

Weiterbildung Lkw/Bus

# INTELLIGENT FAHREN

## ECO-Training & Assistenzsysteme

Vorabexemplar  
Änderungen vorbehalten



Inklusive Zugang  
zur Vogel BKF App

## Symbolerläuterung



Aufgaben



Hintergrundwissen



BKF App



Rechtlicher Hinweis



Medienverweis



Lernziel

## Ziele und Kenntnisbereiche des Moduls

Folgende Ziele und Kenntnisbereiche (nach Anlage 1 BKrFQV) werden mit dem Modul erreicht/abgedeckt:

- 1.1 Ziel: Kenntnisse der Eigenschaften der kinematischen Kette für eine optimierte Nutzung
- 1.2 Ziel: Kenntnis der technischen Merkmale und der Funktionsweise der Sicherheitsausstattung, um das Fahrzeug zu beherrschen, seinen Verschleiß möglichst gering zu halten und Fehlfunktionen vorzubeugen
- 1.3 Ziel: Fähigkeit zur Optimierung des Kraftstoffverbrauchs



Auf dem Informationsportal [www.eu-bkf.de](http://www.eu-bkf.de) finden Sie weiterführende Informationen zur Weiterbildung und Berufskraftfahrerqualifikation!

Wir wünschen Ihnen eine abwechslungsreiche und interessante Weiterbildung!

Ihr Verlag Heinrich Vogel



# 1. Faktoren einer nachhaltigen Beförderung



Sie werden in das Thema eingeführt und für ihren wirtschaftlichen Einfluss sensibilisiert.

## 1.1. Einführung



Entspricht dem/den Unterkennntnisbereich/en: 1.3

Testen Sie Ihr »Eco-Wissen«!



Kann auch in der Vogel BKF App absolviert werden.

Fragen	Lösungen	Antworten
1. Auf welche Fahrzeugkosten haben Sie als Fahrer großen Einfluss?	<input type="checkbox"/>	a) Auf Kraftstoffkosten
	<input type="checkbox"/>	b) Auf variable Kosten
	<input type="checkbox"/>	c) Auf fixe Kosten
	<input type="checkbox"/>	d) Auf Wartungskosten
2. Wie können Sie den Einfluss der Fahrwiderstände klein halten?	<input type="checkbox"/>	a) Reifen und Reifenluftdruck regelmäßig prüfen
	<input type="checkbox"/>	b) Rollphasen kürzer als Beschleunigungsphasen halten
	<input type="checkbox"/>	c) Geschwindigkeitsspitzen vermeiden, Schwung ausnutzen
	<input type="checkbox"/>	d) Sanftes Beschleunigen
3. Was bedeutet dieses Verkehrszeichen? 	<input type="checkbox"/>	a) Vorankündigung: Ladepark für BEV
	<input type="checkbox"/>	b) Landmarke digitale Teststrecke Autobahn
	<input type="checkbox"/>	c) Amtlicher GPS-Vermessungs- und Orientierungspunkt
	<input type="checkbox"/>	d) Vorankündigung: Batteriewechselstation für Nfz



## 1.2. Güter- und Personenbeförderung auf der Straße

§ Entspricht dem/den Unterkennntnisbereich/en: 1.3

### Zahlen Güter- und Personenverkehr Deutschland/EU

- 243 Millionen Fahrzeuge sind aktuell in der EU zugelassen.
- Ca. 80 % aller Güter werden auf der Straße transportiert, Tendenz steigend.
- 76,7 Prozent aller Waren werden in der EU auf dem Landweg transportiert
- Im Jahr werden in Deutschland über 3 Milliarden Tonnen Güter transportiert, ca. 9 Millionen Tonnen pro Tag.
- Jährlich werden in Deutschland über 400 Millionen Fahrten mit Lkw zum Gütertransport durchgeführt, ca. 37% davon sind Leerfahrten.
- Im Liniennahverkehr werden in Deutschland jährlich über 11 Milliarden Fahrgäste befördert, im Fernverkehr ca. 142 Millionen.
- Im Jahr werden in Deutschland ca. 39 Millionen Tonnen Diesel verbraucht.
- Der Großteil der Güter- und Personenbeförderungen wird in Deutschland mit schadstoffarmen Fahrzeugen durchgeführt.
- 2024 waren in Deutschland ca. 61.000 Lkw und ca. 3.000 Busse elektrisch angetrieben.

(Angaben: Statistisches Bundesamt, Bundesumweltamt, Bundesamt für Güterverkehr, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Mineralölwirtschaftsverband e.V.)



