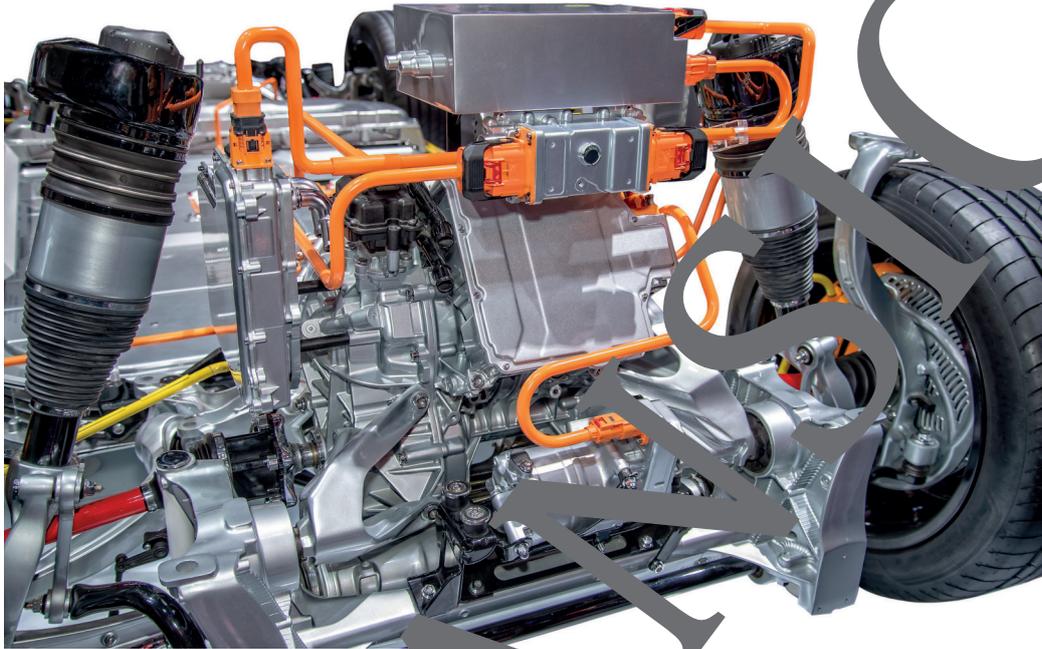


I.B.44

Mechanik

## Elektro- und Dieselmotor – physikalische und methodische Grundlagen

Ein Beitrag von Benjamin Streit



© gopixal/Stock/Getty Images Plus

Der Anteil von Elektroautos an den gesamten Neuzulassungen in Deutschland lag im Jahr 2021 bei 12,3 Prozent, bei den Plug-in-Hybriden bei 1,2 Prozent. Elektroautos werden immer beliebter. Doch auch der Dieselmotor spielt weiterhin einen Anteil am Diesel-Pkw in Deutschland mit rund 31,2 Prozent trotz Feinstaubbelastung und Fahrverbote als Antriebsart derzeit noch eine große Rolle. Ihre Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich mit den physikalischen Grundlagen dieser beiden Motorentypen.

