

Willkommen zur Fahrlehrer - Fortbildung am 06.12.2023 GBS, Passau

Dozent: Dipl. Ing. (FH) Rainer Breitenfellner
Ingenieurbüro Rudolph GmbH
94469 Deggendorf



***„Jeder will zurück
zur Natur, aber
keiner zu Fuß.“***

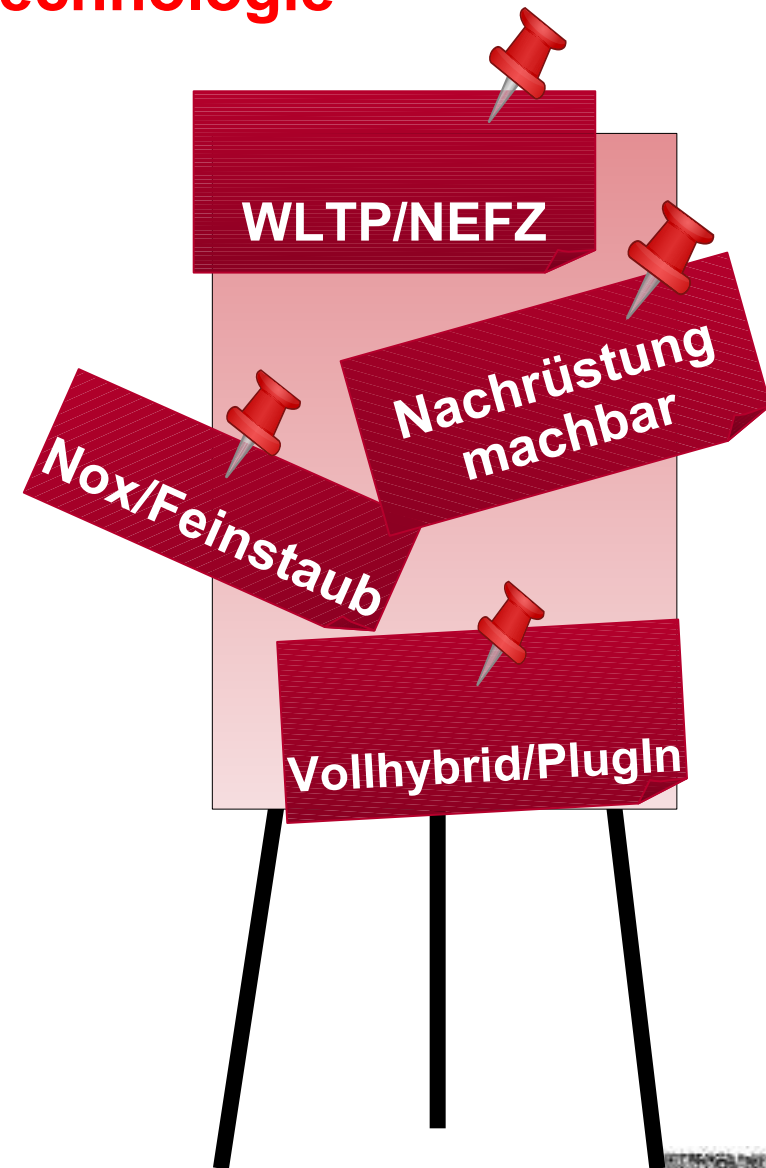
Alois Glück, Dt. Politiker u. Journalist.

**Aktuelle Aspekte der
Antriebstechnologie**



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

- Vorstellung Referent
- Zeitplan
- Örtliche Gegebenheiten
- Mobiltelefone
- (Digitale) Unterlagen
- Welche Fragen könnten in einem Kundengespräch auftauchen?



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Die Teilnehmerunterlagen zur Fahrlehrer - Fortbildung gibt es hier zum Download:

www.rudolph-sv.de/service

The screenshot shows a web browser window displaying the website www.rudolph-sv.de/service. The main banner features a car's interior with a steering wheel and the text "RUDOLPH INGENIEURBÜRO GmbH" and "Mehr als nur Gutachten...". Below the banner is a navigation menu with buttons for "STARTSEITE", "KONTAKT", "ANFAHRT", "GUTACHTEN", "GTÜ", "ÜBER UNS", and "SERVICE". A red arrow points from the "SERVICE" button to a PDF document link in the main content area. The PDF link is titled "Fahrlehrerweiterbildung 2023 Aktuelle Aspekte" and "EJW_AktuelleAspekte_GÜS.pdf" (PDF-Dokument [6,3 MB]). A red pushpin is visible on the right side of the browser window.



Historisches zu Propheten und Zukunftsforschern



CO₂, NO_x, Feinstaub und Pferdemit!

Pferdemist wurde um die Jahrhundertwende zum großen Verkehrs- und Umweltproblem. Die "Times" sagte 1894 voraus, dass die Straßen Londons bis 1950 mit der drei Meter hohen Mistschicht bedeckt wären.



Mit dem Aufkommen des Automobils, das sehr schnell für den Transport-Bereich entdeckt wurde, verschwand das Pferdemitproblem innerhalb weniger Jahre. An die Stelle von Pferdemit traten gesundheitsschädliche Autoabgase.

Früher verstopften Pferdekutschen die engen Straßen der Innenstadt, heute sind es Autos, Busse, Lieferwagen.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit von Fahrzeugen etwa in der Londoner Innenstadt beträgt nur noch **13 Kilometer pro Stunde**, ähnlich wie in der Pferdekutschenzeit.



Historisches zu Propheten und Zukunftsforschern

SPIEGEL Wissenschaft

CO₂, NO_x, Feinstaub und Pferdemit!

Von Axel Bojanowski

Als der Nebel aufzog am 5. Dezember 1952 schenken ihm die Londoner keine Beachtung. Am nächsten Tag jedoch verdichteten sich dunkle Schwaden; Busse mussten stehen bleiben, Autos bildeten lange Staus.

Auf Märkten kollabierten Kühe, Schweine und Ziegen. Immer mehr Krankenwagen mit nach Luft ringenden Menschen erreichten die Hospitäler.

Nachdem starker Wind am 9. Dezember den Nebel vertrieben hatte, erschrecken die Briten angesichts der Nachricht aus ihrer Hauptstadt: Tausende waren während des Nebels an Atemwegserkrankungen gestorben, viele erstickt.

Die Katastrophe war nicht vorbei: In den folgenden Monaten erlagen tausende Weitere ihrer Erkrankung - am Ende sollen etwa 12.000 Menschen dem Nebel zum Opfer gefallen sein.



Starker Nebel am Piccadilly Circus in London am 6. Dezember 1952. Foto: Science Photo Library/Anadolu Agency



Victoria-Station in London am 6. Dezember 1952. Foto: Anso



Historisches zu Propheten und Zukunftsforschern

CO₂, NO_x, Feinstaub und Pferdemit!



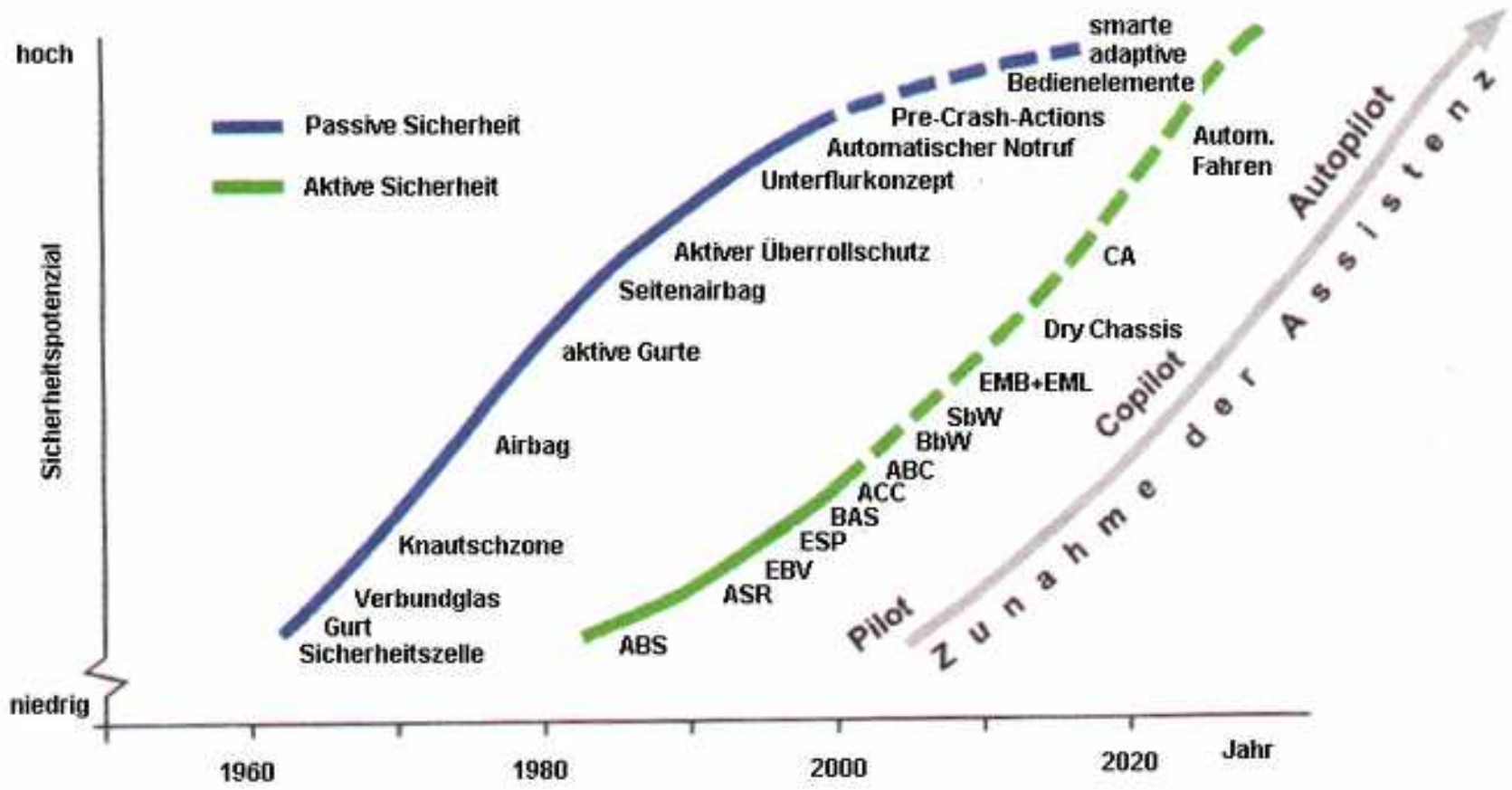
Der Luftqualitätsindex (**AQI**) reicht von 0 bis 500, obwohl die Luftqualität bei einem höheren Grad an gefährlicher Luftverschmutzung über 500 indiziert werden kann. Gute Luftqualität reicht von 0 bis 50, während Messwerte über 300 als gefährlich gelten.





Historisches zu Propheten und Zukunftsforschern

Fahrlehrerweiterbildung 2002



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Fahren wir in Zukunft so?



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Mercedes Vision AVTR

-33-sechseckige Mini-Spoiler am Heck beeinflussen nicht nur die Aerodynamik, sondern dienen auch der Kommunikation mit der Umwelt.

-Licht reagiert auf Annäherung (20.000 LED)

-„Bubble Wheels“, vier radnahe 350kW-Elektromotoren, frei lenkbare Hinterachse ermöglichen seitliches Gleiten

-klassische Lithium-Ionen-Akkus, basierend auf organischer Zellchemie und völlig frei von seltenen Erden, Metallen

-Akku ist kompostierbar:



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Mercedes Vision AVTR

- Der Innenraum verfügt weder über Knöpfe, noch Schalter oder Displays
- Die Mittelkonsole ist schwebend konstruiert
- Beamer verhelpen zu einer Hand-Gesten-Steuerung und projizieren aktive Programme in die Hände der Insassen



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Mercedes Vision AVTR

-„Joypad“ ersetzt das Lenkrad und imitiert den Herzschlag des Fahrers: verstärkt den Eindruck, in einem lebendigen Wesen zu sitzen

-Ermöglicht Nutzung beider Insassen



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Mercedes Vision AVTR



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Mercedes Vision EQS



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Mercedes EQS Auslieferungbeginn Frühjahr 2021



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Augmented Reality (erweiterte Realität)

Integration von virtueller Realität im Auto: Virtuelle Windschutzscheibe



Ein Beispiel für Virtual Reality im Auto liefert Continental: Die Windschutzscheibe wird zum Info-Display.
(Bild: Continental)



Aktuelle Aspekte der Antriebstechnologie

Augmented Reality (erweiterte Realität)

Virtuelle Realität im Auto: Beispiel Einparken

Augmented Reality soll auch das Rangieren und Einparken künftig optimieren.

- Der Fahrer soll beim Einparken alle Hindernisse direkt und dreidimensional in ihrer realen Position erkennen
- Sicht des Fahrers wird mit der virtuellen Sicht überlagert, die ein Computer aus Basis der Kameraaufnahmen generiert



Jüngst in Serie gegangen ist ein ähnliches Zusammenspiel der Kameras im Range Rover Evoque, der allerdings den Durchblick auf das, was sich direkt vor dem Auto und unter dem Vorderwagen abspielt, noch auf dem zentralen Bildschirm der Mittelkonsole einblendet.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Für Zwei-Grad-Ziel notwendige Maßnahmen

- CO2 Neutralität in den Industriestaaten ab 2050
- Reduzierung muss spätestens ab 2020 beginnen



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

	2015	2020	2030	2040	2050
Treibhausgasemission insgesamt (gegenüber 1990)	-27 %	mind. -40 %	mind. -55 %	mind. -70 %	-80 % bis -95 %
Treibhausgasemission Verkehr (gegenüber 1990)	0 %		mind. -40 %		-80 % bis -95 %
Endenergieverbrauch Verkehr (gegenüber 2005)	1,3 %	-10 %	→		-40 %

Energie der Zukunft: Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende

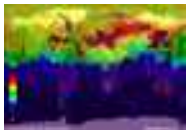
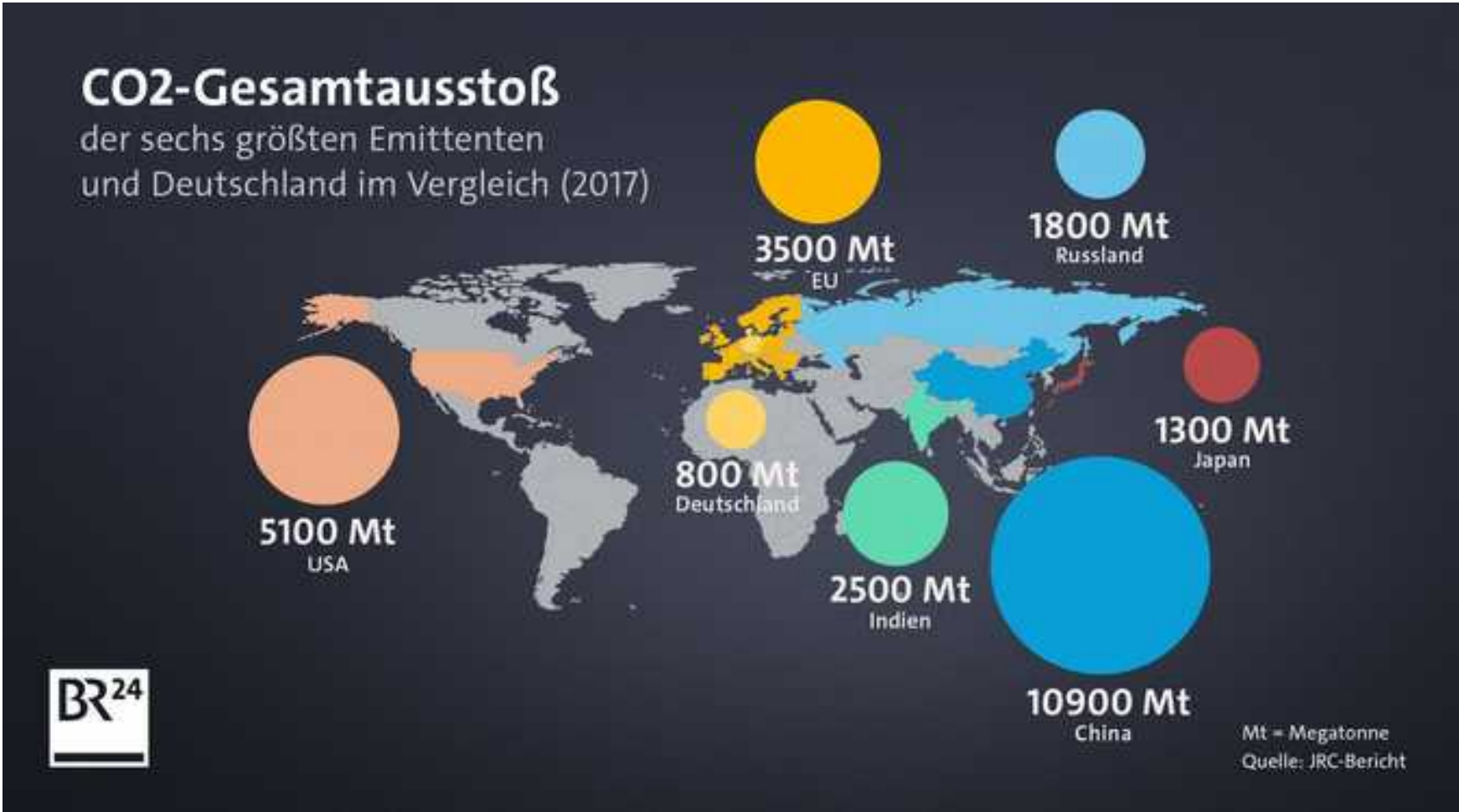


Dekarbonisierung des Verkehrssektors bei gleichzeitiger Reduzierung des Energieverbrauchs.

Dr. Geert Tjarks | NOW GmbH



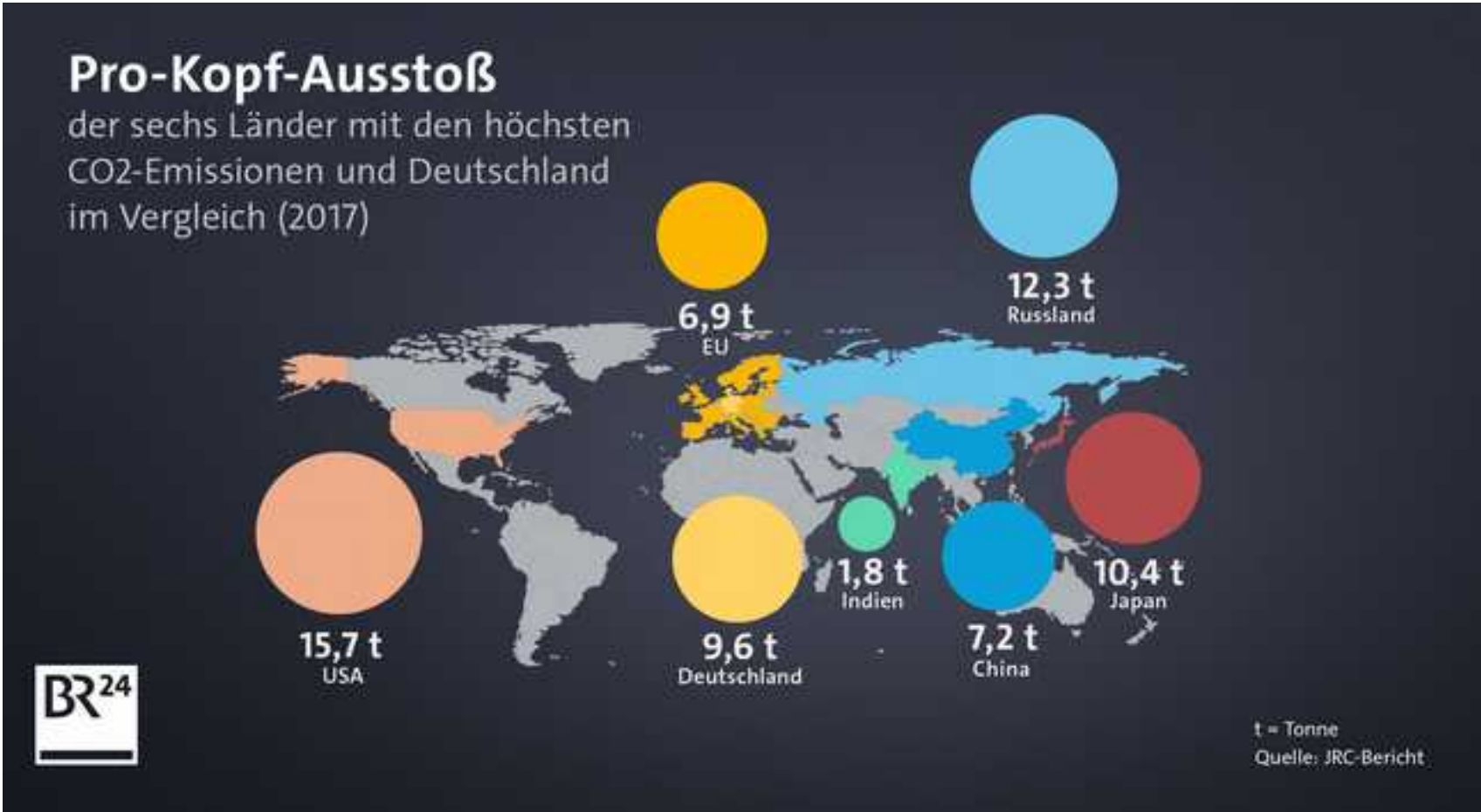
Hintergrund der aktuellen Diskussionen



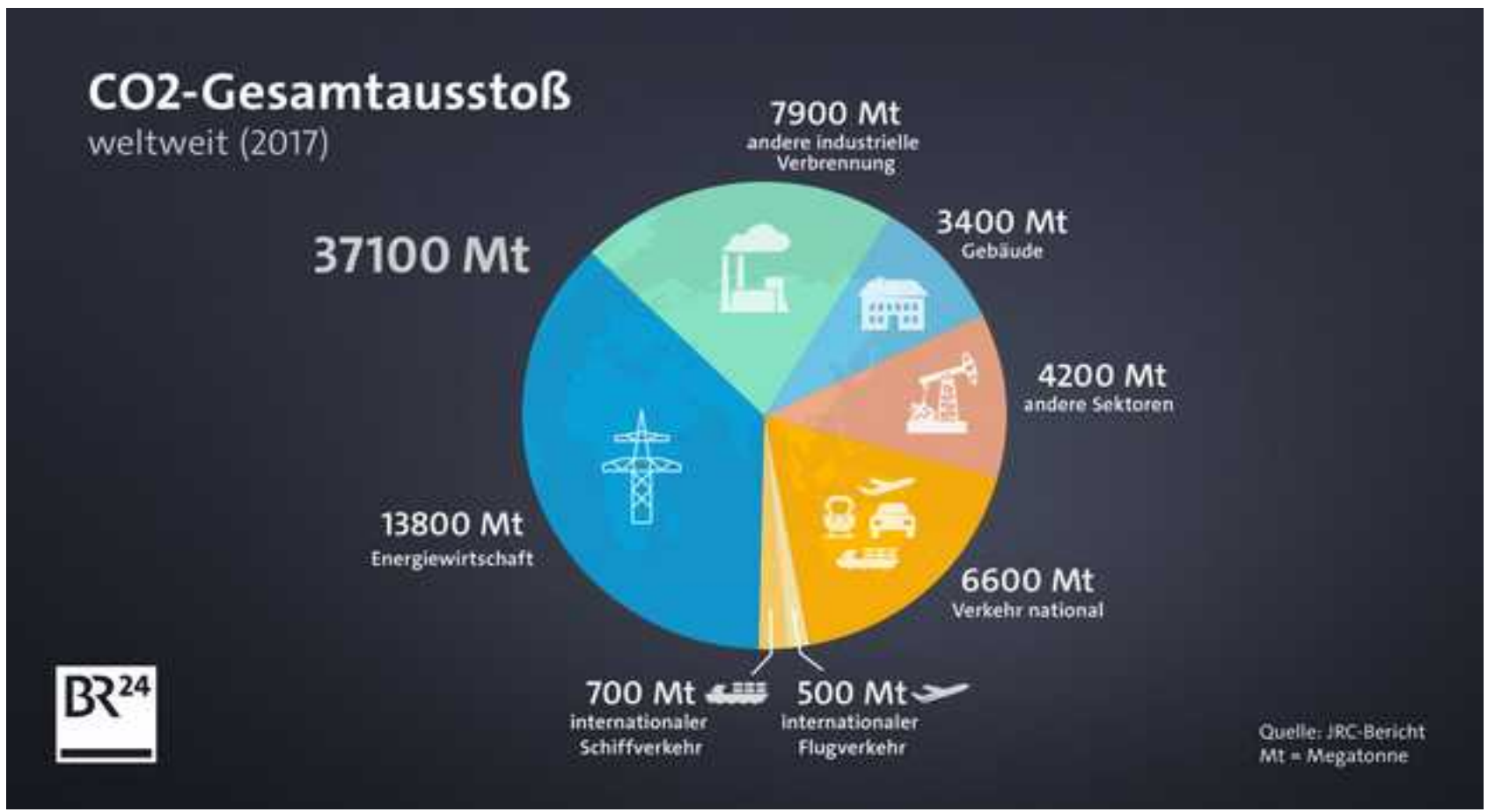
Video CO₂ Verteilung



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

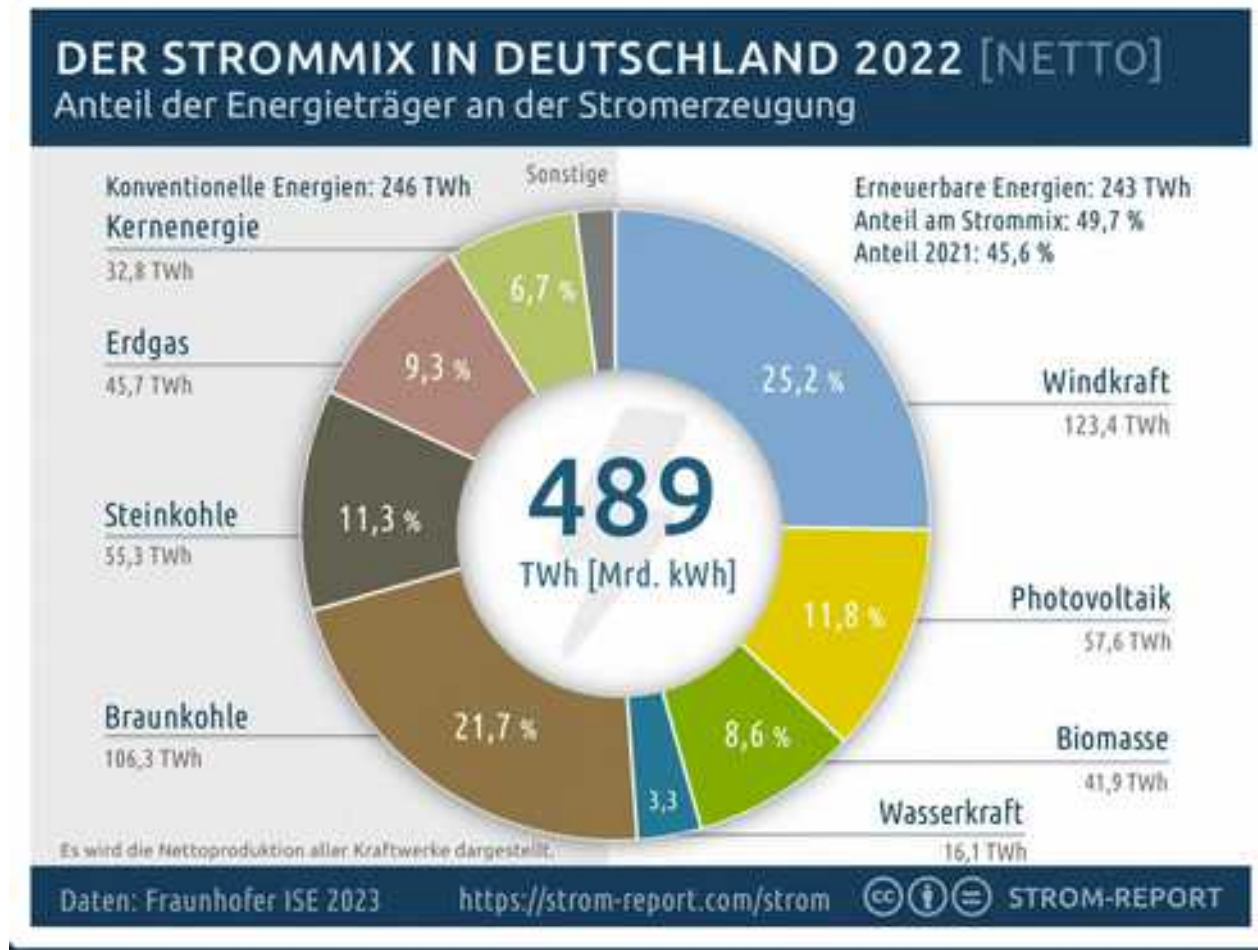
Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 1990 bis 2021, Schätzung für 2022 und Minderungsziele 2020 bis 2030



UBA (2022a) • 2022: Schätzung von Agora Energiewende; Sektorziele nach Klimaschutzgesetz; Gebäude 2021: Berechnung von Agora Energiewende abweichend von UBA (2022a) *bezogen auf 1990 mit angepassten Lachgas-Emissionswerten (s. Kapitel 1.6)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?



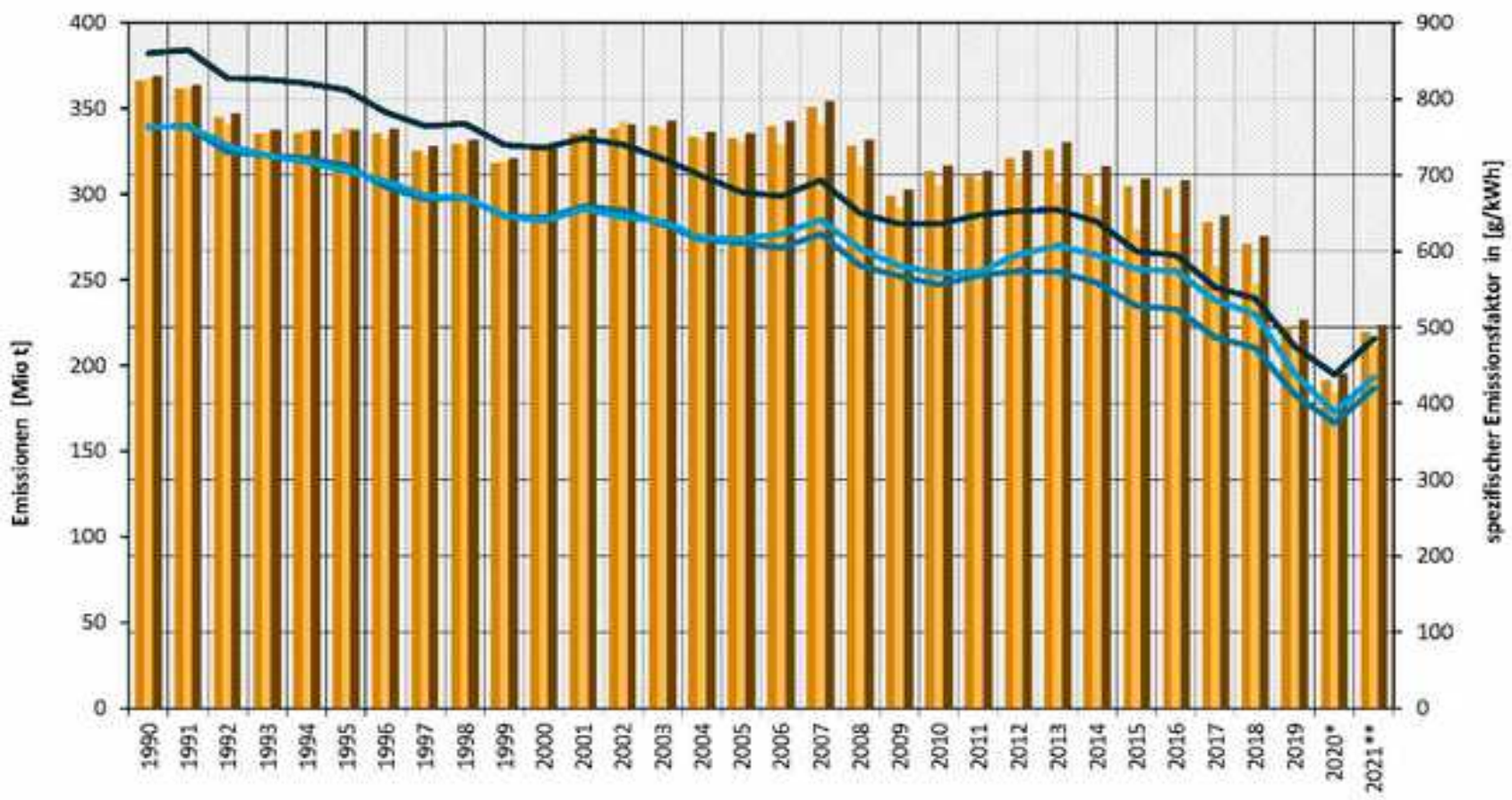
Video Power to X



Im Jahr 2022 wurden in Deutschland 577 Terrawattstunden (Mrd.kWh) Strom Brutto erzeugt.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?



- CO₂- der Stromerzeugung
- Emissionen CO₂-Äquivalente der Stromerzeugung
- CO₂-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch
- CO₂- der Stromerzeugung unter Berücksichtigung Handelssaldo
- CO₂-Emissionensfaktor Strommix
- CO₂-Äquivalente Emissionsfaktor mit Vorketten

2020* vorläufig, 2021** geschätzt

Quelle: Umweltbundesamt, eigene Berechnungen März 2022



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Zur Verdeutlichung dieser Energiemengen ein Vergleich



Nordsee- WINDPARK GLOBAL TECH 1

100 Kilometer vor der deutschen Küste wurde Ende August 2014 die letzte der insgesamt **80 Turbinen** der 5-Megawatt-Klasse (Typ AREVA Wind M5000-116) montiert.

Stromproduktion/Jahr: insgesamt: ca. **1,5 Twh** – entspricht jährlichen Verbrauch von ca. 532.200 Haushalten

<https://www.entega.ag/geschaeftsfelder/erzeugung/windenergie/windpark-global-tech-i/>



Braunkohlekraftwerk Weisweiler

Lage des Kraftwerks Stadt Eschweiler, Nordrhein-Westfalen
Kraftwerkstyp Braunkohlenkraftwerk mit 3 Blöcken und 2
Vorschaltgasturbinenanlagen (VGT)

Stromproduktion/Jahr: ca. **15,3 TWh** – entspricht jährlichem Verbrauch von ca. 5,4 Mio Haushalten.

