

DFEM-Simulation eines Raumenergie-Konverters mit realistischen Abmessungen und einer Leistungsabgabe im Kilowatt-Bereich.

von Claus W. Turtur

Wolfenbüttel, den 7. Feb. 2011

Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Braunschweig-Wolfenbüttel
Salzdahlumer Straße 46 – 48 38302 Wolfenbüttel Germany
Email: c-w.turtur@ostfalia.de Tel.: (+49) 5331 / 939 – 42220
Internet-Seite: <http://www.ostfalia.de/cms/de/pws/turtur/FundE>

(veröffentlicht in PHILICA.COM, ISSN 1751-3030, Article no. 219)

PACS numbers: 88.05.Ec, 88.05.Gh, 88.05.Np, 88.90.+t

Zusammenfassung

In bisherigen Arbeiten hat der Autor ein Verfahren zur theoretischen Berechnung von Raumenergie-Konvertern als Dynamische Finite-Elemente-Methode (DFEM) präsentiert. Dabei wurden die physikalischen Grundlagen der Raumenergie-Konversion ausgearbeitet und einfache Prinzipbeispiele für die Berechnung von Raumenergie-Konvertern vorgeführt, deren Leistung allerdings nur im Nanowatt- oder im Mikrowatt-Bereich lag, und daher nur für einen Grundlagen-Beweis ausreicht, nicht aber für eine technische Nutzung.

Der Weg zum leistungsstarken Raumenergie-Motor im Kilowatt-Bereich erforderte noch einige Arbeit, deren Ergebnisse der Autor im vorliegenden Artikel vorstellt. Anders als bei den bisherigen Grundlagenuntersuchungen handelt es sich dabei um einen magnetisch operierenden Konverter, da die Leistungsdichte bei praktisch erzeugbaren Magnetfeldern um einige Zehnerpotenzen höher liegt, als bei entsprechenden elektrischen Feldern. Im vorliegenden Artikel führt der Autor Schritt für Schritt die Lösung aller einzelnen Probleme vor, die ihn schließlich zum geeigneten Raumenergie-Magnetmotor im Kilowatt-Bereich geführt haben. Das Ergebnis ist ein Raumenergie-Motor mit einem Durchmesser von 9 cm und einer Höhe von 6.8 cm, der eine Leistung von 1.07 Kilowatt erzeugt.

1. Die Aufgabenstellung

Einen prinzipiellen Nachweis für die Nutzbarkeit der Raumenergie hat der Autor in [Tur 09] vorgestellt. Ein Basisverständnis der fundamentalen naturwissenschaftlichen Grundlagen der Raumenergie-Konversion wurde in [Tur 10a] aufgezeigt, allerdings konnten dabei noch keine im praktischen Aufbau umsetzbaren Parameter eingesetzt werden. Diesen Schritt zu einem praktisch realisierbaren Modell geht [Tur 10b], wobei allerdings die Leistung noch so klein ist, dass sie allenfalls zur Erzeugung sehr energiearmen Hörschalls ausreichen kann.

Der jetzt vorgestellte letzte Schritt in der logischen Kette der Theorie ist somit der Weg zum Raumenergie-Motor mit einer Leistung, die für eine technische Nutzung sinnvolle Werte erreicht. Dies ist mit der vorliegenden Arbeit gelungen, wobei ein handlicher Aufbau, der bequem auf einem Labortisch dargestellt werden kann, eine Leistungsentnahme von gut einem Kilowatt erlaubt. Aus Sicht der Raumenergie-Konversion könnte die Leistungsdichte noch wesentlich erhöht sein, denn die tatsächliche Begrenzung der entnehmbaren Leistung ist durch die Belastbarkeit des zur Verfügung stehenden Materials bedingt, namentlich durch die Feldstärke eines Dauermagneten und durch die maximale zulässige Stromdichte von Kupferdraht.

Mit dem nachfolgend präsentierten Modell ist nunmehr die Theorie so weit entwickelt, dass ein experimenteller Aufbau des Raumenergie-Motors wünschenswert wird. Der nächste logische Schritt ist also kein theoretischer, sondern eine praktische Realisation.

2. Ein Erster Einstieg in die Lösung

Unser Lösungsweg setzt auf auf dem aus [Tur 10b] bekannten DFEM-Modell, welches mit dem Beispiel einer gekoppelten Schwingung aus einem mechanischen Oszillator und einem elektrischen Schwingkreis abschließt, welches in Bild 1 zu sehen ist.

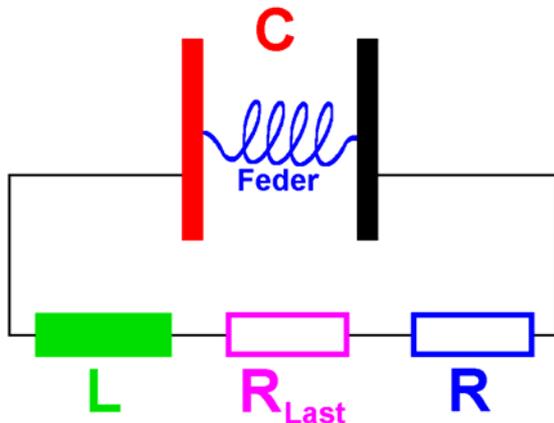


Bild 1:

LCR-Schwingkreis, bei dem ein Plattenkondensator elektrostatisch aufgeladen wird, aber aufgrund des variablen Plattenabstands eine veränderliche Kapazität hat. Koppelt man eine mechanische Schwingung der Kondensatorplatten, die durch eine mechanische Feder vermittelt wird, in geeigneter Weise mit der elektrischen Schwingung der elektrischen Ladungen in einem elektrischen Schwingkreis, in welchem der besagte Plattenkondensator die Rolle des C-Gliedes spielt, so kann bei geeigneter Einstellung der Systemparameter die Umwandlung von Raumenergie in mechanische Schwingungsenergie und elektrische Schwingungsenergie vorgenommen werden. Die Wirkung der Spule wird durch einen Spulenkern mit hoher Permeabilität verstärkt.

Leistung entnommen werden kann dem System entweder auf mechanischem Wege aus der Schwingung der Kondensatorplatten, was in Bild 2 dargestellt ist, oder auf elektrischem Wege über den Lastwiderstand R_{Last} , der mit dem Ohm'schen Widerstand R der Spule in Reihe geschaltet ist.

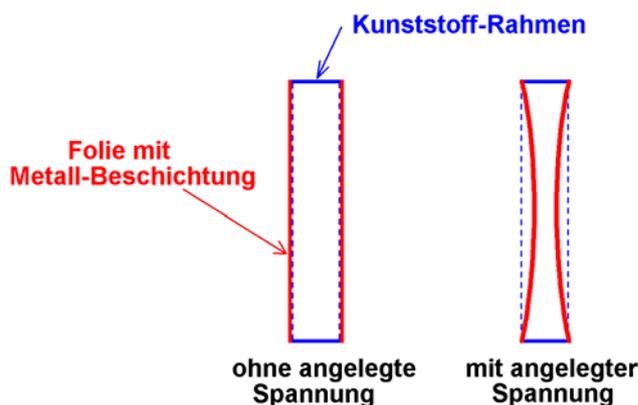


Bild 2:

Variabler Kondensator mit flexiblen Kondensatorplatten aus dehnbare dünner Plastikfolie. Zur Realisation könnte man die flexible Plastikfolie mit einer Metallschicht bedampfen und auf einen Rahmen aufspannen. Die Anordnung würde dann im Schwingkreis von Bild 1 mit Raumenergie versorgt werden und so ohne Zufuhr klassischer Energie permanent schwingen.

Die Vibration der Plastikfolie würde sich dann bei geeigneter Frequenz als Hörschall bemerkbar machen, der aufgrund der Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs (mit einer Hörgrenze von 10^{-12} Watt/m²) sehr bequem nachweisbar sein sollte. Man sollte ihn hören können, ohne dass man eine Energieversorgung der Schallquelle braucht.

Leider ist die entnehmbare Leistung auf den Bereich des Hörschalls beschränkt, wo typische Werte im Bereich der Nanowatt oder Microwatt durchaus nicht ungewöhnlich sind. Das in der zu Beginn von Abschnitt 2 genannte Beispiel erreicht nach Optimierung aller Systemparameter gerade mal eine Leistung von $P = 1.22 \cdot 10^{-9}$ Watt. Für einen prinzipiellen Grundlagenbeweis der direkt körperlich (über einen Höreindruck) erfahrbaren Nutzung von Raumenergie mag dies ein schönes Beispiel ergeben, sodaß ein praktischer Aufbau sicherlich den ein- oder anderen Kollegen vom Sinn und Zweck der Raumenergie-Forschung überzeugen mag. Für eine technische Nutzung zur Energieversorgung der Menschheit ist diese Leistung indes um etliche Zehnerpotenzen zu gering. Man stellt also nun die beiden Fragen:

- Auf welchem Weg wäre es möglich, die Leistungsdichte des Systems wesentlich zu erhöhen ?
- Durch welche Technik wird es möglich, eine höhere Leistung aus dem Systems auszukoppeln ?

Desweiteren kommt als Frage hinzu:

- Der Betrieb des Konverters nach Bild 1 und Bild 2 erfordert eine äußerst kritische Abstimmung der Systemgrößen. Gibt es eine Möglichkeit, die Operabilität des Systems zu stabilisieren ?

Im übrigen sei angemerkt, dass wir zunächst mit der Darstellung einiger Gedankengänge beginnen wollen, die noch nicht den endgültigen Weg zur Lösung zeigen, sondern nur einzelne geistige

Zwischenschritte dorthin. Man könnte darüber diskutieren, ob die Darstellung solcher Durchgangsschritte nötig ist. Im Sinne einer reinen Ergebnis-Darstellung wäre sie sicher verzichtbar, aber ohne die Darstellung dieses geistigen Weges würde man das Endergebnis in Abschnitt 6 nicht verstehen können. Aus diesem Grund ist auch der Weg dorthin unverzichtbar. Außerdem hilft die Darstellung der Zwischenschritte und Sackgassen den Kollegen, die selben Sackgassen probieren zu müssen. Allerdings wird aus Gründen der Übersicht bewusst darauf verzichtet, jeden einzelnen Durchgangsschritt, in allen Details und Herleitungen auszubreiten.

Unter den obengenannten drei Fragen zur Steigerung der Ausgangsleistung suchen wir uns die letztgenannte für den Einstieg aus.

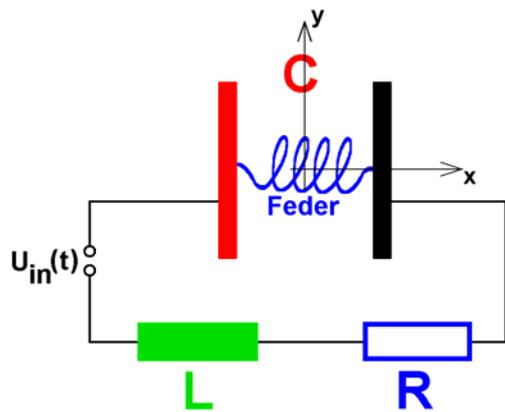
3. Stabilisierung des Betriebs von Raumenergie-Konvertern mittels Pulsbetrieb

Das Problem mit der Einstellung der Systemparameter bei von Menschenhand gebauten Raumenergie-Konvertern resultiert aus dem zeitlichen Auseinanderdriften der beiden aufeinander abzustimmenden Resonanzen, namentlich der mechanischen Resonanz und der Resonanz des elektrischen Schwingkreises. Sind die beiden Resonanzfrequenzen nicht völlig identisch, was bei jedem Aufbau aus praktischen Gründen immer der Fall sein wird, so nimmt die Phasendifferenz zwischen den beiden Schwingungen im Laufe der Zeit mehr und mehr zu. Dadurch laufen die Schwingungen auseinander und die Abstimmung der endlichen Propagationszeiten der Wechselwirkungskräfte wird mit wachsender Phasendifferenz zunehmend geringer. Aus diesem Grunde ist der Konversion von Raumenergie eine apparativ bedingte Grenze gesetzt, nämlich in folgender Art und Weise:

Mit abnehmender Abstimmung der Propagationszeiten der Wechselwirkungskräfte sinkt auch die pro Zeiteinheit konvertierte Raumenergie, also die konvertierte Leistung. Das System erreicht dadurch schließlich einen Zustand, ab dem es sich aus der Raumenergie heraus nicht weiter aufschaukeln kann, und läuft damit selbsttätig in einen stabilen Zustand hinein. Maßnahmen zur Stabilisierung sind also nicht erforderlich, aber:

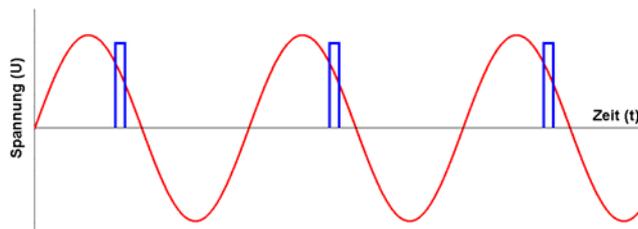
Die in dem so erreichten stabilen Betriebszustand konvertierte Leistung ist durch die Abstimmung der Systemparameter begrenzt, also nur durch die Einstellung der Apparatur, und nicht durch eine natürliche Grenze. Daraus entwickelt sich die Idee: Will man die Leistung erhöhen, dann müsste man das „Abstimmungsproblem“ der beiden Resonanzen lösen. Dafür geeignet sollte der Pulsbetrieb sein, bei dem das System periodisch immer wieder eine winzig kleine Steuerenergie als Input zugeführt bekommt, die ähnlich einem Trigger-Impuls einen „Reset“ des Systemzustands bewirkt, also das Einnehmen eines wohldefinierten Ausgangszustandes, bei dem eine optimale Abstimmung der beiden Resonanzen aufeinander gegeben ist. Von diesem Trigger-Moment an driften die beiden Resonanzen natürlich wieder auseinander, aber wir warten mit der Gabe der nächst folgenden Trigger-Pulses nicht zu lange, sodaß sich das System immer noch in einem gut abgestimmten Doppelresonanz-Zustand befindet, und den nächsten Trigger-Abstimmungs-Pulses bereits bekommt, bevor die Abstimmung zu schlecht wird. Dies ist der Grund, warum in der hier vorgestellten Arbeit die DFEM-Simulation einer Triggerung durch Pulsbetrieb versucht wurde. Ingenieure nennen einen derartigen Betrieb „phase lock“, weil die Phasen der beiden Schwingungen aneinander gekoppelt werden. Dadurch wird ein all zu weites Auseinanderdriften der Schwingungsphasen verhindert.

Da das elektrische Triggern wesentlich leichter ist als das mechanische Triggern, verwenden wir die mechanische Position der Schwingung als Trigger-Geber, durch dessen geometrische Stellung die Gabe eines elektrischen Trigger-Pulses ausgelöst werden soll. Der Trigger-Puls soll dann also in elektrischer Form in den Schwingkreis eingebracht werden, wie in Bild 3 zu sehen, das eine Erweiterung des Aufbaus von Bild 1 um einen Spannungs-Input für die Trigger-Pulse darstellt.

**Bild 3:**

Hinzufügen eines Inputs für Trigger-Pulse zu unserem Raumenergie-Konverter, der die Möglichkeit zur Verfügung stellen soll, die Schwingung der elektrischen Resonanz auf die Schwingung der mechanischen Resonanz abzustimmen.

