

Genius
MINT
Modul

Mobilität der Zukunft

ELEKTROMOBILITÄT

**Vorschläge für einen technikhnen naturwissenschaftlichen Unterricht
in der Sekundarstufe I**

In diesem MINT Modul: Geschichte und Zukunft der Elektromobilität /
Umweltfreundliche Antriebsarten

Vorwort

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

wir freuen uns, Ihnen das erste Genius MINT Modul vorzustellen!

Die Idee unserer Module unter dem zentralen Thema „Mobilität der Zukunft“ ist, Ihnen Themenblöcke für zwei bis drei Doppelstunden anzubieten. Diese sind in sich abgeschlossen und beinhalten Hintergrundinformationen zur Unterrichtsvorbereitung sowie Aufgaben und Lösungen zum jeweiligen Thema.

Das vorliegende Genius MINT Modul „Elektromobilität“ befasst sich mit Geschichte und Zukunft der Elektromobilität, mit Hybridtechnik und der Frage, welche Antriebe umweltfreundlich und damit zukunftsfähig sind. Der Aufbau des Moduls bietet Ihnen Impulse für einen flexiblen Einsatz der Themen im Unterricht.

Seit 2010 machen wir uns stark für technische Bildung und fördern das Interesse von Jungen und Mädchen an technischen Themen. Im fachlichen Austausch von Ingenieurinnen und Ingenieuren mit Lehrkräften und in Zusammenarbeit mit Klett MINT erarbeiten wir Arbeitshefte für die Grundschule und die Sekundarstufe I.

Diese und weitere spannende Informationen für Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler hält die Website www.genius-community.com bereit.

Wir hoffen, dass wir Ihnen viele neue Ideen und Impulse bieten und wünschen Ihnen viel Freude damit im Unterricht.

Team Genius | Team Klett MINT

1. Auflage

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Moduls befinden sich Verweise (Links) auf Internet-Adressen. Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Inhalte treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail (p.woehner@klett.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Eine Zusammenarbeit der Genius-Initiative der Mercedes-Benz Group AG und der Klett MINT GmbH.

Autoren: Dr. Tillmann Berger, Sindelfingen; Helmut Graf, Wörth; Harald Hölz, Schorndorf; Dr. Stefan Kruse, Weingarten; Hanne Lier, Stuttgart; Josef Maier, Stuttgart; Markus Röscheisen, Esslingen; Volker Rust, Karlsruhe; Dieter Schaich, Kirchheim unter Teck

Redaktion: Medienwerk Hanne Lier, Stuttgart

Umschlag und CI: Schwarz Gruppe Grafikdesign, Stuttgart

Gestaltung und Satz Inhalt: Gabriele Kiesewetter, JUNG MEDIENPARTNER, Limburg

Illustrationen: Alexander Schmitt, as-illustration, Rimpf

Bildbearbeitung: Till Traub, Bildwerkstatt, Leonberg

Bildquellennachweis: 9 Wikipedia; 10, 11 Mercedes-Benz Group AG

Das Modul „Elektromobilität“ ist ein sich abgeschlossener Themenblock aus der Gesamtausgabe „Antriebstechnik Sekundarstufe I“.

Wenn Sie mehr Themen daraus behandeln möchten, können Sie die Materialien hier downloaden: <http://www.genius-community.com/macht-schule/unterrichtsmaterialien>.



Inhaltsverzeichnis

I. Lehrerinformationen

5 – 8

zu

- Arbeitsblatt 1
 - Musterlösung zu Arbeitsblatt 1 Aufgabe 3
- Arbeitsblatt 2
- Arbeitsblatt 3
 - Musterlösung zu Arbeitsblatt 3 Aufgabe 2
 - Zusatzaufgabe: Rekuperation (regeneratives Bremsen) (einfaches Niveau)
 - Vertiefungsaufgabe: Rekuperation (regeneratives Bremsen)
 - Zusatzaufgabe: Emissionsfrei fahren
- Arbeitsblatt 4

- Vorschläge für Leitfragen zum Thema Elektromobilität

- Linkliste – Weiterführende Infos im Internet

II. Arbeitsblätter

9 – 12

- 1 Die Elektrifizierung des Autos
- 2 Warum haben noch nicht alle Autos einen Elektroantrieb?
- 3 Autos mit zwei Antriebsmotoren
- 4 Die Zukunft ist elektrisch

Lehrerinformationen

Weiterführende Infos zu AB 1

Arbeitsblatt (AB) 1 beschäftigt sich mit der langen Geschichte der Elektromobilität – Elektroautos sind keine Erfindung des 21. Jahrhunderts – und beantwortet die Frage, warum sich vor ca. hundert Jahren der Verbrennungsmotor (Benzinmotor) durchgesetzt hatte.