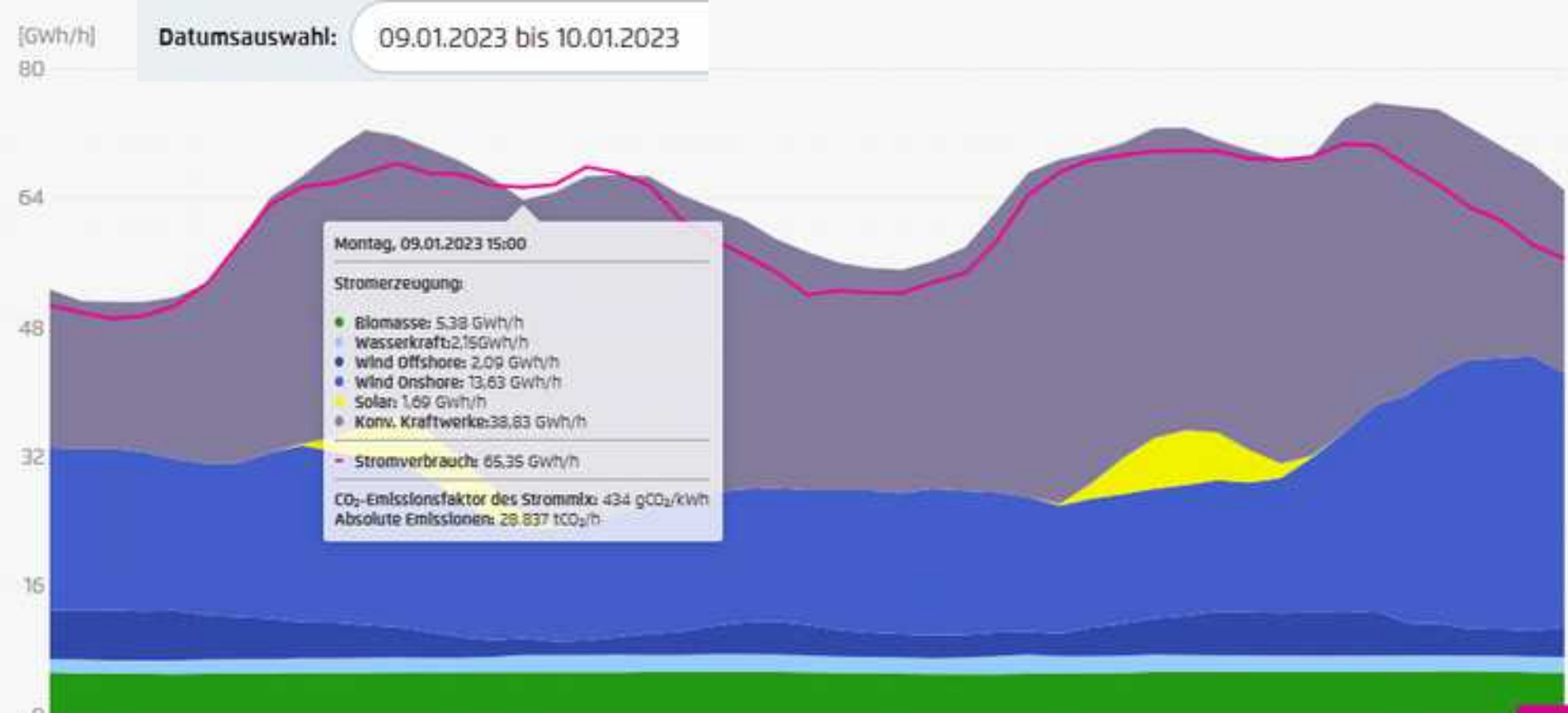
Dafür werden pro Jahr 18,4 Mio. Tonnen Braunkohle verfeuert. Mit einem CO₂-Ausstoß von 14,5 Mio. Tonnen verursachte das Kraftwerk im Jahr 2021 die siebthöchsten Treibhausgasemissionen aller europäischen Kraftwerke.

<http://www.rwe.com/webcms/de/50142/rwe-power-ag/energieerzeuger/braunkohle/standorte/kw-weisweiler/c/>



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

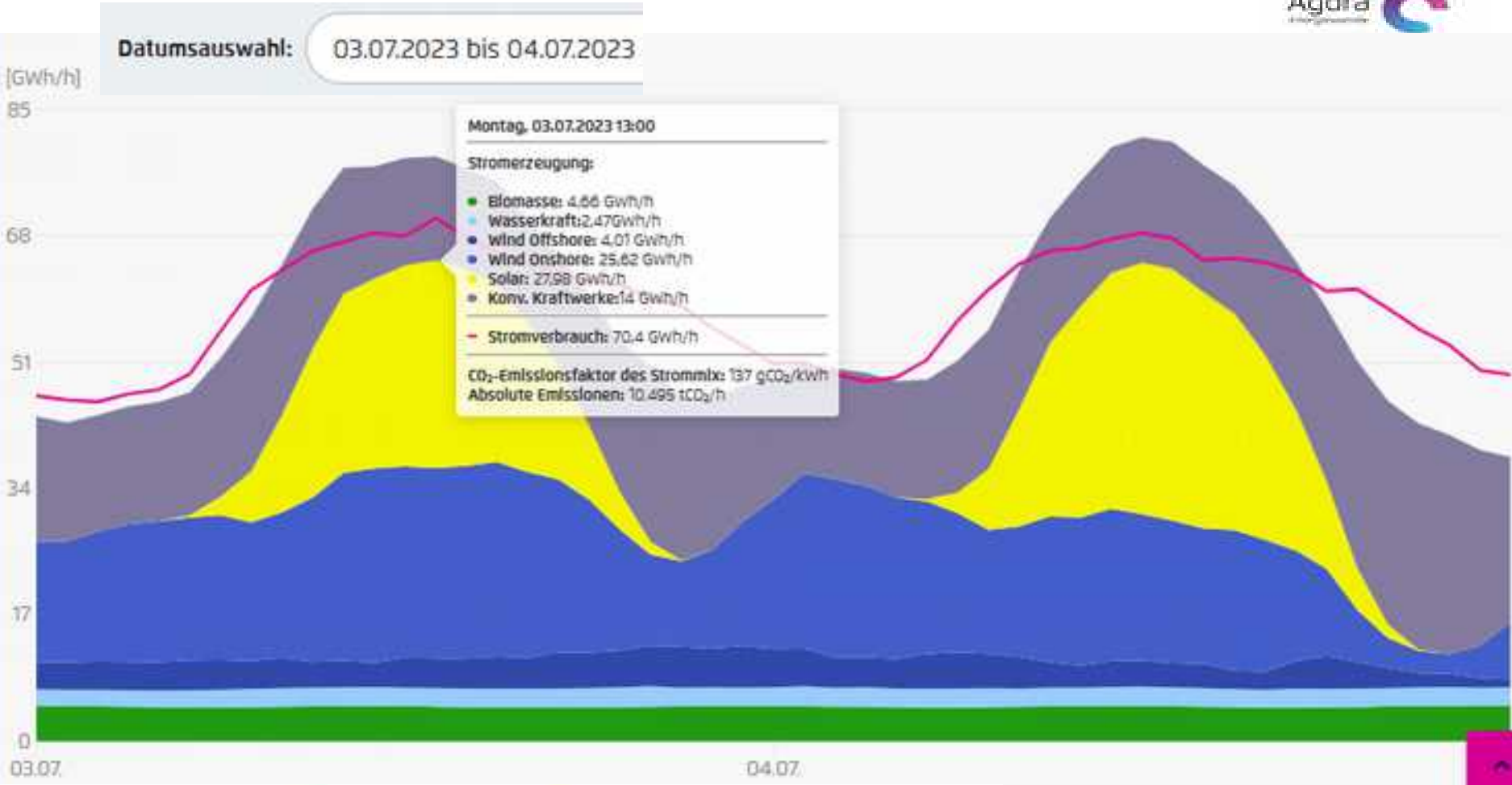
Stromerzeugung und Stromverbrauch



- Stromverbrauch
- Biomasse
- Wasserkraft
- Wind Offshore
- Wind Onshore
- Solar
- Konventionelle...
- Kernkraft
- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Pumpspeicher
- Andere



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

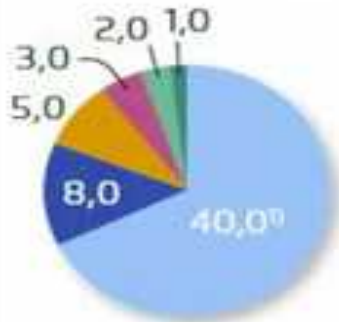


- Stromverbrauch
- Biomasse
- Wasserkraft
- Wind Offshore
- Wind Onshore
- Solar
- Konventionelle...
- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Kernkraft
- Pumpspeicher
- Andere



VW ID.3: CO₂-EMISSION NACH NUTZUNGSLAND

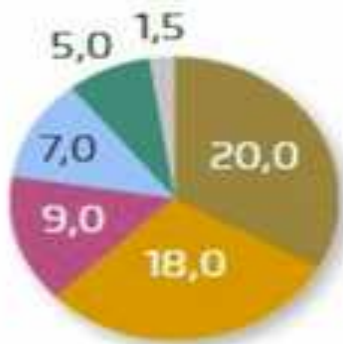
Ein und derselbe VW ID.3 emittiert je nach Nutzungsland völlig unterschiedliche Mengen an CO₂. Setzt man den realen aktuellen Strommix an, sieht Frankreich blendend, Deutschland schlecht und Polen verheerend aus. Es liegt also nicht am Fahrzeug.



Frankreich

45 g¹⁾

11,5 g/km **2,295 t²⁾**

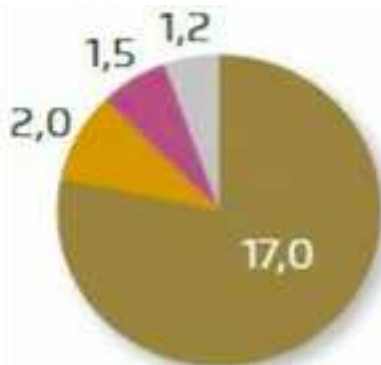


Deutschland

358 g

91,2 g/km **18,26 t**

¹⁾ absolute Zahlen in Gigawatt;
²⁾ aktueller Wert g CO₂/eq/kWh; realer Strommix am 24. Juni 2021, 15.00 Uhr; Quellen: ENTSO-E, electricitymap.com;
³⁾ gerechnet mit auto motor und sport-Testverbrauch VW ID.3, 25,5 kWh/100 km, 200.000 km, 10-Jahres-Laufleistung



Polen

658 g

167,7 g/km **33,56 t**

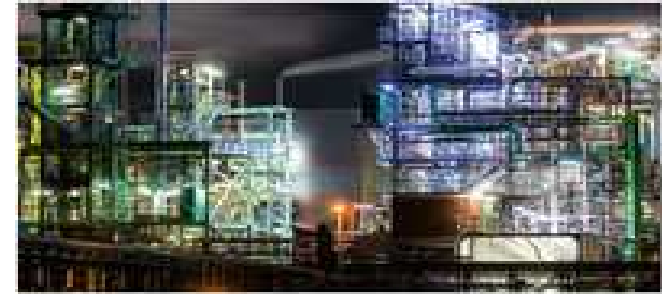


Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Frankfurter Allgemeine 16.03.2021

Strom für Grüne Industrie

„Brutal günstig und unvorstellbar viel“



Das Frankfurter Industriegebiet HOFHEI, einem Standort der Chemie- und Stahlindustrie, bei Nacht im Januar 2020.

Technisch ist eine klimaneutrale chemische Industrie zwar möglich, doch für die Umsetzung fordern Industrievertreter nun mehr und vor allem billigeren Ökostrom. Andernfalls werde die Energiewende nicht gelingen.

Von BERND FREYTAG, MAINZ

Die chemische Industrie, eine der energieintensivsten Branchen, hat schon vor gut einem Jahr eine Studie vorgelegt, wonach sie den Ausstoß an Treibhausgasen bis Mitte des Jahrhunderts auf nahezu null reduziere könne.

Technisch sei das machbar, allerdings seien dafür enorme zusätzliche Mengen Strom aus erneuerbaren Energien nötig. Anders seien die Produktionsprozesse nicht zu elektrifizieren.

Die Autoren schätzen, dass sich der Strombedarf der chemischen Industrie bis Mitte der 2030er Jahre auf 628 Terrawattstunden mehr als verzehnfachen wird. Das wäre mehr als der gesamte deutsche Stromverbrauch aktuell und weit mehr als die im vergangenen Jahr produzierten 251 Terrawattstunden an Ökostrom.

Parallel müsste der Strompreis nach Einschätzung des VCI auf 4 Cent je Kilowattstunde fallen.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

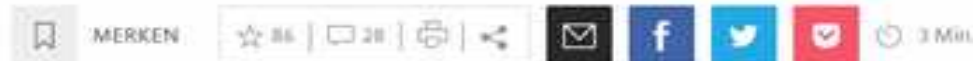
5+ MILLIARDENINVESTITION

BASF zieht Großprojekt in China durch

VON BERND FREYTAG - AKTUALISIERT AM 23.07.2022 - 09:58

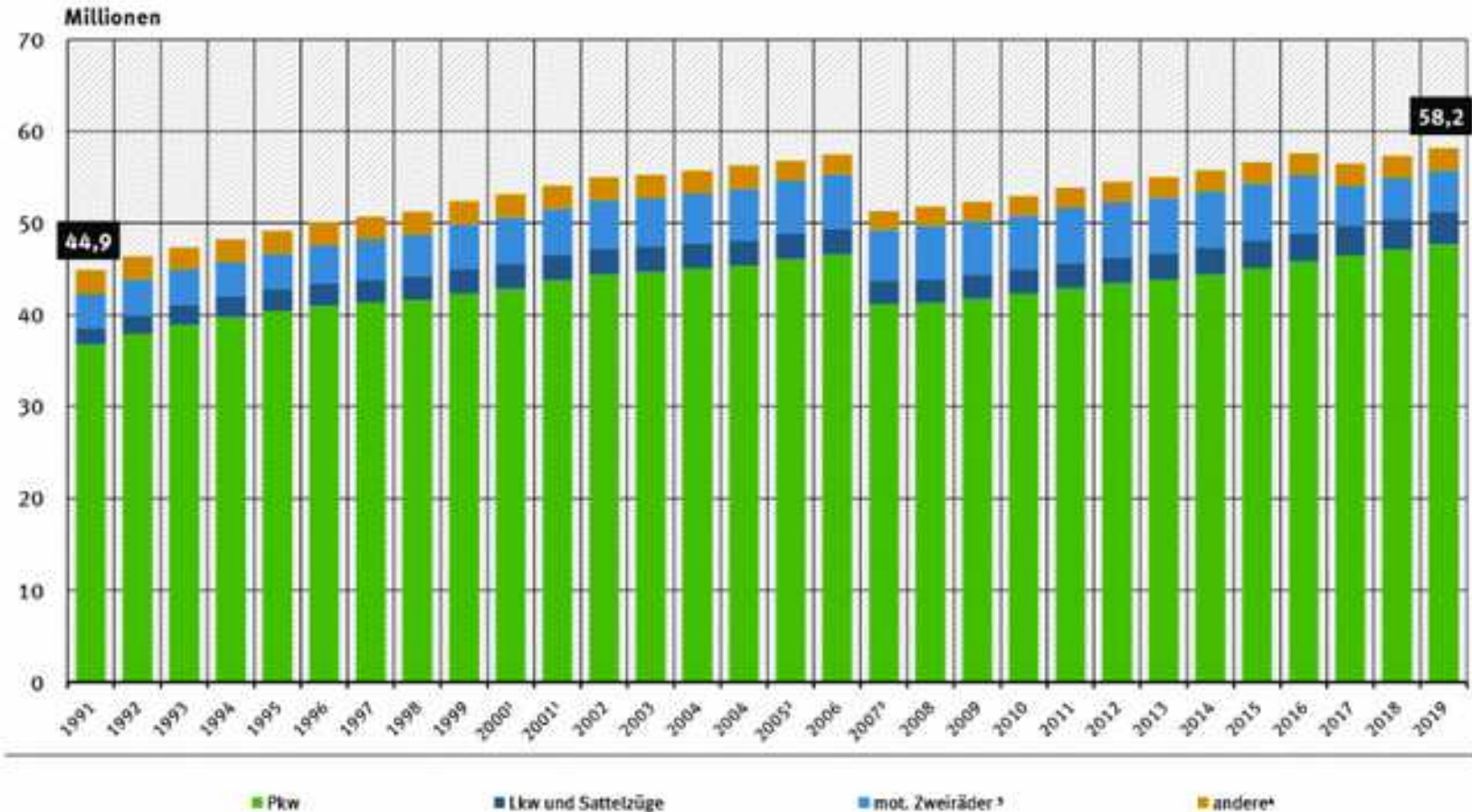


Der Chemiekonzern will seinen bis zu 10 Milliarden Euro teuren Verbundstandort in China bauen – auch wenn die Zweifel an der Globalisierung wachsen. Die erste Anlage geht schon in Betrieb.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes



¹ Ab 2000 Stand jeweils zum 01.01. des Folgejahres und von 12 auf 18 Monate verlängerte Stilllegungsfrist.

² Ab 2005 werden Fahrzeuge mit Zweckbestimmung (zum Beispiel Wohnmobile und Krankenwagen) dem Pkw zugeordnet.

³ Ab 2007 ohne vorübergehend abgemeldete Fahrzeuge. Aufgrund von Umstellungen in der Statistik sind die Angaben nicht direkt mit denen der Vorjahre vergleichbar.

⁴ Dazu gehören: Busse, Schlepper (zum Beispiel in der Landwirtschaft) und übrige Fahrzeuge; Ausnahmen siehe unter ¹.

⁵ ab 2017 nicht mit den Vorjahren vergleichbar; ohne Mopeds, Mofas etc. ab 2017. Daten werden vom KfzA nicht fortgeführt, da seitweise Doppeltzählungen bei Versicherungswechsel

Summe ab 2017 nicht mit den Vorjahren vergleichbar, siehe ³

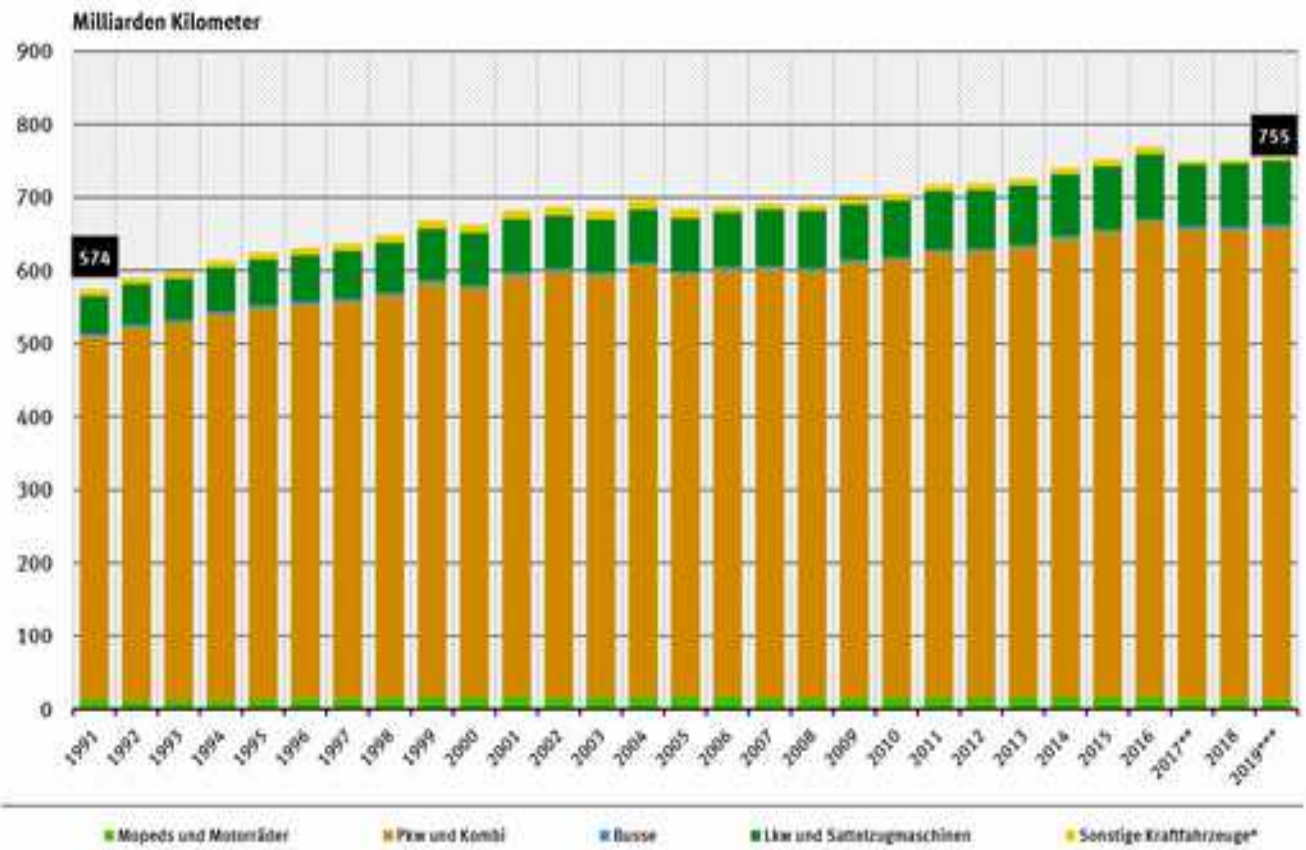
Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BfV),
Verkehr in Zahlen 2019/2020 S. 147 und ältere Jahrgänge, 2019

Kraftfahrtbundesamt
(https://www.kfz.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/best_and_jahresbilanz_node.html)



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Gesamtfahrleistungen nach Kraftfahrzeugarten



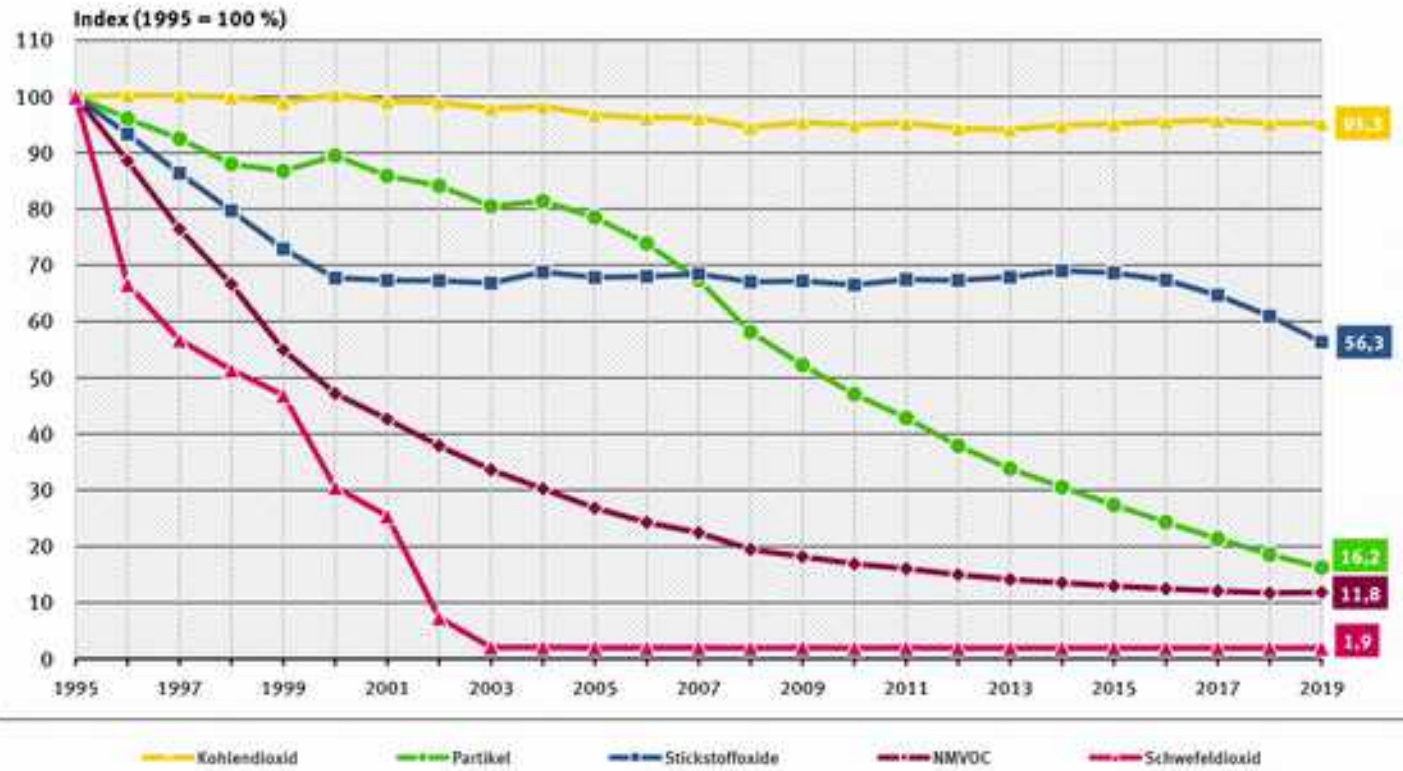
* gewöhnliche Zugmaschinen sowie Sonderkraftfahrzeuge nicht zur Lastenbeförderung; ab 2006 werden Fahrzeuge mit Zweckbestimmung (wie Wohnmobile, Krankenwagen) den Pkw zugeordnet
 ** mit 2017 wurde das Berechnungsverfahren mit der Verfügbarkeit neuer Datenquellen modifiziert
 ***vorläufige Zahlen

Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
 Üfmg. 1. Verkehr in Zahlen 2010/21, S.132f. und ältere Ausgaben



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Spezifische Emissionen Pkw (direkte Emissionen Pkw / Verkehrsleistung Pkw)



Quelle: Umweltbundesamt, Daten- und Rechenmodell TREMOD - Transport Emission Model, Version 6.16 (Stand 05/2011)



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Der Fahrzeugbestand im Überblick am 1. Januar 2021 gegenüber dem 1. Januar 2020

Zentrales Fahrzeugregister (ZFZR)
66.888.020 Fahrzeuge (1.1.2020: 65.810.576) *)

Kraftfahrzeuge (Kfz) mit amtlichem Kennzeichen
59.020.091
88,2 % (88,4 %) *)

Kfz-Anhänger
7.867.929
11,8 % (11,6 %) *)

Kraftfahrräder	Personenkraftwagen	Kraftomnibusse	Lastkraftwagen	Zugmaschinen	Sonstige Kfz	Kfz-Anhänger	
4.661.561 7,9 % (7,7 %)	48.248.584 81,7 % (82,0 %)	75.548 0,1 % (0,1 %)	3.410.280 5,8 % (5,6 %)	2.301.166 3,9 % (3,9 %)	322.952 0,5 % (0,5 %)		
Zweirädrige Kfz	mit offenem Aufbau	bis 30 Sitzplätze	bis 3.500 kg zul. Gesamtmasse	Sattelzugmaschinen		Sattelanhänger	
4.507.484 95,7 % (95,6 %)	2.220.044 4,6 % (4,6 %)	11.607 15,4 % (14,8 %)	2.880.870 84,5 % (83,7 %)	218.469 9,5 % (9,7 %)		370.499 4,7 % (4,8 %)	
bis 125 cm³	Altrad	31 bis 50 Sitzplätze	3.501 bis 12.000 kg zul. Gesamtmasse	Land-/forstwirtschaftliche Zugm.		Wohnwagen	
908.316 20,2 % (19,6 %)	5.933.026 12,3 % (11,7 %)	47.042 62,3 % (58,1 %)	296.373 8,7 % (9,3 %)	1.554.730 67,6 % (66,9 %)		722.516 9,2 % (9,1 %)	
750 und mehr cm³	Diesel	51 und mehr Sitzplätze	12.001 bis 20.000 kg zul. Gesamtmasse			Einachsige	
1.768.336 39,2 % (39,2 %)	15.060.124 31,2 % (31,7 %)	16.350 21,8 % (26,3 %)	82.142 2,4 % (2,5 %)			5.679.928 72,2 % (72,5 %)	
Dreirädrige Kfz	Elektro (BEV)		20.001 und mehr kg zul. Gesamtmasse			bis 750 kg zul. Gesamtmasse	
48.316 1,0 % (1,0 %)	309.083 0,6 % (0,3 %)		149.681 4,4 % (4,4 %)			3.494.135 44,4 % (44,7 %)	
Leichte vier-rädrige Kfz	Hybrid						
105.760 2,3 % (2,4 %)	1.004.089 2,1 % (1,1 %)						

Die Anzahl der registrierten Nutzfahrzeuge stieg um +2,9 Prozent auf rund 6,1 Millionen. Diese setzten sich aus 3.410.280 Lastkraftwagen (+4,1 %), 2.301.166 Zugmaschinen insgesamt (+1,6 %), darunter 218.469 Sattelzugmaschinen (-0,3 %), 75.548 Kraftomnibusse (-7,1 %) und 322.952 Sonstige Kfz (+3,2 %) zusammen.





Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern in den Jahren 2012 bis 2021 nach ausgewählten Fahrzeugklassen mit dem Durchschnittsalter der Fahrzeuge in Jahren

Jahr (jeweils 1. Januar)	Krafträder	Personen- kraftwagen	Kraft- omni- busse	Lastkraft- wagen	Zugma- schinen	Zum Vergleich: Kraftfahr- zeuge insgesamt	Anhänger
2012	14,7	8,5	8,8	7,6	28,7	9,8	16,0
2013	15,2	8,7	8,9	7,6	28,9	9,9	16,3
2014	15,7	8,8	8,9	7,7	29,2	10,1	16,7
2015	16,2	9,0	8,9	7,7	29,4	10,3	17,0
2016	16,6	9,2	8,9	7,8	29,5	10,5	17,3
2017	17,1	9,3	8,7	7,9	29,7	10,6	17,5
2018	17,5	9,4	8,6	8,0	29,7	10,8	17,8
2019	18,0	9,5	8,5	8,0	29,8	10,9	18,0
2020	18,4	9,6	8,5	8,1	29,9	11,0	18,3
2021	18,7	9,8	8,4	8,2	30,0	11,3	18,6





(Bild: Daimler)

Abgasnorm Euro 7: Das Ende des Verbrennungsmotors?

16.11.2020 Autor / Redakteur: dpa/Thomas Günnel / Thomas Günnel

Die geplante Abgasnorm Euro 7 sorgt für Diskussionen. Eine Studie empfiehlt teils drastisch strengere Grenzwerte. Der VDA sieht darin ein Verbot von Verbrennern.

So sollen Neuwagen künftig nur noch 30 Milligramm Stickoxid (NO_x) pro Kilometer ausstoßen dürfen, ein weiteres Szenario geht von nur zehn Milligramm des Gases aus. Bislang liegt der Grenzwert bei 60 Milligramm für Otto- und 80 Milligramm für Dieselmotoren. Der Kohlenmonoxidausstoß soll der Studie nach von 1.000 beziehungsweise 500 auf 300 beziehungsweise 100 Milligramm sinken.

„Mit der Einführung der geplanten EU-7-Norm wird die EU-Kommission Autos mit Verbrennungsmotor ab 2025 de facto verbieten“, sagte die Chefin des Branchenverbandes VDA, Hildegard Müller, der Deutschen Presse-Agentur.



Die Abgasnorm Euro 7 wird wohl relativ gnädig ausfallen, dafür aber eine Neuerung beinhalten: Die EU-Kommission will erstmals Feinstaub-Grenzwerte für Brems- und Reifenabrieb festlegen – das würde auch E-Autos betreffen.

Erstmals soll für Autos der Partikelaustritt der Bremsen reduziert werden – und zwar um 27%. Auch der Abrieb von Reifen soll gesenkt werden. Mit der neuen Abgasnorm Euro 7 sollen Autos 35% weniger Stickoxide ausstoßen als bei Euro 6. Für Lastwagen und Busse gilt eine Reduktion um 56%. Partikelemissionen sollen für Autos um 13% und für Laster sowie Busse um 39% gesenkt werden.



Anders als die Euro-6-Norm gibt Euro 7 für Benzin- und Diesel-Motoren die gleichen Grenzwerte vor: Beide dürfen nicht mehr als 60 mg/km Stickoxid ausstoßen. Bisher gilt für Diesel ein Limit von 80 mg/km. Für Lastwagen und Busse gelten strengere Standards als bisher. Schon Euro 6 sieht den Test von Real-Driving Emissions (RDE) vor. Das soll auch weiterhin gelten, zusätzlich werden die Testmethoden verschärft.

Zudem müssten bestimmte Grenzwerte auch unter strengeren Bedingungen eingehalten werden – etwa bei Temperaturen von bis zu 45 Grad, also 7 Grad mehr als bisher. Überprüft werden sollen die Werte künftig bis zu einer Fahrzeuglebensdauer von zehn Jahren oder 200.000 Kilometer Laufleistung, das ist doppelt so viel wie bislang bei Euro 6.

Der zuständige EU-Binnenkommissar Thierry Breton erklärte, die zusätzlichen Kosten lägen pro Auto mit 100 bis 150 Euro im Rahmen.



Niedrige NO_x-Emissionswerte im praktischen Fahrberieb (RDE-Messzyklus) sind machbar. Die Robert Bosch GmbH hat Diesel-Versuchsträger ohne aufwändige neue Techniken aufgebaut, bei denen vor allem ein verbessertes Thermomanagement für durchschnittlich nur noch **13 Gramm NO_x** pro Kilometer sorgt.



Dank der mobilen Messtechnik konnte Bosch das Emissionsverhalten während der Fahrt intensiv analysieren und verbessern
Bild: Bosch

Zwei sehr wirkungsvolle Maßnahmen für niedrige Stickoxid-Emissionen kristallisierten sich in einem aufwändigen Forschungsprojekt der Bosch-Ingenieure heraus. Zum einen

- eine Reduktion der Rohemissionen vor dem „Anspringen“ der Abgasreinigung und parallel dazu ein möglichst schnelles und energieeffizientes Aufheizen der Katalysatoren auf Betriebstemperatur.
- Zum anderen wird in den Versuchsfahrzeugen die Abgastemperatur möglichst konstant über 200 °C gehalten, damit die Abgasnachbehandlung – vor allem das SCR-System – während der ganzen Fahrt optimal arbeitet.

Grundvoraussetzung ist, dass der Motor mindestens der Euro 6d entspricht und ein SCR-System an Bord hat.

Unter dem Strich soll dieses Technikpaket die OEMs **nur etwa 100 Euro** zusätzlich kosten.



Mittwoch, 04. Dezember 2018 10:16 Uhr Frankfurt - 07:10 Uhr London

ntv
NTV.DE IN NEUEM DESIGN!
JETZT ANSEHEN & BEWERTEN



Volkswagen setzt künftig wie die gesamte Branche vornehmlich auf Elektroantriebe.

(Foto: youtube.com/wr71984)

Dienstag, 04. Dezember 2018:

Letzte Generation

VW läutet Ende des Verbrenners ein

Dieselskandal, Fahrverbote und Sammelklagen - die Autobranche richtet ihre Zukunft lieber auf Elektrofahrzeuge aus. Noch knapp sieben Jahre, dann will VW die letzten Benziner und Diesel entwickeln. Auf den Straßen bleiben die aber noch eine ganze Weile.

Quelle: n-tv.de, huf/DJ/dpa





Audi formuliert einen klaren Zeitpunkt zum Ausstieg

Mit einem konkreten Ausstiegsdatum geht auch die VW-Premium-Tochter Audi voran, die ab 2026 keine neuen Autos mit Verbrennungsmotoren mehr entwickeln will.

Ebenso beschlossen: **das Aus für Hybridfahrzeuge. Der letzte neue Verbrenner aus Ingolstadt soll 2026 auf den Markt kommen, mutmaßlich der Nachfolger des SUVs Audi Q5.** Er soll bis 2033 laufen und der letzte neue Wagen des Traditionsherstellers mit Benzin- bzw. Dieselmotor sein.

Schon im März 2021 hatte Audi das Ende des Verbrennungsmotors angekündigt. "Wir entwickeln keine Verbrenner mehr", hatte Audi-Chef Markus Duesmann der "FAZ" gesagt.

An der bestehenden Motorenfamilie werde zwar mit Blick auf neue Emissionsrichtlinien weitergearbeitet, dennoch hätten die Verbrennungsmotoren keine Zukunft. Die kommende strenge Abgasnorm Euro 7 mache eine Entwicklung extrem schwierig, zudem sei die gesamte Branche im Wandel.





BMW baut keine Verbrenner mehr in Deutschland

Gerd Stegmaier • 19.11.2020

BMW stellt das Werk München auf Elektroautos um. Die Fertigung von Benzinern und Dieseln geht vom Stammwerk nach Steyr(A) und Hams Hall (GB). Künftig soll jedes Werk ein elektrisches Modell bauen.

Bei der "konsequenten Transformation hin zur Elektromobilität" macht BMW auch vor symbolträchtigen Veränderungen nicht halt: Die Bayerischen Motorenwerke bauen ab 2024 ausgerechnet am Stammwerk München keine Verbrennungsmotoren mehr, nicht mal mehr in Bayern oder anderswo in Deutschland.

Die Verlagerung des Verbrennungsmotorenbaus auch nach Großbritannien soll 2026 abgeschlossen sein, könnte allerdings nicht nur wegen des Brexit Probleme bringen.