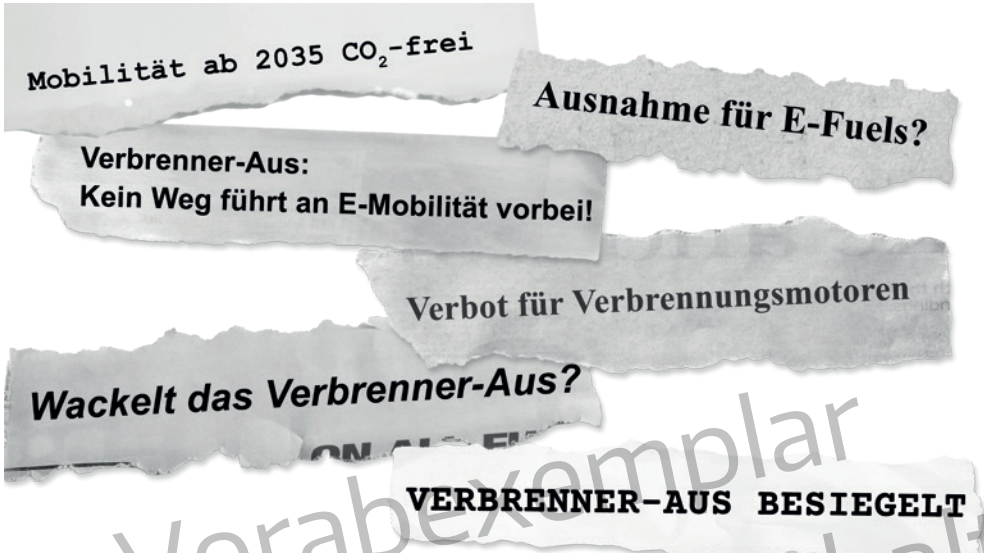
© Werner Dieterich/Westend61/stock.adobe.com

1 Güter- u. Personenbeförderung Deutschland/EU



### 1.3. Abgasgrenzwerte und Verbrenner-Verbot

§ Entspricht dem/den Unterkennntnisbereich/en: 1.3



3 Was ist dran am Verbrenner-Aus?

Das EU-Verbrenner-Verbot soll ab 2035 neue Pkw und leichte Lkw bis 3,5 t ZGM betreffen. Diese sollen dann nur noch zulassungsfähig sein, wenn sie nicht mehr mit fossilem Diesel oder Benzin betrieben werden. Eine Ausnahme könnten Fahrzeuge mit Verbrenner sein, die ausschließlich mit sogenannten E-Fuels betankt werden. Als E-Fuels gelten synthetische Kraftstoffe, die mittels (erneuerbarer) Energie aus Wasser und Kohlendioxid hergestellt werden.

#### CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für Lastwagen und Busse

Laut der Verordnung (EU) 2019/1242 müssen auch die Hersteller von schweren Nutzfahrzeugen ab 2025 ihre CO<sub>2</sub>-Flottenzielwerte deutlich verringern. Gefordert wird zukünftig eine massive technologische Umstellung von einem Großteil der im Straßen-gütertransport und im öffentlichen Personentransport eingesetzten Fahrzeuge.



© Daimler Truck AG

#### 4 90 Prozent CO<sub>2</sub>-Senkung bis 2040

**Die CO<sub>2</sub>-Emissionsgrenzwerte für neue Nfz über 7,5 t und Reisebusse sollen zukünftig folgendermaßen gesenkt werden:**

- Ab 2030 – um 45 Prozent
- Ab 2035 – um 65 Prozent
- Ab 2040 – um 90 Prozent
- Neue Stadtbusse: Ab 2030 um 90 Prozent, ab 2035 komplett emissionsfrei
- Neue Lkw-Anhänger: ab 2030 – um 7,5 Prozent
- Neue Auflieger: ab 2030 – um 10 Prozent

Die prozentualen Verringerungen beziehen sich jeweils auf den Stand der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990.

Die Fahrzeughersteller entscheiden hierbei, welche Technologien sie einsetzen, um die Ziele zu erreichen, darunter z. B. Elektrifizierung, Wasserstoff-Brennstoffzellen oder Wasserstoff in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

#### **Worauf bezieht sich die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Anhängern?**

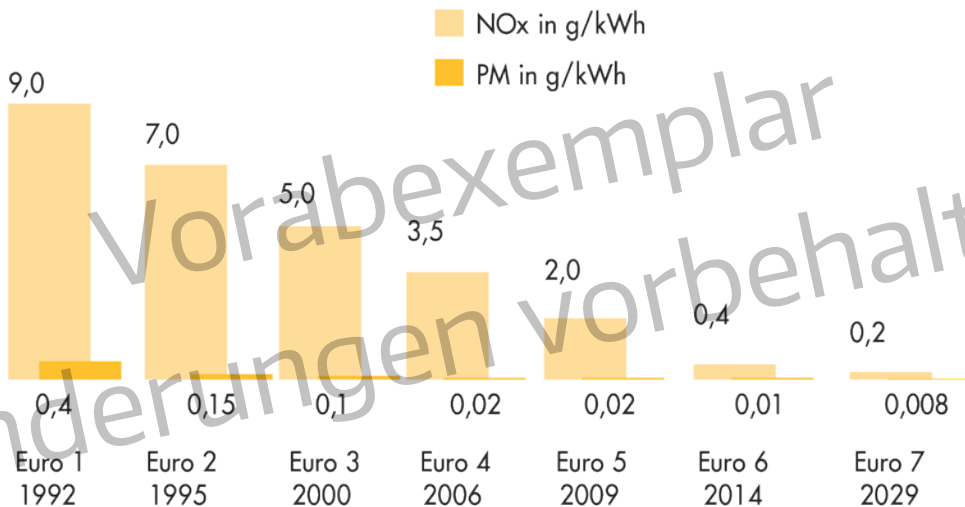
- Einsparpotenzial und Energieeffizienz der Anhänger zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Lkw-Kombination
- Bewertung: Optimierung der Aerodynamik, Verbesserung des Rollwiderstands und des Gewichts
- Anhänger werden dazu mit einem Referenzanhänger in ihrer Klasse verglichen
- Gewichts- und Volumentransporte werden getrennt bewertet