Geschichte des Elektroantriebs

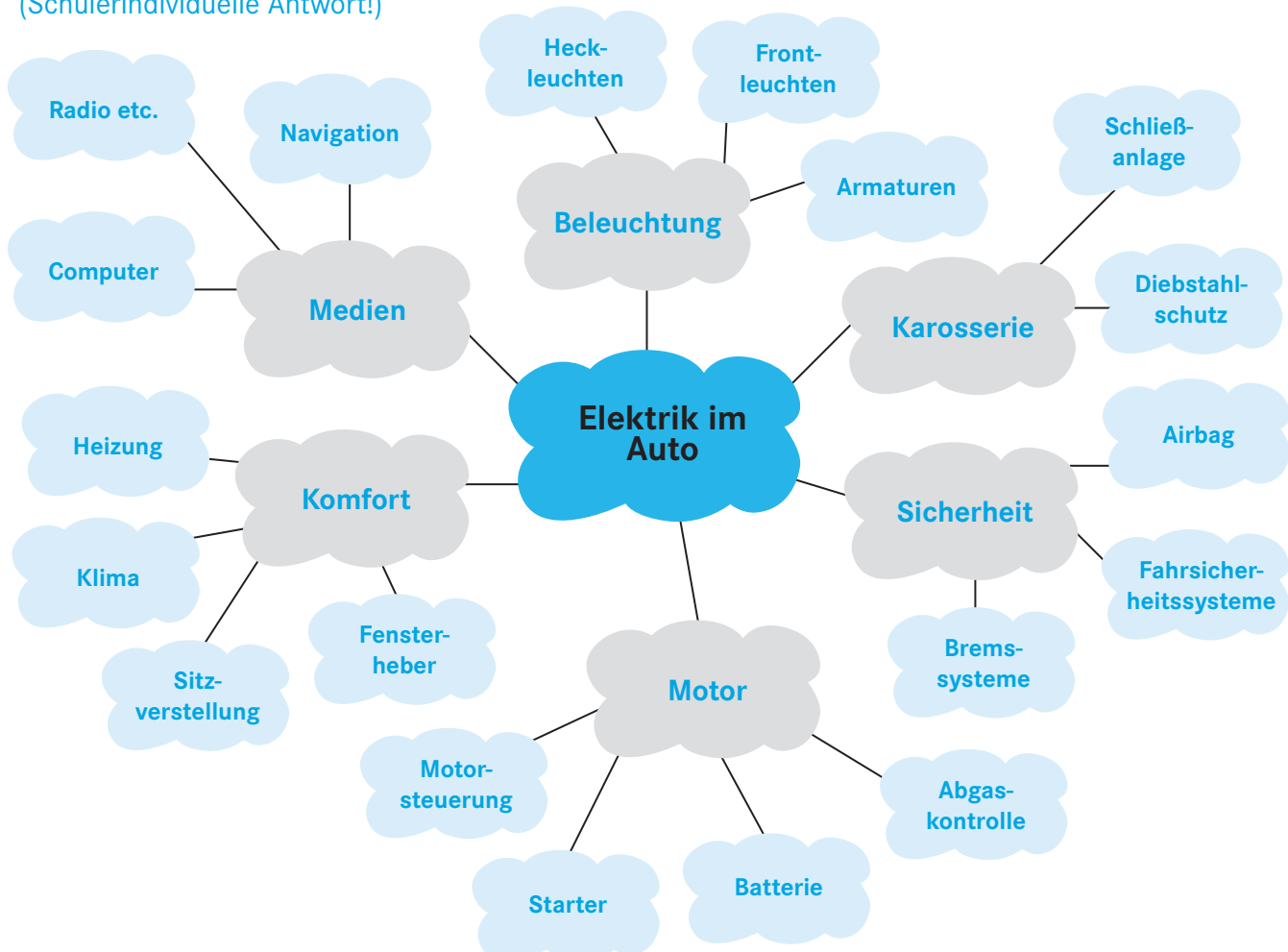
Die ersten Unternehmen, die eine Alternative zum Verbrennungsantrieb als Kraftquelle für das Automobil entwickeln wollten, setzten auf Elektromotoren. Die Motorfahrzeug- und Motorenfabrik Berlin-Marienfelde stellte bereits 1898 ihr erstes Elektrofahrzeug vor. Ihr Elektromotor übertrug seine Kraft über einen Zahnradantrieb auf die Hinterachse. Mit der schnellen Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors konnte das Elektromobil nach dem System Columbia Electric jedoch nicht mithalten. So wurde die Produktion in Berlin-Marienfelde bereits 1902 wieder eingestellt.