Das typische Aussehen der Trigger-Pulse, die nach der mechanischen Schwingung ausgerichtet sind, kann man in Bild 4 exemplarisch erkennen.

**Bild 4:**

Rot: Mechanischen Schwingung, an der die Trigger-Pulse ausgerichtet werden.

Blau: Leistungsschwache Trigger-Pulse

Die für die Berechnung der elektrischen Schwingung zugrunde liegenden Differentialgleichungen bekommen wir damit wie folgt unter Benutzung der Spannungen, die wir nach Kirchhoff's Maschenregel aufsummieren [Ger 95]:

$$U_L + U_R + U_C = U_{in}(t)$$

$$\Rightarrow U_L + U_R + U_C = -L \cdot \ddot{Q} + R \cdot \dot{Q} + \frac{1}{C} \cdot Q = U_{in}(t). \quad (1)$$

Darin sind die Spannungen über Kondensator, Spule und Widerstand:

$$\text{nach der Definition der Kapazität } C = \frac{Q}{U} \Rightarrow U_C = \frac{1}{C} \cdot Q \quad (2)$$

$$\text{nach dem Induktionsgesetz: } U_L = -L \cdot \frac{d}{dt} I = -L \cdot \ddot{Q} \quad (3)$$

$$\text{nach dem Ohm'schen Gesetz: } U_R = R \cdot I \quad (4)$$

Dies ist eine inhomogene Differentialgleichung 2. Ordnung, deren Störfunktion gemäß Bild 4 eingesteuert wird.

Die mechanische Schwingung folgt dann der Differentialgleichung:

$$m \cdot \ddot{x}(t_i) = -D \cdot \left(x(t_{i-1}) - \frac{CD}{2} \right) + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q^2(t_i)}{(2 \cdot x(t_i))^2} \quad \text{basierend auf der Federkraft und der Coulombkraft} \quad (5)$$

mit m =Masse und D = Hooke'sche Federkonstante

Dabei befinden sich die beiden Kondensatorplatten symmetrisch zum Koordinatenursprung an den Positionen $-x(t_i)$ und $+x(t_i)$, sodaß sich die Coulombkraft ergibt als $F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{(2 \cdot x(t_i))^2}$, weil der

Abstand der beiden Kondensatorplatten zueinander $2 \cdot x(t_i)$ beträgt. Für die Berechnung der Federkraft müssen wir hingegen eine andere Länge einsetzen, nämlich die Veränderung der Federlänge relativ zur ungespannten Feder. Mit CD = Länge der ungespannten Feder ergibt sich die genannte Strecke der Federspannung (bzw. Kompression) als Veränderung der Federlänge gegenüber CD gemäß $CD - 2 \cdot x(t_i)$, unter Berücksichtigung des Vorzeichens von $x(t_i)$. Betrachtet man die Bewegung der Kondensatorplatten als symmetrisch um den Koordinatenursprung, welcher im Symmetriezentrum des Kondensators verankert wurde, dann erfährt jede Hälfte der Feder mit der an ihr montierten

Kondensatorplatte genau die Hälfte dieser Auslenkung und wir erhalten eine Federkraft von $F_F = -D \cdot \left(x(t_i) - \frac{CD}{2} \right)$, wie in Gleichung (5) verwendet.

Die Kopplung der mechanischen Schwingung mit der elektrischen Schwingung erkennt man einerseits im letzten Summanden von Gleichung (5), mit dem der elektrische Teil des Aufbaus in die mechanische Schwingung einwirkt, und andererseits in Gleichung (1), wo die Kapazität C durch den mechanischen Schwingkreis beeinflusst wird.

Tatsächlich läßt sich damit ein unbefristet stabiler Betrieb des Raumergie-Konverters erzielen, wie man unschwer in Bild 5 und Bild 6 erkennen kann.

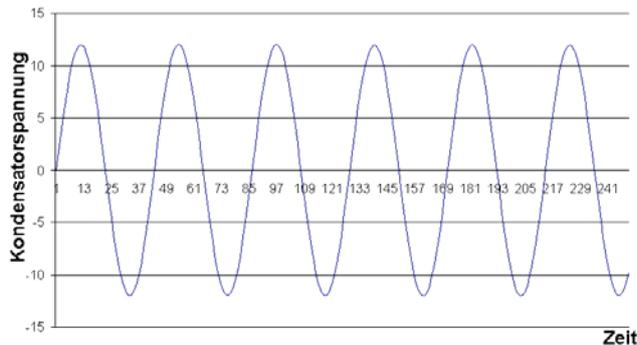


Bild 5:

Die Ladungen schwingen im Kondensator sinusförmig.

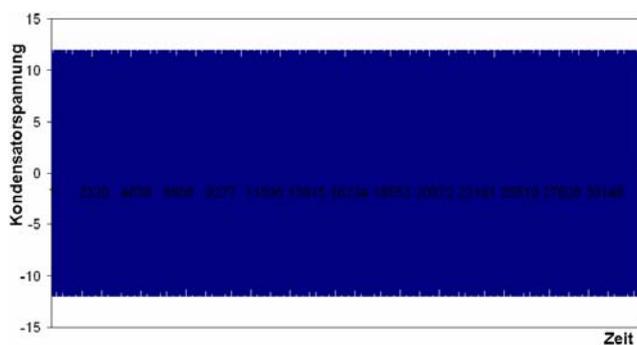


Bild 6:

Betrachtet man die Schwingung über einen längeren Zeitraum, dann reicht die Auflösung der Pixel zwar nicht mehr, um den Sinus zu erkennen, aber man sieht sehr klar die zeitlich unbegrenzt stabil laufende Schwingung.

Will man dem System Energie entnehmen, so kann man z.B. versuchen, dem Lastwiderstand elektrische Leistung zu entziehen, indem man in Gleichung (1) den Widerstand als Summe aus dem Ohm'schen Widerstand des Spulendrahtes und dem in Serie geschalteten Lastwiderstand auffaßt, gemäß der nachfolgenden Gleichungen (6), (7):

$$R = R_{Spule} + R_{Last} \quad (6)$$

$$\text{mit der Leistungsentnahme } P_{ent} = U_{Last} \cdot I_{Last} = R_{Last} \cdot I_{Last}^2 \quad (7)$$

Zwecks Leistungs-Entnahme optimiert man den Lastwiderstand in der Weise, daß eine zu starke Dämpfung der Schwingung vermieden wird, sodaß der Raumergie-Motor gerade eben stabil laufen kann. Was dabei an Leistung in einem Beispiel im Rahmen der vorliegenden Arbeit maximal entnommen werden konnte, sind auch wieder nur wenige Mikrowatt, wobei ungünstigerweise ein Plattenkondensator von etlichen Quadratmetern Fläche vonnöten war. Mit verschiedenen Konfigurationen der System-Parameter konnten bei Kondensator-Plattenflächen zwischen 6 m² und 20 m² Leistungen im Bereich einiger Nanowatt bis maximal einiger Zehn Mikrowatt gewonnen werden.

Trotz dieser geringen entnehmbaren Leistung ist das Ergebnis ermutigend, weil die entnommene Leistung wesentlich größer ist als die für die Trigger-Pulse benötigte aufzuwendende Leistung. Offensichtlich werden die Trigger-Pulse wirklich nur zur Steuerung benötigt, und deren mitgeführte Leistung bzw. Energie steht unbedeutend im Hintergrund. Simulationsbeispiele, bei denen die gewonnene Leistung der mechanischen Schwingung um Faktoren in der Größenordnung von 10⁶ stärker war, als die über die elektrischen Trigger-Pulse in das System eingebrachte Leistung, waren keine Seltenheit.

Zusätzlich war festzustellen, dass die mechanische Schwingung der Kondensatorplatten wesentlich mehr Energie aufnimmt als die elektrische Schwingung im LCR-Schwingkreis. Daher stellt sich natürlich die Frage, ob mechanisch dem System mehr Leistung entnommen werden kann als auf elektrischem Wege. Um dies zu untersuchen, legt man eine gleichbleibende mechanische Reibung an, ungeachtet der Frage, ob und wie den Kondensatorplatten mit mehreren Quadratmetern Fläche bei einer Amplitude der mechanischen Oszillation von wenigen Millimetern, deren mechanische Leistung wohl dosiert entnommen werden kann. Zu diesem Zweck ergänzt man die Differentialgleichung (5) der mechanischen Schwingung um eine Lastkraft konstante F_{Last} und erhält so die Schwingungs-Differentialgleichung (8) der gedämpften Schwingung.

$$m \cdot \ddot{x}(t_i) = -D \cdot \left(x(t_{i-1}) - \frac{CD}{2} \right) + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q^2(t_i)}{(2 \cdot x(t_i))^2} - F_{Last} \quad (8)$$

Die Lastkraft stellt eine konstante Kraft dar, die der Beschleunigung entgegenwirkt (daher das negative Vorzeichen), und die zu einem frei bestimmbar Zeitpunkt zugeschaltet werden kann.

Auf diese Weise konnte zum Beispiel ein Konverter simuliert werden, bei dem

eine Eingangsleistung von $P_{input,elektr} = 1.354 \cdot 10^{-7} \text{ Watt}$

einer Ausgangsleistung von $P_{output,elektr} = 1.350 \cdot 10^{-7} \text{ Watt}$

plus $P_{output,mechan} = 2.611 \cdot 10^{-5} \text{ Watt}$ gegenüberstand.

Auch wenn die entnommene Ausgangsleistung die Leistung elektrischen Input-Trigger-Pulse um einen Faktor 194 überwiegt, so bleibt die erzielbare Gesamtleistung doch bei wenig mehr als 260 Mikrowatt begrenzt (vgl Bild 7), und das bei einer Fläche der Kondensatorplatte von 6 m^2 .

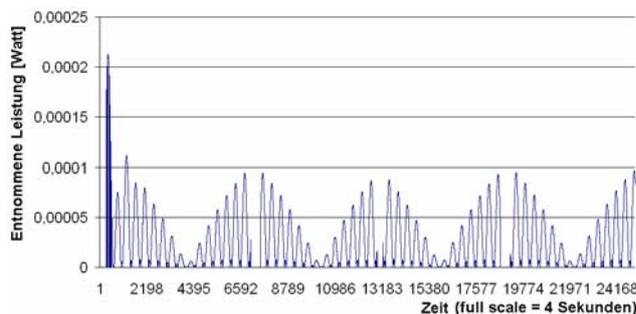


Bild 7a: Entnommene mechanische Leistung

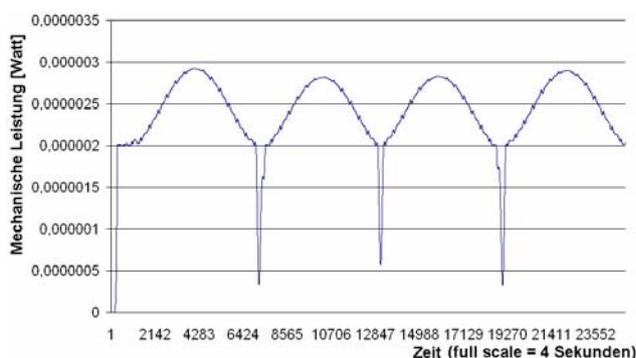


Bild 7b: Im Schwinger verbleibende mechanische Leistung.

Die elektrischen Leistungswerte sind sehr gering und werden daher hier nicht dargestellt.

Auch dieses Beispiel können wir bei weitem noch nicht als die Lösungen des Problems betrachten, auch wenn der Puls-Betrieb uns hilft, mit der Leistungen im oberen Mikrowattbereich schon fast an die Milliwatt-Grenze heranzukommen.

Vergleichende Tests mit einer geschwindigkeitsproportionalen Lastkraft $F_{Last} = \beta \cdot \dot{x}$ erlauben zwar das überschreiten der Milliwatt-Grenze, führen aber immer noch nicht zur Lösung des Problems der Leistungs-Entnahme aus dem Raumergie-Konverter. Bild 8 geht auf eine geschwindigkeitsproportionale Lastkraft zurück, wobei eine mechanische Leistungs-Entnahme von gut 4.5 Milliwatt erzielt

wurde. Die Trigger-Pulse sind an der Phasenlage der mechanischen Schwingung ausgerichtet. Zu Beginn des Laufs ist noch keine mechanische Leistungsentnahme vorhanden, und die Trigger-Pulse stoßen die Schwingung an, weshalb die Amplitude der Oszillation permanent zunimmt. Zum Zeitpunkt $t = 100 \text{ sec.}$ wird der mechanische Lastwiderstand (in Form einer geschwindigkeitsproportionalen Reibung) zugeschaltet, und zwar genau so stark, dass die Amplitude der Oszillation auf konstanten Niveau gehalten wird. Dies ermöglicht die besagte mechanische Leistung-Entnahme von gut 4.5 Milliwatt. Daß durch die mechanische Dämpfung die Schwingungsfrequenz abgesenkt wird (im Vergleich zur ungedämpften Schwingung), ist ein typisches Verhalten gedämpfter Schwingungen, das uns nicht stört, weil die Trigger-Pulse sich am Lauf der schwingenden Bewegung ausrichten.

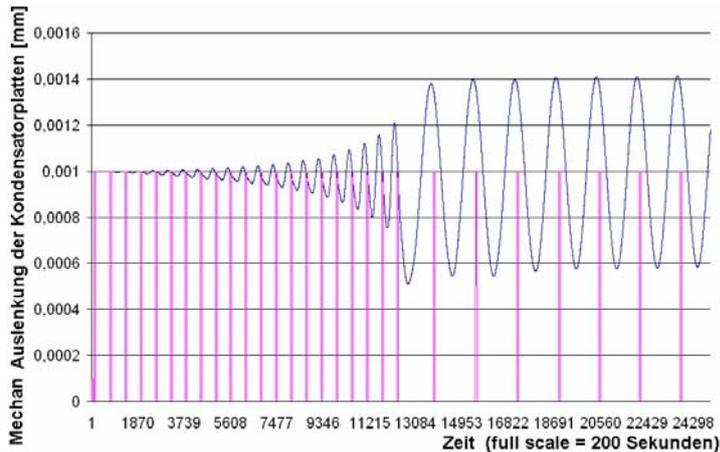


Bild 8:

blau: mechanische Auslenkung der Kondensatorplatten in Metern. Dabei liegt die Ruhelageposition bei 1.0 Millimeter = 0.001 Meter. Die Auslenkung ist gegenüber der Ruhelageposition zu verstehen.

violett: Elektrische Leistungszufuhr durch die Trigger-Pulse. Deren Spannungs-Amplitude beträgt 0.1 Volt.

Da in diesem Simulations-Beispiel aber die Kondensatorplatten eine Masse von je 440 kg aufweisen, und die Federsteifigkeit der Federn zwischen den Kondensatorplatten bei 86487 N/m liegt, verliert dieser Konverter seinen praktischen Sinn, auch wenn die Vorgaben des Simulations-Beispiels rein theoretisch erfüllbar (realisierbar) aussehen.

4. Leistungsentnahme aus der Spule

Nachdem wir nun feststellen mussten, dass wir dem Kondensator sehr schlecht Energie entnehmen können, wollen wir versuchen, ob wir der Spule Energie entnehmen können. Dies führt uns zu einem Aufbau, dessen Prinzip in Bild 9 dargestellt ist.