Vielmehr hat die britische Regierung gerade erst ein Verbot von Verbrennungsmotoren ab 2030 beschlossen.





Jaguar wird ab 2025 zur reinen Elektroauto-Marke



15.02.2021,

Paukenschlag bei Jaguar Land Rover: Jaguar wird ab 2025 zur reinen Elektroauto-Marke. Bei Land Rover soll die Anzahl der E-Auto-Modelle stark erweitert werden.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

EU segnet CO2-Normen für schwere LKW ab

Nutzfahrzeughersteller müssen ab 2025 erstmals CO2-Normen für ihre in der EU neu zugelassenen LKW und Busse erfüllen. Der EU-Ministerrat segnete jetzt eine entsprechende Verordnung ab. Danach muss der durchschnittliche CO2-Ausstoß neuer Schwerlastwagen von dem Jahr an um 15 Prozent niedriger sein als 2019 und ab 2030 um 30 Prozent. Hersteller, die emissionsfreie und -arme LKW auf den Markt bringen, können sich jedes dieser Fahrzeuge bei der Berechnung der herstellerspezifischen Emissionsreduktionen mehrfach anrechnen lassen. Das gilt aber nur bis Ende 2024.

Die CO2-Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen machen etwa 6 Prozent der gesamten CO2-Emissionen in der EU und 27 Prozent der gesamten CO2-Emissionen im Straßenverkehr aus.



EU-Ministerrat gibt grünes Licht für CO2-Reduzierungsziele neuer LKW. (Foto: Daimler AG)



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

VERORDNUNG (EU) 2019/1242 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Juni 2019

zur Festlegung von CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 595/2009 und (EU) 2018/956 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Richtlinie 96/53/EG des Rates

Was bedeuten CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge?



Reduzieren Lkw-Hersteller die CO₂-Emissionen ihrer Fahrzeuge nicht, so könnten ab 2025 Strafzahlungen von bis zu 65.000 € pro verkauftem Fahrzeug auf sie zu kommen. Werden die durchschnittlichen Emissionswerte bis 2030 nicht gesenkt, so würde sich die Strafzahlung sogar auf bis zu 215.000 € pro Fahrzeug belaufen. Die CO₂-Emissionsnormen für schwere Nutzfahrzeuge sollen die Entwicklung von emissionsarmen und -freien Fahrzeugen vorantreiben.

Wie berechnen sich die Strafzahlungen?

Ab 2025 fallen für jede Emissionsüberschreitung Strafzahlungen in Höhe von 4.250 €/gCO₂/tkm pro neu zugelassenem Fahrzeug an. Verkauft ein Hersteller also 1.000 Lkw und der durchschnittliche Emissionswert der Flotte ist 5 gCO₂/tkm über dem zu erreichenden Wert, muss er insgesamt mit einer Strafzahlung von **21.250.000 €** rechnen.

Ab dem Jahre 2030 steigert sich die Strafzahlung auf 6.800 €/gCO₂/tkm pro Fahrzeug.

Das den Berechnungen der Flottenzielwerte zugrunde liegende Rechentool VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) wird kontinuierlich an den Stand der Technik wie zum Beispiel die Einführung neuer CO₂-mindernder Technologien angepasst.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Mercedes-Benz E-Actros. Foto: Daimler AG

Mercedes-Benz E-Actros

Leistung: 340 PS

Drehmoment: 970 Nm

Reichweite: 200 km

Geschwindigkeit: 90 km/h

Batterie: Lithium-Ionen
mit 240 kWh



Batterie wiegt soviel wie Lastwagen selbst!

Die Energie für die bis zu 200 Kilometer Reichweite kommt aus Lithium-Ionen-Batterien mit 240 kWh. Sie haben sich bereits bei EvoBus bewährt und sind in insgesamt elf Paketen verbaut: Drei befinden sich im Bereich des Rahmens, die anderen acht quer unterhalb. Jedes Paket wiegt etwa 200 Kilo. Macht also 2200 kg Batteriegewicht.

Bei einer angepeilten Reichweite von knapp 1000 Kilometern würde die Batterie bereits 11 Tonnen wiegen – das durchschnittliche Leergewicht also!



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Akku Tesla Model S 75 kWh

Der Tesla Semi (SZM) soll in zwei Batterievarianten angeboten werden. Die Basisversion verspricht eine Reichweite von rund 480 Kilometern, die Top-Version soll mit den neuen Tesla-Batteriezellen über 1.000 Kilometer weit kommen.

Für die versprochene Reichweite müsste der Energieinhalt des Akkus also bei rund 1.000 kWh liegen – rund zehn Mal so viel Kapazität wie beim größten Pkw-Akku von Tesla im Model S P100 D. **Mit dem Strombedarf für eine einzige Akkuladung käme ein durchschnittlicher Vier-Personen-Haushalt in Deutschland rund drei Monate über die Runden.**

Geht man beim Model S von 750 Kilo für den Akku aus, käme der Truck mit seiner zehn Mal so großen Batterie auf 7,5 Tonnen Batteriemasse.

Auch bei der Ladeleistung fallen Superlative: Um wie versprochen 80 Prozent einer 1.000 kWh-Batterie zu laden, bedarf es **800 kWh**. Diese in 30 Minuten abzurufen, wären ohne Ladeverluste 1.600 kW oder 1,6 Megawatt Leistung nötig.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Seit **2021** darf der Flotten-CO₂-Ausstoß nur mehr 95 Gramm pro Kilometer (4,0 Liter Benzin bzw. 3,5 Liter Diesel je 100 Kilometer) betragen*. Die genauen Zahlen variieren aber von Hersteller zu Hersteller und hängen unter anderem vom Gewicht der Autos ab (Referenz-Durchschnittsgewicht 1372 kg)

Bis **2030** muss der CO₂-Ausstoß von Pkw im Vergleich zum Grenzwert des Jahres 2021 um 37,5 Prozent sinken. Das bedeutet 2030 darf der Flottenausstoß nur noch 59,4 g/km(=2,5 Liter Benzin) betragen.

Volkswagen z.B. müsste dazu den Anteil von Elektroautos am Gesamtabsatz bis 2030 auf über 40 Prozent erhöhen, sagte der Vorstandsvorsitzende Diess vor einiger Zeit der Automobilwoche.

* Ermittelt nach dem herstellerfreundlichen NEFZ-Fahrzyklus. Ab 2021 werden die CO₂-Emissionen der Fahrzeuge mit dem realistischeren WLTP-Zyklus ermittelt. Durch den Wechsel werden sich die CO₂-Werte um circa 20 Prozent erhöhen. Der eigentliche Grenzwert von 95 Gramm CO₂/Kilometer bleibt aber erhalten. 1.372 kg war 2015 das Durchschnittsgewicht der Autos in der EU.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Das von Tesla zur Verfügung gestellte Handout zeigt eine graphische Darstellung der Tesla Gigafactory Berlin in Grünheide. Foto: —/Tesla /dpa (— / dpa)



Wie wird der Flottenverbrauch berechnet?

Um die durchschnittlichen CO₂-Emissionen einer Flotte zu berechnen, wird die Summe der zertifizierten Einzelfahrzeug-CO₂-Emissionswerte durch die Anzahl der verkauften Neufahrzeuge im jeweiligen Jahr geteilt. Daraus errechnet sich der CO₂-Flottendurchschnitt für den Hersteller, bzw. den **Hersteller-Pool**. Der errechnete Wert muss unterhalb des spezifischen Zielwertes liegen, damit keine Strafzahlungen fällig werden.

Die Formel für den gewichtsnivellierten Grenzwert lautet:

95g CO₂/km + 0,0457 x (Durchschnittsgewicht der Stückzahl verkaufter Autos – 1.372 kg)

Um den Strafzahlungen zu entgehen, haben bereits mehrere Hersteller ein **Pooling** beantragt: Der VW Konzern über alle seine Marken, Mazda und Toyota haben es ebenfalls beantragt und Tesla erhofft sich über die Partnerschaft mit Fiat-Chrysler Erlöse von bis zu zwei Milliarden US-Dollar.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Der Volkswagen-Konzern hat gemeinsam mit weiteren Herstellern (z.B. Next eGo und der London EV Company, MG, und Aiways) einen CO₂-Pool für Pkw-Zulassungen in der Europäischen Union angemeldet.

Der Pool erzielte nach vorläufigen Zahlen einen CO₂-Flottendurchschnitt von 99,3 g/km und verfehlte damit seinen Zielwert knapp um rund 0,5g/km.

Für 2020 rechnet Volkswagen mit einer Strafzahlung in Höhe eines niedrigen dreistelligen Millionenbetrages, Experten prognostizieren 140 Millionen Euro.

BMW ist sich schon im Januar sicher: "Wir unser CO₂-Flottenziel in der EU 2020 nicht nur erfüllt – sondern sogar deutlich um 5 Gramm unterboten. Nach unseren vorläufigen Berechnungen haben wir statt der geforderten 104 Gramm pro Kilometer einen Wert von 99 Gramm erreicht."

Ähnlich lief es bei Daimler. Schon am 8. Januar konnte Ola Källenius, Vorstandsvorsitzender der Daimler AG, melden: "Unsere internen Prognosen für 2020 lassen darauf schließen, dass wir die europäischen CO₂-Ziele für Pkw im vergangenen Jahr erreicht haben.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Strafzahlungen

Bis Ende 2018 abgestuft, danach 95 Euro pro Gramm Grenzwertüberschreitung und verkauftem Neufahrzeug in der EU.

Gemäß den bis 2018 geltenden Regeln für Strafzahlungen betragen die Strafen:

für das erste Gramm Überschreitung 5 Euro,

für das zweite Gramm 15 Euro,

das dritte Gramm 25 Euro

ab dem vierten Gramm Überschreitung 95 Euro.

Ab 2021 betragen die Strafzahlungen 95 Euro je Gramm Zielverfehlung und PKW!

Rechnerisches Beispiel VW:

Verkaufte Fahrzeuge 2019 in der EU: ca. 3,75 Mio

Zielverfehlung von 4,4 Gramm / Fahrzeug: → ca. 1,57 Milliarden Strafzahlung



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Supercredits

50 Gramm je Kilometer (rund 2,1 Liter Benzin bzw. 1,9 Liter Diesel je 100 Kilometer) sind der Grenzwert für das Gewähren der sogenannten Supercredits.

2020 wird jedes dieser Fahrzeuge für den Autobauer doppelt eingerechnet, so dass bereits ein neu zugelassenes Auto mit reinem Elektroantrieb mehrere Zulassungen mit CO₂-Werten über 95 Gramm pro Kilometer kompensieren kann.

Ab 2021 zählen Fahrzeuge mit einem CO₂-Ausstoß unter 50 Gramm pro Kilometer dann noch 1,67-mal, in 2022 noch 1,33-mal.

Das reduziert die Gefahr von Strafzahlungen und soll aus Sicht der Politik dafür sorgen, dass die Konzerne möglichst schnell Elektro- und Plug-in-Hybridautos auf den Markt bringen, um die Nachfrage anzukurbeln.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Die Lösung heißt Plug-in-Hybrid !



2/119 Audi A3 Sportback 40 TFSle; Preis (netto): 32.302 Euro (minus 6.750 Euro Umweltbonus); Verbrenner: 1.395 cm³; 4 Zylinder, 110 kW (150 PS); Leistung E-Motor: 85 kW (115 PS); Gesamtleistung: 150 kW (204 PS); Batteriekapazität: 13,0 kWh; Ladezeit (min/max): 3,5/5,0 h; 0-100 km/h: 7,6 s; Höchstgeschwindigkeit elektrisch/gesamt: 140/227 km/h; CO₂-Ausstoß: 24 g/km; elektrische Reichweite: 67 km; Länge/Breite/Höhe: 4.351/1.816/1.438 mm; Sitzplätze: 5; Kofferraum: 280-1.100 l

Foto: Audi



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Die Lösung heißt Plug-in-Hybrid !



5/119 Audi A6 Avant 55 TFSI e Quattro; Preis (netto): 60.453 Euro (minus 5.625 Euro Umweltbonus); Verbrenner: 1.984 cm³; 4 Zylinder, 185 kW (252 PS); Leistung E-Motor: 105 kW (143 PS); Gesamtleistung: 270 kW (367 PS); Batteriekapazität: 14,1 kWh; Ladezeit (min/max): 2,5/6,0 h; 0-100 km/h: 5,7 s; Höchstgeschwindigkeit elektrisch/gesamt: 135/250 km/h; CO₂-Ausstoß: 40 g/km; elektrische Reichweite: 51 km; Länge/Breite/Höhe: 4.939/1.886/1.494 mm; Sitzplätze: 5; Kofferraum: 405-1.535 l

Photo: Audi



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Die Lösung heißt Plug-in-Hybrid !



15/119 BMW 330e; Preis (netto): 43.655 Euro (minus 5.625 Euro Umweltbonus); Verbrenner: 1.998 cm³, 4 Zylinder, 135 kW (184 PS); Leistung E-Motor: 83 kW (113 PS); Gesamtleistung: 215 kW (292 PS); Batteriekapazität: 12,0 kWh; Ladezeit: 2,6 h (80 %)/6,0 h; 0-100 km/h: 5,9 s; Höchstgeschwindigkeit elektrisch/gesamt: 140/230 km/h; CO₂-Ausstoß: 30 g/km; elektrische Reichweite: 56 km; Länge/Breite/Höhe: 4.709/1.827/1.444 mm; Sitzplätze: 5; Kofferraum: 375 l

Foto: Sebastian Schwenninger



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Die Lösung heißt Plug-in-Hybrid !



**57/119 Mercedes E 300 de T-Modell; Preis (netto): 51.970 Euro (abzüglich 5.625 Euro Umweltprämie);
Verbrenner: 1.950 cm³, 4 Zylinder, 143 kW (194 PS); Leistung E-Motor: 90 kW (122 PS); Gesamtleistung: 225
kW (306 PS); Batteriekapazität: 13,5 kWh; Ladezeit (min/max): 1,5/5,0 h; 0-100 km/h: 5,9 s;
Höchstgeschwindigkeit elektrisch/gesamt: 130/250 km/h; CO₂-Ausstoß: 35 g/km; elektrische Reichweite: 53
km; Länge/Breite/Höhe: 4.945/1.852/1.476 mm; Sitzplätze: 5; Kofferraum: 640-1.820 l**

Foto: Mercedes



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Die Lösung hieß Plug-in-Hybrid !

Plug-in-Hybride verbrauchen mehr als offiziell angegeben



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Die Lösung hieß Plug-in-Hybrid !

Plug-in-Hybride verbrauchen mehr als offiziell angegeben



Mehrere empirische Studien (bspw. Plötz et al. 2020 & 2022) haben allerdings herausgefunden, dass die Spanne in der realen Nutzung zwar sehr groß ist, aber im Mittel die Verbräuche und Emissionen deutlich höher ausfallen. Der reale Kraftstoffverbrauch liegt für private PHEV im Durchschnitt bei etwa 4 bis 4,4 Litern je 100 Kilometern. Bei Dienstwagen sind es sogar 7,6 bis 8,4 Liter (vgl. Plötz et al. 2022). Damit ist die Abweichung zwischen offiziellen Angaben und realen Erfahrungswerten bei PHEV sehr viel größer als bei Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor (rund 23 Prozent nach Tietge et al. 2019).
Quelle: Fraunhofer ISI – Pressemitteilung vom 27.07.2022

DIE WICHTIGSTEN NEUERUNGEN BEI DER E-AUTO-FÖRDERUNG 2023 IM ÜBERBLICK

- ☛ Förderungen für E-Autos werden **um 25 Prozent reduziert**.
- ☛ Bei E-Autos mit Nettolistenpreis über 40.000 Euro werden Förderungen sogar **um 40 Prozent gekürzt**.
- ☛ Förderung für Plug-in-Hybride werden **ab 2023 gänzlich gestrichen**.
- ☛ Ab 1. September 2023 wird die E-Auto-Förderung **auf Privatpersonen beschränkt**.
- ☛ Ab 1. Januar 2024 wird der Umweltbonus in einem zweiten Schritt **auf 3.000 Euro reduziert** und nur mehr für Autos mit einem Nettolistenpreis unter 45.000 Euro ausbezahlt.
- ☛ Nach jetzigem Stand soll der Umweltbonus **mit 2025 ablaufen**.

Nettolistenpreis < 40.000 Euro

Gesamtförderung:	Bis Ende 2022	Ab 2023
E-Auto	9000 Euro	6750 Euro
Plug-in-Hybrid	6750 Euro	nicht förderungsfähig

Nettolistenpreis < 65.000 Euro

Gesamtförderung:	Bis Ende 2022	Ab 2023
E-Auto	7500 Euro	4.500 Euro
Plug-in-Hybrid	5.625 Euro	nicht förderungsfähig



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

CO2-Emissionen und Strafzahlungen - Golf Life 1,5 l TSI

Motor:	1,5 l TSI
Kraftstoff:	Benzin
Leistung:	130 PS / 96 kW
Getriebe:	6-Gang
Verbrauch:	4,7 l/100 km
CO2:	108 g CO2/km
Gewicht:	1.315 kg
Brutto-Preis:	27.510 €



CO2-Wert in g/km:	
Ist-Wert	108 g
Flotten-Soll	95 g
Soll-Wert*	93 g

+15 g

1.425 € Strafe pro Auto
6,2 % vom Netto-Listenpreis

*gewichts-bereinigter CO2-Sollwert des Golf Life 1.5 l TSI
Quelle: Herstellerangaben, eigene Berechnung



Der um das Fahrzeuggewicht bereinigte CO2-Sollwert beträgt 96 Gramm. Die mögliche Strafe liegt bei 1.400 Euro pro Fahrzeug. Acht VW ID.3 könnten den Verkauf von 100 VW Golf Life 1,5 Liter TSI kompensieren.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

CO2-Emissionen und Strafzahlungen - Golf Life 2,0 l TDI

Motor: 2,0 l TDI
Kraftstoff: Diesel
Leistung: 115 PS / 85 kW
Getriebe: 6-Gang
Verbrauch: 3,5 l/100 km
CO2: 91 g CO2/km
Gewicht: 1.380 kg
Brutto-Preis: 29.155 €

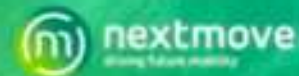


CO2-Wert in g/km:

Ist-Wert 91 g
Flotten-Soll 95 g

Keine Strafe

Quelle: Herstellerangaben, eigene Berechnung



Bei diesem Diesel-Fahrzeug beträgt der CO2-Sollwert 95,1 Gramm. Das heißt, es handelt sich um eines der ganz wenigen Fahrzeuge aus dem Volkswagen-Konzern, die die Flottenverbrauchs-Grenzwerte momentan erfüllen – zumindest auf dem Prüfstand nach dem alten Prüfzyklus.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

CO2-Emissionen und Strafzahlungen - VW up!

Motor:	1,0 l
Kraftstoff:	Benzin
Leistung:	60 PS / 44 kW
Getriebe:	5-Gang
Verbrauch:	4,4 l/100 km
CO2:	100 g CO2/km
Gewicht:	980 kg
Preis:	12.960 €



CO2-Wert in g/km:	
Ist-Wert	100 g
Flotten-Soll	95 g
Soll-Wert*	82 g

+18 g

1.710 € Strafe pro Auto
15,7 % vom Netto-Listenpreis

*gewichts-bereinigter CO2-Sollwert des VW Up!
Quelle: Herstellerangaben, eigene Berechnung



Der um das Gewicht bereinigte CO2-Sollwert liegt bei 82 Gramm. Pro Auto drohen also 1.700 Euro Strafe. Es braucht 10 VW ID.3, um diese Strafe abzuwenden. Das bedeutet: Nicht einmal Kleinwagen dürfen noch "ungestraft" verkauft werden.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

CO₂-Emissionen und Strafzahlungen - VW Touareg V6 TSI

Motor:	3,0 l V6 TSI
Kraftstoff:	Benzin
Leistung:	340 PS / 250 kW
Verbrauch:	9,0 l/100 km
CO ₂ :	203 g Co ₂ /km
Gewicht:	2.005 kg
Brutto-Preis:	81.280 €



CO ₂ -Wert in g/km:	
Ist-Wert	203 g
Flotten-Soll	95 g
Soll-Wert*	116 g

+87 g

8.265 € Strafe pro Auto
12,1 % vom Netto-Listenpreis

*gewichts-bereinigter CO₂-Sollwert des VW Touareg V6 TSI
Quelle: Herstellerangaben, eigene Berechnung



Im vergangenen Jahr hat Volkswagen allein in Deutschland 12.615 Touareg zugelassen – um das zu kompensieren, bräuchte der Hersteller fast die komplette Anzahl an aktuellen Reservierungen für den ID.3 aus Deutschland.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Angela Merkel hatte bereits Anfang 2017 eingeräumt, dass das erklärte Ziel der Bundesregierung, bis 2020 mindestens eine Million Elektroautos auf deutsche Straßen zu bringen, wohl nicht erreicht wird.



Die Anzahl an zugelassenen Elektroautos betrug am 30. August 2023 rund 1,17 Mio. Abgebildet werden Pkw mit ausschließlich elektrischer Energiequelle (BEV). Je nach Definition werden auch Plug-In-Hybrid-Pkw als Elektroautos gezählt, ihr Bestand belief sich am 30. August 2023 auf etwa 887.335

Die Zahl der elektrisch angetriebenen Pkw stieg im Verlaufe des Jahres 2021 über die Millionenmarke.

Während 2017 nur 0,12 Prozent aller Personenkraftwagen Elektroautos (Batterie-Elektrofahrzeuge (BEV) und Plug-In-Hybrid (PHEV)) waren, beträgt der Anteil in 2023 bereits über 2,1 Prozent. Der Anteil der reinen Batterie-Fahrzeuge (BEV) an der Gesamtanzahl der Autos liegt aktuell bei 1,2 Prozent.

(Zum Vergleich: Anzahl der zugelassenen Oldtimer: 584509)

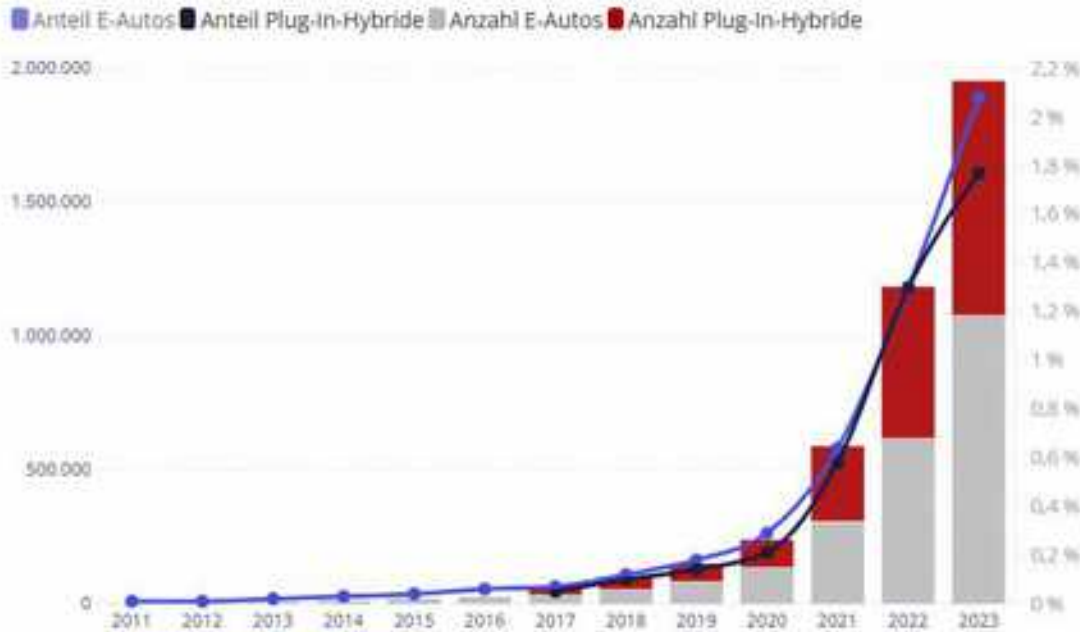
© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.



Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Anzahl der E-Autos knackt Millionen-Marke

Anzahl der Elektroautos und Anteil am Pkw-Bestand in Deutschland bis 2023



Quelle: BfA

Mehr anzeigen ▾

Veröffentlicht von [Statista Research Department](#), 30.08.2023

KEY INSIGHTS

Anzahl der Elektroautos (BEV) **1,17 Mio.**

Anzahl der Plug-In-Hybride (PHEV) **887.335**

Anzahl der Elektroautos in Nordrhein-Westfalen **222.053**

[Weitere Statistiken](#)

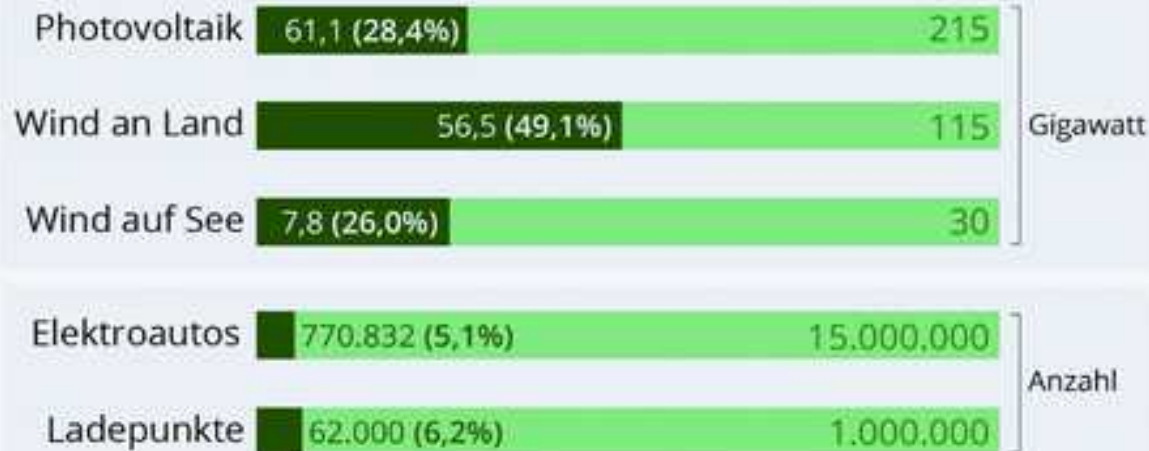


Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Energie-Ziele der Regierung in weiter Ferne

Vergleich des aktuellen Stands der Energiewende mit den Zielen der Bundesregierung für 2030

■ Aktueller Stand ■ Ziel 2030



* aktueller Stand gibt die jeweils letzten verfügbaren Daten der Indikatoren im Juli 2022 wieder

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW)



Hintergrund der aktuellen Diskussionen



Um den Strom von der Küste in die industriellen Zentren im Süden und Westen der Republik zu transportieren, sollen mehr als 7000 Kilometer neuer Leitungen gebaut werden. Davon allerdings sind laut der Bundesnetzagentur bislang nur 1500 Kilometer fertig. Fast 5000 Kilometer befinden sich in teils zähen Genehmigungsverfahren, 700 sogar noch davor.



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Abgasemissionen beim Verbrennungsmotor

Technik CE

Seite - 2 -

01.10.2020

2. Abgase und Schadstoffreduzierung

Die Ansaugluft eines Dieselmotors setzt sich im Wesentlichen aus Stickstoff (78 %), Sauerstoff (21 %) und anderen Gasen in Spuren zusammen.

a) Welche Abgaskomponenten verlassen den Motor ohne jegliche Abgasreinigung?

Welche davon sind als Schadstoffe klassifizierte Stoffe?

(Prozentangaben sind nicht erforderlich)



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Abgasemissionen beim Verbrennungsmotor

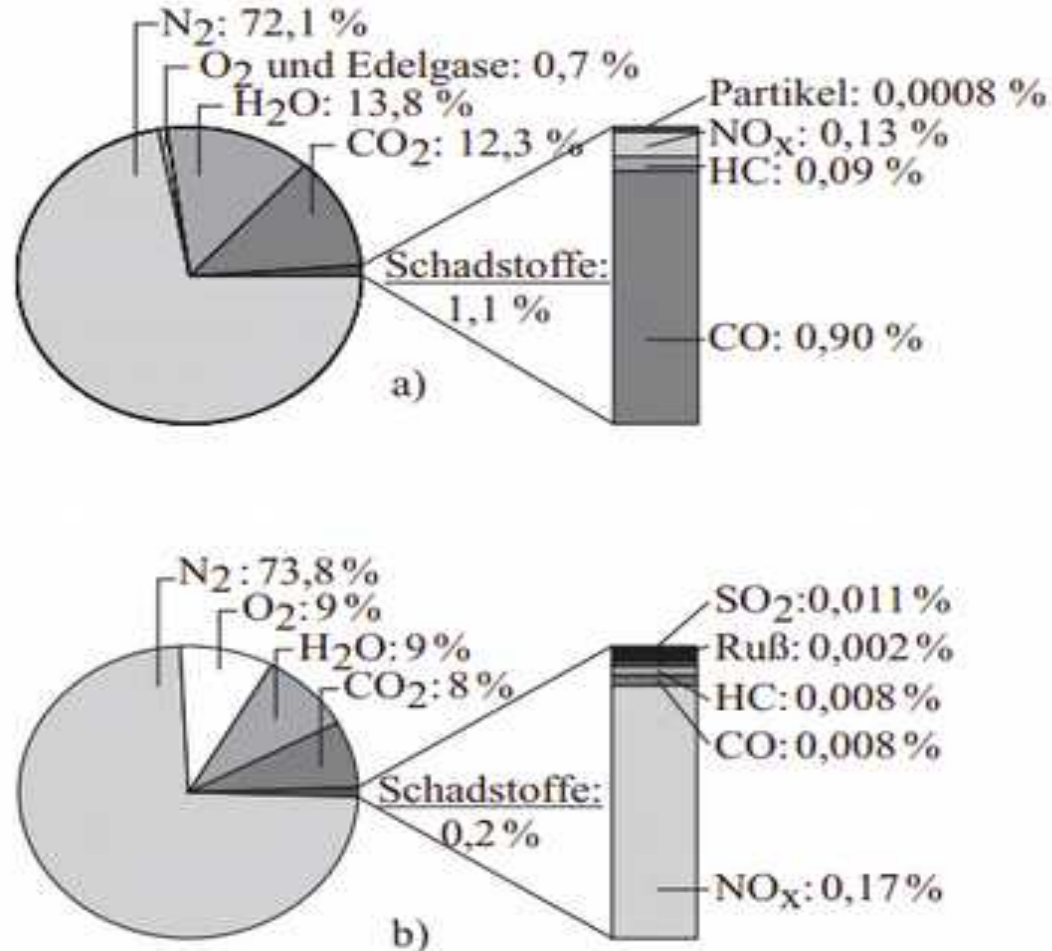


Abb. 6.2: Rohemissionen (ohne Katalysator) in Volumenprozent. a) Ottomotor und b) Dieselmotor



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren



Abgasgrenzwerte beim Verbrennungsmotor

Emissionsgrenzwerte für Pkw mit Ottomotor Angaben in mg/km außer PN (1/km)								
Norm	D3	Euro 4	D4	Euro 5a	Euro 6b	Euro 6c	Euro 6d-TEMP	Euro 6d
Typgenehmigung neue Fahrzeugtypen	ab 1. Jan. 2000	ab 1. Jan. 2005	ab 1. Jan. 2000	ab 1. Sep. 2009	ab 1. Sep. 2014	ab 1. Sep. 2017	ab 1. Sep. 2017	ab 1. Jan. 2020
Typgenehmigung neue Fahrzeuge	ab 1. Jan. 2001	ab 1. Jan. 2006	ab 1. Jan. 2001	ab 1. Jan. 2011	ab 1. Sep. 2015	ab 1. Sep. 2018	ab 1. Sep. 2019	ab 1. Jan. 2021
Testzyklus / Prüfverfahren	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	WLTC	WLTC / RDE	WLTC / RDE
CO	1500	1000	700	1000	1000	1000	1000 / -	1000 / -
(HC + NO _x)	-	-	-	-	-	-	- / -	- / -
HC (NMHC)	140	100	70	100 (68)	100 (68)	100 (68)	100 (68) / -	100 (68) / -
NO _x	170	80	80	60	60	60	60 / 126	60 / 90
PM	-	-	-	5	4,5	4,5	4,5 / -	4,5 / -
PN	-	-	-	-	6 · 10 ¹²	6 · 10 ¹¹	6 · 10 ¹¹ / 9 · 10 ¹¹	6 · 10 ¹¹ / 9 · 10 ¹¹



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren



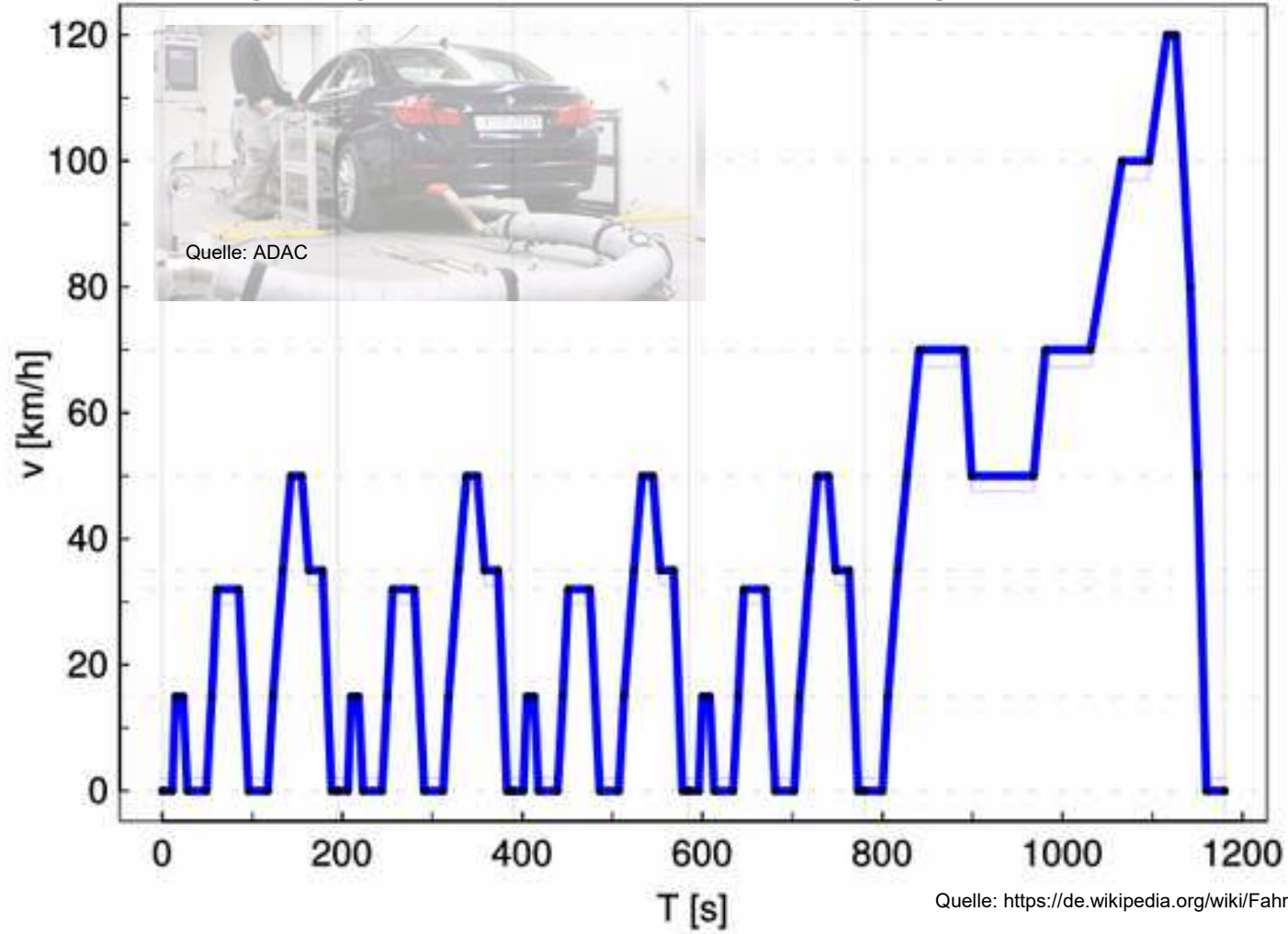
Abgasgrenzwerte beim Verbrennungsmotor

Norm	Emissionsgrenzwerte für Pkw mit Dieselmotor Angaben in mg/km außer PN (1/km)						
	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b	Euro 6b	Euro 6c	Euro 6d-TEMP	Euro 6d
Typgenehmigung neue Fahrzeugtypen	ab 1. Jan. 2005	ab 1. Sep. 2009	ab 1. Sep. 2011	ab 1. Sep. 2014	ab 1. Sep. 2017	ab 1. Sep. 2017	ab 1. Jan. 2020
Typgenehmigung neue Fahrzeuge	ab 1. Jan. 2006	ab 1. Jan. 2011	ab 1. Jan. 2013	ab 1. Sep. 2015	ab 1. Sep. 2018	ab 1. Sep. 2019	ab 1. Jan. 2021
Testzyklus / Prüfverfahren	NEFZ	NEFZ	NEFZ	NEFZ	WLTC	WLTC / RDE	WLTC / RDE
CO	500	500	500	500	500	500 / -	500 / -
(HC + NO _x)	300	230	230	170	170	170 / -	170 / -
NO _x	250	180	180	80	80	80 / 168 ²	80 / 120 ²
PM	25	5	4,5	4,5	4,5	4,5 / -	4,5 / -
PN	-	-	6 · 10 ¹¹	6 · 10 ¹¹	6 · 10 ¹¹	6 · 10 ¹¹ / 9 · 10 ¹¹	6 · 10 ¹¹ / 9 · 10 ¹¹



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Modifizierter „Neuer“ Europäische Fahrzyklus (MNEFZ) seit 1997 (EU3)
Für Plug-In Hybride bis zum 31.12.2020 gültig!



