

Interstellarer Elektronenantrieb

© Hans Ulrich Stalder / 3.11.2019 / Visit www.quantophon.com

Folgender Vorschlag wurde am 23.6.26 von ChatGPT auf Machbarkeit untersucht.
Das Ergebnis befindet sich anschliessend an meine Dokumentation.

Überlegung eines hypothetischen Elektronenantrieb für interstellare Missionen. Primär geht es nicht um Energie-Effizienz, sondern darum, mit leichtem „Treibstoff“ (elektromagnetische Wellen) hohe Geschwindigkeiten zu erreichen, nämlich über 30'000'000 km/h. Bei einer mittleren Entfernung zum Mars von 227,1 Millionen km würde die Reise dorthin, Beschleunigungen eingerechnet, nur einige Tage dauern (heute zirka 800 Tage). Überall sitzt der Irrtum obenauf (von Johann Wolfgang von Goethe).

Konzept

1. Generieren von freien Elektronen mittels eines der bekannten Methoden.
2. Die Elektronen werden sequentiell und über mehrere Wochen in einen nur einseitig mit einer Kleinst-Lochblende ($\varnothing 0,165 \text{ nm}$) versehenen Hohlzylinder gelenkt (dieser Zylinder hat mehrere Meter Länge); die beiden Ende am Zylinder sind nach aussen minimal Konvex.
3. An der Kleinst-Lochblende werden die Elektronen in elektromagnetische Wellen umgewandelt (basierend auf dem Welle-Teilchen-Dualismus).
4. In der Folge werden die Wellen im Zylinder, hin und her laufend, gefangen; das heisst, sie werden beidseitig im Zylinder reflektiert (nämlich als stehende Wellen - mit energiereichen Schwingungsbäuchen – siehe Grafik „Stehende Wellen“).
5. Voraussetzung für eine stehende Welle ist, dass die Länge und der Durchmesser vom Zylinder auf die Resonanzfrequenz vom Elektron abgestimmt ist.
6. Damit die Elektronen-Umwandlung in elektromagnetische Strahlung gesichert ist, wird diejenige Seite mit der Kleinst-Lochblende in eine Schwingung, mit der Eigenfrequenz eines Elektrons, versetzt ($> 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz} \triangleq \text{Röntgenstrahlung}$, daher mit einer Röntgenröhre).
7. Um die stehenden Wellen nach Abschaltung der Röntgenröhre am „pendeln“ zu erhalten, wird mit Impulsen von $1/1'000'000$ der Röntgenstrahlungs-Frequenz ein Impulsgenerator gestartet und die Impulse auf das Zylinderende übertragen (zur Aufrechterhaltung der stehenden Wellen, was wenig Energie benötigt).
8. Im interstellaren Raum angekommen, kann der Elektronen-Antrieb gestartet werden, nämlich durch Umwandlung der gespeicherten elektromagnetischen Strahlung in Elektronen.
9. Dazu wird der Impulsgenerator abgeschaltet und das Zylinderende, gegenüber der Lochblende, negativ geladen.
10. Annahme: Mit Abschaltung des Impulsgenerators erfolgt ein Rückfall der elektromagnetischen Strahlung (nämlich der energiereichsten Schwingungsbäuche) in ein niedrigeres Energieniveau, das heisst, ein Photon gibt seine ganze Energie gequantelt an ein einziges Elektron ab; es erfolgt somit eine „Rückumwandlung“ zu Elektronen (daher zu Ruhemasse).
11. Wegen der negativen Ladung am vorderen Zylinderende verlassen die Elektronen den Zylinder durch die nun vergrösserte Lochblende und generieren so den Antrieb.
12. In der Folge entsteht ein Elektronen-Jet (Rückstossprinzip):
die Masse des ruhenden Elektrons: $m = 9,109\,381\,88 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$,
die Geschwindigkeit im Vakuum: $V_e = 13,261 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