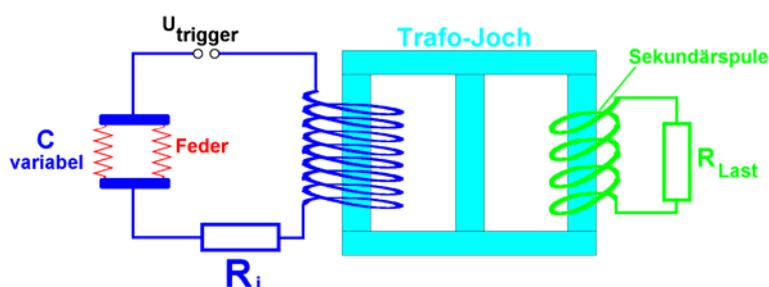


Bild 9:

Vorschlag, um die Entnahme-Möglichkeit von Energie aus dem Raumenergie-Konverter zu verbessern.

Dabei wird der im Bild 1 erwähnte Spulenkern zu einem Transformator-Joch erweitert, so dass die im LRC-Schwingungskreis befindlichen Spule zur Primärspule eines Transformators wird, über dessen Sekundärspule wir versuchen wollen, dem System Energie zu entnehmen. Getragen wird der Versuch von der Hoffnung, durch geeignete Gestaltung des Wicklungsverhältnisses (Primärspule zu Sekundärspule) eine Intendanzanpassung bewirken zu können, die eine Steigerung der Leistungsentnahme erlaubt.

Die Primärspule erzeugt mit ihren Spulenstrom ein Magnetfeld [Stö 07] von

$$H = \frac{n \cdot I}{\sqrt{l^2 + 4R^2}} \quad \text{mit } n = \text{Zahl der Windungen in der Primärspule} \quad (9)$$

$l = \text{Länge des Spulenkörpers}$
 $R = \text{Radius des Spulenkörpers}$

Daraus berechnen wir die magnetische Induktion und den magnetischen Fluss, sowie die induzierte Spannung in der Sekundärspule:

$$B = \mu_0 \mu_r \cdot H \Rightarrow \phi = \int_A \vec{B} d\vec{A} \Rightarrow U_{ind} = -m \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad \text{mit } m = \text{Zahl der Sekundär-Windungen} \quad (10)$$

Setzt man die genannten Beziehungen ineinander ein, so erhält man bei homogenem Magnetfeld für den magnetischen Fluss im Joch, der in der Sekundärspule den gleichen Wert hat wie in der Primärspule den Wert:

$$\phi = \int_A \vec{B} d\vec{A} = B \cdot A = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{n \cdot I}{\sqrt{l^2 + 4R^2}} \cdot \pi R^2 = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{\pi R^2}{\sqrt{l^2 + 4R^2}} \cdot n \cdot \frac{dQ}{dt}, \quad (11)$$

wobei die zuletzt gewählte Schreibweise an den Gebrauch in den Schwingungs-Differentialgleichungen angepasst wurde.

Damit lässt sich das Verhältnis der zeitlichen Ableitungen der Ströme in der Primärspule und in der Sekundärspule herleiten gemäß

$$\underbrace{U_{ind,2} = -n_2 \cdot \frac{d\phi}{dt}}_{\text{wegen } \phi_1 = \phi_2} = -\mu_0 \mu_r \cdot n_2^2 \cdot \frac{\pi R_1^2}{\sqrt{l_1^2 + 4R_1^2}} \cdot \frac{d^2 Q_1}{dt^2} = -L_2 \cdot \dot{Q}_2 = -\mu_0 \mu_r \cdot n_2^2 \cdot \frac{\pi R_2^2}{\sqrt{l_2^2 + 4R_2^2}} \cdot \frac{d^2 Q_2}{dt^2}, \quad (12)$$

wobei wir die Induktivitäten der beiden Spulen angeben mit

$$L_1 = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{\pi R_1^2}{\sqrt{l_1^2 + 4R_1^2}} \cdot n_1^2 \quad \text{und} \quad L_2 = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{\pi R_2^2}{\sqrt{l_2^2 + 4R_2^2}} \cdot n_2^2. \quad (13)$$

Damit lassen sich die primärseitigen Größen $Q_1, \dot{Q}_1, \ddot{Q}_1$ und die sekundärseitigen Größen $Q_2, \dot{Q}_2, \ddot{Q}_2$ ineinander umrechnen, sodass wir die Leistungsentnahme aus dem System berechnen können.

Damit lässt sich umrechnen, in welcher Weise die Sekundärspule durch einen zur Primärspule parallel geschalteten Widerstand Einzug in die Schwingungs-Differentialgleichungen finden kann.

Die Umrechnung führt nach einer langwierigen Herleitung zu der Differentialgleichung (14), die an dieser Stelle nur genannt aber nicht hergeleitet werden soll, weil sich letztlich erweisen wird, dass sich auf dem hier angedachten Weg auch keine erhebliche Steigerung der aus dem System entnehmbaren Leistung erzielen lassen kann.

$$\ddot{Q}_L = \underbrace{\frac{-1}{C \cdot (R + R_V)} \dot{Q}_L}_{\text{Term für die Leistungsentnahme}} + \underbrace{\frac{-1}{C \cdot L} \cdot \frac{R_V}{R + R_V} Q_L}_{\text{entspricht dem Kondensator}} + \underbrace{\frac{R}{L} \cdot \frac{R_V}{R + R_V} \dot{Q}_L}_{\text{entspricht dem Ohm'schen Widerstand des Spulendrahts}} - \underbrace{\frac{1}{L} \cdot \frac{R_V}{R + R_V} \cdot U_0(t)}_{\text{entspricht der Trigger-Pulsspannung}}, \quad (14)$$

worin gilt: R = Ohm'scher Widerstand des Spulendrahts
 R_V = Verbraucher-Widerstand
 C = Kapazität
 L = Induktivität
 $U_0(t)$ = ggf. anregende Spannung im Pulsbetrieb

Hiermit ist es nun gelungen, dem Konverter eine Leistung von 63 Milliwatt zu entnehmen, allerdings immer noch unter Maßgabe der bei Bild 8 beschriebenen unrealistischen Kondensatorplatten. Ohne die mehr als 20 Systemparameter, die zur der DFEM-Simulation von Differentialgleichung (14) benötigt werden, einzeln angeben zu wollen, lässt sich folgern, dass auch die im Bild 9 vorgeschlagene Vorgehensweise nur eine geringfügige Verbesserung der Situation darstellt, aber nicht den erhofften Durchbruch zur Lösung. Aus diesem Grunde soll auch hier auf eine Darstellung aller einzelnen Details verzichtet werden.

5. Variabilität der Spule

Nach diesen Erkenntnissen kommen wir zurück zu den Fragen am Ende des Abschnitts 2, die uns einen Weg zur Lösung des Energieentnahme-Problems aus dem Raumenergie-Konverter weisen sollen. Wir müssen nun feststellen, dass der Puls-Betrieb offensichtlich doch nicht die gesuchte Lösung ist, und kehren daher zurück zu den anderen beiden am Ende des Abschnitts 2 gestellten Fragen:

Um eine höhere Leistung aus dem System auskoppeln zu können, müssen wir eine höhere Leistungsdichte im System erreichen. Der Schwachpunkt im System ist der Plattenkondensator mit seiner ausgesprochen geringen Kapazität. Eine Plattenfläche von wenigen Quadratmetern mit einem Plattenabstand im Zentimeter-Bereich führt zu einer reichlich niedrigen Kapazität. Dem Beispiel zu Bild 8 lag eine Kapazität von 79.7 nF zu Grunde bei einer Plattenfläche von 6m².

Wollen wir die Leistungsdichte und die Energiedichte im System steigern, dann brauchen wir wegen der Gleichungen (15) und (16) die Möglichkeit, einen wesentlich größeren Kondensator zu verwenden, denn der Kondensator ist aufgrund seiner kleinen Kapazität unter allen Komponenten diejenige mit der geringsten Energie und Energiedichte.

$$\text{Energie des Kondensators} \quad E_c = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \quad (15)$$

$$\text{Energie der Spule} \quad E_L = \frac{1}{2} L \cdot I^2 \quad (16)$$

Eine Vergrößerung der Kapazität lässt sich ohne größeren Aufwand mit handelsüblichen Kondensatoren darstellen. Damit verlieren wir aber die Möglichkeit, die Kondensatorplatten variabel gegeneinander schwingen zu lassen. Gehen wir auf diesem Hintergrund nochmals zum Anfang zurück und betrachten Bild 1, so wird klar, dass wir die Variabilität des elektrischen Schwingungskreises, die wir zur Steuerung der Propagationsgeschwindigkeit der Wechselwirkungskräfte (zwecks Raumenergie-Konversion) verwendet haben, gar nicht unbedingt benötigen. Ebenso gut können wir die Variabilität des Kondensators auch durch eine Variabilität der Spule ersetzen. Damit kommen wir zu einer Anordnung wie in Bild 10. Eine gute Ankopplung der mechanischen Schwingung an die elektrische Schwingung setzt voraus, dass beide Schwingungen etwa gleich große Energiemenge und Leistungen aufnehmen können.

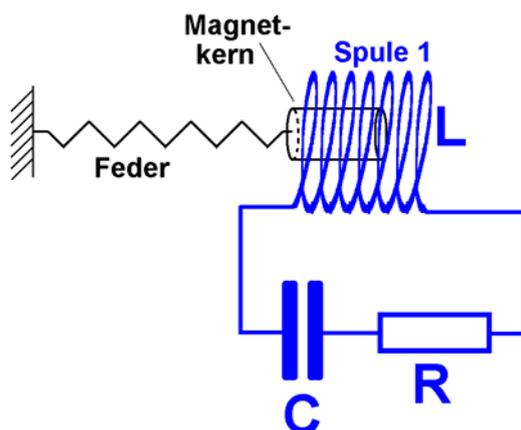


Bild 10:

Vorschlag zur Verbesserung des Raumenergie-Motors, namentlich zur Verbesserung der Ankopplung der elektrischen Schwingung an die mechanische Schwingung.

Die Variabilität der Induktivität wird erreicht durch einen Spulenkern mit einer von 1 verschiedenen Permeabilität $\mu_r \neq 1$.

Dabei wird ein Spulenkern mit einer deutlich von 1 verschiedenen Permeabilität beweglich in die Spule eingebracht, so dass eine Schwingung des Spulenkerns die Induktivität der Spule drastisch verändert. Der Spulenkern wird nun an einer Feder fixiert, sodass die mechanische Oszillation nicht mehr die Kapazität des Kondensators verändert, sondern die Induktivität der Spule. Da es nun möglich wird, die Energiedichte des Kondensators wesentlich zu vergrößern, und damit auch die Energiedichte des gesamten Schwingkreises, können wir mit wesentlich höheren elektrischen Leistungen arbeiten, als bisher.

Das Verfahren hat allerdings den Nachteil eines erheblichen mathematischen Aufwands, da wir jetzt die Induktivität der Spule in Abhängigkeit von der Position des Spulenkerns berechnen müssen, und

deshalb nicht mehr auf die Standardformeln der Formelsammlungen zurückgreifen können. Damit ergibt sich die Notwendigkeit, die Induktivität jeder einzelnen Spulen-Windung individuell zu berechnen, und daraus dann vermittels Addition das Verhalten der gesamten Spule zu bestimmen. Hierfür wählen wir eine geometrische Anordnung nach Bild 11.

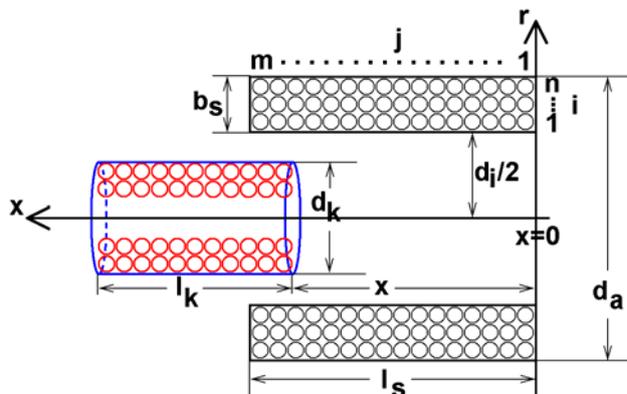


Bild 11:

Beschreibung der Parameter eines Magnetkerns, der als zylindrische Spule emuliert wird, und der im Inneren einer tatsächlichen zylindrischen Spule schwingen kann. Der Magnetkern erfährt einerseits Coulombkräfte aus dem Feld der Spule und induziert andererseits eine Spannung in die Spule aufgrund seiner Bewegung. Das Entscheidende ist aber, dass der Kern in Abhängigkeit von seiner Position die Induktivität der Spule beeinflusst.

Darin ist

- l_s = Länge des Spulenkörpers
- b_s = Breite des Spulenkörpers
- d_i = Innendurchmesser des Spulenkörpers
- d_a = Außendurchmesser des Spulenkörpers
- D_d = Drahtdurchmesser
- n = Windungszahl radial
- m = Windungszahl axial
- d_k = Durchmesser des Spulenkerns
- l_k = Länge des Spulenkerns
- x = Auslenkung des Spulenkerns gegenüber Ruhelageposition
- $l_s - x$ = Eintauchtiefe des Spulenkerns in die Spule

Die theoretische Simulation verläuft nun wie folgt:

Da das Magnetfeld eines zylindrischen Dauermagneten die gleiche Gestalt hat, wie das Magnetfeld einer zylindrischen Spule, können wir die Magnetfelder beider genannter Komponenten in gleicher Weise berechnen. Dazu nutzen wir das Gesetz von Biot-Savart und berechnen das Magnetfeld jeder einzelnen Leiterschleife der Spule. Dieses führen wir nun der Berechnung der Lorentz-Kraft zu, die jede einzelne Leiterschleife zur Simulation des Magnetkerns erfährt. Berechnen wir solchermaßen die Wechselwirkung zwischen allen Leiterschleifen der Spule und allen Leiterschleifen der Magnetkern-Simulation, so erhalten wir durch Summation aller einzelnen Wechselwirkungskräfte die Gesamtkraft zwischen Magnetkern und Spule an jedem beliebigen Ort, an dem sich der Magnetkern zu einem beliebigen Zeitpunkt befinden kann.

Bild 12 illustriert die Wechselwirkung zwischen zwei Leiterschleifen.

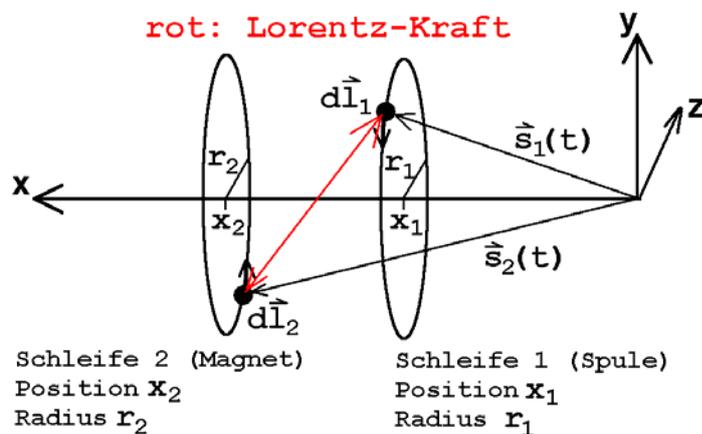


Bild 12:

Darstellung der Parameter zweier Leiterschleifen, die miteinander in Wechselwirkung stehen. Die Parameter dienen dem Einsetzen in das Gesetz von Biot-Savart und der Berechnung der Lorentz-Kräfte zwischen den beiden Leiterschleifen.

