

**Ich informiere mich  
über das  
Elektroauto...**





Dieses Recherche-Heftchen gehört:

--

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Einleitung .....	1
Der Motor eines Elektroautos.....	2
Rekuperation .....	4
Der Wirkungsgrad eines Motors .....	6
Der Akkumulator des Elektroautos .....	8
Zusatzinfo: Leistungselektronik.....	10
Lohnt sich das Elektroauto für die Umwelt? .....	11
Einfluss des Elektroautos auf das Privatleben .....	12
Lohnt sich das Elektroauto finanziell? .....	13
Eine Infrastruktur für das Elektroauto .....	14
Platz für Notizen.....	15
Glossar.....	16
Platz eigene Ergänzungen .....	18
Literatur .....	20

---

## Einleitung

---

*„Wo Informationen fehlen, wachsen die Gerüchte.“*

Alberto Moravia

Damit dein Zeitungsartikel am Ende keine Gerüchte in die Welt setzt, sondern die Menschen konstruktiv und ehrlich berät, sollte er auf möglichst vielen Fakten beruhen und diese in einen sinnvollen Zusammenhang stellen.

Dieses Heftchen hilft dir, während der nächsten zwei Stunden die zentralen Informationen für dich festzuhalten, es ist sozusagen dein Recherche-Heftchen. Natürlich darfst du es zum Schreiben deines Zeitungsartikels verwenden.

### Merke:

In deinem Recherche-Heftchen steht alles, was wichtig sein könnte. Ob es tatsächlich so wichtig ist, dass du es in deinen Zeitungsartikel übernimmst, muss du vor dem Schreiben des Artikels selbst entscheiden!



---

## Der Motor eines Elektroautos

---

Aus welchen Bauteilen besteht ein Elektromotor?

- **Permanentmagnet**
- **Spule**
- **Kommutator**

Beschreibe kurz in eigenen Worten, wie die Drehung eines Elektromotors zu Stande kommt?

- Die stromdurchflossene Spule hat ein Magnetfeld.
- Dieses **Magnetfeld der Spule wechselwirkt mit dem Feld des Permanentmagneten.**
- **Die Spule richtet sich** durch diese Wechselwirkung im Feld des Permanentmagneten **aus.**
- Dreht sich das Magnetfeld der Spule um, so dreht sich auch die Spule um da sie sich im Feld des Permanentmagneten neu ausrichtet.
- Mit Hilfe des **Kommutators** ist es möglich, das **Magnetfeldes der Spule jeweils im richtigen Moment so umzudrehen**, dass diese sich immer weiter dreht.



Was ist der Unterschied zwischen einem Gleichstrommotor und einem Wechselstrommotor?

- Ein **Gleichstrommotor** wird mit **Gleichspannung** betrieben und der Wechsel des Magnetfeldes durch den Kommutator erzeugt.  
Die Drehgeschwindigkeit wird durch die Höhe der angelegten Spannung bestimmt.
- Ein **Wechselstrommotor** wird mit **Wechselspannung betrieben**. Hier kommt die Umpolung des Magnetfeldes durch den Wechselstrom selbst zustande.  
Die Drehgeschwindigkeit wird durch die Frequenz der angelegten Spannung bestimmt. Die Drehung des Motors ist also synchron zur Wechselspannung.

Warum verwendet man in Elektroautos Wechselstrommotoren?

Die **Frequenz** der Wechselspannung lässt sich **mit der Leistungselektronik einfacher regeln** als die Höhe der Spannung.

