



# CIVIMATICS



## UNTERRICHTSREIHE ELEKTROMOBILITÄT

*TIMON FOSS-JÄHN, MARK BANDMANN, LARA GILDEHAUS, BASTIAN VAJEN,*

ANSPRECHPARTNER: BASTIAN VAJEN ([B.VAJEN@IPW.UNI-HANNOVER.DE](mailto:B.VAJEN@IPW.UNI-HANNOVER.DE))



**Co-funded by  
the European Union**

Disclaimer: This project has been funded with support from the European Commission.  
This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held  
responsible for any use which may be made of the information contained therein.

**Erasmus+**  
Enriching lives, opening minds.



## 1. Einleitung

Der folgende Unterrichtsentwurf versteht sich als Teil eines interdisziplinären Ansatzes zur Kombination von politischer und mathematischer Bildung. Konkret werden dabei den Schülerinnen und Schülern zwei konträre Seiten (Elektroautos sind klimaschädlicher als Diesel vs. Elektroautos sind deutlich klimafreundlicher als Diesel/Benziner) dargestellt, die beide mit Statistiken aus wissenschaftlichen Studien belegt werden können. Die Schülerinnen und Schüler sollen in diesem Zusammenhang die „Korrektheit“ der Studien prüfen und die unterschiedlichen Ergebnisse diskutieren. Hierdurch soll der Denkanstoß erfolgen, dass die auf mathematischen Modellen beruhenden Statistiken nicht absolut sind, sondern hochgradig von ihren Vorannahmen abhängen. Welche Vorannahmen dies sein können, wird am spezifischen Beispiel herausgearbeitet und in Zusatzmaterialien mit weiteren Studien unterfüttert. Weiterhin soll die Angemessenheit der Vorannahmen evaluiert und ein abschließendes Urteil zur Förderung von Elektromobilität gegeben werden.

Der Unterrichtsentwurf ist für die Klassenstufe 11 oder 12 ausgerichtet und umfasst einen Umfang von sechs Einzelstunden oder drei Doppelstunden. Alternativ ist auch eine Umsetzung in fünf Einzelstunden möglich. Das Thema der Unterrichtseinheit lautet:

- Mathematische Modelle als Teil der Politik am Beispiel der Klimaschädlichkeit von Diesel- und Elektroautos

Die kompetenzorientierten Lernziele lassen sich folgendermaßen beschreiben:

- Kompetenzorientiertes Unterrichtsziel: Indem die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche, wissenschaftliche Perspektiven auf den Einfluss von Diesel- und Elektroautos auf den Klimawandel analysieren und die Validität ihrer Ergebnisse überprüfen, werden ihre methodischen Fähigkeiten für die Analyse von Statistiken und den zugrundeliegenden mathematischen Modellen sowie die hiermit verbundenen politischen Diskursprozesse und die Beurteilung politischer Interventionsmöglichkeiten geschult. [Analysekompetenz und Urteilskompetenz]

Dies beinhaltet die folgenden Teillernziele:

1. Die Schülerinnen und Schüler fassen die Informationen der Studien zu der Klimaschädlichkeit von Diesel- und Elektroautos zusammen, vergleichen diese untereinander und kommen zu einem Urteil hinsichtlich der Förderung von Elektromobilität
2. Die Schülerinnen und Schüler analysieren die gesammelten Informationen hinsichtlich der Klimaschädlichkeit von Diesel- und Elektroautos mithilfe vertiefender Statistiken
3. Die Schülerinnen und Schüler beurteilen und bewerten die Validität der Daten und der diesen zugrundeliegenden Modellen

## 2. Verlaufsplanung

Phase (Zeit) [Stelle im Modellierungskreislauf ]	Lehrer:innenaktivitäten und - impulse	Antizipierte Schüler:innenaktivi- täten	Materialen
Begrüßung (2 min)	L begrüßt die Klasse.		
<b>Unterrichtseinheit 1 – 90 Minuten</b>			
Einstieg (8 min)	<p>Die Lehrkraft wirft die Schlagzeile an und fordert Schüler:innen auf, diese vorzulesen und zu ihr Stellung zu nehmen. Hierbei sollen Präkonzepte und bereits vorhandene Meinung zu diesem Thema aktiviert und geäußert werden. Die Schüler:innen sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begriffe äußern, die ihnen dazu bekannt sind und die sie damit verbinden</li> <li>• Falls dazu bereits Meinungen vorherrschen, ob Elektromobilität gefördert werden soll oder nicht, sollen die SuS diese äußern und mit Argumenten unterlegen</li> </ul> <p>Stundenfrage: Soll Elektromobilität gefördert werden oder nicht?</p>	<p>-Die SuS äußern Begriffe, die ihnen in den Sinn kommen</p> <p>-Die SuS äußern ihre Meinung und begründen diese</p>	Material 1
Erarbeitung I (20 min)	Die Lehrkraft teilt Arbeitsblatt 2 aus, das von den SuS bearbeitet wird. Die Ergebnisse werden mit einem Partner und dann im Plenum verglichen.	Die SuS arbeiten die zentralen Kriterien in Einzelarbeit aus dem Text heraus. Danach erfolgt ein Vergleich mit einem Partner und im Plenum	Material 2
Erarbeitung II (40 min)	Die Lehrkraft teilt die Klasse in Gruppen ein (Bei 30 SuS bspw. in 6 Gruppen mit 5 SuS). Die SuS bearbeiten in ihren Gruppen die Arbeitsblätter 3 und 4. Die SuS bearbeiten Aufgabe 1-3 zunächst alleine, dann	Die SuS bearbeiten ihre Arbeitszettel zunächst in Einzelarbeit. Danach erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse mit der Gruppe. Unterschiedliche	Material 3.1 und 4.1

	vergleichen sie diese mit ihrer Gruppe.	Antworten werden diskutiert.	
Sicherung und Vertiefung (20 min)	<p>Die Gruppen präsentieren ihre Argumente und schreiben die Abschlussätze an die Tafel, um die Stundenfrage zu beantworten. Am Ende schreiben alle SuS die Abschlussätze der Argumente ab.</p> <p>Abschließend äußern die SuS erste Überlegungen, woran die unterschiedlichen Ergebnisse liegen könnten. Je nach Zeit kann dies im Plenum besprochen werden.</p>	<p>Die SuS präsentieren ihr Urteil. Hierbei sollte deutlich werden, dass jeweils zwei Gruppen gänzlich unterschiedliche Urteil gefällt haben.</p> <p>Die SuS äußern Vermutungen, woran das liegen könnte. (Bspw. falsche Daten, falsche Berechnung, unterschiedliche Autos).</p>	Tafel
<b>Unterrichtseinheit 2 – 90 Minuten</b>			
Einstieg (5 min)	<p>Die Lehrhaft fordert die Schülerinnen und Schüler auf zu wiederholen, was in der letzten Stunde entwickelt wurde/die prägnanten Sätze/Statements zu wiederholen.</p> <p>Stundenfrage: Worin liegen die Unterschiede der beiden Studien?</p>	Die SuS geben die Ergebnisse der letzten Stunde wieder.	
Erarbeitung I (20 min)	<p>Die SuS kommen erneut in den Gruppen der letzten Stunde zusammen und erhalten die Arbeitsblätter 3.2. und 4.2, abhängig von den Arbeitsblättern, die sie in der letzten Stunde erhalten haben. Die Aufgaben werden direkt in Gruppenarbeit durchgeführt.</p>	<p>Die SuS bearbeiten die Aufgabenzettel in ihren ursprünglichen Gruppen aus der vorherigen Stunde. Hierbei kann sich auch während des Arbeitsprozesses beraten werden.</p>	Material 3.2 und 4.2
Vergleich (20 min)	<p>Die SuS bilden neue Gruppen, in denen jeweils 2 oder 3 Personen aus den Gruppen mit Material 3 und jeweils 2 oder 3 Personen aus den Gruppen mit dem Material 4 zusammenkommen.</p> <p>Der Arbeitsauftrag der Gruppen lautet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stellt den anderen Gruppenpartnern eure Studie und deren Ergebnisse vor</li> </ol>	<p>Die SuS finden sich in neuen Gruppen zusammen und tauschen die zentralen Aspekte ihres Materials aus.</p>	Material 3.2 und 4.2

	<p>2) Vergleicht die Ergebnisse eurer Arbeitsblätter</p> <p>3) Prüft, wo die Unterschiede zwischen den Studien liegen</p>		
Sicherung (10min)	Die Ergebnisse der Gruppen werden im Plenum gesammelt und an der Tafel gesichert. Es sollen hierbei die Unterschiede zwischen den beiden Studien zusammengetragen und die Klasse auf einen Stand gebracht werden.	Abschließend gibt eine Person aus jeder Gruppe die Ergebnisse kurz mündlich wieder. Die Ergebnisse werden gesammelt und gesichert.	Tafel
Erarbeitung II (30 min)	<p>Die Klasse kommt in den Gruppen aus der letzten Stunde zusammen und bekommt jeweils unterschiedliche Arbeitsblätter (5.1-5.4) ausgehändigt. Die SuS bearbeiten die Aufgaben 1-3. Die SuS bearbeiten die Aufgaben erst in Einzelarbeit und vergleichen/ergänzen die Ergebnisse dann mit der Gruppe.</p> <p>Falls eine Gruppe deutlich schneller sein sollte als die andere, findet sich auf jedem Aufgabenzettel eine Zusatzaufgabe.</p>	Die Schülerinnen und Schüler kommen aus den Gruppen der letzten Aufgabe (nach dem Gruppenpuzzle) zusammen und bearbeiten die Aufgaben. Nachdem jede Person ihre Aufgabe gelöst hat, werden die Ergebnisse in der Gruppe verglichen.	Materialien 5.1, 5.2, 5.3., 5.4
Sicherung II	Die Gruppen sichern ihren aktuellen Arbeitsstand untereinander und kommen in der nächsten Stunde in derselben Zusammensetzung erneut zusammen.	Die SuS notieren ihre aktuellen Ergebnisse zu den Aufgaben,	Materialien 5.1, 5.2, 5.3., 5.4
<b>Unterrichtseinheit 3 – 90 Minuten</b>			
Einstieg (5min)	<p>Die SuS wiederholen die Ergebnisse der Vorstunde und fassen die Unterschiede der beiden Studien zusammen.</p> <p>Stundenfrage: Wie kommen die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen?</p>	Die SuS wiederholen das Ergebnis der letzten Stunde.	Tafel
Wiederholung/Erarbeitung I (15 min)	Die Gruppen finden sich in der Zusammensetzung der letzten Stunde zusammen, beenden nicht bearbeitete Aufgaben und gleichen ihre Ergebnisse ab.	Die Schülerinnen und Schüler kommen aus den Gruppen der letzten Stunde zusammen und bearbeiten verbleibende Aufgaben. Nachdem jede Person ihre	Materialien 5.1, 5.2, 5.3., 5.4