Das Feld eines Leiterelementes der Schleife 1 am Ort eines Leiterelementes der Schleife 2 lautet dann (vgl. [Jac 81])

$$d\vec{H} = \frac{q_1 \cdot \vec{v}_1 \times (\vec{s}_1 - \vec{s}_2)}{4\pi \cdot |\vec{s}_1 - \vec{s}_2|^3} \cdot \frac{d\varphi}{2\pi} \quad (17)$$

Summation über alle Leiterschleifen-Elemente der Schleife 1 führt uns dann zu dem von der gesamten Leiterschleife erzeugten Feld:

$$\vec{H} = \oint_{(A)} d\vec{H} \quad \Rightarrow \quad \vec{B} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H} \quad (18a)$$

Da das Magnetfeld eines zylindrischen Dauermagneten die gleiche Gestalt hat, wie das Magnetfeld einer zylindrischen Spule, können wir diese Formel zur Berechnung der Magnetfelder beider genannter Komponenten benutzen.

Die Lorentz-Kräfte auf die Stromelemente der Spule 2 (im Feld der Spule 1) berechnen wir mit der üblichen Formel

$$d\vec{F} = I_2 \cdot (d\vec{l}_2 \times \vec{B}) \quad (18b)$$

Führt man all diese Kreuzprodukte und zum Teil vektorwertigen Integrationen aus und setzt schließlich deren Ergebnisse in die Summationen über alle Wechselwirkungen zwischen allen Leiterschleifenpaaren ein, dann erkennt man die Zylindersymmetrie der Aufgabenstellung. Daraus findet man:

Die radiale Komponente des Feldes des Dauermagneten übt bei der Bewegung des Magnetkerns relativ zur Spule Lorentzkräfte auf die Ladungsträger aus, die diese in axialer Richtung verschieben wollen, also senkrecht zur Laufrichtung der Spulendrähte. Da in dieser Richtung kein Stromfluss möglich ist, führen diese Kräfte zu einer mechanischen Verschiebung des Spulenkerns relativ zur Spule. Dies sind die Lorentzkräfte, deren Berechnung oben angedeutet wurde.

Die axialen Komponenten der Magnetfelder, die in Richtung der Spulenachsen weisen, üben bei der Bewegung des Magnetkerns relativ zur Spule Lorentzkräfte auf die Ladungsträger aus, die in angularer Richtung die Ladungsträger im Spulendraht verschieben, also in der Richtung, in der ein Stromfluss aufgrund der Laufrichtung der Drähte möglich ist. Dies nehmen wir als induzierte Spannung wahr, die die Bewegung des Magnetkerns in der Spule erzeugt.

Der magnetische Fluss, den der Magnetkern in der Spule erzeugt, lässt sich nach längerer Herleitung ermittelnder gemäß

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \mu_0 \cdot H_x \cdot A = \frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot I_2}{2 \cdot (r_2^2 + (x_1 - x_2)^2)^{3/2}} \quad (19)$$

Dabei ist der Spulenstrom I_2 als derjenige Strom zu verstehen, der durch die Spule 2 fließen muss, um das vom Dauermagneten erzeugte Magnetfeld zu simulieren.

Die zeitliche Ableitung des magnetischen führt dann zu der induzierten Spannung, die die Bewegungen des Magnetkerns in die Spule einbringen. Dies ist nach geeigneten Umrechnungen darzustellen als

$$U_{ind} = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{-\mu_0 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot I_2}{2 \cdot \Delta t} \cdot \left(\frac{1}{(r_2^2 + (x_1 - x_2(t))^2)^{3/2}} - \frac{1}{(r_2^2 + (x_1 - x_2(t - \Delta t))^2)^{3/2}} \right) \quad (20)$$

Somit haben wir nun die Möglichkeit zur Berechnung

- der Magnetkräfte, die die stromdurchflossene Spule auf den Magneten ausübt, sowie
- der induzierten Spannung, die der bewegte Magnet in die Spule hinein bringt, gefunden.

Damit lässt sich nun das in Bild 10 dargestellte System im DFEM-Algorithmus simulieren.

Aufgrund der Simulation lernen wir ein technisches Problem kennen, das uns noch immer daran hindert, nennenswerte Leistungen aus dem Raumenergie-Konverter-System zu entnehmen. Diese Schwierigkeit besteht aus zwei Aspekten, die einander entgegenstehen:

Der eine Aspekt liegt in der Ruhemasse des Dauermagneten. Regen wird das Konverter-System durch eine mechanische Bewegung des Dauermagneten an, dann induzieren wir aufgrund der geometrischen Schwingung des Dauermagneten einige Spannungspulse in der Spule, die aber nicht ausreichen, um eine elektrische Schwingung im elektrischen Schwingungskreis dauerhaft anzuregen. Aufgrund der Massenträgheit des Dauermagneten, der in seiner mechanischen Schwingung von der Feder ständig gebremst und wieder beschleunigt werden muss, ist es nicht möglich, eine Bewegungsgeschwindigkeit des Magneten zu erreichen, die groß genug sein würde, um eine hinreichende elektrische Energie in den elektrischen Schwingkreis einzukoppeln. Ein Energie-Übergang von der mechanischen in die elektrische Schwingung wird also durch die Masse des Dauermagneten behindert. Wir können diesen Aspekt auch aus der Sicht der Feder betrachten und sagen: Ist die Feder zu schwach, dann schwingt der Magnet zu langsam, und die niedrige Bewegungsgeschwindigkeit führt dazu, dass zu wenig Spannung in die Spule induziert wird. Ist die Feder hingegen zu stark, dann wird die mechanische Amplitude des Magneten zu klein, und die Ankopplung an den elektrischen Schwingkreis klappt ebenfalls nicht.

Den anderen Aspekt der Schwierigkeit erkennt man, wenn man versucht, das System von elektrischer Seite aus anzuregen. Alleine schon aufgrund des Ohm'schen Widerstands des Spulendrahtes, ist die elektrische Schwingung eine gedämpfte. Sie klingt viel zu rasch ab, um an den trägen Dauermagneten genug Energie übertragen zu können, so dass dieser aufschwingen könnte.

Wollte man im System die mechanische Bewegung an die elektrische Schwingung anpassen, dann müsste man die beiden aufeinander abstimmen, was sich nur dann als möglich herausstellt, wenn man die Masse des Dauermagneten als ausgesprochen klein ansetzt. So klein müsste sie sein, dass die Dichte des Magnetmaterials geringer wäre, als die Dichte der Luft. Da dies offensichtlich unmöglich ist, erlaubt der gesamte gewählte Aufbau nach Bild 10 noch nicht einmal einen vernünftigen Betrieb des Systems als Raumenergie-Konverter. Und da das System nicht in der Lage ist, als Raumenergie-Motor zu schwingen, steht keine Energie für eine Entnahme zur Verfügung.

Trotzdem nähern wir uns mit dem dargestellten Konverter-System spürbar der Lösung des Problems. Wir erkennen nämlich, daß das Einzige was uns im Wege steht, die Massenträgheit der ständig ihre Bewegungsrichtung umkehrenden Masse ist. Kämen wir in die Lage, den Magneten nicht umkehren lassen zu müssen, sondern ihn in einer fortlaufenden Bewegung periodisch zu führen, dann stünden wir direkt vor der Lösung des Problems. Eine solche gleichförmige Bewegung, die sich doch periodisch endlos wiederholt, ist eine Kreisbewegung. Die Lösung des Problems liegt also in einer Rotation des Magneten. Dass die Massenträgheit des Magneten bei einer gleichförmigen Rotation nicht stört, liegt auf der Hand. Dass die gleichförmige Rotation trotzdem eine periodische Bewegung ist, sieht man, wenn man die kartesischen Komponenten der Bewegung betrachtet. Da dieser Ansatz uns tatsächlich zu einem gut funktionierenden Raumenergie-Konverter führen wird, sei ihm ein eigener Abschnitt in dieser Arbeit gewidmet, nämlich der nachfolgende.

6. Die Lösung: Ein Raumenergie-Motor mit rotierendem Magneten

Wir wollen für die mechanische Rotation einen runden Magneten verwenden, aber für die Induktion elektrischer Spannung in die Spule ist ein homogenes Magnetfeld vorteilhaft. (Darüberhinaus werden die Berechnungen der DFEM-Simulation einfacher und übersichtlicher, wenn wir ein homogenes Magnetfeld verwenden können. Dies ist im Hinblick auf die Rechner-Laufzeit des DFEM-Algorithmus durchaus von Bedeutung), sodaß ein Magnet entsprechen Bild 13 zum Einsatz kommen soll.

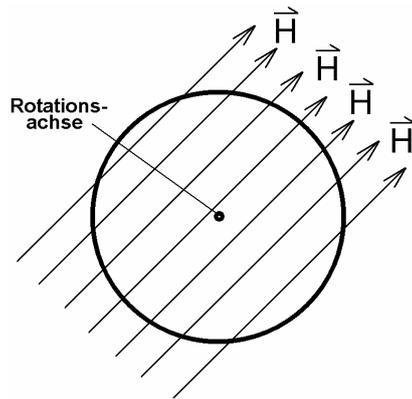


Bild 13: Ein runder Magnet, der ein homogenes Magnetfeld erzeugt. Solche Magneten gibt es zu kaufen.

Dieser Magnet rotiere in einer Spule, deren n Windungen in guter Näherung alle an einem Ort angesetzt werden, also nicht nebeneinander. Da der Magnet nicht durch Translation (wie in Absch. 5) mit der Spule in Wechselwirkung steht, sondern jetzt durch Rotation, ist dies eine gute Näherung.

Ebenfalls der Rotation geschuldet ist die Tatsache, dass wir jetzt nicht mehr linear wirkende Kräfte berechnen müssen, sondern Drehmomente, um den mechanischen Teil des Systems wirklich als reine Drehbewegung darstellen zu können. Wir betrachten also das Drehmoment auf einen magnetischen Dipol im Magnetfeld. Wegen „actio = reactio“ können wir dazu wahlweise das Drehmoment einer Spule im homogenen Magnetfeld betrachten, oder ebenso gut das Drehmomente eines Magneten mit homogenem Magnetfeld in einer Spule. Beide Betrachtungen führen zu selben Drehmoment. Da das Magnetfeld des Dauermagneten homogen ist, ist die Berechnung des Drehmoments der Spule im homogenen Magnetfeld des Dauermagneten die einfachere Variante, für die wir uns nachfolgend entscheiden.

Das magnetische Dipolmoment \vec{m} einer Spule folgt Gleichung (21), das Drehmoment der Spule im Magnetfeld folgt Gleichung (22) [Tip 03].

$$\vec{m} = n \cdot I \cdot \vec{A} \quad , \quad \text{mit} \quad I = \text{Strom} \quad (21)$$

$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} = n \cdot I \cdot \vec{A} \times \vec{B} \quad \vec{A} = \text{Querschnittsfläche mit Normalenvektor} \quad (22)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \quad \vec{m} = \text{Dipolmoment} \quad (23)$$

$$\vec{M} = \text{Drehmoment}$$

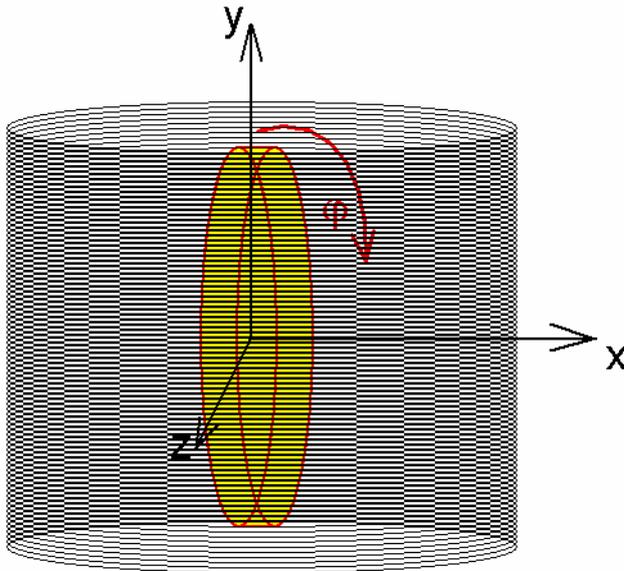
Diese Drehmoment-Berechnung steht für die mechanische Wirkung der Spule auf den Magneten. Mit seiner Hilfe berechnen wir die Ankopplung der mechanischen Kräfte an die elektrischen Spulenströme. So geht Energie von der elektrischen Schwingung in die mechanische Schwingung über.

Die umgekehrte Ankopplung, nämlich die des elektrischen Kreises an die mechanische Bewegung des Magneten müssen wir über die induzierte Spannung, die der rotierende Dauermagnet in der Spule erzeugt, berechnen. Diese Ankopplung beschreibt, wie Energie von der mechanischen Schwingung in die elektrische Schwingung hinüberkommen kann. Die Berechnung geht über den magnetischen Fluß ϕ , den der Dauermagnet in die Spule einbringt. Er lautet

$$\phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = \vec{B} \cdot \vec{A} = |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos(\varphi) \quad \text{mit} \quad \varphi = \varphi(t) = \text{Winkel zwischen der Magnetfeld-} \quad (24)$$

Richtung und der Flächen-Normalen
auf der Spulen-Querschnittsfläche

Die Vorstellung wird unterstützt durch Bild 14.

**Bild 14:**

Anordnung des Dauermagneten in der Spule. Der Dauermagnet rotiert um die x-Achse, sodaß der Winkel $\varphi(t)$ zwischen den Magnetfeldlinien und der y-Achse anzutragen ist.

Die induzierte Spannung ist dann

$$U_{\text{ind}} = -n \cdot \frac{d\phi}{dt} = -n \cdot |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| \cdot \frac{d}{dt} [\cos(\varphi(t))] = \underbrace{+n \cdot |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| \cdot \sin(\varphi(t))}_{\text{Kettenregel beim Ableiten}} \cdot \dot{\varphi}(t) \quad (25)$$

Für das Drehmoment, das den rotierenden Magneten beschleunigt oder bremst, ist somit die x-Komponente von \vec{M} verantwortlich. Da die Vektorrechnung nach Gleichung (22) am bequemsten in kartesischen Koordinaten ausführen ist, schreiben wir (wobei das Weglassen der Vektorpfeile eine Betragsbildung bedeutet):

$$\vec{m} = n \cdot I \cdot \vec{A} = n \cdot I \cdot A \cdot \vec{e}_y = n \cdot I \cdot A \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (26)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \mu_0 H \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \cos(\varphi(t)) \\ \sin(\varphi(t)) \end{pmatrix} \quad (27)$$

$$\Rightarrow \vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} = n \cdot I \cdot A \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \times \mu_0 H \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \cos(\varphi(t)) \\ \sin(\varphi(t)) \end{pmatrix} = \mu_0 \cdot n \cdot I \cdot A \cdot H \cdot \begin{pmatrix} \sin(\varphi(t)) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (28)$$

Wir bekommen also für die entscheidende x-Komponente des Drehmoments:

$$M_x = B_0 \cdot n \cdot I \cdot A \cdot \sin(\varphi(t)) \quad \text{wegen } \vec{B}_0 = \mu_0 H \quad (29)$$

Die Induktivität der zylindrischen Spule kann man nun aus einer Standard-Formelsammlung verwenden [Stö 07] gemäß

$$L = \frac{\mu_0 \cdot A \cdot n^2}{l}, \quad \text{mit } l = \text{Spulenlänge} \quad (30)$$

Da die Rotation von selbst (also ohne Rückstellkraft) in ihren Ausgangspunkt zurückkehrt, ist keine Rückstellfeder und keine harmonische Schwingung nötig. Auf dieser Tatsache basierend, wollen wir nun die Differentialgleichungen für die Bewegung des Systems aufbauen.