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Modifizierter „Neuer“ Europäische Fahrzyklus (MNEFZ) seit 1997 (EU3)

Wie flexibel ist dieser Fahrzyklus?

Kaltstart: Fahrzeug darf auf 30 ° Celsius vorgewärmt sein

Keine Nachladung der Fahrzeugbatterie während des Zyklus
(Lichtmaschine wird während des Zyklus abgeklemmt)

Abkleben von Fugen der Außenhülle.

Veränderung der Achseinstellungen (Spur/Sturz) der Räder.

Erhöhter Luftdruck in den Reifen.

Verwendung des minimalen Fahrzeuggewichtes.

Abzug der 4%igen Toleranz auf den Messwert.

Vermeidung von schleifenden Bremsen.

Anpassung der Motorsteuerung („Eco-Tuning“)



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

WLTP-Messung 2017 (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure)

Drei verschiedene WLTC-Prüfzyklen (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle) werden angewendet, je nach Leistungsgewicht in KW je Tonne (Motornennleistung zu Leergewicht):

- Klasse 3: Hochleistungsfahrzeuge $> 34 \text{ kW/t}$
- Klasse 2: Fahrzeuge mit $22 \text{ kW/t} \leq 34 \text{ kW/t}$ (Kleinbusse, gering motorisierte Transporter)
- Klasse 1: Low-Power-Fahrzeuge $\leq 22 \text{ kW/t}$

Mehr Realitätsnähe sollen fahrzeugindividuelle Schaltpunkte bringen. Während sie bisher für alle Fahrzeuge identisch waren, werden sie künftig für jedes einzelne Fahrzeug aus einer Vielzahl von Werten definiert, und es muss jeweils der aufgrund der Schaltpunkte errechnete höchstmögliche Gang verwendet werden → Vorteil für Automatikgetriebe

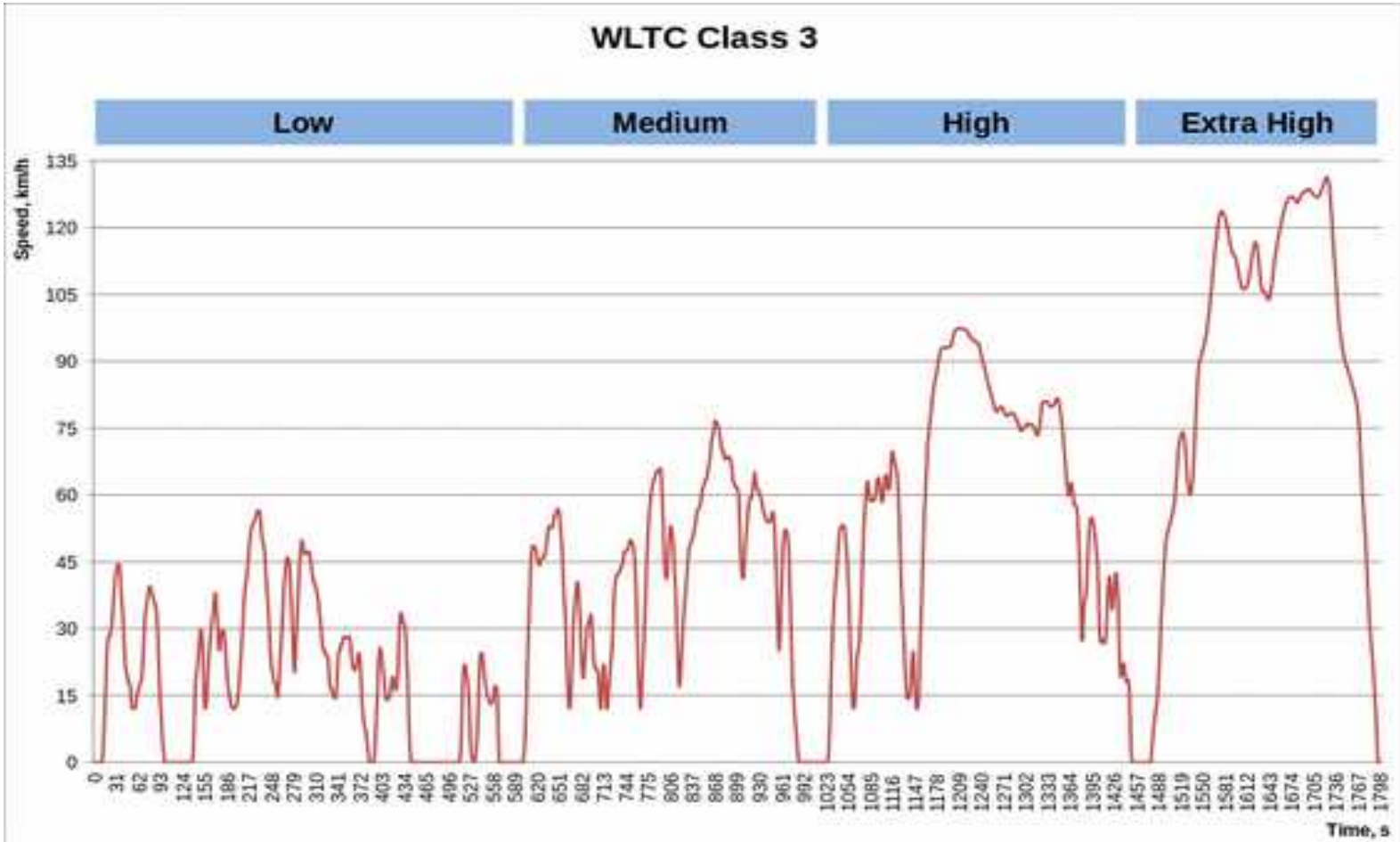
Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzyklus>

Aber: Auch beim WLTP handelt es sich um einen Prüfstandstest, der nicht im realen Verkehr durchgeführt wird.



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

WLTP-Messung 2017 (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure)



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzyklus>



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

WLTP-Messung 2017 (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure)

Vergleich der Messverfahren WLTP (WLTC) und NEFZ (NEDC)

Messwert	WLTP (WLTC)	NEFZ (NEDC)
Starttemperatur	kalt	kalt
Zykluszeit	30 min.	20 min.
Standzeitanteil	13 %	25 %
Zykluslänge	23.250 m	11.000 m
Geschwindigkeit mittel	46,6 km/h	34 km/h
Höchstgeschwindigkeit	131 km/h	120 km/h
Antriebsleistung mittel ^[Bem. 1]	11 kW	7 kW
Antriebsleistung maximal ^[Bem. 2]	42 kW	34 kW
Einfluss von Sonderausstattung und Klimatisierung	Keine Klimaanlage. Sonderausstattungen für Gewicht, Aerodynamik und Bordnetzbedarf (Ruhestrom) werden berücksichtigt	Keine Berücksichtigung

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrzyklus>





Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Abgasgrenzwerte beim Verbrennungsmotor

RDE näher betrachtet

Mit RDE werden Emissionen – wie beispielsweise Stickoxide (NOX) sowie die Partikelanzahl (PN) – im Straßenverkehr unter realen Umweltbedingungen gemessen. **Die gesetzliche Regelung RDE ersetzt nicht den WLTP, sondern ergänzt ihn.** Während WLTP auf dem Prüfstand gemessen wird, erfolgt die Messung bei RDE im **realen Fahrbetrieb.**

Messverfahren und Grenzwerte RDE ist ein Echtzeittest. Der RDE-Prüfzyklus sieht einen Streckenmix vor, der zwischen 90 und 120 Minuten Fahrtzeit in Anspruch nimmt. Dabei misst das Portable Emission Measuring System (PEMS) den Schadstoffausstoß, erfasst aber auch gleichzeitig die zugehörigen Parameter des Fahrzeugs und der Umgebungsbedingungen (GPS-Daten, Geschwindigkeit, Höhenmeter und Temperatur). Die Fahrstrecke besteht aus drei Abschnitten: Stadt (circa 34 Prozent der Gesamtstrecke), Land (circa 33 Prozent) und Autobahn (circa 33 Prozent). Sie befindet sich zwischen null und 700 Höhenmeter über Normalnull. Die Außentemperatur liegt zwischen +3°C und +30°C.

© Volkswagen Aktiengesellschaft



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren



Abgasgrenzwerte beim Verbrennungsmotor

RDE näher betrachtet

UNTERSCHIEDLICHE PARAMETER DER PRÜFVERFAHREN

	WLTP	RDE
Temperatur	14 °C bis 23 °C	3 °C bis 30 °C Moderate Testrandbedingungen
Gewicht	Leeres Fahrzeug + Fahrer + 15 % Zuladung	Bis zu 90 % Zuladung
Dauer	30 Minuten	90 bis 120 Minuten
Strecken	Definierter Zyklus	Beliebige Strecke (Stadt, Land und Autobahn) im Rahmen der Testrandbedingungen





Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Abgasgrenzwerte beim Verbrennungsmotor

RDE näher betrachtet

Die Einführung von RDE erfolgt in zwei Stufen:

Stufe RDE (I):

Ab September 2019 gültig für alle neuzugelassenen Pkw-Modelle. NOX-Emissionen dürfen maximal den 2,1-fachen Wert (Konformitätsfaktor [CF]) des unter NEFZ beziehungsweise WLTP ermittelten Wertes betragen.

Stufe RDE (II):

Ab Januar 2020 gültig für alle neu typgeprüften Pkw-Modelle. NOX-Emissionen dürfen maximal die gleiche Höhe des NOX-Laborwertes (bei Berücksichtigung der Messtoleranz von 0,5 = Maximalwert 1,5) betragen. Ab Januar 2021 gültig für alle neu zugelassenen Fahrzeuge. Für die Partikelanzahl gilt für alle neu zugelassenen Fahrzeuge bereits ab September 2018 der Laborwert auch auf der Straße (bei Berücksichtigung der Messtoleranz von 0,5 = Maximalwert 1,5).

© Volkswagen Aktiengesellschaft



Abgasgrenzwerte für LKW und Busse (Fahrzeuge ab 2.610 kg für die Typprüfungen)

WHSC (World Harmonized Stationary Cycle)

Dieser Emissionsprüfzyklus besteht aus 13 normalisierten Drehzahl- und Leistungsstufen in denen ein stationärer Dieselmotor üblicherweise betrieben wird. Die Referenzwerte müssen mithilfe der dynamischen Vollastkurve des zu prüfenden Motors umgerechnet werden. Motordrehzahl- und Laständerungen zwischen den einzelnen Phasen sollen linear innerhalb von 20 ± 1 Sekunden erfolgen.

Beim WHSC wird der Motor warm gestartet. Die Vorkonditionierung erfolgt in Prüfphase 9.

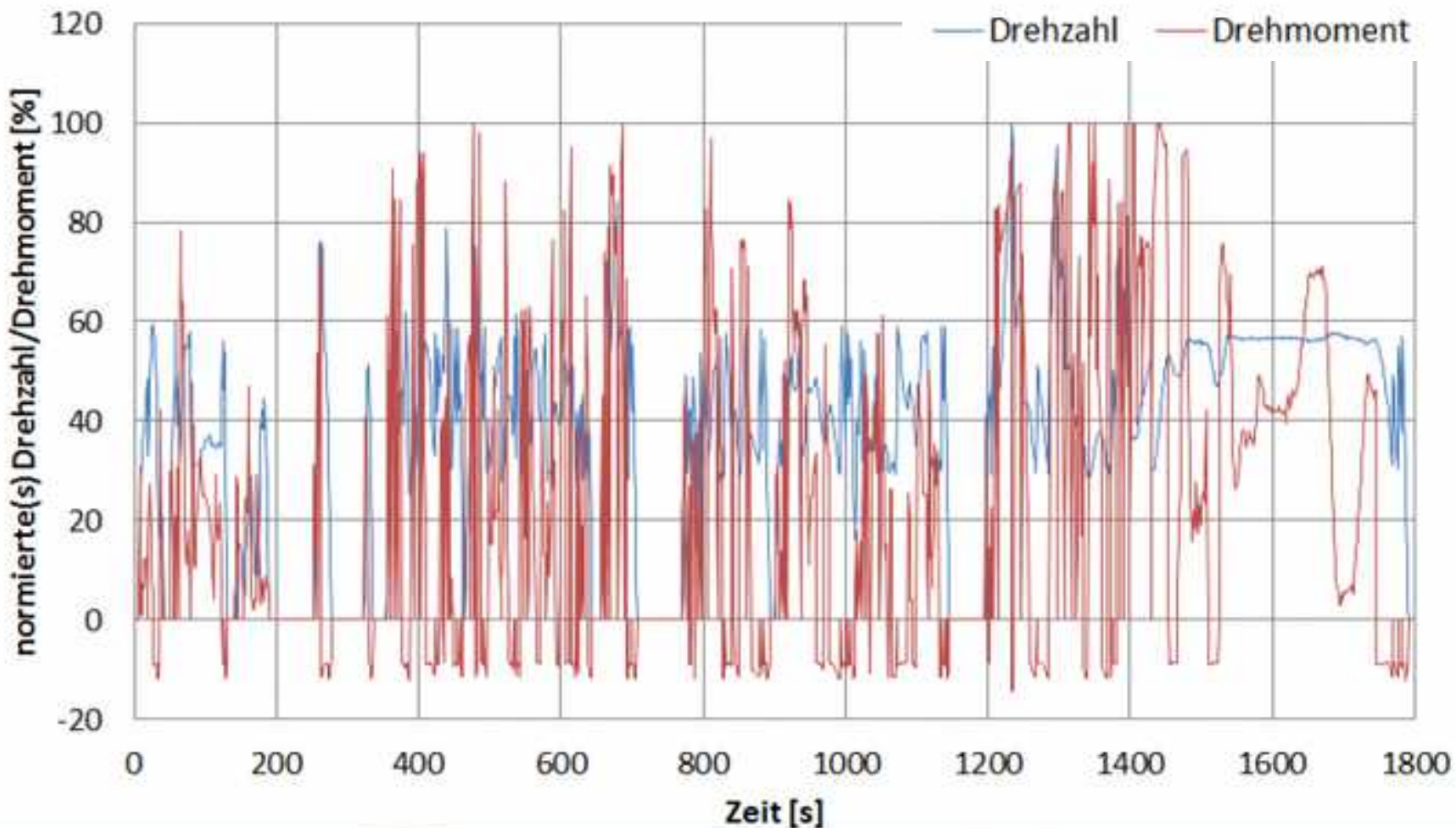
Prüfphase	Normierte Drehzahl	Normiertes Drehmoment	Prüfphasendauer inkl. 20s Übergangszeit
	[%]	[%]	[s]
1	0	0	210
2	55	100	50
3	55	25	250
4	55	70	75
5	35	100	50
6	25	25	200
7	45	70	75
8	45	25	150
9	55	50	125
10	75	100	50
11	35	50	200
12	35	25	250
13	0	0	210
Summe			1895



Abgasgrenzwerte für LKW und Busse (Fahrzeuge ab 2.610 kg für die Typprüfungen)

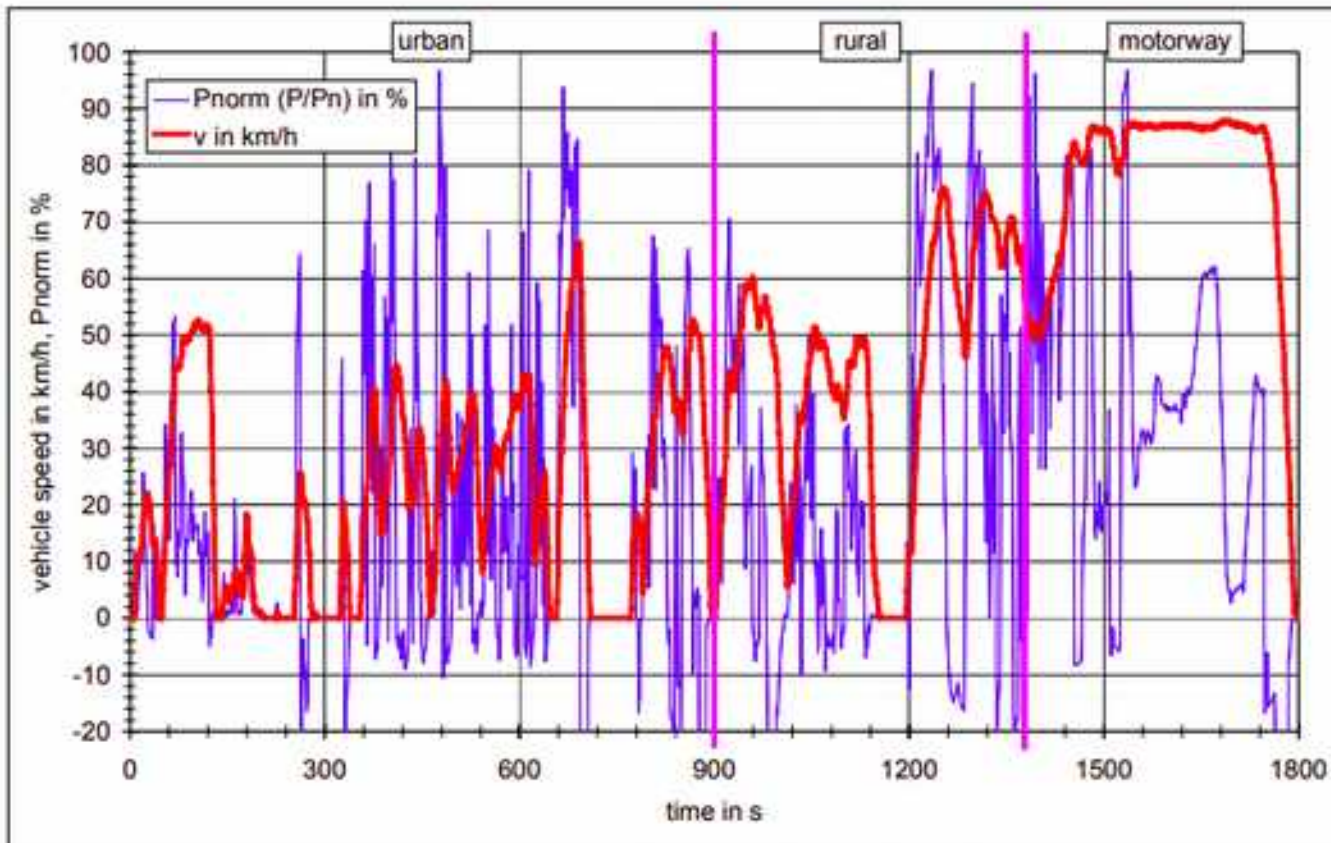
WHTC (World Harmonized Transient Cycle)

Der WHTC ist ein transienter Emissionsprüfzyklus der sich aus den realen Fahrprofilen von Nutzfahrzeugen zusammensetzt. Die normierten Drehzahl- und Drehmomentwerte ändern sich im Sekundentakt und müssen mithilfe der dynamischen Vollastkurve entnormiert werden. Beim Kalt-WHTC wird der Motor kalt, d.h. bei einer Umgebungstemperatur von $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, gestartet. Nach dem Durchlauf des Tests erfolgt eine Abkühlphase von 10 Minuten. Anschließend wird der Warm-WHTC gestartet.



Abgasgrenzwerte für LKW und Busse (Fahrzeuge ab 2.610 kg für die Typprüfungen)

Anders als bislang bei Pkw wird die Einhaltung der Grenzwerte im realen Fahrbetrieb kontinuierlich kontrolliert. Dies geschieht über PEMS-Messungen (Portable Emission Measurement System). Über einen Zeitraum von bis zu sieben Jahren nach Inbetriebnahme und einer Laufleistung von bis zu 300.000 km (3,5 t – 16 t zul. GG) bzw. 700.000 km (> 16 t zul. GG) müssen die Grenzwerte auf der Straße eingehalten werden.



Abgasgrenzwerte für LKW und Busse (Fahrzeuge ab 2.610 kg für die Typprüfungen)

STICKOXID-AUSSTOSS Vergleich LKW-PKW

Actros 1845 BlueTec 6
83 mg/km

zu hoch
0 mg/km

S-Klasse 350 BlueTec 3.0l
278 mg/km

Quelle: ICCT

00:00 01:37

Quelle: Die Welt/Eybe Ahlers

AUTOPLAY

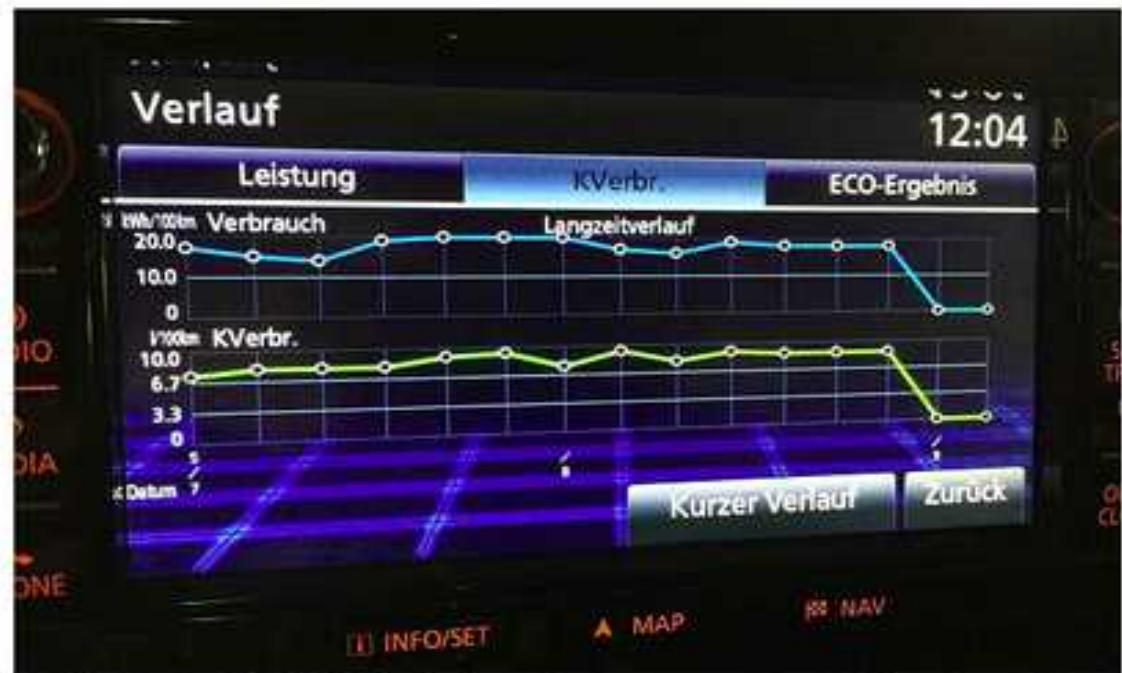


Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Plug-in-Hybrid Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?

Plug-in-Hybride profitieren vom offiziellen Testzyklus, der ihre Verbrauchswerte künstlich kleinrechnet: Mit rund zwei Liter Durchschnittsverbrauch und weniger als 50 g/km CO₂ machen sie sich in der europäischen Flottenbilanz durch Supercredits doppelt bezahlt.

Das ist **gerade noch !!** für Firmenwagennutzer in Deutschland interessant: Plug-in-Hybride werden nicht nur mit einer Kaufprämie von bis zu 4500 Euro gefördert, sondern auch mit einem halbierten Steuersatz für die Privatnutzung belohnt.



Plug-in-Hybride - hier ein Mitsubishi Outlander - führen im Bordcomputer genau Buch, wieviel Sprit und Strom verbraucht wurde

Vielmann



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Plug-in-Hybrid Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?



Verbrauchsangaben für Elektrohybrid-Fahrzeuge - ECE-Norm R 101 (NEFZ bis 31.12.2020 gültig!)

Die **Formel** zur Berechnung des Gesamtverbrauchs eines Pkw mit Plug-In-Antrieb lautet:

$$C = \frac{D_e * C_1 + D_{av} * C_2}{D_e + D_{av}}$$

Dabei sind:

- * C = Gesamtverbrauch in Liter/100 km laut Norm
- * C₁ = Kraftstoffverbrauch bei voll aufgeladenem Akku
- * C₂ = Kraftstoffverbrauch bei leerem Akku
- * D_e = rein elektrische Reichweite
- * D_{av} = 25 km (willkürlich zugrundegelegte mittlere Strecke zwischen zwei Akkuaufladungen)



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Plug-in-Hybrid Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?



Tatsächlicher Normverbrauch eines Plug-In-Hybriden:

Zur elektrischen Reichweite wird die Zahl 25 addiert – eine willkürlich angenommene Strecke zwischen zwei Ladestopps.

Im Fall des VW Golf GTE also: 50 plus 25 gleich 75.

Multipliziert wird diese Zahl mit dem kombinierten Wert, hier also 1,5 Liter, und dann das Ergebnis durch 25 geteilt.

Wenn der Strom in der Batterie erschöpft ist, verbraucht der VW Golf GTE nach NEFZ folglich rund 4,5 Liter Benzin pro 100 Kilometer.



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Plug-in-Hybrid Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?

Nie-Laden-Verbrauch (NEFZ)

	NEFZ-Verbrauch in Liter/100 km	Elektr. NEFZ-Reichweite	"Nie-Laden-Verbrauch" (NEFZ) in Liter/100 km
BMW 225xe Act. Tourer	1,9	57 km	6,23
BMW 330e	1,6	66 km	5,82
BMW 530e	1,6	66 km	5,82
BMW 545e xDrive	2,1	57 km	6,89
BMW 745e	2,1	58 km	6,97
BMW X1 xDrive 25e	2,0	57 km	6,56
BMW X3 xDrive 30e	2,1	55 km	6,72
BMW X5 xDrive 45e	1,7	97 km	8,30
BMW i8 Coupé	1,8	55 km	5,76
Citroen C5 Aircr. Hybrid	1,8	60 km	6,12
DS 7 Crossback E-Tense 4x4	1,8	60 km	6,12
Hyundai Ioniq PHEV	1,1	63 km	3,87
Kia Niro PHEV	1,3	54 km	4,32
Peugeot 508 SW Hybrid	1,4	63 km	4,93
Range Rover P400e	3,2	51 km	9,73
Volvo XC40 T5 Twin Engine	1,8	50 km	5,40
VW Passat Variant GTE	1,6	66 km	5,82



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?

Eine größere Änderung bedeutet die WLTP-Einführung für Plug-in-Hybridfahrzeuge (ab 1.1.2021), die sowohl einen Elektroantrieb als auch einen Verbrennungsmotor haben und extern elektrisch nachgeladen werden können.

Diese Fahrzeuge fahren den Test mehrmals. Gestartet wird mit voller Batterie. Der Zyklus wird so oft wiederholt, bis die Batterie leer ist. Die Anteile mit Verbrennungsmotor werden pro Zyklus höher. Die Emissionen werden bei jedem Zyklus mit gemessen.

Anschließend erfolgt noch eine Messung mit leerer Batterie, bei der die Antriebsenergie ausschließlich vom Verbrennungsmotor und der Bremsenergieerückgewinnung stammt.

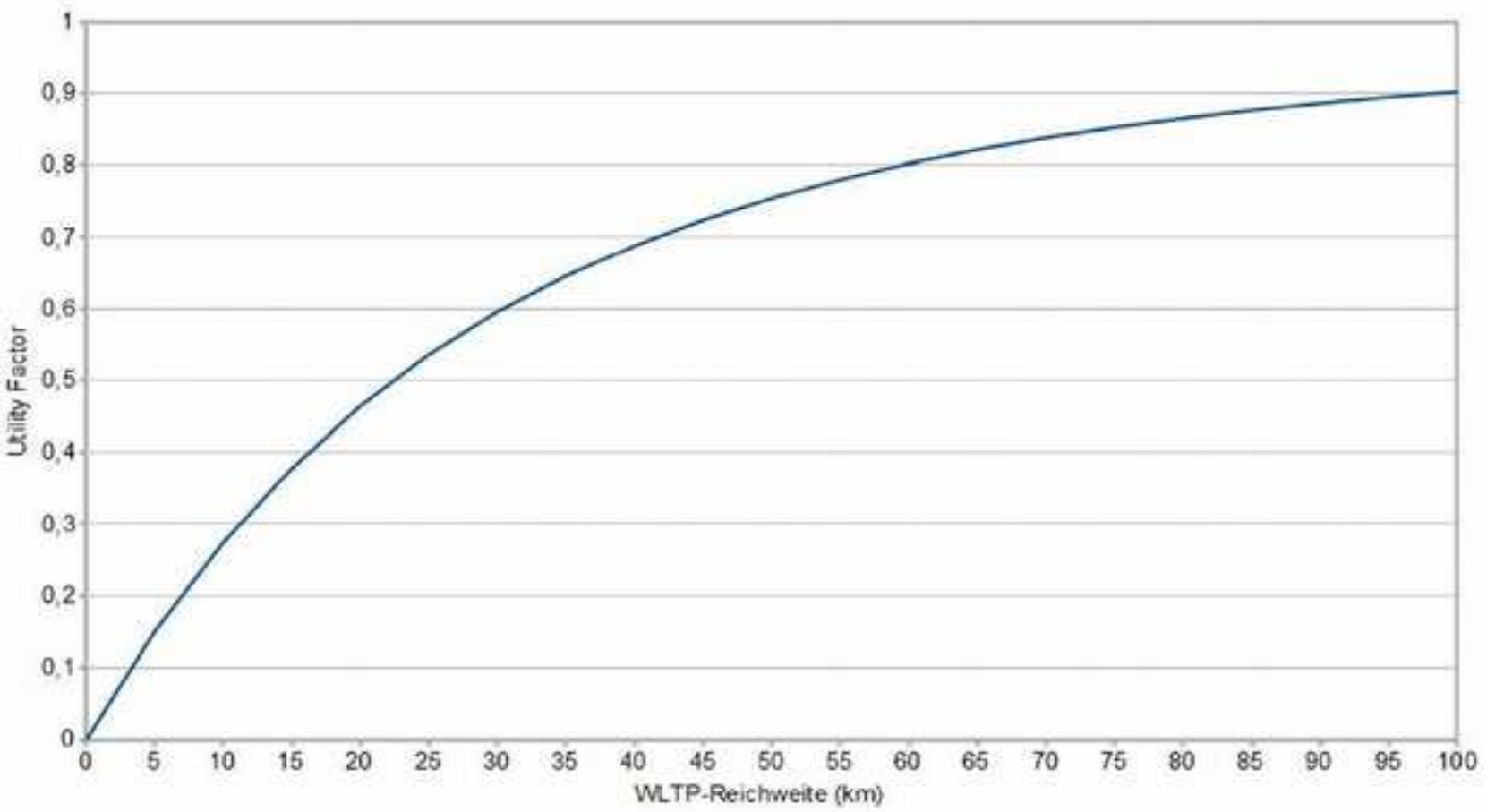
Mit dieser mehrstufigen Messung können neben dem Kraftstoffverbrauch und den CO₂-Emissionen auch die elektrische Reichweite und die Gesamtreichweite präziser ermittelt werden. Anschließend wird der auszuweisende CO₂-Wert berechnet, in dem die elektrische Reichweite ins Verhältnis zur Gesamtreichweite gesetzt wird. Dabei wird ein sogenannter „Utility Factor“ (UF, zu deutsch: Nutzenfaktor) eingebracht.



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?

Berechnung des Utility Factors U F



Abgase und Grenzwerte bei Verbrennungsmotoren

Kommt nach Diesel-Gate jetzt Hybrid-Gate?

	WLTP-Verbrauch in Liter/100 km	Elektr. WLTP-Reichweite	Utility Factor	"Nie-Laden-Verbrauch" (WLTP) in L/100 km
Audi A3 e-tron Sportback	1,8	40 km	0,69	5,78
Audi A6 55 TFSI e	1,6	55 km	0,78	7,29
Audi A7 50 TFSI e	1,6	54 km	0,78	7,13
Audi A8 60 TFSI e	2,5	47 km	0,74	9,51
Audi Q5 50 TFSI e	2,2	45 km	0,72	7,98
Audi Q5 55 TFSI e	2,1	45 km	0,72	7,62
Audi Q7 55 TFSI e	3,1	43 km	0,71	10,72
Citroen C5 Aircross Hybrid	1,7	50 km	0,75	6,93
DS 7 Crossback E-Tense 4x4	1,4	58 km	0,79	6,80
Ford Kuga PHEV	1,4	56 km	0,79	6,52
Ford Tourneo Custom PHEV	3,6	40 km	0,69	11,56
Opel Grandland X Hybrid	1,4	55 km	0,78	6,38
Opel Grandland X Hybrid4	1,3	59 km	0,79	6,05
Peugeot 508 SW Hybrid	1,3	52 km	0,77	5,54
Polestar 1	0,7	124 km	0,93	9,94
Volvo S60 T8 Tw.E.	1,5	58 km	0,79	7,29
Volvo S90 T8 Tw.E.	1,7	57 km	0,79	8,08
Volvo V60 T6 Tw.E.	1,7	59 km	0,80	8,43
Volvo V60 T8 Tw.E.	1,7	59 km	0,80	8,43



Feinstaub, NOx und Grenzwerte



Was ist Feinstaub?

Feinstaub wird vor allem durch menschliches Handeln erzeugt: **Primärer Feinstaub** entsteht durch Emissionen aus Kraftfahrzeugen, Kraft- und Fernheizwerken, Öfen und Heizungen in Wohnhäusern, bei der Metall- und Stahlerzeugung oder auch beim Umschlagen von Schüttgütern.



Entstehen die Partikel durch gasförmige Vorläufersubstanzen wie Schwefel- und Stickoxide und Ammoniak, so werden sie als **sekundärer Feinstaub** bezeichnet.

