

NEUE MOBILITÄT: E-SPEICHER, BRENNSTOFFZELLE UND NEUE TECHNOLOGIEN

Momentan tragen die Verbrennungsmotoren zu etwa 20 % der CO₂-Emissionen in Deutschland bei. Eine klare Tendenz zeigt sich für eine Prognose in die nahe Zukunft: „Weg vom Öl“. Die EU fördert in Sachsen (und generell in Deutschland) Antriebe aus verschiedensten Quellen. Es folgt ein Überblick über die Alternativen, deren Marktreife bereits erlangt ist bzw. in naher Zeit angestrebt wird. Die Kontroverse von E-Mobilität mit klassischen Batteriespeichern, wie auch die Hindernisse und Herausforderungen der anderen Technologien sollen diskutiert werden.

ZIELE

Den Schüler*innen ist bewusst, wie unterschiedliche physikalisch-technische Erkenntnisse zu Speichertechnologien mit ihren physikalischen Grenzen die Entwicklung von Wissenschaft und Technik befördern und das Lebensumfeld der Menschen verändern. Sie sind in der Lage, den Umgang mit natürlichen Energieressourcen zu bewerten und Schlussfolgerungen für das eigene und gesellschaftliche Handeln zu ziehen.

LEHRPLANANBINDUNG

GY 9. Klasse, Physik, Lernbereich 2: Energieversorgung

GY 8. Klasse, Chemie, Wahlbereich 1: Wasserstoff als Energieträger

GY 11. Klasse, Chemie, Lernbereich 3: Elektrochemische Reaktionen

OS Realschulbildungsgang 10. Klasse, Physik, Lernbereich 1 bzw.

Hauptschulbildungsgang 9. Klasse Physik, Lernbereich 2 je:

Erzeugung und Umformung elektrischer Energie

ZEITBEDARF

2 UE

MATERIAL UND PRAKTISCHE VORBEREITUNG

Anlage 1 - 5: je ein Blatt Expert*innenwissen zu E-Mobilen, Biotreibstoffen, Erdgas, Wasserstoffantrieb, Power-to-X sowie autonomem Fahren und Mobilitätsdienstleistungen. Für jede Kleingruppe ist eine der 5 Anlagen in der Anzahl der Teilnehmer*innen der jeweiligen Kleingruppe auszudrucken.

„Wie geht ... ELEKTROMOBILITÄT?“, Kurzfilm des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur <https://www.youtube.com/watch?v=gecDjYoYsrU>

INHALTLICHE VORBEREITUNG

E-Mobile, Biotreibstoffe, Erdgas, Wasserstoffantrieb, Power-to-X (synthetische Kraftstoffe) sind die vorwiegend angestrebten alternativen Treibstoffe bzw. Antriebe der jüngeren Zukunft. Im Anhang findet die Lehrkraft eine inhaltliche Übersicht, die den Schüler*innen ebenso zur Verfügung stehen soll.

DURCHFÜHRUNG

1. Einführung (5 min)

Die Lehrkraft informiert die Schüler*innen darüber, dass sich die Mobilität im großen Wandel befindet:

- durch technologische Veränderungen wie Elektromobilität, Digitalisierung und autonomes Fahren,
- da neue Nutzungsformen interessanter werden: Car-Sharing und Mobilitätsdienstleistungen rücken in den Vordergrund,
- da ökologische Effekte und speziell der Beitrag zum Klimawandel immer mehr kritisch hinterfragt werden.

2. Film *Wie geht Elektromobilität ?* (3 min)

3. Fragen zum Film (12 min)

- Welche E-Fahrzeuge kennt Ihr bereits?
- Welche Antriebe werden vorgestellt?
- Wie viele E-Autos könnten bereits heute allein durch Strom aus Windkraftanlagen auf Deutschlands Straßen fahren?
- Wie weit kommt man mit einer Tankfüllung Wasserstoff?
- Von welchen Importen ist man durch E-Mobilität weniger abhängig?
- Könnte man Brennstoffzellen auch in der Schifffahrt einsetzen?