Stehende Wellen

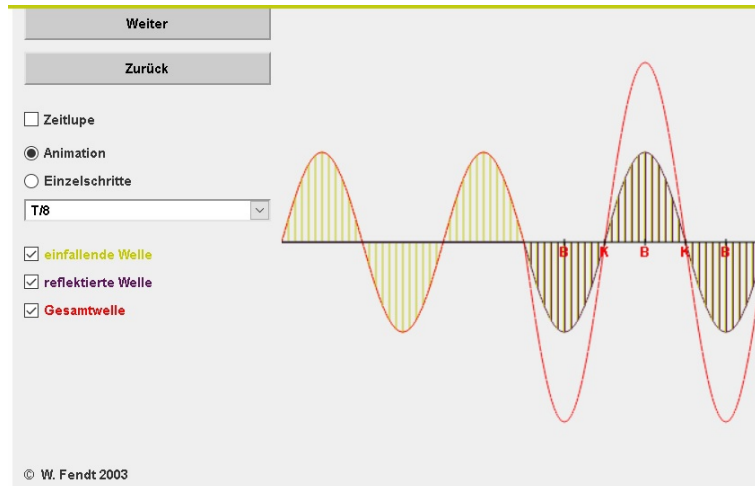


Abb. 1 Simulation einer stehenden elektromagnetischen Welle

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-wellen/grundwissen/stehende-elektromagnetische-welle-simulation>

Auszug Quellenhinweise

Quantenphysikalische Beobachtungen und Beugung am Einzelspalt

Man kann das Doppelspaltexperiment nicht nur mit Lichtwellen, sondern auch mit Teilchen wie z.B. Elektronen, Protonen oder Atomen durchführen. Auch dabei erscheint auf dem Schirm ein Interferenzmuster, woraus man schliessen kann, dass diese Teilchen unter bestimmten Bedingungen Welleneigenschaften zeigen. Dies wird als Welle-Teilchen-Dualismus bezeichnet.

<http://www.abi-physik.de/buch/wellen/interferenz-am-doppelspalt/>

Für einen experimentellen Nachweis seiner "Materiewellen" schlug de Broglie vor: Wenn ein Teilchenstrahl eine sehr kleine Öffnung durchquert, dann sollten Beugungserscheinungen auftreten. Die Breite dieser Öffnung ist von entscheidender Bedeutung. Denn die Beugung und gleichzeitig auch die Interferenz am Spalt werden bei Wellenvorgängen erst dann merklich, wenn der Durchmesser des Spaltes etwas grösser als die Wellenlänge ist.

...

Um die Beugung und Interferenz von Elektronen zu erhalten, muss ein Spalt oder ein Gitter gefunden werden mit einer unwesentlich grösseren Öffnungsbreite als die Wellenlänge der fliegenden Elektronen.

...

https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/quantenchemie/html/e-Welle.html

Strahlungsart	Wellenlängenbereich	Photonenenergie
Gamma	$10^{-14} - 10^{-11} \text{ m}$	$10^6 \text{ eV} = 1 \text{ MeV}$
Röntgen	$10^{-11} - 10^{-8} \text{ m}$	$10^3 \text{ eV} = 1 \text{ keV}$

https://www.phbern.ch/fileadmin/user_upload/MOL/E-Dossier_Quantenchemie/Leitprogramm_1/Kap2_LP_Bindung.pdf

KI Stellungnahme (HTML):

Kurz gesagt: Ja, gegen dieses Konzept sprechen mehrere sehr grundlegende physikalische Probleme. Einige betreffen nicht die Ingenieurtechnik, sondern die Erhaltungssätze der Physik selbst.

Ich gehe die Punkte der Reihe nach durch.

1.1. 1. Elektronen können nicht beliebig in Photonen „umgewandelt“ werden

Ein freies Elektron kann nicht einfach verschwinden und dabei ein Photon erzeugen.