		Aufgabe gelöst hat, werden die Ergebnisse in der Gruppe verglichen.	
Erarbeitung II (30min)	<p>Die SuS bilden neue Gruppen, die jeweils mindestens eine Person aus den alten Gruppen beinhaltet.</p> <p>Der Arbeitsauftrag der Gruppen lautet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stellt den anderen Gruppenpartnern die Erkenntnisse eurer Arbeitszettel vor</li> <li>2) Wägt die Stärken und Schwächen der Studien ab und fällt ein Urteil, welche insgesamt besser aufgebaut ist.</li> <li>3) Nehmt abschließend Stellung, ob Elektromobilität gefördert werden sollte oder nicht (Einstieg Stunde 1)</li> </ol>	<p>Die SuS finden sich in neuen Gruppen zusammen und tauschen sich über ihre Erkenntnisse aus.</p> <p>Die SuS treffen sie ein Gesamturteil darüber, welche Studie die realitätsnäheren Annahmen und Daten besitzt.</p>	Materialien 5.1, 5.2, 5.3., 5.4
Sicherung und ggf. Vertiefung (25 min)	<p>Jede Gruppe stellt ihre Stellungnahme vor. Bestenfalls werden ihre Argumente per OHP, Dokumentenkamera oder Activeboard auch visuell der Klasse vorgestellt.</p> <p>Nach den Präsentationen sollen unterschiedliche Positionen im Plenum diskutiert werden.</p> <p>-Worauf basiert die Einschätzung der jeweiligen Gruppen?</p> <p>-Woher stammen die Unterschiede?</p>	Die SuS präsentieren ihre Einschätzung bezüglich der Studie und bezüglich der Förderung von Elektroautos.	Tafel/OHP/ Activeboard
Abschluss und Reflektion (15 min)	<p>Mit Rückbezug auf die bisherigen Materialien (inklusive Material 2) sollen die Studien erneut besprochen werden:</p> <p>-Was wurde betrachtet, was nicht? [Bspw. Entsorgung]</p> <p>-Welchen weiteren Forschungsbedarf gibt es? [Bspw. ein Vergleich unterschiedlicher Automodelle]</p> <p>Abschließend kann auch über die Wirkung von Studien im</p>	-Die SuS können mit Rückbezug auf Material 2 darauf hinweisen, dass beispielsweise die Entsorgung (sowohl von Elektro- als auch von Autos mit Verbrennungsmotor) nicht betrachtet wurde. Auch haben die Studien speziell Deutschland und den deutschen Strommix	

	<p>Allgemeinen gesprochen werden.</p> <p>-Welche Aussagekraft können Studien haben?</p> <p>-Worauf muss bei dem Bezug auf Studien zur eigenen Urteilsbildung oder einer politischen Entscheidung geachtet werden?</p>	<p>und nur bestimmte Fahrzeugklassen im Blick gehabt. Dies können Potenziale für weitere Forschung sein</p> <p>-Weiterhin könne die SuS darauf hinweisen, dass Studienergebnisse nicht unbegrenzte Gültigkeit haben und die Aussagekraft abhängig von den getätigten Vorannahmen und den betrachteten Gegenständen abhängt. Eine nähere Betrachtung von Studien, gerade wenn mehrere Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, ist sowohl bei der Bildung eines eigenen Urteils als auch bei politischen Entscheidungen wichtig.</p>	
--	---	---	--

### 3. Erwartete Ergebnisse

#### Material 2:

Die erwarteten Kriterien, die von den Schülerinnen und Schülern aus dem Artikel herausarbeiten können, sind:

- Herstellung der Bauteile
- Betrieb des Fahrzeuges
- Umweltwirkung die Rohstoffe und Energieträger bei der Gewinnung verursachen
- Fahrzeugtypen
- Entsorgung

Zusatzaufgabe:

Mögliche Antworten wären

- Herstellung
  - Karosserie und Motorenproduktion: Stahl (Eisenerz, Kohle, Kalk, Ferrolegierungen), Aluminium, Polymerwerkstoffe (Kunststoff)
  - Zusätzlich bei Elektromotoren: Nickel, Kobalt, Mangan, Graphit, Lithium
  - Katalysator für Verbrennungsmotoren: Platin, Palladium, Rhodium
  - Elektronik: Kupfer, Silizium (Chipproduktion)
- Betrieb
  - Erdöl (Benzin, Diesel), Erdgas (Autogas)
  - Kohle, Erdgas, Uran (Stromproduktion)

#### Material 3.1

- 1) Die Kernaussage des Textes besteht darin, dass Elektroautos einen höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß besitzen, als beispielsweise Dieselfahrzeuge, wenn die Herstellung der Batterien und die Emissionen des Stroms mit einberechnet werden.
- 2) Es werden die Herstellung der Bauteile (Batterien), der Betrieb des Fahrzeugs (Fahrleistung pro Jahr), die Umweltwirkung der Energieträger (Stromproduktion) und Fahrzeugtypen (Tesla 3 und vergleichbarer Diesel-Mercedes) berücksichtigt. Allerdings ist der Text in vielen Bereichen recht vage. Beispielsweise wird der Ausstoß des Dieselmotors nicht erwähnt.
- 3)
  - a) Der Artikel spricht gegen eine Förderung der Elektromobilität, da diese schlechter für die Ökobilanz sind als Dieselfahrzeuge.
  - b) –
  - c) –

#### Material 4.1

- 1) Die Kernaussage des Textes besteht darin, dass Elektroautos einen geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben als beispielsweise Dieselfahrzeuge, wenn die Herstellung der Batterien und die Emissionen des Stroms mit einberechnet werden.



- 2) Es werden die Herstellung der Bauteile (insgesamt), die Umweltwirkung der Energieträger (Stromproduktion und Dieselpromotion) und Fahrzeugtypen (Tesla 3 und Mercedes C220d) berücksichtigt. Der der Betrieb des Fahrzeugs findet nicht direkt Erwähnung, es wird nur beschrieben, ab wie viel Kilometern der Tesla klimaschonender fährt als der Mercedes.
- 3)
  - a. Der Artikel spricht mit Einschränkungen für eine Förderung der Elektromobilität aus. Diese ist zwar klimaschonender als Verbrennungsmotoren, allerdings haben Autos unabhängig vom Motor ökologische Nachteile
  - b. –
  - c. –

### Material 3.2

- 1) Die wichtigsten Kennzahlen lauten wie folgt:
  - a. Herstellung des Autos:
    - i. Diesel: 8 Tonnen CO<sub>2</sub> (8.000.000 Gramm CO<sub>2</sub>)
    - ii. Elektroauto: 8 Tonnen CO<sub>2</sub> (8.000.000 Gramm CO<sub>2</sub>)
  - b. 2. Herstellung der Batterie:
    - i. Diesel: 0 Tonnen CO<sub>2</sub>
    - ii. Elektroauto: Durchschnittlich 12,75 Tonnen (12.750.000 Gramm CO<sub>2</sub>)
  - c. 3. Ausstoß bei der Autofahrt
    - i. Diesel: 117 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
    - ii. Elektroauto: 0 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
  - d. Herstellung des Kraftstoffs
    - i. Diesel: 24 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
    - ii. Strom: 83 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
  - e. Weitere Daten:
    - i. Ein Dieselauto fährt im Schnitt 300.000 Kilometer, bis es verschrottet wird.
    - ii. Ein Elektroauto fährt im ebenfalls Schnitt 300.000 Kilometer bis verschrottet wird, aber es braucht nach spätestens 150.000 Kilometer eine neue Batterie
- 2) Die Statistik übernimmt die in M 3.1 genannten Werte und ergänzt sie auf Basis der in M 3.2 genannten Zahlen. Viele der Werte finden sich direkt im Text wieder oder lassen sich durch einfache Addition erschließen. Bei einigen, wie der Fertigung des Autos oder der Batterie, sind Umrechnungen notwendig. Diese sind wie folgt:
  - a. Herstellung des Autos: 8 Tonnen (8.000.000 g) / 300.000 km = ~ 27 gCO<sub>2</sub>/km
  - b. Herstellung der Batterie: 12,75 Tonnen (12.750.000 g / 150.000 km) = 85 gCO<sub>2</sub>/km
  - c. Herstellung Gesamt: 27 + 85 = 112 gCO<sub>2</sub>/km
- 3) Die Herausgeber ist eine (wirtschaftsnahe) wissenschaftliche Institution. Die Ergebnisse der Statistik sind korrekt, die Verlässlichkeit ist als hoch einzustufen.

### Material 4.2

- 1) Die wichtigsten Kennzahlen lauten wie folgt:

- a. Herstellung des Autos:
    - i. Diesel: 8 Tonnen CO<sub>2</sub> (8.000.000 Gramm CO<sub>2</sub>)
    - ii. Elektroauto: 7 Tonnen CO<sub>2</sub> (7.000.000 Gramm CO<sub>2</sub>)
  - b. 2. Herstellung der Batterie:
    - i. Diesel: 0 Tonnen CO<sub>2</sub>
    - ii. Elektroauto: Durchschnittlich 5,75 Tonnen CO<sub>2</sub> (5.725.000 Gramm CO<sub>2</sub>)
  - c. 3. Ausstoß bei der Autofahrt
    - i. Diesel: 198 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
    - ii. Elektroauto: 0 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
  - d. Herstellung des Kraftstoffs
    - i. Diesel: 30 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
    - ii. Strom: 40 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer
  - e. Weitere Daten:
    - i. Ein Dieselauto fährt im Schnitt 250.000 Kilometer, bis es verschrottet wird.
    - ii. Ein Elektroauto fährt im ebenfalls Schnitt 250.000 Kilometer bis verschrottet wird. Ein Batteriewechsel ist nicht nötig.
- 2) Die Statistik übernimmt die in M4.1 genannten Werte und ergänzt sie auf Basis der in M4.2 genannten Zahlen. Viele der Werte finden sich direkt im Text wieder oder lassen sich durch einfache Addition erschließen. Bei einigen, wie der Fertigung des Autos oder der Batterie, sind Umrechnungen notwendig. Diese sind wie folgt:
- a. Herstellung des Autos:
    - i. 8 Tonnen (8.000.000 g) / 250.000 km = ~ 32 gCO<sub>2</sub>/km
    - ii. 7 Tonnen (7.000.000 g) / 250.000 km = ~ 28 gCO<sub>2</sub>/km
  - b. Herstellung der Batterie: 5,75 Tonnen (12.750.000 g / 250.000 km) = 23 gCO<sub>2</sub>/km
  - c. Herstellung Gesamt: 28 + 23 = 51 gCO<sub>2</sub>/km
- 3) Die Herausgeber ist eine wissenschaftliche Institution, die den Auftrag zu der Studie von einer politischen Partei erhalten hat. Die Integrität der Einrichtung ist dadurch aber nicht in Frage zu stellen. Die Ergebnisse der Statistik sind korrekt, die Verlässlichkeit ist als hoch einzustufen.

Zusatzaufgabe: Auf Basis der Berechnungen von M4.2 ist selbst ein Kompaktwagen als Verbrenner schlechter in der Umweltbilanz, als ein Elektroauto der gehobenen Mittelklasse.

### Material 5.1

1. Beide Studien wählen für ihre Berechnungen dieselben Fahrzeuge, daher lassen sich hieran keine Unterschiede für die Ergebnisse festmachen. Die Vergleichbarkeit der beiden Fahrzeuge ist aufgrund ihrer Leistung kritisierbar, sie ist jedoch nicht gänzlich unlogisch. Es kommt jedoch zu einer unterschiedlichen Berechnung der Produktionsemissionen. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die ausgewählten Modelle im Schnitt von eher wenigen Autofahrern genutzt werden und daher wenig repräsentativ sind. Die Studie der TU Eindhoven vergleicht daher auch Autos der Kompaktklasse, die repräsentativer für die Autonutzung der Deutschen sind.
2. Die Ansätze beider Studien sind legitim, die Studie der TU Eindhoven besticht allerdings durch eine bessere Datenlage.