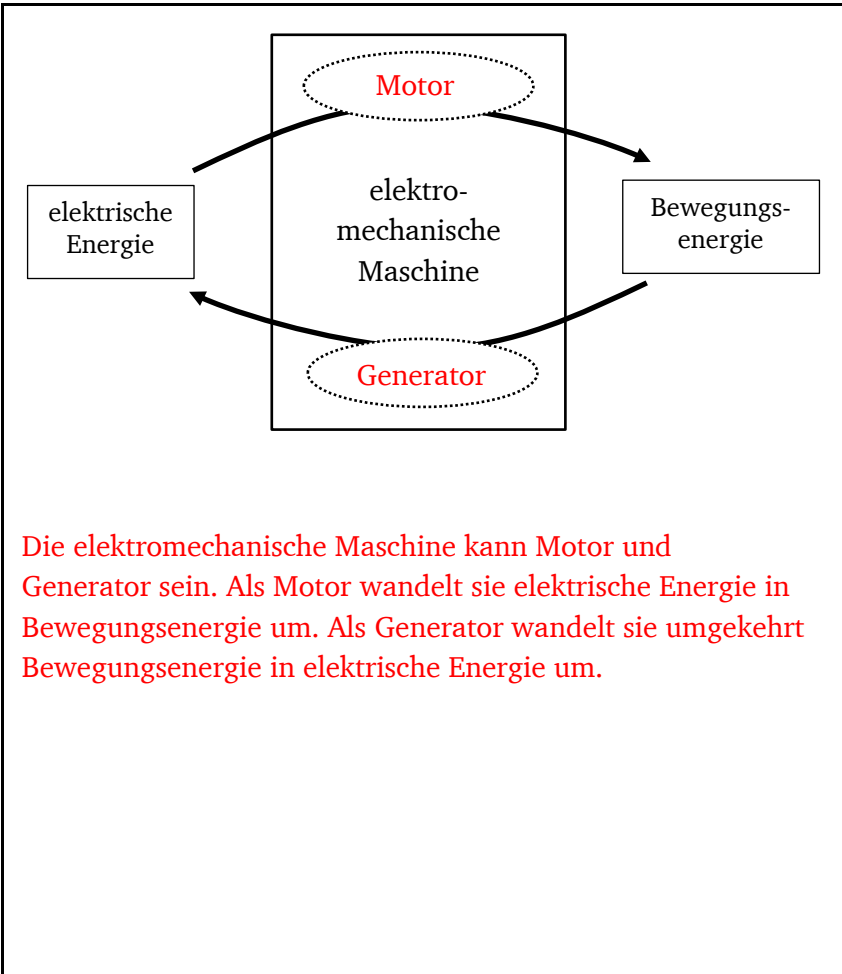
---

# Rekuperation

---

Was ist das Motor-Generator-Prinzip?

Beschrifte dazu zunächst die beiden Pfeile und beschreibe das Prinzip dann mit deinen eigenen Worten.





Beschreibe in eigenen Worten, wie man dieses Prinzip bei einem Elektroauto nutzen kann!

Beim **Bremsvorgang** ist gewünscht, dass die **Bewegungsenergie verringert** wird. Diese soll nicht als Wärme verloren gehen, sondern als elektrische Energie zurückgewonnen werden. Hierzu wird die elektromechanische Maschine als Generator betrieben. Diese zurückgewonnene elektrische Energie wird in einem **Akkumulator** zwischengespeichert.

Was bedeutet der Begriff „Rekuperation“?

Rekuperation steht für diese **Rückgewinnung (der Energie)**.

---

## Der Wirkungsgrad eines Motors

---

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{genutzte Energie } \Delta E_{\text{genutz}}}{\text{aufgewendete Energie } \Delta E_{\text{aufgewendet}}}$$

Wie groß ist typischerweise der Wirkungsgrad ...

... beim Verbrennungsmotor?  $\mu = 30\%$

... beim Elektromotor?  $\mu = 90\%$

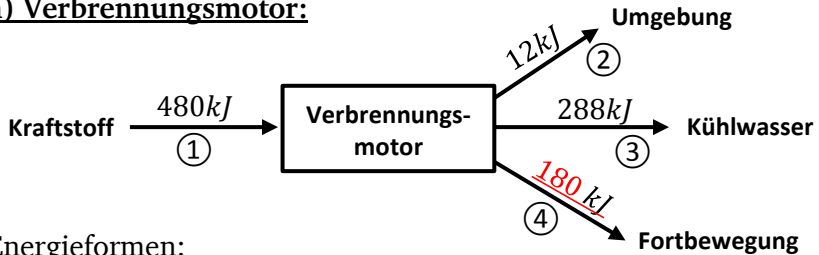
Erkläre kurz, weshalb man nie einen Verbrennungsmotor bauen können wird, der denselben Wirkungsgrad wie ein guter Elektromotor hat!

