

Ein elektrostatisch getriebener Motor

Wolfenbüttel, den 18. Feb. 2008

Claus W. Turtur, University of Applied Sciences Braunschweig-Wolfenbüttel

Zusammenfassung

Das physikalische Prinzip eines neuartigen Motors wird vorgestellt, bei dem das elektrostatische Feld einer elektrischen Ladung einen Rotor antreibt. Die Funktionsweise des Motors wird erläutert anhand von Coulombkräften und der Methode der Spiegelladungen. Außerdem wird ein möglicher Vorschlag für einen exemplarischen Versuchsaufbau zwecks praktischer Überprüfung der Funktionsfähigkeit vorgestellt, bei dem ein Rotor von 20 Zentimetern Durchmesser ein Drehmoment in der Größenordnung von etwa $10^{-7} Nm$ erfährt, wobei noch keine technische Optimierung für spätere Anwendungen vorgenommen wurde. Die Herkunft der Antriebsenergie wird auf die vielzitierte Energie des Vakuums zurückgeführt.

Inhalt des Artikels

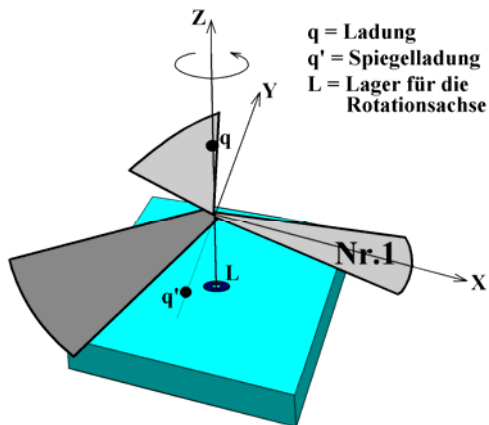
Physikalische Grundlagen:

Zur Vorbereitung auf den hier vorliegenden Artikel wurde in [1] demonstriert, wie elektrische Ladung mit dem von ihr erzeugten elektrischen Feld permanent Energie in den Raum abstrahlt. Da hierfür die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Feldes berücksichtigt werden muss, besteht ein enger Zusammenhang mit retardierten Feldern und Potentialen, die man aus der elektromagnetischen Feldtheorie kennt (siehe z.B. [2], [3]).

Bevor wir am Ende des Artikels auf die Frage nach dem Ursprung der Antriebsenergie zurückkommen werden, wollen wir jetzt überlegen, auf welche Weise diese von jeder elektrischen Ladung abgestrahlte Feldenergie in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Das hier entwickelte Umwandlungsverfahren besteht darin, den von der Ladung emittierten elektrischen Fluß¹ (der in Lehrbüchern mitunter durch Feldlinien veranschaulicht wird) mittels metallischer Flächen umzulenken und die mechanischen Kräfte, die das Feld dabei auf die Flächen ausübt, zu nutzen, z.B. um eine Bewegung der Flächen anzutreiben. Eine denkbare Anordnung zeigt Abb.1, wobei die Ladung „ q “, die das Feld emittiert, konstant ist und die Rotorblätter geerdet sind.

Natürlich könnte man sich auch vielerlei andere Anordnungen vorstellen. Wirkungsvoller als die hier gezeigte Anordnung in Sinne einer Vergrößerung der Kräfte auf die Metallflächen sollte z.B. die Anordnung der felderzeugenden Ladung auf einer zur xy -Ebene parallelen Kondensatorplatte bei der Höhe $z = z_0$ sein. Darüberhinaus könnte man auch den Anstellwinkel der Rotorblätter oder andere geometrische Parameter optimieren, aber für die hier dargestellte konzeptionelle Entwicklung des Funktionsprinzips einer Maschine ist es vorteilhaft, eine möglichst einfach verständliche Anordnung zu betrachten. Und eben dafür ist eine Punktladung als Feldquelle besonders übersichtlich in das Coulombgesetz einzusetzen, anhand dessen wir die Funktionsweise verstehen können. Aus diesem Grunde entscheiden wir uns für eine Punktladung „ q “ als Feldquelle und für den in Abb.1 gezeigten Aufbau.

¹ Der elektrische Fluß Φ_e kann in Analogie zum magnetischen Fluß $\Phi_m = \int_C \vec{B} \cdot d\vec{A} = \mu_0 \cdot \int_C \vec{H} \cdot d\vec{A}$ durch eine geschlossene Fläche C definiert werden als $\Phi_e = \varepsilon_0 \cdot \int_C \vec{E} \cdot d\vec{A}$.

