

Chemie-Labothek

PHOTO- REFORMIERUNG

BLOCK 4

Wasserstoff als zukünftiger Energieträger?

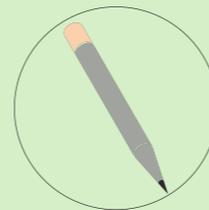


BLOCK 4

ANLEITUNG & HINWEISE

Im folgenden Abschnitt finden Sie die Anleitungen zu den Versuchen. Versuchsdurchführungen sind mit einem „V“ gekennzeichnet (z. B. V 2.1). Anschließend sind einzelne Auswertungsfragen/-aufgaben angefügt (z. B. A 1.2).

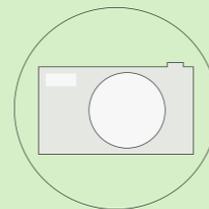
Zwischendurch werden Sie diverse Symbole und Piktogramme erkennen.



Stellen, an denen Sie etwas ausfüllen oder ergänzen sollen, sind mit diesem Symbol markiert.



Mit einem Klick auf dieses Symbol werden Sie auf eine Quelle im Internet geleitet, die Ihnen zusätzliche Informationen bietet.



Dieses Symbol signalisiert, dass Sie an dieser Stelle mithilfe der Kamera Aufnahmen tätigen sollen.

Photoreformierung von Ethanol

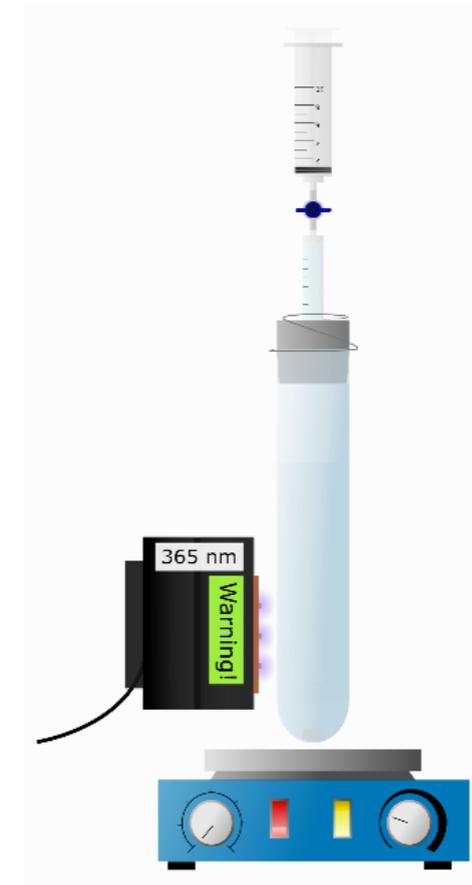
Arbeitsmaterialien

Ultraschallbad, großes Reagenzglas (Quarzglas), Becherglas, Magnetrührplatte, Rührfisch (kleine Form), durchbohrter Stopfen, 10-mL-Spritze, 1-mL-Spritze, Kanüle, Zweiwegehahn, Stativmaterial, Highpower-LED (365 nm), Gasbeutel mit Septum, Petrischale, Feuerzeug

Chemikalien

Ethanol-Lösung ($c = 1 \text{ mol/L}$)
50 mg TiO_2/Pt -Katalysator
Flüssigseife

Versuchsskizze



Versuchsaufbau

Versuchsdurchführung - Photoreformierung von Ethanol

V 1.1



Führen Sie den Versuch entsprechend der abgebildeten Anleitung Schritt für Schritt durch. Bestrahlen Sie die Suspension für mindestens *30 Minuten*.

Schritt 1

Geben Sie die abgewogenen 50 mg Katalysator in ein großes Reagenzglas (Quarzglas) und geben Sie eine Ethanol-Lösung ($c = 1 \text{ mol/L}$) zum Katalysator hinzu, sodass das Reagenzglas zu etwa 2 cm hoch gefüllt ist.



Schritt 2

Tauchen Sie das Reagenzglas mit der Suspension für drei Minuten in ein Ultraschallbad.

Füllen Sie anschließend das Reagenzglas mit der Ethanol-Lösung bis ca. 1 cm unterhalb des Randes auf.



Versuchsdurchführung – Photoreformierung von Ethanol

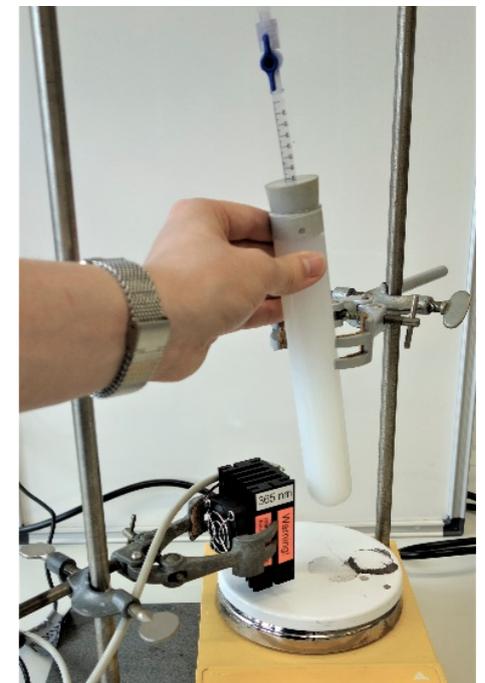
Schritt 3 Geben Sie einen Rührfisch in die Suspension.



Schritt 4 Verschließen Sie das Reagenzglas mit einem durchbohrten Stopfen, in den eine 1-mL-Spritze mit aufgesetztem Zweiwegehahn gesteckt ist.

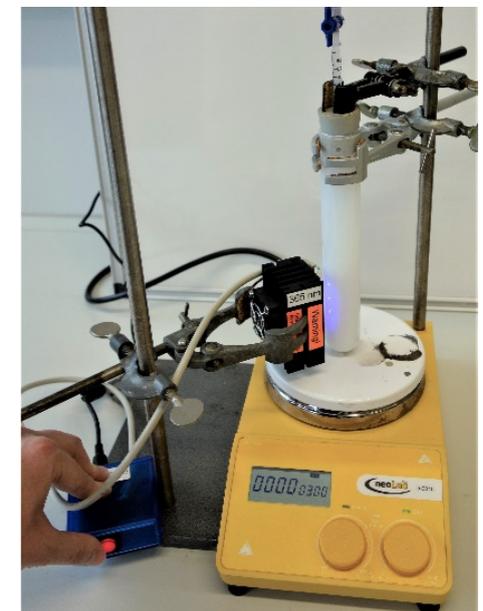


Schritt 5 Spannen Sie das Reagenzglas mit dem befestigten Aufsatz in eine Stativklemme auf einer Magnet-rührplatte ein.



Versuchsdurchführung – Photoreformierung von Ethanol

- Schritt 6 Setzen Sie eine 10-mL-Spritze auf den Zweiwegehahn auf. Der Stempel der Spritze soll nach unten gedrückt sein.
- Schritt 7 Spannen Sie eine weitere Stativklammer unmittelbar über dem Stopfen, sodass dieser fest auf den Stopfen drückt.
- Schritt 8 Schalten Sie zuerst die Magnetrührplatte (300 U/min) und anschließend die Highpower-LED (365 nm) zur Bestrahlung der Suspension ein. Bestrahlen Sie mindestens 30 Minuten.



A 1.1 Lesen Sie zunächst die Infotexte auf den Seiten 7 und 8.

Photoreformierung

Photoreformierung bezeichnet einen Prozess, bei dem aus unterschiedlichen Ausgangsstoffen (Substrate) mithilfe eines **Photokatalysators** Wasserstoff gewonnen werden kann.

Durch einen Photokatalysator (bspw. Titandioxid, TiO_2) wird zunächst Licht absorbiert (Abbildung 1). Dabei geht ein Elektron aus dem Valenz- in das Leitungsband über. Es bildet sich ein Elektron-Loch-Paar (Abbildung 2). Das Loch im Valenzband wird durch ein Elektron eines Donator-Teilchens gefüllt. Dabei wird das Donator-Teilchen oxidiert. Das Elektron im Leitungsband wird an ein Akzeptor-Teilchen übertragen, welches dadurch reduziert wird (Abbildung 3).