4. Kleingruppenarbeit - Teil A (25 min) – Einteilung in 5 Kleingruppen: Jede Kleingruppe liest einen der 5 Schwerpunkte.

- i. E-Mobilität Teil 1
- ii. E-Mobilität Teil 2
- iii. Wasserstoffantrieb, Power-to-X
- iv. Gas, Biotreibstoffe
- v. Mobilitätsdienstleistungen und Autonomes Fahren

5. Eine Person je Gruppe darf die **Inhalte** in 4 Minuten vor der Klasse **präsentieren**.

Die jeweilige Gruppe bereitet diese Zusammenfassung stichwortartig für die präsentierende Person vor.

6. Im Anschluss überlegt sich jede Kleingruppe auch noch **zwei Quizfragen** (Teil B/in den 25 Minuten enthalten) basierend auf den durchgelesenen Inhalten. Die Fragen sollten so formuliert sein, dass sie nicht zu einfach zu erraten sind, jedoch auf Basis der vorgestellten Inhalte lösbar sind. Es soll drei Antwortmöglichkeiten A, B und C geben.

7. Dann folgt die **Präsentation** der Antriebe/alternativen Treibstoffe durch die/den Sprecher*in der jeweiligen Gruppe vor der Klasse (**20 min**). Offene Fragen werden für die Weiterbearbeitung in einer nächsten Unterrichtseinheit definiert.

(Internetrecherche, Konsultation einer fachkundigen Einrichtung wie z.B. SAENA – Kompetenzstelle Effiziente Mobilität Sachsen)

8. Zum Abschluss ein **Quiz (25 min)**: Jede Gruppe wählt eine Person aus, die die zwei vorbereiteten Quizfragen aus dem Themenbereich der Gruppe an die gesamte Klasse stellt. Jede Gruppe verfügt über einen Lösungszettel. Darauf wird für jede Frage eine Antwort A, B oder C notiert.

Es beginnt die erste Gruppe vorzulesen. Diese Frage erhält die Nummer 1, danach liest die nächste Gruppe vor, diese Frage erhält die Nummer 2. Es folgen die nächsten Gruppen und ein zweiter Durchgang. Nach Durchführung der insgesamt 10 Fragerunden (2 x 5 Fragen) werden die Lösungszettel (mit einem Gruppennamen zur Wiedererkennung) an eine andere Gruppe weitergegeben. Die Auflösung erfolgt in der gesamten Klasse mit der Lehrkraft. Die Lehrkraft notiert das jeweils richtige Ergebnis an der Tafel. Eine Person je Gruppe korrigiert den Lösungszettel. Die fertig korrigierten Zettel mit Anzahl der richtig beantworteten Fragen werden zurückgebracht.

Eine Siegergruppe wird entsprechend einer bevorzugten Methode der Lehrkraft ermittelt und gewürdigt.

KOMPETENZERWERB

ERKENNEN

Die Schüler*innen verfügen über Wissen zu Alternativen Antrieben, Speicherformen aber auch Mobilitätsdienstleistungen.

BEWERTEN

Durch das Studium von Hintergrundinformationen und das selbstständige Wiedergeben können die Schüler*innen die Vorzüge und Nachteile verschiedener Technologien erkennen und bewerten.

HANDELN

Durch das eigenständige Formulieren von Fragen können die Schüler*innen die Kerninhalte weitertragen. Der Know-how-Transfer stellt die erste praktische Handlungsoption der

Schüler*innen dar. Einzelne Schüler*innen können gegebenenfalls ein persönliches zukünftiges berufliches Betätigungsfeld erkennen.

WEITERBEARBEITUNG

1. Offene Fragen werden für die Weiterbearbeitung in einer nächsten Unterrichtseinheit definiert.
2. Internetrecherche, Konsultation einer fachkundigen Einrichtung wie z.B. SAENA – Effiziente Mobilität Sachsen
3. Ausstellungen für Schule/Gemeinde: <https://www.inkota.de/publikationen-material/ausstellungen/roll-up-ausstellung-elektromobilitaet> und <http://www.saena.de/angebote/elektromobilitaet-wanderausstellung.html>
4. Aussichten: Jobs der Neuen Mobilität – welche Aufgaben in welchen Betätigungsfeldern erwarten die Schüler*innen als zukünftige Absolvent*innen?

HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRKRÄFTE

Hintergrundmaterial im Anhang

Alternative Antriebe im Detail, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen: Bratzel, Stefan et al., Alternative Antriebe, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen, Heinrich-Böll-Stiftung, 2018

Neue Mobilität Fokus auf Sachsen: http://www.saena.de/themen/effiziente_mobilitaet.html

QUELLE

Konzipiert von *Dipl.-Ing. Birgit Benesch-Jenkner* als Teil des sächsischen Umsetzungsprojektes zum Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung.

Bratzel, Stefan et al., Alternative Antriebe, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen, Heinrich-Böll-Stiftung, 2018

ANLAGE 1: EXPERT*INNENWISSEN E-MOBILITÄT TEIL 1

BEV Battery-Electric-Vehicles

Moderne E-Autos verbrauchen für eine Strecke von 100 km etwa 12 – 25 kWh Strom (entspricht etwa 2 l Benzin). Wenn man den durchschnittlichen deutschen Strommix der Berechnung zu Grunde legt, stößt das Auto (mit 15 kWh/100 km) ca. 80 g CO₂/km aus. Wenn der Strom aus Windkraftanlagen kommt, verringern sich die Emissionen auf 3 – 4 g CO₂/km. Das Auto selbst ist frei von Abgasen. Elektroautos haben jedoch noch gewisse Verbesserungspotenziale bzw. Schwachpunkte.

- Der Akku ist schwer und benötigt ohne Schnellladesäule mehrere Stunden, um wieder geladen zu werden.
- Die Reichweite ist gering. Manche moderne E-Autos, die gerade auf den Markt kommen, haben allerdings bereits Reichweiten über 300 km. Je langsamer man fährt, desto weiter kommt man.
- Die Schwachpunkte des Akkus sind zudem:
Bestandteile der Batterie bestehen u.a. aus Rohstoffen wie Kobalt, Lithium, Kupfer und Nickel. Der Abbau dieser Ressourcen verursacht starke Eingriffe in Ökosysteme, verschmutzt die Lebensgrundlagen (Wasser, Luft und Boden) der Anwohner*innen in den Abbauregionen (z.B. DR Kongo, Bolivien, China etc.) und gefährdet die Gesundheit der Minenarbeiter*innen.
- Die Ladeinfrastruktur ist in Deutschland und anderen Ländern Europas noch nicht ausreichend flächendeckend vorhanden.

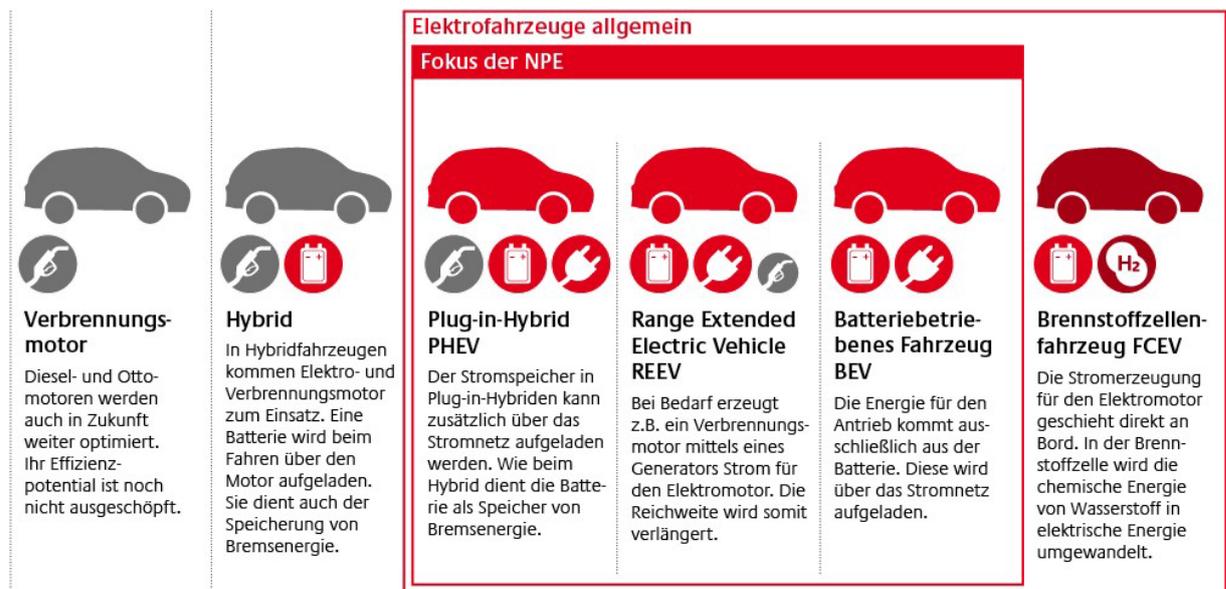
Anreize könnten die Anzahl von Neuanmeldungen von Elektroautos in Deutschland erhöhen. In Norwegen gibt es eine Reihe von Vergünstigungen für E-Auto-Lenkende: Beispielsweise dürfen sie auf der Busspur fahren und parken generell kostenfrei.

