

Die Lenz'sche Regel

Jürgen Godau, Halle (Saale)

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing



© J2R/iStock/Getty Images Plus









Die Induktionsspannung ist so gepolt, dass sie durch einen von ihr erzeugten Strom der Ursache des Induktionsvorgangs entgegenwirkt – dieses „Lenz'sche Regel“ genannte – Gesetz entdecken Ihre Schülerinnen und Schüler in diesem Beitrag. Sie begeben sich zunächst gedanklich in das Laboratorium von Ernst Werner Siemens und lernen die von ihm entwickelte Dynamomaschine kennen. Die Funktionsweise eines Generators und Elektromotors wird anhand dieser Maschine klar. Da die Schüler die Gedanken des Erfinders nachvollziehen und seine Entdeckungen experimentell erhärten können, ist der Beitrag besonders motivierend.

Die Lenz'sche Regel

Oberstufe (Niveau)

Jürgen Godau, Halle (Saale)

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

| | |
|---|--------------|
| Hinweise | 1 |
|  M 1 Einstieg | 6 |
|  M 2 Im Laboratorium von Siemens | 7 |
|  M 3 Welche Teile hat die Dynamomaschine? | 8 |
|  M 4 Eine Zuordnungsaufgabe | 9 |
|  M 5 Der Anlassstrom der Dynamomaschine | 10 |
|  M 6 Erklärung des Versuchs nach Siemens | 11 |
|  M 7–M 9 Wir testen und prüfen! | 12–14 |
|  M 10 Fahrraddynamo – die Lenz'sche Regel | 16 |
| Lösungen | 17 |

Die Schüler lernen:

die Dynamomaschine von Siemens kennen. Sie dient zur Veranschaulichung der Lenz'schen Regel. Begriffe wie Anlassstrom, Extrastrom, Gegenstrom und Induktionsstrom werden in diesem Zusammenhang klar. Außerdem vermittelt der Beitrag die Funktionsweise eines Generators bzw. eines Elektromotors.

Die Lenz'sche Regel

Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt. In diesem Merksatz ist der Induktionsvorgang bereits auf den Strom reduziert, obwohl im Regelfall Spannung und Strom gleichzeitig erzeugt werden. Diese bewusste Beschränkung hilft in den folgenden Betrachtungen. Gemeinsam mit Werner von Siemens messen die Schüler gerade Ströme sowie insbesondere Induktionsströme.

Darüber hinaus ist diese Einschränkung auch bei anderen Unterrichtsbeispielen vorteilhaft. Erklärungen zur Lenz'schen Regel werden so verständlicher, da die Schlussketten meist über das vom Induktionsstrom erzeugte Magnetfeld führen. Als Beispiel kann die spektakuläre *Induktionskanone* genannt werden.

VORSCHAU

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Folgende didaktische Intensionen prägen das unterrichtliche Vorgehen:

Historischer Kontext

Zunächst ist die Motivationszenerie zu erwähnen. Wir konzentrieren uns zu Anfang stark auf den historischen Kontext. Auf den Materialblättern **M 1–M 3** wird intensiv ein geschichtliches Szenario ausgelebt; auf **M 5–M 9** wird es weiter gepflegt. Bei den Schüleraufträgen erscheinen zunächst kaum physikalische Assoziationen, damit die Schüler vor ihrem geistigen Auge das Leben in Deutschland zur Zeit der **Reichsgründung** entstehen lassen und dann willig in das historische Laboratorium von Werner von Siemens folgen. Durch die szenischen Darstellungen („Kopfkino“) auf den weiteren Materialblättern wird diese Stimmung aufrechterhalten.

Elektromotor und Generator

Aus physikalischer Sicht steht das Anlaufen eines Elektromotors im Zentrum der Beobachtungen. Darüber hinaus wird die Funktionsweise eines Generators untersucht. Die Beobachtungen, die man dabei machen kann, und die Schlussketten, die sich an diese anschließen, sind intellektuell anspruchsvoll. Es treten Begriffe wie **Anlassstrom**, **Extrastrom**, **Gegenstrom** und **Induktionsstrom** auf. Die Materialien bieten grafische Verständnis- und Merkhilfen an, die als Aufträge an die Lernenden gestaltet sind.

Alltagserfahrungen an Kühlschrank, Elektrorasenmäher und Staubsauger

Greifen Sie Alltagserfahrungen der Schüler auf, um das Thema *Anlaufvorgang eines Elektromotors* zu motivieren. Wenn selbige noch nicht vorliegen, initiieren Sie durch eine entsprechende Anpassung Ihres Unterrichtskonzeptes ein zielgerichtetes Beobachten im Haushalt. **Anlaufvorgänge** im Haushalt zu finden, heißt z. B., den Kühlschrank zu beobachten, das Starten eines Elektrorasenmähers unter die Lupe zu nehmen oder das Einschalten eines Staubsaugers im häuslichen Umfeld unter physikalischer Sicht zu betrachten. Man konzentriert sich dabei auf die Helligkeit von gleichzeitig leuchtenden Lampen. Bei genügend starken Motoren werden diese Lampen kurzzeitig dunkler, was auf den starken Anlassstrom des Elektromotors zurückzuführen ist.