- Bei dem **Verbrennungsmotor** wird zunächst **chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt**. Diese wird **zum einen Teil** in Bewegungsenergie gewandelt, der andere Teil wird als Wärme **mit der Entropie abtransportiert**. Somit ist eine vollständige Umwandlung in Bewegungsenergie nicht möglich.
- Bei dem **Elektromotor** wird **elektrische Energie** in Bewegungsenergie umgewandelt. Hier ist im Idealfall (bei widerstandsfreier Stromleitung) eine vollständige Umwandlung in Bewegungsenergie möglich.



## Beispiele zum Ergänzen und Berechnen:

### a) Verbrennungsmotor:



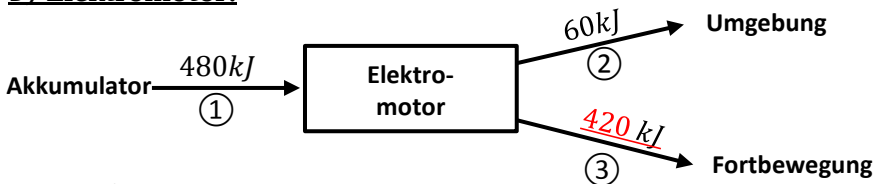
#### Energieformen:

①	②	③	④
<i>chemische Energie</i>	<i>verschiedene Energieformen</i>	<i>Wärmeenergie</i>	<i>Bewegungsenergie</i>

#### Wirkungsgrad:

$$\mu = \frac{180 \text{ kJ}}{480 \text{ kJ}} = 37,5\%$$

### b) Elektromotor:



#### Energieformen:

①	②	③
<i>elektrische Energie</i>	<i>Wärmeenergie</i>	<i>Bewegungsenergie</i>

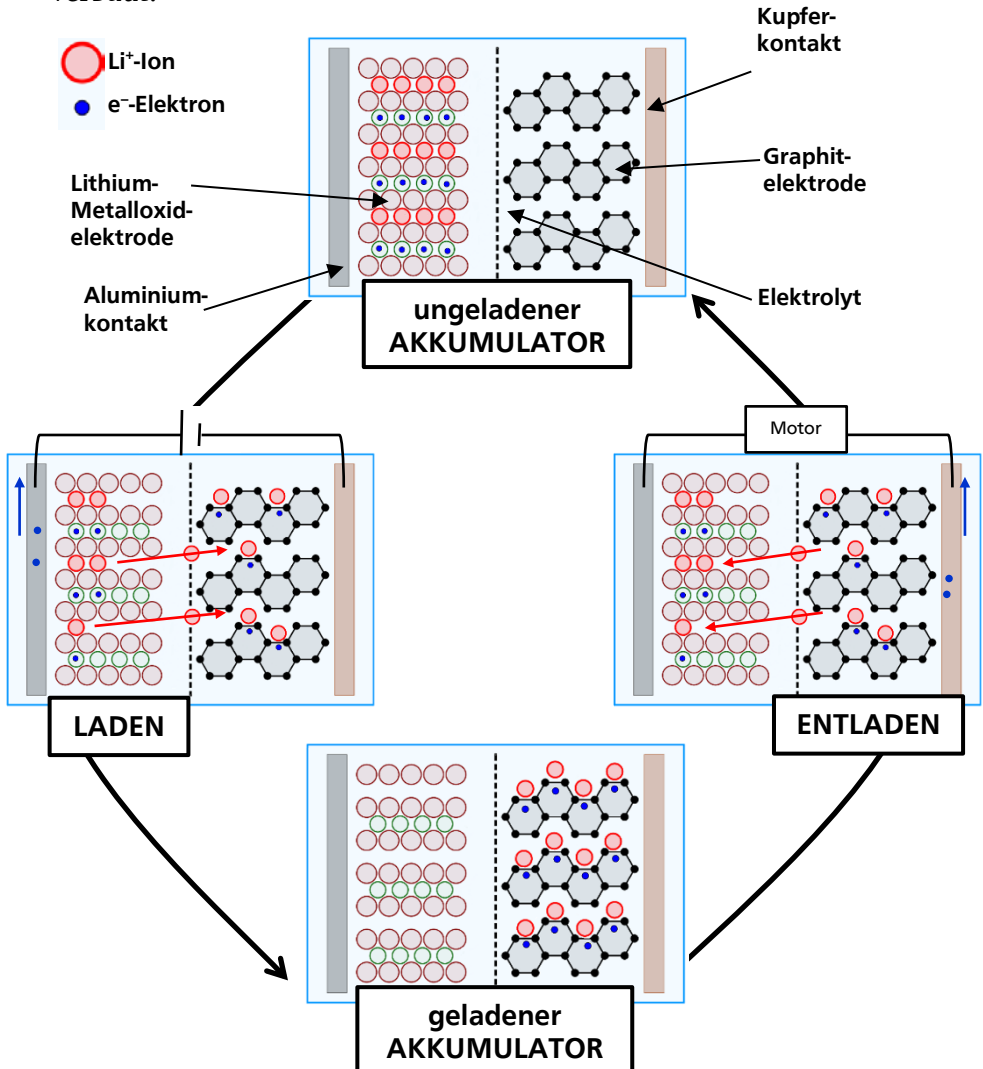
#### Wirkungsgrad:

