

# D.16

## Informatiksysteme

# Kabellose Energieübertragung und Elektromobilität

Wiebke Arps



© Gettyimages/Moment/Jose A. Bernat Bae

Diese Materialien geben Einblick in die Technik der kabellosen Energieübertragung und beleuchten, inwieweit ein komfortabler Ladevorgang von Elektrofahrzeugen die Elektromobilität weiter befördern könnte. Ebenso werden die sich daraus ergebenden Vorteile für die Umwelt beachtet. Die Unterrichtseinheit vermittelt umfassende Kompetenzen in Theorie und Praxis von den technischen Grundlagen über aktuelle Testprojekte bis hin zum selbstgebauten Demo-Modell für kabellose Energieübertragung. Diese Kenntnisse vertiefen Ihre Lernenden mit der faszinierenden Schaltung zur induktiven, kabellosen Energieübertragung mit magnetischem Wechselfeld und LED-Anzeige. Mit interaktiven LearningApps und abwechslungsreichen Sozialformen mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen vertiefen die Lernenden ihre theoretischen Kenntnisse und Sie vermitteln Ihren Lernenden, breit gefächerte Kompetenzen.

### KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 6 oder 8/9  
Dauer: 6 Unterrichtsstunden  
Lernziele:

Die Lernenden ... 1. beschreiben Methoden zur kabellosen elektrischen Energieübertragung, 2. erläutern Begriff und Eigenschaften magnetischer Felder und Wechselfelder, 3. nennen und beschreiben elektronische Bauelemente und Schaltungskomponenten, 4. erklären die Funktionsweise einer elektronischen Schaltung

**Thematische Bereiche:** Elektromobilität, kabellose Energieübertragung, Schaltungstechnik  
**Kompetenzbereiche:** Argumentieren, Modellieren, Kommunizieren und Kooperieren



## Fachliche Hinweise

### Was sollten Sie zum Thema wissen?

Der Einstieg erfolgt mit dem Dialog zweier Freundinnen zu Elektroautos, insbesondere zum Ladevorgang. Die beiden nennen einige Herausforderungen beim Laden und sie erläutern die Anforderungen durch die aktuell notwendigen starken Batterien. Dabei beziehen sie auch Umweltaspekte mit ein. Zur Orientierung werden typische Werte für Batteriekapazität, Dauer des Ladevorgangs und des elektrischen Energieverbrauchs auf 100 km angegeben. Auf diesem Hintergrund wird als mögliche Lösung der Problematik ein erster Ausblick auf eine innovative Technologie gegeben, die es erlaubt, während der Fahrt kabellos elektrische Energie auf Elektrofahrzeuge zu übertragen. Die positive Folge sind deutlich verkleinerte Batterien im Elektrofahrzeug. Im weiteren Verlauf werden die notwendigen technischen Hintergründe zum Verständnis dieser Technologie eingeführt und in Theorie und Praxis vertieft.

Zunächst erarbeiten sich die Lernenden anhand von Alltagsbeispielen den Unterschied zwischen kabelloser elektrischer Energie- und Informationsübertragung. Es werden typische Kenngrößen der kabellosen Übertragung kennen wie Energiemenge, Abstand und Bewegungsfreiheit zwischen Sender und Empfänger. Als wichtige Technologie zur Übertragung mittlerer bis großer Energiemengen im Nahbereich wird das magnetische Wechselfeldbegriff eingeführt. Im weiteren Verlauf erarbeiten sich die Lernenden den Feldbegriff, die vereinfachten physikalischen Hintergründe zu magnetischen Wechselfeldern im Nahbereich sowie zum Phänomen der Induktion, um schließlich Spannung und Strom in der Empfänger-Spule hervorzurufen und damit die elektrische Energie zu übertragen.

Ein Blick auf aktuelle Testprojekte zum Laden von Elektrofahrzeugen während der Fahrt verfestigt die theoretischen Kompetenzen und stellt die zu erwerbenden Systeme und die technischen Elemente dazu vor. Im praktischen Teil bauen die Schülerinnen und Schüler selbst ein Demonstrations-Modell einer kabellosen Energieübertragung zum Betrieb einer LED auf. Sie erarbeiten sich das Verständnis der elektronischen Bauteile und geeigneter Schaltungsmodule, um ein magnetisches Wechselfeld aus einem elektrischen Gleichstrom zu erzeugen. Bei jedem Schritt wird der Bezug von der elektronischen Schaltung zu den physikalischen Elementen der praktischen Testprojekte hergestellt, um ein tiefgehendes Verständnis der eingesetzten Technologie zu vermitteln. Die LEK am Ende der Unterrichtseinheit fasst die wesentlichen Erkenntnisse der gesamten Einheit in Form eines Lückentexts zusammen.

