

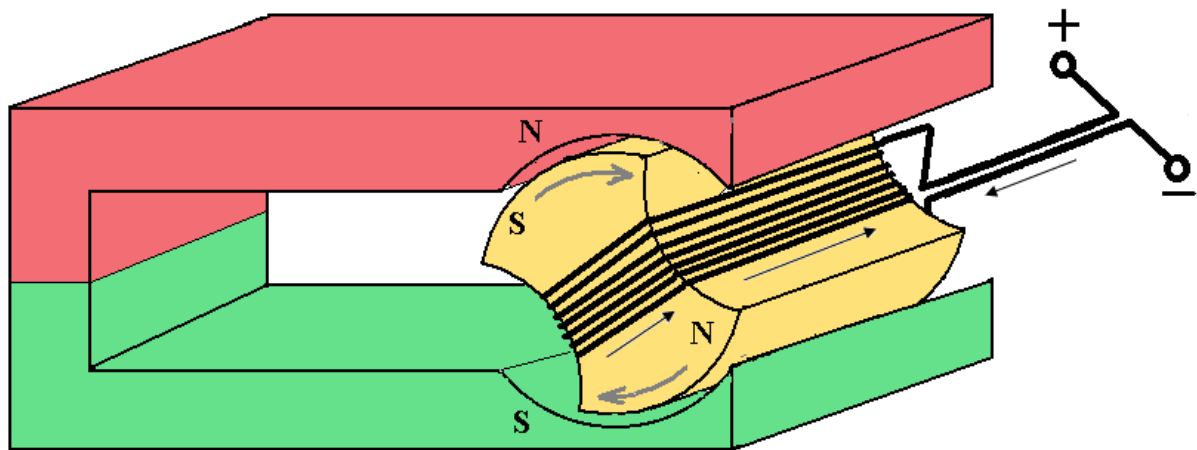
Der Gleichstrommotor – warum dreht er sich ?

Betrachte Abbildung 1. Eine Spule ist um einen Eisenkern gewickelt, der an beiden Enden aus der Spule herausragt und dessen Enden beide abgerundet sind. Damit kann sich der Eisenkern mit der Spule perfekt in den rund ausgehöhlten Polschuhen eines Festmagneten drehen. Dazu müssen Spule und Eisenkern auf einer drehbaren Achse angebracht sein, die in der Abbildung aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen wurde.

Die Spule wird nun an eine Spannungsquelle angeschlossen, es fließt ein Strom durch die Spule. Wir wollen den Weg eines Elektrons verfolgen. Die Pfeile geben die Richtung der Elektronen in dem jeweiligen Drahtstück an. Überzeuge Dich von der Richtigkeit der Richtungen.

Eine stromdurchflossene Spule stellt einen Elektromagneten dar. Der Eisenkern in der Spule wird folglich magnetisiert und besitzt nun einen Nordpol und einen Südpol. Überzeuge Dich mit Hilfe der Elektronenrichtung, dass die Pole aufgrund der Linken-Faust-Regel für Spulen richtig eingetragen sind.

Abb. 1



Bei der momentanen Schräglage der inneren Spule ziehen sich deren Pole und die Pole des äußeren Magneten an, so dass die innere Spule vom Betrachter aus gesehen im Uhrzeigersinn gedreht wird. Die Drehung aufgrund der magnetischen Anziehungskräfte würde so lange anhalten, bis der Eisenkern der Spule genau senkrecht steht (s. Abb. 2). Die Wicklungen der Spule liegen dann waagrecht. Wenn sich die Spule nun aufgrund ihres Schwungs noch weiter dreht, so würden die Anziehungskräfte die Spule wieder zurückdrehen (s. Abb. 3). Ein so konstruierter „Motor“ würde sich ein bisschen drehen, dann etwas hin- und her bewegen und schließlich in der Position von Abb. 2 zur Ruhe kommen. Ein unbrauchbarer „Motor“.