Der elektrische Teil der Differentialgleichungen kann unverändert aus unseren bisherigen Überlegungen übernommen werden und folgt somit den Gleichungen (1), (2), (3), (4), wobei die anregende

Spannung $U_{in}(t)$ zu Null gesetzt werden soll, da wir ohne externe Energiezufuhr arbeiten können. Daß die Maschine als Selbstläufer hinreichend robust und stabil läuft, werden wir im weiteren Verlauf des Abschnitts 6 erkennen.

Der mechanische Teil der Differentialgleichungen basiert nun auf einer Drehbewegung, für die gilt

$$J \cdot \ddot{\varphi} = M_x = B_0 \cdot n \cdot I \cdot A \cdot \sin(\varphi(t)) \quad (31)$$

$$\Rightarrow \ddot{\varphi} - \frac{B_0 \cdot n \cdot I \cdot A}{J} \cdot \sin(\varphi(t)) = 0 \quad [\text{Dub 90}] \quad (32)$$

mit $J = \frac{1}{2} m_T r_M^2 = \text{Trägheitsmoment (der Rotation) des zylindrischen Magneten}$

$m_T = \text{Träge Masse des Magneten}$

$r_M = \text{Radius des Magneten (halber Durchmesser)}$

Diese Differentialgleichung führt in der Tat zu einer Drehbewegung.

Gekoppelt sind die Differentialgleichungen (1), (2), (3), (4) mit der Differentialgleichung (32) über die Magnetkräfte und über die induzierte Spannung. Da das System gekoppelter inhomogener Differentialgleichungen 2. Ordnung auch noch nichtlineare Störfunktionen enthält, wurde die Lösung numerisch iterativ durchgeführt, mit einem DFEM-Algorithmus, dessen Quell-Code im Anhang abgedruckt ist. Den eigentlichen Lösungskern für die Differentialgleichungen sieht man im Hauptteil des Pascal-Programms [Bor 99]. Die Kopplung der Differentialgleichungen sieht man in den Gleichungen (33) und (34), wobei allerdings im Quellcode die Aufnahme von Integrationskonstanten bei der schrittweise iterativen Lösung der Differentialgleichungen zu beachten ist [Bro 08]. Die Werte den Integrationskonstanten der jeweiligen schrittweisen Lösung sind wie üblich den Anfangsbedingungen des Systems entnommen.

$$\ddot{\varphi}(t) = -\frac{B_0 \cdot n \cdot A}{J} \cdot \dot{Q}(t) \cdot \sin(\varphi(t)) \quad (33)$$

$$\ddot{Q}(t) = \frac{B_0 \cdot n \cdot A}{L} \cdot \dot{\varphi}(t) \cdot \sin(\varphi(t)) \quad (34)$$

Zuerst müssen wir den Algorithmus verifizieren: Zum Test der Drehmoment-Berechnung wurde die Spule mit einem konstanten Strom beaufschlagt, der zylindrische Dauermagnet mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit gestartet, und die Drehung des Dauermagneten in der Spule berechnet (siehe Bild 15). Man erkennt die Modulation der Winkelgeschwindigkeit durch die Magnetkräfte.

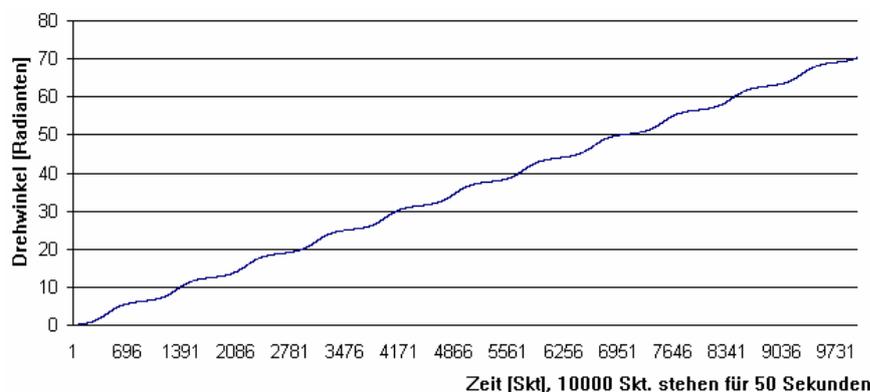


Bild 15: Illustration der Winkelgeschwindigkeit, die durch die Magnetkräfte während der Rotation permanent beeinflusst wird.

Im übrigen findet man eine Abweichung der Winkelbeschleunigung vom sinusförmigen Verlauf, wie in Bild 16 zu sehen.

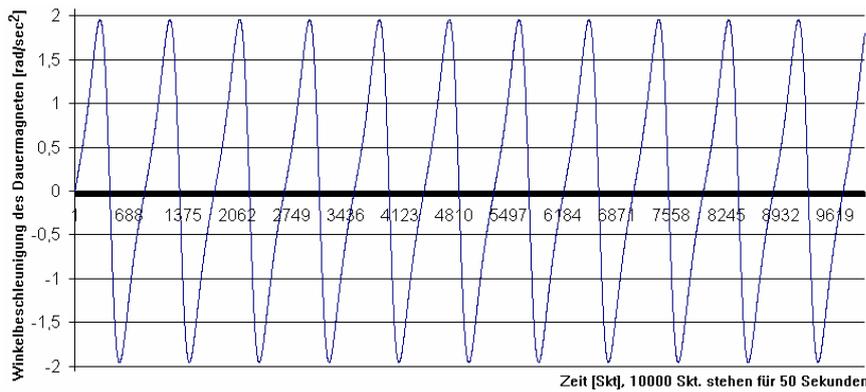


Bild 16:
Die Winkelbeschleunigung führt zum Verlauf der Winkelgeschwindigkeit nach Bild 15.

Startet man nun die Drehbewegung mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit und erlaubt der Spule, induzierte Spannung aufzunehmen und ihrerseits auch Magnetkräfte auf die Drehbewegung auszuüben, dann findet man je nach Einstellung der Systemparameter sehr unterschiedliche Verläufe des Drehwinkels und der Ladung. Ein Beispiel dafür sieht man in Bild 17 (Drehwinkel) und Bild 18 (Spulenstrom), wobei die Gesamtenergie im System einwandfrei erhalten ist. Die Summe aus der kinetischen Energie der Rotation des Magneten, der Energie der Spule und der Energie des Kondensators ist konstant, da sich potentielle Energie des Magneten im Feld der Spule sofort in elektrische Energie (in Spule und Kondensator) umwandelt.

Zur Veranschaulichung: Während des Laufs des rotierenden Magneten wird eine Spannung in der Spule induziert, die die Energie im elektrischen Schwingkreis und damit auch den Strom in der Spule ändert. Dies wiederum wirkt zurück auf das Magnetfeld, in dem der Magnet zu rotieren hat, was naturgemäß dessen Winkelgeschwindigkeit beeinflusst. Dies ist der Grund für die Veränderung der Bewegung im Laufe der Rotation.

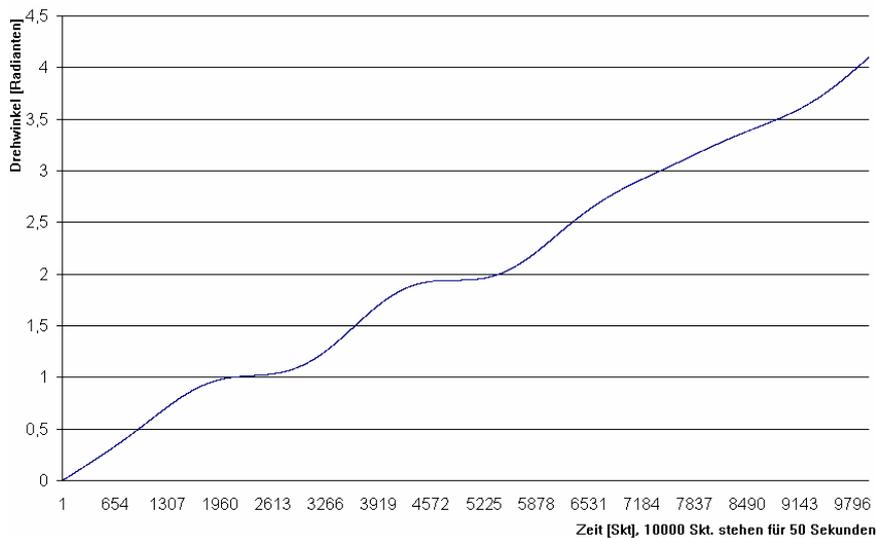


Bild 17:
Drehwinkel des Magneten in der Spule

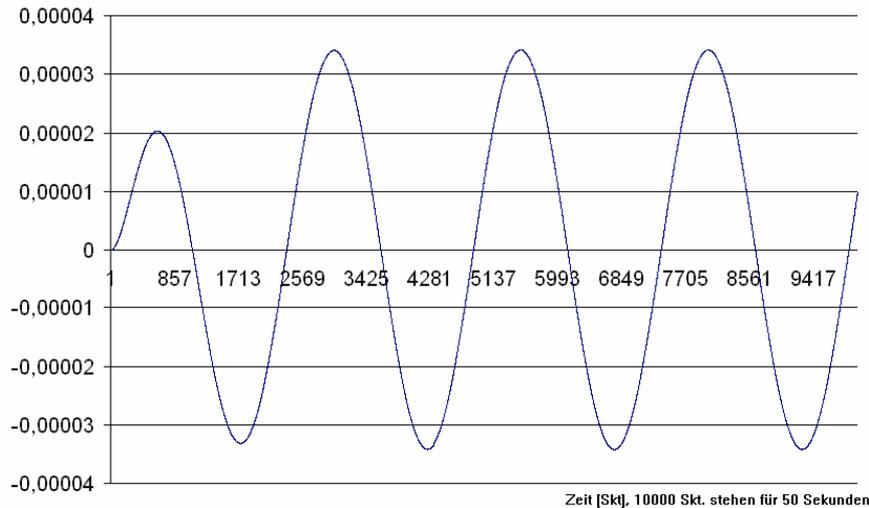


Bild 18:
Spulenstrom, den der Magnet aufgrund seiner Bewegung (Rotation) in der Spule hervorruft.

Berücksichtigt man den Ohm'schen Widerstand des Spulendrahts (und ggf. noch einen Lastwiderstand), so lässt sich folgender Test ausführen: Man starte die Drehbewegung mit gegebener Winkelgeschwindigkeit (als Anfangsbedingung der Differentialgleichungen), aber ohne (freie) elektrische Ladung im Schwingkreis. Die Bewegung des Magneten induziert eine Spannung in die Spule, die wiederum Verluste am Ohm'schen Widerstand verursacht. Dadurch wird die kinetische Energie der Rotation im Laufe der Zeit verringert (siehe Bild 19) und der Spulenstrom nimmt ebenso ab (siehe Bild 20).

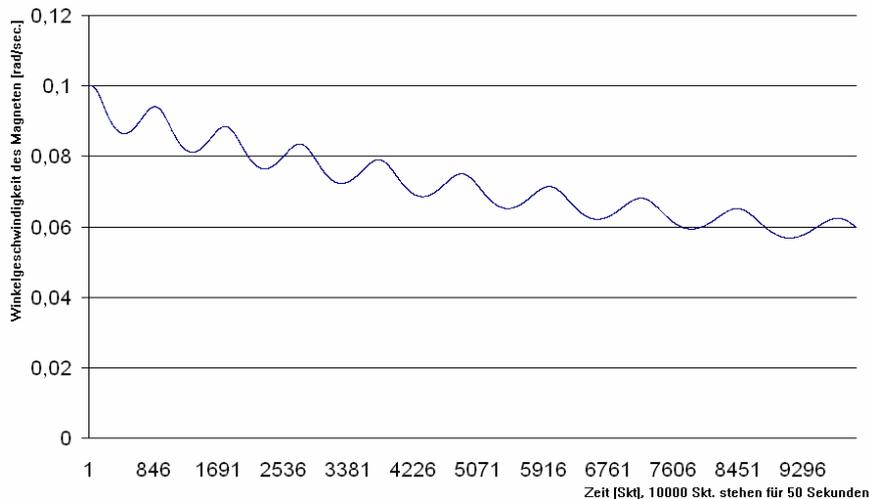


Bild 19:
Winkelgeschwindigkeit als Funktion der Zeit

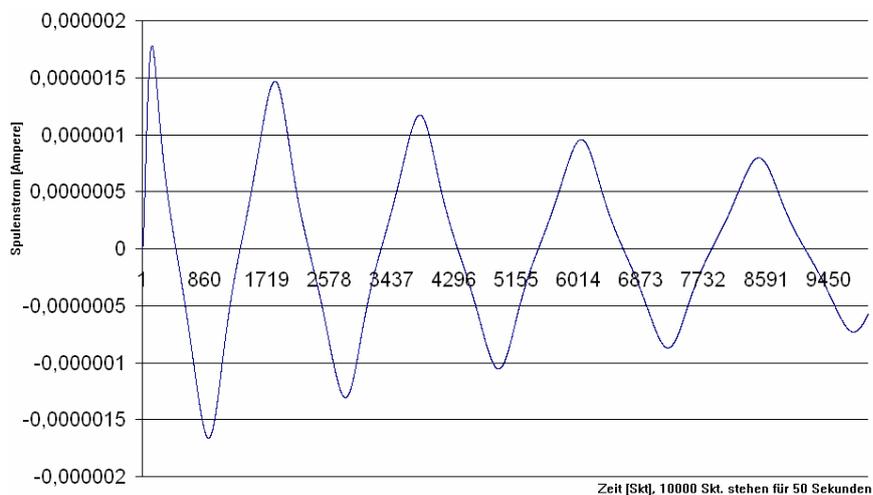


Bild 20:
Spulenstrom als Funktion der Zeit

Setzt man zum Zwecke der Verifikation der Energieerhaltung den Ohm'schen Widerstand (Spulendraht und Last) zu Null, so erkennt man einwandfrei die Erhaltung der Energie-Gesamtsumme (Bild

24) aus der Spulenergie (Bild 21), der Kondensatorenergie (Bild 22) und der Rotationsenergie des Magneten (Bild 23) [Bec 73] – solange die Systemparameter nicht auf die Wandlung von Raumenergie abgestimmt sind.