3. Es wäre möglich, nicht nur Autos der Kompaktklasse und oberen Mittelklasse, sondern aller in Deutschland vertretenden Klassen zu vergleichen.

### Material 5.2

1. Die Berechnung des Energiemix ist maßgeblich für die Berechnung der Umweltverträglichkeit von Elektroautos, da die Emissionen während der Fahrt von der Produktion des Stroms abhängen.
2. Die Studie des ifo Instituts wählt für ihren Energiemix einen fixen, selbstberechneten Wert aus dem Jahr 2018, die als Ausgangspunkt für die Emission des Autos in den nächsten 10 Jahren festgelegt wird. Die Berechnung ist dabei nicht transparent und weicht von anderen Statistiken ab. Die Festlegung des Strommix widerspricht auch der Entwicklung der letzten Jahre, in denen ein stetiger Abbau fossiler Brennstoffe und eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beinhalten. Die Studie der TU Eindhoven versucht dem Rechnung zu tragen und geht von einer stetigen Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch die Stromerzeugung aus. Beide Ansätze sind grundsätzlich begründbar, da ein pessimistischer Ausblick auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands vor dem Hintergrund eines insgesamt steigenden Energiebedarfs gerechtfertigt wäre. Die Berechnung des ifo Instituts sind aber auf Basis der bisherigen Erfahrungen realitätsferner als die der TU Eindhoven
3. Deutschland ist nicht das einzige Land, das ein umweltfreundlicherer Autoverkehr herbeiführen möchte. Es wäre daher interessant, den Vergleich zwischen Verbrennern und Stromern auch für andere EU-Länder durchzuführen.

Zusatzaufgabe:

$$15/100 = 0,15 \text{ kWh/km}$$

$$0,15 \times 789 = 118,38 \text{ g CO}_2/\text{km (Polen)}$$

$$0,15 \times 54 = 6,75 \text{ g CO}_2/\text{km (Frankreich)}$$

- ➔ Abhängig von den Daten des Verbrenners (M3.1/4.1) ist in Polen ein Tesla genauso umweltschädlich (M4.2) oder deutlich umweltschädlicher (M3.2) wie ein Diesel. In Frankreich ist der Tesla unabhängig von der Berechnung des Diesels (deutlich) umweltfreundlicher.

### Material 5.3

1. Die Berechnung der Emissionen einer Batterie gestaltet sich durch Betriebsgeheimnisse als schwierig und hängt von vielen Faktoren wie dem Material und dem Strommix ab. In der Vergangenheit wurden diese Emissionen recht hoch geschätzt, neue Studien zeigen allerdings, dass dem nicht so ist. Neben der Schätzung ist auch die Lebensdauer der Batterie relevant, die ebenfalls in der Vergangenheit niedriger geschätzt wurde, als sie eigentlich ist. Beide Faktoren haben einen direkten Einfluss auf die Berechnung der Umweltfreundlichkeit von Elektroautos.
2. Die Studie des ifo Instituts wählt für ihre Berechnung alte Daten und konservative Schätzungen hinsichtlich der Lebensdauer der Batterien. Die Datenlage der TU Eindhoven ist aktueller und daher besser zu bewerten, allerdings ist die Datenlage insgesamt noch ausbaufähig.

3. Es wäre notwendig, Daten zu den Emissionskosten des Recyclings konventionellen Fahrzeugen und von Elektrofahrzeugen mit Batterien zu erheben und diese zu vergleichen. Ohne den Recyclingprozess sind die Einschätzungen unvollständig

#### Material 5.4

1. Die Ermittlung des Verbrauchs und die damit verbundenen Verbrauchsdaten haben einen direkten Einfluss auf die Emissionswerte eines Fahrzeugs, da ein Mehrverbrauch direkt mit mehr Emissionen einhergeht, unabhängig davon, ob es ein Elektroauto oder ein Verbrenner ist. Die Berechnung des Verbrauchs ist umstritten und es gibt unterschiedliche Prüfverfahren. Der NEFZ ist durch seine zu niedrigen Verbrauchswerte bei Verbrennern umstritten und wurde durch den WLTC abgelöst.
2. Die Studie des ifo Instituts wählt für ihre Berechnung dem NEFZ, die TU Eindhoven reale Berechnungen und die Berechnungen EPA, da NEFZ-Daten nicht für beide Fahrzeuge vorlagen. Das ifo Institut unterschätzt den Verbrauch der Autos aller Wahrscheinlichkeit nach, während die TU Eindhoven diesen vermutlich leicht überschätzt. Insgesamt liegt die Studie der TU Eindhoven aber eher näher an der Realität, als die des ifo Instituts.
3. Es wäre möglich, Verbrauchsdaten für die beiden Fahrzeuge mit jeweils unterschiedlichen Testzyklen zu sammeln und diese dann zu vergleichen.

# Kaufprämie für Elektroautos erhöht

Die Bundesregierung fördert den Kauf von Elektrofahrzeugen. Bis Ende 2025 können Interessierte eine Kaufprämie erhalten, den "Umweltbonus". Eine zusätzliche Innovationsprämie verdoppelt den staatlichen Anteil. Auch das Bezahlen an Ladesäulen wird künftig einfacher und nutzerfreundlicher sein. Für reine E-Autos sollen deutlich mehr Schnellladestationen geschaffen werden.

Abbildung 1: Information der Bundesregierung unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/kaufpraemie-fuer-elektroautos-erhoeht-369482>

## Material 2: BMU<sup>1</sup> (2021) - Wie umweltfreundlich sind Elektroautos?

### Sind Elektrofahrzeuge umweltfreundlicher als Verbrenner?

Elektroautos gelten als eine Möglichkeit, negative Umweltfolgen des Autoverkehrs zu vermindern. Vor allem als Lösung für die Klimaprobleme werden sie häufig genannt, also zur **Minderung der Treibhausgasemissionen** aus dem Straßenverkehr. Darüber hinaus werden sie im Zusammenhang mit der Luftreinhaltung diskutiert. Insbesondere die Reduzierung der Feinstaub- und Stickoxidemissionen als wesentliche Luftschadstoffe spielt hier eine Rolle. Angesichts der Vielzahl von sich zum Teil auch widersprechenden **Pressemeldungen und Studien** zur Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen kommen immer wieder ähnliche Fragen auf:

- Welche **Informationen und Studien** sind eigentlich verlässlich?
- Sind Elektrofahrzeuge tatsächlich **umweltfreundlicher** als moderne Benziner und Diesel?
- Wie sieht die Bewertung aus, wenn man nicht auf Herstellerangaben und Prospekte zurückgreift, sondern **Daten aus dem Alltagsbetrieb** heranzieht?
- Und wie ist das Elektroauto zu bewerten, wenn man nicht nur auf die Emissionen „am Auspuff“ schaut, sondern auch die Emissionen der **Strombereitstellung und Herstellung des Fahrzeugs** (insbesondere der Batterie) sowie den Rohstoffbedarf berücksichtigt?

Diese Fragen können nur mithilfe einer umfassenden **Umweltbilanz** beantwortet werden. Dabei wird der gesamte Lebensweg von Fahrzeugen berücksichtigt: die **Herstellung aller Bauteile**, der **Betrieb des Fahrzeugs** und die dafür benötigte Energie, der Wartungsaufwand und schließlich die Entsorgung des Autos. In all diesen „Lebensphasen“ wird auch berücksichtigt, welche **Umweltwirkungen** die Rohstoffe und Energieträger bei ihrer Gewinnung und Verarbeitung verursachen. Neben den Angaben von Fahrzeugherstellern werden dabei viele weitere Datenquellen genutzt, um eine sinnvolle und möglichst realistische, alltagsnahe Bilanz zu erstellen. Außerdem sollen die **betrachteten Fahrzeugtypen** gut miteinander vergleichbar sein. Ziel ist eine Bruttobetrachtung der Umweltlasten in der gesamten Bilanz.

### Arbeitsauftrag:

1. Nenne Kriterien, die für die Beurteilung der Umweltfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen wichtig sind.

### Zusatzaufgabe

- a) Welche Rohstoffe fallen dir ein, die für die Produktion und den Betrieb eines Elektroautos oder eines Automobils mit Verbrennungsmotor notwendig sind? Fertige hierzu eine Mindmap an.

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz



**Material 3:** Auf Basis der „Automobilwoche“ vom Mittwoch, 17. April 2019, 13.00 Uhr.

## **Deutlich klimaschädlicher als Diesel:**

### **Forscher bewerten Elektroautos als Klimasünder**

**Rechnet man den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Batterieherstellung und den Strommix in die Klimabilanz von E-Autos mit ein, sind sie schädlicher als Dieselautos. Zu diesem Ergebnis kommt eine aktuelle Studie des ifo Instituts.**

Elektroautos entlasten die deutsche Klimabilanz nach einer Studie des ifo Institut nur auf dem Papier - in Wirklichkeit erhöhten sie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß sogar. Sobald der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Herstellung der Batterien und der deutsche Strommix in der Rechnung berücksichtigt werde, belaste ein E-Auto das Klima 16% mehr als ein Dieselauto, heißt es in der vom Ifo-Institut in München veröffentlichten Studie.

Lithium, Kobalt und Mangan für die Batterien würden mit hohem Energieeinsatz gewonnen und verarbeitet. Eine Batterie für ein Tesla Model 3 belaste das Klima mit 12,75 Tonnen CO<sub>2</sub>. Bei einer Haltbarkeit des Akkus von zehn Jahren und einer Fahrleistung von 15.000 Kilometern im Jahr bedeute allein das schon im Schnitt 85 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer, rechneten die Studienautoren Christoph Buchal, Hans-Dieter Karl und Hans-Werner Sinn vor. Dazu kommen noch die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Stroms und die Herstellung des restlichen Fahrzeugs. In Wirklichkeit stoße der Tesla (Model 3) 195 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer aus und damit 27 Gramm mehr als ein vergleichbarer Diesel-Mercedes (Mercedes C 220d).