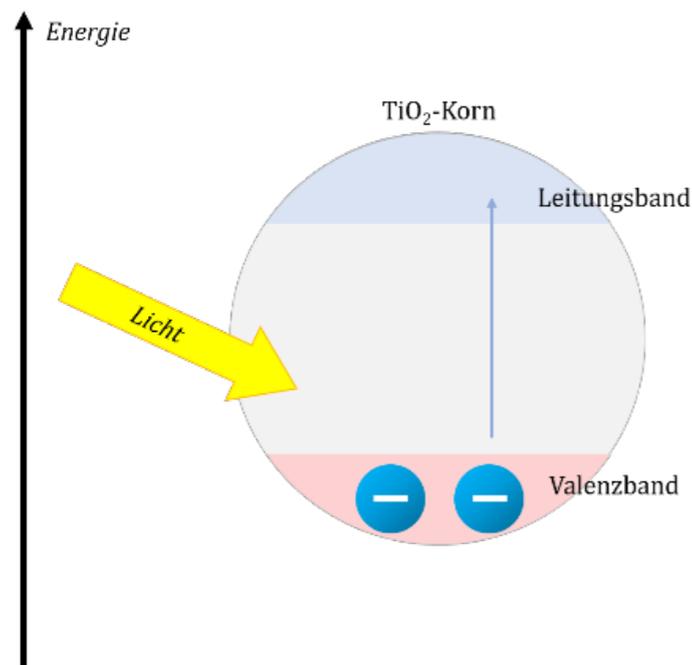


Abbildung 1: Absorption von Licht durch den Photokatalysator

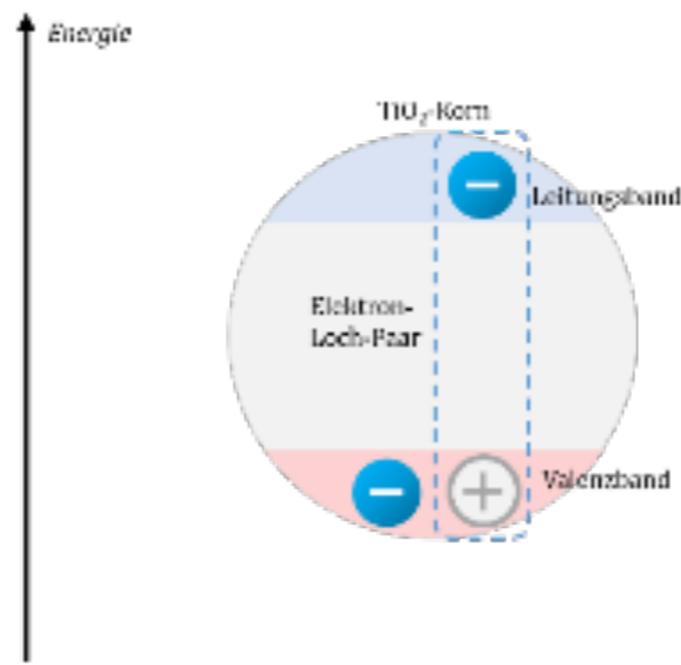


Abbildung 2: Elektron-Loch-Paar

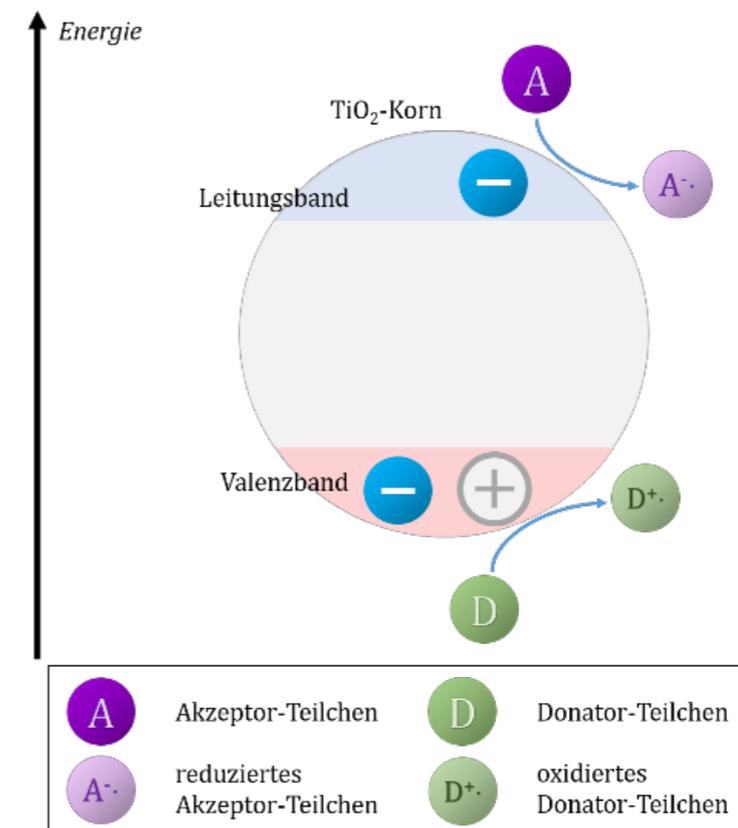


Abbildung 3: Reduktion und Oxidation am Photokatalysator

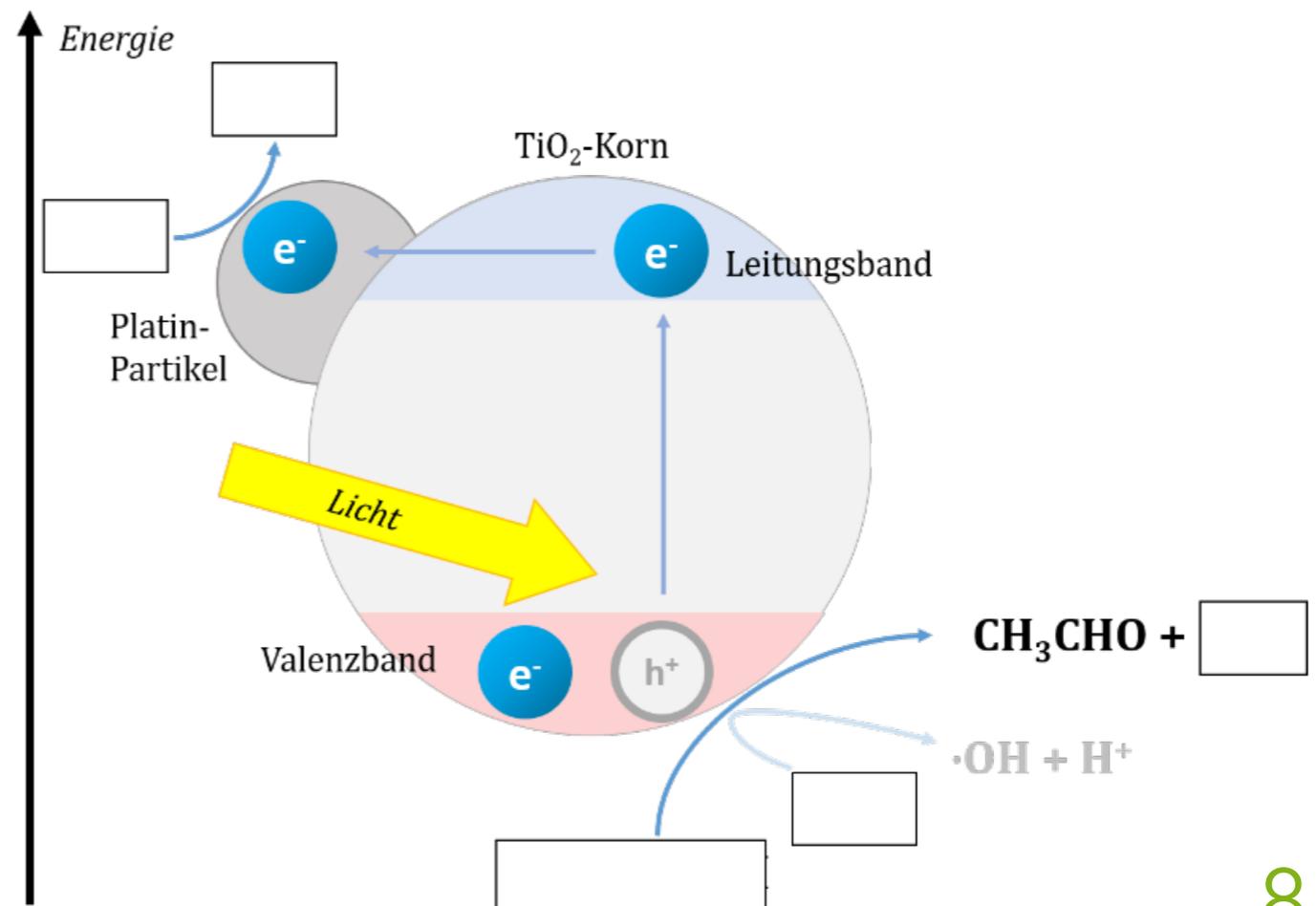
Einsatz eines Co-Katalysators

Zur Steigerung der Ausbeute von Wasserstoff kann Titandioxid mit geringen Mengen an Metallen (Platin oder Gold) belegt werden. Elektronen können vom Leitungsband auf die Metallpartikel übertragen werden, was eine unerwünschte Rekombination der Elektron-Loch-Paare verhindert. Die Elektronen werden vom Platinpartikel auf Protonen übertragen. Bei dieser Reduktion entstehen Wasserstoff-Moleküle. Um die entstandenen Löcher im Valenzband zu füllen, eignen sich oxiderbare Substrat-Moleküle, die eine oder mehrere Hydroxy-Gruppen besitzen, besonders gut. Somit können Alkohole, Zucker, Stärke, und sogar Cellulose genutzt werden. Auch Wasser-Moleküle können Elektronen übertragen, wobei Hydroxyl-Radikale ($\cdot\text{OH}$) und Protonen (H^+) gebildet werden. Da die Substrate in wässrigen Lösungen vorliegen, findet diese Reaktion auch in einem geringen Umfang statt.

A 1.2



Das nebenstehende Schema soll die Photoreformierung für Ethanol zeigen. Ergänzen Sie die fünf freien Felder.



■ Die Farben des Wasserstoffs

Wasserstoff lässt sich über verschiedene Wege industriell herstellen. Dem Wasserstoff wird eine Farbe zugeordnet, je nachdem, wie er erzeugt/produziert wurde. Dabei spielen vor allem die Rohstoffe und ob bzw. mit wie vielen Emissionen an Kohlenstoffdioxid in die Umwelt zu rechnen ist.

- A 2.1 Vergleichen Sie tabellarisch die „Farben“ des Wasserstoffs, indem Sie den CO₂-Ausstoß, die eingesetzten Ausgangsstoffe, dem Herstellungsweg und seinen Einsatz in der Industrie gegenüberstellen. Lesen Sie dazu die Seiten 11-13.



