



Mission X: Der Stromkrieg



Lernziele

Die Schüler sollen die Vor- und Nachteile der Gleichstrom- bzw. Wechselstromtechnologie kennen lernen. Sie werden sich mit der Funktionsweise von Generatoren und Transformatoren auseinander setzen und erkennen, dass ein verlustarmer Stromtransport über weite Entfernungen nur bei Wechselstrom durch die Erzeugung von Hochspannung möglich ist.

Vorkenntnisse

Grundkenntnisse aus der Elektrizitätslehre und Elektrotechnik sollten vorhanden sein. Um die physikalischen Zusammenhänge im ROM-Teil zu verstehen, ist es hilfreich, wenn Begriffe wie zum Beispiel Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Leistung und Induktion bekannt sind. Außerdem sollten die Schüler mit dem Ohm'schen Gesetz vertraut sein.

Zum Inhalt

Der Film beschreibt den erbitterten Kampf der beiden Konkurrenten Edison und Westinghouse um die Vormachtstellung auf dem Strommarkt Ende des 19. Jahrhunderts.

Edison, der zunächst als Telegrafist in New York gearbeitet hatte, gründete 1876 ein Forschungslabor. Sein großes Ziel war es, das elektrische Licht in die Haushalte der Menschen zu bringen. Er entwickelte schließlich eine Kohlefadenglühlampe, die viele Stunden lang elektrisches Licht spenden konnte. Mit Lichtshows beeindruckte Edison die Menschen. 1880 ließ er sich seine Erfindung patentieren.

George Westinghouse, ein Industrieller, hatte schon in jungen Jahren eine Druckluftbremse für die Eisenbahn erfunden und mithilfe dieser und anderer Erfindungen ein Industrieimperium aufgebaut.

Edison entwickelte und erbaute ein Gleichstromkraftwerk, das 1882 den Betrieb aufnahm. Über Kupferkabel wurde der Strom zu den reichen New Yorkern transportiert. Da ein Transport über größere Entfernungen aufgrund der hohen Verluste nicht möglich war, mussten in der Folgezeit viele kleine Kraftwerke errichtet werden.

Westinghouse hatte die Schwachstellen des Gleichstromsystems erkannt und investierte in die Wechselstromtechnologie. Auch er erbaute Kraftwerke und wurde so zum größten Konkurrenten Edisons - der Stromkrieg entbrannte.

Nikola Tesla, ein Mitarbeiter Edisons, hatte sich auch mit der Wechselstromtechnologie befasst, Edison bestand jedoch auf den Ausbau seines Gleichstromsystems. Nach einem Streit wechselte Tesla zu Westinghouse.

Auch heute wird intensiv auf dem Gebiet der Stromerzeugung und des Stromtransports geforscht: In solarthermischen Kraftwerken wird das Sonnenlicht gebündelt und zur Dampferzeugung genutzt. Bei einem anderen Projekt werden mithilfe von Kollektoren ölgefüllte Rohre durch die Sonne erhitzt. Supraleiter können bei niedrigen Temperaturen den Strom praktisch verlustfrei transportieren.

Westinghouse und Tesla verbesserten ihr Wechselstromsystem immer weiter. Edison beharrte auf Gleichstrom. Den Vorschlag von Westinghouse, die beiden Firmen zu fusionieren, lehnte Edison ab. Stattdessen startete er eine Propagandaschlacht gegen den Wechselstrom. In öffentlichen Vorführungen tötete man Tiere mit Wechselstrom. Schließlich wurde sogar ein

elektrischer Stuhl entwickelt, auf dem ein Mensch hingerichtet wurde. Westinghouse und Tesla waren entsetzt.

Den Zuschlag für die Beleuchtung der Weltausstellung in Chicago 1893 erhielt Westinghouse, da er den Preis seines Konkurrenten Edison deutlich unterbieten konnte. Das Lichtermeer beeindruckte die Besucher, die Ausstellung wurde zu einem triumphalen Erfolg des Wechselstromprinzips.

Westinghouse und Tesla erhielten nun auch den Zuschlag für den Bau eines Kraftwerks am Niagarafluss. Tesla entwickelte mächtige Generatoren und 1895 wurde das Kraftwerk eröffnet. Westinghouse hatte den Stromkrieg nun endgültig für sich entschieden.

Heute arbeiten Forscher an der Entwicklung neuer Methoden der Energiegewinnung. Mithilfe der Kernfusion könnten riesige Mengen Energie erzeugt werden, sie funktioniert bislang aber nur in der Theorie.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts baute Westinghouse sein Unternehmen zu einem Weltkonzern aus. Nach dem Zusammenbruch der Finanzmärkte 1907 war er jedoch hoch verschuldet und musste schließlich die Kontrolle über die Geschäfte abgeben.