### Welche Lernvoraussetzungen sollten die Lernenden mitbringen?

Die Schülerinnen und Schüler sollten in der Lage sein, im Internet zu recherchieren und weitere Links bzw. Lehrvideos anzuschauen. Grundbegriffe zu elektrischem Strom, zu Sicherheitsaspekten und ein entsprechend verantwortungsbewusstes Verhalten werden vorausgesetzt. Fingerfertigkeit und Handhabung einfacher Werkzeuge sowie Vorsicht beim Arbeiten mit Draht und Schneidwerkzeugen sind notwendig.

## Didaktisch-methodische Hinweise

### Vorbereitung

- Projektionsmöglichkeit (Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor) bereithalten
- Internetzugang im Klassenraum sicherstellen
- Ausreichend Laptops/PCs bereitstellen (mindestens 1 Gerät pro Schülerpaar)
- Technisches Material und Werkzeug in ausreichender Zahl bereithalten. Genaue Angaben siehe unter „Benötigte Materialien“ in „Auf einen Blick“

### Einstieg

Projizieren Sie zum Einstieg den Dialog von **M 1** mit den Ansichten und Erfahrungen zu Elektrofahrzeugen. Lassen Sie jeweils Freiwillige einen Satz vorlesen und die Lücken ergänzen. In Partnerarbeit setzen sich die Lernenden dann vertieft mit dem Text auseinander. Zur besseren Einordnung von Ladedauern und Reichweiten stellen sie gemeinsam die Berechnungsformeln auf und berechnen einige konkrete Werte. Im Anschluss fassen sie die Kernaussagen des Textes oder der Tabelle zusammen. Die Ergebnisse sollten als Grundlage zum gemeinsamen Verständnis anschließend in der Klasse besprochen werden.

Als Überleitung zu **M 2** erklären Sie, dass es zur Veranschaulichung der Idee vom kabellosen Laden aus **M 1** jetzt um aktuelle Alltagsbeispiele zur kabellosen Übertragung elektrischer Energie geht. Am besten im Zweier-Team mit der Lernpartnerin oder dem Lernpartner werden zunächst die wesentlichen Unterschiede zwischen Energie- und elektromagnetischer Informationsübertragung herausgearbeitet. Im weiteren Verlauf erarbeiten sich die Lernpaare wichtige Eigenschaften elektrischer Energieübertragung wie Übertragungstechnik, Reichweite, übertragene Energiemenge und Bewegungsfreiheit zwischen Sender und Empfänger. Als wesentlicher Effekt wird hier vereinfachend das magnetische Wechselfeld genannt. Die Besprechung der Ergebnisse im Klassengespräch fasst die wesentlichen Erkenntnisse zusammen.

Für das weitere Verständnis der Energieübertragung ist der Begriff des magnetischen Wechselfeldes genauer zu klären. Das vermittelt **M 3** in drei Gedankenexperimenten auf unterschiedlichem Schwierigkeitsniveau, wobei alle Experimente an Alltagsanwendungen anknüpfen. Hier besteht die Möglichkeit der **Differenzierung mit Bildung von Expertengruppen**. **Gruppe A** arbeitet auf einfachem Niveau und veranschaulicht die Eigenschaften des statischen Magnetfeldes eines Dauermagneten. Das zweite Gedankenexperiment von **Gruppe B** ist schwieriger und stellt die willkürliche Erzeugung eines Magnetfeldes und dessen Eigenschaften durch elektrischen Strom vor. **Gruppe C** beschäftigt sich auf anspruchsvollem Niveau mit der gedanklichen Vorstellung eines magnetischen Wechselfeldes bezogen auf eine räumlich feste Spule verursacht durch die mechanische Schüttelbewegung eines Permanentmagneten innerhalb dieser Spule bei einer Schütteltaschenlampe. Die Lernenden erarbeiten sich die Wirkung eines veränderlichen Magnetfelds auf eine Spule als wesentliche Voraussetzung für die kabellose Energieübertragung. Freiwillige Vertreter der einzelnen Gruppen stellen ihre Ergebnisse vor. Mit diesen Kenntnissen bearbeiten die Lernenden am besten im Zweier-Team die dazugehörige Tabelle in **Aufgabe 2** mit den zusammenfassenden Aussagen zu Magnetfeldern in **M 3**. Besprechen Sie für ein gemeinsames Verständnis die Ergebnisse in der Klasse.