**Abb.1:**

Mögliche Anordnung einer Ladung „ q “ und eines Rotors aus drei Rotorblättern, bei der die Ladung eine permanente elektrostatische Kraft auf den Rotor ausübt, und somit den Rotor fortgesetzt antreibt, sofern der praktische Aufbau dafür Sorge trägt, dass die Reibung nicht größer ist, als die antreibende Kraft. Mit „ q' “ wurde die Spiegelladung zu „ q “ im Bezug auf das Rotorblatt „1“ dargestellt, die im weiteren Verlauf des Artikels von Bedeutung sein wird.

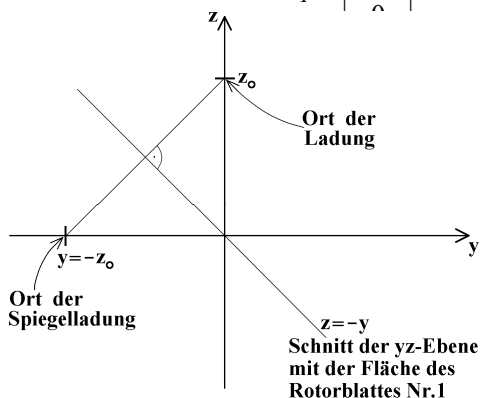
Zum Aufsuchen der die Rotorblätter antreibenden Coulombkraft wenden wir die Methode der Spiegelladungen (siehe [4]) an. Zu diesem Zweck beginnen wir mit einer Betrachtung der geometrischen Anordnung der Apparatur. Das Rotorblatt Nr.1 stellen wir der Einfachheit halber im Winkel von 45° zur xy -Ebene an. Im Moment unserer Betrachtung sei die Mitte dieses Rotorblattes entlang der x -Achse ausgerichtet. Damit definiert es eine Ebene $z := z(x, y)$ mit der Funktionsgleichung $z = -y$. Die Ortsvektoren zu den Punkten dieser Ebene lauten also

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ -y \end{pmatrix} \text{ mit zwei freien Parametern } x \text{ und } y.$$

Aus Symmetriegründen ändert sich an den prinzipiellen Überlegungen zur Entstehung und zur Berechnung der Kräfte nichts, wenn sich die Rotorblätter im Laufe der Zeit drehen. Ebenso aus Symmetriegründen und ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit können wir unsere Überlegungen anhand des Rotorblattes Nr.1 durchführen, und später in Analogie auf alle anderen Rotorblätter übertragen. Die Rotationsachse für die Kreisbewegung der Rotorblätter ist die z -Achse, sodaß sich jedes Blatt in der xy -Ebene um die z -Achse dreht.

Die Ladung „ q “ sei auf der z -Achse bei der z -Koordinate z_0 positioniert. Die Position der zugehörigen Spiegelladung „ q' “ (bzgl. der Blattes Nr.1) finden wir dann entsprechend Abb.2 beim Blick aus der x -Richtung auf die yz -Ebene. In dieser Ansicht erkennen wir das Blatt Nr.1 als dessen Schnitt mit der yz -Ebene, als Gerade $z = -y$, was der oben angegebenen Parametrisierung der Funktionsgleichung der durch das Blatt definierten Fläche entspricht. Spiegeln der Ladung „ q “ an dieser Geraden führt zur Position der Spiegelladung „ q' “ auf der y -Achse bei der y -Koordinate $y = -z_0$. Die x -Koordinaten von „ q “ und „ q' “ bleiben beim

Spiegeln Null. Damit ergeben sich die Ortsvektoren der beiden Ladungen gemäß $\vec{r}_q = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ z_0 \end{pmatrix}$ für die Ladung und $\vec{r}_{q'} = \begin{pmatrix} 0 \\ -z_0 \\ 0 \end{pmatrix}$ für die Spiegelladung.

**Abb.2:**

Skizze zur Auffindung der Position der Spiegelladung. Sowohl die Ladung „ q “ als auch die Spiegelladung „ q' “ tragen die x -Koordinate $x = 0$. Deshalb genügt der zweidimensionale Schnitt der yz -Ebene zur Konstruktion der Lage der Spiegelladung. Dabei wird die Position der Ladung „ q “ am Schnitt des Rotorblattes Nr.1 gespiegelt.