Ablauf

Die Hinweise zur unterrichtlichen Arbeit mit den folgenden Materialien gründen auf eigenes Erleben. Vorgesehen sind vier Unterrichtsstunden. Die Zuordnung der Materialien erfolgte nach dem folgenden Schema:

Die erste Stunde findet im Computerraum statt. Die Schüler bearbeiteten die Materialien **M 1–M 3**. Nach dieser in wesentlichen Teilen der Motivation dienenden Stunde folgt das erste Schülerexperiment im Fachraum mit den Materialien **M 4–M 6**. In dieser Stunde konzentrieren sich die Schüler voll auf das „eigenartige“ Verhalten eines Elektromotors. Die dritte Stunde erweiterte die Sichtweise dahingehend, dass eine Dynamomaschine sowohl als Motor als auch als Generator genutzt werden kann. Die Materialien **M 7 und M 8** führen darüber hinaus zur Lenz'schen Regel sowie zu der Erkenntnis, dass im Generatorbetrieb die Drehrichtung die Stromrichtung bestimmt. Den Übergang zur vierten Stunde gestalten Sie je nach Arbeitsgeschwindigkeit der Schüler fließend. Einige Arbeitsgruppen beginnen eventuell bereits mit Material **M 9**, andere können erst nach häuslicher Nacharbeit zu Beginn der vierten Stunde experimentieren. Den gemeinsamen Abschluss des historischen Ausfluges bildet das Demonstrationsexperiment (**M 10**). Gleichzeitig werden die Schüler damit wieder in unsere heutige Zeit zurückgeholt.

Ziele

Die Schüler

- lernen die Entwicklungsgeschichte des Dynamos kennen,
- verstehen das Prinzip des Generators und Elektromotors sowie deren Unterschiede,
- zeichnen einen einfachen Schaltplan,
- bauen eine einfache Schaltung auf,
- messen die physikalische Größe *Strom*.

Zur Biografie der Wissenschaftler:

André-Marie Ampère

André-Marie Ampère (geb. 1775 in Lyon; gest. 1836 in Marseille) war ein französischer Physiker und Mathematiker. Er erkannte, dass die fließende Elektrizität die eigentliche Ursache des Magnetismus ist, und konstruierte als Erster ein Galvanometer zur Strommessung. Nach ihm ist noch heute die internationale Einheit der Stromstärke benannt.

Michael Faraday

Michael Faraday (geb. 1791 in Newington, Grafschaft Surrey; gest. 1867 in Hampton Court Green, Grafschaft Middlesex) war ein englischer Naturforscher. Er gilt als einer der bedeutendsten Experimentalphysiker. Faradays Entdeckung der elektromagnetischen Induktion legte den Grundstein zur Herausbildung der Elektroindustrie.

Heinrich Friedrich Emil Lenz

Heinrich Friedrich Emil Lenz (geb. 1804 in Dorpat (Estland); gest. 1865 in Rom) war Physiker deutsch-baltischer Herkunft. Er studierte an der Universität Dorpat (heute Tartu), war seit 1834 Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften und von 1840 bis 1863 Rektor der Universität in Sankt Petersburg.

Ernst Werner Siemens

Ernst Werner Siemens (geb. 1816 bei Hannover; 1888 geadelt; gest. 1892 in Berlin) studierte auf dem Weg zum Artillerie-Leutnant der preußischen Armee unter anderem an der Artillerie- und Ingenieurschule Berlin. Er wurde bekannt als deutscher Erfinder, Begründer der Elektrotechnik und Industrieller (Gründung der heutigen Siemens AG).

James Clerk Maxwell

James Clerk Maxwell (geb. 1831 in Edinburgh; gest. 1879 in Cambridge) war ein britischer Physiker. Er studierte Mathematik und Physik in Cambridge und baute in seinen Arbeiten auf Erkenntnisse von Faraday auf. Bekannt sind seine vier nach ihm benannten Gleichungen, die die Gesetzmäßigkeiten von elektromagnetischen Wellen beschreiben.



M 1 Einstieg

Die Telegrafen-Bau-Anstalt von Siemens & Halske

Aufgaben

1. Lesen Sie den Lebenslauf von Werner Siemens und notieren Sie drei Lebensetappen.
2. Welches große Ereignis in der deutschen Geschichte fällt in sein Leben? Wie alt war Siemens zu diesem Zeitpunkt?
3. Wie nennt man in der Geschichte die Epoche vom 18. Januar 1871 bis zum Börsenkrach 1873?

Das Leben von Werner Siemens

Werner von Siemens (bis 1888 Werner Siemens) wurde am 13. Dezember 1816 als viertes von 14 Kindern in Lenthe bei Hannover geboren. Seine Eltern konnten ein Ingenieursstudium nicht finanzieren, weshalb er sich als Achtzehnjähriger freiwillig zur preußischen Armee meldete und so an der Artillerie- und Ingenieurschule in Berlin Mathematik, Physik und Chemie studieren konnte.

Arbeiten auf dem Gebiet der Telegrafie

Sein erstes Patent bezog sich auf eine galvanische Versilberungs- und Vergoldungstechnik. Des Weiteren arbeitete Werner Siemens an der Weiterentwicklung der Telegrafie. Zwei wichtige Erfindungen, die eines Zeigertelegrafens und eines Verfahrens zur nahtlosen Isolierung von Telegrafleitungen mit Guttapercha, führten schließlich zur Gründung seines ersten Unternehmens. Gemeinsam mit dem Mechanikermeister Johann Georg Halske gründete Werner von Siemens im Oktober 1847 die „Telegraf-Bau-Anstalt von Siemens & Halske“.

Das Arbeitsfeld der Firma war der Bau von Telegrafleitungen. Unter anderem begann man 1874 mit der erfolgreichen Verlegung von Transatlantikkabeln zwischen Europa und Nordamerika. 1881 wurde die erste elektrische Straßenbahnlinie der Welt in Berlin eröffnet.

Die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips

Mit der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips und dem Bau der ersten Dynamomaschine schaffte Werner Siemens im Jahre 1866 seine wohl bedeutendste Erfindung – die Grundlage für die Entwicklung der Elektrotechnik. 1888 schließlich erhielt er den Adelstitel für seine Verdienste.

Werner von Siemens starb am 6. Dezember 1892 in Berlin-Charlottenburg.