Der erste Mercedes mit elektrischem Antrieb entstand 1907 in Wien. Insbesondere für Feuerwehren und Busse wurden die Fahrzeuge vom Typ Mercedes-Electrique eingesetzt. Das erste Konzept für einen modernen Elektrotransporter entstand bei Mercedes-Benz 1972. 1988 brachte die Firma erste Transporter mit Elektroantrieb auf den Markt. 1993 entstand ein Prototyp auf Basis der C-Klasse mit Asynchron-Elektromotor als Antrieb. Zebra-Hochenergiebatterien von AEG gaben dem Konzeptfahrzeug eine Reichweite von 120 Kilometern. In den folgenden Jahren entstanden Versuchsfahrzeuge mit Hochenergiebatterien.

Batteriefahrzeuge stellen jedoch, umweltpolitisch gesehen, nur eine Notlösung dar, denn die Schadstoffemissionen entstehen bei der Stromerzeugung in den Kraftwerken. Hybridantriebe – und auf lange Sicht gesehen Brennstoffzellenfahrzeuge mit der Stromerzeugung an Bord – bieten die deutlich besseren fahrdynamischen und wirtschaftlichen Alternativen.

Musterlösung zu AB 1 Aufgabe 3

(Schülerindividuelle Antwort!)



Weiterführende Infos zu AB 2

AB 2 klärt über Berechnungen die Frage nach der Energiedichte verschiedener Energiespeicher. So wird den Schülerinnen und Schülern (SuS) im direkten Vergleich verschiedener Antriebsarten klar, „warum noch nicht alle Autos einen Elektroantrieb haben“.

Folgende **Infos** können Sie Ihren SuS im Unterrichtsverlauf vermitteln:

Eine Auto„batterie“ ist eigentlich ein Akkumulator!

Die bekanntesten aufladbaren Speicher für elektrische Energie werden Akku bzw. Akkumulator genannt. Bei flüssigem Kraftstoff ist die transportierte Energiemenge in einem Fahrzeug in erster Linie über die Größe des Tanks vorgegeben. Bei Akkus spielen neben der Baugröße weitere Faktoren wie Zellspannung, Betriebstemperatur, Aufbau, Wirkungsgrad und Materialzusammensetzung der Zellen eine Rolle.

Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Die Leistungsfähigkeit des gesamten elektrischen Systems im Automobil wird wesentlich durch die Batterie mitbestimmt. Neben spezifischen Leistungsmerkmalen – vor allem der Speicherkapazität – muss die Batterie eine lange Lebensdauer sowie hohe Crash-Sicherheit aufweisen und recyclingfähig sein. Beste Voraussetzungen bietet die Lithium-Ionen-Batterie. Ihre Vorteile liegen insbesondere in ihren kompakten Abmessungen und einer deutlich höheren Leistungsfähigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Batterietechnologien. Weitere Fortschritte verspricht die Lithium-Ionen-Flachzelle mit höherer Energiedichte und noch kompakteren Abmessungen.

Eine unter Großserienbedingungen kostengünstige Produktion der Lithium-Ionen-Batterie ist die Voraussetzung für eine breite Anwendung im Automobilbereich. Deshalb wird an der Zellstandardisierung dieser Batterietechnologie gearbeitet. Entwicklungsziel ist eine standardisierte, industrialisierte Produktion von Lithium-Ionen-Batterien sowohl für Hybrid- als auch für Brennstoffzellen- und reine Batteriefahrzeuge.

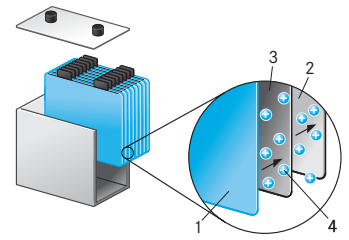
Wie funktioniert eine Lithium-Ionen-Batterie?