Vorteile zu Verbrennungsmotoren:

- Elektromotoren haben einen wesentlich höheren Wirkungsgrad als Verbrennungsmotoren.

- Ein mit Ökostrom geladener Akku ermöglicht klima- und umweltfreundliches Fahren.

Welche Typen von Elektrofahrzeugen gibt es neben dem batteriebetriebenen Fahrzeug aktuell?



Erläuterungen zu den Abkürzungen:

BEV...Battery Electric Vehicle

PHEV...Plug-in-Hybrid Electric Vehicle

REEV...Range Extended Electric Vehicle

NPE...Nationale Plattform Elektromobilität

FCEV...Fuel Cell Electric Vehicle

Quellen:

Bratzel, Stefan et al., Alternative Antriebe, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen, Heinrich-Böll-Stiftung, 2018

Energie im 21. Jahrhundert, Unterrichtsmaterial der SAENA

ANLAGE 2: EXPERT*INNENWISSEN E-MOBILITÄT TEIL 2

Wie groß ist der Wirkungsgrad von einem E-Motor im Vergleich zu einem Verbrennungsmotor?

- Verbrennungsmotor:



Wirkungsgrad: Im optimalen Lastbereich 35-45%, im Alltag =>17-22%

- Wasserstoff + Elektromotor:



Wirkungsgrad: Strommix 40% -> Stromnetz 90% -> Elektrolyse 70% ->
Brennstoffzelle 55% -> E-Motor 95% =>13%

- Batterie + Elektromotor:



Wirkungsgrad: Strommix 40% -> Stromnetz 90% -> Batterieladung 90% ->
E-Motor 95% =>31%

Erläuterungen:

Wirkungsgrad: Der Anteil der eingesetzten Energie, die in die gewünschte nutzbare Energieform umgewandelt werden kann.

Zu „Wasserstoff und Elektromotor“: Hier wird angenommen, dass die Bereitstellung der Energie für die Elektrolyse (zur Erzeugung von Wasserstoff) aus einem Strommix mit einem Kraftwerkwirkungsgrad von durchschnittlich 40 % und Netzverlusten von 10 % umgesetzt wird. Bei der Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff wird mit einem Wirkungsgrad von 70 % gerechnet. In der Brennstoffzelle selbst ergeben sich bei der Umwandlung von Wasserstoff zu Wasser wiederum Verluste von 45 %. Der Elektromotor kann 95 % seiner eingesetzten Energie für Antriebszwecke nutzen.

Das wiederum spricht für die direkte Nutzung einer Batterie in einem Elektroauto:

Zu „Batterie und Elektromotor“: Mit einer neuen Batterie erreicht das Fahrzeug einen Gesamtwirkungsgrad von 31 %. Auch hier ist die Herkunft des Stromes für die Ladung der Batterie wesentlich (Annahme 40 % Wirkungsgrad Kraftwerke, 10 % Verluste Netz). Bei Einsatz einer neuen Batterie wird mit Verlusten von etwa 10 % gerechnet. Der Elektromotor kann 95 % seiner eingesetzten Energie für Antriebszwecke nutzen.