### KOMPETENZ

**Klassenstufe:** 7–10

**Dauer:** 1–9 Unterrichtsstunden

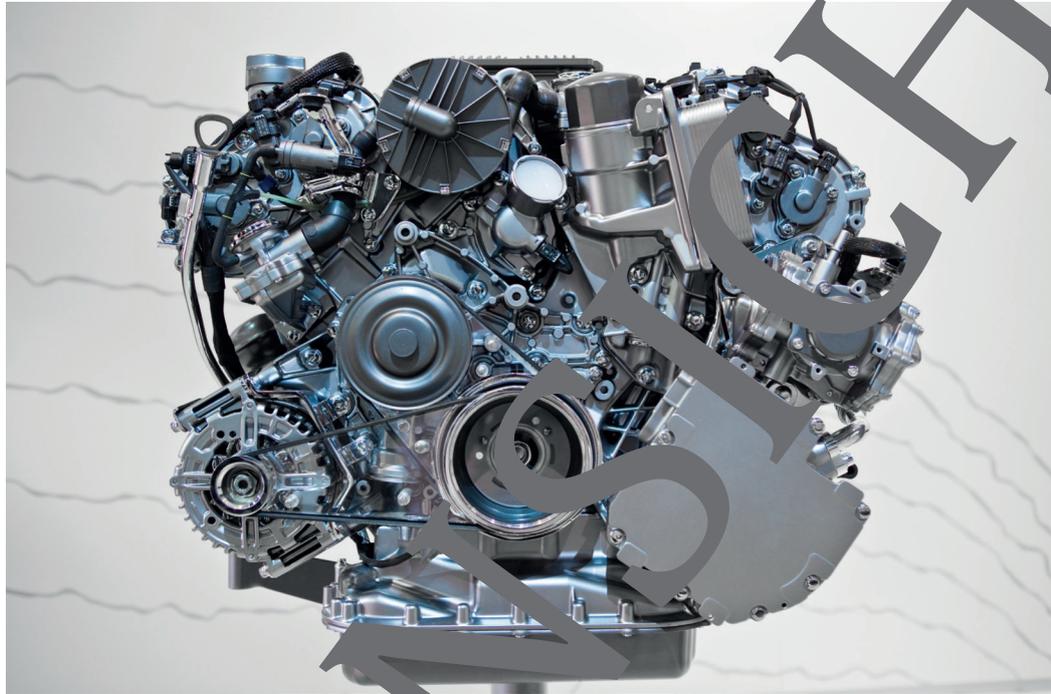
**Kompetenzen:** Die Schülerinnen und Schüler erklären die Funktionsweise und den Aufbau von Elektro- und Dieselmotoren, beschreiben die Kraftübertragung bei einem Getriebe, recherchieren und reflektieren ihre Ergebnisse zur Umweltbelastung.

**Thematische Bereiche:** Mechanik: Kraftübertragung mithilfe eines Getriebes; Elektrotechnik: Elektromotoren; Thermodynamik: Funktion einer Wärmekraftmaschine (Dieselmotor)

## M 1

## Der Einsatz von Motoren im Alltag

In Schiffen, Lastwagen, Autos, Motorrädern und Zügen findet man ihn. Kaum ein Küchen- oder Haushaltsgerät kommt ohne ihn aus. Und was wären ferngesteuerte Autos, Schiffe und Drohnen ohne ihn? Motoren findet man in fast allen Alltagssituationen. Meistens sind sie nicht direkt zu sehen und verrichten im Verborgenen ihre Arbeit. Aber was ist eigentlich ein Motor?



© pawel.gaul/E+

© RAABE 2022

## Aufgaben

1. Sammle Begriffe, die dir spontan zum Thema „Motor“ einfallen.
2. Führt in Kleingruppen eine Internetrecherche durch:
  - a) Notiert eine Definition des Begriffs „Motor“ in eigenen Worten.
  - b) Erstellt eine Tabelle zu den wichtigsten historischen Ereignissen in der Erfindung verschiedener Motoren. Nutzt dafür die folgende Vorlage:

Jahr	Erfinder/Erfinder	Erfindung
1712	Thomas Newcomen	Atmosphärische Kolbendampfmaschine
...	...	...

- c) Erstellt eine Übersicht mit Beispielen, in welchen technischen Bereichen welche Art von Motor eingesetzt wird. Fällt euch etwas auf?
3. Tragt im Plenum die Ergebnisse der Gruppenarbeit zusammen.

## Elektromotoren – vielfältige Anwendungsgebiete

M 2

Elektromotoren sind in unserem Alltag so zahlreich vertreten wie keine andere Motorenart. Es gibt sie in sehr klein (nur wenige Millimeter groß), aber auch in sehr großen Dimensionen mit einer Antriebsleistung von 30.000 Kilowatt. Im Haushalt verwendet man Elektromotoren zum Antrieb von Staubsaugern, Waschmaschinen, Geschirrspülern, Mixern, Plattenspielern, DVD-Playern usw. In der Industrie treiben Elektromotoren Drehbänke, Bohrmaschinen, Walzwerke und Kräne an. Im Verkehrswesen führte der Elektromotor zur Ablösung von Dampflokomotiven und zur Einführung von Straßenbahnen. Alle nutzen das gleiche Funktionsprinzip und variieren lediglich im Aufbau und der Steuerung.