## Emissionen, Immissionen und Abgasnormen

### **i** Was ist der Unterschied zwischen Emission und Immission?

**Emission** ist jeweils der Ausstoß von gasförmigen oder festen Stoffen, die Luft, Boden oder Wasser verunreinigen. Emissionen technischer Anlagen sind z. B. Heizkraftwerke, Industriebetriebe, Heizanlagen, Abgase von Verbrennungsmotoren oder der Bremsenabrieb von Fahrzeugen.

**Immissionen** sind die Einwirkungen von Verunreinigungen der Luft, des Bodens oder des Wassers auf Menschen, Tier, Pflanzen, Bauwerke und Gebäude.



(Angaben im Diagramm laut Umweltbundesamt)

### **7** Übersicht Nfz-Emissionsgrenzwerte inkl. geplanter Euro 7-Norm

Für eine bessere Luftqualität sowie zum Schutz der Gesundheit und der Umwelt wird voraussichtlich ab Juli 2025 für neue Pkw und ab Juli 2029 für neue Lkw und Busse (N2, N3, M2, M3) die Abgasnorm Euro 7 eingeführt. Betroffen sind grundsätzlich alle Neufahrzeuge – egal ob mit Verbrenner, Hybrid, Batterie-elektrisch oder mit Brennstoffzelle angetrieben.



© Christian Schwier/stock.adobe.com

#### 10 Mautpflichtiger Güterverkehr über 3,5 t tzGm

##### Wer muss auf welchen Straßen Mautgebühren entrichten?

- Kfz für den Güterverkehr mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse (tzGm) über 3,5 t
- Fahrzeugkombinationen für den Güterverkehr mit einer tzGm 3,5 t, sofern das Motorfahrzeug eine tzGm von mehr als 3,5 t aufweist
- Gilt in Deutschland auf Bundesautobahnen, auf Bundesstraßen sowie auf genau bezeichneten Abschnitten von Straßen nach Landesrecht

##### Wo findet man die Angaben der technisch zulässigen Gesamtmasse (tzGm)?

Die Angaben zur tzGm findet man in der Zulassungsbescheinigung Teil 1 Feld F.1.

##### Wie wird die Gesamtmasse von Fahrzeugkombinationen ermittelt?

Für die Ermittlung der Gesamtmasse von Fahrzeugkombinationen werden – abweichend von der StVZO – die tzGm der Einzelfahrzeuge addiert. Stütz- und Aufliege-lasten werden nicht berücksichtigt!



## Aufgabe 2

Wer ist laut § 2 BFStrMG für die Entrichtung der Mautschuld verantwortlich?

Mautschuldner sind:

- Eigentümer des Fahrzeugs
- Halter des Fahrzeugs
- Fahrer des Fahrzeugs

## Wer ist von der Maut befreit?

Beispiele mautbefreiter bzw. begünstigter Fahrzeuge:

- Kraftomnibusse
- Lkw bis 3,5 t tZGM
- Fahrzeuge der Bundeswehr, der Feuerwehr, der Polizei, des Zivil- und Katastrophenschutzes
- Fahrzeuge im Straßenunterhaltungs- und Betriebsdienst
- Fahrzeuge des Schausteller- und Zirkusgewerbes
- Selbstfahrende Arbeitsmaschinen, die nur zur Verrichtung von Arbeiten und nicht für Gütertransporte im gewerblichen Güterkraftverkehr oder Werkverkehr eingesetzt werden
- Handwerker und handwerksähnliche Betriebe mit Fahrzeugen über 3,5 t tZGM mit Nachweis
- Emissionsfreie Fahrzeuge wie Elektrofahrzeuge und Wasserstoffverbrenner sowie Fahrzeuge mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle sind bis Ende 2025 mautbefreit.

## Aufgabe 3

Welche Möglichkeiten der Mauterfassung gibt es?

- Automatisch z. B. per OBU (On-Board-Unit)
- Manuell über Internet oder die Maut-App von Toll Collect
- Mautterminals an Tank- und Raststellen

Unabhängig von der Mauterfassung bietet sich die Maut-App auch an, um z. B. Mautkosten schon im Vorhinein für ein Transportangebot zu bestimmen und zu kalkulieren.