Weltweite Entwicklung von E-Mobilität:

- 2015 waren weltweit eine Million Elektrofahrzeuge auf den Straßen unterwegs.
- 2016 hat sich diese Zahl verdoppelt.
- 2017 wurden mehr als 1,2 Millionen Elektrofahrzeuge verkauft.
- China hat bemerkenswerte Investitionen in Elektromobilität unternommen.
- 2017: Wachstum in Großbritannien, Norwegen, Niederlanden, Schweden und Deutschland
- 2017 hat der Marktanteil von Elektroautos in Norwegen 39 % erreicht. → VORREITER weltweit

Wichtig für Entwicklung der E-Mobilität in Deutschland und europaweit

- Die grundsätzlichen Einflussfaktoren sind Preise, Reichweite, Ladeinfrastruktur, Forschungsfortschritt
- Anreize für Fahrer*innen
 - finanzielle Unterstützung beim Kauf
 - besondere Vorteile: Busspur oder Sonderparkplätze nutzen zu dürfen
- Vorteile für Stromnetz (Energiespeicher)
 - **V2G-Dienste** Vehicle-to-grid, Deutsch: Fahrzeug ans Netz; die Speicher der E-Autos stellen einen zusätzlichen Speicher für unser Stromnetz dar. Speicher unterstützen bei der Steuerung der Netzauslastung. Ein bidirektionales Ladesystem macht es möglich, die Batterie aus dem Netz zu beladen und ins Netz zurück zu laden.

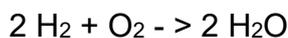
ZIEL 2020 für D: 1.000.000 E-Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen. Zum Stichtag 1. Januar 2018 waren laut Kraftfahrt-Bundesamt knapp 100.000 E-Fahrzeuge (reine Elektroautos und Plug-in-Hybride) angemeldet.

(Für 2025 sind in Deutschland 3 Millionen E-Fahrzeuge prognostiziert.)

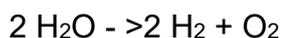
ANLAGE 3: EXPERT*INNENWISSEN WASSERSTOFF, POWER-TO-X

FCEV Fuel-Cell-Electric-Vehicles = Brennstoffzellenfahrzeuge

FCEV werden mit Elektromotoren betrieben, deren Strom aus einer Brennstoffzelle stammt. Wasserstoff wird durch einen chemischen Prozess mit Sauerstoff in positive und negative Ladung getrennt, dadurch wandern die H-Protonen durch die Membran der Brennstoffzelle und der Elektronenfluss steht für den Betrieb des Elektromotors zur Verfügung. Das „Abgas“ besteht aus reinem Wasserdampf (H₂O).



Eine saubere Lösung, WENN der Wasserstoff aus erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt wird. Solarstrom oder Windstrom steht zu Spitzenzeiten in sehr großen Mengen zur Verfügung. Daraus wird mit Hilfe von Elektrolyse Wasserstoff erzeugt. Der Wasserstoff kann nun gespeichert, transportiert und wieder als Energieträger für Mobilität und andere Nutzungsformen eingesetzt werden. (siehe erster Absatz)



Auch durch biochemische Konversion aus Biomasse kann CO₂-neutral Wasserstoff bereitgestellt werden.

Vorteile von FCEV (im Vergleich zu BEV Battery Electric Vehicles /batteriebetriebenen Fahrzeugen):

- kürzere Tankvorgänge von 3 – 4 Minuten
- Reichweiten von 400 – 800 km

Nachteile von FCEV (im Vergleich zu BEV):

- hohe Wirkungsgradverluste
- CO₂-Bilanz ist abhängig vom Energiemix der Primärenergieträger

Power-to-X

Strategien für die flexiblere Nutzung von Strom aus volatilen (im Aufkommen schwankenden) erneuerbaren Energieträgern sind

- Strom in Wasserstoff oder Methan umzuwandeln – Power-to-Gas
- Strom in Wärme umzuwandeln – Power-to-Heat (*für Mobilität nicht weiter relevant*)
- Strom in synthetische Kraftstoffe für die Mobilität umzuwandeln – Power-to-Liquid

Dadurch wird eine stärkere Vernetzung von Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor mittels Sektorkopplung ermöglicht. Die verschiedenen Sektoren werden durch Überschüsse aus der Bereitstellung von Elektrizität aus Sonnenenergie- und Windkraftnutzung mit versorgt.

Beispiele hierzu sind:

Power-to-Gas

Mit Hilfe von Elektrolyse wird Wasserstoff (H₂) als Energieträger generiert. In einem weiteren Schritt erfolgt die Methanisierung durch H mit CO₂ zu Methan. Methan wird ins Erdgasnetz beigemischt. Es ist vielseitig einsetzbar, durch die lange Umwandlungskette (z.B. auch Umwandlung in der Brennstoffzelle) ergeben sich aber große Energieverluste.