Kennen wir nun die Positionen der Feldquelle „ q “ und ihrer Spiegelladung „ q' “, so ist eine Anwendung des Coulombgesetzes kein Problem mehr, denn für die Spiegelladung gilt $q' = -q$. Damit lässt sich die Coulombkraft zwischen diesen beiden Ladungen schreiben als

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(+q) \cdot (-q)}{|\vec{r}|^2} \cdot \vec{e}_r \quad \text{mit } \vec{r} = \text{Vektor von } q' \text{ nach } q \text{ und } \vec{e}_r = \text{Einheitsvektor in } \vec{r}\text{-Richtung,}$$

$$\text{worin } |\vec{r}| = \sqrt{2} \cdot z_0 \Rightarrow |\vec{r}|^2 = 2 \cdot z_0^2 \quad \text{und} \quad \vec{e}_r = \begin{pmatrix} 0 \\ \sqrt{1/2} \\ \sqrt{1/2} \end{pmatrix} \text{ mit } |\vec{e}_r| = 1.$$

$$\Rightarrow \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{-q^2}{2 \cdot z_0^2} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \sqrt{1/2} \\ \sqrt{1/2} \end{pmatrix} = \frac{-q^2}{\sqrt{128} \cdot \pi \epsilon_0 z_0^2} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ für die Kraft zwischen Ladung und Spiegelladung.}$$

Das Entscheidende ist: Sowohl die Ladung „ q “ als auch das Rotorblatt erfährt jeweils eine Kraftkomponente in y -Richtung, die zu einer Rotation des Rotorblattes um die z -Achse führt. Zur Veranschaulichung betrachte man nochmals Abb.1. Diese Kraft ist anziehend, da die Spiegelladung umgekehrtes Vorzeichen trägt wie die Ladung. Daraus ergibt sich die in Abb.1 eingezeichnete Drehrichtung des Rotorblattes.

Beispiel eines Testaufbaus

Für eine tatsächliche Beispielrechnung zu einem möglich denkbaren Versuchsaufbau, müssen wir Abmessungen dimensionieren. Zu diesem Zweck legen wir willkürlich eine geometrische Anordnung (mit den Winkeln und Durchmessern) gemäß Abb.3 fest – einfach nur, um ein Beispiel durchrechnen zu können, das sich zur späteren experimentellen Verifikation eignet.

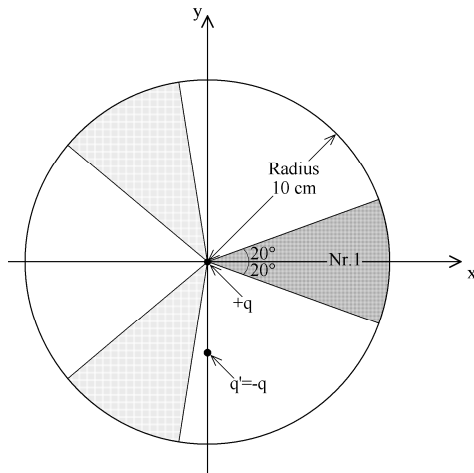


Abb.3:

Rotor mit drei Blättern und einem Durchmesser von 20 Zentimetern, der sich um die z -Achse dreht. Gezeigt wird die Projektion des Rotors auf die xy -Ebene mit der Angabe der Winkel der von den Rotorblättern überdeckten Fläche. Die Ladung „ q “ befindet sich auf der z -Achse bei $z_0 = 5\text{ cm}$, sodass die Spiegelladung „ q' “ auf der y -Achse bei $y = -z_0 = -5\text{ cm}$ anzusetzen ist.

Zum Anbringen der Ladung „ q “ wählen wir eine kleine elektrisch leitfähige Kugel mit einem Durchmesser von $2R = 1.0\text{ cm}$, deren Mittelpunkt bei $z_0 = 5\text{ cm}$ montiert sei. Die Kapazität eines solchen Kugelkondensators (gegen unendlich) beträgt $C = 4\pi\epsilon_0 \cdot R$. Laden wir diese Kugel auf eine Spannung von $U = 10\text{ kV}$ auf (ohne elektrische Überschläge zu provozieren), so trägt sie eine Ladung von $q = C \cdot U = 4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{R}{0.5\text{ cm}} \cdot \frac{U}{10\text{ kV}} \approx 5.56 \cdot 10^{-9}\text{ C}$. Der Spiegelladung muss

dann ein Wert von $q' \approx -5.56 \cdot 10^{-9}\text{ C}$ zugemessen werden.