### **"Ingenieurtechnisch unrealistisch"**

Dass die europäische Politik Elektroautos als Null-Emission-Autos einstufe, sei eine Täuschung, kritisierten die Forscher. Der ab 2030 vorgeschriebene CO<sub>2</sub>-Grenzwert von 59 Gramm pro Kilometer entspreche einem Verbrauch von 2,2 Liter Diesel oder 2,6 Liter Benzin je 100 Kilometer und sei "ingenieurtechnisch unrealistisch". Deshalb müssten die Autobauer bald den Großteil ihrer Autos als E-Autos an die Kunden bringen. Für das Klima besser wären mit Methan betriebene Ottomotoren, ihr CO<sub>2</sub>-Ausstoß sei um ein Drittel niedriger als der eines Diesels. (dpa-AFX/gem)

### **Arbeitsaufträge:**

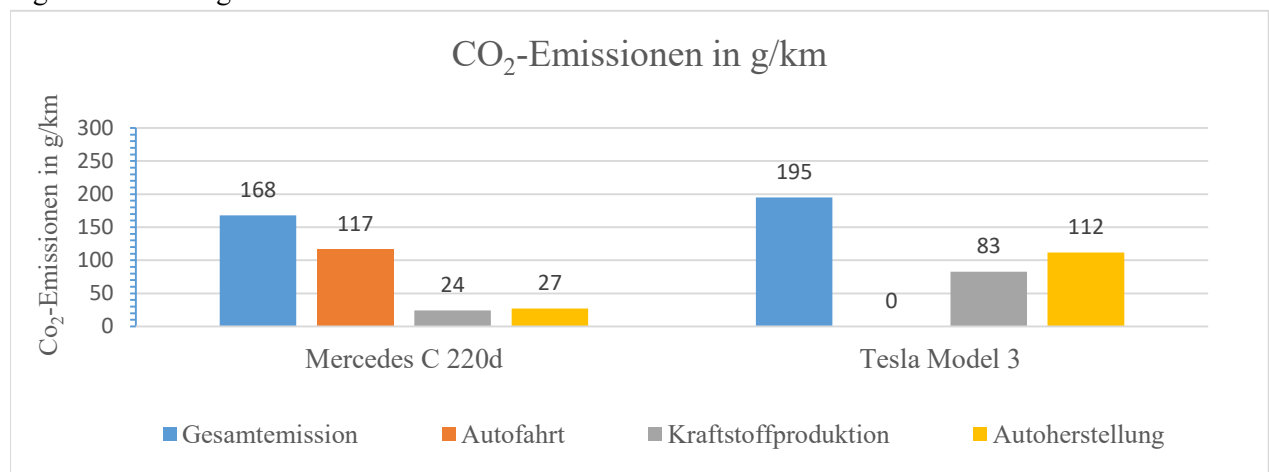
1. Fasse die Kernaussagen des Artikels stichpunktartig zusammen.
2. Analysiere, ob alle relevanten Kriterien zur Beurteilung der Umweltfreundlichkeit aus M2 berücksichtigt wurden
3. (a) Beurteile, ob die Aussagen des Artikels für oder gegen die in M1 beschriebene Förderung von Elektrofahrzeugen sprechen.  
(b) Verfasse auf Basis eurer Erkenntnisse ein Statement für oder gegen die in M1 beschriebene Förderung von Elektroautos. Dieses sollte in einen kurzen und prägnanten Abschlusssatz enden.  
(c) Eine Person aus eurer Gruppe trägt das gesamte Statement der Klasse vor. Der Abschlusssatz wird an die Tafel geschrieben.

## Material 3.2: Datengrundlage von der Studie des ifo Instituts

Das **ifo Institut** ist eine Münchner wirtschaftswissenschaftliche Forschungseinrichtung, die sich mit der Analyse der Wirtschaftspolitik und angewandter empirische Wirtschaftsforschung beschäftigt. Hierfür erhebt es Wirtschaftsdaten, auch mit Hilfe wissenschaftlich basierter Unternehmensbefragungen, und wertet diese im Rahmen seiner Forschung aus. Dabei kooperiert es eng mit dem Center for Economic Studies (CES) der Ludwig-Maximilians-Universität München. Das ifo Institut setzt seine Datenbasis mit unterschiedlichen Schwerpunkten insbesondere für die Analyse der praktischen Wirtschaftspolitik ein.

Die im Rahmen von M3 beschriebene Studie geht der Frage nach, ob in Deutschland eine Energiewende und die damit verbundene schnelle Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes durch eine Förderung der Elektromobilität ermöglicht wird. Um diese Frage zu beantworten greifen die Autoren auf unterschiedliche öffentliche Daten und Studien zu der Stromproduktion in Deutschland, den Energiekosten und Emissionswerten der Autoproduktion und der Leistungsfähigkeit von Autos mit Verbrennungs- und Elektromotoren zurück. Als Beispielfahrzeuge werden Mercedes C220d (Diesel) und ein Tesla Model 3 (Elektro) genutzt. Die Autoren gehen auf Basis dieser Daten davon aus, dass die Herstellung des Dieselfahrzeugs und des Elektrofahrzeugs ohne Batterie jeweils Emissionen in Höhe von 8 Tonnen CO<sub>2</sub> verursacht. Dazu kommt für das Elektroauto zusätzlich noch die Emission bei der Produktion der Batterie, die bei rund 12,75 Tonnen liegt. Die Autoren gehen davon aus, dass ein Dieselauto im Schnitt 300.000 Kilometer fährt, bis es verschrottet wird. Ein Elektroauto fährt ebenfalls im Schnitt 300.000 Kilometer bis es verschrottet wird, allerdings braucht es nach spätestens 150.000 Kilometer eine neue Batterie. Daher müssen bei einem Vergleich der Emissionen zwei Batterien pro Elektroauto gerechnet werden.

Um das Auto fortzubewegen, ist Kraftstoff notwendig. Auf Basis des Verbrauchs der beiden Fahrzeuge sowie den Emissionen bei der Herstellung von Diesel und Strom gehen die Autoren davon aus, dass der Mercedes 117 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer bei der Fahrt ausstößt, auf die zudem 24 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer durch die Produktion des Diesels heraufgerechnet werden müssen. Der Tesla stößt bei der Fahrt selbst zwar kein CO<sub>2</sub> aus, der notwendige Strom bei seiner Produktion allerdings schon. Hier gehen die Autoren davon aus, dass pro Kilometer im Durchschnitt 83 Gramm CO<sub>2</sub> emittiert werden. Aus diesen Zahlen ergibt sich die folgende Statistik:



### Arbeitsaufträge:

1. Nenne die wichtigsten Kennzahlen der Studie.
2. Prüfe, ob die in der Statistik aufgeführten Werte richtig sind.
3. Beurteile unter Berücksichtigung der Herausgeber und der Berechnungen die Verlässlichkeit der Studie.

**Material 4:** Auf Basis von „electrive.net“ vom Montag, 31. August 2020, 13.42 Uhr

## Niederländische Studie: Aktuelle E-Autos für weniger CO<sub>2</sub> verantwortlich als Verbrenner

Laut einer neuen Studie der TU Eindhoven im Auftrag der Grünen-Bundestagsfraktion sind aktuell verkaufte E-Autos im Vergleich zu Verbrennern für deutlich weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich – auch wenn man die Produktion der Batterie und den Stromverbrauch mit einrechnet. So verursacht ein Tesla Model 3 der Studie zufolge pro Kilometer 91 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Kilometer – 65 Prozent weniger als die 260 Gramm eines Mercedes C 220d. Damit hat der Tesla der Studie zufolge seinen CO<sub>2</sub>-Rückstand durch die Produktion der Batterie bereits nach 30.000 Kilometern wettgemacht. In diesen Zahlen sind sowohl die Fertigung als auch die Nutzung der Fahrzeuge berücksichtigt.

Konkret beziffert die TU Eindhoven in der Studie mit dem Titel „Vergleich der lebenslangen Treibhausgasemissionen von Elektroautos mit den Emissionen von Fahrzeugen mit Benzin- oder Dieselmotoren“ den Herstellungsprozess des Model 3 mit insgesamt 91 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Kilometer. Der Mercedes schneidet in der Produktion besser ab und kommt in dieser Wertung auf 32 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Bei der Produktion des Kraftstoffs und der Fahrt werden jedoch 228 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer freigesetzt, womit die Gesamtbilanz deutlich zugunsten des Tesla ausgeht.

Als generellen Freifahrtschein für Elektroautos wollen die Autoren Hoekstra und Steinbuch ihre Studie aber nicht verstanden wissen. „Autos haben andere Nachteile, wie ihre Unvereinbarkeit mit dichten und sicheren Städten, ihren Ressourcenbedarf und die Auswirkungen auf die Ökologie, die mit der Ressourcennutzung verbunden sind“, heißt es zum Abschluss der Studie. „Aber sie könnten sicherlich konventionelle Autos ersetzen und dabei die Treibhausgasemissionen von Autos weitgehend eliminieren.“

### Arbeitsaufträge:

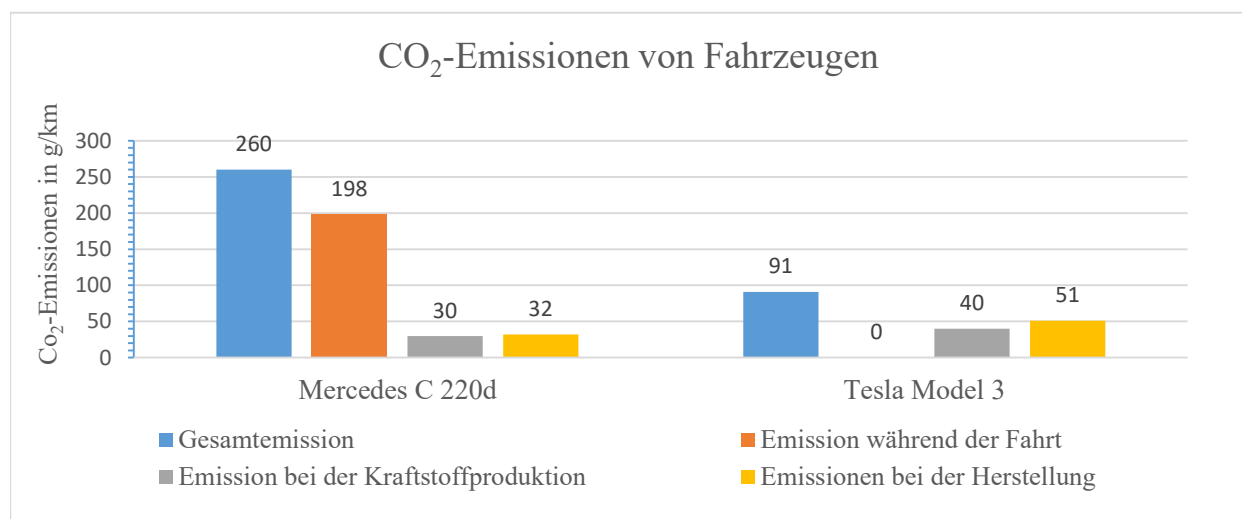
1. Fasse die Kernaussagen des Artikels stichpunktartig zusammen.
2. Analysiere, ob alle relevanten Kriterien zur Beurteilung der Umweltfreundlichkeit aus M2 berücksichtigt wurden
3. (a) Beurteile, ob die Aussagen des Artikels für oder gegen die in M1 beschriebene Förderung von Elektrofahrzeugen sprechen.  
(b) Verfasse auf Basis eurer Erkenntnisse ein Statement für oder gegen die in M1 beschriebene Förderung von Elektroautos. Dieses sollte in einen kurzen und prägnanten Abschlusssatz enden.  
(c) Eine Person aus eurer Gruppe trägt das gesamte Statement der Klasse vor. Der Abschlusssatz wird an die Tafel geschrieben.

## Material 4.2: Datengrundlage der Studie der TU Eindhoven

Die **TU Eindhoven** ist eine Technische Universität im niederländischen Eindhoven, die Studien zu vielen unterschiedlichen Themengebieten durchführt. Besonders im Fokus stehen hierbei gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Energie und intelligente Mobilität. Ausgangspunkt für die in M4 beschriebene Studie war ein Auftrag der Bundestagsfraktion der Grünen, die von Forscherinnen und Forschern an der Universität eine Einschätzung zu den Treibhausgasemissionen von Elektroautos und Benzin- oder Dieselfahrzeugen erhalten wollten.