### Aufgaben

1. Lest den Text und entwickelt dazu Forschungsfragen. Diese Forschungsfragen könnt ihr mit den folgenden Aufgaben beantworten.
2. Recherchiert dazu im Internet. Sollten Verständnisfragen entstehen, könnt ihr auf eure Lehrkraft zu:
  - a) Erstellt eine Skizze und einen Beschreibungstext dazu, wie ein Elektromotor aufgebaut ist und wie er funktioniert.
  - b) Betrachtet die unten abgebildeten Fotos zu verschiedenen Elektromotoren. Beschriftet mit Hilfe eurer Rechercheergebnisse zum Aufbau von Elektromotoren die wesentlichen sichtbaren Teile.
  - c) Nennt verschiedene Arten von Elektromotoren sowie deren Unterschiede.



Fotos: Benjamin Streit, Foto rechts unten: Bosca78/E+

## M 3

## Schülerversuch: Wir bauen einen einfachen Elektromotor

Ihr habt bereits recherchiert, aus welchen Bestandteilen ein Elektromotor besteht und wie er funktioniert. Nun wollen wir mit haushaltsüblichen Mitteln selbst einen einfachen Elektromotor bauen. Falls etwas nicht sofort klappt, gebt nicht gleich auf, denn diese einfachen Modelle brauchen oft ein wenig Fingerspitzengefühl und Geduld, bis sie funktionieren.

**Aufgabe**

Führt in Gruppen die Versuche 1–3 gemäß den Anleitungen durch und fertigt entsprechend Versuchsprotokolle an. Benennt, wo man bei diesen Versuchen eine Art Motor oder Reaktor findet.

**Schülerversuch 1: Bau eines Elektromotors aus Batterie, Magnet, Schraube und Kabel**

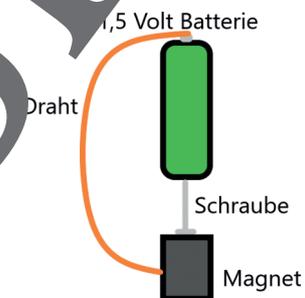
⌚ Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 10 min

**Das benötigt ihr**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1 1,5-Volt-Batterie (AA) | <input type="checkbox"/> 1 starken Zylindermagnet |
| <input type="checkbox"/> 1 Schraube               | <input type="checkbox"/> 1 Draht/Kabel            |

**So führt ihr den Versuch durch**

- Hängt vorsichtig den starken Magneten und die Schraube an den einen Pol einer Batterie.
- Verbindet den anderen Pol mit einem Kabel mit dem Magneten. Haltet Kabel und Batterie fest.
- Beschreibt eure Beobachtungen.



Skizze: Benjamin Streit

**Schülerversuch 2: Bau eines Elektromotors aus Draht, Batterie und Magnet**

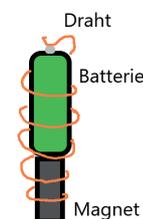
⌚ Vorbereitung: 5 min ⌚ Durchführung: 10 min

**Das benötigt ihr**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1 1,5-Volt-Batterie (AA) | <input type="checkbox"/> 1 starken Zylindermagnet |
| <input type="checkbox"/> 1 Kupferdraht            |   |

**So führt ihr den Versuch durch**

- Plaziert den Magneten an einem Pol der Batterie und stellt die Batterie mit dem Magneten nach unten auf den Tisch.
- Wickelt den Kupferdraht so, dass ihr ein Ende oben auf die Batterie legen könnt und das andere Ende den Magneten unterhalb der Batterie berührt. Am besten funktioniert dieser Versuch, wenn ihr den Draht kreisförmig mehrmals um die Batterie herumführt. Dann läuft der Elektromotor am Ende auch stabil.
- Probiert aus, verschiedene Spiralen und Formen zu biegen, wie z. B. ein halbes Herz, die sich dann um die Batterie drehen. Damit der Motor stabil läuft und der Draht nicht von der Batterie rutscht, sollten die Formen symmetrisch zur Batterieachse sein. Welche Formen funktionieren?