A large, empty light green rectangular area intended for the student to create a table comparing the 'colors' of hydrogen based on CO₂ emissions, raw materials, production methods, and industrial use.

A 2.2

Begründen Sie, welcher Farbe Sie die Wasserstoffherstellung durch Photoreformierung zuordnen würden.



A large green rectangular area containing four horizontal black lines, intended for writing an answer.

GRÜNER WASSERSTOFF

Hierbei handelt es sich um Wasserstoff, der durch Elektrolyse von Wasser gewonnen wird. Entscheidend ist allerdings bei diesem Produktionsweg, dass der Strom zur Elektrolyse aus erneuerbaren Energien (Solar oder Wind) gewonnen wird. Ebenfalls hinzugezählt wird die Herstellung von Wasserstoff durch Fermentation von Biomasse und die Nutzung dieser für mikrobielle Brennstoffzellen. Grüner Wasserstoff wird als CO₂-neutral klassifiziert. Allerdings werden die genannten Herstellungswege in der Industrie noch nicht großflächig eingesetzt.

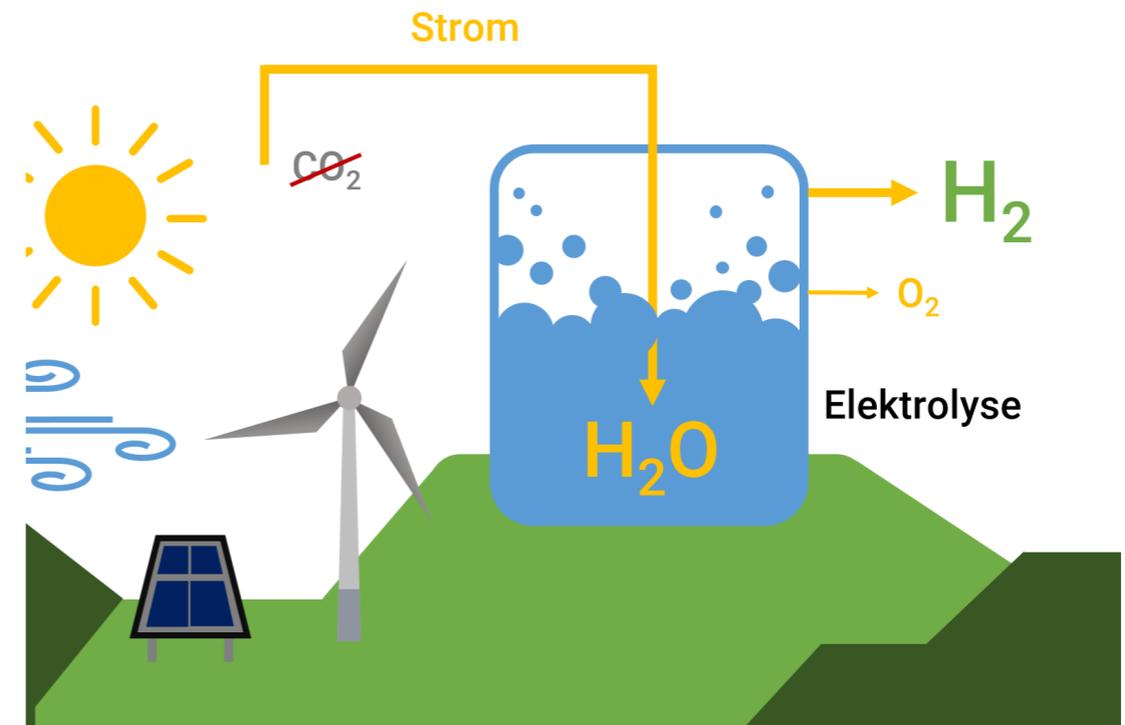


Abbildung nach ENBW: https://www.enbw.com/unternehmen/ecojournal/wasserstoff-farben.html?gclid=EAlalQobChMI8aCXwOTK9gIVU4XVCh0UnQyEEAAYASAAEgIOQ_D_BwE

BLAUER WASSERSTOFF

Wasserstoff, dessen Erzeugung mit einem CO₂-Abscheidungs- und Speicherverfahren verbunden ist (*Carbon Capture and Storage, CCS*), wird als blauer Wasserstoff bezeichnet. Bei der Herstellung werden vor allem Erdgas oder Biogas durch Dampfreformierung zu Wasserstoffgas und CO₂ umgesetzt. Das entstandene CO₂ gelangt jedoch nicht in die Atmosphäre, sondern wird bspw. in ehemaligen Erdöl- oder Erdgasfeldern unter der Erde gespeichert, wodurch dieser Prozess als CO₂-neutral gilt.

GRAUER WASSERSTOFF

Über Dampfreformierung fossiler Energieträger (Erdgas, Erdöl, Kohle) wird aktuell ein Großteil des industriell hergestellten Wasserstoffs gewonnen. Diese Form wird als grauer Wasserstoff bezeichnet und ist mit einer erheblichen Menge an CO₂-Emissionen in der Umwelt verbunden.