Edison ließ sich insgesamt 1093 Erfindungen patentieren und ging als einer der erfolgreichsten Erfinder in die Geschichte ein. Am Ende seines Lebens bekannte er, dass es wohl sein größter Fehler gewesen sei, nicht auf Wechselstrom umzustellen.

Im Quiz, das Sie auch auf der DVD finden,

werden Fragen zum Inhalt des Films und zu Texten des Arbeitsmaterials gestellt.

Anwahlpunkte des Films

- Das Niagara-Projekt: Der Wettlauf beginnt
- Die Kontrahenten: Edison und Westinghouse
- Edison verbessert die Glühlampe und baut Gleichstromkraftwerke
- Westinghouse setzt auf Wechselstrom
- Teslas Rolle im Stromkrieg
- Der Konflikt eskaliert
- Das Wechselstromsystem setzt sich durch

Arbeitsmaterial

Um die Arbeitsmaterialien zu sichten, legen Sie die DVD in das DVD-Laufwerk Ihres Computers ein und öffnen Sie im Windows-Explorer den Ordner „Arbeitsmaterial“. Hier finden Sie die Datei „index.html“, die die Startseite öffnet. Über diese können Sie bequem alle Arbeitsmaterialien aufrufen.

Um PDF-Dokumente lesen zu können, benötigen Sie den Acrobat Reader. Sie können den Acrobat Reader installieren, indem Sie im Ordner „Acrobatreader“ die Datei „rp500deu.exe“ doppelklicken.

Zu den Materialien gehören zum Beispiel ein ausführliches Glossar, eine Formelsammlung, Kurzbiografien und weitere Texte sowie eine kommentierte Literatur- und Linkliste. Auf zehn Arbeitsblättern können die Schüler das Erlernte bei der Lösung der zahlreichen Aufgaben anwenden.

Darüber hinaus befinden sich auf der DVD mehrere Animationen und interaktive Versuche. Eine Einführungsseite zeigt die

Stadt Buffalo, den Schauplatz des Stromkriegs, um 1890 und stellt den Kontext zwischen den verschiedenen Versuchen her. Auch die übrigen Materialien und Infotexte können abgerufen werden. Der Versuch „Das Stromrennen“ thematisiert auf spielerische Weise den Konkurrenzkampf der beiden Technologien Gleich- und Wechselstrom, vertreten durch die Kontrahenten Edison und Westinghouse. Er wirft die Frage auf, warum Westinghouse sich durchsetzen konnte. Der Versuch „Die Generatorhalle“ erklärt die Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie und den Unterschied zwischen Gleich- und Wechselstrom. Der Versuch „Das Transformatorhaus“ ermöglicht es, anhand einer gestellten Aufgabe, die Fragen nach der Wirkungsweise eines Transformators interaktiv zu beantworten.

Der Versuch „Der Überlandtransport“ beleuchtet das „Stromrennen“ aus physikalischer Sicht. Die Bedeutung von Verbrauchs- und Verlustleistung für den Energietransport über längere Entfernungen wird experimentell nachgewiesen.

Der FWU-Context-Manager

Der FWU-Context-Manager verbindet den Film mit den Arbeitsmaterialien. Erscheint während des Films im rechten unteren Eck der Button „Context“, so können Sie mit einem Klick das Context-Menü aufrufen. Dort sind Arbeitsmaterialien aufgelistet, die sich thematisch auf den gerade gezeigten Abschnitt des Films beziehen. Die Materialien können durch Anklicken geöffnet werden, der Film wird angehalten. Ein Zurückkehren zum Film ist jederzeit möglich.

Überblick: Menüs des Context-Managers

Zeitpunkt im Film	Context-Menü
ab 02:30	Biografie Edison Glossar Literatur Links <u>Arbeitsblätter</u> - Biografien - Kreuzworträtsel
ab 05:26	Biografie Westinghouse Literatur <u>Arbeitsblätter</u> - Biografien - Kreuzworträtsel
ab 13:07	Patent-Geschichte Biografie Edison Glossar

	Literatur Links
ab 16:53	Interaktive Versuche Unterrichtsentwurf Glossar <u>Arbeitsblätter</u> - Energietransport - Generatoren - Transformatoren - Übungsaufgaben
ab 20:16	Biografie Tesla Glossar Literatur <u>Arbeitsblätter</u> - Biografien - Kreuzworträtsel
ab 41:59	Interaktive Versuche Glossar <u>Arbeitsblätter</u> - Energietransport - Generatoren - Transformatoren - Übungsaufgaben - Kreuzworträtsel

Unterrichtsentwurf

Die Fachgebiete Elektrizitätslehre und Elektrotechnik sind Kernthemen des Physikunterrichts. Mithilfe des Films „Der Stromkrieg“ und der Begleitmaterialien auf der DVD-ROM können viele physikalische Aspekte aus diesem Bereich im Unterricht besprochen werden.