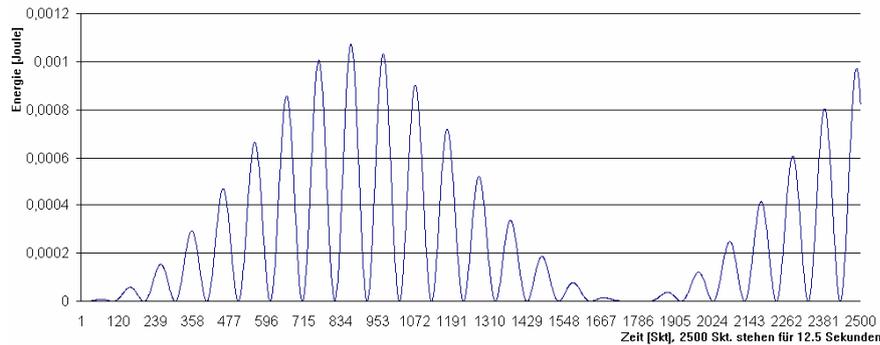


Bild 21:
Spulenergie

$$E_S = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

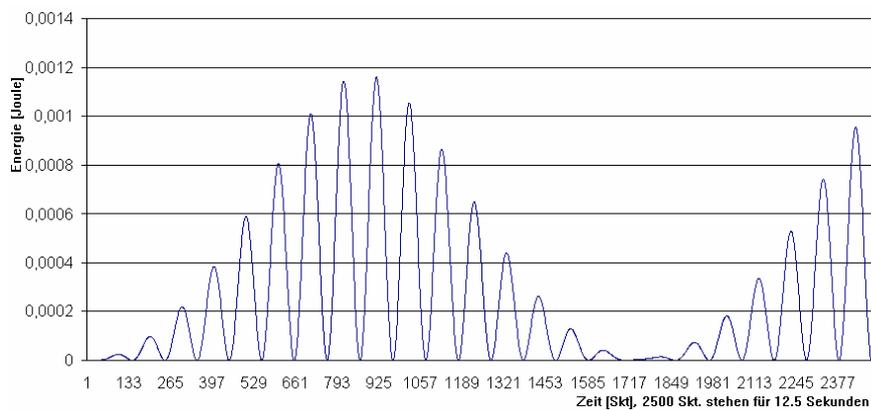


Bild 22:
Kondensatorenergie

$$E_C = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

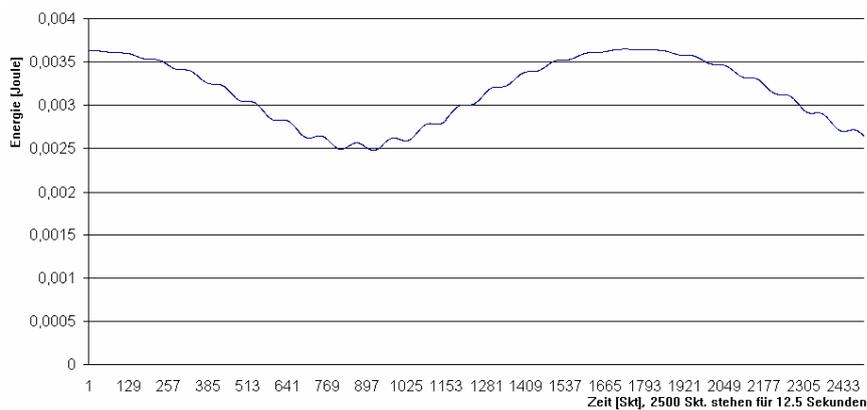


Bild 23:
Rotationsenergie

$$E_R = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$$

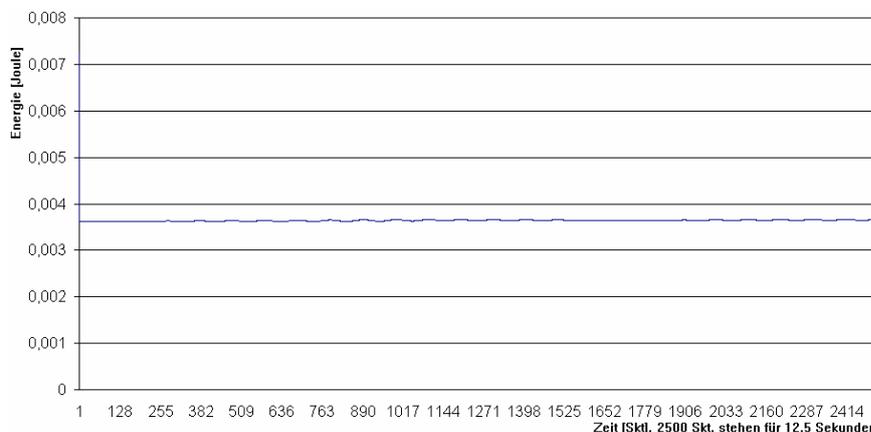


Bild 24:
Gesamt-Energiesumme

$$E_{Ges} = E_S + E_C + E_R$$

Sie ist bis auf numerisches Rauschen beim Lösen der Differentialgleichung konstant.

Wir beginnen nun die Abstimmung der Systemparameter zwecks Wandlung von Raumenergie. Dazu müssen die beiden Frequenzen der elektrischen Schwingung und der Rotationsbewegung aufeinander abgestimmt werden, aber sie dürfen nicht identisch sein, weil die Leistungsentnahme aus dem

elektrischen Schwingkreis für eine Verstimmung der Eigenfrequenz der elektrischen Schwingung sorgt.

Wir tasten uns also an die Abstimmung der Systemparameter dadurch heran, dass wir alle Ohm'schen Widerstände zu Null setzen, den Magnetrotor mit einer definierten Drehzahl starten und den elektrischen Schwingkreis auf die selbe Drehzahl abstimmen (ohne dass zu Beginn elektrische Energie im elektrischen Schwingkreis ist). Dadurch finden wir die gesuchte Doppel-Resonanz (mechanisch und elektrisch), die ein Aufschaukeln der Schwingung ermöglicht, wobei die hinzugekommene Energie aus der Raumenergie stammt. Haben wir diesen Punkt gefunden, so können wir langsam die Ohm'schen Widerstände hochfahren, aber in kleinen Schritten, unter gleichzeitiger Nachjustage der Abstimmung des elektrischen Schwingkreises mit der Rotation. Schritt für Schritt erhöhen wir den Ohm'schen Widerstand so lange bis er den Wert des Widerstandes des Spulendrahtes erreicht. Dabei achten wir darauf, dass wir bei der Justage-Prozedur die Doppel-Resonanz nicht verlieren, indem wir permanent die Kapazität des Kondensators ebenso nachjustieren wie die Windungszahl der Spule (und andere Systemparameter).

Ist dieser Punkt gefunden, so läuft der Rotor sicher und reproduzierbar mit diesen Parametern als Selbstläufer. Mit diesen Parametern starten wir den Motor mit gegebener Anfangsdrehzahl (d.h., der Motor wird einmalig von Hand angeworfen – danach läuft er von alleine weiter, mit Versorgung aus Raumenergie), und messen dann die Winkelgeschwindigkeit des Rotors (siehe Bild 25) und den Spulenstrom (Bild 26). Jetzt erkennen wir, dass die Gesamtenergie des Systems nicht mehr konstant ist, weil das System an die Raumenergie angekoppelt ist (Bild 27). Nun ist die Gesamtenergiesumme der klassischen Energie nicht mehr konstant, denn in die Energieerhaltung muß die gewandelte Nullpunktsenergie des Quantenvakuums mit einbezogen werden.

Übrigens kann man bei falscher Einstellung der Systemparameter auch umgekehrt klassische Energie in Raumenergie wandeln. Dies lässt sich feststellen, wenn man bei falscher Einstellung der Systemparameter den Motor permanent antreibt, ihm also permanent Energie zuführt. Dabei muß man dann nämlich mehr Energie zuführen, als in den Ohm'schen Widerständen des Spulendrahtes und des Lastwiderstandes verbraucht wird. Das heißt, dass in diesem Operationszustand die Gesamtenergiesumme nicht konstant ist, sondern im Laufe der Zeit abnimmt. Der Verlust an Energie, das aus der klassischen Energieerhaltung nicht erklärt werden kann, hat seinen Grund in der Umwandlung von klassischer Energie in Raumenergie. Das bedeutet, dass die Maschine in beiden Richtungen arbeiten kann – je nach Einstellung der Systemparameter: Einerseits kann sie Raumenergie in klassische Energie wandeln, aber andererseits auch klassische Energie in Raumenergie.

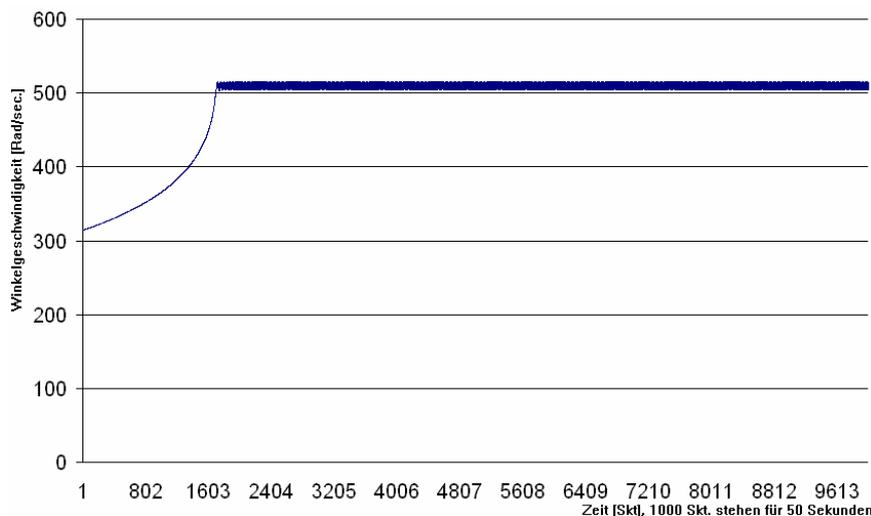


Bild 25:
Winkelgeschwindigkeit

Aufgrund der hohen Drehzahl löst die graphische Darstellung die einzelnen Schwingungsanteile nicht mehr auf.

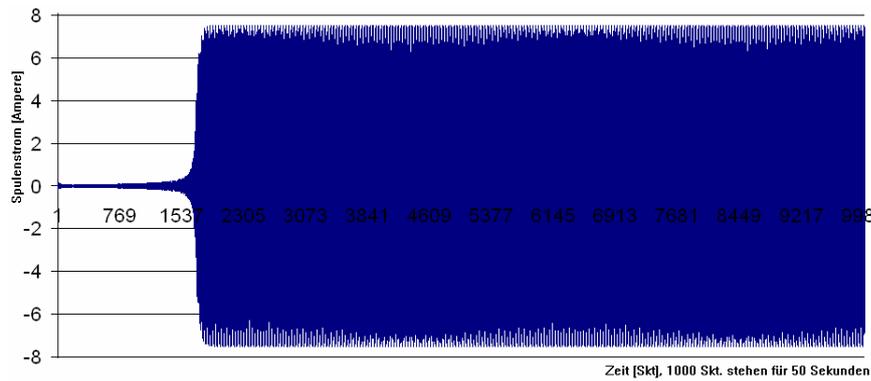


Bild 26:
Spulenstrom

Aufgrund der hohen Drehzahl löst die graphische Darstellung die einzelnen Schwingungsanteile nicht mehr auf.

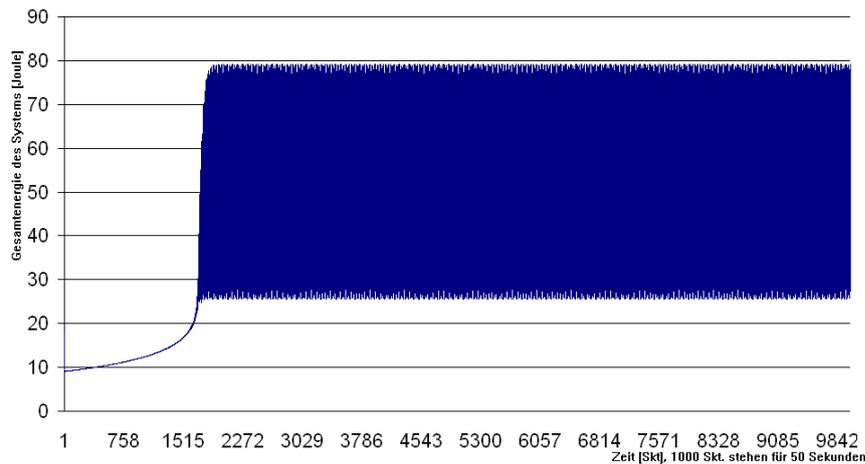


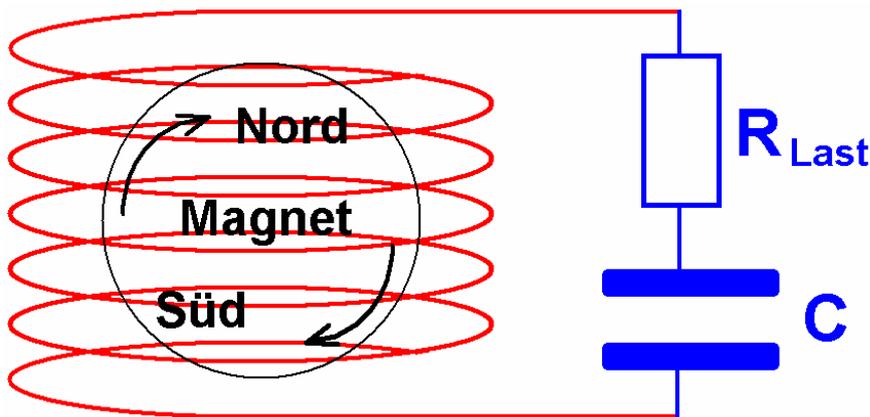
Bild 27:
Gesamtenergie des Systems

Aufgrund der hohen Drehzahl löst die graphische Darstellung die einzelnen Schwingungsanteile nicht mehr auf.

Offensichtlich beginnt das System anfangs, sich mechanisch aufzuschaukeln, es gewinnt also Raumenergie, und zwar genau so viel, bis die Drehzahl einen Wert erreicht, ab dem eine weitere Erhöhung der Drehzahl für eine Verschlechterung der Abstimmung der Systemparameter sorgen würde. An diesem Punkt hört eine mechanische Beschleunigung der Rotation auf, weil eine schnellere Drehung weniger Energie aus der Raumenergie gewinnen würde, sodaß eine zusätzliche Energiezufuhr zur weiteren Beschleunigung nicht zur Verfügung steht. Dies ist beim Zeitpunkt ca. 1700 Skt. erreicht. Da das System aber in diesem Punkt Raumenergie wandelt, geht der damit verbundene Energiegewinn zunächst in die elektrische Schwingung hinein, sodaß diese sich aufschaukelt. Das geht relativ rasch und dauert noch nicht einmal 200 Skt. der Zeit. Hat nun auch die elektrische Schwingung den Punkt erreicht, an dem eine weitere Zunahme der Energie für eine Verringerung der Raumenergie-Wandlung sorgen würde, so kann auch der elektrische Schwingkreis keine weitere Energie mehr hinzubekommen.

Auf diese Weise stabilisiert sich das System von selbst, sodaß eine periodische Anregung (Triggerung) im Pulsbetrieb gar nicht nötig ist. Das System kann also als Selbstläufer arbeiten. Begriffsprägung: Den so erreichten Betriebszustand des Raumenergie-Konverters können wir als „**energetisch gesättigt**“ bezeichnen.

Wir beginnen nun, zusätzlich zum Innenwiderstand des Spulendrahtes einen Lastwiderstand einzuführen (siehe Bild 28). Dieser entzieht dem System permanent Energie, welche wir als die Nutzenergie bzw. Nutzleistung des Raumenergie-Konverters verstehen. Dadurch kommt in der Differentialgleichung der elektrischen Schwingung zusätzlich zum Ohm'schen Widerstand noch ein Lastwiderstand hinzu, den wir in Serie schalten (siehe Gleichung 35). Die Berechnung der entnommenen Leistung folgt Gleichung 36.

