

Eva-Maria Haslhofer

Eine Präsentation über den Elektromotor

Einblicke in Anwendungen, Funktionsweise und Forschung

Täglich benutzen wir unzählige Geräte mit Elektromotoren und unser Alltag würde ohne die Funktionsweisen von Elektromotoren ganz anders aussehen. Sei es in der Früh beim Zähneputzen mit der elektrischen Zahnbürste, beim Einschalten der Waschmaschine, Einsteigen in die Straßenbahn und Hochfahren mit dem Lift, überall sind Elektromotoren im Spiel. Auch für weniger offensichtliche Dinge, wie das Pumpen des Leitungswassers und der Umwälzpumpe für die Heizung werden sie benötigt. Dennoch wissen viele nicht, wie ein Elektromotor im Prinzip funktioniert. Der Ortsgruppe von PRO SCIENTIA in Linz möchte ich mit diesem Vortrag die Funktionsweise näherbringen und Bezug nehmen auf aktuelle Forschungsfragen in der Entwicklung solcher Motoren.

Geschichte der Elektromotoren:

Ein Elektromotor beschreibt ein Gerät, das elektrische Energie in mechanische Energie umwandelt. Im Folgenden möchte ich kurz auf die Geschichte des Elektromotors und dessen für viele wohl als prominenteste Anwendung geltende Elektroauto eingehen. Bevor die Erfindung des Elektromotors möglich war, mussten sehr viele Wissenschaftler:innen die Grundphänomene des Magnetismus und der Elektrizität erkennen und verstehen. Bekannte Personen aus dem 19. Jahrhundert dafür sind unter anderem: Alessandro Volta mit der Entwicklung einer Batterie, André-Marie Ampère mit Versuchen und Erklärungsmodellen der elektrischen Spannung, Hans Christian Oersted mit Versuchen zur Generierung von magnetischen Feldern aus elektrischem Strom, William Sturgeon mit der Konstruktion eines Elektromagneten, Michael Faraday mit dem Aufbau eines durch Elektromagnetismus rotierendem Draht und der damit einhergehenden Entdeckung der elektromagnetischen Induktion und viele mehr. Moritz Hermann von Jacobi entwickelte im Jahr 1834 seinen ersten technisch entwicklungsfähigen Gleichstrommotor. Unabhängig davon konstruierte Thomas Davenport ebenfalls einen Gleichstrommotor, wofür er im Jahr 1837 ein Patent anmeldete. Ein Jahr später fuhr Moritz Hermann von Jacobi bereits mit einem Elektroboot auf einem Fluss in St. Petersburg. Im Jahr 1850 begann Charles Grafton Page mit dem Bau einer von Elektromotoren getriebenen Lokomotive. Weitere Informationen zu den Wissenschaftlern von Jacobi, Davenport und Page sind in Joseph C. Michalowicz's Artikel "*Origin of the Electric Motor*" zu finden (Michalowicz, 1948). Als erstes vollelektrisch betriebenes Gefährt kann das Fahrzeug von Robert Anderson aus den Jahren 1832 bis 1839 gesehen werden. (Iulia & Loránd, o. J.) Das erste bekannte deutsche Elektroauto der

Coburger Maschinenfabrik Flocken stammt aus dem Jahr 1888. Damit fand die kommerzielle Verbreitung von Elektrofahrzeugen bereits vor der Markteinführung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ab ca. 1910 statt.

Funktionsweise und Aufbau eines Elektromotors:

Das Grundprinzip eines Elektromotors besteht darin, dass ein stromdurchflossener Draht ein Magnetfeld um den Leiter herum erzeugt. Dadurch kann eine stromdurchflossene Spule wie ein Magnet wirken. Durch die Tatsache, dass sich gleiche Pole (Nord-Nord, Süd-Süd) abstoßen und ungleiche Pole (Süd-Nord) anziehen, kann eine Rotationsbewegung erzeugt werden. Wichtig dabei ist, dass es nicht zu einem Totpunkt, einem Stillstand zwischen Anziehung und Abstoßung kommt. Bei Gleichstrommotoren bedeutet das eine notwendige Umpolung der Drahtverbindung durch den Einsatz von beispielsweise sogenannten Bürsten oder Kommutatoren. Bei Wechselstrommotoren hingegen wird ein rotierendes Drehfeld durch phasenverschobene Drehströme erzeugt, sodass eine Kommutierung nicht notwendig ist. Wichtige Teile eines Elektromotors sind der unbewegliche Stator, der bewegliche Rotor, die Welle, von der das Drehmoment abgegriffen werden kann, Wicklungen, durch die der Strom fließt und Lager, die Reibungsverluste verringern. All diese und noch weitere Komponenten arbeiten zusammen, um elektrische Energie in mechanische Energie umzuwandeln. Bei einem Generator wird die gegenteilige Richtung mit ähnlichen Komponenten für die Gewinnung von Strom verwendet.

Damit ein Elektromotor oder auch Generator funktioniert, müssen verschiedene physikalische Probleme beleuchtet werden: Durch die Zuspiesung von Strom muss ein elektrisches Feld erzeugt werden, dass dann zum Aufbau eines magnetischen Feldes führt. Bei zu hohen Strömen oder starken magnetischen Feldern in die entgegengesetzte Richtung kann es zu Kurzschlüssen oder Entmagnetisierung magnetisierter Materialien kommen. Zusätzlich muss das thermische Verhalten beobachtet werden, um nicht in einer Überhitzung des Motors und einem möglichen Brand zu resultieren. Zusätzlich dürfen mechanische Spannungen nicht zu hoch sein, um das Brechen von Bauteilen bei der Rotation zu verhindern. Diese verschiedenen physikalischen Prozesse beeinflussen sich gegenseitig und führen zu einem multiphysikalischen Problem, dass nicht so einfach am Computer simuliert werden kann.

Simulation von Elektromotoren und Forschung in diesem Gebiet:

Um die Performance des Elektromotors bereits vor dessen Konstruktion und Testung durch Messungen abschätzen zu können, werden heutzutage Simulationen am Computer durchgeführt, die die multiphysikalischen Phänomene (elektrisch, magnetisch, thermisch und mechanisch) gut vorhersagen können sollen. Die Entwicklung von Methoden für solche Simulationen und schnellen Berechnungsmöglichkeiten wird von Mathematiker:innen unterstützt. Zuerst wird am Aufstellen von physikalisch-mathematischen Modellen gearbeitet und danach Lösungsmethoden für eine rasche

Simulation entwickelt. Mit Hilfe des Computers werden dann Kenngrößen, wie Drehmoment, magnetische Flussdichte, mechanische Spannungen, Temperatur, Effizienz usw. berechnet und interpretiert. Zusätzlich werden Beweise für die gute Durchführbarkeit der Simulationen erstellt und versucht eine schnellere und genauere Realisierung zu ermöglichen. In sogenannten Optimierungsverfahren, werden dann jene Größen, welche maximiert/minimiert werden durch Verändern der Geometrie oder verwendeter Materialien gute Designs für Elektrische Maschinen entwickelt, die dann hoffentlich als Prototypen gebaut werden können. Genau in diesen oben genannten Gebieten und Problemen gibt es noch viele offenen Forschungsfragen und einen hohen Bedarf durch zum Beispiel den Wunsch der effizienteren Wirkungsweise oder der Verwendung von klimafreundlichen Materialien, innovative Ideen zu entwickeln.

Abschließend möchte ich nochmal auf die Dringlichkeit der Weiterentwicklung von elektrischen Maschinen durch Forschung sowohl in Grundlagen der Naturwissenschaften als auch der Entwicklung gezielter neuer Lösungsmethoden hinweisen. Nur durch die Kombination von beidem in diesem interdisziplinären Feld wird es uns gelingen, die Elektrifizierung voranzutreiben, die Klimakrise zu mindern und neue Technologien zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

Iulia, V., & Loránd, S. (o. J.). *A Brief History of Electric Vehicles*.

Michalowicz, J. C. (1948). Origin of the electric motor. *Electrical Engineering*, 67(11), 1035–1040. <https://doi.org/10.1109/EE.1948.6444428>