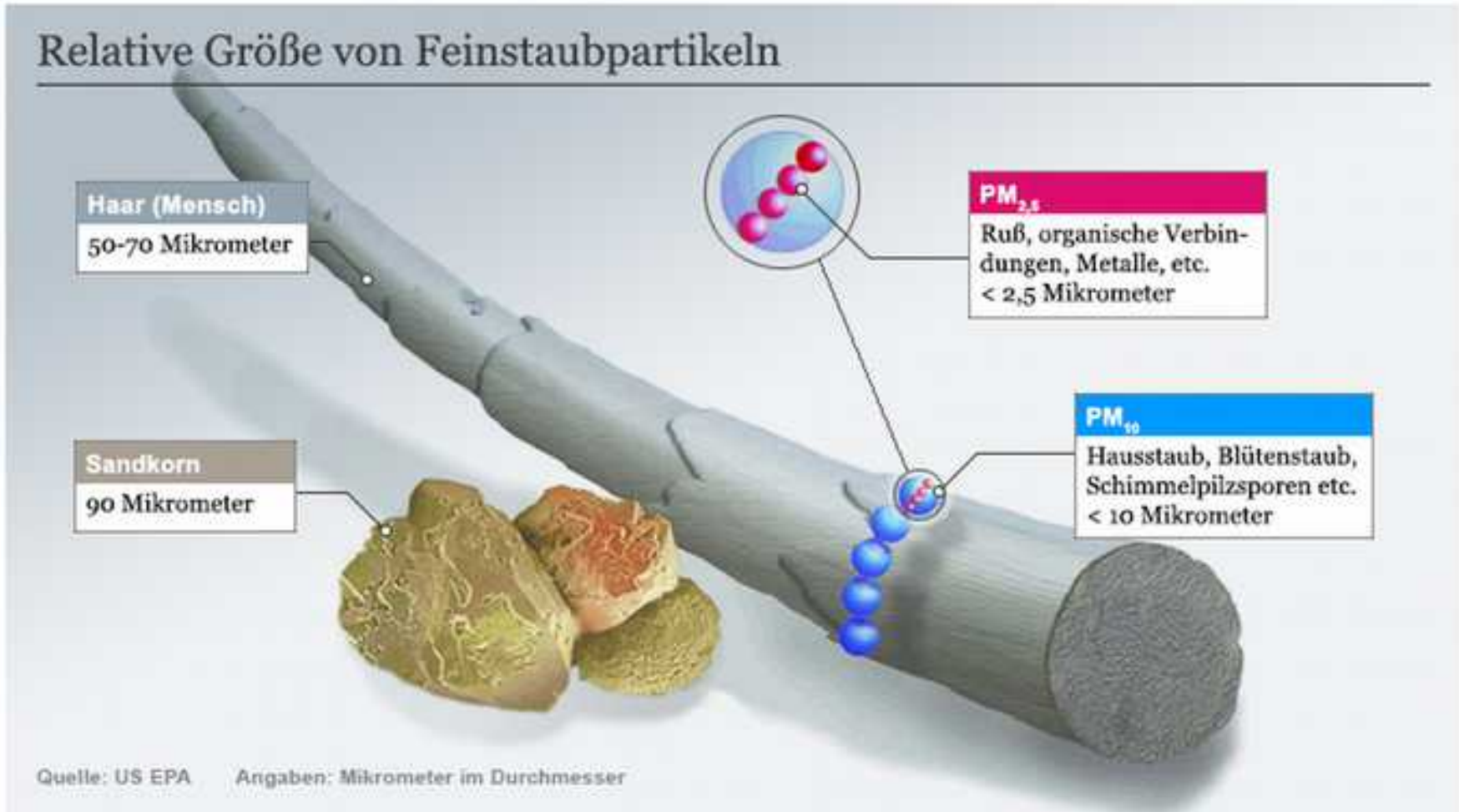


In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die dominierende Staubquelle. Dabei gelangt Feinstaub nicht nur aus Motoren – vorrangig aus Dieselmotoren – in die Luft, sondern auch durch Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch die Aufwirbelung des Staubes von der Straßenoberfläche.

Eine weitere wichtige Quelle ist die Landwirtschaft: **Die Emissionen gasförmiger Vorläuferstoffe, insbesondere die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung, tragen zur sekundären Feinstaubbildung bei.** Natürliche Quellen für Feinstaub sind Emissionen aus Vulkanen und Meeren, die Bodenerosion, Wald- und Buschfeuer .

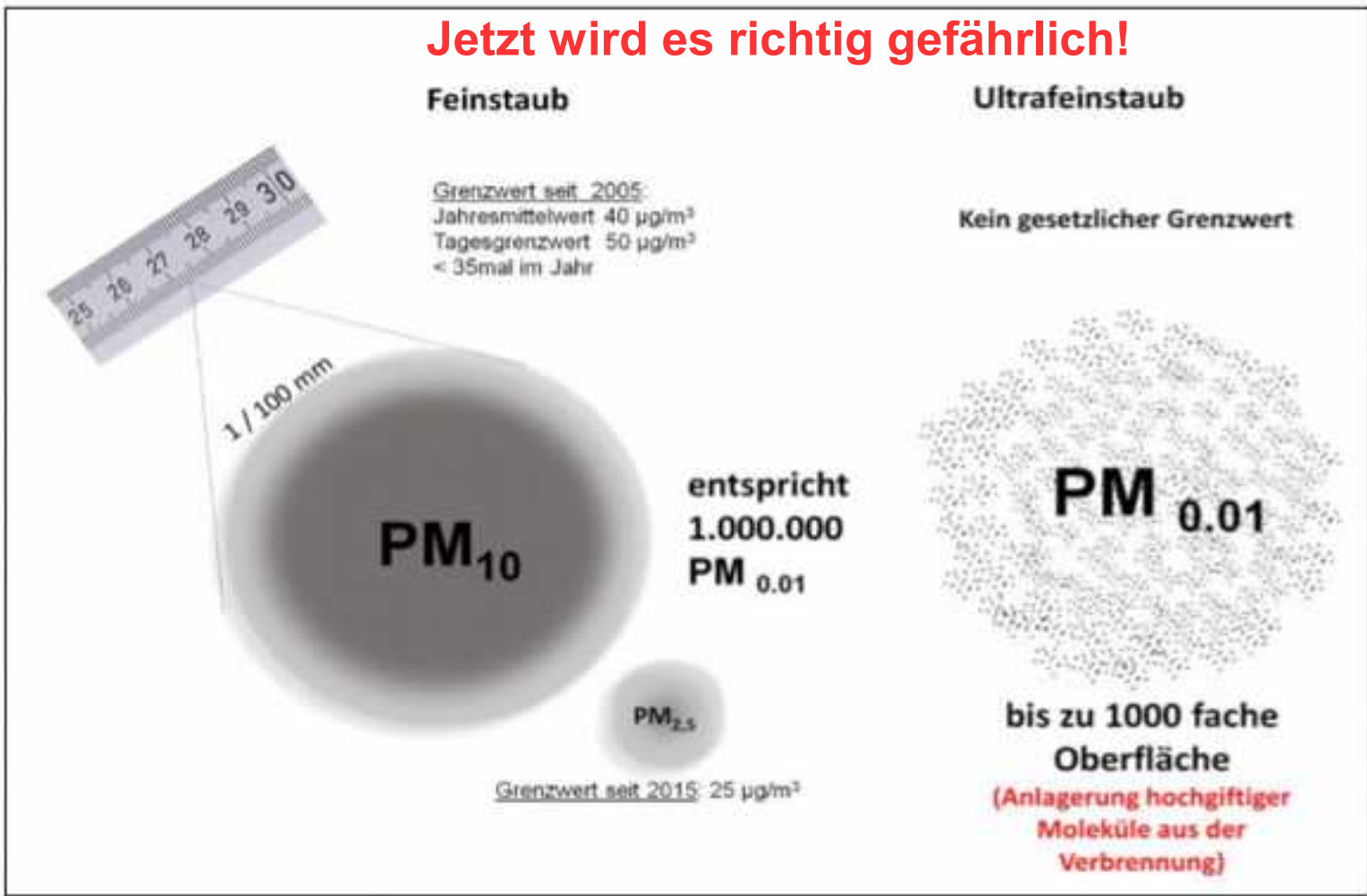


Was ist Feinstaub?



Was ist Feinstaub?

Jetzt wird es richtig gefährlich!



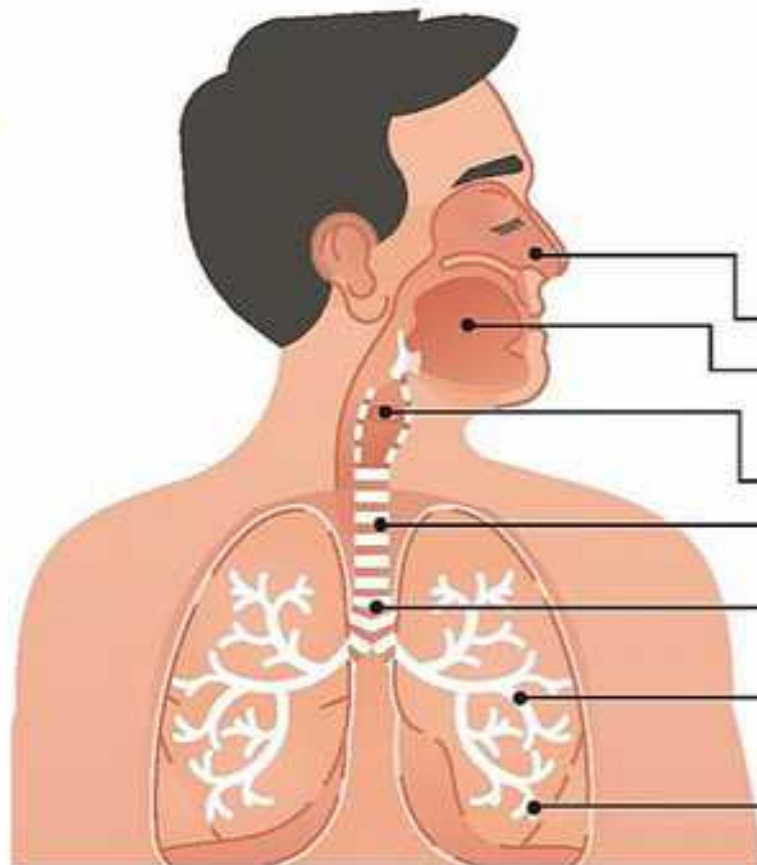
Größenverhältnis Feinstaub zu Ultrafeinstaub



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Wie weit gelangen Feinstaubpartikel?

Obermain-Tagblatt



Mögliche Folgen:

- Einengung der Bronchien
- Schädigung der Lungenbläschen
- Krebsrisiko

bis:

Staubgröße:

Nasenschleimhaut
Rachenraum

➔ 5 bis 10 Mikrometer

Kehlkopf
Luftröhre

➔ 3 bis 5 Mikrometer

Hauptbronchien

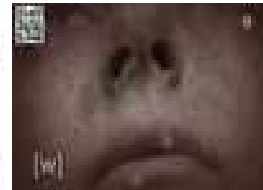
➔ 2 bis 3 Mikrometer

sekundäre und
tertiäre Bronchien

➔ 1 bis 2 Mikrometer

Lungenkapillaren,
Lungenbläschen

➔ kleiner als
1 Mikrometer



Grenzwerte für Feinstaub in Deutschland



Grenzwerte für den Schadstoff Feinstaub (PM10)

Bezeichnung	Mitteilungszeitraum	Grenzwert	Zeitpunkt, ab dem der Grenzwert einzuhalten ist
Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m³ PM10 dürfen nicht öfter als 35mal im Jahr überschritten werden	seit 1.1.2005 einzuhalten
Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m³ PM10	seit 1.1.2005 einzuhalten

Grenzwerte für den Schadstoff Feinstaub (PM2,5)

Bezeichnung	Mitteilungszeitraum	Grenzwert	Zeitpunkt, ab dem der Grenzwert einzuhalten ist
Grenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Kalenderjahr	25 µg/m³ PM2,5	seit 1.1.2015 einzuhalten

Quelle: 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG): Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 02.08.2010 (BGBl. I S. 1065)



Feinstaub durch Silvesterfeuerwerk



Bei Feuerwerk steigen die Schadstoffe in der Luft rasant an.

Quelle: CC Vision

Auswertungen des Umweltbundesamtes zeigen: Am ersten Tag des neuen Jahres ist die Luftbelastung mit gesundheitsgefährdendem Feinstaub vielerorts so hoch wie sonst im ganzen Jahr nicht. PM10-Stundenwerte über **1000 µg/m³ sind in der **ersten Stunde des neuen Jahres** in Großstädten keine Ausnahme.**



Zeitverlauf

Start

20 Uhr

1 Uhr

6 Uhr

11 Uhr

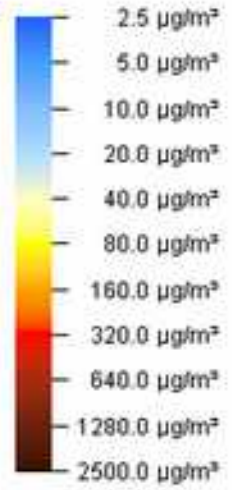
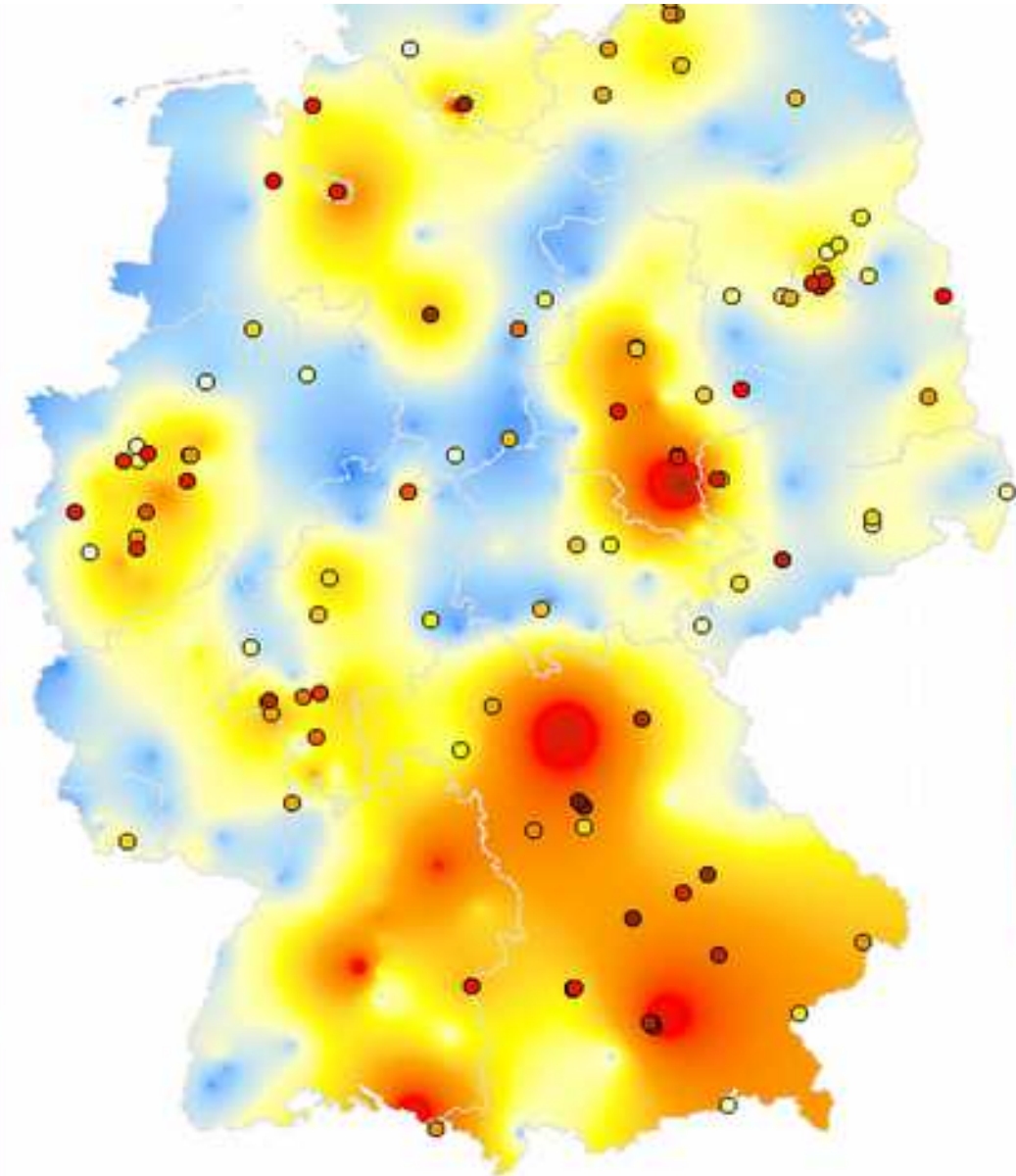
16 Uhr

Informationen

Hintergrundpapier:



Umwelt



Erstellt vom Umweltbundesamt
mit Daten der Messnetze der
Länder und des Bundes.
© Umweltbundesamt
und Bundesländer



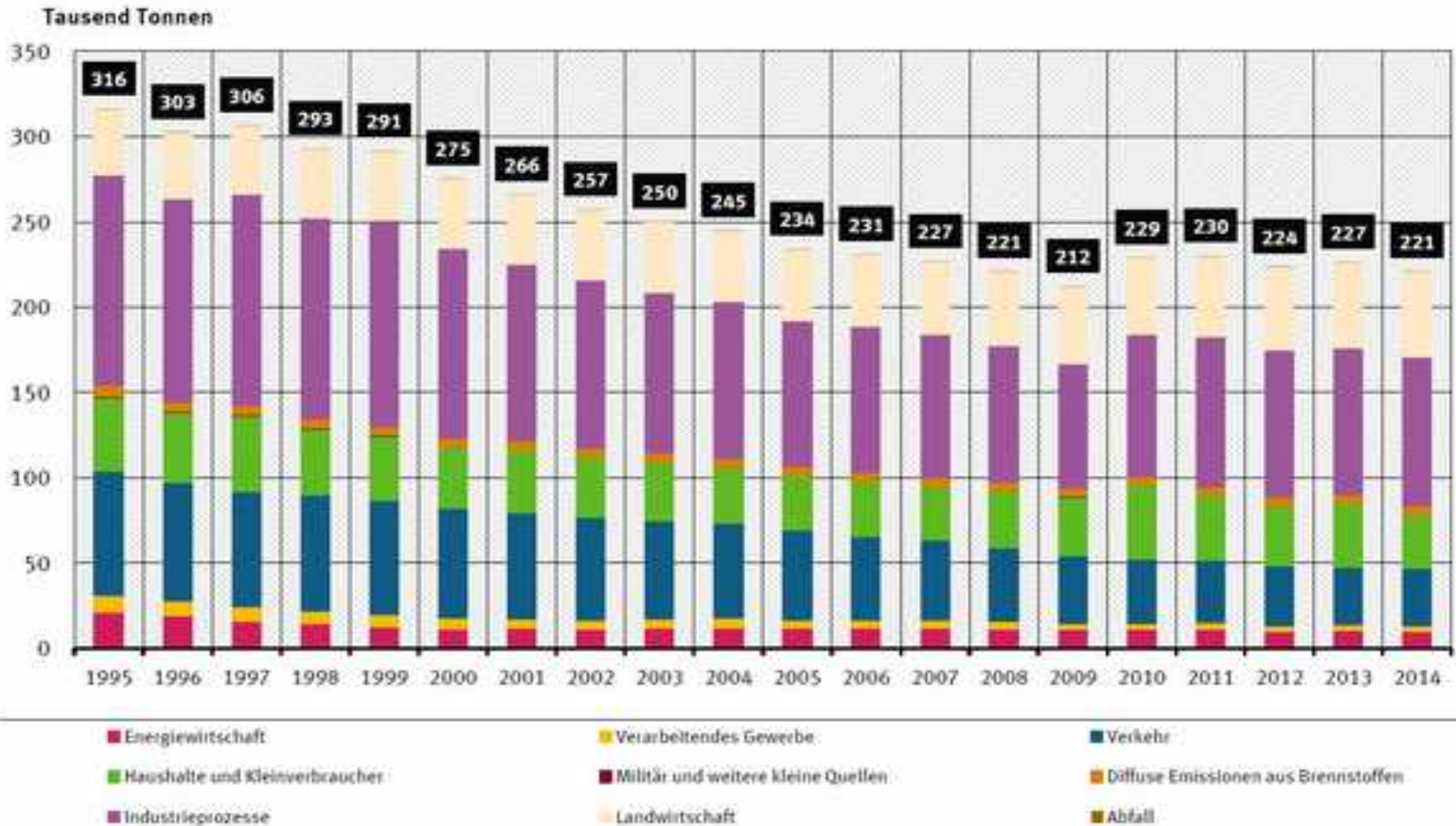
Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Feinstaubwerte 2015



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Staub (PM10)-Emissionen nach Quellkategorien



Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr, einschl. Abrieb von Reifen, Bremsen, Straßen
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (z.B. land- und forstwirtschaftlichen Verkehr)
 Industrieprozesse: einschl. diffuse Emissionen von Gewerbe und Handel sowie Schüttgütemissionen
 Lötlötl- und andere Produktverwendung; Feuerwerk, Zigaretten, Grillfeuer

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2014 (Stand 03/2016)



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

ZEIT ONLINE

Die Motoren sind nicht das Problem

Statt Abgasen sind Reifen und Bremsen eine Hauptquelle von Feinstaub. Im Kampf gegen die Partikel setzt die Feinstaub-Hauptstadt Stuttgart jetzt auf Moos.

Von Christof Vieweg

17. Februar 2017, 22:23 Uhr



"Gegen Feinstaub bringt ein E-Auto nicht viel"

..... Neueste Messresultate der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) zeigen nämlich: Nicht die Dieselabgase sind der Hauptverursacher der hohen Feinstaubbelastung. Stattdessen hat die LUBW "Aufwirbelungen und Abriebprozesse" ausgemacht, die "eine wesentliche Rolle" spielen.

Den Messungen zufolge entsteht der verkehrsbedingte Feinstaub der Partikelgröße PM10 (bis zehn Mikrometer Durchmesser) zu rund 85 Prozent durch Reifen-, Bremsen- und Straßenabrieb sowie durch die Aufwirbelung der Staubschicht auf den Fahrbahnen.

Für die inzwischen bundesweit bekannte Messstelle am **Stuttgarter Neckartor**, wo seit Jahren die höchsten Staubkonzentrationen gemessen werden, bedeutet das laut der neuesten LUBW-Tagesmittelwerte: Pro Kubikmeter Luft stammen lediglich 1,9 Mikrogramm Feinstaub aus den Auspuffrohren der vorbeifahrenden Autos. 11,9 Mikrogramm werden hingegen durch Abrieb und Aufwirbelungen verursacht.



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Abbildung 2: Feinstaubemissionen über den Gesamtlebenszyklus verschieden angetriebener Fahrzeuge in Milligramm pro Kilometer



Hinweis: Nicht dargestellt sind die bei allen Fahrzeugtypen auftretenden Feinstaubemissionen durch Reifenabrieb und Bremsen.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Umweltbundesamtes



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Messungen in der Schweiz 26.05.2017

INGENIEUR.de
TECHNIK · KARRIERE · NEWS

Benziner mit Direkteinspritzung so schmutzig wie alte Diesel

Sind Benziner sauberer als Diesel? Im Gegenteil: Schweizer Forscher haben festgestellt, dass moderne Benziner mit Direkteinspritzung so viele Rußpartikel ausstoßen wie alte Diesel vor 15 Jahren. Doch der Feinstaub ist noch nicht das Schlimmste: Hinzu kommen weitere giftige Substanzen wie Benzo(a)pyren, die Krebs erregen.

Krebserregendes Benzo(a)pyren im Abgas von Benzinern

Die Rußpartikel sind allerdings nicht das einzige Problem, wie Heeb erklärt: „Auf der Oberfläche der Partikel lagern sich flüssige oder feste chemische Gifte aus dem Verbrennungsprozess ab, unter anderem polyzyklische Aromaten. Diese Substanzen können mit den Partikeln in den Blutkreislauf geschleust werden wie in einem Trojanischen Pferd.“ Die Forscher fanden vor allem das krebserregende Verbrennungsprodukt Benzo(a)pyren, das auch im Zigarettenrauch vorkommt.

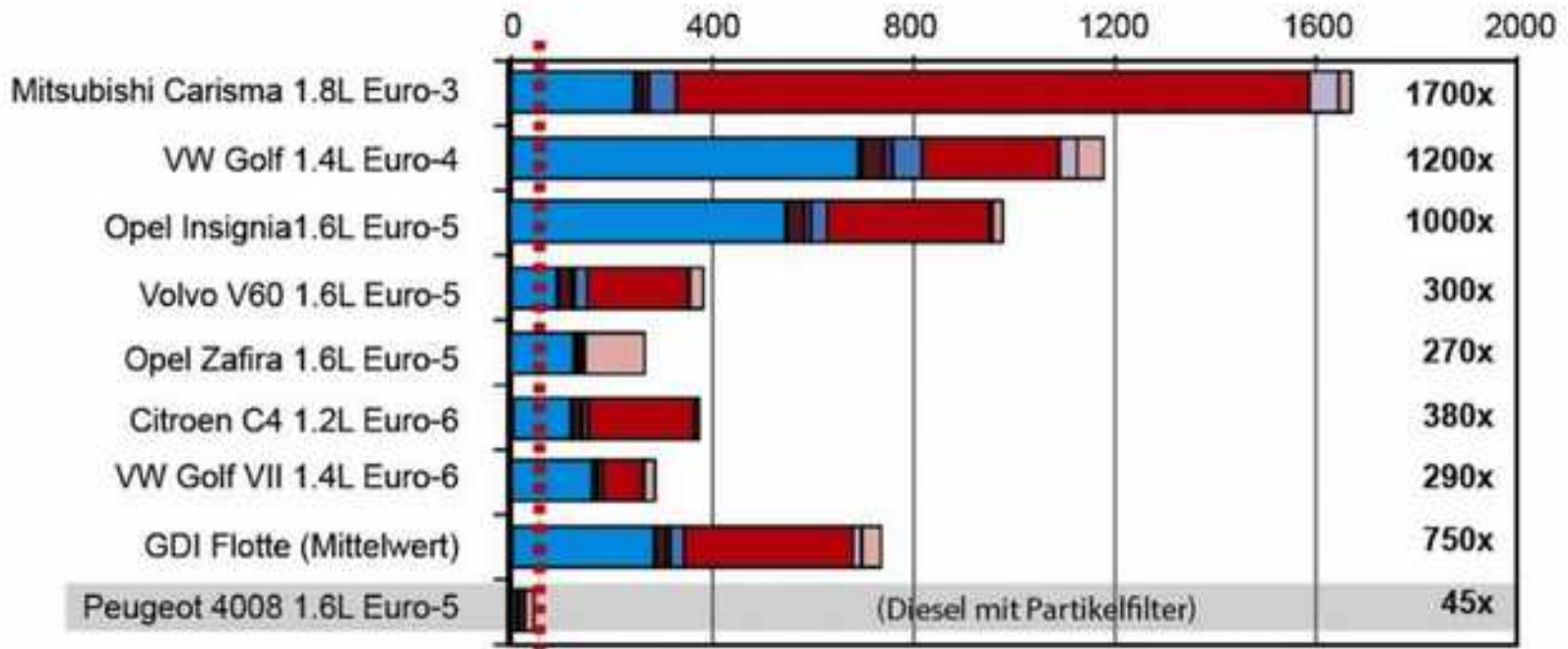


Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Benziner mit Direkteinspritzung so schmutzig wie alte Diesel

INGENIEUR.de
TECHNIK · KARRIERE · NEWS

Genotoxisches Potential von GDI Abgasen (ngTEQ/m³, cWLTC)
(EU-Luftgrenzwert: 1 ng Benzo(a)pyren/m³)



Anteile

- leicht krebserregend (Naphthalin)
- mittelstark krebserregend (Chrysen, Benzo[a]anthracen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Indeno[1,2,3,-cd]pyren)
- stark krebserregend (Benzo[a]pyren, Dibenzo[ah]anthracen)

Quelle: Empa | Grafik: BR



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Wenn ein Smart so dreckig wie ein Luxusdampfer ist

WirtschaftsWoche

Daimlers Smart: Schlusslicht beim Partikelaustoß

Tests des Automobilclubs ADAC setzen Politik und Hersteller gehörig unter Druck. So bestätigt der ADAC etwa die spektakulären Messungen der Umwelthilfe am Smart. Bei einem umfassenden ADAC-Test, dessen Protokoll der WirtschaftsWoche vorliegt, emittierte ein zweisitziges Smart Cabrio (0,9 Liter Turbo) durchschnittlich 83.000 Milliarden Partikel pro Kilometer. Das ist das **138-Fache** des Grenzwerts, den Dieselfahrzeuge schon seit 2011 einhalten müssen. Bei Autobahntempo schaffte der Smart sogar 263.000 Milliarden Partikel – das **440-Fache** des Dieselmotorgrenzwerts. Der Euro-6-Smart sei das Schlusslicht beim Partikelaustoß, befindet der ADAC. Für ein Stadtauto seien die Werte „untragbar“.

Smart-Hersteller Daimler widerspricht den Messergebnissen nicht, betont aber, dass die 440-fache Überschreitung bei einem „Tempo bis 130 Kilometer pro Stunde“ gemessen worden sei, was ein „sehr anspruchsvoller“ Test sei. Daimler unterstütze das weltweit übliche WLTP-Messverfahren. Allerdings: Auch im WLTP-Test ist der Smart laut ADAC der mit Abstand größte Schmutzfink, mit einem über 13-Fachen des maximal erlaubten Partikelaustoßes von Dieselautos.



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

Benziner mit Direkteinspritzung so schmutzig wie alte Diesel

INGENIEUR.de
TECHNIK - KARRIERE - NEWS
Foto: Bernd Weißbrod/dpa

EU führt Partikelfilter für Neuwagen ab 2018 ein



Immerhin hat die EU die Partikelfilter für Benziner eingeführt, die ab 2018 eine Typenzulassung durchlaufen, also für alle Neufahrzeuge. **Eine Nachrüstung der schon auf den Straßen fahrenden Benzinern ist dagegen bislang nicht geplant.** Die könnte durch die Hintertür kommen. Denn wegen der hohen Feinstaubbelastung der Atemluft in den Großstädten planen erste Städte im nächsten Jahr Fahrverbote für Dieselfahrzeuge.

Die könnten dann auch auf Benziner ausgeweitet werden. Denn aktuell werden in 50 Ballungsräumen in Deutschland die Feinstaubwerte nicht eingehalten. Das könnte fast flächendeckende Fahrverbote auslösen.



Warum ist Feinstaub so gefährlich?

19.8.2020, 11:47 Uhr
Nick Schader, SWR Rechercheunit



Recherchen des SWR legen den Verdacht nahe, dass auch **Benzinmotoren** vom Abgasskandal betroffen sein könnten. Denn wenn im Test das Lenkrad eingeschlagen wurde, waren die Abgaswerte höher.

Um zu klären, ob bei einem Fahrzeug eine sogenannte „Abschalteinrichtung“ vorliegt, wurden bei einem Audi Q5 mehrere Abgastests durch einen unabhängigen Gerichtsgutachter durchgeführt. Dabei stellte sich heraus: Die Abgaswerte waren deutlich verändert, wenn vor dem Test das Lenkrad eingeschlagen wurde.

Der Verdacht: Wenn sich die Reifen eines Fahrzeugs drehen wie auf einem Rollenprüfstand, aber das Lenkrad nicht bewegt wird, geht das Fahrzeug davon aus, dass es gerade einem Abgastest unterzogen wird. Dann schaltet die (manipulierte) Motorsteuerung in einen sauberen „Test-Modus“. Experten nennen das „Zykluserkennung“. Diese stand auch schon im Mittelpunkt des Dieselskandals.

Gutachter: Stickoxide über dem Grenzwert

Im vorliegenden Fall kam der Gutachter zu dem Ergebnis, dass beim Lenkradeinschlag der Ausstoß an Stickoxiden um 24 Prozent und an Kohlenmonoxid um 60 Prozent anstieg. Im Ergebnis lag der Ausstoß an Stickoxiden bei mehr als 80 mg/Km – und damit über dem Grenzwert für Euro 6 Benziner von 60 mg/km.

Zudem lag der Ausstoß 300 Prozent über den Herstellerangaben von Audi, so der Gutachter.



Video: Debatte um Feinstaub: Comeback für den Diesel

25.09.19 | 14:10 Min. | Verfügbar bis 25.09.2020

Die Diesel-Verkaufszahlen steigen wieder: Moderne Motoren verbrauchen wenig Treibstoff und überzeugen mit niedrigen Feinstaub- und CO₂-Werten. Fast immer holt ein neuer Diesel im Betrieb mehr Feinstaub aus der Luft, als er selbst hinzufügt.