**Bild 28:**

Dieser Aufbau führt letztlich zum dem im Beispiel durchgerechneten leistungsstarken Raumenergie-Konverter. Er löst nun endlich das Problem der Leistungsentnahme aus dem System.

$$-L \cdot \ddot{Q}(t) + (R + R_{Last}) \dot{Q}(t) + \frac{1}{C} \cdot Q(t) = 0 \quad (35)$$

$$P_{Last} = U_{Last} \dot{Q} = R_{Last} \dot{Q}^2 \quad (36)$$

Das Entscheidende dabei ist, dass der Konverter nicht ganz im Zustand der „energetischen Sättigung“ verbleibt, sondern kurz vorher betrieben wird, in einem Zustand, in dem der Zugewinn der Gesamtenergie aus der Raumenergie möglichst groß ist. Diesen Zustand kann man aus der Theorie heraus bequem einstellen, weil sich der Ohm'sche Widerstand langsam steigern lässt, bis ein Betrieb mit maximalem Leistungs-Output erreicht ist. (Geeignete Parameter findet man im Quellcode im Anhang.) Allerdings erfordert diese Energie-Entnahme zu Beginn einen Abgleich der anderen Systemparameter, wie etwa der Windungszahl der Spule oder Kapazität des Kondensators, etc... Ein derartiger Abgleich ist im experimentellen Aufbau wesentlich schwieriger als in der theoretischen DFEM-Simulation. Kennt man jedoch die Parameter für einen leistungsstarken Betrieb, dann kann man diesen Betriebszustand beliebig oft mit voller Belastung reproduzieren.

Da die Einstellung der Systemparameter schon in der Theorie recht schwierig war, obwohl diese Parameter sehr bequem und exakt variiert werden können (anders als im Experiment, wo die Veränderung der Aufbaus eben nicht nur das Betätigen weniger Tasten am Computer erfordert), erscheint es schlechterdings unmöglich, den Aufbau ohne theoretischen Hintergrund in die Praxis umsetzen zu können. Um den theoretischen Hintergrund allen Menschen zur Verfügung zu stellen, sind in der vorliegenden Publikation nicht nur die Formeln mit Erläuterungen präsentiert, sondern auch der Quell-code des Rechenprogramms, das nun jeder benutzen kann: Aus der Theorie müssen wir lernen, wie man der Raumenergie-Konverter bauen und einstellen muß, und da wir dies nun berechnet haben, können wir ihn hoffentlich im Labor nachbauen. Ohne die Theorie findet man nicht den geeigneten Arbeitspunkt zur Wandlung von Raumenergie.

Ist das System einmal eingestellt, so läuft es stabil, solange man nicht versucht, mehr Energie zu entnehmen, als es liefern kann. Will man mehr Leistung haben, so muß man einen größeren Motor verwenden, und das sollte kein Problem sein, denn unser Modell hat einen Durchmesser von 9 cm und eine Höhe von 6.8 cm – das ich nicht sehr viel – und wir werden bald sehen, dass er eine Leistung von 1.07 Kilowatt erzeugt.

Sinkt der Verbrauch über den Lastwiderstand, so sinkt auch die aus der Raumenergie gewandelte Leistung, weil das System den „energetisch gesättigten Zustand“ nicht überholen kann. Im Unterschied zu manch anderem Raum-Konverter-System (aus der Literatur) hat das hier vorgestellte System den Vorteil, nicht überdrehen zu können, wenn die Belastung fehlt oder zu gering wird, wie es z.B. bei einer Entwicklung von [Har 10] passiert ist. Der hier vorgestellte Konverter ist also vergleichsweise unfallsicher.

Frage: Kann die Leistungsdichte von 1.07 Kilowatt bei einem Zylinder von 9 cm x 6.8 cm noch gesteigert werden ?

Antwort: JA !

In Wirklichkeit könnte man durch Optimierung der Parameter selbst einem derart kleinen Raumenergie-Motor noch wesentlich höhere Leistungen wandeln (da wäre auch der Megawatt-Bereich kein Problem), denn die Energiedichte der Raumenergie ist immens. Tatsächlich wurde aber im vorliegenden Beispiel eine weitere Optimierung der Systemparameter wieder zurückgenommen, weil bei einer gewandelten Leistung von ca. 1kW die Leistungsdichte bereits die Belastbarkeit des Materials erreicht. Der Magnet dreht mit 6000 Umdrehungen pro Minute, was bei guter Lagerung kein Problem sein sollte. Der Kupferdraht mit 1.0 mm^2 Leiter-Querschnittsfläche wird von einem Wechselstrom in der Spitze mit $I_{\text{max}} = 18$ Ampere durchflossen (der Effektivwert ist natürlich geringer), was für den Draht schon an die Grenze geht.

Wir betrachten einige Details des Betriebs des DFEM-Beispiel-Raumenergie-Motors:

Der Spulenstrom (siehe Bild 29) ist ein Wechselstrom, der sich wie schon in Bild 26 gesehen aufschaukelt. Man beachte, dass Bild 29 eine andere Zeitskala hat als Bild 26, was ein Erkennen des Schwingungen in der Graphik erleichtert. Man beachte aber auch, dass die Spulenenergie (wie in Bild 32 gezeigt) immer wieder periodisch zurück zu Null muß. Es muß während jeder Umdrehung des Magneten Momente geben, in denen die Spule kein Magnetfeld erzeugt, weil erst das periodische Ein- und Ausschalten des Magnetfeldes die Raumenergie wandelnde Rotation des Magneten ermöglicht. Es gibt im Verlauf jeder Umdrehung zwei Momente, zu denen der Spulenstrom ein Magnetfeld erzeugt, welches den Magneten beschleunigt. Dazwischen sind aber Momente, in denen dieses Feld den Magneten wieder abbremst würde – und genau in dieser Zeitspanne befinden sich die Ladungen im Kondensator, sodaß der Spulenstrom verschwindet und kein Magnetfeld vorhanden ist, das den Magneten abbremsten könnte. Daß dadurch der Magnet beschleunigt wird, ist offensichtlich, was man auch daran erkennen kann, dass in Bild 30 der Drehwinkel nicht konstant als Funktion der Zeit hochläuft, sondern der Magnet immer schneller dreht. Wir erkennen dies ganz eindeutig, wenn wir in Bild 31 die Winkelgeschwindigkeit betrachten, die zunächst zunimmt, bis der Konverter schließlich die „energetische Sättigung“ erreicht. Daß die Winkelgeschwindigkeit nicht kontinuierlich zunimmt, sondern immer eine überlagerte Oszillation trägt, ist klar, weil der rotierende Magnet während eines Umlaufs zweimal beschleunigt wird, und dazwischen nicht. In den Phasen zwischen den Beschleunigungen wird der rotierende Magnet sogar etwas abgebremst, weil die Ladungen, die den Spulenstrom erzeugen, nur mit endlicher Geschwindigkeit die Spule verlassen können. Daß sich dabei die Gesamtenergie des Systems aufschaukelt (mit Versorgung aus der Raumenergie), weil die Phasen der Beschleunigung gegenüber den Phasen der Abbremsung dominieren, zeigt Bild 33. Offensichtlich ist aber auch die Summe aus der Spulenenergie, der Kondensatorenergie und der kinetischen Energie der Rotation einer kleinen überlagerten Oszillation unterworfen, die aus dem Schwingverhalten des elektrischen Schwingkreises herrührt.

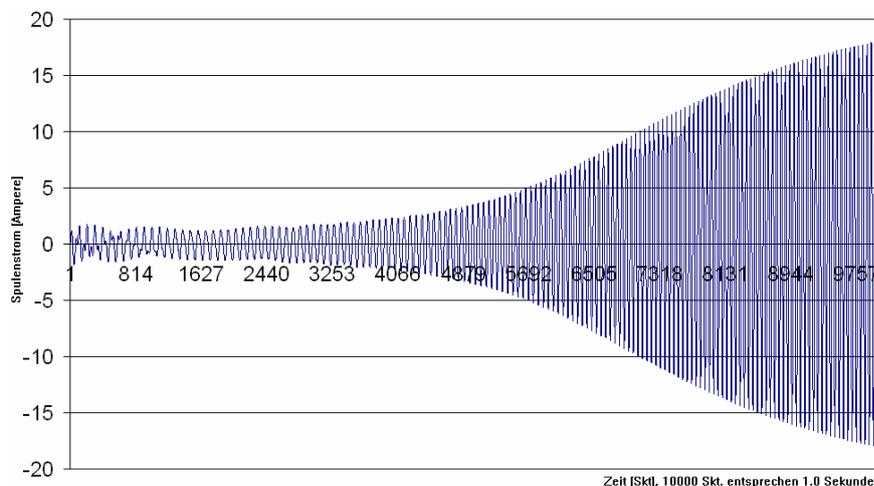


Bild 29:
Spulenstrom

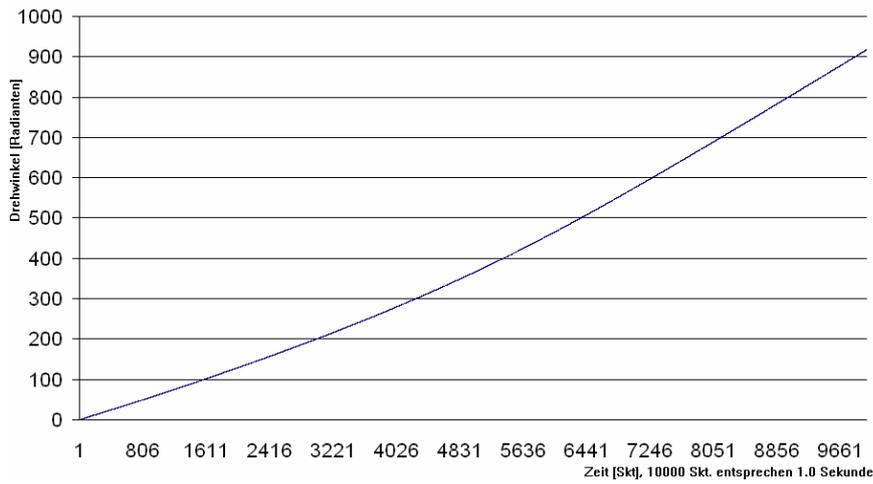


Bild 30:
Drehwinkel

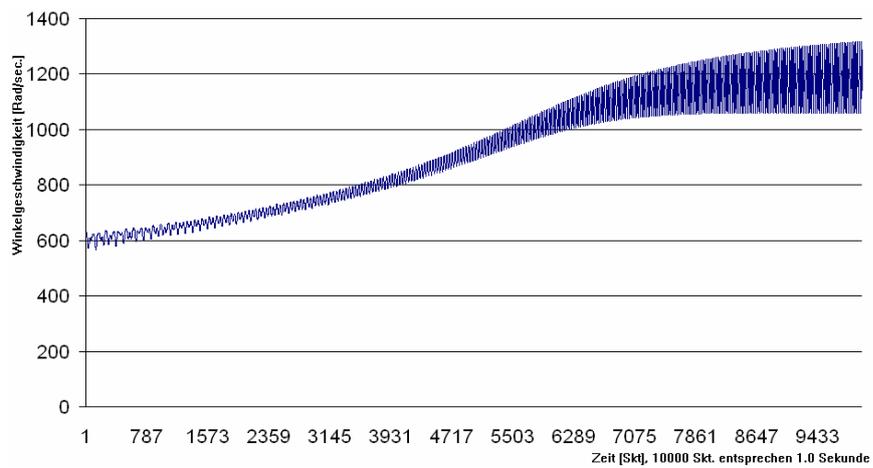


Bild 31:
Winkelgeschwindigkeit

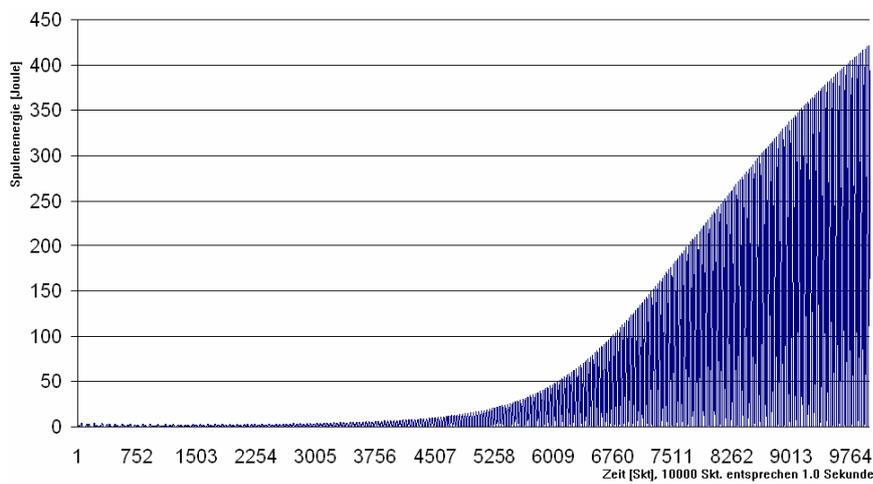


Bild 32:
Spulenergie

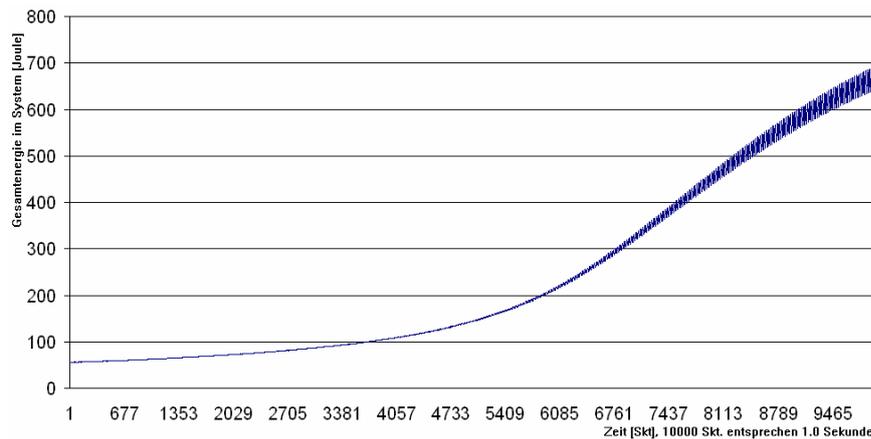


Bild 33:
Gesamtenergie des
Systems

Da zu Beginn des Hauptprogramms die 11 benötigten Systemparameter aufgelistet werden, sollte es für die Leser dieser Publikation kein Problem sein, eine eigene Dimensionierung eines eigenen Systems nach den verfügbaren Materialien durchzuführen. Deshalb sind nunmehr Experimentatoren herzlich eingeladen, das Raumenergie-Konverter-System praktisch im Labor zu verifizieren. Für Rückfragen hat der Autor seine Telefonnummer und seine Email-Adresse angegeben.

7. Resümée

Als Ergebnis dieser Arbeit ist festzustellen, dass es tatsächlich gelungen ist, mit der vorhandenen Theorie der Raumenergie und der Konversion von Raumenergie einen selbstlaufenden Motor im Kilowatt-Bereich (von der Größe einer Bohrmaschine) theoretisch verstehen und zu konzipieren. Auf der Basis dieser Theorie sollten sich nun leistungsstarke Raumenergie-Konverter bauen lassen.

