

Der Elektromotor – Technik für SchülerInnen greifbar machen

„Die grundlegende Annahme kognitiver Lerntheorien lautet, dass der Mensch sich seine Welt im aktiven Umgang mit ihr aneignet“ (Jank & Meyer, 2009, S. 322). Betrachtet man das Unterrichtsfeld der Antriebstechnik, so eröffnen sich hinsichtlich dieser Theorie vielfältige Möglichkeiten praxisorientierten Unterricht durchzuführen und SchülerInnen komplexe technische Sachsysteme vorzustellen. Praktische Erfahrungen zeigen, dass das Beispiel des Elektromotors gut geeignet ist, um SchülerInnen für aktuelle Herausforderungen der Antriebstechnik zu begeistern und sie in Zeiten erstarkender regenerativer Energiekonzepte und eines wachsenden Umweltbewusstseins zu sensibilisieren.

Die Idee der Entwicklung und Anwendung des nachfolgend beschriebenen Modells besteht demnach darin, SchülerInnen für den Unterrichtsgegenstand zu motivieren und ihnen die Möglichkeit zu geben, komplexe technische Sachsysteme auf das einfache Modell zurückführen zu können. Mit vertretbarem Aufwand kann ein einfacher Motor gebaut werden, der als Ausgangspunkt für das komplexe Thema der elektrischen Antriebstechnik dienen kann.

Vorbereitung

Der Vorbereitungsaufwand für den Bau der Modelle gestaltet sich je nach Ausstattung der Räumlichkeiten unterschiedlich. Sollen die SchülerInnen das Modell vollkommen selbstständig bauen, so muss die Lehrkraft lediglich die Materialien bereitstellen. Können einzelne Arbeitsschritte, wie das Sägen der Bretter nicht in der Schule durchgeführt werden, müssen diese entsprechend vorbereitet werden.

Für ein Motormodell werden folgende Materialien benötigt:

- Holzbrett 14cm x 8cm x 2,5cm,
- ca. 15cm Schweißdraht \varnothing 2mm,
- ca. 50cm Kabel (einpolig) \varnothing 1mm,
- 4cm Schrumpfschlauch \varnothing 6mm,
- 4 Nägel \varnothing 2mm x 20mm,
- 1 Flachbatterie 4,5 Volt,
- 2 Flachsteckhülsen 6,3mm,
- 1 Scheibenmagnet \varnothing 15mm x 6mm,
- doppelseitiges Klebeband 2cm x 2cm,
- 50cm *lackierter* Kupferdraht \varnothing 1mm,
- 1 Gummiring \varnothing 40mm x 1mm.

Zum Zusammenbau des Modells werden außerdem verschiedene Werkzeuge benötigt:

- ein Seitenschneider,
- ein Feuerzeug o. eine Heißluftpistole,
- Schleifpapier (Körnung 100 - 300),
- ein Hammer,
- ein Rohrabschnitt \varnothing 25mm,
- eine Flachzange,
- eine Schere,
- ein Kompass und
- eine Spitzrundzange.



Abbildung 1: Motormodell

Der finanzielle Aufwand beträgt pro Modell etwa 4 Euro. Der Zeitaufwand zum vollständigen Bau des Modells umfasst mit Schülern und Schülerinnen der 7. bis 9. Klassenstufen etwa 2-3 Unterrichtsstunden á 45 Minuten.

Bauanleitung

Im ersten Schritt wird das Brett auf die erforderlichen Maße zugesägt und danach an den Kanten und Flächen mit Schleifpapier von Splintern befreit. Im Anschluss werden die Bohrungen vorgenommen. Nun können die vier Nägel mit einem Hammer eingetrieben werden. Hier ist darauf zu achten, dass die Köpfe noch etwa 2mm aus dem Brett herausstehen.



Abbildung 2: Vorbereitetes Brett

Im nächsten Schritt werden unter Verwendung der Spitzrundzange aus Schweißdraht zwei Bügel gebogen und mit dem Seitenschneider auf das erforderliche Maß gelängt. Sie dienen als Aufhängung für den Rotor (Anker). Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Schrittfolge.

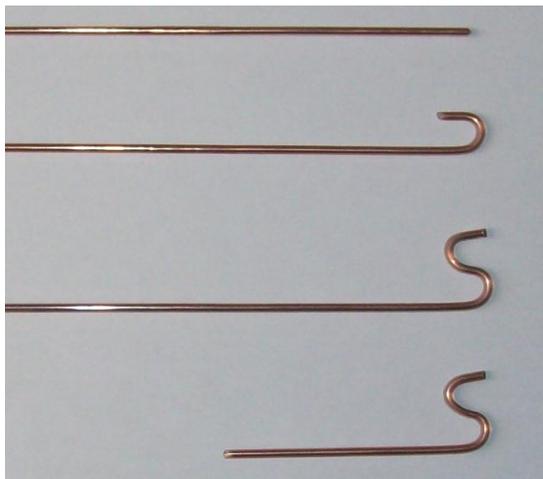


Abbildung 3: Schrittfolge Bügelherstellung

Nun werden die elektrischen Leitungen vorbereitet, indem zwei Kabel auf je 25cm gelängt und im Anschluss an den Enden abisoliert werden. Diese Kabel werden mit den Bügeln verbunden und mit Schrumpfschlauch dauerhaft befes-

tigt. Dazu werden ca. 1cm lange Schrumpfschlauchstücken über das Kabel und den Bügel gezogen und mit dem Feuerzeug bzw. der Heißluftpistole erwärmt, so dass die Schlauchstücke ihren Durchmesser deutlich verringern.