Abb. 2

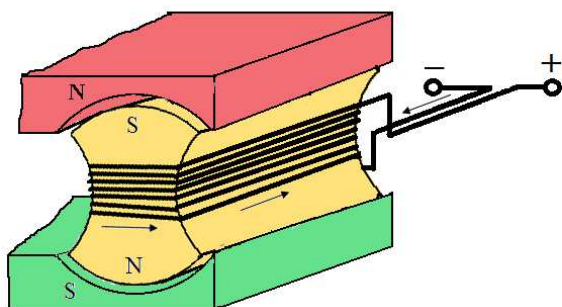
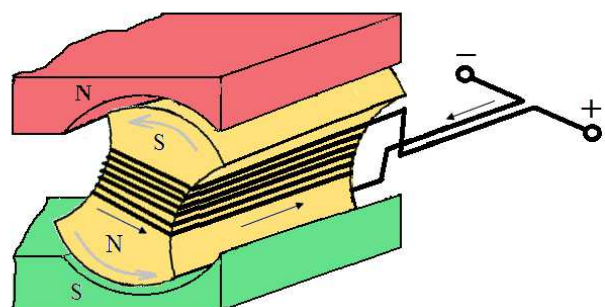
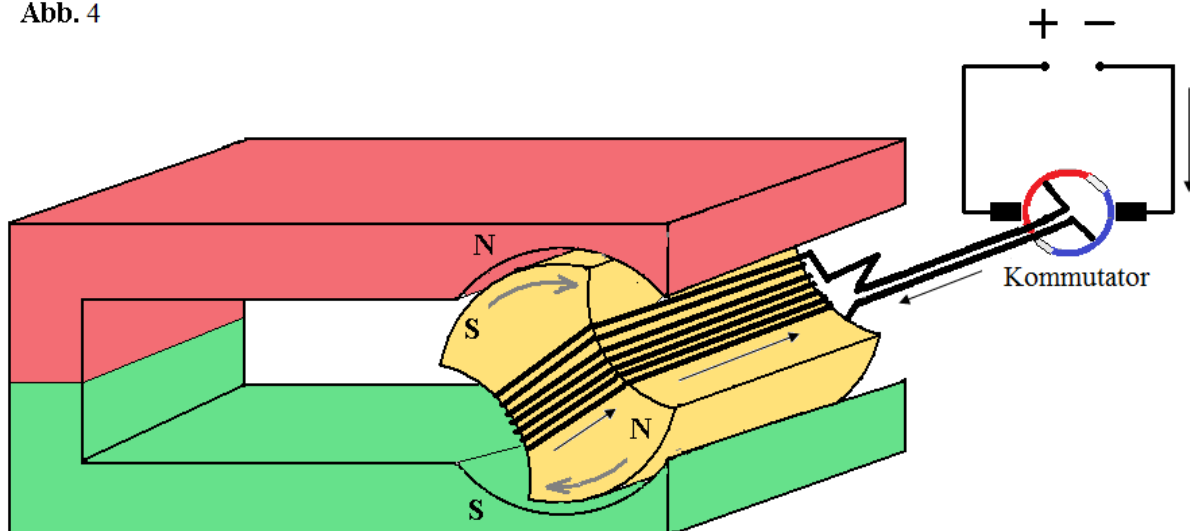


Abb. 3



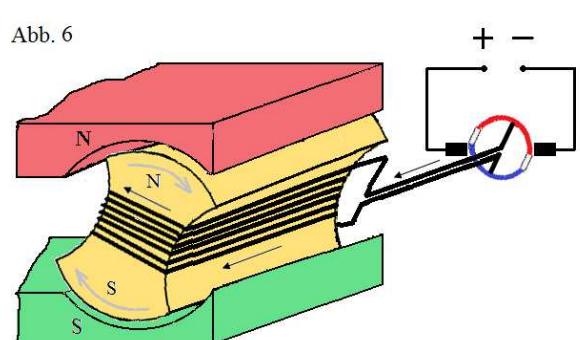
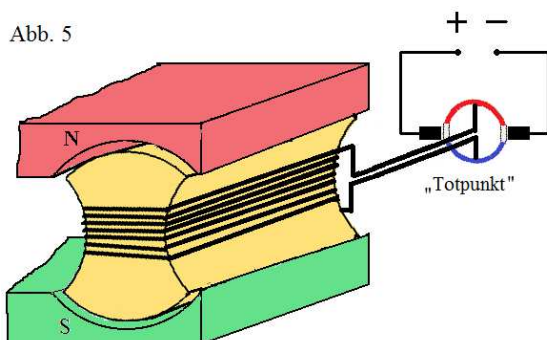
Nun kommt der Kommutator ins Spiel (s. Abb. 4).

Abb. 4



Der Kommutator ist ein Ring, der fest an die Enden der Spule angelötet ist und sich mit dieser dreht. Er besteht aus zwei Metall-Halbringen, in der Abbildung rot und blau gezeichnet, die an zwei gegenüberliegenden Stellen durch Isolatoren unterbrochen werden. Der Strom wird über zwei gegenüberliegende Schleifkontakte zugeführt. Die Schleifkontakte sind so angebracht, dass sie sich an den Isolatorstellen befinden, wenn der innere Eisenkern genau senkrecht steht. Dann wird die Stromzufuhr kurzfristig unterbrochen. Dieser Zustand wird auch „Totpunkt“ genannt.

In Abb. 4 steht die innere Spule kurz vor dem Totpunkt. Die Pole des äußeren und des inneren Magneten sind noch verschieden und ziehen sich an, wie oben in Abb. 1, wodurch die innere Spule im Uhrzeigersinn gedreht wird. Wenn der innere Eisenkern etwas später senkrecht steht, ist der Totpunkt erreicht. Kurzfristig fließt kein Strom und das innere Magnetfeld wird Null (Abb. 5).