Leiten Sie zu **M 4** über und erklären Sie, dass hier konkrete Projekte aus der Praxis vorgestellt werden, bei denen der kabellose Ladevorgang von Elektrofahrzeugen während der Fahrt mit magnetischen Wechselfeldern aktuell bereits erfolgreich eingesetzt wird. Am besten im Austausch mit der Lernpartnerin oder dem Lernpartner machen sich die Lernenden in **Aufgabe 1** mit der dargestellten Schemazeichnung zum Ladevorgang und den technischen Funktionselementen vertraut. Die vertiefte Betrachtung der Projekte bietet sich als Möglichkeit zur **Differenzierung mit Bildung von**



**Expertengruppen A und B an.** Dabei ist **Gruppe A** auf einfacherem Niveau aufgrund des anschaulichen Erklärvideos, **Gruppe B** die anspruchsvollere mit Informationen aus einem Text. Halten Sie für die angegebenen Quellen ausreichend Tablets mit Internetzugang bereit. Die Gruppen erarbeiten sich in **Aufgabe 2** anhand der Fragen in der Tabelle den „Steckbrief“ zu ihrem jeweiligen Projekt und stellen die Ergebnisse in der Klasse vor.

Leiten Sie zu den drei Materialien von **M 5a bis M 5c** über und erklären Sie, dass ein Funktions-Modell einer kabellosen Übertragung elektrischer Energie von den Lernenden Schritt für Schritt selbst aufgebaut werden soll. Machen Sie vorab klar, dass die Grundlagen der Arbeitssicherheit eingehalten werden, wie aufgeräumte Arbeitsflächen, das Tragen von Leinwand-schuhen und Schutzbrille beim Bearbeiten von Draht. Machen Sie auch deutlich, dass die elektronischen Bauteile empfindlich sind und mit großer Sorgfalt behandelt werden sollten. Anschlussdrähte an Bauteilen werden nur einmalig mit einer Zange in die richtige Position gebogen, um das Abbrechen zu vermeiden. Außerdem ist streng auf die richtige Belegung der Anschlüsse bei den Bauelementen zu achten. Die Batterie sollten Sie erst ganz zum Schluss aushändigen, um unbeabsichtigte Kurzschlüsse oder Dauerbetrieb zu verhindern. Starten Sie mit **M 5a** und lassen Sie die Lernenden am besten mit der Sitznachbarin oder dem Sitznachbarn sich die erforderlichen Grundkenntnisse zu den elektronischen Bauelementen erarbeiten. Lassen Sie Freiwillige Ihre Ergebnisse kurz in der Klasse vorstellen, um ein gemeinsames Verständnis sicherzustellen.

Bei der Erarbeitung von **M 5b** ergibt sich die **Möglichkeit zur Differenzierung mit der Bildung von Expertengruppen** auf unterschiedlichem Niveau. Die Verteilung der Gruppen geschieht nach Farben, die für verschiedene Funktionselemente stehen. Es geht inhaltlich um die Übertragung des schematisch dargestellten kabellosen Ladevorgangs aus den Praxisprojekten auf das Design der elektronischen Schaltung des aufzubauenen Modells. Durchgehend sind in **M 5b** die verschiedenen technischen Funktionselemente in der Schaltung durch die Farben Beige, Grün, Braun und Blau gekennzeichnet. Die **Gruppe Beige** stellt das einfachste Niveau dar, die **Gruppen Braun und Blau** sind auf mittlerem Niveau, gefolgt von dem anspruchsvollsten **Gruppe Grün**. Teilen Sie die Expertengruppen entsprechend zu und lassen Sie die Gruppen jeweils alle Aufgaben zu „ihrer“ Farbe bearbeiten. Besprechen Sie anschließend die Ergebnisse der Expertengruppen gemeinsam, damit alle ein sicheres Verständnis der Funktionsweise der elektronischen Schaltung haben.