Mautgebühren gehören zu den variablen Fahrzeugkosten, die vom Fahrer beeinflussbar sind. Der Einfluss ergibt sich jedoch weniger durch die Wahl der Strecke als durch die richtigen Einstellungen am Mautgerät (On-Board-Unit – OBU). Dort müssen die gespeicherten Werte z. B. angepasst werden, wenn sich die technisch zulässige Gesamtmasse und/oder die Anzahl der Achsen ändern, weil ein Anhänger an- oder abgekuppelt wurde.



11 OBU-Einstellungen beim An- und Abkuppeln beachten!

### **Fahrlässigkeit kostet!**

Entrichten Sie bei Mautpflicht keine Gebühr oder geben das technisch zulässige Gesamtgewicht des Lastzuges zu niedrig an, stellt dies grundsätzlich eine Ordnungswidrigkeit dar. Neben einem Verwarnungs- oder Bußgeld müssen auch die Mautgebühren nachträglich entrichtet werden.

Vergessen Sie wiederum das zulässige Gesamtgewicht bzw. die Achsanzahl nach dem Abkuppeln eines Anhängers zu korrigieren, kostet das Ihr Transportunternehmen unnötig Geld.

## Was müssen Sie tun, wenn die On-Board-Unit (OBU) unterwegs gestört ist und/oder ausfällt?

- Störungen sind erkennbar an: Fehlermeldungen im Gerätedisplay, LED leuchtet bzw. blinkt rot, akustisches Signal
- Der Fehler ton wiederholt sich alle 5 Minuten, bis die Fehlermeldung von Ihnen bestätigt wurde.
- Bei der nächsten Möglichkeit anhalten!
- Fehlermeldung ggf. in der Bedienungsanleitung zum Gerät nachschlagen.
- Wenn sich der Fehler nicht beheben lässt, sollten Sie Ihr Unternehmen oder einen Toll Collect-Servicepartner kontaktieren.
- Wollen Sie die Fahrt mit dem bestehenden Problem noch beenden, lassen Sie sich von Ihrem Unternehmen manuell über die Online-Einbuchung oder die Toll Collect-App einbuchen. (Lassen Sie sich die Nummer des Einbuchungsbelegs für etwaige Kontrollen übermitteln!)



© Rico Fischer

12 OBU mit Fehlermeldung und roter LED

## 2. Der Nutzfahrzeugantrieb von morgen

☞ Sie erhalten einen Überblick über aktuelle und zukünftige Antriebsformen im Nutzfahrzeugbereich.

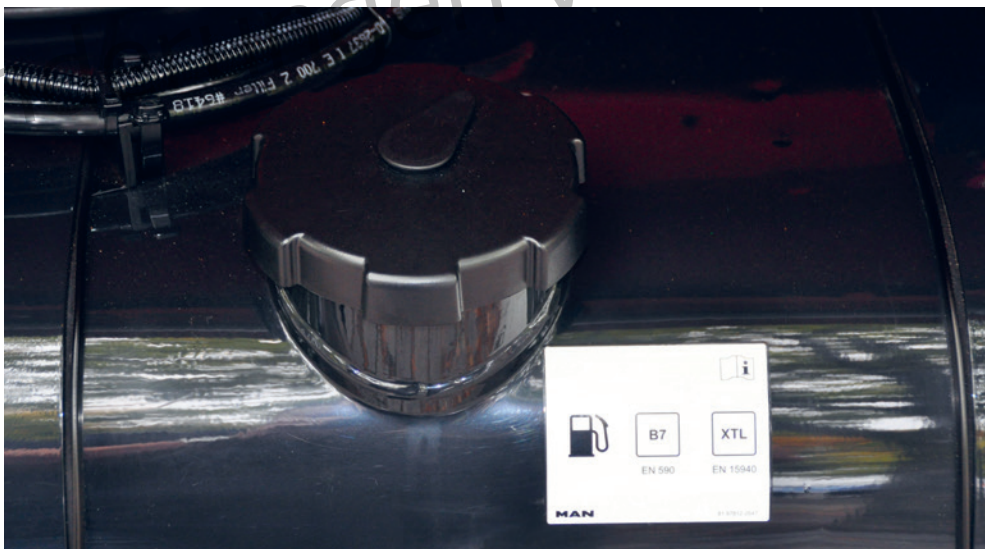
### 2.1 Der Dieselmotor

§ Entspricht dem/den Unterkennnisbereich/en: 1.2, 1.3

Der Begriff »Alternativer Antrieb« wird oft mit Elektrofahrzeugen verknüpft. Neben dem elektrischen Antrieb zählen aber auch Verbrennungsmotoren mit z.B. emissionsärmeren synthetischen Kraftstoffen oder Biogas dazu.

#### XTL-Kraftstoffe

Nach Schätzungen wird auch im Jahr 2030 noch ein Großteil aller Lkw mit Diesel fahren. Verbrennungsmotoren werden im Nutzfahrzeugbereich also noch auf lange Sicht eine Rolle spielen, besonders wenn sie mit CO<sub>2</sub>-freundlichen Kraftstoffen betrieben werden.