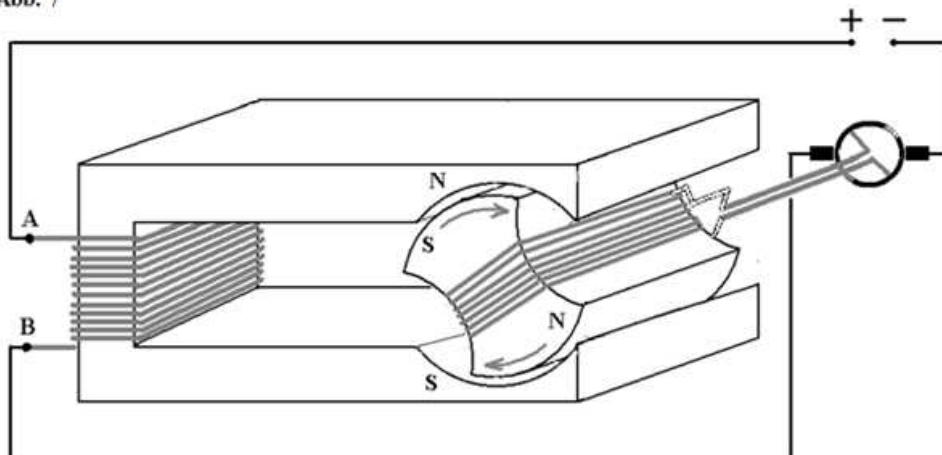


Wegen des Schwungs drehen sich Spule und Eisenkern jedoch über den Totpunkt hinweg (Abb. 6). Unmittelbar nach Überwinden des Totpunkts wechselt die Stromrichtung in der Spule. Vor dem Totpunkt ist der Minuspol mit dem blauen Halbring verbunden, nach dem Totpunkt mit dem roten Halbring. Mit der Stromrichtung wechseln auch die Pole des inneren Magneten. Das ist der entscheidende Unterschied zwischen Abb. 3 und Abb. 6. Nun stoßen sich die Pole des inneren rotierenden Magneten und des äußeren feststehenden Magneten ab, so dass sich die innere Spule weiter im Uhrzeigersinn dreht. Mit der Erfindung des Kommutators wird nun eine kontinuierliche Drehung in dieselbe Richtung möglich. Zweimal pro Umdrehung wechselt der innere, rotierende Magnet seine Polung, und zwar immer genau dann, wenn die Polachsen der beiden Magnete genau parallel zueinander verlaufen.

Verbesserungen

1. Der äußere Magnet ist bisher ein Festmagnet. Festmagnete sind teuer und im Vergleich zu Elektromagneten bei gleicher Baugröße nicht sehr stark. Man ersetzt also den äußeren Magneten durch eine feststehende Spule mit Eisenkern:

Abb. 7



Innere und äußere Spule sind in Reihe geschaltet. Beachte: Der Kommutator wirkt nur auf die innere Spule und die Polung des äußeren Magneten ändert sich folglich nicht. Dies geschieht erst durch Vertauschen der Anschlüsse *A* und *B*. Auf diese Weise kann man die Drehrichtung des Motors ändern.

2. Es wird eine zweite Wicklung senkrecht zur ersten angebracht und gleichzeitig der Kommutator in vier Bereiche aufgeteilt. Nach wie vor gibt es nur ein Paar Schleifkontakte. Natürlich müssen die beiden - im Übrigen völlig unabhängigen - Wicklungen im gleichen Drehsinn gewickelt sein, warum?

Statt einer Skizze studiere man das Bausatz-Modell im Unterricht.

Es können auch drei oder noch mehr unabhängige Wicklungen angebracht werden. Eine beliebige Anzahl sind 7 Wicklungen (mit 14 Kommutator-Sektoren). Worin besteht der Vorteil mehrerer Wicklungen und warum sind ungerade Anzahlen von Vorteil?

3. Man mache sich klar, dass der obige Motor ebensogut auch mit Wechselstrom funktioniert. Der Wechselstrom des Haushaltsstromnetzes ändert 100 mal in der Sekunde seine Richtung. In jeder Hundertstel-Sekunde bewegen sich die Elektronen nur wenige Millimeter in dieselbe Richtung, bevor sie wieder umkehren. Im Mittel pendeln sie um denselben Ort und kommen nicht von der Stelle. Ein Elektron, welches sich zu Beginn z.B. gerade in der äußeren Spule befindet, wird im Wechselstrombetrieb auch nicht aus der Spule herauskommen.

Der Motor funktioniert deshalb, weil bei Wechselstrom *beide Magnete*, der äußere und der innere jeweils gleichzeitig die Polung ändern. Die Richtung der Lorentzkraft auf die Wicklungen und der jeweilige Zustand der Anziehung/Abstoßung zwischen innerem und äußerem Magnet bleibt daher jederzeit unverändert. Der Kommutator wird genauso wie beim Gleichstrombetrieb dazu verwendet, die Polung der inneren Spule *einmal zusätzlich* für die nächste Halbdrehung zu tauschen.