Skizze: Benjamin Streit

## M 4

## Wie funktioniert ein Dieselmotor?

Die meisten Lkws, Busse, Traktoren, aber auch viele Pkws werden mit Dieselmotoren betrieben. Dieselmotoren sind vor allem in Maschinen und Fahrzeugen zu finden, die viel Kraft benötigen. Lange Zeit galt der Dieselmotor als umweltfreundlichere Alternative zum Benzinmotor, da er einen geringeren Kraftstoffverbrauch und dadurch weniger  $\text{CO}_2$ -Ausstoß als ein Benzinmotor haben sollte. Der Nachteil des Dieselmotors ist allerdings der höhere Ausstoß von Stickoxiden und Rußpartikeln, die für Gesundheit und Umwelt mindestens ebenso schädlich (eher deutlich schädlicher) als der Ausstoß von  $\text{CO}_2$  sind.



© Peter Dazeley/The Image Bank

## Aufgaben

1. Lest den obigen Text und entwickelt daraus mindestens eine Forschungsfrage.
2. Recherchiert im Internet, wie ein Dieselmotor aufgebaut ist und wie er funktioniert.
3. Erklärt anhand von **M 4a**, wie der Vier-Takt-Prozess eines Dieselmotors funktioniert und welche Motorteile wo zu sehen sind.
4. Lest den Text unten und berechnet die Temperatur des Gases, wenn das Volumen auf  $\frac{1}{20}$  komprimiert wurde. Reicht die Temperatur aus, um den Dieseldieselkraftstoff zu zünden?

## Adiabatische Kompression im Dieselmotor

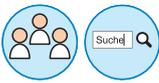
In einem Dieselmotor wird durch eine sehr schnelle Kompression des Kraftstoff-Luft-Gemisches erreicht, dass dieser Vorgang nahezu ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet. Einen Vorgang, bei dem kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, nennt man adiabatisch. Für adiabatische Prozesse gilt, dass das Produkt aus Temperatur ( $T$ ) und Volumen ( $V$ ) konstant ist:

$$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1} = \text{const.}$$

Der Exponent  $\gamma$  (der griechische Buchstabe „Gamma“) ist der sogenannte Adiabatenexponent und hat für jedes Gas einen bestimmten Wert. Für Luft hat er den Wert 1,4. Damit ergibt sich für die Berechnung der Temperatur nach der Kompression die Formel:

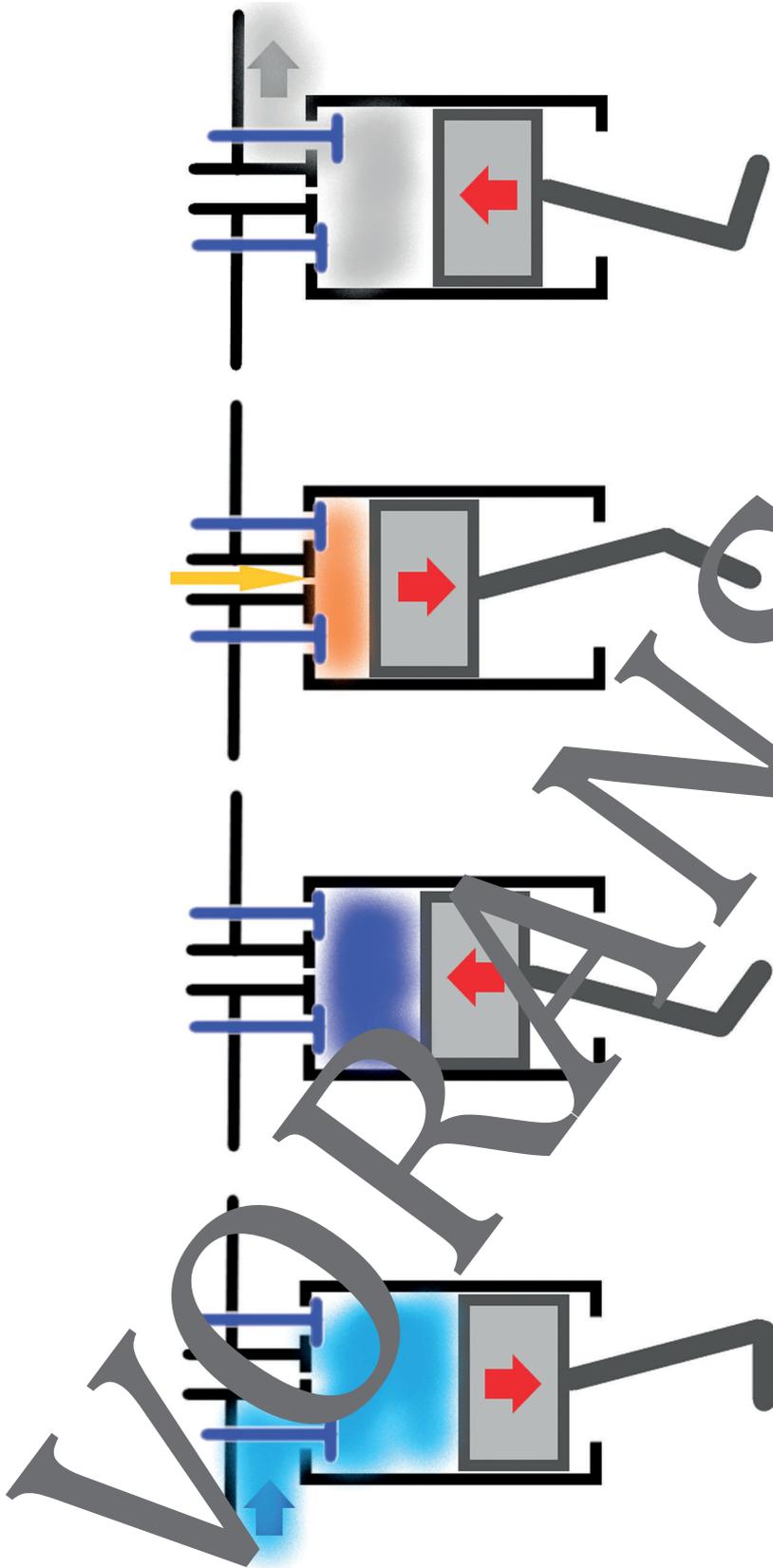
$$T_2 = T_1 \cdot \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{0,4}$$

Die Temperatur vor der Kompression ist  $T_1 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$  ( $0 \text{ °C} = 273 \text{ K}$ ). Damit das Ergebnis der Rechnung richtig ist, muss man mit der Temperatur in Kelvin (K) rechnen. Die Zündtemperatur von Dieseldieselkraftstoff ist  $T_2 = 255 \text{ °C} = 528 \text{ K}$ .



## Der Vier-Takt-Prozess des Dieselmotors

M 4a



© RAABE 2022

Abbildung: Benjamin Streit

## M 5

## Wie funktioniert ein Getriebe?

Jede Vorrichtung, die der Kopplung und Umwandlung von Bewegungen und der Energieübertragung dient, nennt man Getriebe. Beim Auto ist das in der Regel eine Vorrichtung, die eine Drehbewegung von einer Welle auf eine andere überträgt. So kann, je nachdem, ob mehr Kraft oder mehr Geschwindigkeit benötigt wird, eine andere Übersetzung mithilfe der Gangschaltung gewählt werden. Bei den meisten Getriebe bestehen entweder aus Zahnrädern oder Riemen oder einer Kombination von beidem. Beim Fahrrad findet die Übertragung von einem Zahnrad mithilfe der Kette auf ein anderes Zahnrad statt.



© schlo/E+

## Aufgaben

1. Sammelt und notiert, wo Getriebe im Alltag zu finden sind.
2. Recherchiert im Internet, welche Arten von Getrieben es aktuell in Autos gibt und wie sie funktionieren.
3. Vergleicht die unterschiedlichen Typen von Getrieben, indem ihr eine Tabelle mit Vor- und Nachteilen erstellt.
4. Führt den Versuch gemäß der Anleitung durch und protokolliert eure Beobachtungen.

