 10^{-3} \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  erreicht. Um die halbe Lichtgeschwindigkeit zu erreichen, bräuchte es  $5 \cdot 10^6$  s, das sind etwa 58 Tage.

### 3. Funktionsweise und Realisierbarkeit eines Trägheitsabsorbers

Folgende Elemente sollten im Vortrag enthalten sein:

Analog zu Beschleunigungsvorgängen bei Autos oder Flugzeugen werden die Insassen eines Raumschiffs aufgrund ihrer Trägheit beim Beschleunigen in den Sitz gedrückt.

Dieser Druck nimmt mit der Beschleunigung zu.

Zu hohe Beschleunigungen führen dazu, dass nicht mehr ausreichend Blut in den Kopf gepumpt werden kann; der Mensch wird ohnmächtig.

Würde ein Raumschiff mit der 3fachen Erdbeschleunigung beschleunigen, was der menschliche Organismus noch verkraften würde, dann bräuchte es zum Erreichen der Impulsgeschwindigkeit ( $0,25 c$ ) etwa 58 Tage.

Da die Enterprise für ein Beschleunigungsmanöver nur einen Bruchteil dieser Zeit benötigt, müssen die im Inneren des Raumschiffs wirkenden Trägheitskräfte um ein Vielfaches größer sein.

Die Besatzung könnte eine solche Beschleunigung nicht lebend überstehen.

Der Trägheitsabsorber kompensiert die Trägheitskräfte, die bei der Beschleunigung auftretenden.

Dies könnte durch ein künstlich erzeugtes Gravitationsfeld erreicht werden. Die infolge dieses Feldes auf die Besatzung wirkenden Gravitationskräfte müssten den Trägheitskräften mit gleichem Betrag entgegenwirken.

Davon abgesehen, dass wir kein künstliches Gravitationsfeld erzeugen können, bestünde ein weiteres Problem darin, dass der Trägheitsabsorber bei plötzlichen Beschleunigungen Zeit zum Reagieren bräuchte. Bereits bei Reaktionszeiten von wenigen Millisekunden würde das zum Tod der Besatzung führen.

### 4. Beschleunigung auf Impulsgeschwindigkeit: Energie- und Treibstoffmenge

a) Eine nichtrelativistische Betrachtung liefert mit  $E = \frac{1}{2}mv^2$  ( $E$  Energie,  $m$  Masse,  $v$  Geschwindigkeit) eine Energie von  $3,91 \cdot 10^{12}$  GWh.

$$b) \frac{3,91 \cdot 10^{12} \text{ GWh}}{250 \frac{\text{GWh}}{\text{kg}}} \approx 1,6 \cdot 10^{10} \text{ kg} = 16 \text{ Mio. t.}$$

Um einmal auf 0,25 c zu beschleunigen, müsste die Enterprise eine Treibstoffmenge mitführen, die dem 3,2-Fachen ihrer eigenen Masse entspricht.

Im Gegensatz zu Bewegungen auf der Erde wirken zwischen der Enterprise und dem Weltraum keine Reibungskräfte, weshalb sie ausschließlich durch einen „Gegenschub“ abgebremst werden kann.

c) Obwohl Wasserstoff das häufigste Element im Universum ist, wäre dies nicht möglich. Die durchschnittliche Materiedichte beträgt lediglich 1 Wasserstoffatom / cm<sup>3</sup> was 1 g pro 600 Mio. km<sup>3</sup> entspricht

### 5. Anheben von Planeten mittels Traktorstrahl?

Nein! Bei einem solchen Manöver würde wegen des Wechselwirkungsprinzips der Planet mit gleicher Kraft auf das Raumschiff einwirken. Da der Himmelskörper zweifellos eine viel größere Masse besitzt, müsste sich die Enterprise vom Planeten entfernen. Der Planet selbst bliebe in Ruhe.

### 6. Wie kalt kann es tatsächlich werden?

Der absolute Nullpunkt stellt die niedrigste Temperatur überhaupt dar. Er liegt bei – 273,15 °C und somit über dem angegebenen Wert. Da sich auch im Science-Fiction-Universum alle Atome bereits bei – 273,15 °C in völliger Ruhe befinden, ist auch dort eine Temperatur von – 295 °C ausgeschlossen.