Anders als bei bisher aus der Literatur bekannten praktischen Versuchen, besteht nun erstmals eine vorhandene Theorie und ein grundlegendes Verständnis solcher Raumenergie-Motoren, sodaß ein praktischer Aufbau in der Bereich des Realisierbaren gerückt sein könnte.

8. Literatur-Hinweise

- [Bec 73] Theorie der Elektrizität, Richard Becker und Fritz Sauter
Teubner Verlag. 1973. ISBN 3-519-23006-2
- [Bor 99] Borland Pascal (Delphi 5 aus 1999 oder neuere Version)
- [Bro 08] Taschenbuch der Mathematik
Ilja N Bronstein, Konstantin A Semendjajew, Gerhard Musiol, Heiner Mühlig,
Verlag Harri Deutsch, 7.Auflage, 2008, ISBN 978-3-8171-2017-8
- [Dub 90] Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau , 17.Auflage
W. Beitz, K.-H. Küttner et. al., Springer-Verlag. 1990. ISBN 3-540-52381-2
- [Ger 95] Gerthsen Physik, H. Vogel
Springer Verlag. 1995. ISBN 3-540-59278-4
- [Har 10] Beispiel von Guy Hary, private communication, 2009, 2010
- [Jac 81] Klassische Elektrodynamik, John David Jackson
Walter de Gruyter Verlag. 1981. ISBN 3-11-007415-X
- [Stö 07] Taschenbuch der Physik, Horst Stöcker
Verlag Harri Deutsch. 2007. ISBN-13 978-3-8171-1720-8

[Tip 03] Moderne Physik, P. A. Tipler und R. A. Llewellyn
Oldenbourg Verlag, 2003. ISBN 3-486-25564-9

[Tur 09] Wandlung von Vakuumenergie elektromagnetischer Nullpunktsoszillationen in klassische mechanische Energie, Claus W. Turtur, Europäischer Hochschulverlag
1. Auflage 2009, ISBN: 978-3-941482-54-8
Conversion of the Zero-point Energy of the Quantum Vacuum into Classical Mechanical Energy
1. Auflage 2009, ISBN: 978-3-941482-60-9

[Tur 10a] Fundamental Basics of Vacuum-energy and the Principle of the Construction of Zero-point-energy motors, <http://wbabin.net/weuro/turtur2e.pdf> (English version)
Fundamentale Grundlagen der Raumenergie und Konstruktionsprinzipien für Raumenergie-Motoren
<http://wbabin.net/weuro/turtur2.pdf> (Deutschsprachige Version)
Claus W. Turtur, The General Science Journal, ISSN 1916-5382 (21. Oktober 2010)

[Tur 10b] DFEM-Computation of a Zero-point-energy Converter with realistic Parameters for a practical Setup
Claus W. Turtur, PHILICA.COM, ISSN 1751-3030, Article number 213, (7. Dez. 2010)

9. Anhang: Quell-Code des DFEM-Algorithmus

```

Program Magnetkonverter_mit_realer_Leistungsentnahme;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs;

Const AnzPmax=10000; {Anzahl der Zeitschritte zur Lsg. der Dgl.}

Type Feld = Array[0..AnzPmax] of Double;

Var epo,muo      : Double; {Naturkonstanten}
    lichtgesch   : Double; {Lichtgeschwindigkeit}
    n            : LongInt; {Windungszahl der Spule}
    A            : Double; {Querschnittsfläche der Spule}
    Bo          : Double; {Magnetfeld (Amplitude) des Dauermagneten}
    ls          : Double; {Länge der zylindrischen Spule}
    di          : Double; {Durchmesser des Spulenkörpers}
    Dd          : Double; {Drahtdurchmesser}
    rm          : Double; {Radius des Dauermagneten}
    L           : Double; {Induktivität der Spule}
    C           : Double; {Kapazität des Kondensators}
    R           : Double; {Ohm'scher Widerstand des Spulendrahtes}
    rho        : Double; {Spez. Widerstand von Kupfer, je nach Temperatur, Kohlrausch,T193}
    phi,phip,phipp : Feld; {Drehwinkel und dessen Ableitungen}
    Q,Qp,Qpp    : Feld; {Ladung und deren Ableitungen}
    i          : LongInt; {Laufvariable}
    AnzP       : LongInt; {Anzahl der tatsächlich berechneten Zeit-Schritte}
    dt        : Double; {Dauer der Zeitschritte zur Lsg. der Dgl.}
    Abstd     : Integer; {Jeder wievielte Punkte soll geplottet werden}
    omo       : Double; {Kreis-Eigenfrequenz des elektrischen Schwingkreises}
    T         : Double; {Schwingungsdauer des elektrischen Schwingkreises}
    UC,UL     : Double; {Kondensatorspannung und Spulenspannung}
    rhom      : Double; {Dichte des Magnetmaterials}
    dm        : Double; {Dicke des zylindrischen Dauermagneten}
    mt        : Double; {Träge Masse des zylindrischen Dauermagneten}
    J         : Double; {Trägheitsmoment des zylindrischen Dauermagneten}
    K0,K1,K2,K3,K4,K5 : Feld; {Kontroll-Felder für Plot-Zwecke}
    EmA,EmE,siA,siE : Double; {Energie: Mittelwerte und Sigma "Anfang" und "Ende"}
    delE,sigdelE   : Double; {Veränderung der Energie-Mittelwerte "Anfang" zu "Ende"}
    UmAn          : Double; {Startwert: Umdrehungen pro Sekunde bei Anlaufen des Rotors}
    Eent          : Double; {Entnommene Energie, elektrisch}
    Rlast         : Double; {Ohm'scher Lastwiderstand}

Procedure Wait;
Var Ki : Char;
begin
  Write('<W>'); Read(Ki); Write(Ki);
  If Ki='e' then Halt;
end;

```

```

Procedure ExcelAusgabe(Name:String;Spalten:Integer;KA,KB,KC,KD,KE,KF,KG,KH,KI,KJ,KK,KL:Feld);
Var fout : Text; {Bis zu 12 Spalten zum Aufschreiben der Ergebnisse}
    lv,j,k : Integer; {Laufvariable}
    Zahl : String; {Die ins Excel zu druckenden Zahlen}
begin
    Assign(fout,Name); Rewrite(fout); {File öffnen}
    For lv:=0 to AnzP do {von "plotanf" bis "plotend"}
    begin
        If (lv mod Abstd)=0 then
        begin
            For j:=1 to Spalten do
            begin {Kolumnen drucken}
                If j=1 then Str(KA[lv]:19:14,Zahl);
                If j=2 then Str(KB[lv]:19:14,Zahl);
                If j=3 then Str(KC[lv]:19:14,Zahl);
                If j=4 then Str(KD[lv]:19:14,Zahl);
                If j=5 then Str(KE[lv]:19:14,Zahl);
                If j=6 then Str(KF[lv]:19:14,Zahl);
                If j=7 then Str(KG[lv]:19:14,Zahl);
                If j=8 then Str(KH[lv]:19:14,Zahl);
                If j=9 then Str(KI[lv]:19:14,Zahl);
                If j=10 then Str(KJ[lv]:19:14,Zahl);
                If j=11 then Str(KK[lv]:19:14,Zahl);
                If j=12 then Str(KL[lv]:19:14,Zahl);
                For k:=1 to Length(Zahl) do
                begin {Keine Dezimalpunkte verwenden, sondern Kommata}
                    If Zahl[k]<>'.' then write(fout,Zahl[k]);
                    If Zahl[k]='.' then write(fout,',');
                end;
                Write(fout,chr(9)); {Daten-Trennung, Tabulator}
            end;
            Writeln(fout,','); {Zeilen-Trennung}
        end;
    end;
    Close(fout);
end;

```

```

Begin {Hauptprogramm}
{ Initialisierung - Vorgabe der Werte: } {Wir arbeiten in SI-Einheiten}
Writeln('Raumenergie-Konverter mit Rotation.');
```

{ Vorgabe der Werte -> Input-Parameter:}

```

epo:=8.854187817E-12{As/Vm}; {Magnetische Feldkonstante}
muo:=4*pi*1E-7{Vs/Am}; {Elektrische Feldkonstante}
lichtgesch:=Sqrt(1/muo/epo){m/s}; Writeln('Lichtgeschwindigkeit c = ',lichtgesch, ' m/s');
```

{ Spule, Magnet, Kondensator:}

```

n:=1600; {Windungszahl der Spule}
di:=0.09; {Spulenkörper-Durchmesser}
Dd:=0.0010; {Drahtdurchmesser}
Bo:=0.700; {Tesla} {Magnetfeld (Amplitude) des Dauermagneten}
ls:=0.01; {Meter} {Länge des zylindrischen Spulenkörpers}
C:=0.23E-6; {Farad} {Kapazität des Kondensators}
rm:=0.039; {Meter} {Radius des zylindrischen Dauermagneten}
dm:=0.01; {Meter} {Dicke des zylindrischen Dauermagneten}
rhom:=7.8E3; {Dichte des Magnet-Materials, Eisen, Kohlrausch Bd.3}
```

{ Abgeleitete Parameter, keine Eingabe möglich:}

```

A:=di*di; {Meter * Meter} {Querschnittsfläche der Spule}
L:=muo*a*n*n/ls; {Induktivität der Spule}
omo:=1/Sqrt(L*C); {Kreis-Eigenfrequenz des elektrischen Schwingkreises}
T:=2*pi/omo; {Schwingungsdauer des elektrischen Schwingkreises}
rho:=1.7E-8; {Ohm*m} {Spez. Widerstand von Kupfer, je nach Temperatur, Kohlrausch,T193}
R:=rho*(2*pi*di*n)/(pi*(Dd/2)*(Dd/2)); {Ohm} {Ohm'scher Widerstand des Spulendrahtes}
```

{ Sonstige:}

```

UmAn:=100; {Startwert: Umdrehungen pro Sekunde bei Anlaufen des Rotors}
Rlast:=28; {Ohm'scher Lastwiderstand}
AnzP:=AnzPmax; {Anzahl der Zeitschritte insgesamt}
dt:=0.0001; {sec.} {Größe der Zeitschritte}
Abstd:=1; {Jeder wievielte Punkte soll geplottet werden}
mt:=pi*rm*rm*dm*rhom; {Träge Masse des zylindrischen Dauermagneten}
J:=1/2*mt*rm*rm; {Trägheitsmoment des zylindrischen Dauermagneten}
```

{ Anzeige der Werte:}

```

Writeln('Induktivitaet der Luft-Spule: L = ',L,' Henry');
Writeln('Eigen-Kreisfreq harmon.el.Osz.: omo = ',omo:8:4,' Hz => T = ',T:15,'sec.');
```

{ Länge des Spulendrahtes: ',(2*pi*di*n),' m');}

```

Writeln('Ohm'scher Widerstand des Spulendrahtes: R = ',R:8:2,' Ohm');
```

{ Träge Masse des zylindrischen Dauermagneten: mt = ',mt,' kg');}

```

Writeln('Traegheitsmoment des Dauermagneten: J = ',J,' kg*m^2');
```

{ Gesamtdauer der Betrachtung: ',AnzP*dt,' sec.);}

```

{ Hier beginnt das Rechenprogramm.}
Writeln('Mechanisch und elektrisch gekoppelte Schwingung.');
```

$$UC:=0; \{Volt\} \quad Q[0]:=C*UC; \quad Qpp[0]:=0; \quad Qp[0]:=0; \{Elektrische Startwerte\}$$

$$\phi[0]:=0; \quad \phi_{ip}[0]:=UmAn*2*\pi; \quad \phi_{ipp}[0]:=0; \quad \{Mechanische Startwerte\}$$

$$Eent:=0; \quad \{Reset für: Entnommene Energie, elektrisch\}$$

$$K0[0]:=0;$$

$$K1[0]:=1/2*L*Sqr(Qp[0]); \{Spulen-Energie\}$$

$$K2[0]:=1/2*C*Sqr(Q[0]/C); \{Kondensator-Energie\}$$

$$K3[0]:=1/2*J*Sqr(\phi_{ip}[0]); \{Rotations-Energie\}$$

$$K4[0]:=K1[0]+K2[0]+K3[0]; \{Gesamt-Energie\}$$

$$K5[0]:=0;$$

```

For i:=1 to AnzP do
begin
  Qpp[i]:=-1/L/C*Q[i-1]-(R+Rlast)/2/L*Qp[i-1]; \{nach *5 von S.6\}
  Qpp[i]:=Qpp[i]+n*Bo*A*sin(\phi[i-1])*phi_{ip}[i-1]/L; \{Induzierte Spannung in Spule bringen.\}
  Qp[i]:=Qp[i-1]+(Qpp[i]-R/2/L*Qp[i-1])*dt; \{nach *3 & *4 von S.6\}
  Q[i]:=Q[i-1]+Qp[i]*dt;
  phi_{ipp}[i]:=-Bo*n*Qp[i]*A/J*sin(\phi[i-1]); \{Mechanisches Drehmoment, x-Komponente\}
  phi_{ip}[i]:=phi_{ip}[i-1]+phi_{ipp}[i]*dt;
  phi[i]:=phi[i-1]+phi_{ip}[i]*dt;
  K0[i]:=0;
  K1[i]:=1/2*L*Sqr(Qp[i]); \{Spulen-Energie\}
  K2[i]:=1/2*C*Sqr(Q[i]/C); \{Kondensator-Energie\}
  K3[i]:=1/2*J*Sqr(phi_{ip}[i]); \{Rotations-Energie\}
  K4[i]:=K1[i]+K2[i]+K3[i]; \{Gesamt-Energie\}
  K5[i]:=Rlast*Sqr(Qp[i]); \{Am Lastwiderstand entnommene Leistung\}
  Eent:=Eent+K5[i]*dt; \{Am Lastwiderstand entnommene Energie\}
end;
{ Gesamt-Energie-Bilanz und Anzeige:}
EmA:=0; EmE:=0; siA:=0; siE:=0;
For i:=1 to 10 do EmA:=EmA+K4[i]/10; \{Mittelwert zu Beginn\}
For i:=AnzP-9 to AnzP do EmE:=EmE+K4[i]/10; \{Mittelwert am Ende\}
For i:=1 to 10 do siA:=siA+Sqr(EmA-K4[i]); \{Varianz zu Beginn\}
For i:=AnzP-9 to AnzP do siE:=siE+Sqr(EmE-K4[i]); \{Varianz am Ende\}
siA:=Sqr(siA)/10; siE:=Sqr(siE)/10; \{Standardabweichungen\}
Writeln('Energie-Werte: E_Anfang = (' ,EmA:11:7,' +/- ',siA:11:7,') Joule');
Writeln(' E_Ende = (' ,EmE:11:7,' +/- ',siE:11:7,') Joule');
delE:=EmE-EmA; sigdelE:=Sqr(Sqr(siE)+Sqr(siA));
Writeln('=> Veraenderung: delta_E = (' ,delE:11:7,' +/- ',sigdelE:11:7,') Joule');
Writeln('=> Konvertierte Leistung = (' ,delE/(AnzP*dt):11:7,' +/- ',sigdelE/(AnzP*dt):11:7,')
Watt');
Writeln('An Rlast entnom. Leistung = (' ,Eent/(AnzP*dt):11:7,') Watt');
ExcelAusgabe('test_04.dat',12,Q,Qp,Qpp,phi,phi_{ip},phi_{ipp},K0,K1,K2,K3,K4,K5);
Wait; Wait;
End.
```