## Schülerversuch in Gruppenarbeit

⌚ Vorbereitung: 10 min ⌚ Durchführung: 10 min

## Das benötigt ihr

- Zahnrad mit Kurbel
- Befestigungsmaterial
- Verschieden große Zahnräder

## So führt ihr den Versuch durch

1. Das Zahnrad mit Kurbel wird drehbar mithilfe des Befestigungsmaterials befestigt.
2. Wählt eines von den verschieden großen Zahnrädern und befestigt es so, dass ihr es mithilfe des Zahnrades mit der Kurbel in Bewegung setzen könnt.
3. Dreht die Kurbel und beobachtet, was passiert.
4. Wechselt das Zahnrad durch ein Zahnrad anderer Größe aus, befestigt es wieder so, dass ihr es mithilfe des Zahnrades mit der Kurbel in Bewegung setzen könnt.
5. Dreht die Kurbel und beobachtet, was passiert.
6. Wiederholt die Schritte 4. und 5., bis ihr alle Zahnräder durchprobiert habt.
7. Beschreibt eure Beobachtungen.

## Rohstoffe, Abgase, Entsorgung – eine Umweltbilanz

M 6

Nachdem ihr nun wisst, wie Elektromotoren und Dieselmotoren funktionieren, wollen wir beide Motoren und auch die Autos, in denen sie verbaut werden, auf ihre Umweltverträglichkeit überprüfen. Hierbei gibt es verschiedene Punkte zu beachten. Zunächst gilt es herauszufinden, wie viel Umweltbelastung im Herstellungsprozess der beiden Motoren und Fahrzeuge entsteht. Der zweite wichtige Punkt ist die Belastung für die Umwelt, die während des Betriebs der Motoren und Fahrzeuge entsteht. Der dritte Punkt ist die Umweltbelastung bei der Entsorgung des Fahrzeugs am Ende seiner Lebensdauer. Dieser Punkt wird oft vergessen, er kann aber durchaus eine große Rolle in der Gesamtbilanz spielen. Findet in den folgenden Aufgaben heraus, wie der Elektro- und der Dieselmotor unter Umweltaspekten abschneiden.



Foto links: Toa55/iStock/Getty Images Plus, Foto rechts: OwenPrice/E+

### Aufgaben

Führt eine Internetrecherche zu den folgenden Aspekten durch und erstellt einen Vergleich der beiden Motorentypen:

1. Tragt zusammen, welche Umweltbelastungen es bei der **Produktion** von Diesel- und Elektrofahrzeugen gibt.
2. Sammelt Umweltbelastungen, die im **Betrieb** der beiden Fahrzeugtypen entstehen.
3. Lest den untenstehenden Text und recherchiert, welchen Wirkungsgrad die beiden Motorentypen haben.
4. Benennt die Umweltbelastungen, die bei der **Entsorgung** der beiden Fahrzeugtypen entstehen.