Um diese Frage zu beantworten, greifen die Autoren der Studie auf unterschiedliche öffentliche Daten und Studien zu der Stromproduktion in Deutschland, den Energiekosten und Emissionswerten der Autoproduktion und der Leistungsfähigkeit von Autos mit Verbrennungs- und Elektromotoren zurück. Als Beispielfahrzeuge werden, neben anderen Fahrzeugen, auch ein Mercedes C220d (Diesel) und ein Tesla Model 3 (Elektro) genutzt. Die Autoren gehen auf Basis dieser Daten davon aus, dass die Herstellung des Dieselfahrzeugs 8 Tonnen CO<sub>2</sub> und die Herstellung des Elektrofahrzeugs ohne Batterie 7 Tonnen CO<sub>2</sub> verursachen. Dazu kommt für das Elektroauto zusätzlich noch die Emission bei der Produktion der Batterie, die bei rund 5,75 Tonnen liegt. Die Autoren gehen davon aus, dass ein Dieselauto im Schnitt 250.000 Kilometer fährt, bis es verschrottet wird. Ein Elektroauto fährt ebenfalls im Schnitt 250.000 Kilometer bis es verschrottet wird. Die Batterie muss in diesem Zeitraum nicht gewechselt werden, da die Leistungsfähigkeit für 250.000 Kilometer ausreicht.

Um das Auto fortzubewegen, ist Kraftstoff notwendig. Auf Basis des Verbrauchs der beiden Fahrzeuge sowie den Emissionen bei der Herstellung von Diesel und Strom gehen die Autoren davon aus, dass der Mercedes 198 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer bei der Fahrt ausstößt, auf die zudem 30 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer durch die Produktion des Diesels heraufgerechnet werden müssen. Der Tesla stößt bei der Fahrt selbst zwar kein CO<sub>2</sub> aus, der notwendige Strom bei seiner Produktion allerdings schon. Hier gehen die Autoren davon aus, dass pro Kilometer im Durchschnitt 40 Gramm CO<sub>2</sub> emittiert werden. Aus diesen Zahlen ergibt sich die folgende Statistik:



### Arbeitsaufträge:

1. Nenne die wichtigsten Kennzahlen der Studie.
2. Prüfe, ob die in der Statistik aufgeführten Werte richtig sind.
3. Beurteile unter Berücksichtigung der Herausgeber und der Berechnungen die Verlässlichkeit der Studie.

## Gruppe 1 – Auswahl der verglichenen Fahrzeuge

In beiden Studien werden mit einem Mercedes C220d (Diesel) und einem Tesla Modell 3 (Elektro) dieselben Autos verglichen. Dass die Wahl der Fahrzeuge bei beiden Studien gleich ist, liegt unter anderem daran, dass sich die Studie der TU Eindhoven in Teilen als Antwort auf die Studie des ifo Instituts versteht, weswegen sie beabsichtigt, dieselben Modelle zu vergleichen. Das ifo Institut setzt bei der Herstellung der beiden Autos (ohne Batterie) eine Emission von 8 Tonnen CO<sub>2</sub>eq an und begründet dies damit, dass die Mehremissionen für den Motor beim Diesel durch die aufwändigere Herstellung der Zusatzkomponenten des Elektroautos ausgeglichen werden. Die TU Eindhoven widerspricht dieser Aussage in ihrer Studie und setzt dementsprechend die Emission bei der Herstellung mit 8 Tonnen CO<sub>2</sub>eq für den Diesel und 7 Tonnen CO<sub>2</sub>eq für den Tesla an. Beide Fahrzeuge können der gehobenen Mittelklasse zugerechnet werden, die Motoren unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer jeweiligen Leistung deutlich. Verglichen wurden:

	Mercedes C220d (Diesel)	Tesla Modell 3 (Elektro)
Leistung	143kW/194PS	340kW/462PS
Beschleunigung 0-100 (km/h)	7,7s	4,4s
Höchstgeschwindigkeit	235 km/h	233km/h
Gewicht	1,9t	1,85t
Preis	41.138 €	46.560 €

Tabelle 1: Die von der TU Eindhoven und dem ifo Institut verglichenen Fahrzeuge

Während der Preis der beiden Fahrzeuge ähnlich hoch ist, ist die Leistung des Elektroautos deutlich höher als die des Diesels. Dies kann die Frage aufwerfen, ob ein Vergleich der beiden Modelle überhaupt einen gerechten Emissionsvergleich zwischen E-Autos und Verbrennern ermöglicht. Jedoch kann andersherum die Frage gestellt werden, ob die starken Motoren, die auch in den Mittelklasse-E-Autos von Tesla stecken, nicht tatsächlich deren ökologischen Anspruch negieren. Insbesondere weil es wenig Möglichkeiten gibt, schwächer motorisierte Fahrzeuge von Tesla zu kaufen. In diesem Falle könnte ein solcher Vergleich gerade sinnvoll erscheinen, um die Realität bezüglich der Fahrzeugklasse abzubilden. Die Studie der TU Eindhoven hat zudem neben den beiden Modellen der oberen Mittelklasse auch zwei Wagen der Kompaktklasse verglichen, die prozentual von den meisten Autofahrern in Deutschland genutzt wurden (vgl. Statistik 1). Die Daten zeigen auch hier, dass das Elektroauto (Volkswagen eGolf) eine geringe (54%) Gesamtemission besitzt, als der mit Benzin angetriebene Prius:

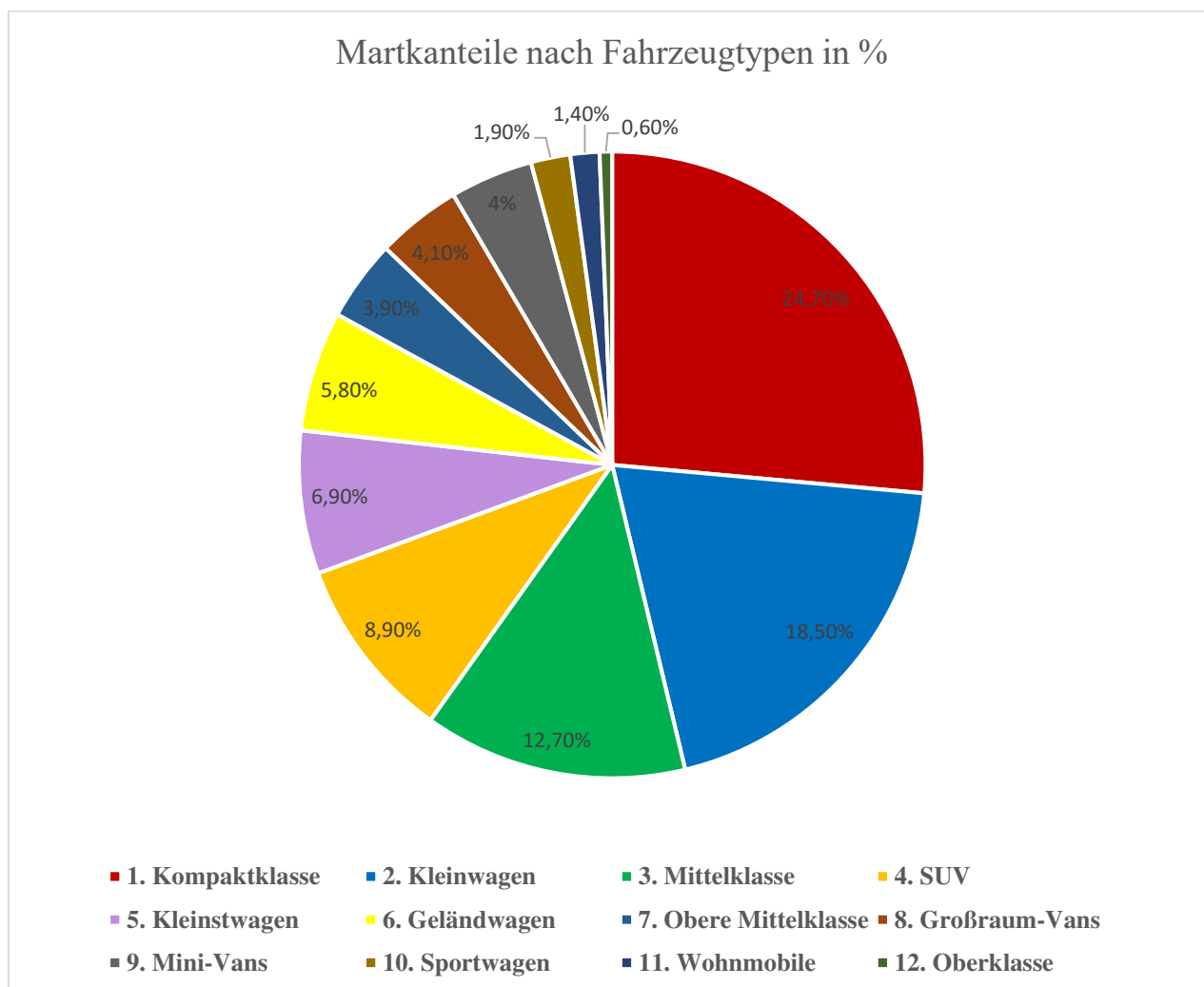
	Toyota Prius (Benzin/Hybrid)	Volkswagen eGolf
Leistung	90kW/120PS	100 kW/136 PS
Beschleunigung 0-100 (km/h)	11,1s	9.6 sec
Höchstgeschwindigkeit	162 km/h	150 km/h
Gewicht	1,6t	1,6t
Preis	38.000€	35.900 €
Emission (gCO <sub>2</sub> eq/km) durch Herstellung	28	33
Emissionen durch Kraftstoff	140	43
Gesamtemission per km	<b>168</b>	<b>78</b>

Tabelle 2: Die zusätzlich von der TU Eindhoven verglichenen Fahrzeuge

## Arbeitsaufträge:

1. Erläutere die Auswahl der Fahrzeuge und ihre Bedeutung für die Datenlage der Studie
2. Begründet, welchem Ansatz der beiden Studien ihr folgen würdet.
3. Entwickelt zusätzliche Möglichkeiten für einen Vergleich, die von den Studien nicht gewählt wurden

## Gruppe 1: Zusatzinformationen



Statistik 1: Marktanteil von Fahrzeugtypen in Deutschland (Quelle: Statista.de)

### Glossar

<b>g CO<sub>2</sub>eq/km bzw. kg CO<sub>2</sub>eq/kWh</b>	Bei der Herstellung von Strom, Batterien und Fahrzeugteilen werden verschiedenste Treibhausgase mit unterschiedlichen Effekten auf den Klimawandel emittiert. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu schaffen, werden alle diese Treibhausgase in Kohlenstoffdioxidäquivalente umgerechnet. So entspricht beispielsweise die Erhitzungswirkung von 1g Methan der von 28g CO <sub>2</sub> . Die Einheit misst also alle entstehenden Treibhausgase in der Einheit Gramm CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro gefahrenen Kilometer bzw. in Kilogramm CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Kilowattstunde Stromkapazität der Batterie. In vielen Artikel wird häufig der Einfachheit halber der trotzdem der Begriff CO <sub>2</sub> genutzt, auch wenn damit alle CO <sub>2</sub> -Äquivalente gemeint sind.
---	---