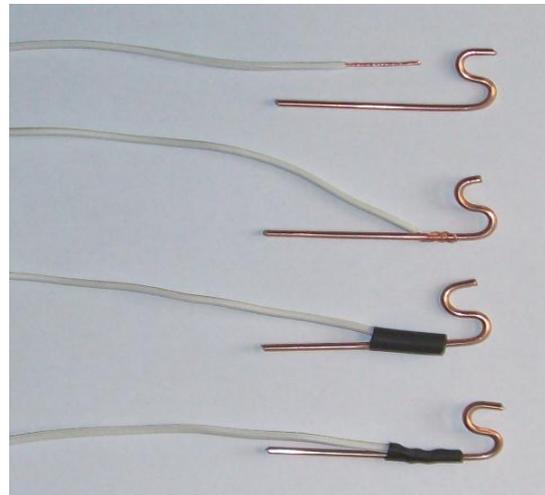


Abbildung 4: Schrittfolge Bügelverdrahtung

So vorbereitet können die Bügel mit dem Brett zusammengefügt werden. Auch der Gummiring, der zur Befestigung der Batterie dient, kann bereits montiert werden.



Abbildung 5: Bügelmontage

An den noch freien Kabelenden werden nun die Flachsteckhülsen mit einer Flachzange befestigt und zum Schutz vor einem elektrischen Kurzschluss mit Schrumpfschlauch isoliert. Anschließend wird die Batterie mit den Gummi auf das Brett gespannt.

Als wesentliches Bauteil zur Umwandlung der elektrischen in mechanische Energie dient der Rotor bzw. Anker des Elektromotors. Um den Anker herzustellen ist ein kurzer Rohrabchnitt oder Zylinder mit einem Durchmesser von 25mm

notwendig. Um diesen Abschnitt wird der lackierte Draht gewickelt. Bei einer vorgegebenen Drahtlänge von 50cm beträgt die Windungszahl $5\frac{1}{2}$. Die noch überstehenden Enden werden nun zweifach um die so entstandene Spule gewickelt, um sie zu fixieren und dann im Winkel von 90° nach außen gebogen. Diese über die Spule nach außen stehenden Enden werden anschließend mit dem Schleifpapier auf einer Seite vorsichtig vom Lack befreit. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Schrittfolge. Die Pfeile kennzeichnen die Stellen, an denen der Lack zu entfernen ist.

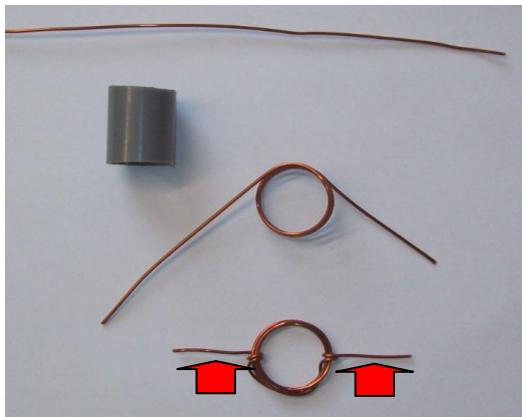


Abbildung 6: Spule (Rotor) wickeln

In einem abschließenden Arbeitsschritt ist der Scheibenmagnet auf dem Brett zu befestigen. Dazu wird auf der einen Seite des Magnets doppelseitiges Klebeband aufgeklebt, das den Magnet auf dem Brett fixiert. Mitunter ist es hilfreich zwei Scheibenmagnete zu verwenden, wie es das vollständige Motormodell verdeutlicht. Werden zwei Magnete verwendet ist darauf zu achten, dass ein Magnet mit dem Nordpol und der andere Magnet mit dem Südpol nach oben aufgeklebt wird.

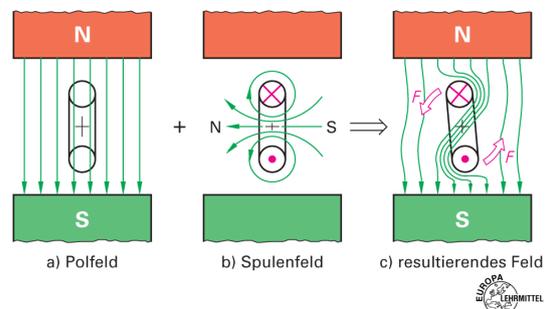
Die Ursache für die Ausrichtung der Magneten und das einseitige Entlacken der Rotor-Enden ist der Funktionsweise des Motors geschuldet, die nachfolgend kurz vorgestellt wird.

Das Motorprinzip:

Auf elektrische Teilchen, die sich in einem Magnetfeld bewegen wirkt eine Kraft, die sogenannte Lorentzkraft.