Setzen wir diese Werte in die Formel für die Kraft zwischen Ladung und Spiegelladung ein,

$$\text{so erhalten wir } \Rightarrow \vec{F} = \frac{-q^2}{\sqrt{128} \cdot \pi \epsilon_0 z_0^2} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = 3.93 \cdot 10^{-5}\text{ N} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Während die z -Komponente der antreibenden Kraft nur in Richtung der Rotationsachse zeigt, und somit keinen sichtbaren Effekt erzielt, führt die y -Komponente dieser Kraft direkt zu

einer Rotation des Rotors um die z-Achse (sofern die Kraft ausreicht, um die Reibung zu überwinden). Damit ist das Funktionsprinzip des Motors geklärt.

Was allerdings hier mit der Methode der Spiegelladung als \vec{F} berechnet wurde, ist die Kraft auf die Ladung „q“, bzw. die Kraft auf eine unendlich ausgedehnte leitende Fläche, die die gesamte Ebene $z := z(x, y) = -y$ erfüllt. Das Rotorblatt unseres Aufbaus beschreibt tatsächlich aber nur einen kleinen Teil dieser Ebene. Zur Bestimmung der tatsächlichen Kraft auf dieses endlich ausgedehnte Rotorblatt wollen wir uns nochmals dem beispielhaften Versuchsaufbau zuwenden, von dem Abb.3 eine Projektion zeigt. Für diesen Aufbau wollen wir nämlich den Anteil des elektrischen Flusses in die Fläche des Rotorblattes in Relation zum gesamten elektrischen Fluß durch die gesamte Ebene $z := z(x, y) = -y$ bestimmen. Als Vorarbeit dazu stellen wir das Potential der Ladung und der Spiegelladung auf, welches dann für den Raum zwischen der Ebene $z := z(x, y) = -y$ und der Ladung „q“ gilt:

Das Coulombpotential der Punktladung „q“ ist $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{d}$,

das Coulombpotential der Spiegelladung „q'“ ist $V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q'}{d'}$,

mit $d = \sqrt{(\vec{r} - \vec{r}_q)^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - z_0)^2}$ und $d' = \sqrt{(\vec{r} - \vec{r}_{q'})^2} = \sqrt{x^2 + (y + z_0)^2 + z^2}$ als Abstände der Ladung bzw. der Spiegelladung zu dem Aufpunkt, in dem das Potential angegeben werden soll. Damit, und wegen $q' = -q$, wird das gesamte Potential im Raum zwischen der Ladung und der Ebene $z := z(x, y) = -y$ zu:

$$V_{ges} = V + V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z - z_0)^2}} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{-q}{\sqrt{x^2 + (y + z_0)^2 + z^2}}.$$

Die elektrostatische Feldstärke ist wie gewohnt $\vec{E} = -\vec{\nabla} \cdot V_{ges}$.

Auf dieser Basis lässt sich der Anteil des elektrischen Flusses durch die Fläche des Rotorblattes in Relation zum gesamten elektrischen Fluß durch die Ebene $z := z(x, y) = -y$ setzen, was aus rechentechnischen Gründen in der vorliegenden Arbeit in numerischer Näherung durchgeführt wurde. Der Anteil liegt bei ca. $(4 \pm 0.5)\%$.

Daraus folgern wir für die y-Komponente der Kraft auf jedes einzelne Rotorblatt

$$\Rightarrow F_y \approx 3.93 \cdot 10^{-5} N \cdot 4\% \approx 1.6 \cdot 10^{-6} N,$$

und somit für die Kraft auf drei Rotorblätter $3 \cdot F_y \approx 4.7 \cdot 10^{-6} N$.

Wollen wir das Drehmoment wissen, das die Ladung „q“ auf die drei Rotorblätter ausübt, dann müssen wir berücksichtigen, dass die Kraft $3 \cdot F_y$ nicht an einem Punkt angreift, sondern über unterschiedliche Radien der Rotation an den Rotorblättern verteilt ist. Das ist ein einfaches mechanisches Problem, dessen Lösungsweg hier keiner detaillierten Erläuterung bedarf. Das Drehmoment auf die drei Rotorblätter ergibt sich mit etwa $|\vec{M}_{ges}| \approx 9 \cdot 10^{-8} Nm$ (und wir nur „ungefähr“ angegeben, da die zugrunde liegenden Kraftwerte auch nur einer numerischen Näherung entstammen.)