Für **M 5c** bietet sich für den praktischen Aufbau der Schaltung wieder die Bildung von neuen **Expertengruppen A, B und C** auf unterschiedlichem Niveau und der **Möglichkeit zur Differenzierung**, dabei ist das Niveau von **Gruppe A** am schwierigsten, **Gruppe B** ist auf mittlerem Niveau, **Gruppe C** ist am einfachsten. Weisen Sie die Lernenden unbedingt darauf hin, dass sie bei den Drahtarbeiten in **Gruppe B und C** leinwandene Arbeitshandschuhe und Schutzbrille tragen. **Aufgabe 1** wird in jeder Gruppe zur Vorbereitung der einzelnen Bauteile und der Platinen zwingend zuerst genau nach den Schaltungen und den Darstellungen in **M 5c** bearbeitet. Halten Sie dazu für jede Gruppe die angegebenen Materialien und Werkzeuge bereit. **Aufgabe 2** wird zeitlich nach den abgeschlossenen Arbeiten in **Aufgabe 1** bearbeitet und umfasst den konkreten Aufbau und die anschließende Inbetriebnahme der Schaltung nach erfolgter optischer Überprüfung. Teilen Sie erst dazu die Batterie an die **Gruppe C** aus. Lassen Sie die Modell-Schaltung in Betrieb vor der Klasse vorführen, die Funktionsweise der Freiwilligen erklären und stellen Sie im gemeinsamen Klassengespräch den Bezug des Modells zu den Praxisprojekten heraus.

Die **Lernerfolgskontrolle** erfolgt in **M 6** mit einer Zusammenfassung der wesentlichen Aussagen der Unterrichtseinheit als Lückentext. Ihre Lernenden füllen am besten in Einzelarbeit die Lücken des Texts frei mit den passenden Stichworten aus.



## Auf einen Blick

### Benötigte Materialien

- Laptop/PC/Tablet/Smartphone mit Internetzugang
- Technisches Material:
  - 1 LR6-/AA-Batterie 1,5 V
  - 1 grüne Jumbo-LED
  - 1 NPN-Transistor BC 547
  - 1 Widerstand 1 k $\Omega$
  - 2 50-m-Kupferlackdrahtrollen mit Durchmesser 0,3 mm
  - 1 12-polige Lüsterklemmenleiste
  - 2 leere Toilettenpapierrolle
  - 2 starke Kartons A6
  - 1 Heißklebepistole mit Patronen
  - 2 transparente Klebebande mit Abroller
  - 1 doppelseitiges Klebeband
  - 2 Cutter-Messer/Schere
  - 2 Elektronik-Kombizange / Elektronik-Schraubendreher
  - 2 Paar leichte Arbeitshandschuhe
  - 2 Schutzbrillen, alternativ Korrekturbille

### Einstieg

**Thema:** Persönliche Eindrücke zu den Vor- und Nachteilen von Elektroautos

**M 1** Momentaufnahme Elektromobilität heute

**Benötigt:**  Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor

### Erarbeitung

**Thema:** Beispiele und Eigenschaften von kabelloser elektrischer Energieübertragung

**M 2** Kabellose Übertragung von elektrischer Energie

**Benötigt:**  Laptop/PC/Tablet/Smartphone mit Internetzugang  
 Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor  
 <https://raabe.click/spiegel>  
 <https://raabe.click/mikrowellen>

**Thema:** Einführung des Begriffs des magnetischen Wechselfelds mit Gedankenexperimenten vom Dauermagneten, über Elektromagnet und Schüttel-taschenlampe

**M 3** Im „Dreisprung“ vom Dauermagnet-Feld zum magnetischen Wechselfeld mit Gedankenexperimenten

**Benötigt:**  Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor

**Thema:** Übersicht zu Funktionsweise, technischer Umsetzung und realen Projekten zum kabellosen Laden von E-Fahrzeugen während der Fahrt



- M 4** Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen in der Praxis
- Benötigt:**
- Erklärvideo für Gruppe A: [https://www.youtube.com/watch?v=KTV\\_59TO4hU](https://www.youtube.com/watch?v=KTV_59TO4hU)
  - Link für Gruppe A: <https://raabe.click/elektromobilitaet>
  - Link für Gruppe B: <https://raabe.click/n-tv>
- Thema:** Erklärung der Funktionsweise und praktischer Aufbau einer kabellosen Energieübertragung mit magnetischem Wechselfeld
- M 5a** Praxisteil I: Die Bauelemente und ihre Funktion
- Benötigt:**  Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor
- M 5b** Praxisteil II: Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen und deren praktische Umsetzung als Experimentier-Schaltung
- Benötigt:**  Dokumentenkamera/Beamer/OH-Projektor
- M 5c** Praxisteil III: Schaltungsaufbau für kabellose Energieübertragung
- Benötigt:**  Technisches Material (s. Liste oben)