Die CERIO® Batteriezellen von Li-Tec bestehen aus drei Hauptkomponenten:

- einer positiven Elektrode aus einem Lithium-Metalloxid auf einem Aluminiumableiter (1 Kathode),
- einer negativen Elektrode mit Graphit als Hauptbestandteil auf einem Kupferableiter (2 Anode),
- einem hochmolekularen Ionenleiter mit einer keramischen Trennmembran (3), die Kathode und Anode zuverlässig voneinander trennt und somit den inneren Kurzschluss verhindert.

Dank seiner porösen Struktur lässt die Membran die Lithium-Ionen passieren (4). Diese wandern beim Laden der Zellen

von der Kathode durch den Ionenleiter mit der Trennmembran zur Anode. Beim Entladen wandern die Lithium-Ionen zurück zur Kathode. Dabei wird die elektrische Energie wieder freigesetzt.



Quelle: Li-Tec Battery GmbH /

Internet: <http://www.li-tec.de/technologie/funktion.html>

Neue Akkumulatoren

Um größere Reichweiten bei Elektrofahrzeugen zu ermöglichen, wird derzeit mit besonderem Nachdruck an der Entwicklung neuer Akkus gearbeitet. Jüngste Forschungen setzen sich mit der Entwicklung eines Zinn-Schwefel-Lithium-Ionen-Akkus auseinander. Zwei Eigenschaften machen diese Batterie für die Automobilindustrie interessant: Erstens besitzt der Akku eine hohe Energiedichte von 1,1 kWh/kg. Damit übertrifft er alle herkömmlichen Akkumulatoren um ein Vielfaches und er ermöglicht es, mehr Energie zu speichern und die Reichweite der Fahrzeuge zu verlängern. Zweitens verfügt der Akku über einen besonderen Elektrodenschutz. Dadurch zersetzen sich die Elektroden deutlich langsamer, was die Nutzungsdauer der Akkus verlängert.

Energiedichte von Akkumulatoren

Hier eine Aufstellung der Energiedichten verschiedener Akkotypen im Laufe der technischen Entwicklung:

Akkutyp	Energiedichte in kWh/kg (ca.)	Erklärungen
Bleiakku	0,03	günstig, Starter-Batterie für Kraftfahrzeuge
Nickel-Cadmium-Akku	0,04–0,06	Einsatz in Antrieben mit kurzzeitig hoher Stromaufnahme
Natrium-Nickelchlorid-Akku	0,1–0,12	hohe Zuverlässigkeit, preiswerte Materialien, durch hohe Betriebstemperatur jedoch Heizverluste, keine Selbstentladung
Lithium-Ionen-Akku	0,10	kleine Abmessungen und lange Betriebszeit, schnellladefähig, Überhitzungsgefahr
Lithium-Polymer-Akku	0,14	beliebige Bauformen möglich
Lithium-Schwefel-Akku	0,35	Labor-Prototyp
Zinn-Schwefel-Lithium-Akku	1,1	experimenteller Prototyp

Weiterführende Infos zu AB 3

AB 3 erläutert verschiedene Hybridsysteme von Automobilen. Dabei werden auch verschiedene Kompetenzen trainiert:

- **Medienkompetenz** → die SuS recherchieren im Internet.
- **Fremdsprachenkompetenz** → die SuS sollen Fachbegriffe aus dem Englischen übersetzen und erklären.

Musterlösung zu AB 3 Aufgabe 2

Mikro-Hybrid: Der Verbrennungsmotor wird um eine Start-Stopp-Anlage erweitert. Dies ist eine günstige Möglichkeit, Kraftstoff einzusparen (ca. 3 – 5% oder mehr), z.B. an der Ampel oder auch im Stau.

Mild-Hybrid: Der Verbrennungsmotor wird zeitweilig durch einen kleinen Elektromotor unterstützt (Verwendung einer Start-Stopp-Anlage und regeneratives Bremsen). Die Einsparung beträgt 15 – 20%.

Voll-Hybrid: Für eine begrenzte Zeit kann ausschließlich der Elektromotor als Antrieb verwendet werden, z. B. beim Rangieren im Parkhaus. Elektromotor und Batterie sind größer dimensioniert als beim Mild-Hybriden, dementsprechend sind die Einsparpotenziale größer. Die elektrische Ladung der Batterie stammt aber nur aus dem Generatorbetrieb des Elektromotors, dem Auto wird nach wie vor ausschließlich über das Tanken des Kraftstoffs Energie zugeführt.