© Rico Fischer

13 Kennen Sie XTL-Kraftstoffe?



## Kennen Sie die Kraftstoffe HVO, BTL, GTL, PTL, B10?

<b>HVO</b>	Hydrogenated Vegetable Oils = Dieselerersatz auf Basis von Pflanzenölen, Schlachtabfälle, Algen, alten Küchenfetten und anderen Grundstoffen in Kombination mit Wasserstoff
<b>BTL</b>	Biomasse to Liquid = synthetische Kraftstoffe, der aus der Vergasung der Biomasse erzeugt wird
<b>GTL</b>	Gas to Liquid = synthetischer Kraftstoff, der aus Erdgas gewonnen wird
<b>CTL</b>	Coal to Liquid = synthetischer Kraftstoff, der aus Kohle gewonnen wird
<b>PTL</b>	Power-to-Liquid = synthetischer Kraftstoff (sog. E-Fuel), der aus Wasser, Kohlenstoffdioxid und elektrischer Energie hergestellt wird
<b>XTL</b>	X to Liquid = unterschiedliche paraffinische Dieselmotorkraftstoffe, die aus variablen Rohstoffen hergestellt werden, wie z. B. E-Fuel, HVO, GTL und BTL
<b>B10</b>	Dieselmotorkraftstoff, der einen höheren (10-prozentigen) Anteil an Biodiesel enthält als herkömmlicher (B7-)Diesel

### Was wird als synthetischer Kraftstoff bezeichnet?

- Kraftstoffe, die chemisch bzw. synthetisiert aus Kohle, Erdgas, Biomasse oder Industrieabgasen hergestellt werden.
- Die Herstellung ist energieintensiv, aufwendig und dadurch im Regelfall teurer als es fossile Kraftstoffe sind.
- Die Kraftstoffe können i.d.R. in herkömmlichen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden.



© Tichon Kuprewitsch/stock.adobe.com

14 Synthetische Kraftstoffe können aus unterschiedlichen Quellen gewonnen werden

### Was ist HVO-Dieselmotorkraftstoff?

- Hydrogenated Vegetable Oils = Dieselerersatz auf Basis von Pflanzenölen, Schlachtabfälle, Algen, alten Küchenfetten und anderen Grundstoffen in Kombination mit Wasserstoff
- Erzeugt bei der Verbrennung bis zu 50 % weniger Partikelemissionen, bis zu 25 % weniger Stickoxide und 5 % weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. Herstellungsprozess bis zu 90 %)
- **HVO 100** ist die Reinform von HVO, erfüllt die EN 15940 und EN 590 für Diesel (mit Ausnahme der Dichte)
- HVO 100 ist kältestabil bis -32 °C, sorgt durch eine hohe Cetanzahl für einen ruhigeren Motorenlauf und ist bei vielen Dieselmotoren einsetzbar (Herstellerfreigabe beachten!).
- Die Kapazität an biogenen Kraftstoffen ist bisher sehr begrenzt. Experten schätzen, dass bis 2040 bis zu 40 Prozent des Rohölbedarfs ersetzt werden könnte.



© paulitate/stock.adobe.com

15 HVO-Zapfsäule

### Was sind sogenannte E-Fuels?

- Stromgenerierte Kraftstoffe (RFNBO – Erneuerbare Kraftstoffe nicht biologischen Ursprungs).
- Mit Hilfe von Strom wird über Elektrolyse Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten.
- Danach lässt man Wasserstoff mit Kohlendioxid reagieren, das aus der Luft, industriellen Prozessen oder biogenen Abgasen gewonnen werden kann.
- Der synthetische Kraftstoff erzeugt weniger Feinstaub und Stickoxide (NO<sub>x</sub>), und ist CO<sub>2</sub>-neutral. (Das CO<sub>2</sub> wurde bei der Herstellung der Luft entnommen.)
- Um als CO<sub>2</sub>-neutral zu gelten, muss der Strombedarf ausschließlich durch erneuerbare Energien gedeckt werden.
- Die Herstellung ist sehr energieintensiv: Von der eingesetzten Energie bei der Herstellung kommen letztendlich nur 20 Prozent am Motor an.

## 2.2 Gasverbrennungsmotoren

§ Entspricht dem/den Unterkennntnisbereich/en: 1.2, 1.3

Gas-Verbrennungsmotoren gelten im Nutzfahrzeugbereich weiterhin als eine Alternative zum Dieselmotor, vor allem wenn sie mit Biogas betrieben werden.



© Rico Fischer

19 Lkw mit LNG-Antrieb

Bei der CO<sub>2</sub>-Komponente der Lkw-Maut wird jedoch weder Erdgas noch Biogas als klimafreundliche Antriebsart anerkannt. Immerhin sollen Lkw, die mit Biogas betrieben werden, zukünftig in den Regulierungsrahmen für CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte aufgenommen werden.