$$\mu = \frac{420 \text{ kJ}}{480 \text{ kJ}} = 87,5\%$$



# Der Akkumulator des Elektroautos

In Elektroautos sind hauptsächlich Lithium-Ionen-Akkumulatoren verbaut:



Auf welchem elektrochemischen Prozess beruht die Funktionsweise des Lithium-Ionen-Akkus?

Beim Entladen werden durch eine Stoffänderung in den Elektroden auf der einen Seite Elektronen abgegeben und auf der anderen Seite aufgenommen. Beim Laden wird die Richtung dieser Prozesse durch eine äußere Spannung umgekehrt.

Welchen Vorteil hat der Lithium-Ionen-Akku?

Bei einem Lithium-Ionen-Akku sind Lade- und Entladevorgang **sehr gut kontrollierbar und beliebig oft umkehrbar**. Er verliert seine maximale Kapazität nicht, auch wenn er nur teilweise ge- oder entladen wird.  $\Rightarrow$  kein Memory-Effekt

Welchen Nachteil hat ein Lithium-Ionen-Akku?

- Lithium-Ionen-Akkus sind bei gleichem Energieinhalt viel schwerer als die in Verbrennungsmotoren eingesetzten Kraftstoffe.
- Sie haben eine **lange Ladedauer**.
- Die Herstellung ist vergleichsweise **teuer**.

---

## Zusatzinfo: Leistungselektronik

---

Markiere in diesem Text die relevanten Informationen zur Leistungselektronik:

Der Akku im Elektroauto liefert Gleichstrom<sup>1</sup>, während sich gleichzeitig herausgestellt hat, dass sich ein Wechselstrommotor besser für ein Elektroauto eignet<sup>2</sup>.

Die Leistungselektronik dient hauptsächlich dazu, die Gleichspannung in Wechselspannung umzuwandeln. Die Spannungswerte, die umgewandelt werden müssen, liegen dabei im Hochvoltbereich (ca. 400V), damit der Elektromotor die gewünschte Leistung hat. Diese Umwandlung benötigt im Moment noch viel Energie, die nicht für den Antrieb genutzt werden kann<sup>3</sup>, sodass der Wirkungsgrad des Antriebs auf etwa 80% statt 90% reduziert wird.

Die Leistungselektronik enthält außerdem einen DC-DC-Wandler, der die hohen Spannungen der Akkumulatoren in 12V umwandelt, mit denen die Innenelektronik des Autos (Uhr, Radio etc.) versorgt wird.