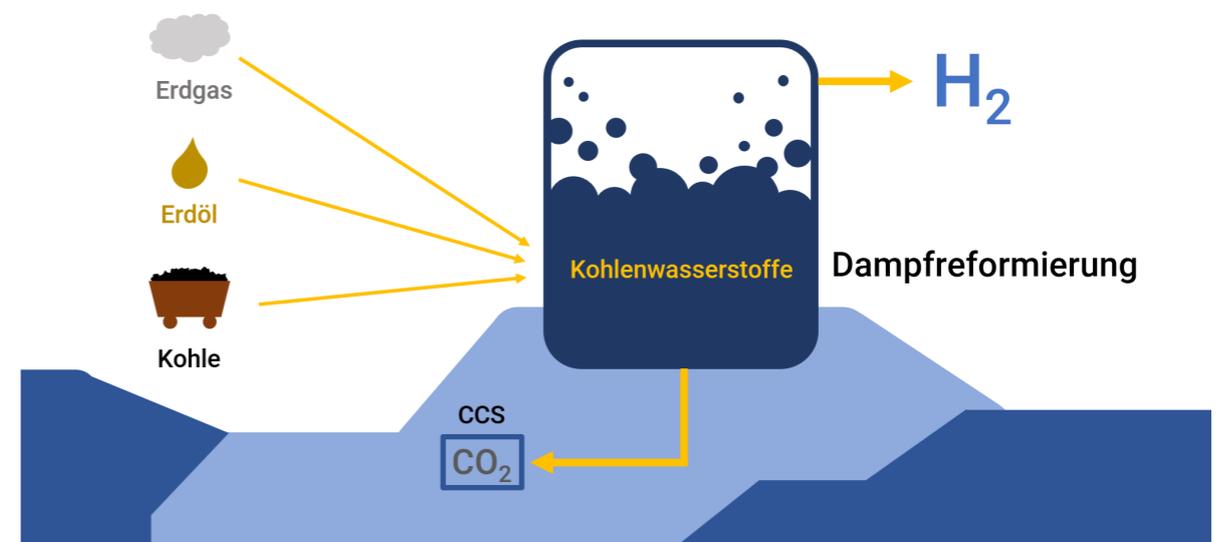


Abbildung nach ENBW: https://www.enbw.com/unternehmen/ecojournal/wasserstoff-farben.html?gclid=EAlaIQobChMI8aCXwOTK9gIVU4XVCh0UnQyEEAAYASAAEgIOQ_D_BwE

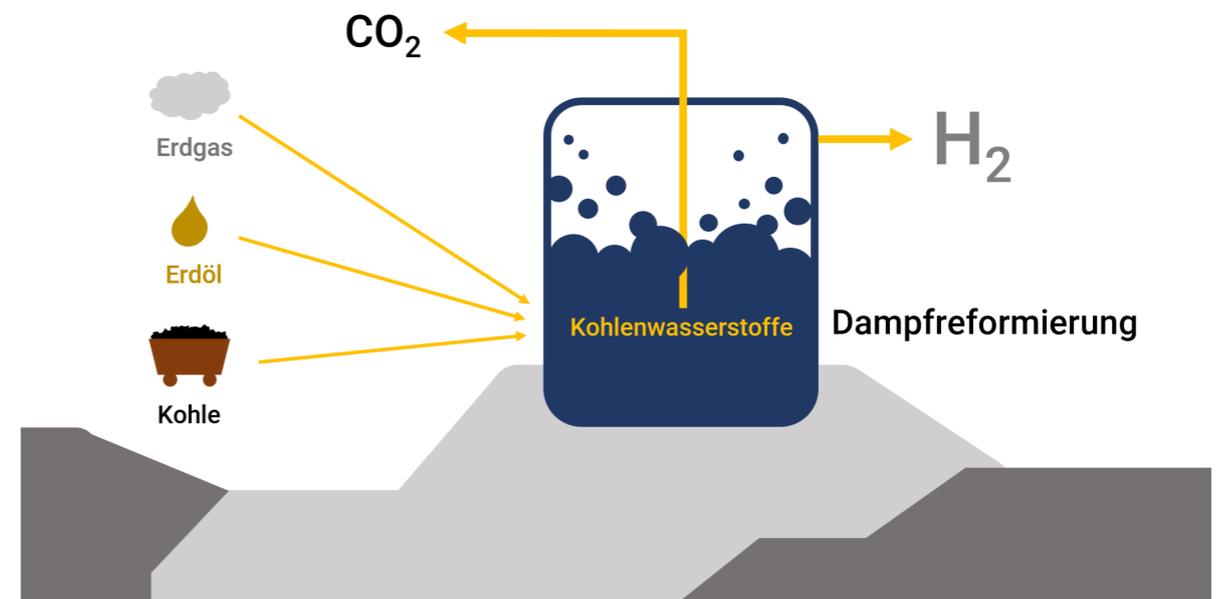


Abbildung nach ENBW: https://www.enbw.com/unternehmen/ecojournal/wasserstoff-farben.html?gclid=EAlaIQobChMI8aCXwOTK9gIVU4XVCh0UnQyEEAAYASAAEgIOQ_D_BwE

TÜRKISER WASSERSTOFF

Türkiser Wasserstoff wird durch thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt. Ausgangsstoff ist Erdgas. Neben Wasserstoff entsteht zudem fester Kohlenstoff. Dieser Kohlenstoff kann anschließend eingelagert werden. Voraussetzung für die CO₂-Neutralität dieses Prozesses ist neben der dauerhaften Speicherung des Kohlenstoffs auch die Energieversorgung des Hochtemperaturreaktors durch Einsatz erneuerbarer Energiequellen. Aktuell wird an diesem Produktionsweg weiter geforscht, um ihn in größerem industriellem Maßstab nutzen zu können.

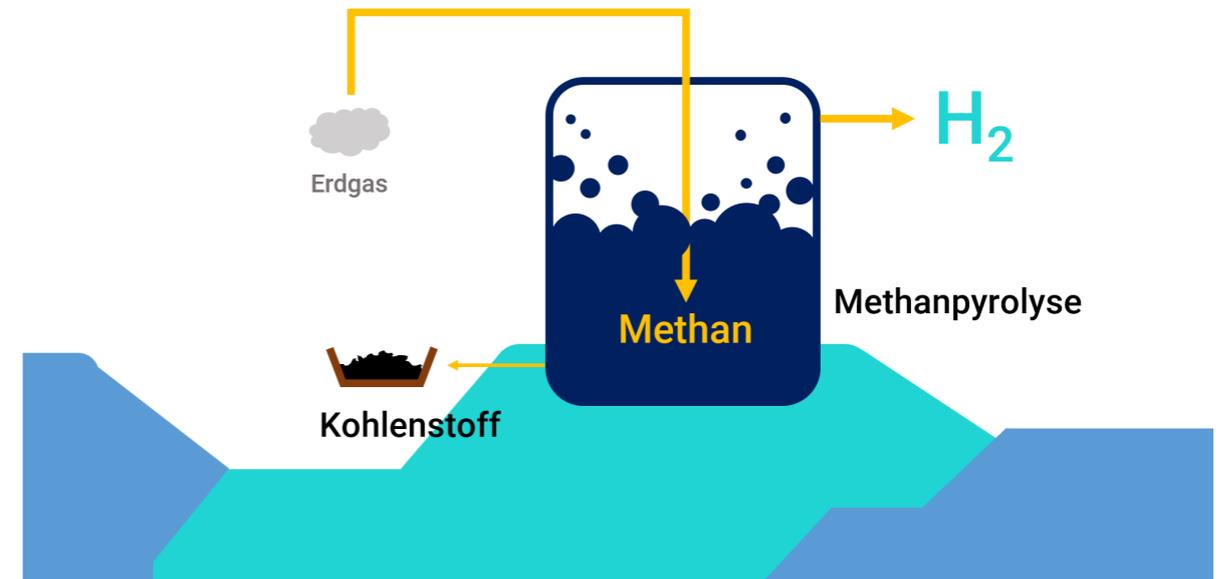


Abbildung nach ENBW: https://www.enbw.com/unternehmen/ecojournal/wasserstoff-farben.html?gclid=EAlalQobChMI8aCXwOTK9gIVU4XVCh0UnQyEEAAYASAAEgIOQ_D_BwE

Wasserstoff und Mobilität

Seit mehreren Jahren ist Wasserstoff verstärkt Gegenstand politischer und gesellschaftlicher Diskussionen im Rahmen des Umstiegs von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern. Dabei stehen vor allem elektrische und wasserstoffbasierte Antriebe im Gegensatz. Doch worin liegen überhaupt Vorteile oder Nachteile für die verstärkte Nutzung von Wasserstoff? Und scheint eine Fokussierung auf entweder die eine oder die andere Antriebsvariante im Verkehrssektor sinnvoll?

- A 3.1 Diagramme 1 & 2 zeigen die Treibhausgasemissionen von Fahrzeugen mit Elektroantrieb und wasserstoffbasierten Brennstoffzellen in Bezug auf Energieform sowie die Herstellung der Batterien bzw. Brennstoffzellen. Vergleichen Sie die beiden Diagramme und notieren Sie stichpunktartig die **drei** Ihrer Meinung nach wichtigsten Unterschiede bei den Treibhausgasemissionen beider Antriebsformen, die für die nächsten beiden Jahrzehnte angenommen werden.