### Was wird als Biogas bezeichnet?

Biogas ist ein Nebenprodukt von verrottenden Stoffen wie Gülle, organischen Abfällen, Abwässern, Schlämmen und Mülldeponien. Das Gas besteht hauptsächlich aus Methan (ca. 60 Prozent) und Kohlendioxid (ca. 40 Prozent). Die Verbrennung setzt jedoch kein zusätzliches Kohlendioxid frei, weil dieses vorher in den Pflanzen gebunden war.



### Vor- und Nachteile von Biogas gegenüber Diesel

- Bis zu 80 Prozent weniger CO<sub>2</sub> im Vergleich zu herkömmlichen Dieselmotoren
- Bis zu 99 Prozent weniger Partikel
- Bis zu 72 Prozent weniger Stickoxide
- Ca. 50 Prozent weniger Lärm als ein vergleichbarer Dieselmotor
- Als LNG haben die Fahrzeuge vergleichbare Reichweiten wie konventionelle Diesel-Fahrzeuge
- Dem großflächigen Einsatz von Biogas stehen jedoch begrenzte Produktionsressourcen entgegen

### NGT, CNG, LPG, LNG, Biogas – Was ist der Unterschied?

<b>Biogas</b>	Entsteht durch Vergärung organischer Abfälle.
<b>CNG</b>	»Compressed Natural Gas«, unter hohem Druck (ca. bis zu 250 bar) im gasförmigen Zustand gespeichertes Gas. Die Reichweite von CNG-Fahrzeugen ist immer ein Kompromiss zwischen der Anzahl der Druckbehälter und einer akzeptablen Nutzlast/-volumen.
<b>LNG</b>	»Liquefied Natural Gas« verflüssigtes (Erd-)Gas, dessen Volumen bei atmosphärischem Druck durch Kälte (ca. -161°C) auf ein Sechshundertstel verkleinert (aus 600 m <sup>3</sup> Gas wird 1 m <sup>3</sup> LNG) und gespeichert wird. LNG-Fahrzeuge bieten ähnliche Reichweiten wie Dieselfahrzeuge.
<b>LPG</b>	»Liquefied Petroleum Gas«, »Flüssig-Gas« auch »Autogas« genannt. Es besteht hauptsächlich aus einem variablen Gemisch aus Butan und Propan, ist schwerer als Luft und wird bei einem Druck von 2 – 8 bar gespeichert.
<b>NGT</b>	»Natural Gas Technology« Fahrzeuge mit Erdgasantrieb

### Gefahren im Umgang mit CNG und LNG

Neben der Brennbarkeit der Gase liegen die Gefahren bei CNG-Anlagen vor allem bei dem hohen Druck der Anlage (bis zu 250 bar), bei LNG-Anlagen bei der extrem niedrigen Temperatur des Flüssiggases (von bis zu -161°C).

Gas-Fahrzeuge besitzen deshalb einen Sicherheitsschalter, mit dem die Anlage im Notfall abgeschaltet werden kann. Bei einem Unfall, bei dem auch die Gasanlage betroffen sein könnte, muss dieser Schalter deshalb unbedingt betätigt werden. Zusätzlich besitzen Gasfahrzeuge auch einen automatischen Druckschalter, der das Gas bei Überdruck automatisch ablässt.





## 2.3 Wasserstoffverbrenner und Brennstoffzellenantrieb

§ Entspricht dem/den Unterkennntnisbereich/en: 1.2, 1.3

Die Wasserstofftechnologie kann sowohl für den Verteilerverkehr als auch für die Langstrecke eine Alternative zum herkömmlichen Dieselantrieb sein. Nötig sind hierzu jedoch ausreichend Wasserstoff, wettbewerbsfähige Fahrzeug- und Wasserstoffpreise sowie eine flächendeckende Tankstelleninfrastruktur für Nutzfahrzeuge.

Die Erzeugung von Wasserstoff wird farblich unterschieden in:

- **Grauen Wasserstoff**, der industriell aus fossilen Energien hergestellt wird.
- **Blauen Wasserstoff**, der aus Erdgas durch die Abspaltung von CO<sub>2</sub> entsteht.
- **Grünen Wasserstoff**, der durch die Elektrolyse von Wasser hergestellt wird.

### Nachteile der Wasserstofftechnologie

- Das Tankstellennetz zur Wasserstoffbetankung befindet sich im Aufbau. Momentan gibt es in Deutschland ca. 100 Tankstellen, von denen jedoch nicht jede auch zur Betankung von Nutzfahrzeugen geeignet ist.
- Bei der energieintensiven Herstellung des grünen Wasserstoffs gehen bis zu 40 Prozent der eingesetzten Energie verloren.
- Für den Transport wird der Wasserstoff verflüssigt, wobei noch einmal bis zu 30 Prozent der eingesetzten Energie verloren gehen.
- Von 100 Prozent eingesetzter Energie kommen ggf. also nur 30 Prozent als Wasserstoff im Fahrzeug an.
- Bei einem 18 t-Lkw mit einem Verbrauch von 7,5 kg/100 km und Kosten für grünen Wasserstoff von 15 bis 18 €/kg ergeben sich für 100 Kilometer bis zu 135 € Kraftstoffkosten.

