

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 gemeinsam in das Laboratorium von Ernst Werner Siemens und lernen die von ihm entwickelte Dynamo-Maschine 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 Versuchsaufbaus	11
 M 7–M 9 Wir testen und prüfen!	12–14
 M 10 Fahrraddynamometer – 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.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

Ab = Arbeitsblatt **Ex** = Experiment

Thema	Material	Methode
Einstieg	M1	Ab
Im Laboratorium von Siemens	M2	Ab
Welche Teile hat die Dynamomaschine?	M3	Ab
Eine Zuordnungsaufgabe	M4	Ab
Der Anlassstrom der Dynamomaschine	M5	Ab, Ex
Erklärung des Versuchs nach Siemens	M6	Ab
Wir testen und prüfen!	M7-M9	Ab, Ex
Fahrraddynamo – die Lenz'sche Regel	M10	Ab, Ex

Erklärung zu Differenzierungssymbolen

		
einfaches Niveau	mittleres Niveau	schwieriges Niveau
	Dieses Symbol markiert Zusatzaufgaben.	

Kompetenzprofil:

Inhalt: Lenz'sche Regel, Dynamomaschine von Siemens, Anlassstrom, Extrastrom, Gegenstrom, Induktionsstrom, Elektrotechnik, Generator, Elektromotor, Biografien der beteiligten Wissenschaftler

Medien: GTR/CAS, GeoGebra

Kompetenzen: Über Basiswissen verfügen (F1), Probleme lösen (F3), Wissen kontextbezogen anwenden (F4), Modellvorstellungen verwenden (E3), Formeln anwenden (E4)

Hinweise

Ampère, Faraday, Lenz, Siemens und Maxwell – diese fünf Herren sind prominente Vertreter in der Entwicklungsgeschichte der Elektrotechnik. Ihre Namen spielen in der Geschichte, die hier erzählt wird, eine Rolle. Die handelnde Person ist Werner Siemens.

Die Beobachtungen dieses bedeutenden deutschen Erfinders an seiner Dynamo-Maschine, seine Fragen, seine Schlussketten sowie seine Experimentierreihen sind der rote Faden auf einer Erlebnisreise, auf die sich Ihre Schüler mit diesem Material (**M 1–M 9**) begeben sollen. Ziel dieser Reise ist die nach Heinrich Lenz benannte Regel, dass der Induktionsstrom seiner Ursache stets entgegengerichtet ist. Auf einem geschichtlichen Weg wird Siemens sich an die Erkenntnisse von Ampère und Faraday erinnern, ohne dass sie zum Vorwissen der Schüler gehören müssen. Das Arbeitsblatt **M 10** dient der Verifikation und Festigung der Lenz'schen Regel an einem Sachverhalt aus der Erfahrungswelt der Schüler.

Grundlagen der elektromagnetischen Induktion

Im Magnetfeld erfährt ein stromdurchflossener Leiter eine Lorentzkraft. Bewegt man einen Leiter im Magnetfeld senkrecht zu dessen Feldlinien, so wird eine Spannung induziert.

Wenn sich das Magnetfeld, das eine Spule umgibt, ändert, so wird in der Spule eine Spannung induziert.

Die 3. Maxwell'sche Gleichung:

Didaktisch reduziert ergibt die Kette zur Herleitung der Lenz'schen Regel mit der 3. Maxwell'schen Gleichung:

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\dot{\mathbf{B}} \quad \oint_{\mathbf{K}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d}{dt} \int_{\mathbf{A}} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A},$$

setzt sich im Faraday'schen Induktionsgesetz fort:

$$U_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

und ändert formalmathematisch beim Minuszeichen in dieser Regel. Allerdings ist dieses Ende der Bemühungen um didaktische Reduktion lediglich ein vorläufiges auf Kursstufenniveau (Sek II). Für die Sekundarstufe I ist eine verbale Formulierung vorzuziehen.

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 erforschten 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.



M 1 Einstieg

Die Telegrafien-Bau-Anstalt von Siemens & Halske

Aufgaben

1. Lesen Sie den Lebenslauf von Werner Siemens und notieren Sie die 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 17-jähriger 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 Zeigetelegraphen und eines Verfahrens zur nahtlosen Isolierung von Telegrafienleitungen mit Guttapercha, führten schließlich zur Gründung seines ersten Unternehmens. Gemeinsam mit dem Mechanikermeister Johann Georg Halske gründete Werner von Siemens im Oktober 1847 die „Telegrafien-Bau-Anstalt von Siemens & Halske“.

Das Arbeitsfeld des Firma wuchs rasch auf von Telegrafienleitungen. 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 schenkte 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.



M 2 Im Laboratorium von Siemens

Lesen Sie die historische Darstellung. Bearbeiten Sie danach die Aufgaben.

Aufgaben

1. Erklären Sie, welche Funktion die Teile eines Elektromotors haben.

Stator	Schleifringe mit Schleifkontakten	Dauermagnet
Rotor	Kommutator mit Stromzuführung	Feldspulen
Anker	Kollektor mit Kohlebürsten	drehbare Spule



2. Beschreiben Sie den Aufbau eines Ankers.
Wie sieht ein Doppel-T-Anker aus?

Historische Darstellung:

Heiß brennt die Nachmittagssonne auf das Kopfsteinpflaster der Markgrafenstraße. Durch Vorhänge gedämpft, fällt das Tageslicht in das schlichte Arbeitszimmer, in dem Werner Siemens in einem mit Leder bezogenen Lehrstuhl sitzt und schon seit geraumer Zeit nachdenklich die kleine Dynamomaschine in seinen Händen betrachtet.

Jetzt hat er ja mehr Zeit als sonst seinen wissenschaftlichen Spekulationen nachzugehen. In diesen Kriegswochen braucht er sich nicht im frühen Morgen bis zum späten Abend um hundert Einzelheiten des Betriebes zu kümmern, braucht nicht an einer Stelle Anregungen als Konstrukteur zu geben, an einer anderen Anordnungen als Organisator zu treffen und an einer dritten schwerwiegende Entscheidungen als Kaufmann zu fällen. Konzentriert kann er ein physikalisches Problem durchdenken, das ihn schon seit Langem beschäftigt: „Anker? ... Der Doppel-T-Anker?! ...“

Wie absonderlich benimmt sich der „Bursche“, wenn er nicht als Generator, sondern als Motor arbeiten soll! Wohl auch die hundert Male hat Dr. Siemens sich die Frage vorgelegt, ohne eine Antwort drauf zu finden. Auch jetzt wieder scheint alles Grübeln vergeblich. Mit einem Ruck erhebt er sich und geht in den Nachbarraum hinüber, der ihm als Laboratorium dient. „Fürgeruch“, der von Bunsenelementen herrührt, macht sich hier bemerkbar.

Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



- ✓ **Über 4.000 Unterrichtseinheiten** sofort zum Download verfügbar
- ✓ **Sichere Zahlung** per Rechnung, PayPal & Kreditkarte
- ✓ **Exklusive Vorteile für Grundwerks-Abonent*innen**
 - 20% Rabatt auf Unterrichtsmaterial für Ihr bereits abonniertes Fach
 - 10% Rabatt auf weitere Grundwerke

Jetzt entdecken:
www.raabe.de