Plug-in-Hybrid: Die Auslegung der Batterie ermöglicht einen rein elektrischen Fahrbetrieb über größere Strecken (> 10 km). Ein Plug-in-Hybrid ist an der Steckdose ladbar (to plug in (engl.) = anschließen, einstecken).

Range Extender: Der Elektroantrieb ist der Standardantrieb, die Batterie ist an der Steckdose aufladbar. Für größere Reichweiten wird zusätzlich durch einen Verbrennungsmotor an Bord Strom erzeugt, um die Batterie nachzuladen.

Zusatzaufgabe: Rekuperation (regeneratives Bremsen) (einfaches Niveau)

Beschreibe, was passiert, wenn ein Auto mit Verbrennungsmotor und ein Elektrofahrzeug den Berg hinunterfahren und bremsen. Verwende folgende Wörter als Hilfe und unterstreiche, was du verwendet hast.

Batterie | Bremsen | Elektromotor | heiß | in Strom gewandelt | Schwung

Schülerindividuelle Antwort! – Mögliche Lösung:

Bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wird der **Schwung** durch die **Bremsen** abgebremst. Sie werden **heiß**!

Bei einem Elektrofahrzeug wird der **Schwung** durch den Elektromotor abgebremst und die Energie **in Strom gewandelt** und in die **Batterie** eingespeist.

Vertiefungsaufgabe: Rekuperation (regeneratives Bremsen)



In den Unterrichtsmaterialien der Genius Wissens-Community gibt es eine umfassende Aufgabe über Rekuperation (mittleres Niveau):

www.schule-bw.de/unterricht/faecher/nwt/unterrichtseinheiten/einheiten/antriebe/Antriebstechnik_Realschule_Elektroantrieb.pdf → AB 14 Aufbau und Funktion von Elektromotoren → Aufgabe 7

Zusatzaufgabe: Emissionsfrei fahren

„Lokal emissionsfrei fahren“ hat sich ein Automobilhersteller auf die Fahnen geschrieben.

a) Nutze die folgenden Wortbausteine für einen kleinen Vortrag, der den Begriff erläutert.

Emissionen | elektrischer Strom | Nahverkehr | elektrischer Antrieb | saubere Luft | Abgase | Primärenergie | „lokal“ | Batterien | Stadtverkehr | emissionsfreie Energieumsetzung

Schülerindividuelle Antwort! – Mögliche Lösung:

Lokal emissionsfrei fahren bedeutet, dass das Automobil während des Betriebes keine Abgase produziert. Das lässt sich mit Verbrennungsmotoren nicht erreichen, sondern nur mit einem elektrischen Antrieb. Ein Vorteil entsteht dadurch vor allem im Stadtverkehr und Nahverkehr, denn in den Städten und Ballungszentren mit dem dichten Verkehr würde die Luft sauberer werden.

„Lokal“ weist aber auch darauf hin, dass durchaus Emissionen entstehen und zwar bei der Herstellung des elektrischen Stromes. Die dabei eingesetzte Primärenergie setzt nach wie vor Emissionen frei. Der elektrische Strom ist notwendig zum Aufladen der Energiespeicher (Batterien), die für den elektrischen Antrieb eines Automobils benötigt werden.

Ziel von Forschung und Entwicklung sind Antriebskonzepte, die in der gesamten Energieumsetzungskette emissionsfrei sind.

b) Gestalte eine Wandzeitung mit Informationen und Bildern aus dem Internet zum Thema „Lokal emissionsfreie Mobilität“. Gehe dabei auf die Aspekte aus Aufgabe a) ein.

Weiterführende Infos zu AB 4

AB 4 behandelt die Frage, welcher Antrieb ökologisch, nachhaltig und zukunftsorientiert ist. Dabei wird die gesamte Energiekette betrachtet.

Die SuS trainieren außerdem den Umgang mit komplexen Schaubildern und ihre Fremdsprachenkompetenz.