### Der Wasserstoffverbrenner

Im Nutzfahrzeugsbereich Standard sind seit Jahrzehnten ausgereifte Verbrennungsmotoren. Warum also nur auf die komplexe und teure Brennstoffzellen-Technik und nicht auch auf die ebenfalls saubere Wasserstoffverbrennung setzen?



© MAN Truck &amp; Bus SE

21 Lkw mit Wasserstoffverbrennungsmotor

### Vor- und Nachteile der Wasserstoffverbrenner

- Der Wirkungsgrad liegt mit ca. 35 Prozent zwischen dem Ottomotor mit ca. 28 Prozent und dem Dieselmotor mit ca. 40 Prozent.
- Der Wirkungsgrad von Brennstoffzellen liegt bei ca. 60 Prozent.
- Auch Wasserstoff minderer Qualität kann genutzt werden.
- Baut auf bestehender Technik auf.
- Auch eine Umrüstung von Dieselfahrzeugen auf Wasserstoffverbrennung ist möglich.
- Braucht trotzdem Öl als Schmierstoff.
- Die Abgase bestehen überwiegend aus Wasserdampf und Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ).
- Die Verbrennung von Schmieröl verursacht Spuren von Kohlenstoffmonoxid, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffen.
- Wenig Serienfahrzeuge am Markt.



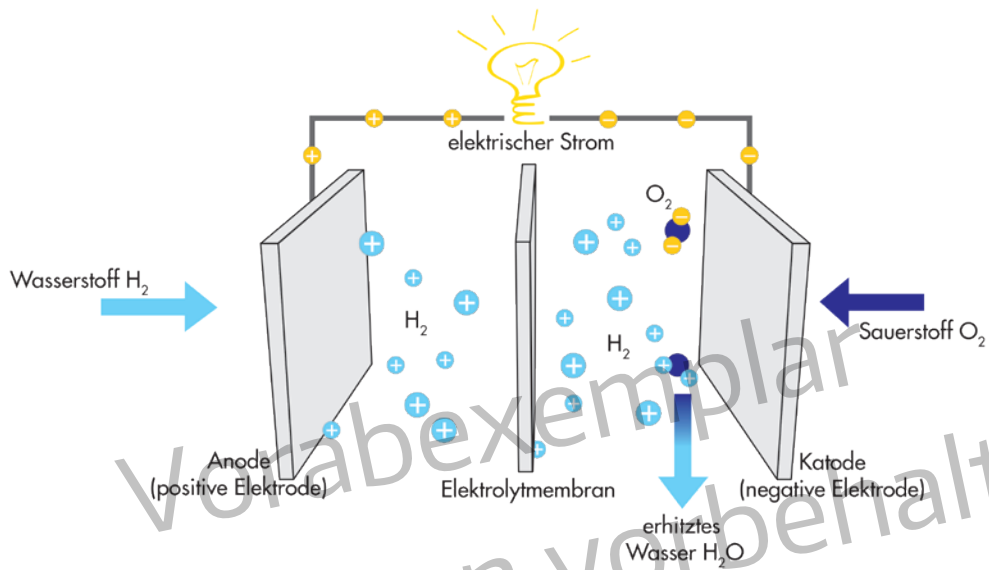
© KEYOU GmbH

22 + 23 (links) farbige Bauteile eines umgerüsteten Dieselmotors, (rechts) Bus und Lkw mit Wasserstoffverbrennungsmotor



## Die Brennstoffzellentechnik

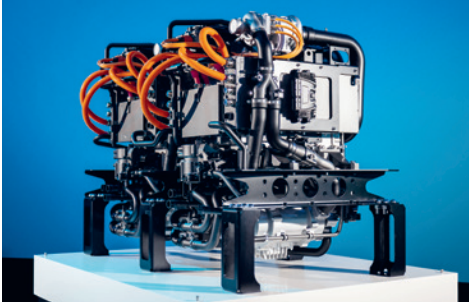
Brennstoffzellenfahrzeuge sind rein elektrisch angetrieben. Die Brennstoffzelle erzeugt mittels einer chemischen Reaktion aus Wasserstoff und dem Sauerstoff der Luft elektrische Energie, Wasser und Wärme. Die Energie steht dann für den Antrieb, den Batteriespeicher, Heizung und Klimatisierung zur Verfügung.



### 24 Funktion einer Brennstoffzelle

#### Vor- und Nachteile der Brennstoffzellentechnik

- Emissionsfrei/keine Abgase (es entsteht nur Wasserdampf).
- Vibrationsfrei und leise.
- Kaum Anlaufzeit.
- Ausreichend Strom zum Fahren, Heizen/Klima und Speichern.
- Lebensdauer liegt auf dem Niveau herkömmlicher Dieselmotoren.
- Übliche Reichweiten wie bei Dieselfahrzeugen sind möglich.
- Hohe Anschaffungskosten (bis um das Dreifache höher)
- Wenig Serienfahrzeuge am Markt.