[Mehr Informationen zur Sendung](#)

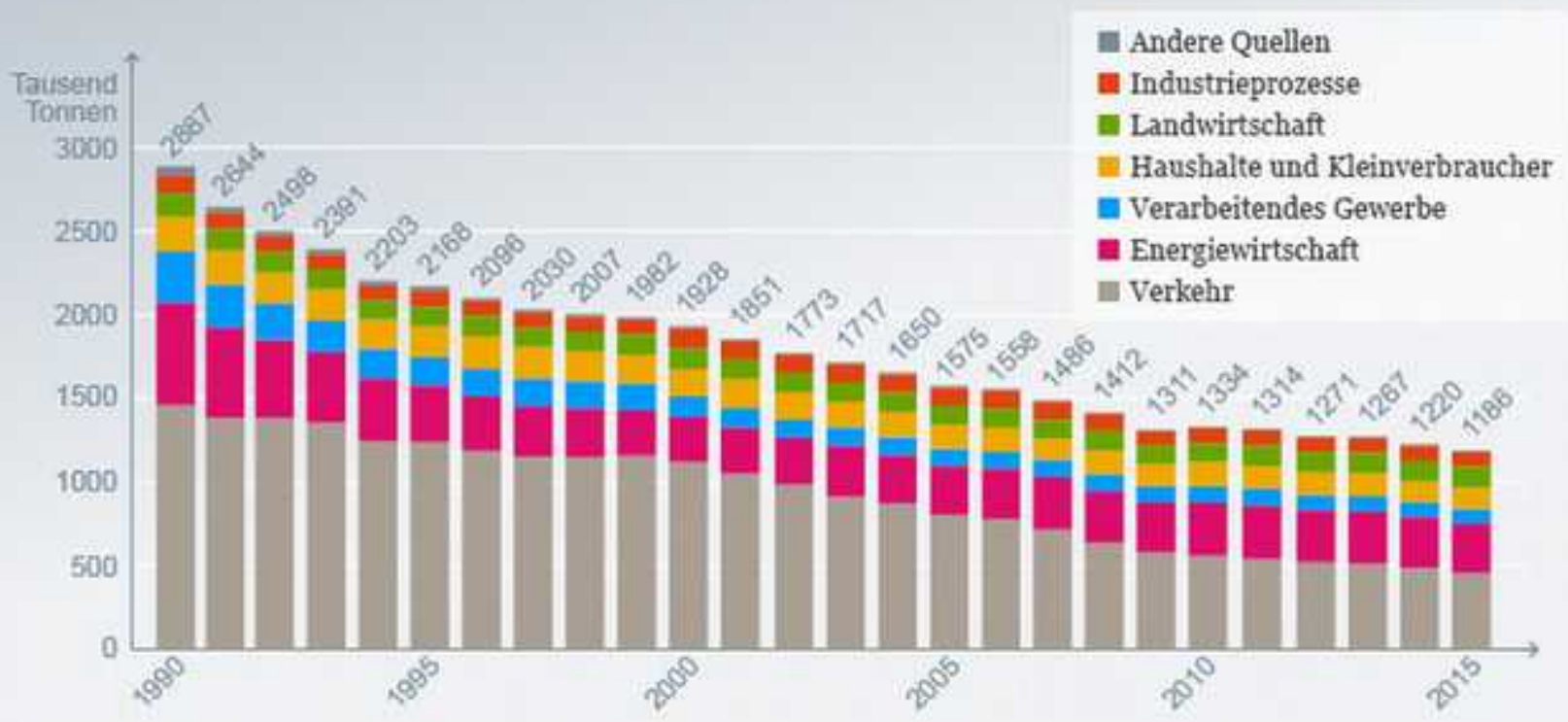


NOx-Problematik beim Dieselmotor



NOx-Problematik beim Dieselmotor

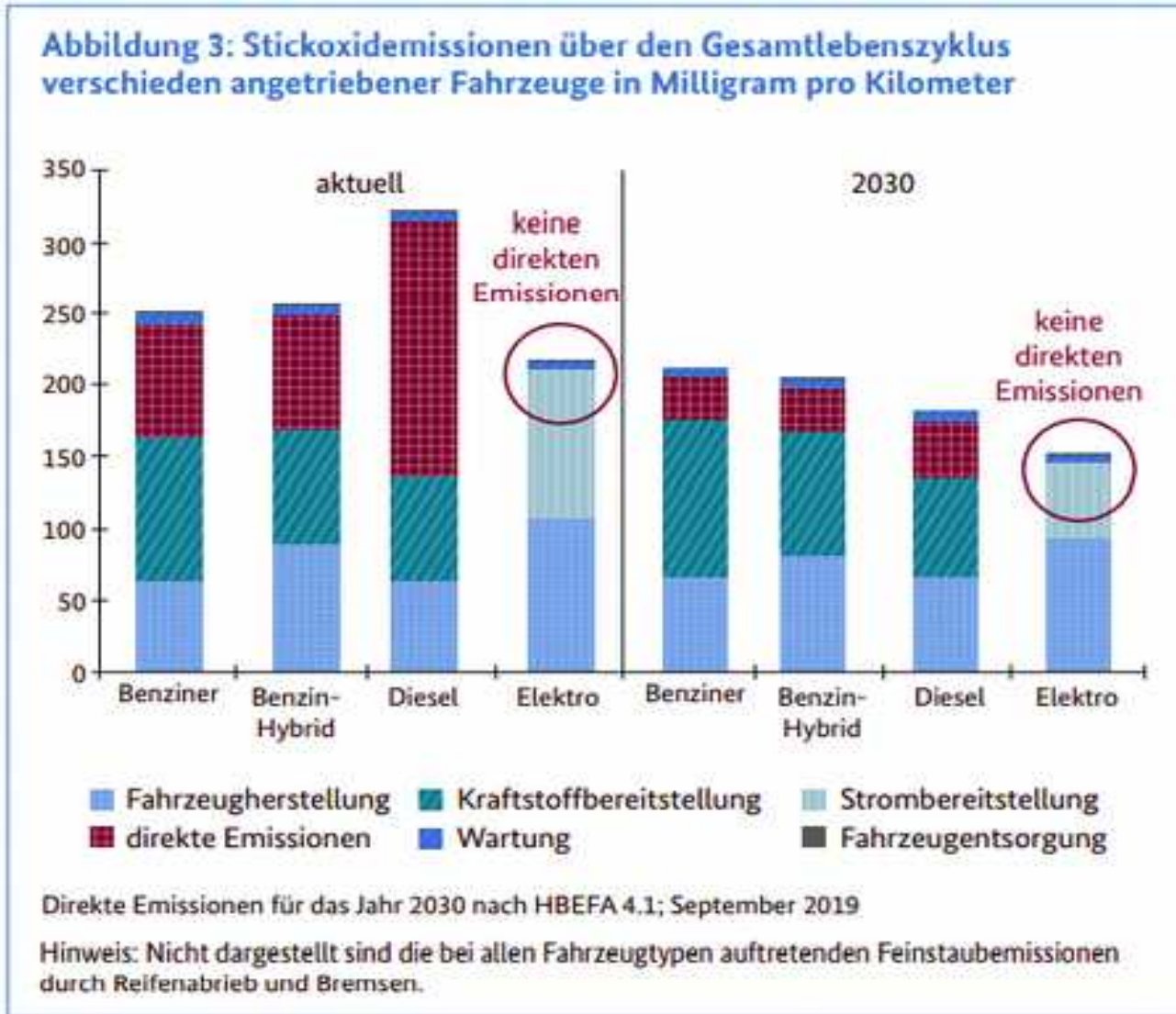
Stickstoffoxid-Emissionen* in Deutschland (1990-2015)



Quelle: Umweltbundesamt | *NO_x gerechnet als NO₂



NOx-Problematik beim Dieselmotor



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Umweltbundesamtes



NO_x-Problematik beim Dieselmotor

NO_x (Stickoxide):

Stickstoffmonoxid (NO) ist ein farb- und geruchloses, giftiges Gas, das an der Luft sofort zu Stickstoffdioxid reagiert.

Stickstoffdioxid (NO₂) ist ein rotbraunes, stechend riechendes, giftiges Gas.

Distickstoffoxid (N₂O) ist als Inhalationsnarkotikum auch unter dem Namen „Lachgas“ bekannt. Es ist ein sehr wirksames Treibhausgas (wesentlich stärker als CO₂).

Stickoxide sind beteiligt am Photo-Smog, also an der Bildung von bodennahem Ozon (O₃), da bei intensiver Sonneneinstrahlung NO₂ in NO und O gespalten wird.

Hauptemittent ist der Dieselmotor, in dem während der Verbrennung aufgrund des technisch bedingten Luftüberschusses und der hohen Temperaturen mehr NO_x entsteht als im Benzinmotor. Allerdings treibt der Trend zu Turbos und hoher Verdichtung bei Benzinmotoren im realen Betrieb häufig die Verbrennungstemperaturen und somit die NO_x-Bildung hoch.



NOx-Problematik beim Dieselmotor

Woher kommen die hohen Nox-Werte beim Dieselmotor?

Die vergleichsweise hohen NOx-Emissionen resultieren ebenso wie der geringe Kraftstoffverbrauch aus dem hohen Druck und damit hohen Verbrennungstemperaturen, die sich bei der Verbrennung im Zylinder des Dieselmotors aufbauen.

Generell gilt der Zusammenhang:

Je besser die Verbrennung, desto höher die Temperatur und desto mehr NOx entsteht. Daraus folgt eine Wechselwirkung zwischen der CO₂ Reduzierung und der Entstehung von Stickoxiden:

Maßnahmen zur CO₂-Senkung führen oft zu höherer Stickoxidbildung, eine auf weniger Stickoxide optimierte Verbrennung bedeutet mehr CO₂-Ausstoß – ein Zielkonflikt!



NOx-Problematik beim Dieselmotor

Die größten Stickoxid-Sünder

Im Zuge des Abgasskandals hat das Kraftfahrtbundesamt (KBA) zahlreiche Dieselmodelle getestet. Inzwischen liegen die Ergebnisse vor. Die größten Sünder kommen nicht von VW – sie kommen aber ohne illegale Tricks aus.

Die größten Stickoxid-Sünder



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Warum verwendet man nicht einfach einen Dreiwegekatalysator wie beim Ottomotor?

Zwischen beiden Motorarten gibt es außer der Art der Zündung noch einen wesentlichen Unterschied.

Wenn man bei einem **Benzinmotor** aufs Gas tritt, wird dem Motor mehr Kraftstoff und mehr Luft zugeführt. Beim konventionellen Ottomotor wird die Gemischmenge \Rightarrow d.h. die Quantität des Gemisches über eine Drosselklappe im Saugrohr variiert. Das Luft-Kraftstoff Verhältnis \Rightarrow d.h. die Qualität des Gemisches bleibt in erster Näherung konstant ($\lambda = 1$).

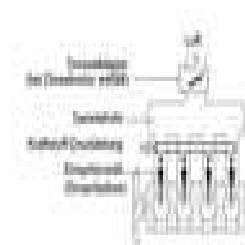
(Quantitätsregelung).

Beim **Dieselmotor** ist die angesaugte Luftmenge (Luftmasse) bei konstanter Drehzahl unabhängig von der Last nahezu gleich.

Die Lastregelung erfolgt durch unterschiedliche Zugabe von Kraftstoff.

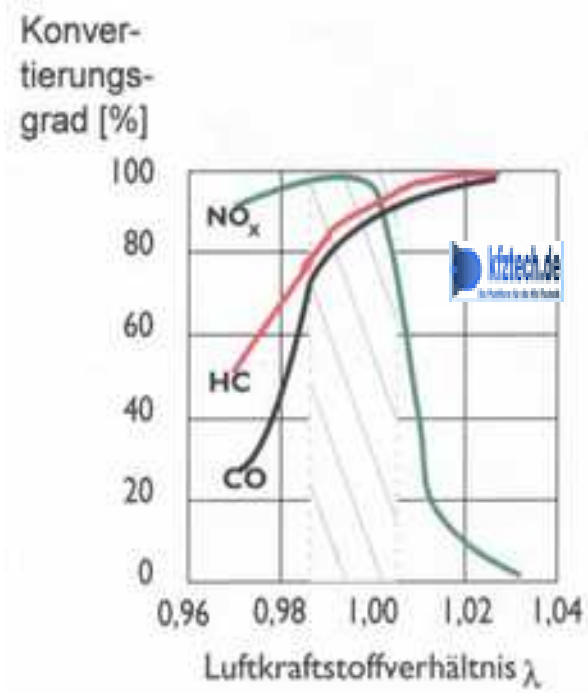
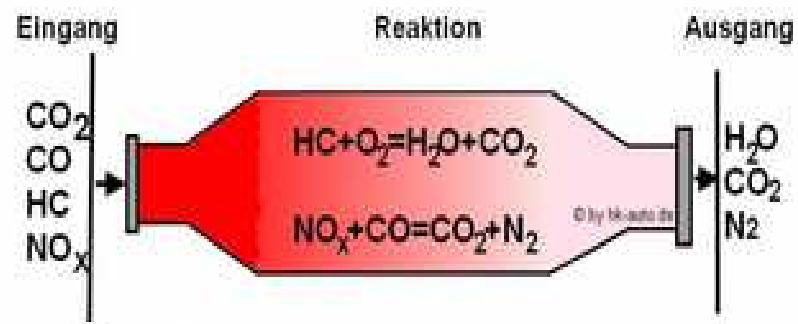
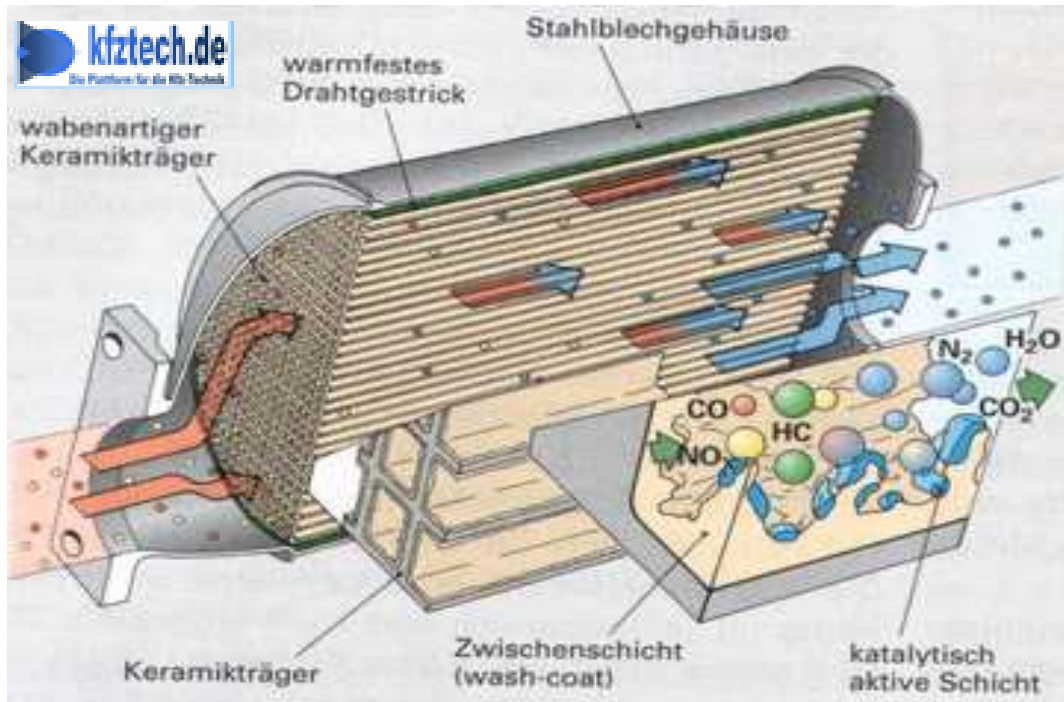
Man spricht in diesem Fall deshalb von Qualitätsregelung, weil die Qualität des Gemisches im Brennraum verändert wird ($\lambda = 1,3 \dots 6$)

(Qualitätsregelung).



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Warum verwendet man nicht einfach einen Dreiwegekatalysator wie beim Ottomotor?

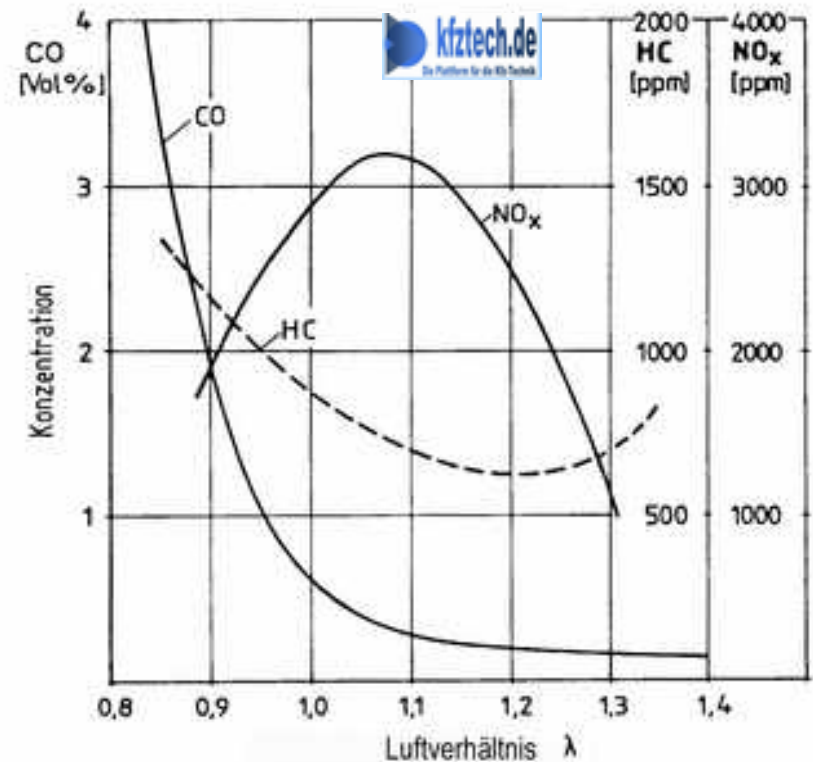


Abgasproblematik beim Dieselmotor

Warum verwendet man nicht einfach einen Dreiwegekatalysator wie beim Ottomotor?

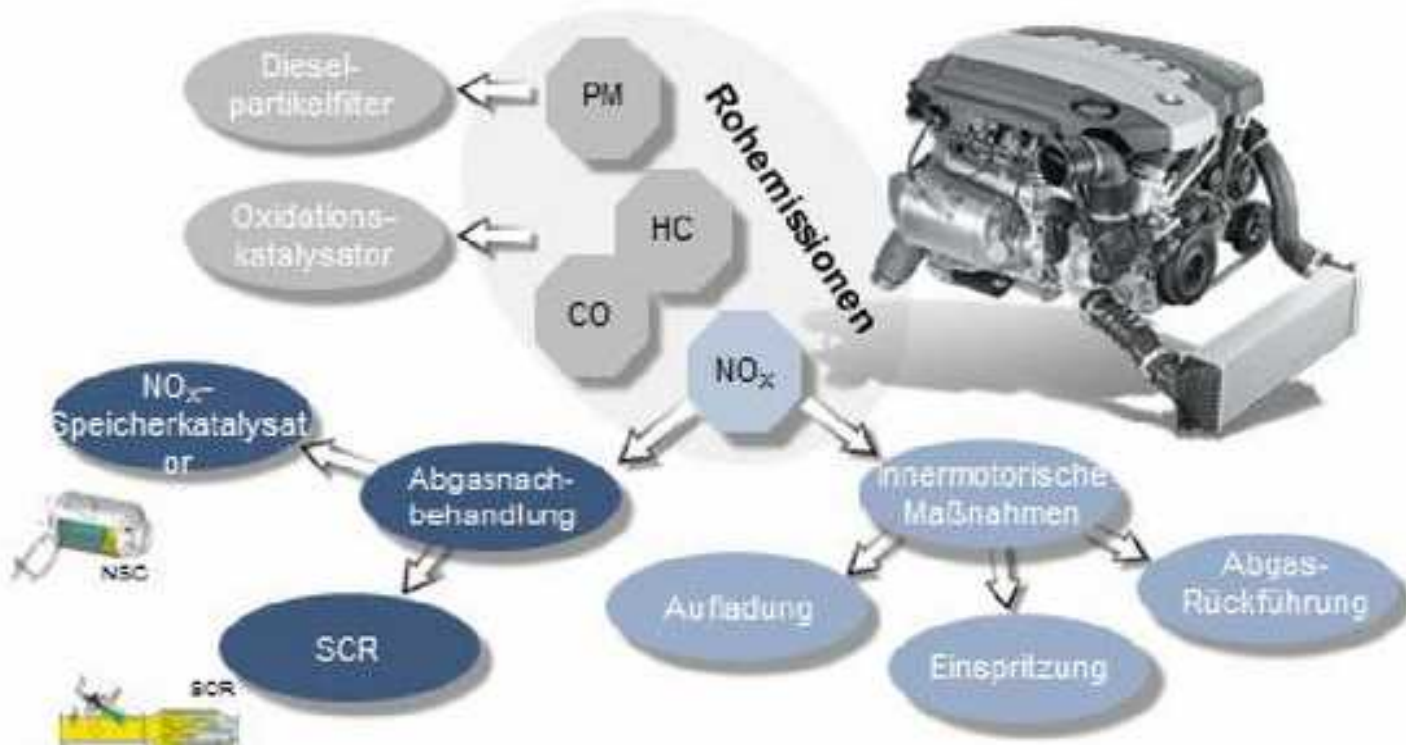
Voraussetzung dafür ist ein konstant stöchiometrisches Kraftstoffverhältnis ($\lambda = 1$) von 14,7 Kilogramm Luft pro Kilogramm Superbenzin (Oktan 95). Schon eine geringe Abweichung in den mageren Bereich ($\lambda > 1$) bewirkt einen sprunghaften Anstieg der Stickoxidemission nach dem Katalysator, da zu wenig CO für die Reduktion vorhanden ist. Deshalb wird das Gemisch zwischen stöchiometrischem und leicht fettem Verhältnis geregelt.

Aufgrund des Dieselmotorenverfahrens mit Luftüberschuss kann hier der 3-Wege-Katalysator nicht eingesetzt werden.



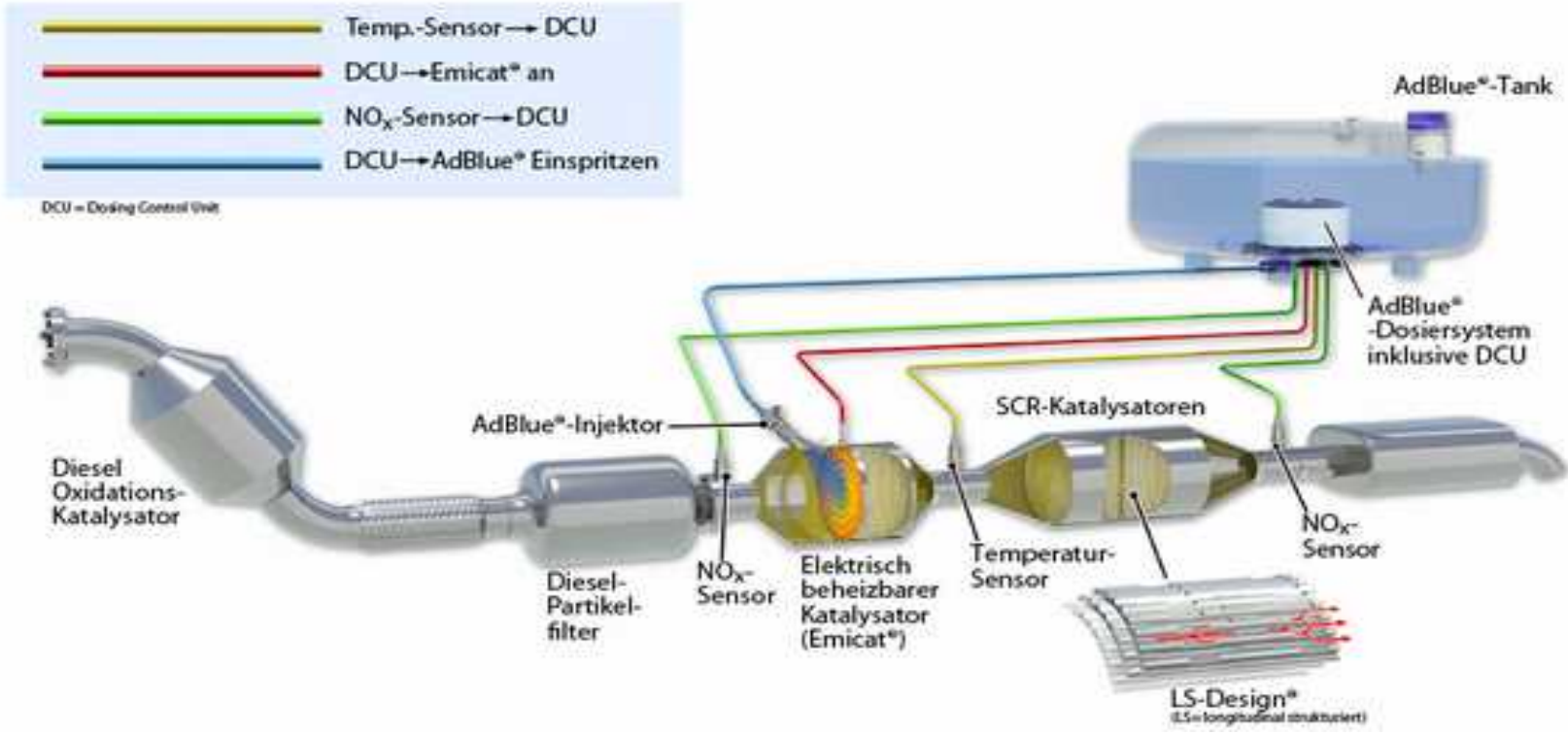
Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation

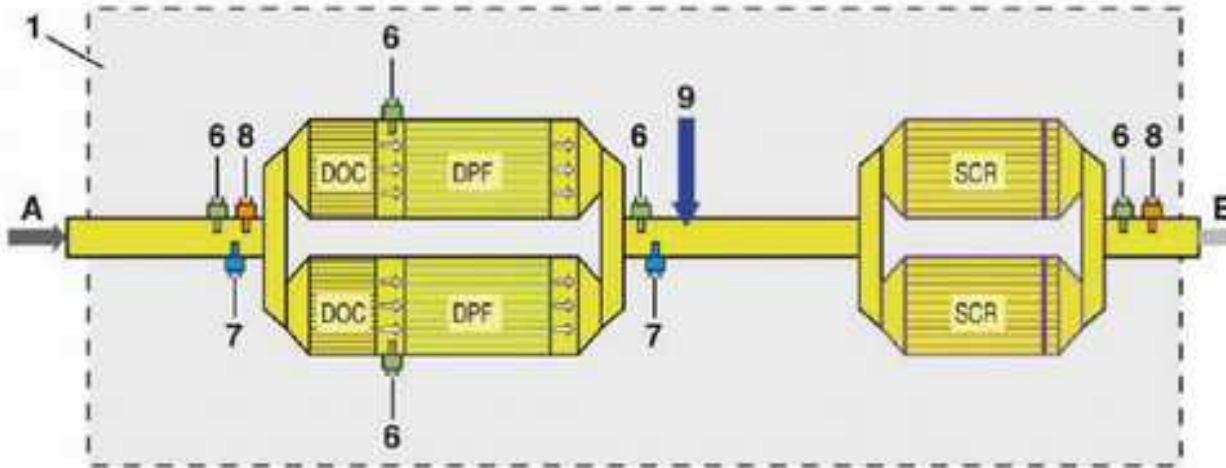


Video VW



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation



- 1 Abgasnachbehandlungseinheit
 - 2 AdBlue®-Behälter
 - 3 Steuergerät Abgasnachbehandlung (ACM)
 - 4 Pumpenmodul
 - 5 AdBlue®-Dosiergerät
 - 6 Temperatursensor Abgas
 - 7 Drucksensor Abgas
 - 8 NOx-Sensor
 - 9 AdBlue®-Einspritzung
- DOC Dieseloxydationskatalysator
 DPF Dieselpartikelfilter
 SCR SCR-Katalysator
- A Abgase vom Motor
 B Abgase nach Abgasnachbehandlungseinheit

**Abgasreinigung
 Actros Typ 963
 Euro 6**

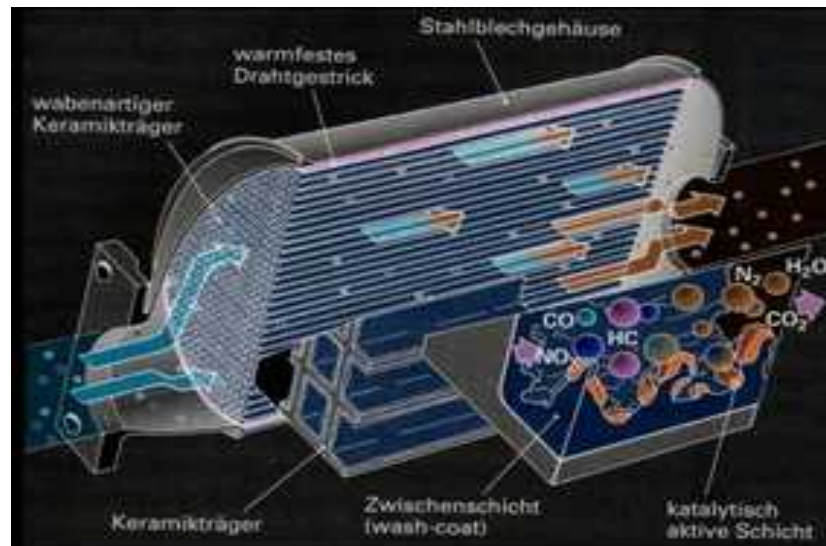


Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation

Die erste Stufe ist typischerweise der **Oxidationskatalysator**. Dieser wandelt mithilfe des vorhandenen Restsauerstoffs unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) in CO₂ und Wasser (H₂O) um.

Bei dieser Nachoxidation wird auch ein Teil der im Abgas vorhandenen Partikelemissionen reduziert. Der Dieselmotorkatalysator besteht aus einem Keramikmonolithen. Dieser Keramikmonolith besitzt zahlreiche feine Kanäle, die mit einer hochaktiven Platinbeschichtung versehen sind. Der Katalysator wird möglichst nahe am Dieselmotor platziert, damit dieser möglichst schnell die zur Funktion notwendige Betriebstemperatur erreicht.



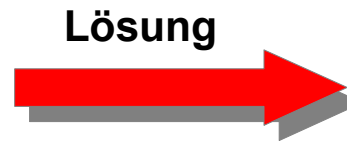
Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation

Der **Dieselpartikelfilter (DPF)** reinigt in einer zweiten Stufe das Abgas von Ruß. Die erforderliche Reinigung des Filters erfolgt durch Verbrennung der eingelagerten Partikel. Der gewünschte Reinigungserfolg tritt aber nur ein, wenn der Partikelfilter eine Temperatur von mindestens 350 °C hat. Im Stadtverkehr ist das häufig nicht der Fall und der Filter muss aktiv freigebrannt werden. Dazu erhöht die Motorsteuerung die Abgastemperatur auf 600 °C. **Allerdings ist das mit einem kurzzeitigen Mehrverbrauch und damit höheren CO₂-Emissionen von bis zu 9 Prozent verbunden.** Der Rußfilter eines Neuwagens hat einen Wirkungsgrad von fast 100 Prozent. Damit ist der Diesel quasi rußfrei.



Durchgebrannter Partikelfilter:
Hier funktioniert die Partikelreinigung nicht mehr ganz so gut !



Lösung



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation

Um die NO_x-Emissionen zu reduzieren, existieren als dritte Stufe zwei Technologien, die auch als Kombination eingesetzt werden können: der NO_x-Speicherkatalysator (NSC) und der SCR-Katalysator

Der NO_x-Speicherkatalysator

Der NO_x-Speicherkatalysator entzieht dem Abgas die Stickoxide und lagert sie ein, bis seine Aufnahmekapazität erreicht ist. Zu seiner Regeneration gibt die Motorelektronik dem Verbrennungsgemisch – wie beim Partikelfilter – kurzzeitig etwas mehr Dieselkraftstoff zu. Das gespeicherte NO_x wird in die neutralen Komponenten N₂ (Stickstoff), H₂O (Wasser) und CO₂ (Kohlendioxid) umgewandelt und der NO_x-Speicherkatalysator nimmt seine Arbeit von neuem auf. Der Speicherkatalysator kann NO_x nur in einem Temperaturbereich von 150 bis 500 °C speichern. Kritisch ist deshalb der Kaltstart, weil der Motor noch nicht die gewünschten Temperaturen erreicht hat. Anders ist es bei normaler Fahrt, dort hat er bei 300 bis 400 °C Betriebstemperatur seinen maximalen Wirkungsgrad von rund 80 Prozent. Der Mehrverbrauch des Fahrzeugs für die Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators liegt im Mittel bei etwa 2 Prozent.



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation

Der SCR-Katalysator

Beim SCR-Katalysator (selective catalytic reduction / selektive katalytische Reduktion) werden die NO_x-Emissionen durch Zugabe des Reduktionsmittels AdBlue abgebaut. AdBlue ist eine ungiftige und geruchlose Harnstofflösung. Sie wird bedarfsgerecht in den Abgasstrom eingesprüht und wandelt im SCR-Katalysator die NO_x-Emissionen in die neutralen Komponenten Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O) um.



Herausforderung dabei: AdBlue sollte nur in einem Temperaturfenster von 180 bis 400 °Celsius dosiert werden. Dies hatte zur Folge, dass die ersten Euro 6 Motoren trotz SCR-Katalysator teilweise mehr als 500 mg NO_x/km emittiert haben.

Sind Motor und Abgassystem auf Betriebstemperatur, entfernt der SCR-Katalysator bis zu 98 Prozent der NO_x-Emissionen aus dem Abgas.

Der Nachteil: Das Reduktionsmittel AdBlue muss mit einem separaten Tank ins Fahrzeug integriert werden. Der Verbrauch liegt im Mittel bei 0,2 l/100 km.



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Abgasreinigung bei Dieselfahrzeugen der neuesten Generation

Wie funktioniert AdBlue?

Das Einspritzventil für Reduktionsmittel wird vom Motorsteuergerät angesteuert und spritzt das Reduktionsmittel dosiert in den Abgasstrang. Das eingespritzte Reduktionsmittel wird vom Abgasstrom mitgeführt und gleichmäßig im Abgas verteilt. Auf der Wegstrecke zum Reduktionskatalysator, der sogenannten Hydrolyse-Strecke, zersetzt sich das Reduktionsmittel zu **Ammoniak (NH₃)** und **Kohlendioxid (CO₂)**.

In den Reduktionskatalysatoren reagiert das Ammoniak (NH₃) mit den Stickoxiden (NO_x) zu Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O).

In den Reduktionskatalysatoren findet eine Reduktion der Stickoxide statt. Das heißt, bei dem Prozess der Reduktion geben die Stickoxide (NO_x) ihre Sauerstoffmoleküle ab.



Bildquelle: VDA



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Zurück zum Ultrafeinstaub!

Bei Viehhaltung entsteht Gülle und dabei auch **Ammoniak**. Durch chemische Reaktionen bildet sich hier ebenfalls **sekundärer Feinstaub**. Mit dem Ausbringen von Gülle als Dünger auf Felder geschieht das großflächig. In der Landwirtschaft – wie auch im Straßenverkehr, entstehen sogar noch kleinere Partikel, die bei den heute gängigen Messungen kaum berücksichtigt werden: Sogenannter „Ultrafeinstaub“ mit dem Bruchteil der Größe eines PM 2,5 Teilchens.



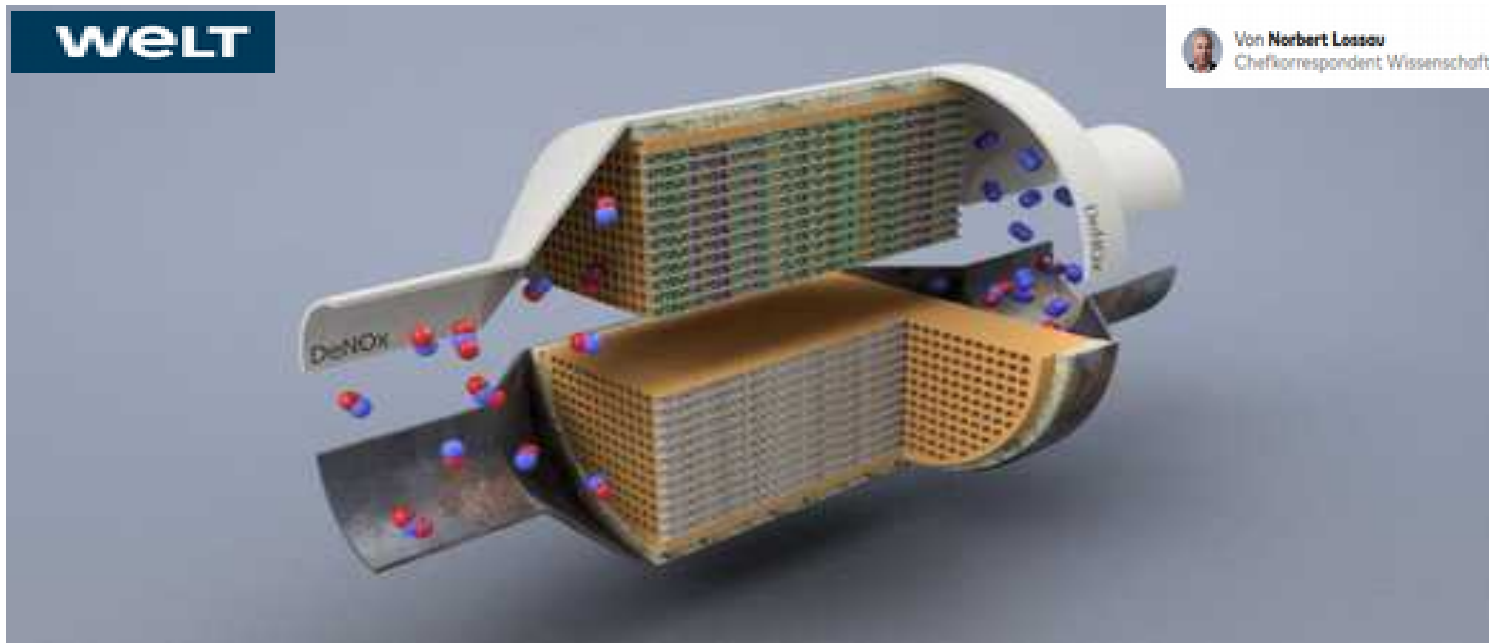
LESCHS
K•SMOS

ZDF



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Neue Katalysator-Technik löst ein großes Diesel-Problem



Zunächst nimmt der Katalysator in seinen porösen Strukturen die Stickoxid-Gase auf und speichert sie. Ist die Kapazität des Speichers erreicht, wird automatisch ein Prozess gestartet, bei dem die Stickoxide in Ammoniak überführt werden. Dieser Ammoniak bleibt im Katalysator gespeichert und wird in der folgenden Betriebsphase des Fahrzeugs dazu genutzt, anfallende Stickoxide direkt in Stickstoff umzuwandeln. Ist das Ammoniakreservoir aufgebraucht, beginnt dieser Prozess wieder von vorne.



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Ist eine Nachrüstung von Euro 5 Dieseln technisch machbar?