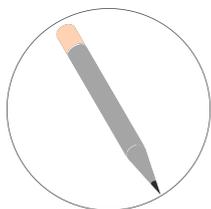


Diagramm 1: Treibhausgasemissionen bei Fahrzeugen mit Brennstoffzellen und Elektroautos (2020-2030)

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle, *Brennstoffzellenfahrzeug*

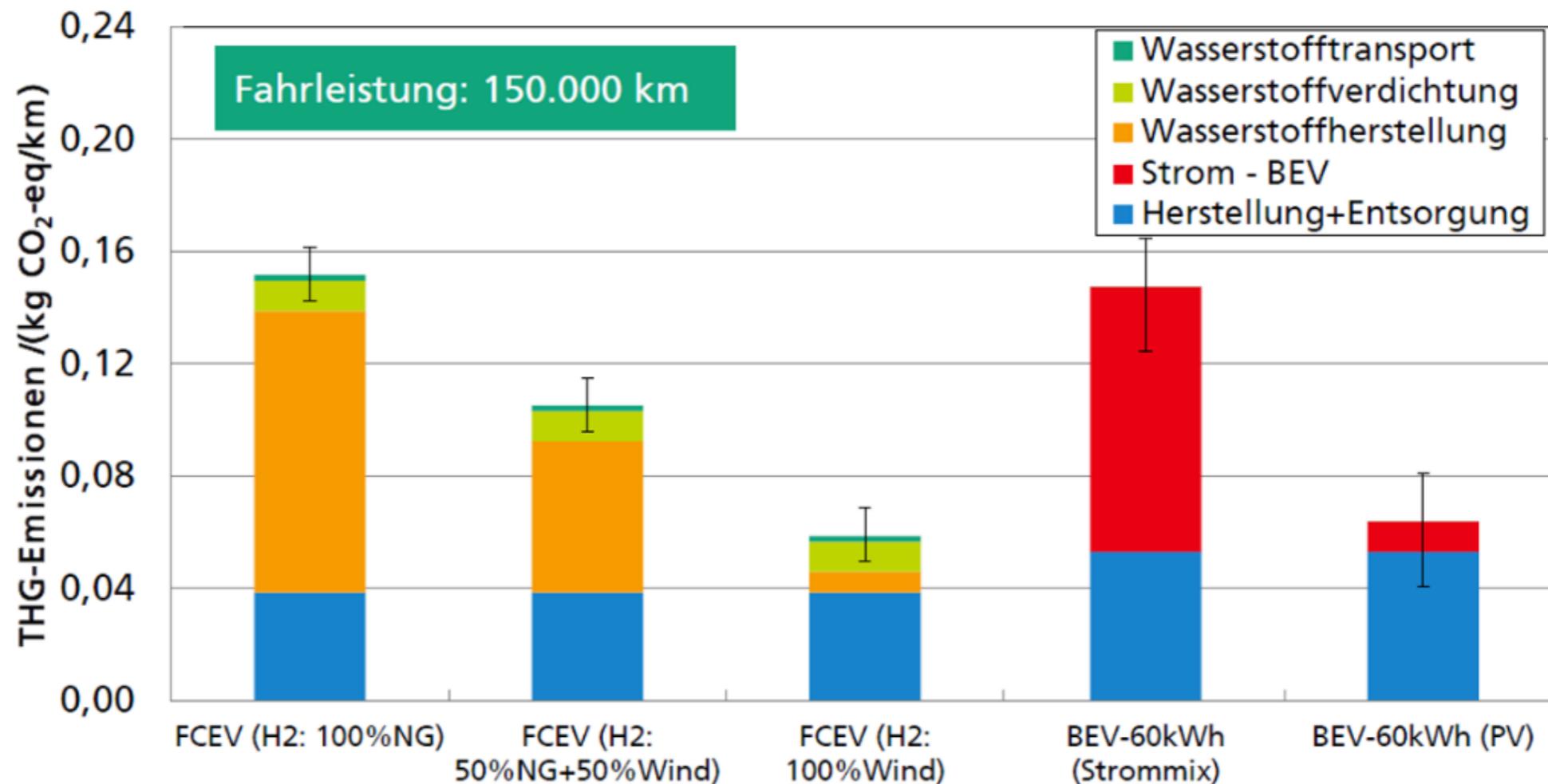
NG: natural gas/Erdgas, H₂ aus Erdgasdampfreformierung,

Wind: H₂ aus Elektrolyse mit Windstrom

BEV-60kWh: Battery Electric Vehicle, *Elektroauto*

PV: Photovoltaik

Strommix: Strom aus erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern



Quelle: Hebling, C., Sternberg, A., Hank, C.: Treibhausgas-Emissionen für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Reichweiten über 300 km, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg 2019. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/news/2019/ISE_Ergebnisse_Studie_Treibhausgasemissionen.pdf (Zugriff: 27.06.2022)

Diagramm 2: Treibhausgasemissionen bei Fahrzeugen mit Brennstoffzellen und Elektroautos (2030-2040)

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle, *Brennstoffzellenfahrzeug*

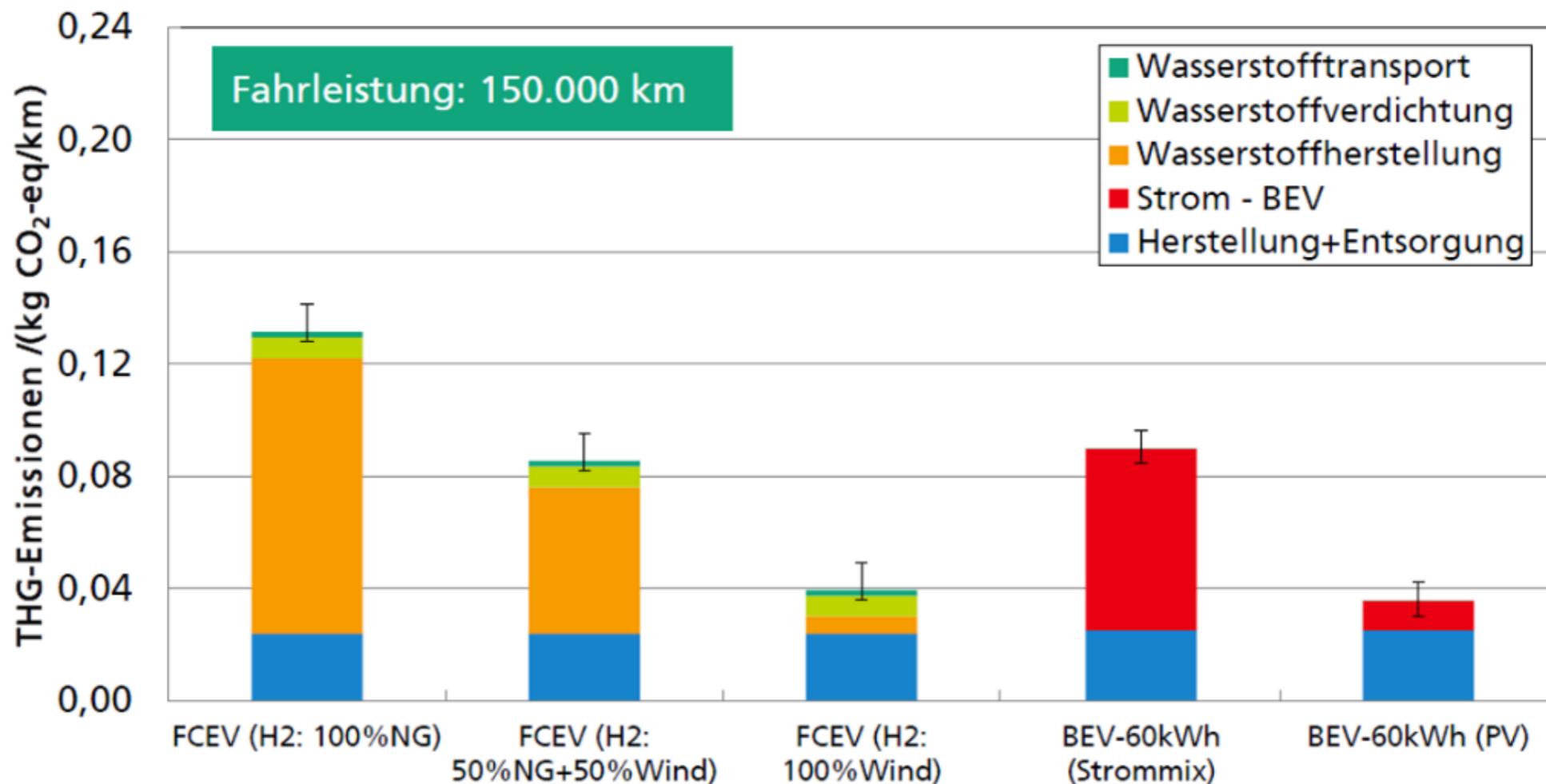
NG: natural gas/Erdgas, H₂ aus Erdgasdampfreformierung,