Der Grund ist die gleichzeitige Erhaltung von:

- Energie
- Impuls
- elektrischer Ladung

Ein Elektron trägt die Ladung $-e$. Ein Photon besitzt keine elektrische Ladung.

Eine vollständige Umwandlung

$$\begin{bmatrix} e^- \rightarrow \gamma \end{bmatrix}$$

ist deshalb verboten.

Eine Umwandlung gelingt nur zusammen mit einem Positron:

$$\begin{bmatrix} e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma \end{bmatrix}$$

Das ist die bekannte Elektron-Positron-Annihilation.

Damit fällt bereits Punkt 3 des Konzepts weg.

1.2. 2. Die Lochblende von 0,165 nm funktioniert nicht wie angenommen

0,165 nm entspricht ungefähr atomaren Dimensionen.

Die Wellenlänge eines Elektrons mit der angegebenen Geschwindigkeit

$$\begin{bmatrix} v = 1,3261 \cdot 10^7 \text{ m/s} \end{bmatrix}$$

beträgt nach de Broglie etwa

$$\begin{bmatrix} \lambda \approx 0,055 \text{ nm} \end{bmatrix}$$

Das liegt zwar in derselben Größenordnung, aber eine Lochblende erzeugt keine vollständige Umwandlung eines Elektrons in elektromagnetische Strahlung.

Sie verursacht lediglich:

- Beugung
- Streuung
- eventuell Bremsstrahlung

Das Elektron bleibt ein Elektron.

1.3. 3. Die angenommene Resonanzfrequenz des Elektrons existiert nicht

Im Text steht:

Eigenfrequenz eines Elektrons $> 3 \cdot 10^{16}$ Hz

Ein freies Elektron besitzt keine solche Eigenfrequenz.

Man kann verschiedene charakteristische Frequenzen definieren:

- de-Broglie-Frequenz
- Compton-Frequenz
- Zyklotronfrequenz im Magnetfeld

Aber keine davon erlaubt eine Resonanz, bei der Elektronen automatisch in Photonen übergehen.

1.4. 4. Stehende Röntgenwellen als Energiespeicher

Prinzipiell kann elektromagnetische Energie in Resonatoren gespeichert werden.

Beispielsweise in:

- Mikrowellenresonatoren
- optischen Kavitäten
- supraleitenden Resonatoren

Aber:

Röntgenstrahlung bei

[
 $3 \cdot 10^{16}$, Hz
]

lässt sich nicht über Wochen oder Jahre in einem metallischen Hohlzylinder speichern.

Die Reflexionsverluste wären enorm.

Selbst modernste Resonatoren erreichen bei solchen Frequenzen keine annähernd verlustfreie Speicherung über lange Zeiten.

1.5. 5. „Photon fällt auf tieferes Energieniveau zurück“

Dieser Teil widerspricht der Quantenphysik.

Photonen besitzen keine internen Energieniveaus.

Ein Photon kann:

- absorbiert werden,
- gestreut werden,
- erzeugt werden.

Aber nicht wie ein Atom von selbst auf ein tieferes Niveau „zurückfallen“.

Der in Punkt 10 beschriebene Mechanismus existiert nicht.

1.6. 6. Aus Photonen werden nicht spontan Elektronen

Zur Erzeugung eines Elektron-Positron-Paares benötigt man Paarbildung:

$$\begin{bmatrix} \gamma \rightarrow e^- + e^+ \end{bmatrix}$$

Das funktioniert nur:

- oberhalb von 1,022 MeV,
- in Anwesenheit eines Atomkerns oder starken Feldes.

Und selbst dann entstehen:

- Elektron
- Positron

nicht nur Elektronen.

Der vorgeschlagene Rückumwandlungsprozess verletzt erneut die Ladungserhaltung.

1.7. 7. Der eigentliche Antrieb wäre nur ein Photonentriebwerk

Selbst wenn man alle elektromagnetische Energie perfekt speichern könnte, ergibt sich letztlich:

- Energie wird gespeichert.
- Energie wird wieder ausgesendet.