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Wie gut funktioniert Hardware-Nachrüstung? Drei SCR-Systeme im Dauertest

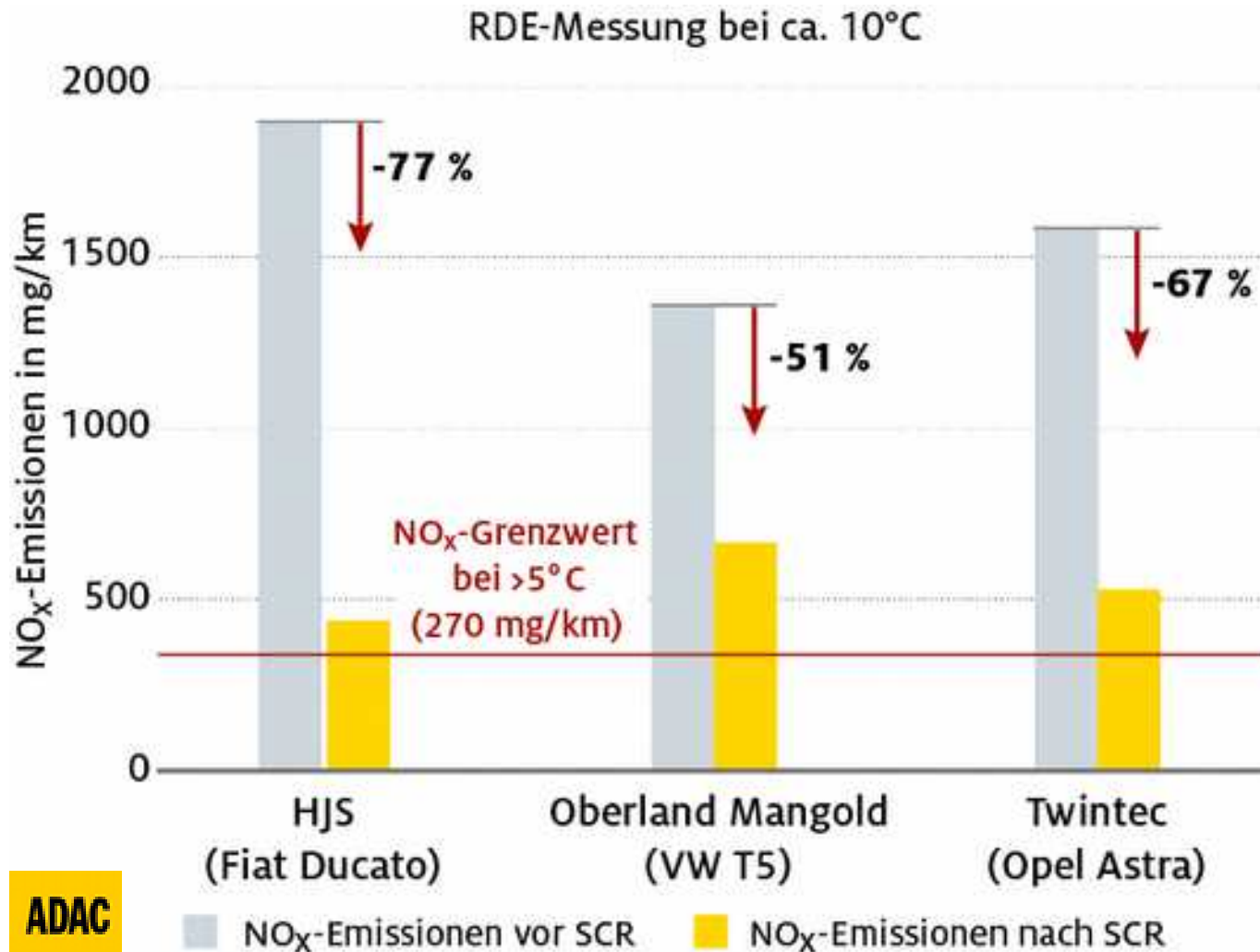
ADAC

Fünf Monate dauerte es, bis die Testfahrzeuge den 50.000 km-Alltagstest absolviert hatten. 72-mal wurde dabei die 700 km lange Dauerlaufstrecke umrundet. Und nach Abschluss des Tests zeigt sich in punkto Haltbarkeit ein differenziertes Bild: Die in wenigen Wochen durch die Nachrüster aufgebauten und auf das jeweilige Testfahrzeug abgestimmten SCR-Systeme waren noch nicht in der Lage, eine durchgehend zuverlässige Funktion zu gewährleisten.

Temporäre Systemausfälle und mechanische Defekte an SCR-Komponenten zeigten sich ebenso wie eine zeitweilig instabile Energieversorgung. Die Hersteller mussten schon während des Tests mehrfach nachbessern – und haben noch einige Arbeit vor sich, um die in der Nachrüst-Richtlinie geforderte Dauerhaltbarkeit gewähren zu können.



Abgasproblematik beim Dieselmotor



Im Herbst: Der NO_x-Ausstoß steigt enorm

Die gemessenen NO_x-Reduktionsraten lagen zwar immer noch bei hohen 51 bis 77 Prozent (HJS schaffte eine 1400 Milligramm Reduktion!), doch der absolute NO_x-Wert liegt selbst gereinigt noch bei mindestens 400 mg/km – weit über dem 270er-Grenzwert, der bis zu einer Temperatur von 5° C gilt.



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Ist eine Nachrüstung von Euro 5 Dieseln juristisch noch sinnvoll?



Aus für Euro 6-Diesel

Nach Diesel-Urteil: Hardware-Nachrüstung schützt Autofahrer nicht mehr vor Fahrverbot



EU-Gerichtsurteil –
Kommt das
Fahrverbot für
Diesel 6?



FOCUS-Online-Redakteur **Sebastian Viehmann**

Freitag, 14.12.2018, 15:32

Ein EU-Urteil hebt die aktuellen Stickoxid-Grenzwerte bei Euro 6-Dieseln auf. Demnach können Autos mit einem Ausstoß von mehr als 80 mg NOx ausgesperrt werden. Damit wird auch die von Umweltverbänden geforderte Nachrüstung hinfällig. Ein Kommentar.



Abgasproblematik beim Dieselmotor

Bloch klärt auf: Die 10 größten Diesel-Irrtümer



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Entwicklung der Elektromobilität

1851 Lokomotive mit Elektromotor (USA)

1860 Bleibatterie für Fahrzeuge (USA)

1881 Erstes Automobil (Trouvé Tricycle) mit Elektromotor

(fünf Jahre **vor** dem Benz-Motorwagen mit Verbrennungsmotor)

- v_{max} 12 km/h
- Leistung: 70 Watt (0,07 kW)
- 12V-Bleiakkumulator
- Gewicht 160 kg (mit Fahrer)

1899 Geschwindigkeitsrekord 100 km/h



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Entwicklung der Elektromobilität

La Jamais Contente (frz: Die nie Zufriedene)

- Am 29. April 1899 mit 105,9 km/h erreichte erstmalig ein Straßenfahrzeug eine Geschwindigkeit von mehr als 100 km/h
- Gewicht 1450 kg (inkl. Akkugewicht von 853 kg)
- Konstruiert und gefahren wurde vom belgischen Ingenieur und Rennfahrer Camille Jenatton, dessen Fa. Pkw und Lkw mit Elektroantrieb baute
- Antrieb durch zwei 25-kW-Elektromotoren
- Nächster Rekordhalter: Léon Serpollet mit dem eiförmigen Dampfwagen Oeuf de Pâques (Osterei) am 13. April 1902 mit 120,80 km/h



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Entwicklung der Elektromobilität

1900 Mobilität in den USA

38 % Elektrofahrzeuge

40 % Dampfmaschinen



22 % Fahrzeuge mit Benzinmotoren

1912 wurden bereits 34.000 Elektroautos in den USA produziert

(Gesamtbestand in D Jan. 2017: 34022 Fahrzeuge; Zuwachs pro Jahr ca. 6500 Fahrzeuge)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Aufgrund von Problemen in der Speichertechnik, Gewicht und Kosten wurde ab 1905 der Elektroantrieb weitgehend vom Verbrennungsmotor verdrängt.

Ein wichtiger Vorteil des Verbrenners ist bis heute die hohe Energiedichte von und das schnelle Betanken mit flüssigem Kraftstoff!
Benzin: 12kWh/kg bzw. 8kWh/l



Lithium-Ionen Batterien:

max 0,12 - 0,18 kWh/kg bzw. 0,5 kWh/l



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Warum Elektroautos?

Herausforderungen der Zukunft



- Endlichkeit der Ölreserven
- Steigende Ölpreise → „weg vom Öl“ bzw. den Straßenverkehr unabhängiger vom Öl machen
- Versorgungssicherheit
- Umweltschutz
- Klimaschutz
- Bezahlbare Mobilität
- Verkehrswachstum und Urbanisierung (Megacities, Megaregions)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Warum Elektroautos?

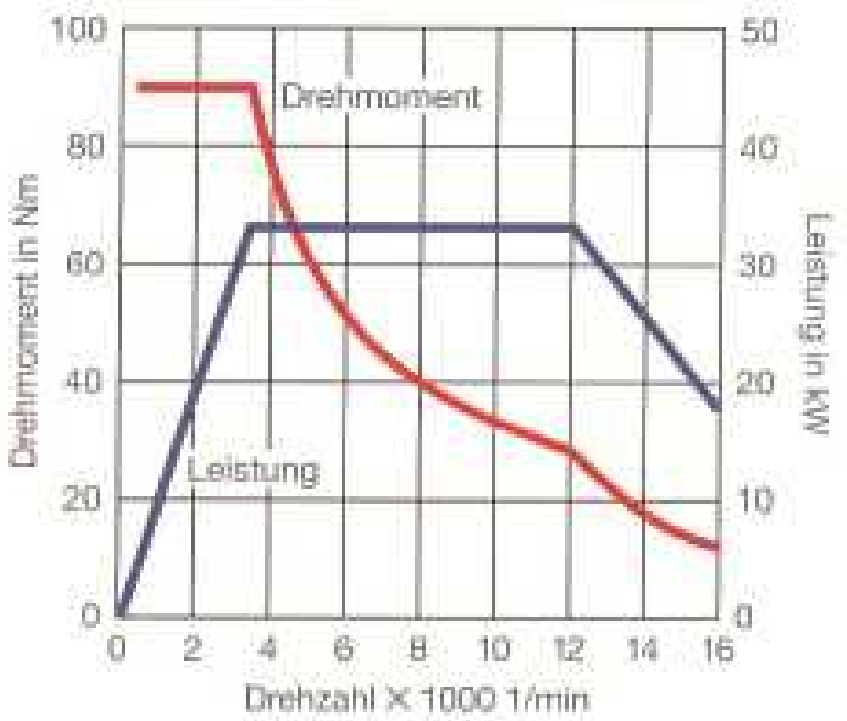
Urbanisierung und Megacities



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vergleich von Leistungs- und Drehmomentverlauf von Elektro – und Verbrennungsmotor

Elektromotor



Ottomotor



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vergleich der Energiedichte bei Betrieb mit Akkumulatoren / Diesel

Quelle: Welt



Tesla S 100D (100 kWh Akku)

Leergewicht: 2,1 Tonnen, Akkugewicht: 600 kg
Leistung: 310 kW
Elektromotoren an Vorder- und Hinterachse
Höchstgeschwindigkeit: 250 km/h
Normreichweite: 623 km
Realreichweite: ca. 500 km

Dies entspricht einem Verbrauch von ca. 10 Litern Diesel!

(Energieinhalt Diesel: 9,8 kWh/Liter)

Quelle: Auto Bild



Porsche Panamera II 4S Diesel

Leergewicht: 2,1 Tonnen
Leistung: 308 kW
4 Liter V8 Dieselmotor
Höchstgeschwindigkeit: 285 km/h
Normverbrauch: 6,7 Liter/100 km
Realverbrauch: ca. 8 Liter / 100 km
Normreichweite (90 Liter Tank): 1350 km
Realreichweite: ca. 1150 km

Verbrauch unter ähnlichen Bedingungen wie Fahrprofil Tesla für **500 km ca. 39 Liter Diesel**



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Eingangsgrößen

Fahrzeugbasis

- Golf 8 und ID.3: Produktion, Nutzung 200.000 km
- Repräsentativste Motor-Getriebe-Kombination u. Serienausstattung,
- Wartung: Pauschale Ableitung
- ID.3 (1. Edition) Reichweite: 440 km

Kraftstoff-u. Stromverketten (Well-to-Tank)

- EU-Kraftstoffe
- Energiemix EU-27

Verbrauchsdaten (Tank-to-Wheel)

- WLTP

BEV

- 62 kWh NMC 622 Lithium-Ionen-Akku, ein Akku über die gesamte Ladedauer

Vergleichsfahrzeuge verfügen über ähnliche Ausrüstung und Leistung.



Quelle: Volkswagen

ID.3 Stromverbrauch kombiniert 15,4 - 14,5 kWh/100 km; CO₂ Emissionen kombiniert 0g/km, Effizienzklasse A+



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?



Herstellungsphase



Quelle: Volkswagen

Analyseergebnisse

Komponente/Prozess	tCO ₂
 Batteriezellen	3,8*
 Karosseriestahl	1,9
 Batteriegehäuse (Aluminium)	0,9
 Elektronik	0,7
 Reifen/Räder	0,7
 Produktion und Logistik	1,1**
 Rest (>1000 Bauteile u. Wertstoffe)	4,6

*inkl. EE-Strom beim Zelllieferanten

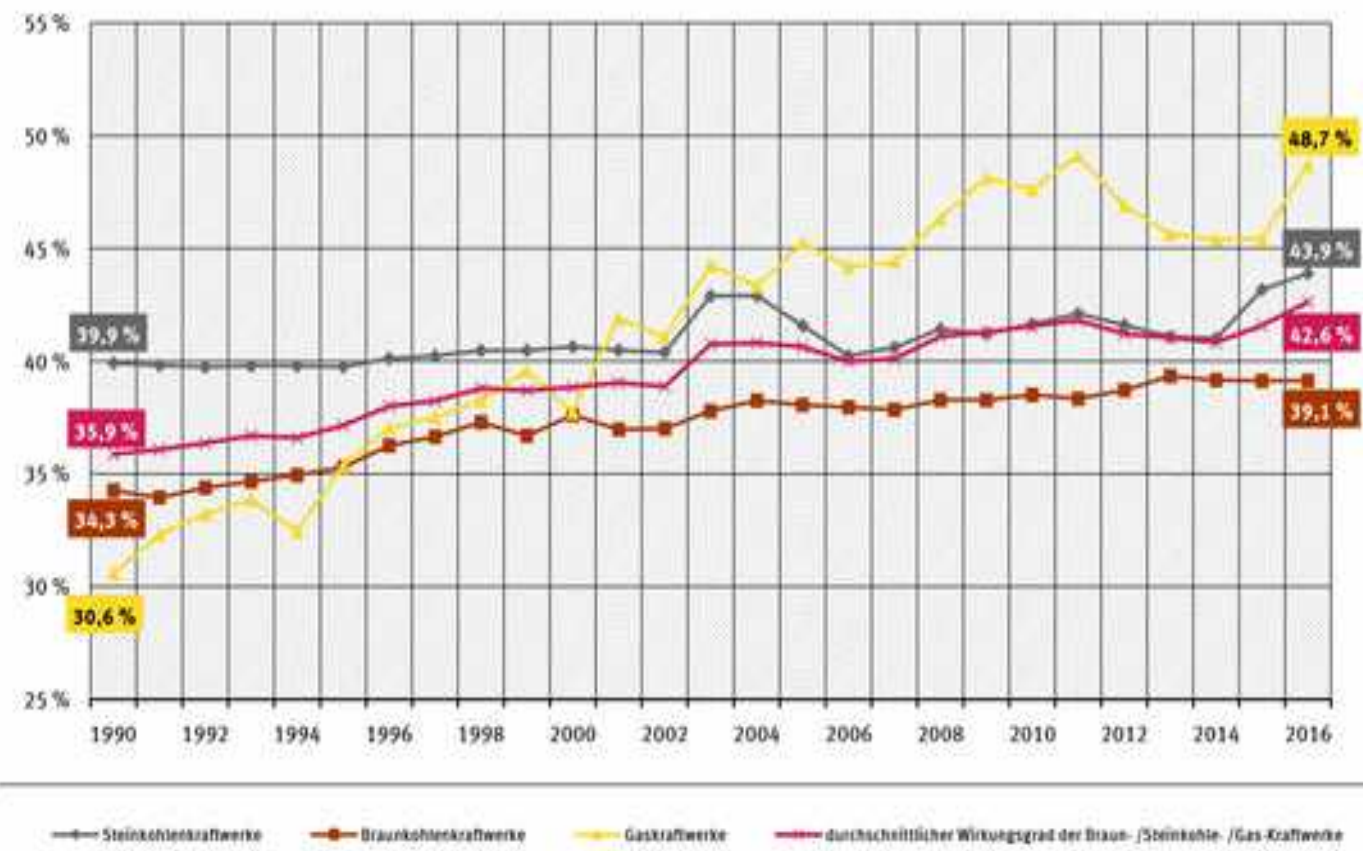
**ohne Berücksichtigung der CO₂-Neutralität des Standorts Zwickau

ID.4 Stromverbrauch kombiniert 15,4 - 14,5 kWh/100 km; CO₂-Emissionen kombiniert 0g/km, Effizienzklasse A+



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Entwicklung des durchschnittlichen Brutto-Wirkungsgrades¹ fossiler Kraftwerke



¹ nur Strom ohne Berücksichtigung der Wärmekopplung

Quelle: Umweltbundesamt, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der AG Energiebilanzen, Anrechnungstabellen zur Energiebilanz, Stand 09/2017 und Tabelle Bruttoeinspeisung, Stand 12/2017



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Modell	Batteriekapazität in kWh (Herstellerangabe)	Benötigter Strom pro Vollladung in kWh (ADAC Ecotest)	Reichweite nach ADAC Ecotest in km
Tesla Model X 100D	100,0	108,3	451
Tesla Model 3 Long Range AWD	75,0	89,5	429
Kia e-Niro (64 kWh) Spirit	64,0	72,3	398
Hyundai Kona Elektro (64 kWh) Trend	64,0	73,9	379
Jaguar i-Pace EV400 S AWD	90,0	100,8	366
Opel Ampera-e First Edition	60,0	67,4	342
BMW i3 (120 Ah)	37,9	48,8	272
Renault Zoe Intens	41,0	49,5	243
Hyundai Ioniq Elektro Style	28,0	30,9	211
Nissan Leaf II Acenta (40 kWh)	40,0	44,5	201
VW e-Golf	35,8*	34,9	201
Nissan e-NV 200 Evalia	40,0	46,9	167
Smart Fortwo Coupé EQ Prime	17,6	20,5	112
VW e-up!	18,7	20,9	106

* Vermutlich gibt VW die Brutto-Batteriekapazität an. Auch auf Rückfrage liefert VW hierzu keine weiteren Informationen.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vergleich der Energiedichte bei Betrieb mit Akkumulatoren / Diesel

Ladungsträgerkapazität/Nennladung

- Lithium-Ionen Akku 18650
 $3400 \text{ mAh} \times 3,7 \text{ V} = 12,58 \text{ Wh}$



- Ni-MH-Akku
 $2700 \text{ mAh} \times 1,2 \text{ V} = 3,24 \text{ Wh}$



- Blei-Säure-Starterbatterie
 $90 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 1080 \text{ Wh}$



- Tesla-Traktionsakku (P85D)
 $212,5 \text{ Ah} \times 400 \text{ V} = 85.000 \text{ Wh}$

16 Module mit je 444 Akkuzellen Typ 18650 sind in insgesamt 7.104 Akkuzellen



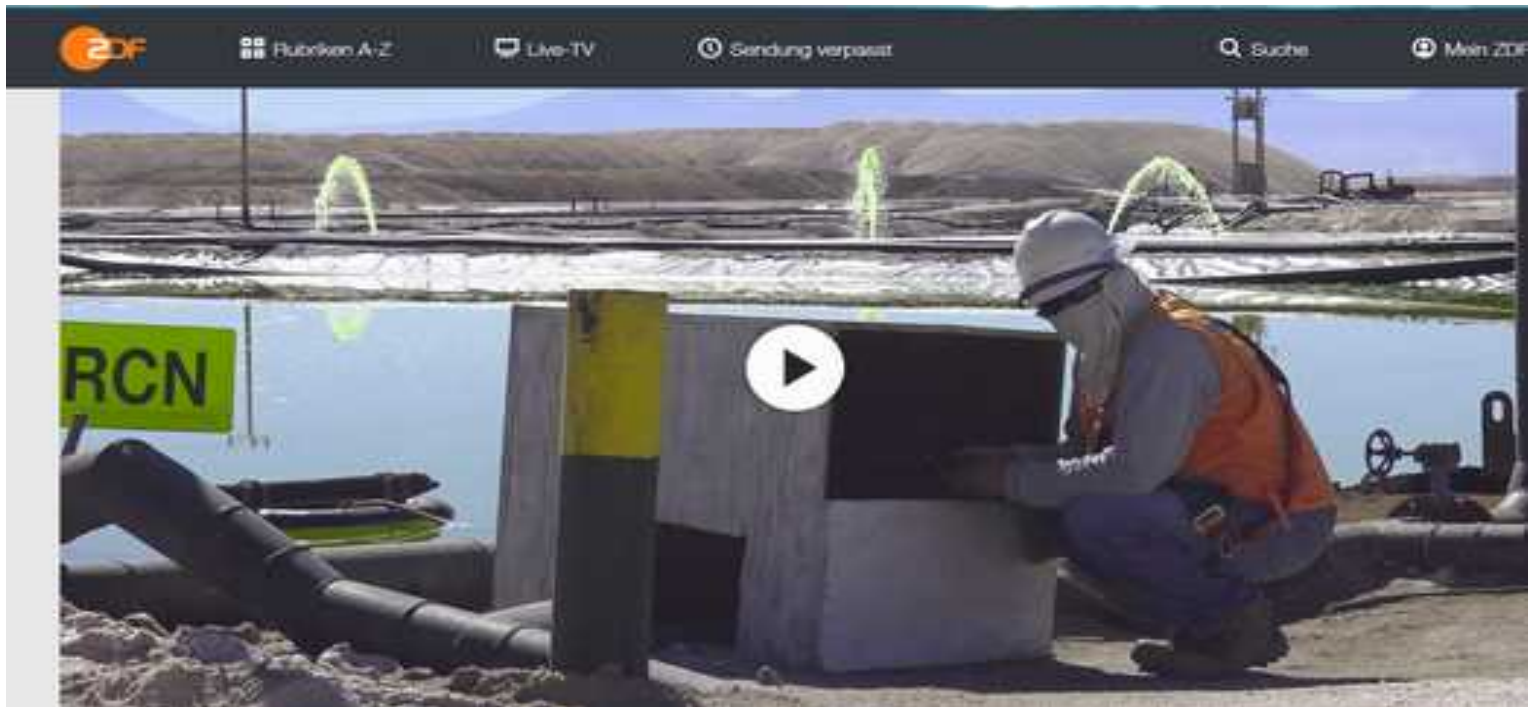
Quelle: Welt



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Der wahre Preis der Elektroautos

Elektromobilität gilt als Heilsbringer: umweltfreundlich, sauber, nachhaltig. Doch die notwendigen Rohstoffe für die Akkus sind knapp und stammen oft aus problematischen Quellen.



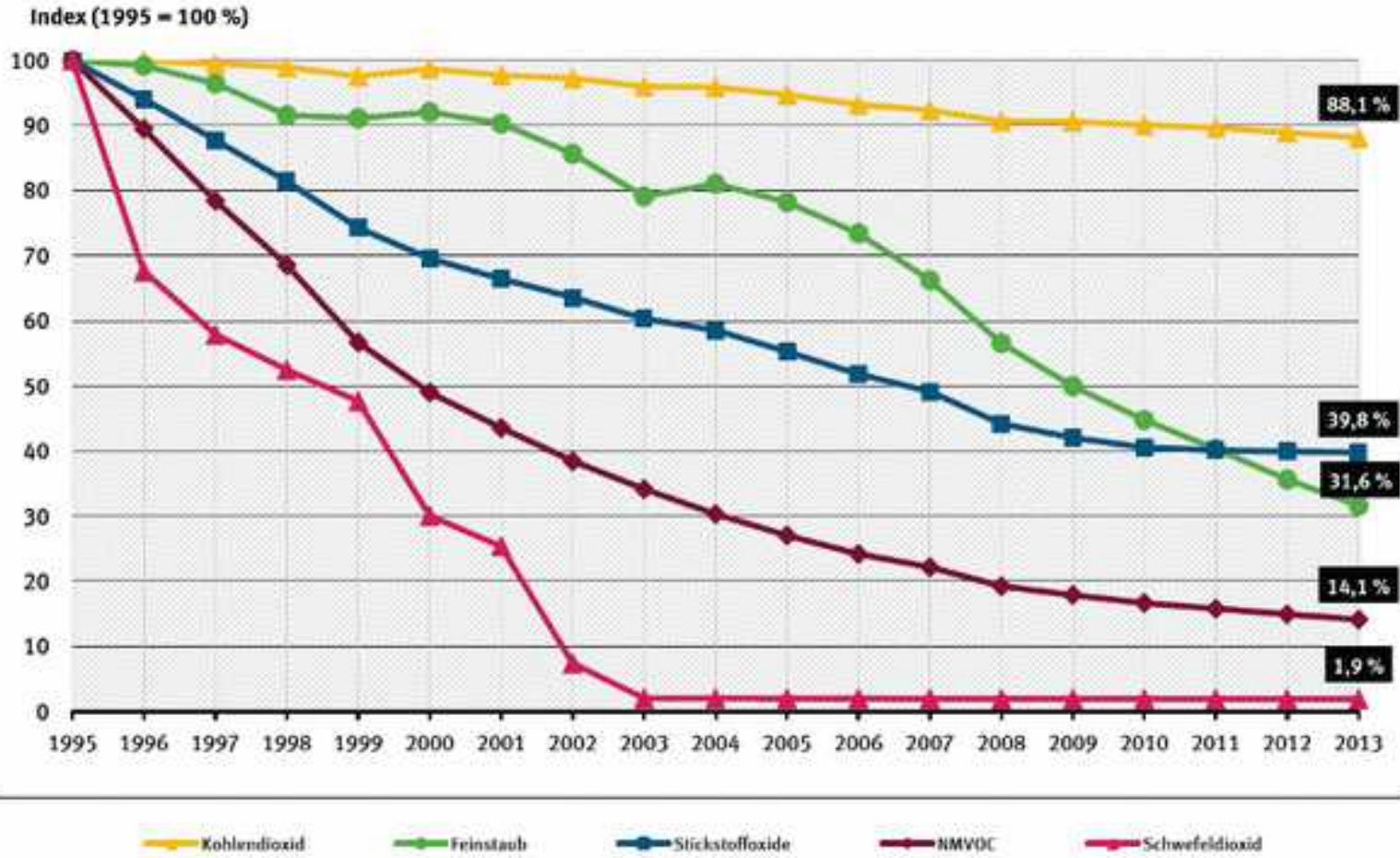
Warum Elektroautos?

- Bisher Keine Reduktion der CO₂-Gesamtemission durch den Verkehr (Menge des Kohlendioxidausstoßes durch Verkehr 2010: Über 200 Millionen Tonnen)
- Pkw-Bestand steigt jährlich an – 2015 um 1,6 Prozent
- Zunahme der Fahrleistung pro Fahrzeug, aller Pkw sogar um 2 %
- Durch Bestandserneuerung lediglich Austausch von 7 % aller Pkw pro Jahr auf deutschen Straßen durch sparsamere Neuwagen
- Zur Kompensation der zusätzlichen CO₂-Emissionen aufgrund des Fahrleistungszuwachses hätte die Verbrauchsreduktion bei den Neuwagen 2015 über 25 Prozent betragen müssen.



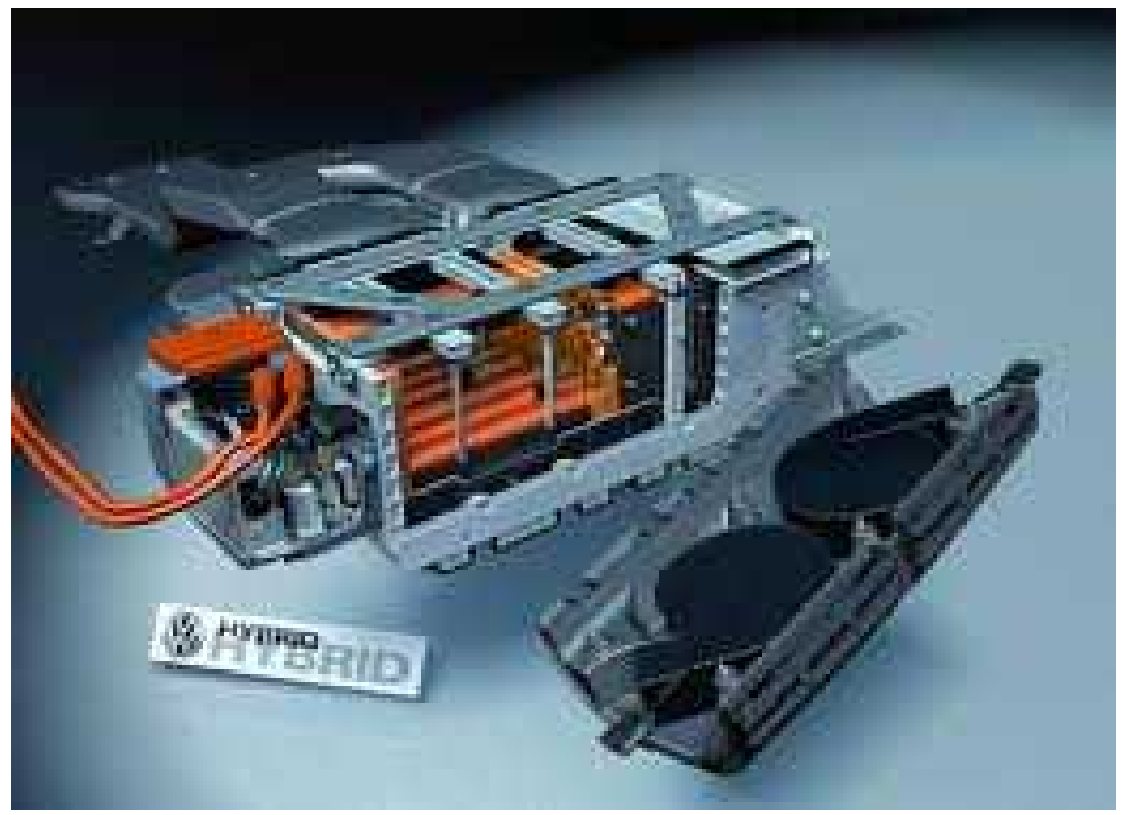
Warum Elektroautos?

Spezifische Emissionen Pkw (direkte Emissionen Pkw / Verkehrsaufwand Pkw)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Problem der Energiedichte bei Betrieb mit Akkumulatoren



Was haben eine Tafel Schokolade und der Batterie-Pack eines VW-Touareg gemeinsam????



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Problem der Energiedichte bei Betrieb mit Akkumulatoren



Energieinhalt 0,5 kWh =

55 ml
Benzin



85 g
Schokolade



100 g / 500 Kcal
1 kWh = 860 Kcal



68000g

Batterie des VW Touareg Hybrid (Nickel-Metallhydrid)

Nennkapazität: 1,73 kWh -> Elektrische Reichweite: max. 7 km

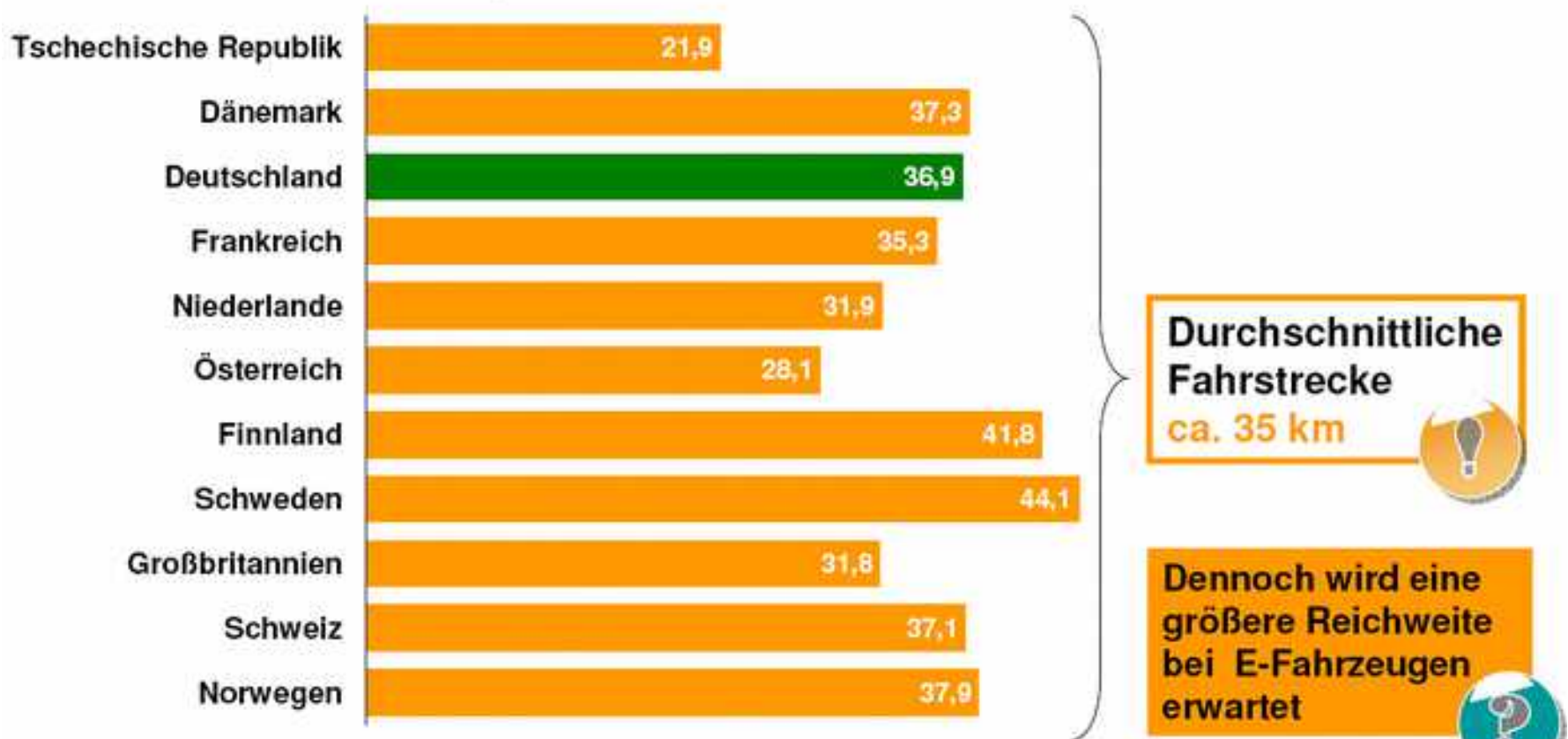
Nutzkapazität: 0,5 kWh -> Elektrische Reichweite: ca. 2 km



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

„Der Elektroantrieb hat ja eine viel zu geringe Laufleistung.....“

Welche Distanz fahren Sie täglich im Durchschnitt?



*Quelle: Eurostat 87/2007 — Verkehr — Statistik kurz gefasst



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Wenn ich mein Elektro-Auto an einer Steckdose mit ÖKO-Strom – Vertrag lade fahre ich komplett emissionsfrei!!!“

Woher kommt der Strom?

Aber: Wie kommt der Strom in die Steckdose?

Eine Energiebilanz muss immer von der „Quelle bis zum Rad“ gehen.