Ein Beispiel hierfür ist die Integration des überschüssigen Stroms aus erneuerbaren Energieträgern als Wasserstoff oder Methan in das Erdgasnetz, welche besonders für den Technologiestandort Sachsen eine interessante Option ist, um Wertschöpfung nach Sachsen zu holen.

ANLAGE 4: EXPERT*INNENWISSEN GAS/BIOTREIBSTOFFE

Seit 2011 besteht das klassische Benzin aus Deutschlands Zapfsäulen zu 10 % aus Ethanol.

Bioethanol wird zumeist aus Mais oder Zuckerrüben gewonnen.

Pflanzenöl (z.B. aus Raps, Leindotter, Sonnenblumen) wird in der Landwirtschaft vereinzelt von umgerüsteten Fahrzeugen genutzt. Durch eine Veresterung der Öle erhält der Treibstoff die Eignung für den Einsatz in klassischen Dieselmotoren.

Biodiesel besteht aus veresterten Pflanzenölen, die aus Raps, Sonnenblumen oder Soja stammen. Unterscheidung in B7 und B100

- B7: dem konventionellen Diesel wurde 7 % Biodiesel untergemischt (oder B10, B20, B30 – je nach Biodieselanteil)
- B100: reiner Biodiesel, der hauptsächlich in landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen eingesetzt wird (bevorzugt als Raps)

Vorteile von Biodiesel (B100):

- geringerer Rußausstoß
- knapp 80 % weniger Treibhausgase werden emittiert (Vergleich Diesel)
- 1/3 Kraftstoff, 2/3 Futtermittel (Presskuchen) ergeben sich bei der Herstellung

Nachteile von Biodiesel:

- teurer als Diesel (höhere Steuern)
- seltener verfügbar an Tankstellen
- 100 % Biodiesel nur für ältere PKWs und Nutzfahrzeuge geeignet
- Rapsanbau kritisch – Mischkultur könnte diese Problematik reduzieren
- Anbauflächen konkurrieren mit denen für Nahrungsmittelanbau, Regenwald wird gerodet, um mehr Flächen zur Verfügung zu stellen
- Düngemittel emittieren Lachgas (300 x treibhauswirksamer als CO₂)

Ähnliche Argumente gelten für Bioethanol und Pflanzenöl in der Mobilität.

Biomethan (statt CNG Compressed Natural Gas/komprimiertem Erdgas)

Biogas oder Biomethan wird aus Gülle oder Abfallstoffen wie Speiseresten hergestellt. Es gibt im Idealfall keine Konkurrenz zum Nutzpflanzenanbau, soweit mit Abfällen gearbeitet wird.

Vorteile von Biomethan

- fast 50 % billiger als Benzin
- da Verwertung von Abfällen, gibt es eine breite Rohstoffbasis
- 90 % weniger Treibhausgase (oder nahezu treibhausgasneutral, wenn Abfälle verwertet werden)
- auch als Kerosinersatz einsetzbar

Algen: Zukünftige Energiepflanze für Biodiesel, Bioethanol und Biomethan - ihre Vorteile:

- der Ertrag ist im Vergleich zu Raps oder Mais um ein Vielfaches höher
- wachsen nicht auf Ackerboden sondern in Tanks

Nachteil von Algen derzeit: Die Produktion ist sehr aufwendig und derzeit noch zu teuer.

BtL Biomass-to-Liquid, Synthetischer Kraftstoff aus Biomasse

Aus Reststoffen wie Stroh oder Restholz wird mittels thermochemischer Vergasung ein Synthesegas hergestellt, welches wiederum in einen flüssigen Kraftstoff umgewandelt wird. Derzeit hat BtL noch keine Marktreife erlangt, es wird jedoch davon ausgegangen, dass es etwa 25 % des deutschen und auch europäischen Kraftstoffbedarfs decken kann.

