

Aufbau, Beschreibung, Funktionsweise und Berechnung des Kork-Motors

I) Aufbau:

Der Korkmotor besteht aus folgenden, einfachen Bestandteilen:

- (1) 1 x Kork-Verschluss einer handelsüblichen 0,7 Liter Weinflasche (PAX Klosterrotwein)
- (2) 4 x Eisenholzschrauben 25 mm x 3 mm mit Metall Beilagscheiben (gut magnetisierbar)
- (3) 2 x Stecknadeln ca. 30 mm x ca. 0,6 mm mit ca. 3 mm Kunststoff Kugelkopf
- (4) 3 x Weich-Holzstücke Profil 36 mm x 24 mm mit Längen 1 x 86 mm und 2 x ca. 46 mm
- (5) 4 x 11 Meter lackierter Kupferdraht \varnothing 0,2 mm (Transformator oder Spulendraht)
- (6) 4 x 20 cm unisolierter Kupferdraht \varnothing 0,6 mm (Telefondraht) als Schleifringe (Kommutatoren)
- (7) 2 x 5 cm Löttauglitze aus Kupferfeingeflecht ca. 8 mm x ca. 1 mm (Kollektoren)
- (8) 2 x 20 cm isolierter Kupferdraht \varnothing 0,6 mm (Telefondraht) als Zuleitungen
- (9) 1 x Batteriefach für 2 x 1,5 Volt AA Batterien
- (10) 2 x 1,5 Volt AA Batterien
- (11) 4 x Holzschrauben 30 mm x 3,5 mm
- (12) Hufeisen-Permanentmagnet ca. 80 mm x ca. 30 mm x ca. 15 mm (B_{PM} = etwa 0,15 Tesla)



Abbildung 1 (Kork-Motor: Hufeisenmagnet, Stator, Kork-Rotor, Spulen, Kommutatoren, Kollektoren)

II) Zusammenbau:

- a) Verschrauben (11) der rechtwinkligen „U“ Konstruktion aus den Holzprofilen (4) als „Stator“
- b) Bohren (ca. 2mm) der Achsdurchgänge des Stators für die Stecknadeln (3) in der Drehachse

- c) Befestigung der 4 Eisenschrauben mit Beilagscheiben (2) im Korken in ca. 90 Grad Abständen
- d) Befestigung von 4 Drähten (6) paarweise jeweils in ca. 180 Grad Halbkreisen, wobei die beiden Paare in einem Winkel von ca. 90 Grad zueinander stehen, ideal also Kommutator K1[1°-179°], K2[181°-359°], K3[91°-269°], K4[271°-89°]
- e) Wickeln der 4 Spulen (5) S1-S4 zu jeweils 305 Windungen, wobei die Wicklungsrichtung der gegenüberliegenden Spulen in der durchgehenden Spulenachse gleich sein muss, also S1[+], S2[+], S3[-], S4[-], wobei [+] die positive Orientierung und [-] die negative Orientierung bei Betrachtung jeweils auf den Schraubenkopf darstellt
- f) Die beiden miteinander verbundenen Spulen S1 und S3 werden an den Kommutator K1 und K3 angelötet und die beiden miteinander verbundenen Spulen S2 und S4 werden an den Kommutator K2 und K4 angelötet
- g) Die beiden flachen Löt- und Sauglitzen (7) werden als Kollektoren mit ihren angelöteten Zuleitungen (8) in einem Winkel von 180 Grad, also gegenüberliegend am Stator befestigt und als Schleifer elastisch auf die beiden Kommutator-Ringe K1-K4 positioniert
- h) Positionieren und fixieren des Hufeisenmagneten (12) in Achsausrichtung der Spulen S1-S4
- i) Nach Einlegen der beiden 1,5 Volt AA Batterien sollte der Motor mit etwa 300 U/min laufen
- j) Eventuell müssen die bestmögliche Ausrichtung der Hufeisenmagnetenden und die genaue Position der Löt- und Sauglitzen-Kollektoren nachjustiert werden