Im Moment forscht man dran, den Nutzenergieverlust durch die Leistungselektronik zu verbessern. Dabei wurde entdeckt, dass Siliziumkarbid als Material deutliche Vorteile bringen könnte: Man könnte etwa 10% der Energie für die Leistungselektronik für den Antrieb nutzen und damit die Reichweite des Autos erhöhen. Außerdem könnte man damit das Volumen der Leistungselektronik um 80% reduzieren. Man rechnet damit, dass sich eine solche Leistungselektronik mit Siliziumkarbid bald verwirklichen lassen wird.

---

<sup>1</sup> siehe Seite 8 und Seite 9

<sup>2</sup> siehe Seite 2 und Seite 3

<sup>3</sup> Die Leistungselektronik wird heiß und muss mit Wasser gekühlt werden.

# Lohnt sich das Elektroauto für die Umwelt?

Wie stark muss die Stromversorgung vergrößert werden, damit der Strom für die Elektroautos reicht?

(auf Grundlage der Daten für die B-Klasse):

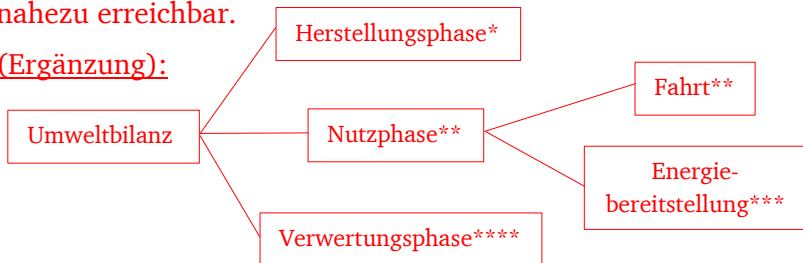
$$E_{ben\ddot{o}tigt} = 20 \cdot 10^6 \cdot 16,6 \frac{kWh}{100km} \cdot 150 \cdot 100km = 50 \text{ Mrd. kWh}$$

Dies würde eine **Erhöhung des Gesamtmixes um 7,5%** erfordern. Um dies ausschließlich mit **Erneuerbarer Energie** zu erreichen, muss deren Anteil um **25%** steigen.

Unter welchen Bedingungen ist das Elektroauto emissionsfrei?

... wenn auch die **Bereitstellung des Ladestroms emissions-frei** ist – dies ist bei **Erneuerbarer Energie** nahezu erreichbar.

(Ergänzung):



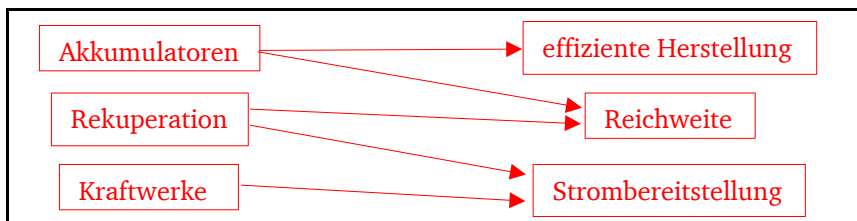
\* Vorteil Verbrennungsmotor

\*\* Vorteil Elektromotor

\*\*\* siehe vorherige Frage

\*\*\*\* Gleichstand

Woran wird im Rahmen der effizienten Energienutzung aktuell geforscht?



# Einfluss des Elektroautos auf das Privatleben

Notiere stichpunktartig, wie sich das Privatleben einer Person ändert, wenn sie sich ein Elektroauto kauft.

Markiere anschließend die Vorteile und die Nachteile in zwei unterschiedlichen Farben.\*

- Das **Aufladen** dauert an der heimischen **Steckdose ca. 10 Stunden**, an einer Schnellladestation **etwa eine Stunde** (Grundlage: Daten für die B-Klasse).
- **Nachts** kann das Auto bequem **geladen** werden.
  - **Garage** und passender Anschluss müssen vorhanden sein.
- **Schlechte Infrastruktur für Schnellladestationen**  $\Rightarrow$  **weniger Flexibilität / mehr Planung notwendig**
- **Weniger Werkstattbesuche** sind notwendig ( $\leftarrow$  Benzinpumpe, Öltank, Katalysator, Auspuffsystem, Anlasser, Lichtmaschine und Starterbatterie werden überflüssig; Bremsbeläge haben eine höhere Lebensdauer).
- Die **Fahrweise ist dynamischer** als bei Autos mit Verbrennungsmotor ( $\leftarrow$  auf Schaltgetriebe kann verzichtet werden, hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen).
- Die **Maximale Geschwindigkeit beträgt ca.  $150 \frac{\text{km}}{\text{h}}$** .
- Der Elektromotor ist **sehr leise**.
  - Dies ist **angenehm** für Fahrer und Anwohner.
  - Dies ist **gefährlich** für andere Verkehrsteilnehmer, da ungewohnt. ( $\rightarrow$  an Lösungen mit Warngeräuschen wird geforscht)