Wind: H₂ aus Elektrolyse mit Windstrom

BEV-60kWh: Battery Electric Vehicle, *Elektroauto*

PV: Photovoltaik

Strommix: Strom aus erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern



Quelle: Hebling, C., Sternberg, A., Hank, C.: Treibhausgas-Emissionen für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Reichweiten über 300 km, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg 2019. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/news/2019/ISE_Ergebnisse_Studie_Treibhausgasemissionen.pdf (Zugriff: 27.06.2022)

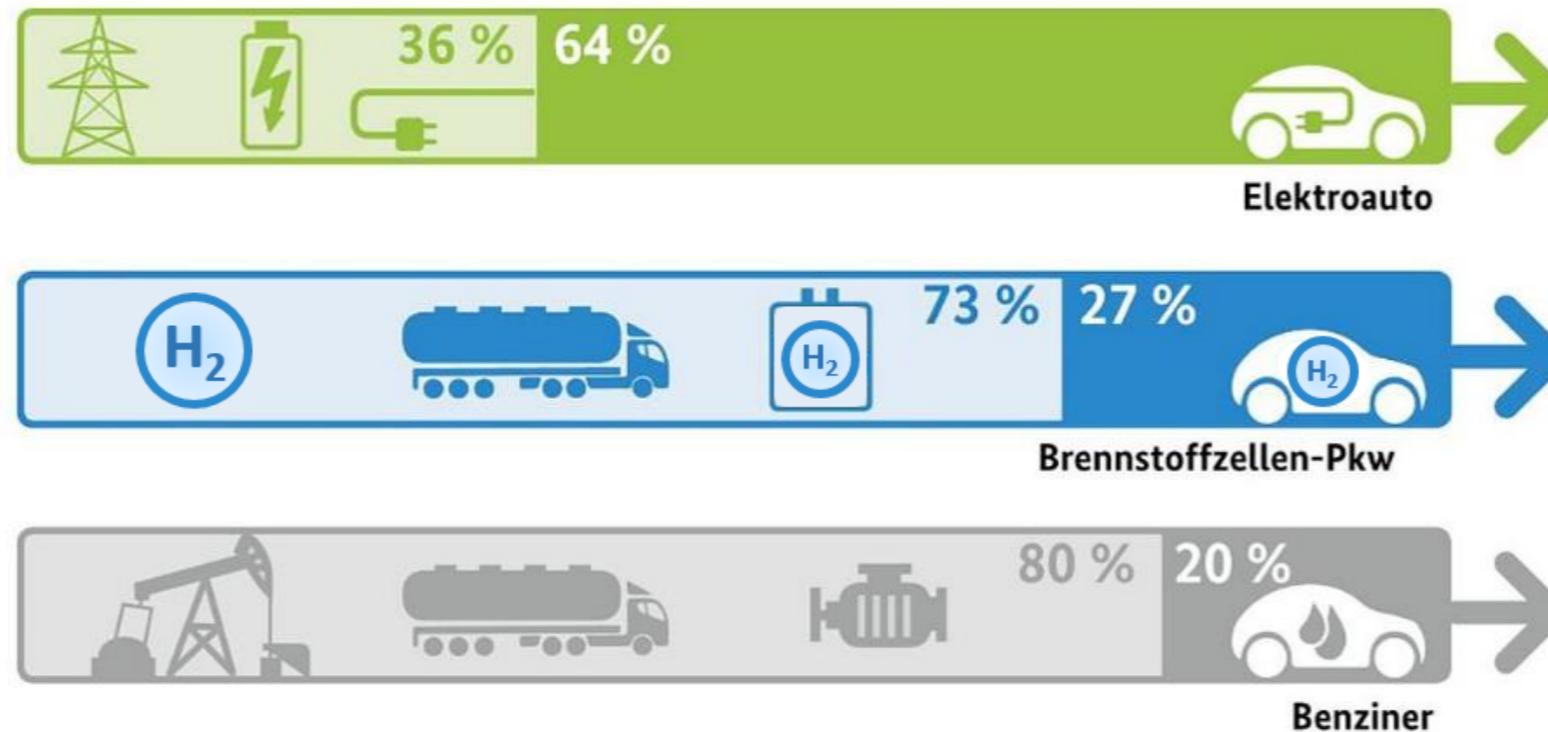
A 3.2

Beziehen Sie Stellung zu der Aussage, dass wasserstoffbasierte Antriebe (bspw. in Brennstoffzellenautos) gegenüber Elektroantrieben in Zukunft grundsätzlich bevorzugt werden sollten. Nutzen Sie hierfür Ihre Ergebnisse aus **Aufgabe 3.1**, den Infos „**Wirkungsgrade im Vergleich**“ (S. 18) und „**Wasserstoff im Nah- und Fernverkehr**“ (S. 19 + 20) sowie die Informationen, die Sie aus dem **Video** (S. 20)



Wirkungsgrade im Vergleich

Die Effizienz von Antrieben lässt sich am besten über ihren Wirkungsgrad vergleichen. Dieser zeigt, wie viel der zugeführten Energie für die eigentliche Fortbewegung des Fahrzeugs eingesetzt wird.



Zahlen von Agora Verkehrswende und Öko-Institut, 2017

Der Wirkungsgrad zeigt, wie viel der zugeführten Energie bei der Fortbewegung des Fahrzeugs umgesetzt wird. Bei Strom wird von Primärenergie aus erneuerbaren Energien ausgegangen. Hier wird rechts der Anteil der Energie gezeigt, der tatsächlich zur Fortbewegung genutzt wird, und links der Anteil der Energie, der auf dem Weg von der Energiequelle bis zum Rad (Well-to-Wheel) verloren geht.

Abbildung und Text nach: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV): Effizienz und Kosten: Lohnt sich der Betrieb eines Elektroautos?, <https://www.bmuv.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/effizienz-und-kosten> (Zugriff: 02.06.22).

Journalist Jannis Carmesin zum Thema Wasserstoff und Energiewende, Ausschnitt aus dem Artikel „Ist Wasserstoff der Alleskönner für die Energiewende?“ der Plattform Quarks, WDR-Doku-Redaktion:

„[...] Während vor einigen Jahren teilweise noch von einer vollständigen Wasserstoffwirtschaft fantasiert wurde, weiß man mittlerweile: Wegen seiner Effizienzprobleme ist Wasserstoff in vielen Einsatzgebieten auch in Zukunft kaum sinnvoll nutzbar.

Als Faustregel gilt: Wo immer sie möglich ist, lohnt sich eher die direkte Nutzung von Strom. Das gilt nach Meinung der meisten Forschenden zum Beispiel für den Pkw: Um eine Strecke X zurückzulegen, braucht ein Wasserstoffauto mit Brennstoffzelle laut dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung mehr als doppelt so viel Primärenergie wie das E-Auto mit Akku. Nutzt man den Wasserstoff für die Produktion von synthetischem Kraftstoff, um damit Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren anzutreiben, ist sogar etwa die fünffache Menge an Energie nötig.

In anderen Bereichen dürfte Wasserstoff hingegen eine Schlüsselrolle für den Klimaschutz einnehmen; etwa dort, wo eine Nutzung von grünem Direktstrom ökonomisch unsinnig oder technisch unmöglich ist und auch sonst wenige klimafreundliche Alternativen bleiben.