Quellen:

<https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/btl-biomass-to-liquid/>

Energie im 21. Jahrhundert, Unterrichtsmaterial der SAENA

<https://www.br.de/themen/wissen/biokraftstoff-nachwachsende-rohstoffe100.html>

ANLAGE 5: EXPERT*INNENWISSEN MOBILITÄTSDIENSTLEISTUNGEN/AUTONOMES FAHREN

Autonomes Fahren

Das Autofahren wird sich in den kommenden Jahrzehnten stark verändern: Vielleicht werden Computer die Fahrt komplett übernehmen. Schon heute können Fahrzeuge einzelne Schritte übernehmen, etwa das Einparken. Ein Stauassistent übernimmt im stockenden Verkehr das Bremsen, Beschleunigen und Lenken. Fahrerlose Kleinbusse werden bereits auf kurzen Teststrecken erprobt. Zitat aus „Die Zeit“: „Der Computer wird zum Chauffeur“ (<https://www.zeit.de/thema/autonomes-fahren>)

Es werden unterschiedliche Stufen der Selbstständigkeit unterschieden:

- Bei Grad 1 – 2 der Automation muss der/die Fahrer*in das Fahrzeug noch permanent überwachen und bereit sein, die volle Kontrolle zu übernehmen. Lenkung und/oder Geschwindigkeit kann vom System übernommen werden.
- Ab Grad 3 der Automation muss der/die Fahrer*in das Fahrzeug nicht mehr überwachen. Bei Grad 5 der Automation wird kein*e Fahrer*in mehr gebraucht. (Roboter-Autos)

Für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge auf Level 4 oder 5 sind noch einige technologische Schritte zur Marktreife notwendig.

Neben neuen Technologien geht es beim Autonomen Fahren auch um das Grundverständnis von Mobilität. Autonomes Fahren wird das Mobilitätsverhalten der Menschen verändern.

Durch Robo-Taxis können Fahrzeuge effizienter und ideal vernetzt genutzt werden.

Positive Klima- und Umweltauswirkungen ermöglicht das autonome Fahren dann, wenn umweltfreundliche Technologien eingesetzt werden, Dienstleistungen angeboten werden (Fahrdienste, Carsharing) und dadurch der Fahrzeugbesitz und privater Autoverkehr reduziert werden. Ein autonomes Fahrzeug kann privates Auto, Taxi, Bus, Carsharing-

Fahrzeug oder Sammeltaxi sein. Durch eine Roboter-Flotte könnten laut Studien in einer Großstadt wie München 200.000 von 700.000 Fahrzeugen vermieden bzw. ersetzt werden.

Vorteile von autonomem Fahren:

- Jedes gemeinsam genutzte fahrerlose Auto könnte 7 herkömmliche Autos ersetzen.
- Parksuchverkehr würde entfallen, der 30 % der Verkehrsbelastung in Innenstädten ausmacht.
- Energieeinsparung: durch Vernetzung der Fahrzeuge miteinander würden die autonomen Flotten auch eine flüssigere, gleichmäßigere Fahrweise ermöglichen
- geringere Gesamtkosten für Fahrzeuge, die wiederum die Mobilitätsdienstleistungen ermöglichen können

Mobilitätsdienstleistungen umfassen beispielsweise

- Carsharing: Fahrzeugverleih bzw. gemeinschaftliche Fahrzeugnutzung, eigener PKW-Besitz wird vermieden
- Fahrdienstvermittlung: Privattaxis, private Fahrer*innen werden vermittelt
- Intermodale Dienste: Nutzung verschiedener Verkehrsmittel wird unterstützt
- Logistikdienste: umweltverträgliche Verkehrsträger werden eingesetzt; Maßnahmen, in denen Verkehr vermieden werden kann, werden bevorzugt
- Remote-Dienste: Mobilfunk ermöglicht Dienstleistungen wie Notrufservice, Software-Update oder Car-Finder, etc...

Noch ist unklar, wie sich das autonome Fahren tatsächlich auswirken wird. Das Verkehrsaufkommen darf sich durch die neuen Technologien nicht noch mehr erhöhen.

- Umweltgerechte Begleitung
- Anreizsysteme
- Förderungen und rechtliche Rahmensetzungen sowie
- Impulse der Verkehrsplanung

können eine klimafreundliche Realisierung ermöglichen.

Quelle:

Bratzel, Stefan et al., Alternative Antriebe, Autonomes Fahren, Mobilitätsdienstleistungen, Heinrich-Böll-Stiftung, 2018