\* Vorteile sind grau unterlegt,  
Nachteile sind kursiv und unterstrichen.



---

# Loht sich das Elektroauto finanziell?

---

Welche Aspekte müssen finanziell berücksichtigt werden?

- Anschaffungskosten
- Fixkosten (Steuer, Versicherung, etc.)
- Betriebskosten (Strom oder Benzin)
- Werkstattkosten

In welchen finanziellen Aspekten bietet das Elektroauto einen Vorteil, in welchen einen Nachteil?

Finanzielle Vorteile bietet das Elektroauto bezüglich der **Fixkosten**. Während die **Versicherungskosten für beide Fahrzeugtypen vergleichbar** sind, sind Besitzer von **Elektroautos von der KFZ-Steuer befreit**.

Die **Betriebskosten von Elektroautos betragen ungefähr die Hälfte** der Betriebskosten von Autos mit Verbrennungsmotor (ca. 700€ zu ca. 1300€).

Darüber hinaus sind die **Werkstattkosten bei Elektroautos günstiger** (← Ölwechsel, Auspuff und Schaltkupplung entfallen, Bremsen werden schonender verwendet).

Lediglich bezüglich der Anschaffungskosten bietet das Elektroauto einen Nachteil (Unterschied: ca. 10000€).

Für wen könnte sich ein Elektroauto finanziell lohnen?

Für wen nicht?

Ein Elektroauto lohnt sich für **Vielfahrer, die auf Kurzstrecken unterwegs sind**. (← Die Amortisationsdauer beträgt bei durchschnittlich gefahrener Strecke ca. 7 Jahre; je mehr gefahren wird, desto mehr wird sie verkürzt. Vorsicht: Bei **Langstrecken** müssen bereits nach 200km Ladestopps eingeplant werden.

Für Menschen, die sehr wenig fahren, lohnt sich das Elektroauto finanziell erst viel später als nach 7 Jahren.

# Eine Infrastruktur für das Elektroauto

Für wen ist das Elektroauto sinnvoll, für wen nicht? Warum?

Fahrzeugtyp	Elektro-antrieb sinnvoll?	Warum?
Stadtfahrzeuge	ja	Reichweite genügt, leise, kein weiterer Feinstaub in Städten
Familienauto	ja (?)	Reichweite genügt, Vorsicht bei längeren Fahrten
öffentlicher Nahverkehr	ja	Reichweite genügt, leise, kein weiterer Feinstaub in Städten, Vorbildfunktion
Langstrecke	nein	Reichweite genügt nicht
LKW/ Landmaschinen	nein	nicht genügend Leistung (Problem: Akku), Reichweite genügt nicht (insb. LKW)

Welche weiteren Aspekte aus dem Text erscheinen dir als wichtig? Notiere sie dir hier stichpunktartig.

Der Text bietet vielfältige Informationen. Deshalb ist es der Schülerin oder dem Schüler möglich, **selbst zu entscheiden, welche Punkte aufgenommen werden**. An dieser Stelle folgt eine **Übersicht nach Themenfeldern**:

- Politik: Information (auch Vorbildrolle), finanzielle Förderung (Zuschüsse, Steuerbefreiung, ...)
- Wirtschaft: Neuausrichtung der Firmen, Arbeitsplätze fallen weg, andere (weniger?) kommen hinzu
- Lebenssituation: leise ( $\oplus$ Lebensqualität,  $\ominus$ Gefahr), keine Schadstoffbelastung vor Ort
- **Tankstellen-Infrastruktur: Integration der Schnelladestationen ins Tankstellennetzwerk, Wechselakkus**
- Forschung: Rekuperation verbessern, erneuerbare Energien effizienter gestalten und ausbauen, Sicherheitssysteme (vgl. Lebenssituation)



---

# Platz für Notizen

---

---

## Glossar

---

**Akku:** Ein Akku ist eine Gleichspannungsquelle, die auf elektrochemischer Basis arbeitet. Im Gegensatz zur Batterie ist ein Akku wieder aufladbar.