Resumée und Herkunft der Energie:

Damit ist das Prinzip des elektrostatisch betriebenen Motors erläutert und auch ein Beispiel für einen möglichen Versuchsaufbau zu Testzwecken dargestellt. Da die Grundlage des Funktionsprinzips nur zwei elementare Voraussetzungen benötigt, nämlich die Gültigkeit des Coulomb-Gesetzes und die Tauglichkeit der Methode der Spiegelladungen, sollte eigentlich zu erwarten sein, dass der Motor funktioniert. Ist die Ladung einmal über dem Rotor angebracht, so sollte der Rotor solange beschleunigt werden, bis Reibungskräfte und

mechanische Nutzkräfte den antreibenden Kräften die Waage halten. Sobald dieser Zustand erreicht ist, erwarten wir einen Betrieb mit konstanter Drehzahl.

Damit wird natürlich die eingangs erwähnte Frage nach der Herkunft der antreibenden Energie wieder wachgerufen. Zu deren Beantwortung müssen wir nochmals auf den Vorbereitungsartikel [1] zurückgreifen. Dort erkennt man, dass nicht nur die Ladung als Feldquelle permanent Feldenergie abstrahlt, sondern dass diese abgestrahlte Feldenergie bei ihrer Propagation in den Raum auch wieder vom bloßen Raum aufgenommen, also absorbiert wird. Damit wird der leere bloße Raum (mit anderen Worten das Vakuum) über die reine Ausbreitung der Felder mit ihren Feldstärken hinaus, zu einem Transportmedium für Feldenergie. Nach dieser Vorstellung würde der Raum beim Ausbreiten der Felder Energie absorbieren und diese dann wieder für Feldquellen zur Verfügung stellen, wo sie dann wieder zu Tage tritt. Die Feldquellen werden typischerweise als Ladungen bezeichnet. Diese Überlegungen sind konzeptionell ebenso neu, wie der danach entwickelte Motor.

Dass der „leere“ Raum tatsächlich Energie enthält, ist sowohl theoretisch über die kosmologische Konstante Λ der Allgemeinen Relativitätstheorie bekannt [5], wie auch aus experimentellen Untersuchungen der Astrophysik [6],[7] (mit Messwerten im Bereich von etwa 10^{-9} J/m^3 , wobei man üblicherweise zu dem Schluß kommt, dass 65% unseres Universums aus unsichtbarer Vakuumenergie bestehen), ebenso aber auch aus quantenelektrodynamischen Überlegungen zur nichttrivialen Struktur des Vakuums [8]. Zwar besteht noch keine Klarheit über die tatsächliche Energiedichte des Vakuums, aber diese Frage beeinträchtigt nicht das Funktionsprinzip des hier vorgestellten elektrostatisch getriebenen Motors. In diesem Sinne würde der hier vorgestellte Motor nichts weiter tun, als Vakuumenergie in mechanische Energie umzuwandeln.

Literatur

- [1] Two Paradoxes of the Existence of electric Charge
Claus W. Turtur, arXiv:physics/0710.3253 v1 (Okt.2007)
- [2] Lehrbuch der theoretischen Physik, Band II, Klassische Feldtheorie
L.D.Landau und E.M.Lifschitz, Verlag Harry Deutsch, ISBN 3-8171-1327-7 (1997)
- [3] Elektromagnetische Feldtheorie
Harald Klingbeil, Teubner Verlag, ISBN 3-519-00431-3 (März 2003)
- [4] Klassische Elektrodynamik
John David Jackson, Walter de Gruyter Verlag, ISBN 3-11-007415-X (1981)
- [5] Einführung in die Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie
Hubert Goenner, Spektrum Akademischer Verlag, ISBN 3-86025-333-6 (1996)
- [6] Das Rätsel der kosmologischen Vakuumenergiedichte und die beschleunigt Expansion des Universums, Domenico Giulini und Norbert Straumann, arXiv:astro-ph/0009368 (Sept.2000)
- [7] Measuring Spacetime: from Big Bang to Black Holes
Max Tegmark, arXiv:astro-ph/0207199 v1 (10. Jul 2002)
Slightly abbreviated version in: Science, 296, 1427-1433 (2002)
- [8] Field correlators in QCD. Theory and applications.
A.Di Giacomo, H.G.Dosch, V.I.Shevchenko, Yu.A.Simonov
<http://arxiv.org/abs/hep-ph/0007223>

Adresse des Autors:

Prof. Dr. Claus W. Turtur
 Fachhochschule Braunschweig-Wolfenbüttel
 Salzdahlumer Strasse 46 / 48
 Germany – 38302 Wolfenbüttel
 Email: c-w.turtur@fh-wolfenbuettel.de
 Tel.: (+49) 5331 / 939 – 3412

Der Artikel ist publiziert unter
 PHILICA.COM, ISSN 1751-3030, Article number 119