© Daimler Truck AG

25 + 26 Brennstoffzelle (links), Brennstoffzellenbus (rechts)

### Was muss beim H<sub>2</sub>-Tankvorgang beachtet werden?

Tankanlagen für Nutzfahrzeuge arbeiten oft mit dem CGH<sub>2</sub> komprimierten Wasserstoff mit einem Druck von 350 bar. Der Tankvorgang ähnelt dem Tanken konventioneller Kraftstoffe, dauert jedoch etwas länger. Trotzdem ist die Betankungszeit deutlich kürzer als z. B. das Aufladen batterieelektrischer Fahrzeuge.



© Daimler Truck AG

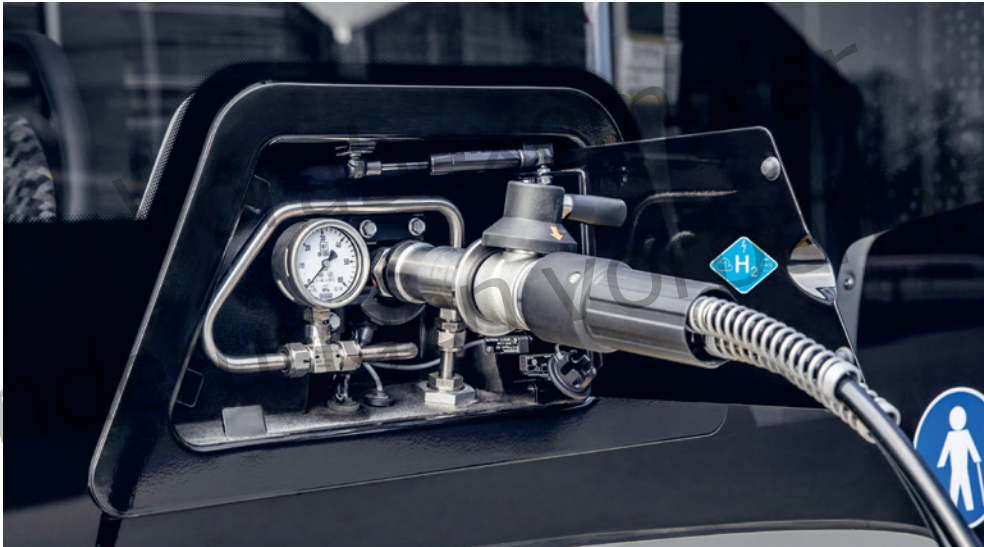
27 Brennstoffzellen-Lkw bei der Betankung

Zur Überwachung und Steuerung des Tankvorgangs besitzen die Fahrzeuge i.d.R. eine Kommunikationsschnittstelle zum Datenaustausch zwischen Tankstelle und Fahrzeug. So wird der Tankvorgang bei Undichtigkeiten an der Zapfpistole oder der Leitung gar nicht erst gestartet. Auch bei anderen Abweichungen kann die Betankung jederzeit durch die Tankstelle oder das Fahrzeug unterbrochen oder beendet werden. Die Steuerung sorgt weiterhin dafür, dass das Fahrzeug nicht überfüllt wird. Zur zusätzlichen Sicherheit sind im Fahrzeugtank Überdruckventile verbaut, um den Druck im Notfall zu begrenzen.



### Ablauf einer Wasserstoffbetankung

1. Je nach System muss der Tankvorgang zum Beginn an der Tanksäule freigegeben werden (z. B. mit einer Tankkarte).
2. Tankklappe am Fahrzeug öffnen, Abdeckung entfernen
3. (Wenn vorhanden Erdungskabel an die Fahrzeugmasse/ein unbeschichtetes Metallbauteil anschließen.)
4. Zapfpistole aus der Tanksäule entnehmen, in den Tankstutzen am Fahrzeug führen und die Tankkupplung mit dem vorgesehenen Hebel an der Zapfpistole arretieren
5. Tankvorgang starten – i.d.R. muss dazu ein Knopf an der Zapfsäule betätigt werden.
6. Nach Beendigung des Tankvorgangs Arretierung der Zapfpistole lösen und diese wieder in die vorgesehene Aufnahme der Tanksäule einhängen, Abdeckung und Tankklappe am Fahrzeug schließen.



© Daimler Truck AG

28 Tankstutzen und Arretierung der H<sub>2</sub>-Tankpistole bei einem Bus

### Gefahren im Umgang Wasserstoff-Fahrzeugen

Die Gefahr von Wasserstoff liegt in der Geruchlosigkeit und der explosionsartigen Verbrennung des Gases. Grundsätzlich besteht kein höheres Gefahrenpotential als bei konventionellen Fahrzeugen. Ähnlich wie bei Erdgas-Fahrzeugen müssen die Fahrzeuge und die Druckbehälter bestimmte Sicherheitsanforderungen erfüllen. So besitzen Wasserstofffahrzeuge z. B. auch ein automatisches Überdruckventil, das das Gas bei Erhitzung kontrolliert ablässt.

Eine gewisse Gefahr ergibt sich bei einer defekten Anlage, wenn sich das Gas z. B. im oberen Teil einer Abstellhalle oder Werkstatt sammeln kann.