**Energie:** Energie tritt in verschiedenen Energieformen auf, die ineinander umgewandelt werden können:

- **kinetische Energie** (Bewegungsenergie)
- **potentielle Energie** (Lageenergie)
- **elastische Energie** (Spannenergie)
- **elektrische Energie**
- **Wärmeenergie**

**Energieerhaltungssatz:** Bei der Umwandlung verschiedener Energieformen bleibt die Gesamtenergie erhalten: Sie wird nicht gewonnen und geht auch nicht verloren.

**Entropie:** Entropie ist eine Größe, die zusammen mit Wärmeenergie auftritt. Sie kann zunehmen, aber nicht abnehmen. Je höher die Temperatur, desto mehr Wärme kann von der Entropie mitgeführt werden.

**Energiedichte (gravimetrisch):** Die gravimetrische Energiedichte beschreibt, wie viel Energie pro Masse gespeichert werden kann:

$$\text{Energiedichte} = \frac{\text{Energie } E}{\text{Masse } m}$$

**Gleichstrom:** Beim Gleichstrom fließt der Strom in eine Richtung. Man kann sich vorstellen, dass die Elektronen in eine Richtung driften.

**Akkukapazität:** Die Akkukapazität gibt an, wie viel Energie auf dem Akku gespeichert werden kann.

**Kelvinskala:** Temperatur misst man üblicherweise in Grad Celsius (°C). Der Nullpunkt der Celsius-Skala ist jedoch nicht die tiefst mögliche Temperatur, sondern -273,15°C. Die Kelvinskala hat da ihren Nullpunkt.

**Leistung:** Die Leistung gibt an, wie viel Energie pro Zeit umgewandelt wird: *Leistung*  $P = \frac{\text{Energie } E}{\text{Zeit } t}$ .

**Reichweite:** Die Reichweite eines Elektroautos ist die Strecke, die das Auto fahren kann, ohne dass der Akku aufgeladen werden muss.

**Wechselstrom:** Beim Wechselstrom wechselt der Strom ständig seine Richtung. Man kann sich vorstellen, dass die Elektronen um einen Ort herum schwingen.

**Wirkungsgrad:** Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis von genutzter zu aufgewendeter Energie:

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{genutzte Energie } \Delta E_{\text{genutz}}}{\text{aufgewendete Energie } \Delta E_{\text{aufgewendet}}}$$

---

## Platz eigene Ergänzungen

---





---

# Literatur

---

Backhaus, Oliver; Döther, Henning; Heupel, Thomas (2011): Elektroauto - Milliardengrab oder Erfolgsstory? Entstehungsgeschichte, Marktanalyse 2010 und Zukunftspotenziale der Elektromobilität. Essen: FOM u.a (Arbeitspapiere der FOM).

Karle, Anton (2015): Elektromobilität. Grundlagen und Praxis. 1. Aufl. München: Fachbuchverl. Leipzig im Hanser-Verlag.

Meyer, Lothar; Schmidt, Gerd-Dietrich (2007): Duden, Basiswissen Schule Physik. [5. bis 10. Klasse]. 3., aktualisierte Aufl. Mannheim: Dudenverl.

## **Bildquellen:**

Titelbild oben: <https://www.ravensburger.de/start/sciencex-faszination-elektroauto/index.html>

Titelbild unten: <https://pixabay.com/de/elektroauto-auto-elektro-fahrzeug-1458836/>

Fußzeile: <http://de.freepik.com/fotos-vektoren-kostenlos/auto-silhouette>

Akkumulator: nach Karle (2015) S.77