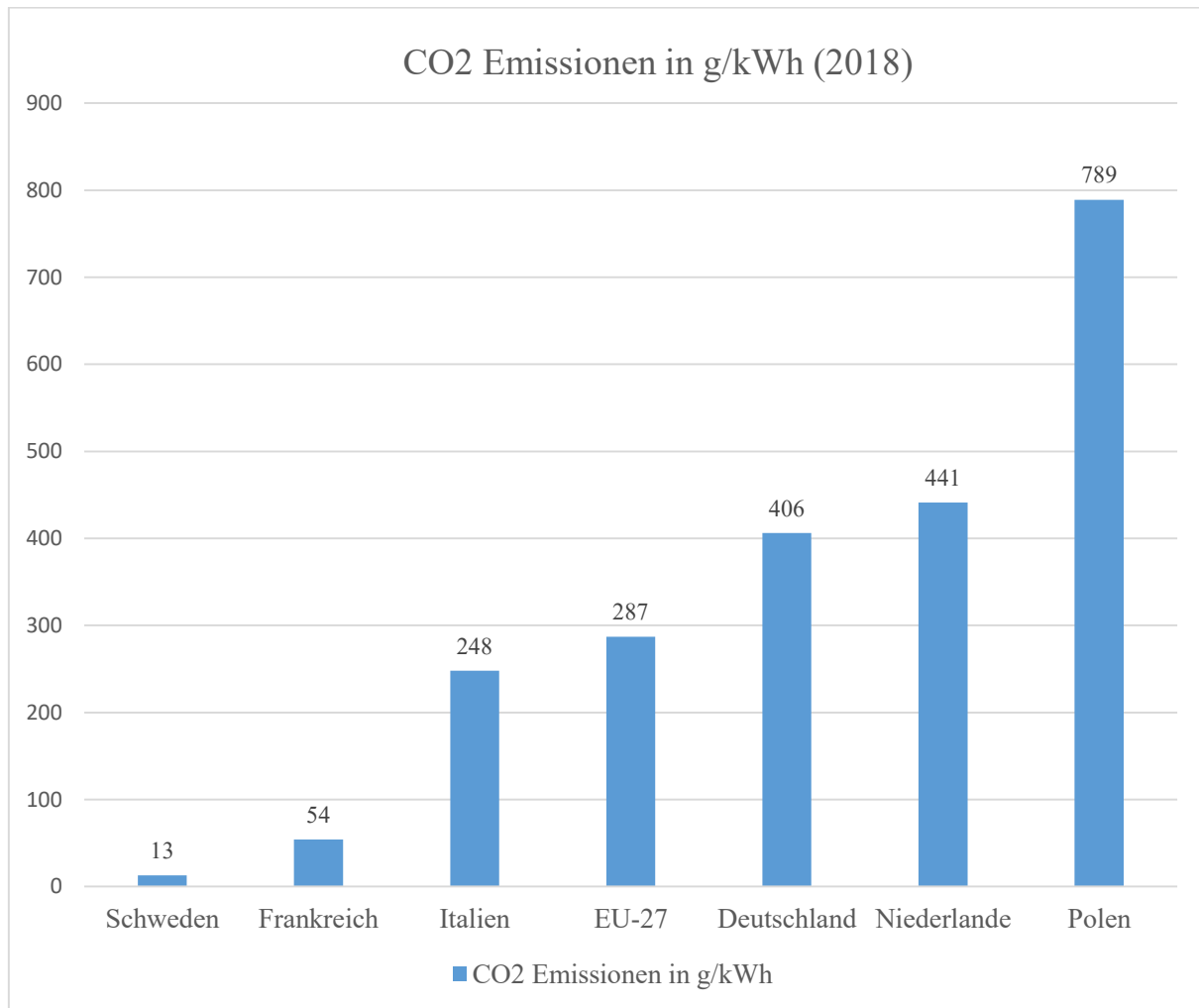
### Zusatzaufgabe:

1. Vergleicht die Emissionen der Kompaktklasse aus Tabelle 2 mit den Autos der oberen Mittelklasse in Material M4.2



## Gruppe 2 – Die Auswahl und Berechnung des Strommix

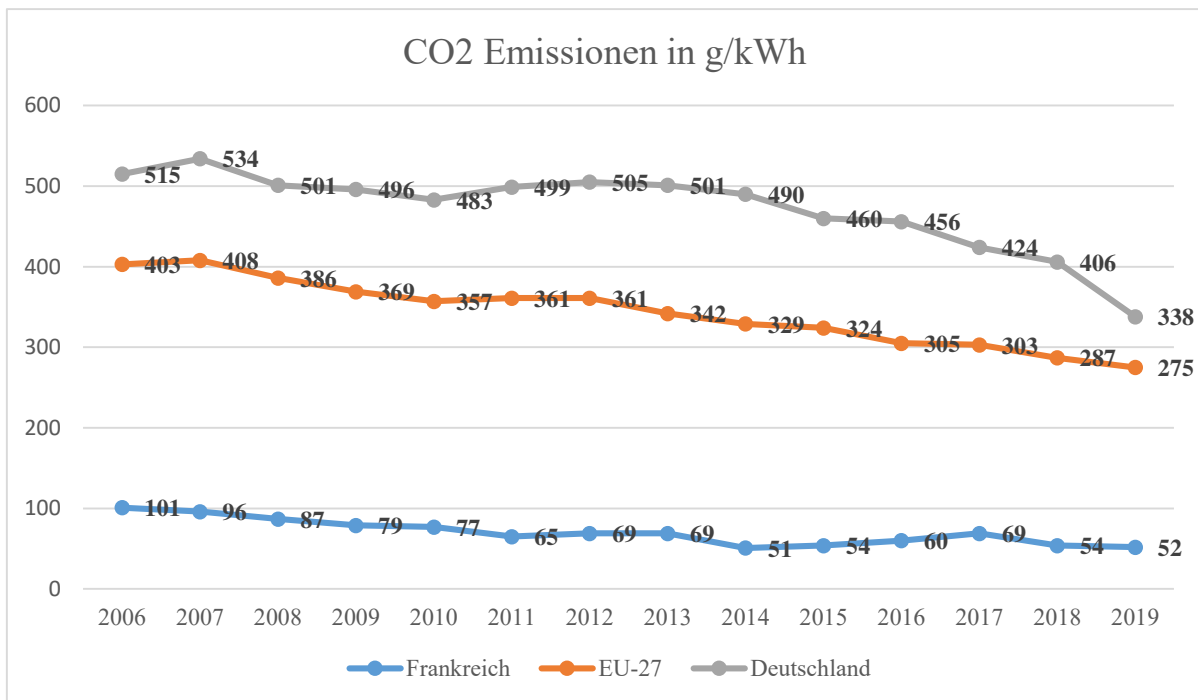
Der Strommix bezeichnet die durchschnittliche Zusammensetzung des Stroms eines Landes hinsichtlich der fossilen Energieträger wie beispielsweise Kohle, Gas oder Kernenergie und der erneuerbaren Energieträger wie Wind und Solar. Dieser wird für unterschiedliche Länder ermittelt und angegeben. Weiterhin gibt es auch einen europäischen Durchschnittstrommix. Der deutsche Strommix sticht dabei, aufgrund seines hohen Braunkohleanteils, mit deutlich höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber anderen Ländern in der EU, heraus.



**Statistik 1:** CO<sub>2</sub> Emissionen in Gramm (g) per Kilowattstunde (kWh), Stand 2018 (Quelle EEA)

In der Studie des ifo Instituts wird eine eigene Berechnung des deutschen Strommix von 2018 gewählt, die auf eine durchschnittliche Emission von 550g/kWh CO<sub>2</sub> kommt. Die Autoren rechnen hierbei weniger Strom aus erneuerbaren Energien ein, da dieser durch Produktionsschwankungen und Exporte nicht gleichmäßig an der Steckdose des Verbrauchers ankommt. Ihr Wert unterscheidet sich daher von anderen Berechnungen für das Jahr 2018, wie beispielsweise die der Europäische Umweltagentur (EEA). Den so gewonnen Emissionswert nutzen die Autoren als Ausgangspunkt, um die Emission des Elektroautos für die in den nächsten Jahren gefahrenen 300.000 Kilometer zu berechnen.

Die Studie der TU Eindhoven verfolgt einen anderen Ansatz. Sie gehen davon aus, dass die Verwendung des tatsächlichen aktuellen Energiemix Elektroautos künstlich klimaschädlich rechnen würde. Sie weisen darauf hin, dass die Emissionen pro Kilowattstunde in den letzten Jahren kontinuierlich beinahe linear gesunken sind (vgl. Statistik 2).



**Statistik 2:** CO2 Emissionen in Gramm (g) per Kilowattstunde (kWh), 2006-2019 (Quelle EEA)

Die Autoren der TU Eindhoven nehmen daher an, dass ein heute gebautes Auto in den nächsten 20 Jahren weniger Emissionen verursacht, da der Strom den es verbraucht immer klimafreundlicher wird. Sie bestimmen mittels einer linearen Regression einen Verlauf der Emissionen bei der Stromproduktion für die nächsten zwanzig Jahre und setzen diesen bei Elektroautos an. Die Ergebnisse der Emissionen des Tesla Model 3 pro Kilometer zeigen sich wie folgt:

Studie (Strommix)	Ifo Institut	TU Eindhoven
Emissionen/km	83 g CO <sub>2</sub> /km	40 g CO <sub>2</sub> /km

## Arbeitsaufträge:

1. Erläutere die Bedeutung der Berechnung des Strommix für die Datenlage der Studie
2. Begründet, welchem Ansatz der beiden Studien ihr folgen würdet.
3. Entwickelt zusätzliche Möglichkeiten für einen Vergleich, die von den Studien nicht gewählt wurden.

## Gruppe 2: Zusatzinformationen

<b>Strommix</b>	<p>Der Strommix bezeichnet die durchschnittliche Zusammensetzung des Stroms eines Gebiets hinsichtlich der Energieträger wie beispielsweise Kohle, Gas, Atom oder Erneuerbaren wie Wind und Solar. Eine zugehörige Jahreszahl markiert, aus welchem Jahr die Daten des Strommix stammen. Durch einen hohen Anteil an Wasserkraft und erneuerbaren Energien in Schweden und Atomkraft in Frankreich sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen in diesen Ländern verhältnismäßig niedrig. In Deutschland und in vielen anderen europäischen Länder sind durch den Anteil von Kohle und Gas die Emissionen im Vergleich deutlich höher. Dies führt entsprechend zu höheren Emissionswerten für Elektroautos.</p> <p>Der Strommix der TU Eindhoven nutzt im Vergleich zu der Studie des ifo Instituts nicht den Strommix eines Jahres als Grundlage für die Berechnungen. Bei einer Lebensdauer eines Elektroautos von 20 Jahren, so die Autoren, sei es unrealistisch anzunehmen, dass sich der Strommix nicht verbessere und Elektroautos nicht klimafreundlicher würden. Entsprechend ermittelten die Forscher mittels einer linearen Regression eine durchschnittliche Verbesserung der Emissionen des Strommix über die letzten 30 Jahre und setzen diesen als kontinuierlich weiterlaufend für die nächsten 20 Jahre ein.</p>
-----------------	--

## Zusatzaufgabe:

1. Der Verbrauch des Tesla Model 3 liegt bei 15kWh/100km. Berechne die Emission in CO<sub>2</sub> in Gramm pro Kilometer für den französischen und polnischen Strommix aus Statistik 1. Wie viel besser oder schlechter schneidet das Elektroauto zu den Werten des Diesel (vgl. M3.2/M4.2) ab.

### Gruppe 3 – Die Emissionen der Batterie

Für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen bei der Batterieproduktion besteht das Problem, dass diese von vielen Herstellern als Betriebsgeheimnis behandelt werden. Dennoch gibt es einige Studien, die diese auf Basis eigener Untersuchungen angeben (vgl. Tabelle 2). Die Studie des ifo Instituts greift auf eine erste veröffentlichte Metastudie von 2017 zurück, also eine Studie, die bisherige Ergebnisse vieler anderer Studien vergleicht und einordnet. Diese bietet einerseits einen deutlich besseren Überblick, als es einzelne Studien ermöglichen und gibt dabei eine Spannweite an, in der die Emissionen während der Batterieproduktion üblicherweise liegen. Wie hoch die genauen Emissionen sind, hängt vor allem von der Herkunft des verwendeten Materials und des Stroms für die Produktion ab. Allerdings wurden für die Metastudie hauptsächlich Untersuchungen herangezogen, bei denen Autobatterien noch in geringer Stückzahl produziert wurden. Daher kritisieren einige später veröffentlichte Studien die ermittelten Werte als deutlich zu hoch, da die Emissionen im Schnitt bei größeren Produktionen sinken würden.