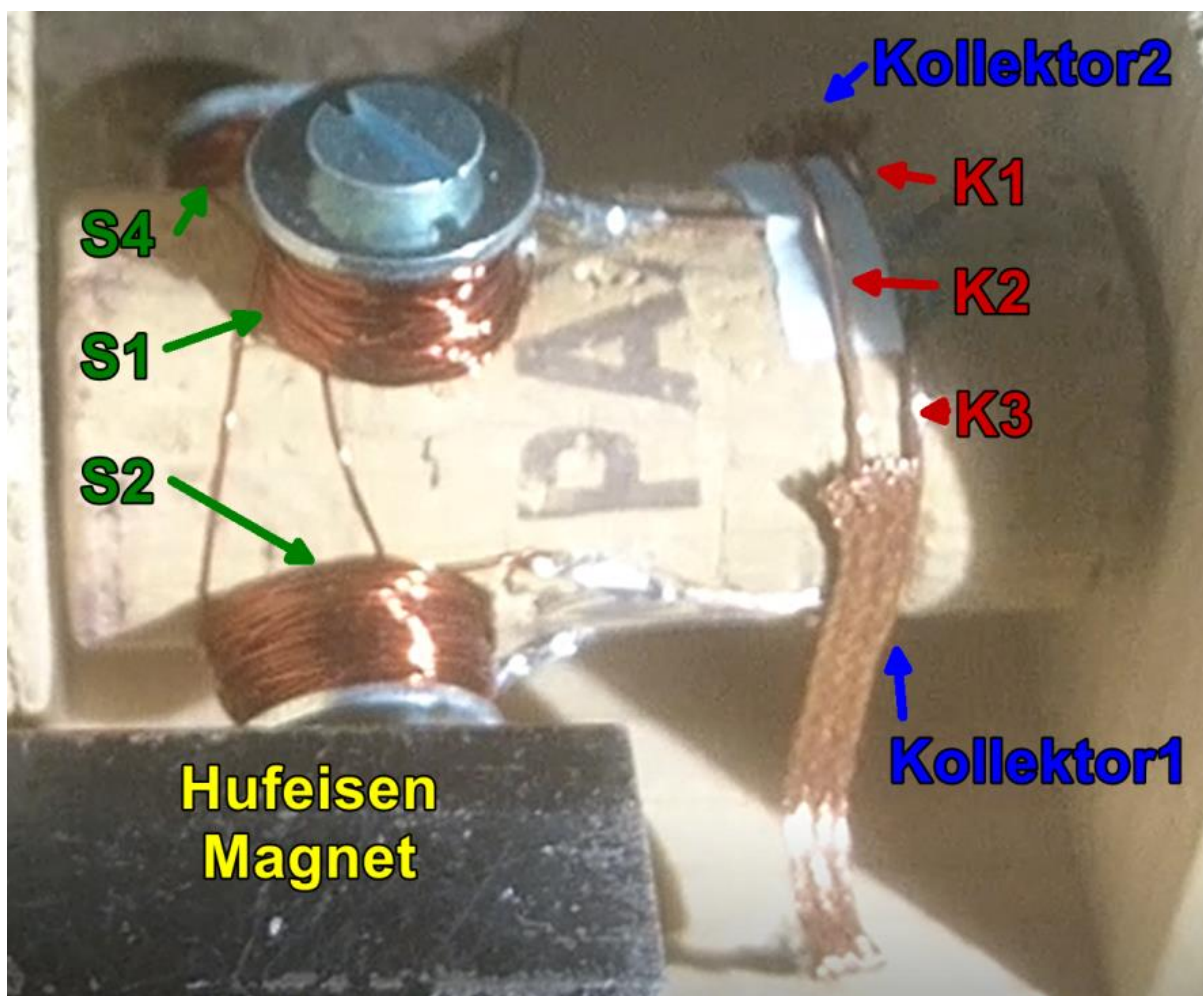


Abbildung 2 (Beschriftungen der K-Kommutatoren, der S-Spulen und der Kollektoren)