Spannungen an der Primär- und Sekundärspule eines Transformators

Zur Einführung wird den Schülern ein Ausschnitt aus dem Film „Der Stromkrieg“ ge-

zeigt (ab Menüpunkt 3 bis zur Erklärung „verlustarmer Stromtransport durch Hochspannung“). Sie erfahren, dass Edison nach der Erfindung der Kohlefadenglühlampe zahlreiche Gleichstromkraftwerke errichtete - der Strom konnte jedoch aufgrund großer Verluste nur über kurze Entfernungen transportiert werden. Sein Konkurrent Westinghouse investierte in die Wechselstromtechnologie, die einen großen Vorteil aufwies: Wechselspannung konnte zu Hochspannung transformiert werden. So wurde ein verlustarmer Transport des Stroms über größere Entfernungen möglich. Der Transformator, den

Nikola Tesla mit verschiedenen Erfindungen entscheidend verbesserte, soll in dieser Stunde genauer analysiert werden. In den vorangegangenen Stunden wurden bereits die Lorentzkraft und die Lenz'sche Regel besprochen, das Prinzip der Induktion ist den Schülern bekannt.

Der Lehrer präsentiert nun einen Transformator. Er erklärt den Aufbau des Transformators (Primärspule, Sekundärspule, Eisenkern) und legt an die Primärspule eine Wechselspannung an. Nun kann auch an der Sekundärspule eine Spannung gemessen werden. Die Schüler sollen - mithilfe ihres Vorwissens - das Funktionsprinzip eines Transformators erkennen (Induktion im ruhenden Leiter).

Der Lehrer vergleicht anschließend bei seinem Versuchsaufbau die Werte der Spannungen an der Primär- und Sekundärspule. Die Spannung an der Sekundärspule ist zum Beispiel doppelt so hoch wie an der Primärspule.

Die Schüler sollen nun durch das Testen von Spulen mit unterschiedlichen Windungszahlen den Zusammenhang zwischen dem Verhältnis der Windungszahlen und dem Verhältnis der gemessenen Spannungen herausfinden.

Die Schüler testen in Gruppen die vorhandenen Spulen und notieren jeweils die Windungszahlen und die gemessenen Spannungen. Das Ziel ist die Formulierung der Gleichung: $U_1/U_2 = n_1/n_2$.

Am Ende der Stunde wird zur Ergebnissicherung das Arbeitsblatt „Transformator“ verteilt, auf dem das Grundprinzip des Transformators kurz zusammenge-

fasst ist. Die Aufgaben ermöglichen eine Anwendung der gerade gewonnenen Erkenntnisse und können als Hausaufgabe gegeben werden.

Zur Vertiefung und zum Abschluss des Themas befassen sich die Schüler in der nächsten Stunde mit den interaktiven Versuchen auf der DVD-ROM. Mithilfe des Versuchs „Transformatorhaus“ können die Schüler selbst einen Transformator im Kraftwerk bedienen. Sie sollen die ideale Einstellung des Transformators herausfinden. Durch Animationen werden die Konsequenzen der jeweiligen Aktionen gezeigt. Im Versuch „Überlandtransport“ wird die Aufgabe des Transformators beim Energietransport nochmals anschaulich demonstriert. Die „Erklär-Ebene“ bietet weitere Informationen und kann durch einen Button aktiviert werden.

Ergänzende Informationen

Gleichstrom: Gleichstrom fließt nur in eine Richtung, die Stromstärke bleibt konstant. Es findet, anders als beim Wechselstrom, keine Spannungsveränderung zwischen den Polen statt.

Wechselstrom: Unter Wechselstrom versteht man elektrischen Strom, der periodisch seine Polarität und seine Stärke ändert.

Generator: Ein Generator wandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie um. Generatoren bestehen in der Regel aus zwei Einheiten, nämlich einem Elektromagneten, der ein Magnetfeld erzeugt, und einer drehbaren Spule, die vom Elektromagneten umgeben wird. Beim Drehen der Spule im Magnetfeld wird durch Induktion

Spannung erzeugt. Angetrieben werden Generatoren zum Beispiel mithilfe von Wasser- oder Dampfturbinen.