„[...] Während vor einigen Jahren teilweise noch von einer vollständigen Wasserstoffwirtschaft fantasiert wurde, weiß man mittlerweile: Wegen seiner Effizienzprobleme ist Wasserstoff in vielen

Für große Fahrzeuge, die lange Strecken zurücklegen müssen, könnte Wasserstoff zum Beispiel wichtig werden, weil Akkus ihren Energiebedarf mittelfristig nicht decken werden. Logistikunternehmen können sich beispielsweise kaum erlauben, dass ihre Lkw nach wenigen Hundert Kilometern erst einmal eine Stunde an der Ladesäule verbringen müssen, ehe sie weiterfahren können. Frachtschiffe oder Flugzeuge, die den Atlantik überqueren, haben gar überhaupt keine Lademöglichkeit. Für sie könnte die Nutzung von Wasserstoff beziehungsweise synthetischen Kraftstoffen auf Basis von Wasserstoff die einzige umweltverträgliche Alternative zu fossilen Kraftstoffen sein. [...]“

Jannis Carmesin: Ist Wasserstoff der Alleskönner für die Energiewende?, Quarks, <https://www.quarks.de/technik/energie/was-die-allzweckwaffe-fuer-die-energiewende-leisten-kann/> (Zugriff: 02.06.22).



Video: Wasserstoff vs. Elektromobil (1:51 min)

<https://www.ardmediathek.de/video/quarks/wasserstoffauto-gegen-elektromobil/wdr/Y3JpZDovL3dkci5kZS9CZWl0cmFnLWQzYjVINTI5LTMyMjktNDNINi1hNzQ4LWw0NGZkNjQwZDk4Yw>

Versuchsdurchführung – Untersuchung der Gasprobe

V 2.1 Schließen Sie nach der Bestrahlung den Zweiwegehahn. Nehmen Sie nun die 10-mL-Spritze mit dem Zweiwegehahn von der 1-mL-Spritze ab und setzen Sie eine Kanüle auf den Zweiwegehahn.

Falls sich noch etwas Flüssigkeit in der Spritze befinden sollte, nehmen sie die Kappe der Kanüle ab und halten Sie die Spritze senkrecht nach unten. Öffnen Sie den Zweiwegehahn und entlassen Sie durch vorsichtigen Druck auf den Kolben der Spritze die restliche Flüssigkeit auf ein Papierhandtuch. Schließen Sie nun den Zweiwegehahn wieder.

A Lesen Sie die Menge des entstandenen Gases ab und berechnen Sie die Menge an Sauerstoffgas, die benötigt wird, um eine vollständige Knallgasreaktion durch führen zu können. (*Hinweis: Gehen Sie bei Ihrer Berechnung davon aus, dass es sich bei der Gasprobe um reinen Wasserstoff handelt.*)



V 2.2 Entnehmen Sie die berechnete Menge an Sauerstoffgas aus dem bereitgelegten Gasbeutel. Hierfür stechen Sie die Kanüle in das an den Gasbeutel angeschlossene Septum (*gelb*).

Öffnen Sie den Zweiwegehahn und ziehen Sie in die Spritze die benötigte Menge an Sauerstoff auf.

Füllen Sie in eine Petrischale etwa 0,5 cm hoch Seifenlösung.

Führen Sie die Kanüle in die Seifenlösung ein und formen Sie mehrere Gasblasen (*Abb. 1*).

Zünden Sie die Gasblasen mithilfe der Flamme eines Stabfeuerzeugs oder eines brennenden Holzspans.



■ Brennstoffzellen- und Elektroautos – eine sozial gerechte Verkehrswende?

Neben ökologischen und ökonomischen Blickwinkeln ist eine gesellschaftspolitische Sicht auf die Energiewende notwendig. Hierbei stellt sich unter anderem die Frage, welche soziale Dimension mit der Energiewende im Verkehrssektor einhergeht.

- A 4.1 Vergleichen Sie mithilfe der Materialien auf den folgenden Seiten die Kosten für die Anschaffung und den Unterhalt klassischer Verbrenner, Elektroautos und Brennstoffzellenfahrzeugen. Beziehen Sie Stellung dazu, inwieweit die Energiewende im Individualverkehr für verschiedene Bevölkerungsschichten umsetzbar ist. Geben Sie Vorschläge, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um die Sorgen der Menschen zu berücksichtigen.



Diagramm 3: Autobesitz in Deutschland nach ökonomischem Status der Haushalte 2018

Quelle: Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/soziale-aspekte-der-verkehrswende#warum-unser-jetziges-verkehrssystem-weder-nachhaltig-noch-gerecht-ist>, Zugriff: 05.12.2022.

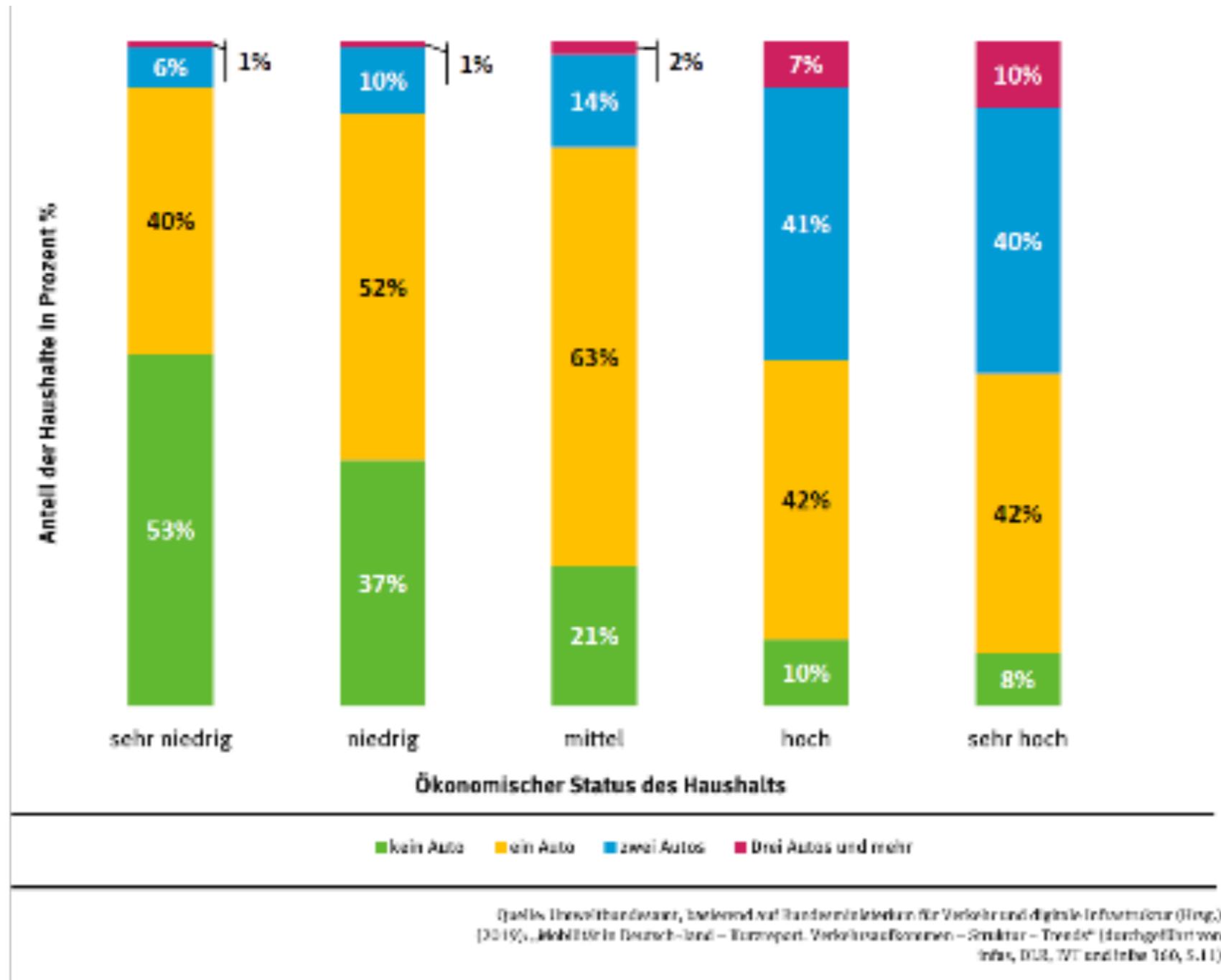


Tabelle 1: Kosten der Anschaffung von Verbrennern (Benzin), Elektroautos und Brennstoffzellenfahrzeugen im Vergleich

Quelle: ADAC, <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/auto-kaufen-verkaufen/autokosten/guenstigste-elektroautos/> Zugriff: 04.01.2023.