Vorschläge für Leitfragen zum Thema Elektromobilität



- Was bedeutet „Elektrifizierung des Autos“?
- Ist das Elektroauto eine neue Erfindung des 21. Jahrhunderts?
- Gibt es das überhaupt: ein Auto ohne elektrischen Strom?
- Warum haben nicht alle Autos einen Elektroantrieb?
- In welchen Bereichen besteht der hauptsächliche Forschungsbedarf bei der Elektrifizierung von Autos?
- Warum sucht man nach Alternativen für den Verbrennungsmotor?
- Welche alternativen Antriebe für Automobile sind denkbar?
- Wie verhalten sich Wirkungsgrad und Umweltverträglichkeit von Verbrennungsmotoren und Elektromotoren im direkten Vergleich?

Linkliste – Weiterführende Infos im Internet



• über Batterietechnologien:

<http://www.wiwo.de/technologie/auto/autoderzukunft/elektromobilitaet-der-boom-der-batteriefabriken/6722518.html>

• Animationen von Galvanischen Zellen, Batterien etc.:

www.chempage.de/theorie/galvanisches%20element.html

www.chemie-interaktiv.net/flashfilme.htm#redox

www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/galvan5.swf

• über Elektroautos:

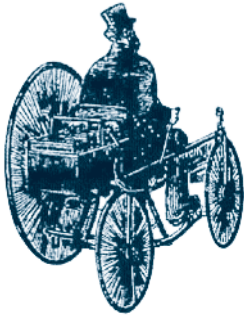
de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto

www.elektroauto-tipp.de/modules.php?name=Eautogeschichte&file=eautog1

www.greengear.de

1 Die Elektrifizierung des Autos

Die Idee, Autos mit Elektroantrieb zu bauen, ist bereits sehr alt. Als Karl Benz und Gottlieb Daimler ihre Motorfahrzeuge entwickelten, fuhren bereits Elektrofahrzeuge auf den Straßen von London, Paris und Berlin.



Das Tricycle gilt als erstes Elektrofahrzeug. Das dreirädrige Fahrzeug wurde 1881 von Gustave Trouvé gebaut und besaß einen wiederaufladbaren Blei-Akkumulator mit sechs Zellen. Der Motor hatte 0,07 kW und das Gewicht des Fahrzeugs betrug inklusive Motor, Batterien

und Fahrer etwa 160 kg. Die Höchstgeschwindigkeit lag bei etwa 12 km/h.



Der Baker-Runabout gilt als erstes vierrädriges Elektroauto. Um 1890 in Amerika entwickelt, wurde es 1893 von Adolph Müller, Gründer des Batterieunternehmens Varta, nach Deutschland

importiert und weiterentwickelt. Das Fahrzeug bot Platz für zwei Personen und verfügte über einen Antrieb von 0,6 kW. Die Höchstgeschwindigkeit lag bei etwa 20 km/h.

1. Beschreibe die Vor- und Nachteile der ersten Elektroautos.

Vorteile	Nachteile

2. Trotz anfänglicher Erfolge verschwanden die Elektrofahrzeuge wieder aus dem Straßenverkehr. Kannst du dir vorstellen, warum?

3. Trotzdem: Ohne elektrischen Strom funktioniert kein Auto! Überlege, wo überall in einem Kraftfahrzeug Elektromotoren eingesetzt werden bzw. welche Systeme elektrisch oder elektronisch gesteuert/geregelt werden. Entwirf dazu auf einem leeren DIN-A4-Blatt eine Mindmap und schreibe „Elektrik im Auto“ in die Mitte.

3 Autos mit zwei Antriebsmotoren

1. Stell dir vor: Auf der Straße siehst du das nebenstehende Auto.



a) Was bedeutet das Wort „Hybrid“?

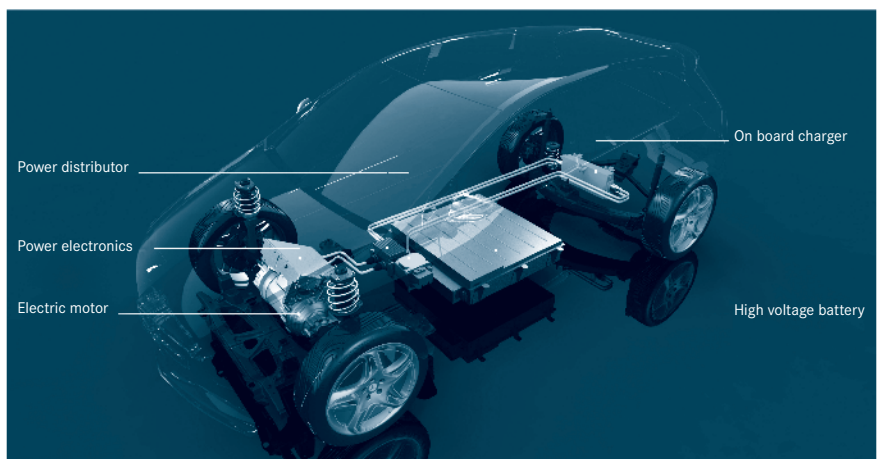
b) Worauf könnte sich das Wort Hybrid beim Auto beziehen?

c) Welche Kombination wird wahrscheinlich eingesetzt?