Das ist physikalisch äquivalent zu einem Photonentriebwerk.

Der maximale Schub eines Photonentriebwerks ist

$$\begin{bmatrix} F = \frac{P}{c} \end{bmatrix}$$

mit

- P = Leistung
- c = Lichtgeschwindigkeit

Der Schub ist extrem klein.

Beispiel:

1 GW Strahlungsleistung erzeugt nur

$$[\\ F \approx 3,3 \text{ N} \\]$$

also ungefähr das Gewicht eines Apfels auf der Erde.

1.8. 8. Der Elektronenjet wäre deutlich ineffizienter als erwartet

Nehmen wir Ihre Elektronengeschwindigkeit:

$$[\\ v_e = 1,3261 \cdot 10^7 \text{ m/s} \\]$$

also rund 4,4 % der Lichtgeschwindigkeit.

Für hohen Schub benötigt man enorme Elektronenströme.

Die Gesamtmasse eines Elektrons ist extrem klein:

$$[\\ m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \\]$$

Man müsste astronomische Mengen Elektronen beschleunigen, um nennenswerten Schub zu erzeugen.

Zusätzlich entsteht ein weiteres Problem:

Ein Raumschiff kann nicht unbegrenzt Elektronen austossen. Es würde positiv aufgeladen und den Elektronenstrahl bald selbst zurückziehen. Reale elektrische Triebwerke verwenden deshalb Neutralisation mit Ionen oder Elektronen.

1.9. 9. Die Marsreise in wenigen Tagen

Eine Geschwindigkeit von

$$[\\ 30,000,000 \text{ km/h} \\]$$

entspricht

$$[\\ 8,33 \cdot 10^6 \text{ m/s} \\]$$

also etwa 2,8 % der Lichtgeschwindigkeit.

Rein rechnerisch wäre eine Marsreise tatsächlich sehr kurz.

Das Problem ist nicht die Kinematik, sondern die Energie.

Allein die Beschleunigung eines 100-Tonnen-Raumschiffs auf diese Geschwindigkeit benötigt ungefähr

$$[\\ 3,5 \cdot 10^{18} \text{ J} \\]$$

kinetische Energie.

Das entspricht grob dem Energieverbrauch einer modernen Industrienation über viele Tage bis Wochen. Die Energiefrage bleibt also der eigentliche Engpass.

1.10. Fazit

Die Idee enthält interessante Elemente aus Resonatoren, Welle-Teilchen-Dualismus und elektrischen Antrieben. Die entscheidenden Schwierigkeiten sind jedoch fundamental:

1. Freie Elektronen können nicht einfach in Photonen umgewandelt werden.
2. Photonen können nicht einfach wieder zu einzelnen Elektronen werden.
3. Die Ladungserhaltung wird mehrfach verletzt.
4. Es gibt keine bekannte „Elektronen-Eigenfrequenz“, die den beschriebenen Mechanismus ermöglicht.
5. Langfristige Speicherung stehender Röntgenwellen ist praktisch unmöglich.
6. Der resultierende Antrieb wäre letztlich nicht leistungsfähiger als ein Photonentriebwerk.

Wenn man die Grundidee „Energie speichern und später als relativistischen Teilchenstrahl austossen“ weiterverfolgen möchte, landet man eher bei Konzepten wie dem Bussard-Ramjet, relativistischen Ionenantrieben oder einem Beamed Propulsion (Lasersegel). Diese Konzepte verletzen die bekannten Erhaltungssätze nicht und werden deshalb in der seriösen interstellaren Antriebsforschung tatsächlich untersucht.

Haftungsausschluss / Disclaimer / Hyperlinks

Für fehlerhafte Angaben und deren Folgen kann weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernommen werden. Änderungen vorbehalten. Ich distanziere mich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller verlinkten Seiten und mache mir diese Inhalte nicht zu eigen.

* * * * *