Das ifo Institut folgt diesem Argument nicht. Dies könnte damit begründet werden, dass die Massenproduktion von Elektroautos noch am Anfang steht und daher im Vergleich zu Diesel- und Benzinfahrzeugen von höheren Produktionsaufwand ausgegangen werden muss. Die TU Eindhoven konnten dagegen auf eine aktualisierte Version derselben Metastudie von 2019 zurückgreifen, die zum Zeitpunkt der Studie des ifo Instituts noch nicht veröffentlicht war. In dieser zeigt sich, was bereits vorab in einigen anderen Studien vermutet wurde. Die Treibhausgasemissionen bei der Batterieproduktion liegen deutlich niedriger als zuvor angenommen. Die Ergebnisse der Metastudien und die angenommenen Rechenwerte der Studien des ifo Instituts (2019) und der TU Eindhoven (2020) gliedern sich wie folgt:

Studie	Metastudie 2017	Metastudie 2019
Ermittelte Emissionen	145 – 195 [kg CO <sub>2</sub> eq/kWh]	61 – 106 [kg CO <sub>2</sub> eq/kWh]
Studie	ifo Institut	TU Eindhoven
Für die Berechnung genutzte Emissionen	145 – 195 [kg CO <sub>2</sub> eq/kWh] Ø 170 kg CO <sub>2</sub> /kWh	61 – 106 [kg CO <sub>2</sub> eq/kWh] Ø 75 [kg CO <sub>2</sub> eq/kWh]

Tabelle 1: Emissionen bei der Batterieproduktion in CO<sub>2</sub>eq/kW

Ein wichtiger Unterschied der beiden Studien liegt auch in der angenommenen Lebensdauer der Batterien. Während das ifo Institut davon ausgeht, dass eine Batterie nach spätestens 150.000 km ersetzt werden muss, setzt die TU Eindhoven 250.000 km als Lebensdauer einer Batterie an. Bei einer höheren Lebensdauer der Batterie verteilen sich die Produktionsemissionen auf mehr Kilometer als bei einer geringen Lebensdauer. Die Emissionen pro Kilometer sinken entsprechend. Die Lebensdauer der Batterien und die hiermit verbundene Garantie werden von den Autoherstellern Volkswagen, Mercedes, Fiat und Nissan mit 160.000 km angegeben. Bei Tesla liegt diese bei einigen Modellen sogar bei 240.000 km. Erste empirische Studien zeigen, dass die Batterien in der Regel länger halten und teilweise sogar die Lebensdauer der Autos selbst übersteigen können. Jedoch ist die Studienlage hierzu noch begrenzt. Keine der beiden Studien berechnet jedoch die Emissionen des Recyclingprozesses, sowohl für die Autos als auch für die Batterien. Der Grund ist, dass gerade für letztere vielfach noch verlässliche Daten fehlen.

#### Arbeitsaufträge:

1. Erläutere die Bedeutung der ausgewählten Emissionsberechnung für die Datenlage der Studie.
2. Begründet, welchem Ansatz der beiden Studien ihr folgen würdet.
3. Entwickelt zusätzliche Möglichkeiten für einen Vergleich, die von den Studien nicht gewählt wurden.

## Gruppe 3: Zusatzinformationen

<u>Studienautoren</u>	Lebenszyklus	Treibhausgasemissionen	Batteriekapazität
Notter et al. (2010)	150.000 km	52,6 kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	34 kWh
Hawkins et al. (2010)	150.000 km	187,5 kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	24 kWh
Bauer et al. 2015	240.000 km	168 kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	25 kWh
Helms et al. 2016	168.000 km	124 kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	27,3 kWh
Ellingsen et al. 2016	180.000 km	120 kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	26,6 kWh
ADAC 2018	150.000 km	129 kg CO <sub>2</sub> eq/kWh	28 kWh

Tabelle 2: Weitere Studienergebnisse zur Emission bei der Batterieproduktion

## Glossar

<b>Studienautoren</b>	Die Schreibweise Notter et al. (2010) oder Bauer et al. (2010) beinhaltet den Nachnamen des Erstautors (Notter), den Hinweis, dass mehrere Autoren an der Studie beteiligt waren (et al. ist die Abkürzung für et alia, lateinisch für „und andere“) sowie die Jahreszahl der Veröffentlichung. Notter et al. (2010) bedeutet also, dass eine Person mit dem Nachnamen Notter zusammen mit anderen im Jahr 2010 die Studie veröffentlicht hat.
<b>g CO<sub>2</sub>eq/km bzw. kg CO<sub>2</sub>eq/kWh</b>	Bei der Herstellung von Strom, Batterien und Fahrzeugteilen werden verschiedenste Treibhausgase mit unterschiedlichen Effekten auf den Klimawandel emittiert. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu schaffen, werden alle diese Treibhausgase in Kohlenstoffdioxidäquivalente umgerechnet. So entspricht beispielsweise die Erhitzungswirkung von 1g Methan der von 28g CO <sub>2</sub> . Die Einheit misst also alle entstehenden Treibhausgase in der Einheit Gramm CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro gefahrenen Kilometer bzw. in Kilogramm CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro kWh (Kilowattstunde) Stromkapazität der Batterie. In vielen Artikeln wird häufig der Einfachheit halber der trotzdem der Begriff CO <sub>2</sub> genutzt, auch wenn damit alle CO <sub>2</sub> -Äquivalente gemeint sind.
<b>Treibhausgasemissionen</b>	Hier wird angegeben, wie viele Kilo CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro kWh Kapazität der Batterie emittiert werden. Die Daten hier weisen große Unterschiede auf, was unter anderem daran liegt, dass die Hersteller diese Angaben als Betriebsgeheimnis betrachten. Viele Studien mit besonders hohen Werten haben dabei Daten zur Grundlage, die vor der Massenfertigung von Batterien erhoben wurden. Durch diese Massenfertigung wurde es möglich, Batterien auch mit deutlich weniger Treibhausgasemissionen zu produzieren.
<b>Batteriekapazität und Umrechnung</b>	Die Emissionen bei der Produktion einer Batterie sind von ihrer Leistung und den Kilowattstunden (kWh) abhängig, die die Speicherkapazität einer Batterie beschreiben. In den Studien des ifo Instituts und der TU Eindhoven werden diese Werte auf jeden gefahrenen Gramm (g) pro Kilometer (km) umgerechnet, damit sie mit den Emissionen des Treibstoffs vergleichbar werden. Die Umrechnung erfolgt dabei folgendermaßen: $\left( \text{Treibhausgasemission} \left( \frac{\text{CO}_2\text{eq}}{\text{kWh}} \right) \times \text{Kapazität der Batterie} \right) \div \text{Lebenszyklus der Batterie}$ $(52,6\text{kg} \times 34\text{kWh}) \div 150.000(\text{km}) = 0,01192 \text{ kg/km}$ $0,01192 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \times 1.000 = 11,992 \frac{\text{g}}{\text{km}} \quad [1 \text{ Kilogramm (kg)} = 1.000 \text{ Gramm (g)}]$

## Zusatzaufgabe

1. Berechne die g/km Emission aller Studien aus Tabelle 2 und vergleiche sie mit den Ergebnissen des ifo Instituts und der TU Eindhoven

## Gruppe 4 – Der Verbrauch und der Prüfzyklus

Der bekannteste Testzyklus, um den Verbrauch von Autos zu ermitteln, ist der NEF-Zyklus (Neue Europäische Fahrzyklus). Dieser wird auch bei den Herstellerangaben für den Verbrauch genutzt. Problematisch am NEFZ ist jedoch, dass er den realen Treibstoffverbrauch teils stark unterschätzt. Nach wissenschaftlichen Analysen verbrauchen Autos auf der Straße etwa 40% mehr Treibstoff, als im NEFZ ermittelt wird. Dies schlägt sich bei Elektroautos durchschnittlich mit etwa 5g CO<sub>2</sub>eq/ km, bei Verbrennern mit etwa 50-100g CO<sub>2</sub>eq/km nieder. Aufgrund der deutlichen Kritik wurde eine Überarbeitung dieses Zyklus vorgenommen, das Ergebnis, der WLTC (Worldwide harmonized Light Duty Test Cycle), bildet den Verbrauch realistischer ab, ist aber in der Durchführung nicht von Automobilherstellern unabhängig und unterschätzt den Verbrauch in der Regel weiterhin.

Der Testzyklus der Environmental Protection Agency (EPA), der Umweltschutzbehörde der USA, unterscheidet sich insofern von den vorangegangenen, dass dieser von einer unabhängigen Einrichtung durchgeführt wird, die nicht durch die Automobilhersteller finanziert wird. Auf diese Weise werden Einflussnahmen umgangen. Die Ergebnisse geben den Realverbrauch zumeist sehr treffend wieder. Bei Elektroautos wird der Verbrauch „an der Steckdose“ gemessen, d.h. dass Ladeverluste bereits mit einberechnet sind. In der Studie des ifo Instituts wird der Verbrauch der getesteten Autos über den NEFZ bestimmt, da bezüglich des WLTC zwar Daten für den Mercedes, nicht jedoch für den Tesla vorliegen und daher keine Vergleichbarkeit möglich wäre.

Die Studie der TU Eindhoven wiederum bedient sich für den Tesla Model 3 den Daten der EPA. Da solche für den Mercedes C220d nicht vorliegen, da dieses Modell in den USA nicht verkauft wird, wurde sich hier an den von Kunden gemessenen realen Verbrauchswerten orientiert, wobei hier zugegeben wurde, dass es bei diesen Werten durch ungenau Messung zu einer leichten Überschätzung des Verbrauchs kommen könnte. Dennoch sind beide Angaben deutlich näher am realen Verbrauch der Fahrzeuge zu verorten. Die Ergebnisse zeigen sich wie folgt:

	Mercedes C200d		Tesla Model 3	
Studie	ifo Institut	TU Eindhoven	ifo Institut	TU Eindhoven
Testzyklus	NEFZ	Real	NEFZ	EPA
Verbrauch	4,5l/100km	6,5l/100km	15 kWh/100km	15,5 kWh/100km

Tabelle 1: Verbrauch und Testzyklen

### Arbeitsaufträge:

1. Erläutere die Bedeutung der ausgewählten Verbrauchsmessung für die Datenlage der Studie.
2. Begründet, welchem Ansatz der beiden Studien ihr folgen würdet.
3. Entwickelt zusätzliche Möglichkeiten für einen Vergleich, die von den Studien nicht gewählt wurden.