### 7. Kampf mit Lichtschwertern

Lichtschwerter sind fiktive und nicht realisierbare Fechtwaffen. Vergleicht man einen Festkörperlaser mit diesen Fantasiewaffen, kann man feststellen, dass man darin tatsächlich einen Laser mit einer großen Leistung unterbringen könnte. Trotzdem bleiben zwei Probleme: 1. Ein Laserstrahl breitet sich aus, bis er auf ein Hindernis trifft. Er kann deshalb nicht wie bei Lichtschwertern auf eine reale Länge begrenzt werden. 2. Zwei Lichtschwerter, die im Kampf aufeinandertreffen, würden sich einfach durchdringen. Sie können sich keinen Widerstand bieten, weil sich Lichtstrahlen beliebig durchdringen und überlagern.

### 8. Weltraumgefechte auf dem Prüfstand

a) Ohne Kreidestaub sieht man lediglich einen Lichtfleck an der Wand, auf welcher der Laserstrahl auftrifft. Die Kreidepartikel streuen das Laserlicht (sekundäre Lichtquellen) z. T. in unsere Augen; die Kreidepartikel (und somit der Weg des Laserlichts) werden sichtbar.

c) Individuelle Lösung.

### 9. Jagd auf einen Unsichtbaren

a) Er müsste die gleichen optischen Eigenschaften haben wie seine Umgebung, d. h. der Brechungsindex seines Körpers müsste dem von Luft entsprechen. Dann würde an seinem Körper keine Brechung sowie Reflexion erfolgen und er wäre tatsächlich „unsichtbar“.

b) Nein. Um etwas sehen zu können, muss einfallendes Licht auf die Netzhaut fokussiert werden, was – würde sein Brechungsindex dem von Luft entsprechen – nicht möglich wäre

c) Der Brechungsindex von Glycerin beträgt 1,47, der von Kronglas zwischen 1,5 und 1,6.

### 10. Ausweichmanöver: Kann man einem Laserstrahl entkommen?

Es kann nicht gelingen, weil sich Laserstrahlen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Sie könnten vom Piloten erst beim Einschlag wahrgenommen werden, zu spät für ein Ausweichmanöver.

## 11. Beam ma up, Scotty!

$$a) t = \frac{10^{31} \text{B}}{10^9 \text{B}} = 10^{22} \text{s} \approx 3,2 \cdot 10^{14} \text{a} .$$

Dies entspricht mehr als dem 23 000-fachen Alter des Universums, welches mit  $13,75 \cdot 10^9$  a angegeben wird.

Anzahl der Festplatten (Speicherkapazität: 500 GB, Dicke: 1,6 cm):

$$\frac{1 \cdot 10^{31} \text{B}}{500 \cdot 10^9 \text{B}} = 2 \cdot 10^{19} .$$

Stapelhöhe in km:

$$2 \cdot 10^{19} \cdot 0,016 \text{m} = 3,2 \cdot 10^{14} \text{km} .$$

Stapelhöhe in ly:

$$\frac{3,2 \cdot 10^{14} \text{km}}{3 \cdot 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}} \approx 34 \text{ly} .$$

Anzahl der DVDs (Speicherkapazität: 4,7 GB, Dicke: 1,2 mm):

$$\frac{1 \cdot 10^{31}}{4,7 \cdot 10^9} = 2,13 \cdot 10^{21} .$$

Stapelhöhe in km:

$$2,13 \cdot 10^{21} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \text{m} = 2,6 \cdot 10^{15} \text{km} .$$

Stapelhöhe in ly:

$$\frac{2,6 \cdot 10^{15} \text{km}}{3 \cdot 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}} \approx 275 \text{ly} .$$

c) Die Heisenberg'sche Unschärferelation besagt, dass der Ort eines Teilchens und dessen Impuls nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmt werden können. Dieser Umstand würde das Beamen eines Menschen zwangsläufig ausschließen.

d) Nein! Die Heisenberg'sche Unschärferelation ist ein physikalisches Naturgesetz, das stets Gültigkeit besitzt und nicht durch ein Gerät „abgeschaltet“ werden kann.

## 12. Reisen durch die Zeit

z. B. Großmutterparadox

**Dr. Patrik Vogt**

Universität Koblenz-Landau

Institut für Naturwissenschaften und naturwissenschaftliche Bildung

Lehrereinheit Physik

Fortstr. 7

76829 Landau