	Verbrenner (Benzin)	Elektroauto	Brennstoff- zellenauto
durchschnittlicher Anschaffungspreis Kleinwagen	11.415 € - 16.490 €	21.940 € - 30.990 € *	- **
durchschnittlicher Anschaffungspreis Mittelklassewagen	27.990 € - 37.490 €	36.040 € - 47.490 € *	63.900 € - 77.300 €

* Förderprämien für Elektroautos von bis zu 6570 Euro sind vom Preis abgezogen

** Stand Okt. 2022 gibt es keine in Deutschland zugelassenen Kleinwagenmodelle mit Brennstoffzellenantrieb

Tabelle 2: Energiekostenvergleich für Pkw in €/100 km (Stand: Dez. 2022).

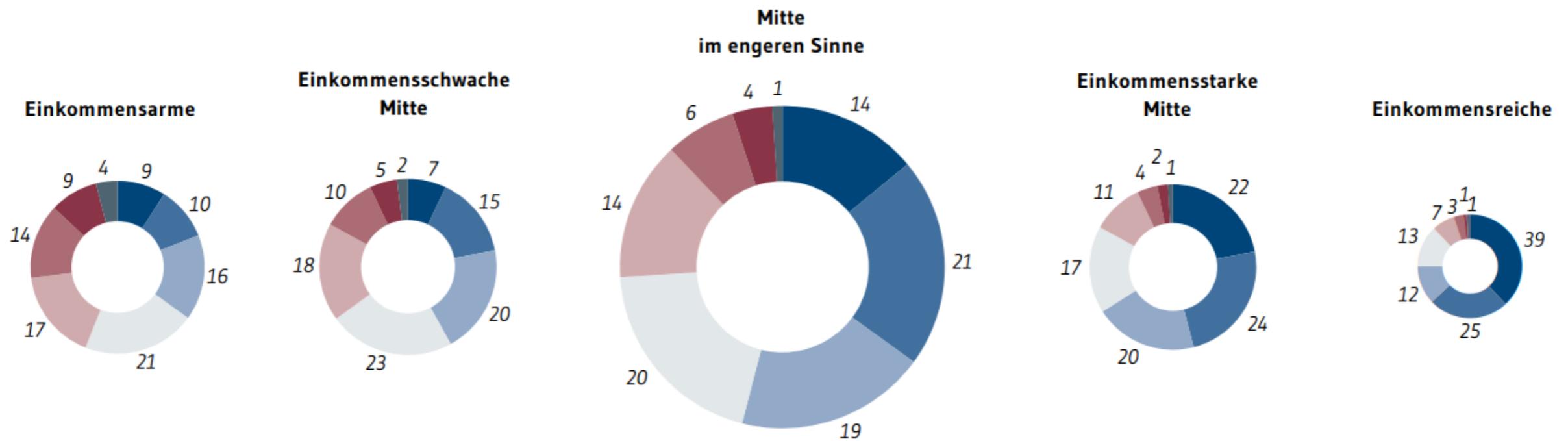
Abbildung nach: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/2021-08-pkw-energiekostenvergleich.html> (Zugriff: 04.01.2023).

		 Kleinwagen/Kompaktklasse	 Mittel-/Oberklasse
Super		10,90	13,15
Super E10		10,57	12,75
Diesel		9,40	10,59
Strom		7,04	6,61
Wasserstoff		-	10,28

Diagramm 4: Sorgen der Bevölkerung (2021) (1)

Quelle: Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK): Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energie- und Verkehrswende 2021.

Stellen die Mobilitätskosten für Ihren Haushalt eine Belastung dar?



Antwortkategorien:

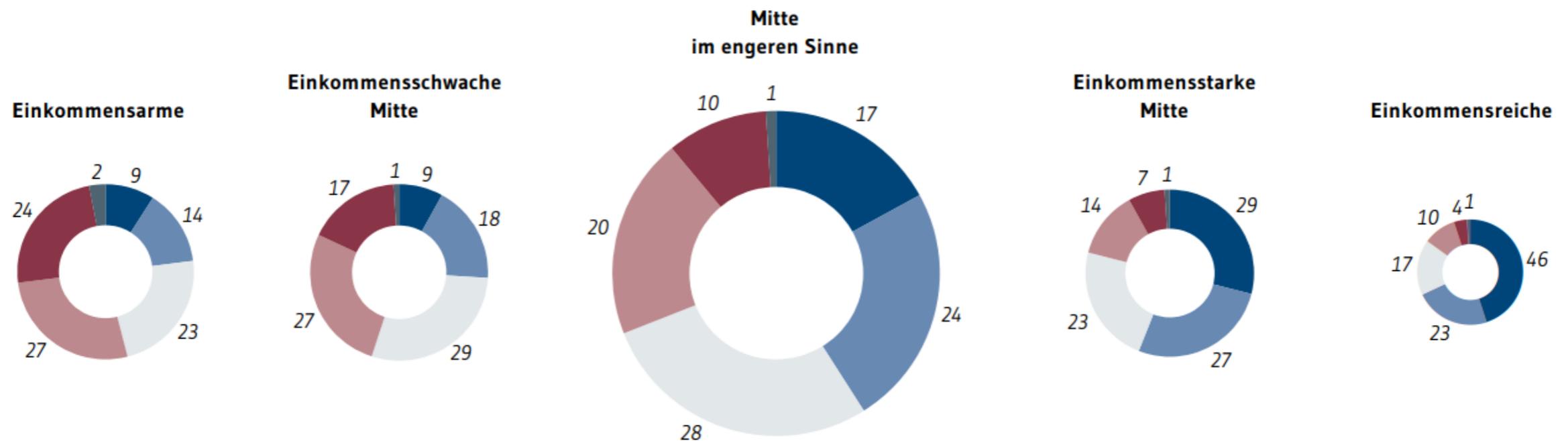
■ überhaupt keine finanzielle Belastung (1) ■ (2) ■ (3) ■ (4) ■ (5) ■ (6) ■ sehr hohe finanzielle Belastung (7) ■ weiß nicht/keine Angabe

Basis: 2021: n = 5.965 | Datenquelle: IASS | Angaben in Prozent | Abweichungen von 100 Prozent rundungsbedingt

Diagramm 5: Sorgen der Bevölkerung (2021) (2)

Quelle: Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK): Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energie- und Verkehrswende 2021.

Wie besorgt sind Sie, falls überhaupt, dass künftig die alltäglichen Mobilitätskosten für Ihren Haushalt zu hoch werden könnten?



Antwortkategorien:

■ überhaupt nicht besorgt (1) ■ (2) ■ (3) ■ (4) ■ sehr besorgt (5) ■ weiß nicht/keine Angabe

Basis: 2021: n = 5.965 | Datenquelle: IASS | Angaben in Prozent | Abweichungen von 100 Prozent rundungsbedingt

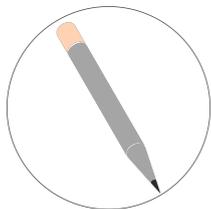
A 4.2

Formulieren Sie zu Ihrem Themenblock ausgehend von Ihren Experimenten adressierte Probleme und mögliche Lösungsansätze in Stichpunkten.



A 4.3

Notieren Sie Stichpunkte zu den Themen Ökologie, Ökonomie & Soziales, die Ihnen zur Herstellung und zum Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor einfallen.



<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <hr/>
<i>grüner Wasserstoff</i>		
Ökologie	Ökonomie	Soziales

SOCME - System Oriented Concept Map Extension

Aufgabe Erstellen Sie in Ihrer Gruppe ausgehend von Ihren Vorarbeiten eine SOCME. Nutzen Sie dazu die Vorlage auf der nächsten Seite und bringen Sie Ihre Erkenntnisse aus den Aufgaben 4.2 und 4.3 ein.

Was ist eine SOCME?

SOCME ist ein Akronym für **S**ystem **O**riented **C**oncept **M**ap **E**xtension und dient dazu komplexe Sachverhalte mit Querbeziehungen grafisch darzustellen. Concept Maps sind selbst Erweiterungen von Mind Maps, die zusätzlich gerichtete und beschriftete Pfeile haben. Entlang dieser Pfeile lassen sich Sätze bilden, die den Zusammenhang erläutern. Bei SOCMEs sind die Unterbegriffe zusätzlich noch sortiert und durch farbliche Unterlegung gruppiert. So können - wie hier - verschiedene Perspektiven auf ein Thema übersichtlich dargestellt werden.