Dieser Effekt wird beim Elektromotor genutzt, indem ein elektrischer Leiter in Form einer Leiterschleife bzw. Spule so in einem Magnetfeld platziert und von elektrischen Ladungsträgern „durchströmt“ wird, dass sich die Spule (im Allgemeinen als Anker oder Rotor bezeichnet) durch die wirkende Lorentzkraft zu drehen beginnt. Damit die Leiterschleife nicht in senkrechter Lage zum Magnetfeld des Dauermagneten zum Stehen kommt, wird beim Modell ein Trick angewendet. Der Lack, der sich auf der Oberfläche des Drahts befindet unterbricht den Stromfluss in der Spule für etwa 180° , so dass die Spule durch die Kombination des Motorprinzips und auf Grund der Massenträgheit ihre Drehung beibehält.

Dieses Prinzip wird nachfolgend noch einmal in Form einer Grafik verdeutlicht:



Europa Lehrmittel (2006). Fachkunde Elektrotechnik, S. 93

Nun ist es endlich so weit: Der Motor kann ausprobiert werden. Dazu werden die Flachsteckhülsen an die Batterie angeschlossen und der Rotor in die Bügel gelegt. Leichtes Anstoßen kann dem Rotor helfen in Schwung zu kommen.

So simpel das Modell erscheint, können kleine Fehler zu Störungen im Betrieb des Motors führen. Probleme treten etwa bei unsymmetrisch gewickelten Spulen und der damit verbundenen Gewichtsverteilung auf.

Auch das Umpolen der Batterie kann bereits die Lösung des Problems sein, etwa wenn die Spule nicht dreht, sondern lediglich „herumzappelt“. Sind diese Fehlerquellen beseitigt sollte der Funktion nichts mehr im Weg stehen.

Haben sich die SchülerInnen das Funkti-



Abbildung 7: Motor im Betriebszustand

onsprinzip anschaulich und einprägsam angeeignet, ist es ihnen ein Leichtes, dieses auf andere Elektromotoren zu übertragen, Gemeinsamkeiten und Unterschiede festzustellen und im Rückschluss Möglichkeiten der Energiegewinnung durch Generatoren zu thematisieren. Auch zunächst kompliziert erscheinende Motoren, wie elektr. Linearantriebe stellen dann kein Verständnishindernis dar.

Technische Skizzen

Die nachfolgenden technischen Skizzen verdeutlichen den Aufbau des Bretts und der Bügel. Dabei enthält die Brettskizze ebenfalls die Markierungen für die Nägel und den Dauermagnet. Beim Bügel sind lediglich das Höhenmaß und der Durchmesser angegeben, da die Durchmesser der Aufhängung in Abhängigkeit der Parameter der Spitzrundzange variabel gebogen werden können.

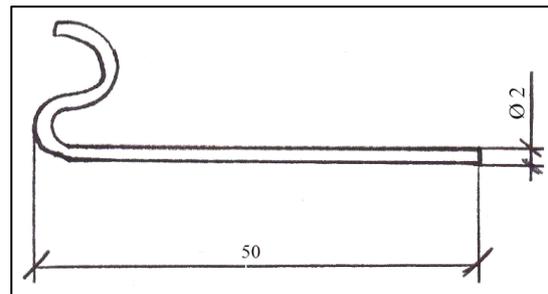


Abbildung 8: Skizze des Bügels

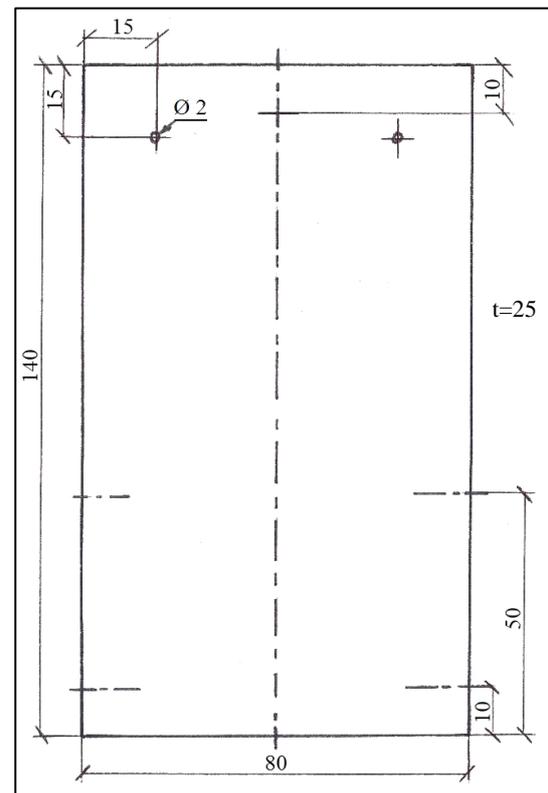


Abbildung 9: Skizze des Bretts

Literatur

Europa Lehrmittel (2006). *Fachkunde Elektrotechnik*. Europa.

Jank, W & Meyer, H. (2009). *Didaktische Modelle*. Cornelsen.