## Lernerfolgskontrolle

- M 6** LEK: Kabellose Energieübertragung und Elektromobilität

## Erklärung zu den Symbolen

	Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.
	leichtes Niveau
	mittleres Niveau
	schwieriges Niveau

## M 1

## Momentaufnahme: Elektromobilität heute

## Aufgabe 1

Lest den Text Satz für Satz aufmerksam durch und **ergänzt** die Lücken mit den passenden Stichworten.

**Hinweis:** Verwendet bei Bedarf den Stichwortspeicher.

**Wortspeicher:** Projekte – Stückzahlen – CO<sub>2</sub>-Rucksack – Schnellladen – Energieaufwendung  
 Elektromobilität – **Elektroauto** – abgasfrei – Ladeleistung – Graustrom – kabellose Energie-  
 übertragung – oft – Wallbox – Reichweiten – Kilowattstunden – kleiner – Energie – Kapazität  
 – schwerer – Energieverbrauch – Ladesäulen – High Power Charging – Preis-Leistungs-Unterschied – rohstoffintensiv – überbrücken

Beim Bummel durch die Innenstadt ruft Leonie plötzlich: „Pass doch auf, da kommt ein \_\_\_\_\_!“ „Tatsächlich, fantastisch leise sind sie und endlich wird die Innenstadt nicht mehr mit Abgasen verpestet. Fürs Klima ist es auch besser, abgasfrei zu fahren!“, schwärmt Luna. „Leider sind die E-Autos nur hier vor Ort, also lokal \_\_\_\_\_. Geladen werden sie aktuell meistens mit sogenanntem \_\_\_\_\_, der entsteht für jeden elektrisch gefahrenen Kilometer zwar nicht auf der Straße, dafür aber im Kraftwerk schädliche Klimagase“, überlegt Leonie, „außerdem müssen die E-Autos relativ \_\_\_\_\_ geladen werden. Ich kenne das, meine Eltern haben auch eins. In der Garage stolpert man dann über das Kabel zwischen \_\_\_\_\_ und Ladebuchse am Auto!“ Luna ergänzt: „Geladen werden muss häufiger und dauert in der Regel länger als Tanken: Immerhin verbrauchen sie \_\_\_\_\_ als Daumenrichtwert mehr als 15 \_\_\_\_\_ (Abkürzung: kWh) elektrische \_\_\_\_\_ auf 100 Kilometer, je nach Fahrstil und bei Kälte mehr. Mit einer typischen \_\_\_\_\_ für die Batterie zwischen 50 und 80 kWh schafft man gerade 400 Kilometer. Ganz zu schweigen davon, dass jede 10 kWh Batteriekapazität um die 100 Kilogramm \_\_\_\_\_ ist. Da ist es \_\_\_\_\_ schnell mal 500 Kilogramm \_\_\_\_\_ als ein Verbrenner, was den \_\_\_\_\_ beim Fahren insgesamt erhöht!“ Leonie beschwert sich weiter: „Wenn wir in der Familie eine weite Reise planen, planen wir Route und Pausenzeiten fürs Laden und die verfügbaren, öffentlichen \_\_\_\_\_ gleich mit. Selbst das \_\_\_\_\_ ab \_\_\_\_\_ einer \_\_\_\_\_ von 50 Kilowatt braucht für das Vollladen der 80-kWh-Batterie mehr als \_\_\_\_\_halb Stunden. Mit den neuen, rund 8000 Ultra-Schnell-Ladestationen vom Typ \_\_\_\_\_ (Abkürzung: HPC) an 900 Standorten mit 300-kW-Leistung verkürzt sich das Laden zwar auf eine gute Viertelstunde, aber nicht alle E-Autos vertragen das, unseres jedenfalls nicht.“ Luna fasst zusammen: „Beim Laden geht's also bergauf, aber der große \_\_\_\_\_ zwischen E-Autos und Verbrennern hält trotz-

# Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.  
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online  
14 Tage lang kostenlos!

[www.raabits.de](http://www.raabits.de)