2. Recherchiere und beschreibe auf einem Extrablatt die folgenden Begriffe:

Mikro-Hybrid
Mild-Hybrid
Range Extender
Voll-Hybrid
Plug-in-Hybrid

3. Die Abbildung zeigt ein Antriebskonzept. Übersetze die Begriffe aus dem Englischen und erkläre das dargestellte Motorkonzept.

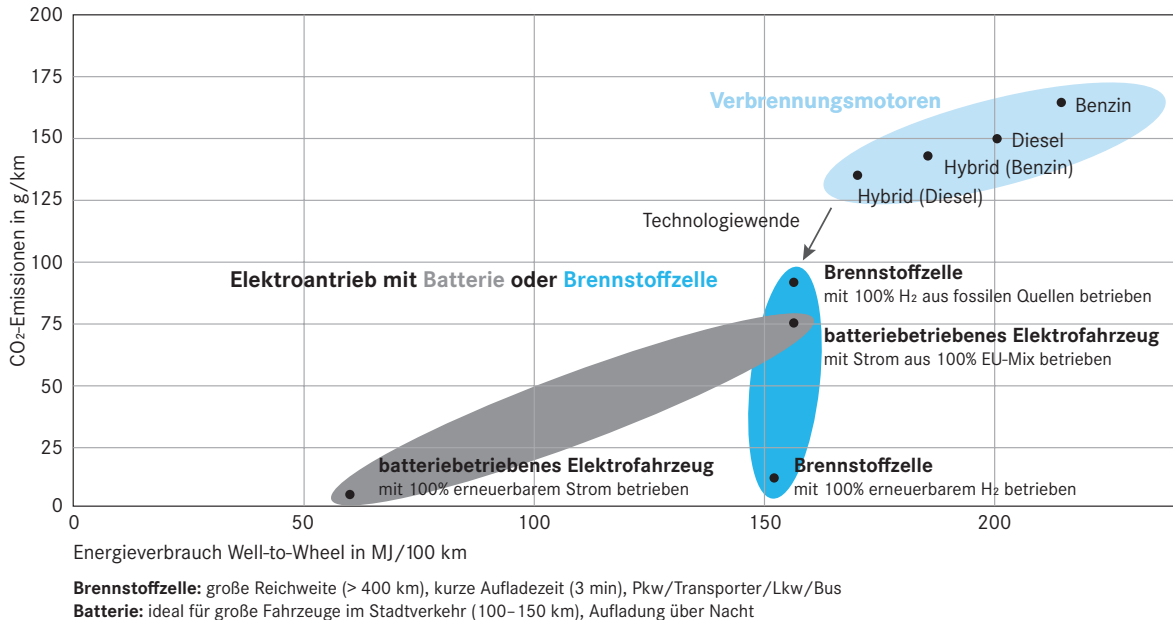


4 Die Zukunft ist elektrisch

Das Schaubild zeigt die Gesamtenergiebilanz für einen bestimmten Autotyp mit verschiedenen Antrieben und unter unterschiedlichen Voraussetzungen.

1. Untersuche das Diagramm „Gesamtenergiebilanz – Well-to-Wheel-Klassifizierung“.

a) Übersetze und erkläre den Begriff „well-to-Wheel“.



b) Was zeigen die beiden Achsen des Diagramms an?

2. Welcher Antrieb ist laut Diagramm der umweltschädlichste (1) und welcher der umweltfreundlichste (2)? Gib jeweils die CO₂-Emissionen und den Energieverbrauch an.

(1) _____

(2) _____

3. Partner- oder Gruppenarbeit: Beschreibe und bewerte das gesamte Schaubild, insbesondere im Hinblick auf den Begriff „Technologiewende“ und die Bemerkungen unter dem Schaubild.