#### Gruppe 4: Zusatzinformationen

**Artikel (auf Basis von):** WLTP statt NEFZ: So funktioniert das neue Messverfahren (ADAC, 21.01.2021)

Vor einigen Jahren wurde im Auftrag der EU-Kommission ein neues, verpflichtendes **Messverfahren** namens **Worldwide harmonized Light Duty Test Procedure (WLTP)** und ein neuer **Prüfzyklus, der Worldwide harmonized Light Duty Test Cycle (WLTC)**, entwickelt. Das Ziel der Maßnahme: realistischere Verbrauchsangaben für die Käufer. Wirksam wurde die Reform im September 2017. Damals lösten WLTP und WLTC den **NEFZ-Zyklus** ab und bilden seither die Grundlage der **offiziellen Typgenehmigung** neuer Pkw-Modelle in der EU. Seit September 2018 sind auch Autokäufer von der Änderung betroffen, denn seit diesem Stichtag ist WLTP für die Erstzulassung jedes Neuwagens verbindlich festgeschrieben.

Die Verbrauchsangaben nach WLTP sind genauer und näher an der Praxis. Denn das neue Messverfahren und der neue Prüfzyklus basieren auf realen Fahrdaten aus 14 Ländern. Daraus sind durchschnittliche Fahrprofile entstanden. Der WLTP besteht aus Einzelzyklen, die in Abhängigkeit neu eingeführter Fahrzeugklassen angewendet werden. Des Weiteren müssen alle **erhältlichen Motor-Getriebe-Kombinationen** untersucht werden – und auch Sonderausstattungen, die das Gewicht und die Aerodynamik des Fahrzeugs individuell beeinflussen. Dauerte der Test beim **alten NEFZ noch 20 Minuten**, sind es beim **WLTP 30 Minuten**. Demzufolge verlängerte sich die gefahrene Strecke von 11 auf 23,25 Kilometer. Außerdem definiert der WLTP die Geschwindigkeits- und Lastverhältnisse anspruchsvoller. Gemessen wird bei einer Prüftemperatur von 23 °C und in Europa zusätzlich bei 14 °C, der europäischen Durchschnittstemperatur.

## Glossar

<b>Fahrzyklus</b>	<p>Der bekannteste Testzyklus, um den Verbrauch von Autos darzustellen, ist der <b>NEFZ-Zyklus</b>. Dieser wird auch bei den Herstellerangaben für den Verbrauch genutzt. Problematisch an diesem ist, dass er den realen Treibstoffverbrauch teils stark unterschätzt. Der Fahrzyklus <b>Real</b> impliziert, dass ein eigener Verbrauchstest unter möglichst realitätsnahen Bedingungen durchgeführt wurde. Der Verbrauch, der hier ermittelt wird, ist in der Regel deutlich höher als beim NEFZ.</p> <p>Der Testzyklus der Environmental Protection Agency (<b>EPA</b>) unterscheidet sich insofern von den vorangegangenen, dass dieser von einer unabhängigen Einrichtung durchgeführt wird, die nicht durch die Automobilhersteller finanziert wird. Auf diese Weise werden Einflussnahmen umgangen. Die Ergebnisse geben den Realverbrauch zumeist sehr treffend wieder. Bei Elektroautos wird der Verbrauch „an der Steckdose“ gemessen, d.h. das Ladeverluste bereits mit einberechnet sind.</p> <p>Der ADAC verwendet sein eigenes Testverfahren <b>ECO-Test</b>, bei dem Fahrzeuge auf dem Prüfstand gemessen werden. Dabei kommt eine aktualisierte Version des NEFZ, der <b>WLTP/C</b> zum Einsatz. Dieser liegt mit seinem ermittelten Verbrauch näher an dem realen Verbrauch, besitzt aber immer noch die Schwäche, dass die Testlabore nicht von den Automobilherstellern unabhängig sind und der Verbrauch auch weiterhin zumeist unterschätzt wird.</p>
-------------------	---

## Zusatzaufgabe:

1. Erläutert die Unterschiede der in dem Artikel beschriebenen Prüfzyklen

## 2. Verlaufsplanung (5stnd)

Phase (Zeit) [Stelle im Modellierungskreislauf ]	Lehrer:innenaktivitäten und - impulse	Antizipierte Schüler:innenaktivi- täten	Materialien
Begrüßung (2 min)	L begrüßt die Klasse.		
<b>Unterrichtseinheit 1 – 90 Minuten</b>			
Einstieg (8 min)	<p>Die Lehrkraft wirft die Schlagzeile an und fordert die Schülerinnen und Schüler auf, diese vorzulesen und zu ihr Stellung zu nehmen. Hierbei sollen Präkonzepte und bereits vorhandene Meinung zu diesem Thema aktiviert und geäußert werden. Die SuS sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Begriffe äußern, die ihnen dazu bekannt sind und die sie damit verbinden</li> <li>• Falls dazu bereits Meinungen vorherrschen, ob Elektromobilität gefördert werden soll oder nicht, sollen die SuS diese äußern und mit Argumenten unterlegen</li> </ul> <p>Stundenfrage: Soll Elektromobilität gefördert werden oder nicht?</p>	<p>-Die SuS äußern Begriffe, die ihnen in den Sinn kommen</p> <p>-Die SuS äußern ihre Meinung und begründen diese</p>	Material 1
Erarbeitung I (20 min)	Die Lehrkraft teilt Arbeitsblatt 2 aus, das von den SuS bearbeitet wird. Die Ergebnisse werden mit einem Partner und dann im Plenum verglichen.	Die SuS arbeiten die zentralen Kriterien in Einzelarbeit aus dem Text heraus. Danach erfolgt ein Vergleich mit einem Partner und im Plenum	Material 2
Erarbeitung II (40 min)	Die Lehrkraft teilt die Klasse in Gruppen ein (Bei 30 SuS bswp. in 6 Gruppen mit 5 SuS). Die SuS bearbeiten in ihren Gruppen die Arbeitsblätter 3 und 4. Die SuS bearbeiten Aufgabe 1-3 zunächst alleine, dann vergleichen sie es mit der Gruppe.	Die SuS bearbeiten ihre Arbeitszettel zunächst in Einzelarbeit. Danach erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse mit der Gruppe. Unterschiedliche Antworten werden diskutiert.	Material 3.1 und 4.1

Sicherung und Vertiefung (20 min)	<p>Die Gruppen präsentieren ihre Argumente und schreiben die Abschlussätze an die Tafel, um die Stundenfrage zu beantworten.</p> <p>Am Ende schreiben alle SuS die Abschlussätze der Argumente ab.</p> <p>Abschließend äußern die SuS erste Überlegungen, woran die unterschiedlichen Ergebnisse liegen könnten. Je nach Zeit kann dies im Plenum besprochen werden.</p>	<p>Die SuS präsentieren ihr Urteil. Hierbei sollte deutlich werden, dass jeweils zwei Gruppen gänzlich unterschiedliche Urteil gefällt haben.</p> <p>Die SuS äußern Vermutungen, woran das liegen könnte. (Bspw. falsche Daten, falsche Berechnung, unterschiedliche Autos).</p>	Tafel
<b>Unterrichtseinheit 2 – 45 Minuten</b>			
Einstieg (5 min)	<p>Die Lehrkraft fordert die Schülerinnen und Schüler auf zu wiederholen, was in der letzten Stunde entwickelt wurde/die prägnanten Sätze/Statements zu wiederholen.</p> <p>Stundenfrage: Worin liegen die Unterschiede der beiden Studien?</p>	Die SuS geben die Ergebnisse der letzten Stunde wieder.	
Erarbeitung I (20 min)	Die SuS kommen erneut in den Gruppen der letzten Stunde zusammen und erhalten die Arbeitsblätter 3.2. und 4.2, abhängig von den Arbeitsblättern, die sie in der letzten Stunde erhalten haben. Die Aufgaben direkt in Gruppenarbeit durchgeführt werden.	Die SuS bearbeiten die Aufgabenzettel in ihren ursprünglichen Gruppen aus der vorherigen Stunde. Hierbei kann sich auch während des Arbeitsprozesses beraten werden.	Material 3.2 und 4.2
Vergleich und Sicherung (20 min)	<p>Die SuS bilden neue Gruppen, in den jeweils 2 oder 3 Personen aus den Gruppen mit Material 3 und jeweils 2 oder 3 Personen aus den Gruppen mit dem Material 4 zusammenkommen.</p> <p>Der Arbeitsauftrag der Gruppen lautet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stellt den anderen Gruppenpartnern eure Studie und deren Ergebnisse vor</li> <li>2) Vergleicht die Ergebnisse eurer Arbeitsblätter</li> </ol>	<p>Die SuS finden sich in neuen Gruppen zusammen und tauschen die zentralen Aspekte ihres Materials aus.</p> <p>Abschließend gibt eine Person aus jeder Gruppe die Ergebnisse kurz mündlich wieder.</p>	Material 3.2 und 4.2

	<p>3) Prüft, wo die Unterschiede zwischen den Studien liegen</p> <p>Nach Schritt 2 können die Ergebnisse kurz mündlich im Plenum gesammelt werden. Falls nicht wird hier in der nächsten Stunde angeknüpft.</p>		
<b>Unterrichtseinheit 3 – 90 Minuten</b>			
Einstieg (5min)	<p>Die SuS wiederholen die Ergebnisse der Vorstunde und fassen zusammen, wo die Unterschiede der beiden Studien liegen</p> <p>Stundenfrage: Wie kommen die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen?</p>	Die SuS wiederholen das Ergebnis der letzten Stunde.	Tafel
Erarbeitung I (35 min)	<p>Die Klasse kommt in den Gruppen aus der letzten Stunde zusammen und bekommen jeweils unterschiedliche Arbeitsblätter (5.1-5.4) ausgehändigt. Die SuS bearbeiten die Aufgaben 1-3. Die SuS bearbeiten die Aufgaben erst in Einzelarbeit und vergleichen/ergänzen die Ergebnisse dann mit der Gruppe.</p> <p>Falls eine Gruppe deutlich schneller sein sollte als die andere, findet sich auf jedem Aufgabenzettel eine Zusatzaufgabe.</p>	Die Schülerinnen und Schüler kommen aus den Gruppen der letzten Stunde (nach dem Gruppenpuzzle) zusammen und bearbeiten die Aufgaben. Nachdem jede Person ihre Aufgabe gelöst hat, werden die Ergebnisse in der Gruppe verglichen.	Materialien 5.1, 5.2, 5.3., 5.4
Erarbeitung II (30min)	<p>Die SuS bilden neue Gruppen, die jeweils mindestens eine Person aus den alten Gruppen beinhaltet. .</p> <p>Der Arbeitsauftrag der Gruppen lautet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stellt den anderen Gruppenpartnern die Erkenntnisse eurer Arbeitszettel vor</li> <li>2) Wägt die Stärken und Schwächen der Studien ab und fällt ein Urteil, welche euch insgesamt besser aufgebaut ist.</li> <li>3) Nehmt abschließend Stellung, ob Elektromobilität</li> </ol>	<p>Die SuS finden sich in neuen Gruppen zusammen und tauschen sich über ihre Erkenntnisse aus.</p> <p>Die SuS treffen sie ein Gesamturteil darüber, welche Studie die realitätsnäheren Annahmen und Daten besitzt.</p>	Materialien 5.1, 5.2, 5.3., 5.4

	gefördert werden sollte oder nicht (Einstieg Stunde 1)		
Sicherung und ggf. Vertiefung (20min)	<p>Jede Gruppe stellt ihre Stellungnahme vor. Bestenfalls werden ihre Argumente per OHP, Dokumentenkamera oder Activeboard auch visuell der Klasse vorgestellt.</p> <p>Nach den Präsentationen können bei unterschiedliche Positionen im Plenum diskutiert werden.</p>	Die SuS präsentieren ihre Einschätzung bezüglich der Studie und bezüglich der Förderung von Elektroautos.	Tafel/OHP/ Activeboard