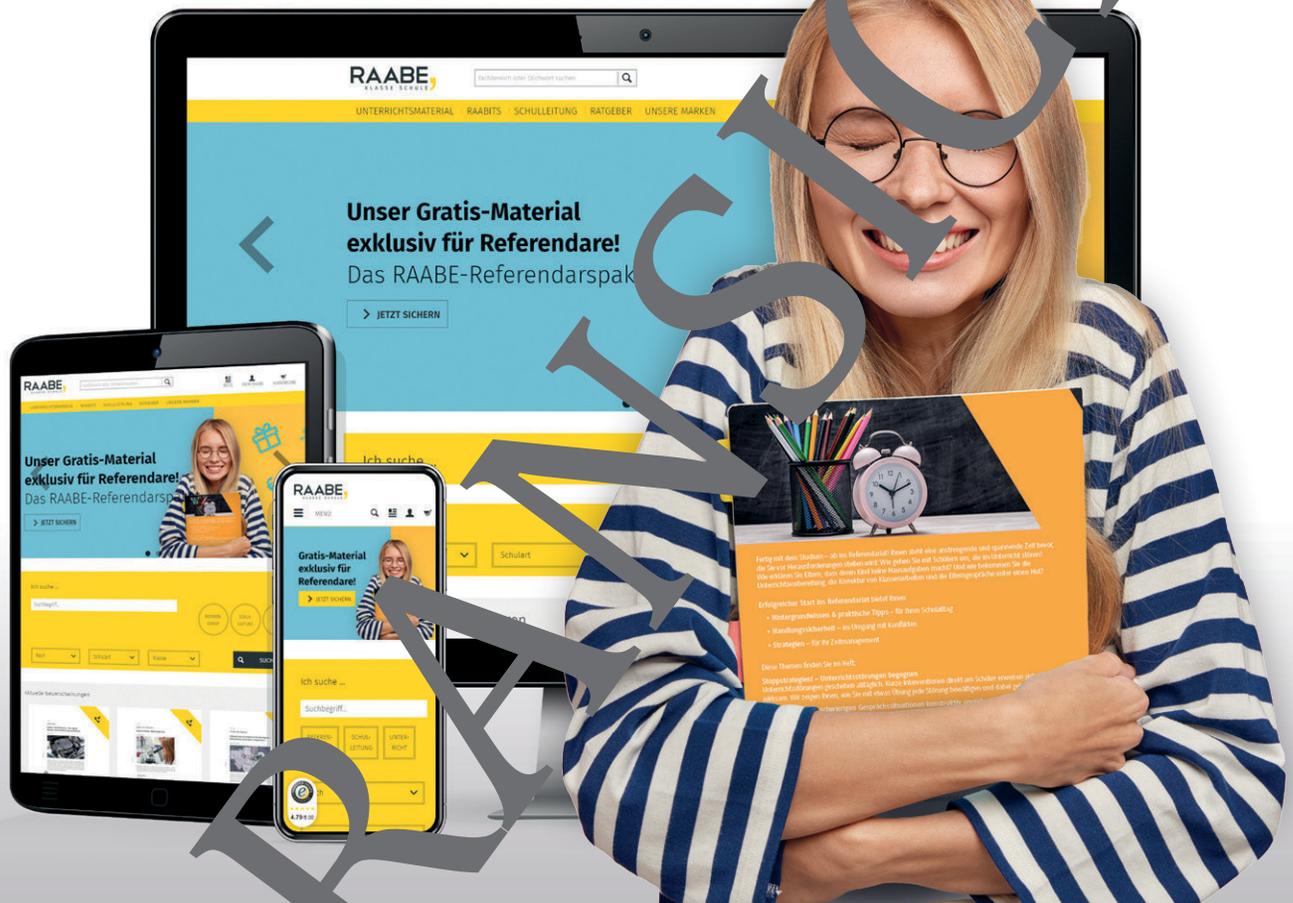


### Wirkungsgrad

Bei Wärmekraftmaschinen wird immer zunächst Wärmeenergie auf sehr hohem Temperaturniveau erzeugt, indem eine Arbeitssubstanz (Luft, Wasser, Wasserdampf) durch Verbrennung eines Treibstoffs (oder auf andere Weise) erhitzt. Die Arbeitssubstanz sinkt dann wieder auf ein niedrigeres Energieniveau und gibt dabei einen Bruchteil  $\eta$  (griechischer Buchstabe „Eta“) der vorher aufgenommenen Wärme als mechanische Energie ab. Der Rest der Wärme geht an die Umgebung verloren. Dieser Bruchteil  $\eta$  bezeichnet man als Wirkungsgrad. Je höher der Wirkungsgrad, desto weniger Energie geht verloren und desto effizienter und in dem Sinne auch umweltfreundlicher ist eine Maschine, da so auch weniger Brennstoff sozusagen „umsonst“ verbraucht wurde.

Um einen Vergleich zwischen Wärmekraftmaschinen und anderen Maschinentypen zu ermöglichen, wurde der Wirkungsgrad auch entsprechend auf alle anderen Prozesse der Energieumwandlung übertragen.

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



✓ **Über 5.000 Unterrichtseinheiten**  
sofort zum Download verfügbar

✓ **Webinare und Videos**  
für Ihre fachliche und  
persönliche Weiterbildung

✓ **Attraktive Vergünstigungen**  
für Referendar:innen  
mit bis zu 15% Rabatt

✓ **Käuferschutz**  
mit Trusted Shops

Jetzt entdecken:  
**www.raabe.de**