Transformator: Ein Transformator ist eine elektrische Baugruppe, die benutzt wird, um elektrische Energie eines Wechselstroms mithilfe von Induktion von einem Primärstromkreis auf einen Sekundärstromkreis zu übertragen. Man verwendet dazu zwei Spulen (Primär- und Sekundärspule), die magnetisch gekoppelt sind, meist durch einen gemeinsamen Eisenkern. Durch die Variation der Spulenwindungen lässt sich die Spannung an der Sekundärspule erhöhen oder herabsetzen.

Literatur

Ein historischer Überblick zum Thema „Elektrizität“

Lindner, Helmut:

Strom - Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität,
aus der Reihe: Deutsches Museum - Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik,
Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg, 1985

Informationen, Unterrichtsvorschläge, Arbeitsmaterialien

Unterricht Physik

Lernen an Stationen - Elektrizitätslehre,
Heft Nr. 51/52, Friedrich Verlag, Seelze/Velber, 1999

Die Geschichte des Stromkriegs. Ausführlich werden die Charaktere und deren Ziele vorgestellt - es wird aber auch auf die gesellschaftlichen Veränderungen dieser Zeit eingegangen.

Jonnes, Jill:

Empires of Light: Edison, Tesla, Westinghouse, and the Race to Electrify the World,
Random House, New York, 2003

Die Lebensgeschichte Edisons

Clark, Ronald W.:

Edison - Der Erfinder, der die Welt veränderte,
Societäts-Verlag, Frankfurt am Main, 1981

*Das Buch vermittelt einen Einstieg in das Thema „erneuerbare Energien“:
Kraftstoffe - Solarenergie - Wärmepumpen - Brennstoffzellen - Windenergie - Wasserkraft - Biomasse.*

Geitmann, Sven:

Erneuerbare Energien und Alternative Kraftstoffe. Mit neuer Energie in die Zukunft,
Hydrogeit Verlag, Kremen, 2004

Linksammlung

Java-Applets zur Physik: Im Kapitel „Elektrodynamik“ werden verschiedene Phänomene und Anwendungen aus der Elektrizitätslehre veranschaulicht (zum Beispiel Magnetfelder, Lorentzkraft, Elektromotor, Generator, ...).

<http://www.walter-fendt.de/ph11d/index.html>

Das interaktive Glühlampenlabor: Hier können die Materialien Kupfer, Platin, Kohle, Tantal und Wolfram auf ihre Eignung als Glühfaden in einer Glühbirne getestet werden.

<http://www.wissen.swr.de/warum/gluehlampe/themenseiten/t2/s1.html>

Ein historischer Überblick zum Thema „Elektrische Energie“

<http://www.physicsnet.at/quellen/Energieversorgung-B1-2.htm>

Auf dieser Website findet man Verhaltensregeln zum richtigen Umgang mit elektrischem Strom.

<http://www.vis-technik.bayern.de/de/left/fachinformationen/praevention/verhalten/strom.htm>

Weitere Medien

- 42 014 55 Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik: Die Glühlampe von Thomas A. Edison, VHS 15 min
- 42 014 54 Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik: Der Phonograph von Thomas A. Edison, VHS 16 min
- 42 004 96 America. A Personal History of the United States by Alistair Cooke: Money on the Land, VHS 51 min
- 42 010 15 Gleich- und Wechselstrom, Schwingkreis, VHS 18 min
- 42 102 92 Woher der Strom kommt, VHS 15 min
- 42 026 59 Kernfusion, VHS 18 min
- 55 000 02 Strom aus Wasserkraft, Online-Medium 22 min

Systemvoraussetzungen bei Nutzung am PC:

Windows 98/ME/2000/XP

DirectX 6 oder höher

Pentium III, 500 MHz oder höher, mind. 64 MB RAM,

Bildschirmeinstellung mind. 1024x768 Bildpunkte bei 16 Bit Farbtiefe

Soundkarte 16/32-bit

DVD-ROM Laufwerk

DVD-Player-Software:

- WinDVD ab Vers. 3
- PowerDVD ab Vers. 4
- nDVD 1.71
- Cineplayer 1.5
- VaroVision DVD Decoder

Beim Einlegen der DVD in den PC darf keine DVD-Player-Software geöffnet sein.

Bitte beenden Sie vor dem Einlegen der DVD ggf. die Player-Software.