III) Messungen:

Folgende Werte wurden gemessen:

1. Durchmesser des Korken: ca. 20 mm (Länge ca. 35 mm)
2. Äußerer Spulenabstand der Spulenpaare: $l_s = 38$ mm
3. Windungen jeder Spule: $N = 305$ Windungen / je Spulenpaar: $N = 610$ Windungen
4. Spulendurchmesser: $d_{\text{innen}} \varnothing 3$ mm / $d_{\text{außen}} \varnothing 11$ mm / $d_m \varnothing 7$ mm (Mittelwert)
5. Wirksame Spulenlänge: 9 mm (vom Korkkörper bis zur Beilagscheibe)
6. Spulenwiderstand jedes seriellen Spulenpaares: 8Ω (also etwa 4Ω bei jeder der 4 Spulen)
7. Batteriespannung (unverbraucht): ca. $2 \times 1,5$ V = 3 V (maximal 3,2 V)
8. Umdrehungsgeschwindigkeit: maximal etwa 300 U/min (etwa 5 U/s)
9. Gemessener Ruhestrom jedes seriellen Spulenpaares: 150 mA (bei neuen Batterien)
Anmerkung: der gemessene Strom ist durch Leitungs-, Kontakt- und Innenwiderstände deutlich geringer als der theoretisch berechnete Strom in Punkt 10

IV) Berechnungen:

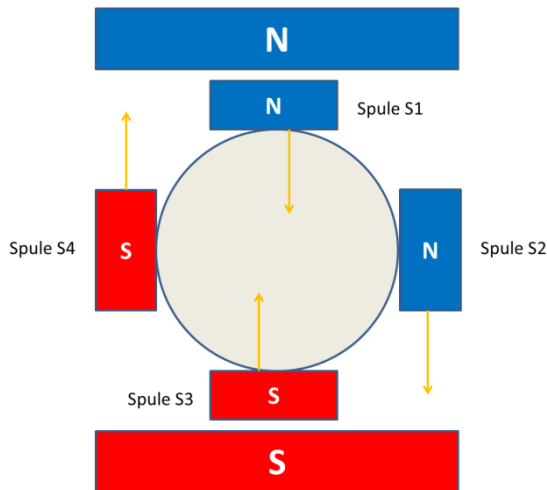
10. Ideale Stromstärke je Spulenpaar: $I = U / R = 3 \text{ V} / 8 \Omega = 375$ mA, gemessen 150 mA
11. Gesamtstromverbrauch für 2 parallele Spulenpaare: 300 mA, maximal theoretisch 750 mA
12. Maximale theoretische Leistung (ideal): $P = U \times I = 3 \text{ V} \times 0,75 \text{ A} = 2,25$ W, gemessen 0,9 W
13. Verringerung des Wirkungsgrades durch: Leitungswiderstände, Innenwiderstände Batterien, Übergangswiderstände, Kontaktwiderstände Kollektoren-Kommutatoren, Reibungsverluste, Batterieleistungsverluste, Ummagnetisierungsverluste im Metall, Luftspaltverluste, Wirbelströme, Temperaturkoeffizient der Kupferwicklungen, etc.
14. Wirkungsgrad: etwa 40% oder geringer (bedingt durch den einfachen Aufbau)
15. Magnetfeld H eines Spulenpaares: $H = I \times N / l_s = 0,150 \text{ A} \times 610 / 0,038 \text{ m} = \text{ca. } 2400$ A/m
16. Magnetische Permeabilität μ_r von Eisen: 300 bis 10000, für unsere Eisenschraube ca. 2000
17. Induktion B eines Spulenpaares: $B = \mu_0 \times \mu_r \times H = 2000 \times 4 \times \pi \times 10^{-7} \text{ Vs/Am} \times 2400 \text{ A/m} = 6$ T
18. Ideale Kraft F auf ein Spulenpaar: $F = I \times d_m \times N \times B_{PM} = 0,15 \text{ A} \times 0,007 \text{ m} \times 610 \times 0,15 \text{ T} = 0,1$ N
19. Gesamtkraft der Doppelspulen: Abhängig vom Winkel und vom Wirkungsgrad: 0,1 N - 0,2 N
20. Masse = Kraft / Beschleunigung = $0,1 \text{ N} / 9,81 \text{ m/s}^2 = \text{ca. } 0,01$ kg
Der Motor könnte also im Idealfall an seinem Korkdurchmesser ein Seil mit einem Gewicht von etwa 10 Gramm (etwa 1 Extrawurst Scheibe) hochziehen