Herausgabe

ZDF Zweites Deutsches Fernsehen, 2004
FWU Institut für Film und Bild, 2004/2005

Didaktische FWU-DVD

Produktion

hyperraum | webvisionen, Karlsruhe:

Interaktive Versuche:

Programmentwicklung und Flashanimationen

Konzeption und Realisation

Ralf Dick, Ulrich Wolf, hyperraum | webvisionen

3D-Modelling

Ulrich Wolf, Markus Walthert, hyperraum | webvisionen

HTML Realisation:

Ralf Dick, Eva-Maria Lopez, hyperraum | webvisionen

Logo und grafische Entwürfe:

Ralf Dick, hyperraum | webvisionen

Art Direction und Grafik:

Ralf Dick, Eva-Maria Lopez, Ulrich Wolf, hyperraum | webvisionen

mastering studio münchen GmbH

Autoren

Barbara Fischer

Martin Kania (ZDF)

Kerstin Reichel (ZDF)

Michael Süß (FWU)

Sebastian Theby (ZDF)

Sebastian Wanninger

Fachberatung

Dr. Arthur Carlson

Begleitkarte

Michael Süß (FWU)

Bildnachweis

ap (Associated Press)

Deutsches Museum München

DPMA (Deutsches Patent- und Markenamt)

Engstfeld Film GmbH

Eva Mause

pr

Holger Stiegler

ZDF

Redaktion

Dr. Kirsten Bode (ZDF)
Katja Berwind (ZDF)
Dr. Heidrun Baumann (FWU)
Dr. Susanne Friz (FWU)
Michael Süß (FWU)

Pädagogischer Referent im FWU

Michael Süß

Film „Der Stromkrieg“

Ein Film von

Axel Engstfeld

Co-Autor

Achim Scheunert

Inszenierungen

Christian Twente

Kamera

Hans Jakobi

Kameraassistentz

Boris Hölter
Thorge Horstmann
Nicole Erksmeier

Schnitt

Josef van Ooyen

Tondesign

Niko Remus

Erzähler

Wolfgang Hess

Produktionsleitung

Marcus Boehnke

Produktionsassistentz

Valérie Lang

Mitarbeit

Juliane Kessler

Produktionsleitung ZDF

Donald Jenicken

Redaktion

Günter Myrell
Daniel Manthey

Eine Produktion der

Engstfeld Film GmbH

Im Auftrag des ZDF

Lizenz durch

ZDF Enterprises GmbH
© ZDFE 2004
- Alle Rechte vorbehalten -

Verleih durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen,
Medienzentren und konfessionelle Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild,
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2004
ZDF
HR Neue Medien
55100 Mainz
E-Mail zdfexpedition@zdf.de
Internet www.zdf.de

© 2004 / 2005
FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltalsteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-300
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltalsteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-300
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für
unseren Vertrieb:**

Telefon (0 89) 64 97-4 44
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail vertrieb@fwu.de

Laufzeit: 52 min
Kapitelanwahl auf DVD-Video
Sprache: deutsch

**Systemvoraussetzungen
bei Nutzung am PC**
Windows 98/ME/2000/XP
DirectX 6 oder höher
(weitere Informationen
siehe Seite 8)

GEMA

Alle Urheber- und
Leistungsschutzrechte
vorbehalten.
Nicht erlaubte/geneh-
migte Nutzungen
werden zivil- und/oder
strafrechtlich verfolgt.

**LEHR-
Programm
gemäß
§ 14 JuSchG**

ISBN 392209894-0



9 783922 098942

Mission X: Der Stromkrieg

Der Film beschreibt den erbitterten Kampf zwischen Thomas Alva Edison und George Westinghouse um die Vorherrschaft auf dem Strommarkt Ende des 19. Jahrhunderts. Es zeigte sich, dass die von Westinghouse favorisierte Wechselstromtechnologie erhebliche Vorteile gegenüber der Gleichstromtechnologie Edisons aufwies. Das Arbeitsmaterial beleuchtet mithilfe von interaktiven Versuchen, Texten und Arbeitsblättern die physikalischen Hintergründe.

Mithilfe des Context-Managers hat man während des Films Zugriff auf das Arbeitsmaterial.

Ausstrahlung

des Films „Der Stromkrieg“ im ZDF und auf ARTE

Begleitmaterial

Die Begleitmaterialien zum Film sind auch im Internet erhältlich: <http://www.zdf.de>

Schlagwörter

Edison, Westinghouse, Tesla, Wechselstrom, Gleichstrom, Glühlampe, Ladung, Spannung, Widerstand, Ohm'sches Gesetz, Generator, Elektromotor, Transformator

Physik

Elektrik, Magnetismus, Technologie, Biografien

Geschichte

Neuere Geschichte • Zeitalter der Entdeckungen, Eroberungen und Erfindungen

Allgemeinbildende Schulen (8-13)

Erwachsenenbildung