Youtube Video des Kork-Motors im Betrieb:

<https://www.youtube.com/watch?v=bz4b8HaQfC8>

V) Funktionsweise des Kork-Motors:

Ausgehend von der Lorenzkraft F durch bewegte Ladungen (entspricht dem Strom I) in einem Magnetfeld B_{PM} kann die Funktionsweise des Korkmotors wie folgt erklärt werden:



In einem äußeren Magnetfeld eines Permanentmagneten (oberer Nordpol N und unterer Südpol S des Hufeisenmagneten) befinden sich die 4 Spulen S1, S2, S3 und S4, welche jeweils um 90 Grad versetzt auf dem Kork-Zylinder angebracht sind. Die Spulenpaare S1 - S3 sowie S2 - S4 sind gleichsinnig orientiert, sodass sie an ihren Außenseiten jeweils gegenseitig gepolte magnetischen Endpole N und S besitzen (Abbildung 3: vier stromdurchflossene Spulen in einem permanenten Magnetfeld B_{PM}).

Gleichsinnig orientierte, magnetische Pole stoßen einander ab, während ungleichsinnig orientierte, magnetische Pole einander anziehen, also stoßen sich zwei Nordpole oder zwei Südpole ab, während ein Nordpol und ein Südpol sich anziehen. Durch das Spulenpaar S2 und S4 wird daher eine eindeutige Drehrichtung auch in einer neutralen Lage des Spulenpaares S1 und S3 (0 Grad und 180 Grad) definiert. Sobald sich das Spulenpaar S1 und S3 aus der Nulllage im Uhrzeigersinn weiter bewegt, werden seine Abstoßungskräfte vermehrt als Drehmoment auf die Achse des Kork-Zylinders wirken können, während sich das um 90 Grad versetzte Spulenpaar S2 und S4 den anziehenden Magnetpolen des Permanentmagneten nähert und so ebenfalls Drehmomente auf die Achse des Kork-Zylinders ausübt.

Nach einer 135 Grad Drehung wäre dann allerdings eine stabile Endlage erreicht, da sich dann alle ungleich orientierten Magnetpole so weit wie möglich angenähert hätten.

Daher muss die Stromrichtung der Gleichstromversorgung jeweils bei einer bestimmten Lage der Spulenpaare umgedreht werden, damit das jeweilige Spulenpaar auch seine äußere magnetische Richtung umdreht, der Nordpol zum Südpol wird und der Südpol gleichzeitig zum Nordpol wird.

Hinweis: Diese Ummagnetisierung (Umpolung der Spulen und ihrer Eisenkerne) ist je nach Material mit den sogenannten Hystereseverlusten verbunden, da das magnetisierte Material (Metallschraube) eine gewisse Magnetisierung gespeichert hat, die durch die Gegenmagnetisierung zuerst wieder gelöscht (entmagnetisiert) werden muss.

Die Stromrichtung muss also bei einer bestimmten Lage des Rotors in den Rotorspulen umgedreht werden. Beim Kork-Motor wurde ein Winkel von etwa 0 Grad und 180 Grad gewählt, da dadurch die größtmögliche Abstoßung bzw. Anziehung erreicht werden kann.

Da die beiden Spulenpaare jeweils um 90 Grad versetzt sind, muss das zweite Kommutator-Paar (Plus-Minus Strompole) auch um 90 Grad versetzt zum ersten Kommutator-Paar angeordnet sein.