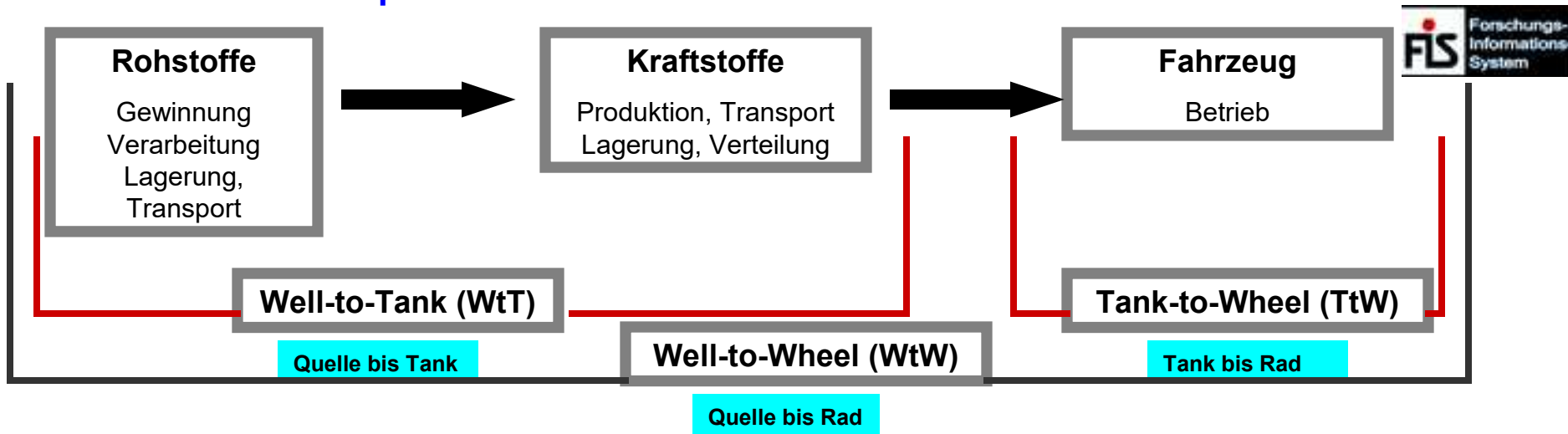


„Well-To-Wheel“- Bilanz



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Wenn ich mein Elektro-Auto an einer Steckdose mit ÖKO-Strom – Vertrag lade fahre ich komplett emissionsfrei!!!“



Well-to-Tank (WtT): Beginnt mit der Gewinnung von Rohstoffen für die Kraftstoffproduktion und endet mit dem fertigen Kraftstoff im Fahrzeugtank. Hier existiert eine Vielzahl an Kraftstoffvorketten, die aus unterschiedlichen Rohstoffen (z.B. Rohöl, Erdgas oder Biomasse) und Produktionstechniken zu unterschiedlichen Kraftstoffen (z.B. Benzin, Wasserstoff oder Elektrizität) kombiniert werden können. (**Anteil am Gesamtausstoß lt. EU-Studie aus 2007 ca. 19%**)

Tank-to-Wheel (TtW): Umfasst den Betrieb des Fahrzeuges. Dabei kommen verschiedene Antriebstechnologien des Fahrzeuges in Frage (z.B. Ottomotor, Plug-In Hybrid oder Elektromotor mit Brennstoffzelle).

Well-to-Wheel (WtW) = Well-to-Tank + Tank-to-Wheel



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Wenn ich mein Elektro-Auto an einer Steckdose mit ÖKO-Strom – Vertrag lade fahre ich komplett emissionsfrei!!!“

Beste „Well-To-Wheel“- Bilanz??



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Antriebsart	Kraftstoff	Produktionsweise	Energiequelle	Gramm CO ₂ -Äquivalent pro 1km		
				WtT	TrW	WtW
Ottomotor	Benzin	Raffination	Rohöl	24	140	164
Ottomotor	Autogas	Konditionierung	Erdgas	15	126	141
Dieselmotor	Diesel	Raffination	Rohöl	24	128	152
Dieselmotor	Biodiesel	Veresterung	Raps	-50*	133	83
Hybridantrieb (Ottomotor)	Benzin	Raffination	Rohöl	20	120	140
Brennstoffzelle (Elektromotor)	Wasserstoff	Elektrolyse	Europäischer Strommix	196	0	196
Li-Ion Batterie (Elektromotor)	Elektrizität	Kraftwerkspark	Europäischer Strommix	87	0	87

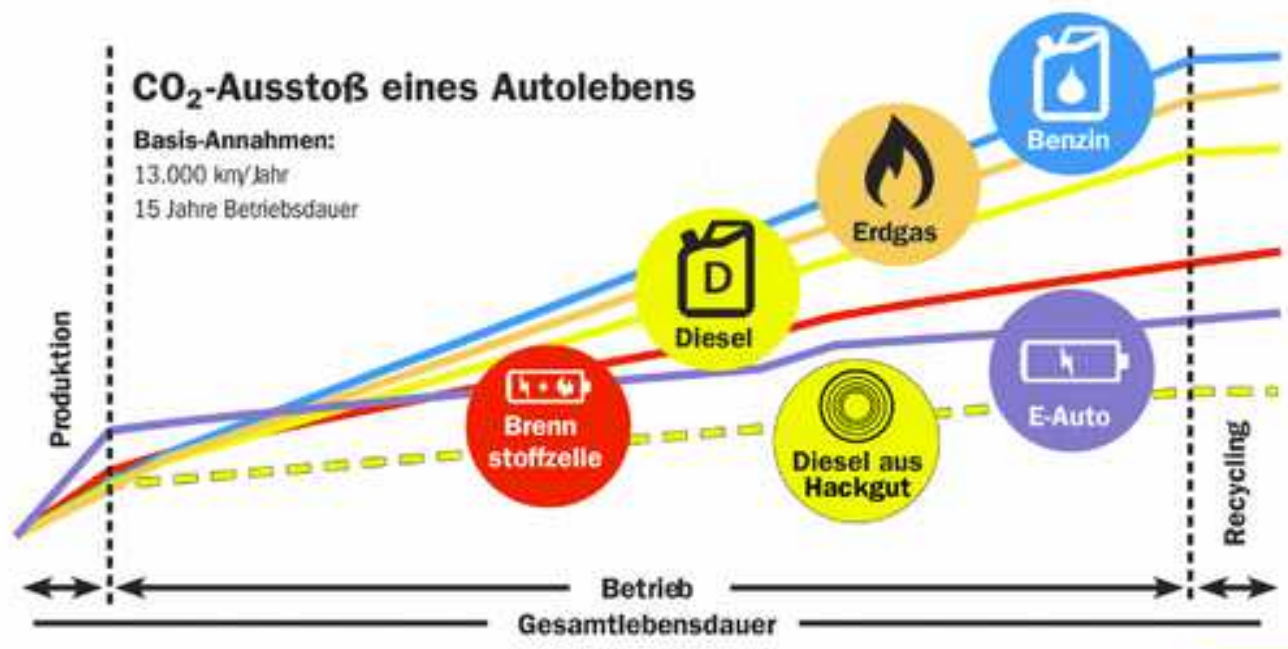


*Negative Bilanz durch Gutschriften aus der Gewinnung von Koppelprodukten bei der Kraftstoffproduktion.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

ÖAMTC: Life Cycle Analyse-Tool



Ein gutes Gefühl, kein Club zu sein.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Wieviel Strom würden wir in Deutschland mehr benötigen wenn 15 Millionen PKW vollelektrisch angetrieben würden?

Basis: 40 Mio. Elektroautos	Wert	Dimension
Mittlerer Verbrauch Elektroauto:	20	kWh/100 km
Tägliche Fahrstrecke:	50	km
Tagesverbrauch von einem Elektro-Auto:	10	kWh
Tagesverbrauch aller E-Autos:	400.000.000	kWh
Tagesverbrauch aller E-Autos:	400	GWh
Aktueller Tagesverbrauch Deutschland:	1.680	GWh
Zusätzlicher, mittlerer, täglicher Strombedarf durch die fahrenden Elektroautos:	17	% (netto, ohne Verluste)
Zusätzlicher, mittlerer, täglicher Strombedarf durch die fahrenden Elektroautos:	20	% (brutto)

???



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

ZEIT ONLINE



Damit die Autohersteller die strengeren Klimavorgaben der EU einhalten können und Deutschland seine Klimaziele für das Jahr 2030 einhält, sind deutlich mehr Elektroautos notwendig.

Um die Klimaziele zu schaffen, wird bis 2030 eine Zahl von 7 bis 10 Millionen Elektrofahrzeuge als notwendig angesehen.

Bis 2030 soll es laut Klimaschutzprogramm eine Million öffentliche Ladepunkte geben.

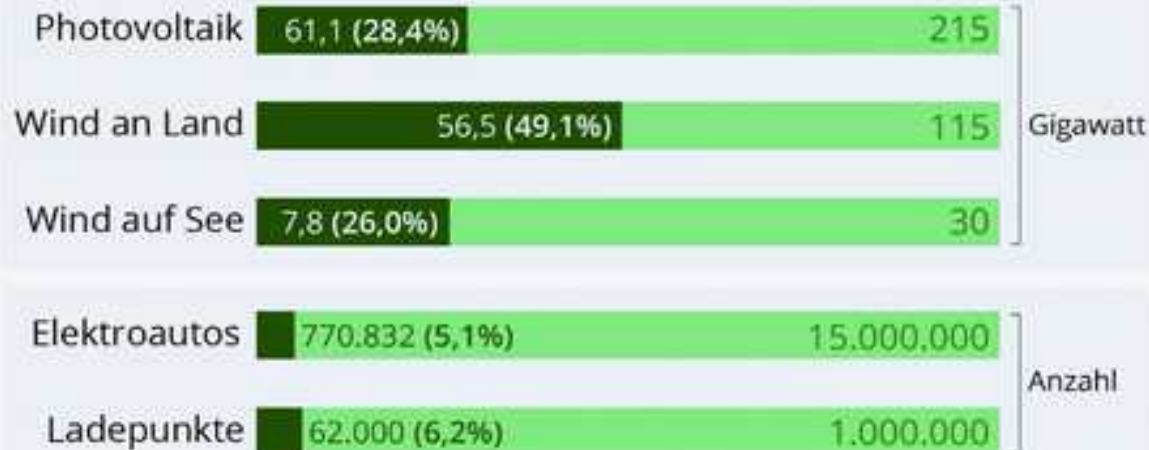


Hintergrund der aktuellen Diskussionen

Energie-Ziele der Regierung in weiter Ferne

Vergleich des aktuellen Stands der Energiewende
mit den Zielen der Bundesregierung für 2030

■ Aktueller Stand ■ Ziel 2030

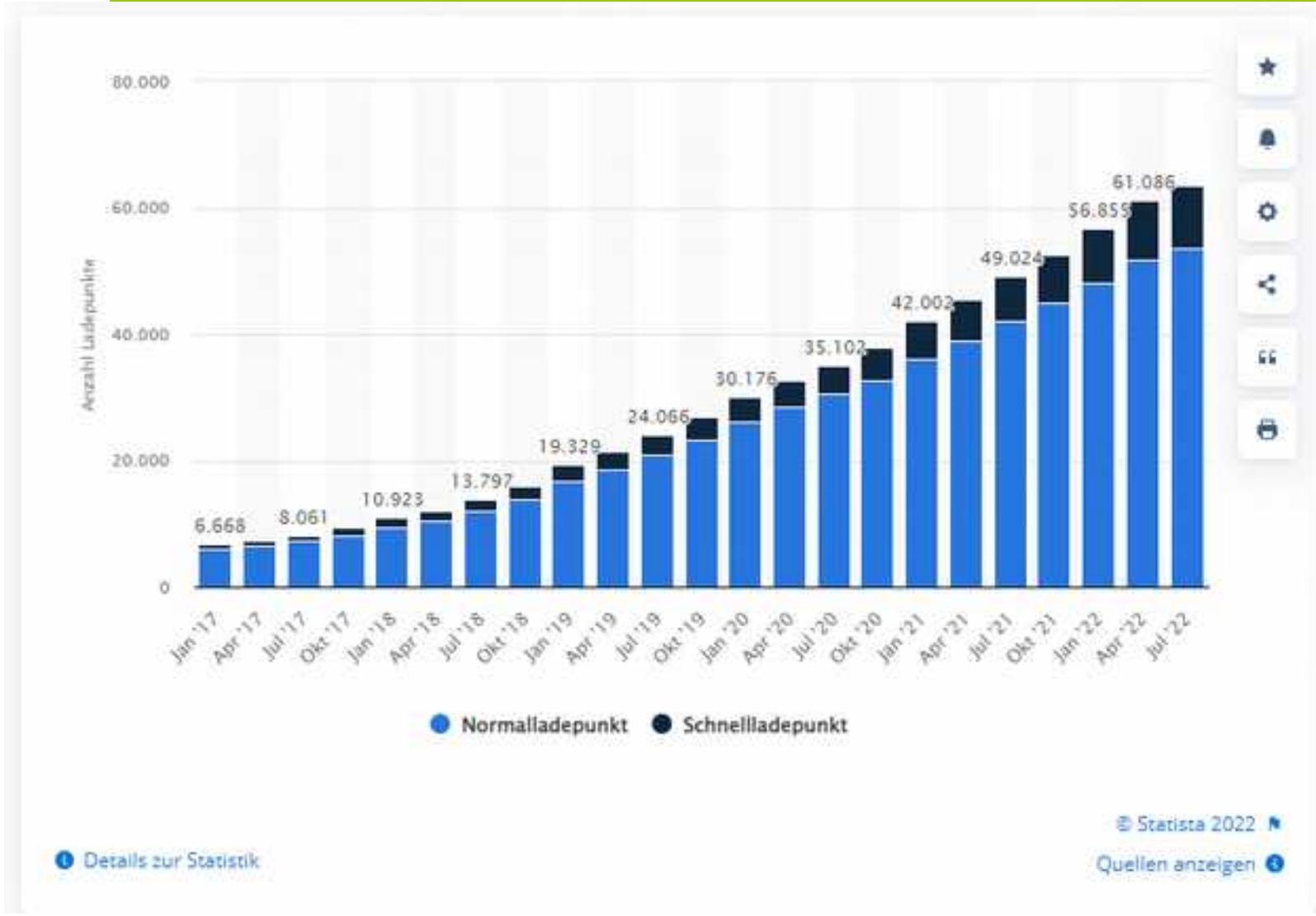


* aktueller Stand gibt die jeweils letzten verfügbaren Daten
der Indikatoren im Juli 2022 wieder

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?



Dabei waren 53652 Normalladestationen und 9918 Schnellladepunkte !



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Ladeeinrichtungen und Ladepunkte

Anzahl Ladeeinrichtungen	01.09.2022	01.09.2021	Änderung in %
	35.567	26.794	33%

Anzahl Ladepunkte	01.09.2022	01.09.2021	Änderung in %
Normalladepunkte	57.231	44.111	30%
Schnellladepunkte	11.044	7.503	47%
Insgesamt	68.275	51.614	32%

Ladepunkte nach Leistungsklassen

Anzahl Ladepunkte	01.09.2022	01.09.2021	Änderung in %
0 - 3,7 kW	677	560	21%
> 3,7 - 15 kW	10.265	6.571	56%
> 15 - 22 kW	46.289	36.982	25%
> 22 - 49 kW	1.620	1.583	2%
> 49 - 59 kW	2.738	2.506	9%
> 59 - 149 kW	949	647	47%
> 149 - 299 kW	2.997	1.325	126%
> 299 kW	2.740	1.440	90%
Alle Leistungsklassen	68.275	51.614	32%

Steckersysteme

Anzahl Stecker	01.09.2022	01.09.2021	Änderung in %
AC Steckdose Typ 2	52.910	41.138	29%
AC Kupplung Typ 2	6.012	4.444	35%
DC Kupplung Combo	10.426	6.724	55%
AC Schuko	4.575	4.429	3%
DC CHAdeMO	3.382	2.987	13%
Sonstige	175	172	2%



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Ultraschnellladesäulen – anhalten, auftanken, abfahren

Reichweite bei einer Ladedauer von 10 Minuten



6-10 Minuten dauert auch ein klassischer Tankvorgang inkl. Bezahlvorgang und Wartezeit.

Ultraschnellladesäulen in Deutschland



Offiziell registriert, Ladestrom > 150 kW, Stand Anfang Mai des jeweiligen Jahres

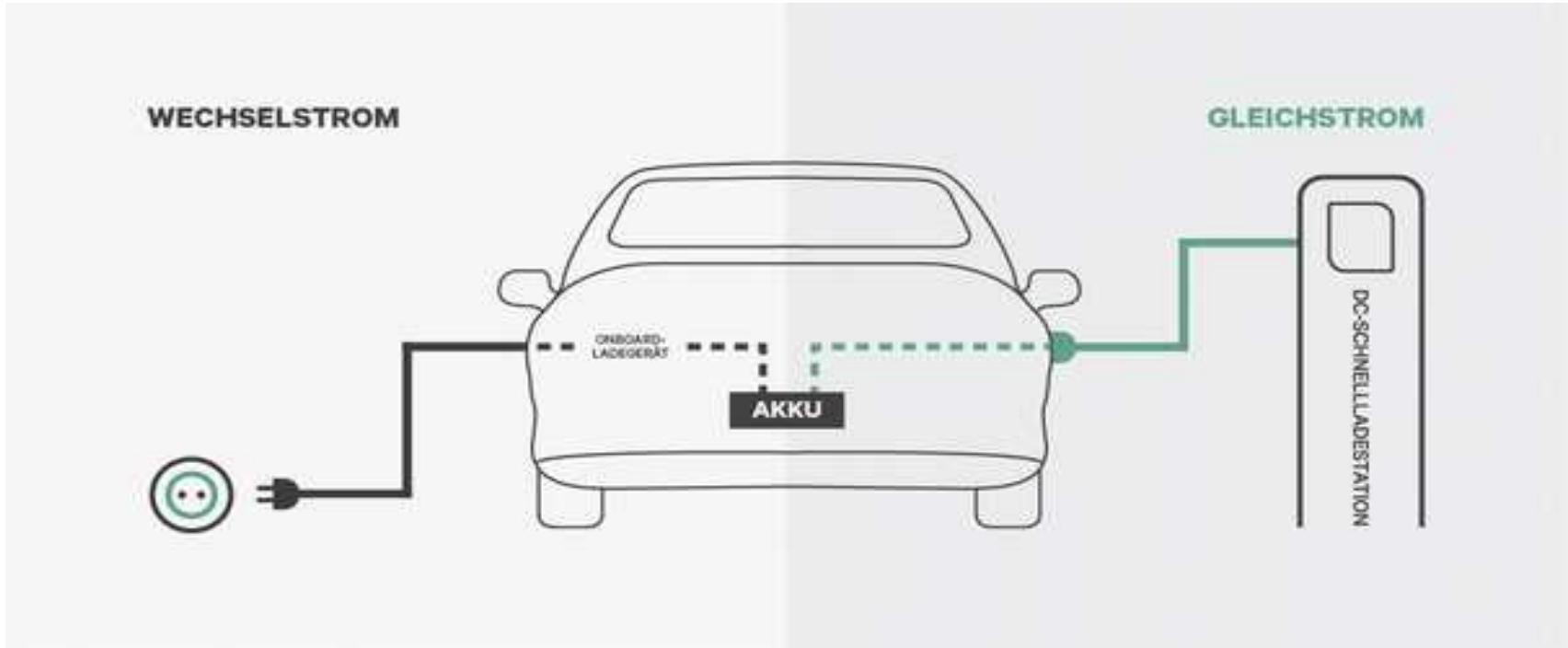
Bis Mitte 2021 wird es bei Aral rund 100 ultraschnelle Ladepunkte geben.



Anmerkung: Das Fahrzeug verbraucht ca. 17 kWh pro 100 km und kann die volle Leistungsfähigkeit Ladegeschwindigkeit ausnutzen.
Quellen: Aral, Bundesnetzagentur



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?



AC-Ladung für Elektrofahrzeuge

Bei Elektrofahrzeugen ist der Wandler im Auto einbaut. Es heißt „Onboard-Ladegerät“, obwohl es tatsächlich ein Wandler ist. Es wandelt Strom von Wechselstrom in Gleichstrom um und speist ihn dann in den Fahrzeugakku ein. Dies ist heute die am häufigsten verwendete Lademethode für Elektrofahrzeuge, und die meisten Ladegeräte verwenden Wechselstrom.

DC-Ladung für Elektrofahrzeuge

Im Gegensatz zu AC-Ladegeräten befindet sich bei einem DC-Ladegerät der Wandler im Ladegerät. Das bedeutet, es kann Strom direkt in den Fahrzeugakku einspeisen und benötigt kein integriertes Ladegerät, um diesen umzuwandeln. Ermöglicht wesentlich schnelleres Laden, z.B. an Autobahnen und öffentlichen Ladesäulen



Ladekabel für Elektroauto (oder darf's ein bisschen mehr sein!)

Steckerbezeichnung	Typ 2	CSS	CHAdeMO	Haushaltsstecker	CEE, blau	CEE, rot	Tesla Supercharger	Typ 1
Wechsel- / Gleichspannung (AC / DC)	AC	DC	DC	AC	AC	AC	DC	AC
Steckerform								
maximale Ladeleistung	43 kW	350 kW	150 kW	2,3 kW	3,7 kW	22 kW	120 kW	7,4 kW
Phase	dreiphasig	dreiphasig	dreiphasig	einphasig	einphasig	dreiphasig	dreiphasig	dreiphasig

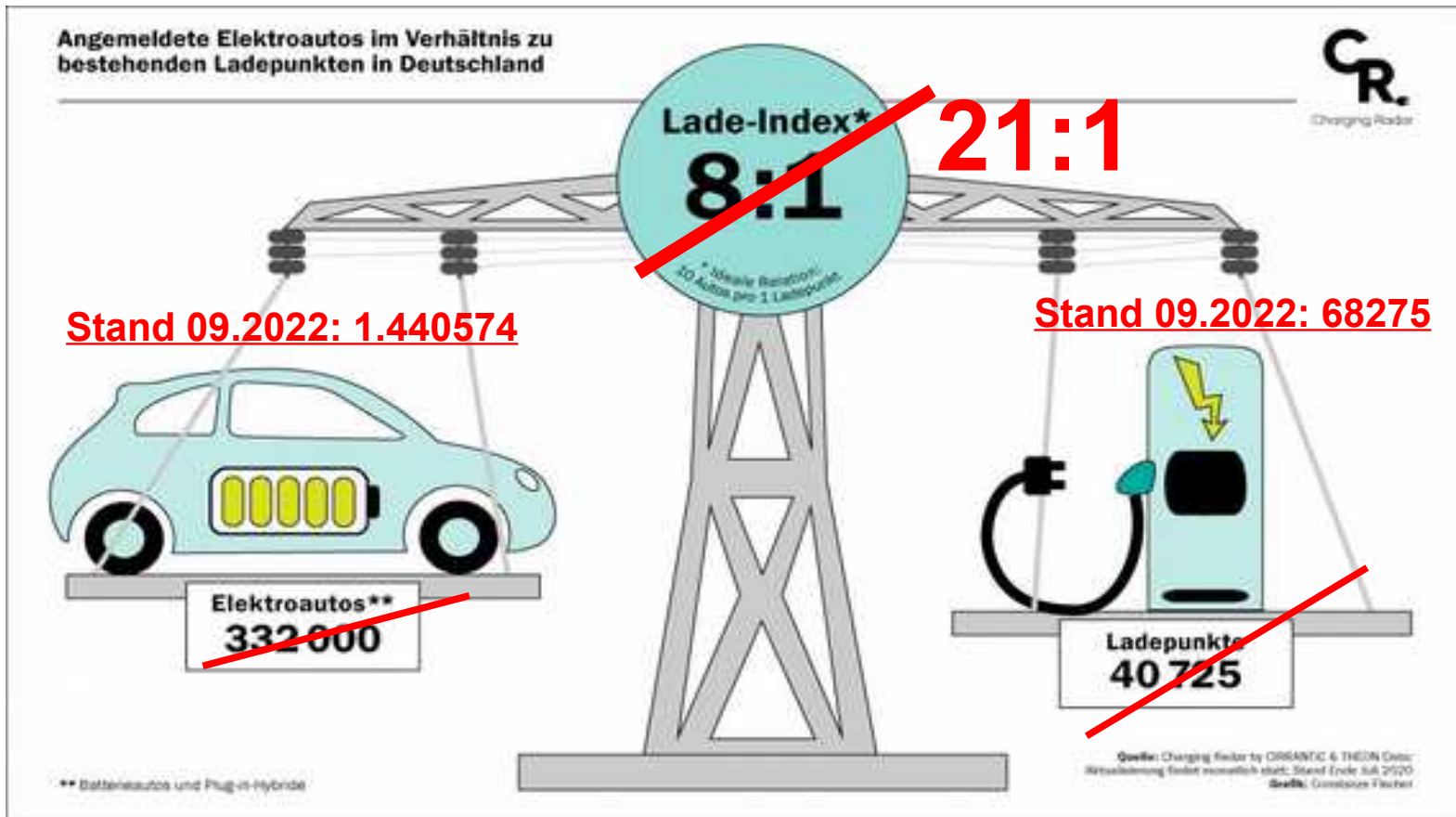
Tesla nutzt für die eigenen Ladestationen eine modifizierte Version des Typ 2-Steckers, die bis zu 120 kW Ladeleistung im Gleichstromnetz ermöglicht.

AC Wechselspannung	
Typ 1 Stecker	Typ 2 Stecker
	
einphasig bis zu 7,4 kW Wird vor allem bei asiatischen Herstellern verbaut.	ein- und dreiphasig bis zu 43 kW Hat sich als EU-Standard etabliert und wird von den meisten Ladestationen und Fahrzeugen in Europa verwendet.

DC Gleichspannung		
Tesla Supercharger	CCS Combostecker	CHAdeMo
		
bis zu 120 kW Ausnahmefall für Tesla Fahrzeuge konzipiert.	bis zu 350 kW Kombierter Stecker mit Erweiterung des Typ-2 Steckers um 2 Kontakte für DC-Ladungen. Hat sich als EU-Standard etabliert.	bis zu 150 kW Hat japanischer Standard und findet sich häufig in asiatischen Fahrzeugen.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

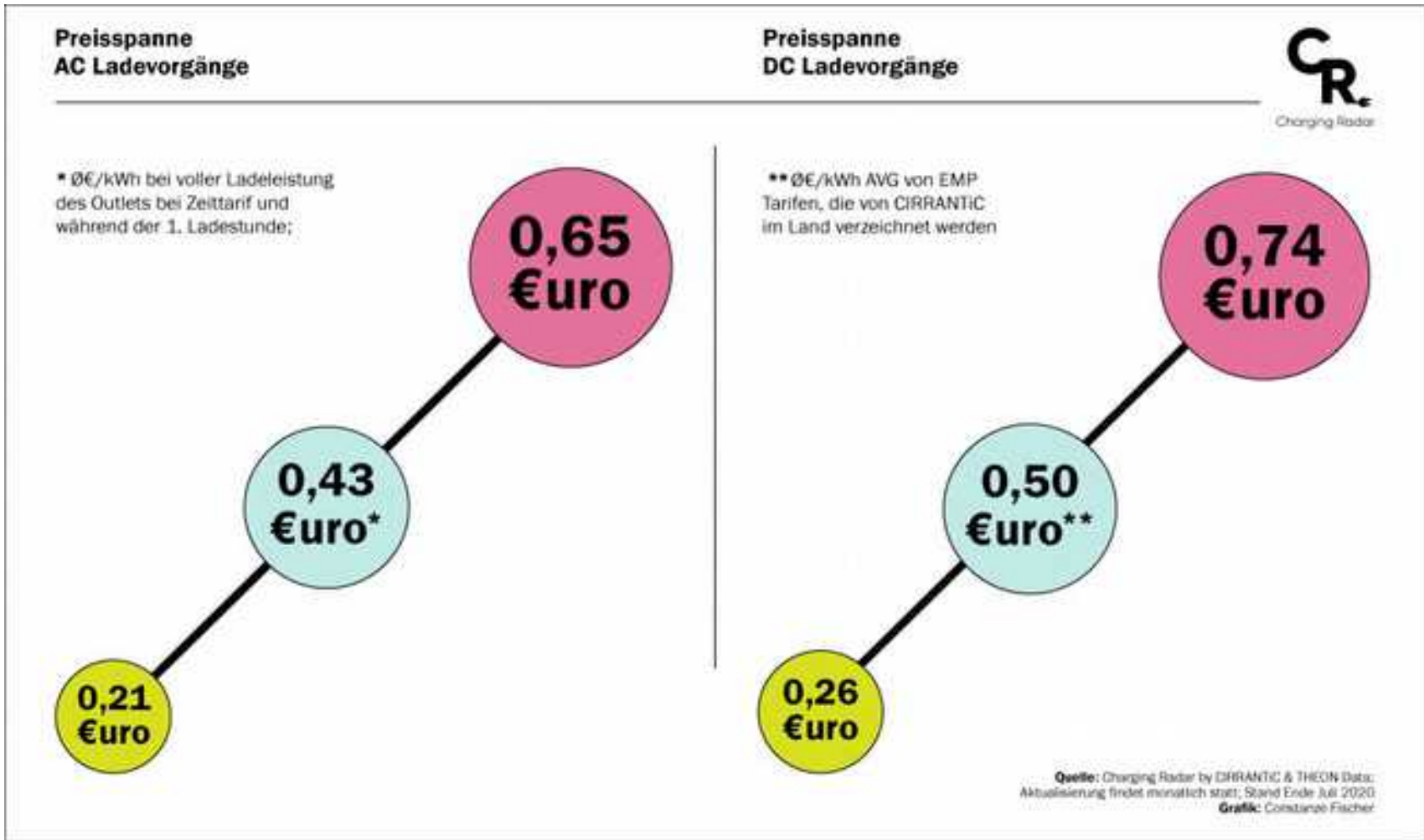


Ausgewogenes Verhältnis??

21 Elektroautos – Batteriefahrzeuge und Plug-in Hybride – teilen sich derzeit in Deutschland einen öffentlichen Ladeplatz. Nach dem Verständnis von Bundesregierung und Verband der Automobilindustrie (VDA) ist eine Relation von 10:1 optimal, da der Großteil der Ladevorgänge an privaten Wallboxen stattfindet!!!



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?



Elektrifizierung des Antri...



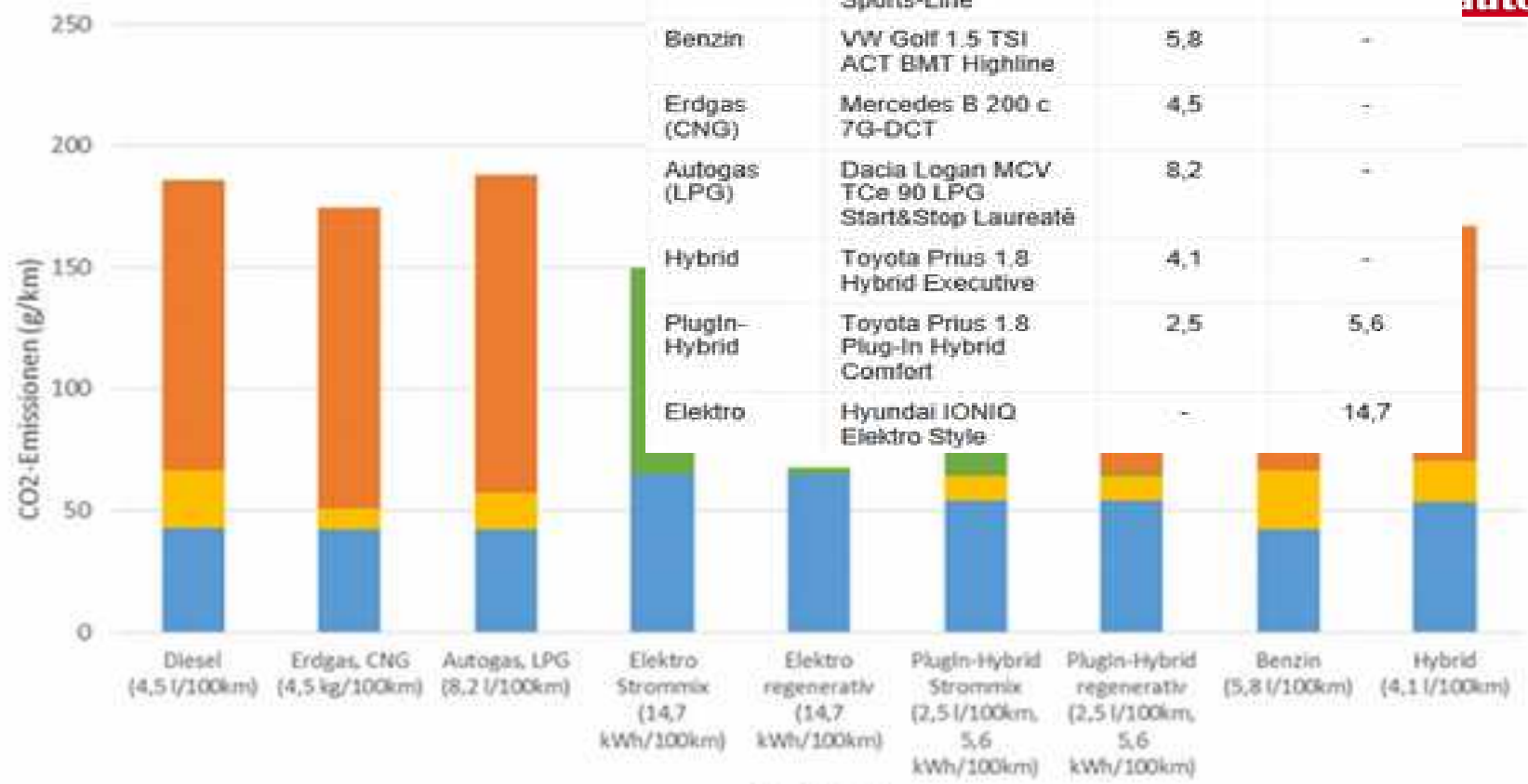
Untere Mittelklasse
(Gesamtl...

Antriebsart	Modell	Kraftstoffverbrauch EcoTest (l/100km bzw. kg/100km)	Stromverbrauch EcoTest (kWh/100km)
-------------	--------	---	------------------------------------

ie?

autotest

Untere Mittelklasse			
Diesel	Mazda 3 SKYACTIV-D 105 Sports-Line	4,5	-
Benzin	VW Golf 1.5 TSI ACT BMT Highline	5,8	-
Erdgas (CNG)	Mercedes B 200 c 7G-DCT	4,5	-
Autogas (LPG)	Dacia Logan MCV TCe 90 LPG Start&Stop Laureatè	8,2	-
Hybrid	Toyota Prius 1.8 Hybrid Executive	4,1	-
PlugIn-Hybrid	Toyota Prius 1.8 Plug-In Hybrid Comfort	2,5	5,6
Elektro	Hyundai IONIQ Elektro Style	-	14,7



- CO2 (g/km) Herstellung/Recycling
- CO2 (g/km) Kraftstoffbereitstellung (WTT)
- CO2 (g/km) Strombereitstellung (WTT)
- CO2 (g/km) Direkte Emissionen Fahrzeugnutzung (ITW)



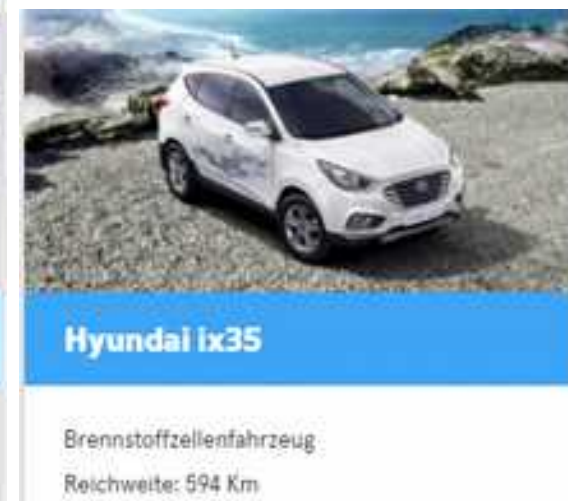
Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Brennstoffzellen-Fahrzeug Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Mit der Nationalen Wasserstoffstrategie 2020 setzt die Bundesregierung einen deutlichen Schwerpunkt auf Wasserstoff als Energieträger. Die Förderung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Verkehr ist ein wesentlicher Pfeiler des Konjunkturprogramms.

Für die Maßnahmen der Wasserstoffstrategie sind im Konjunkturprogramm über sieben Milliarden Euro vorgesehen.

Im PKW Bereich setzen wirklich stark jedoch nur asiatische Hersteller auf die Brennstoffzelle:
Toyota, Hyundai und Honda



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Toyota

09-2015

- Mirai

- Zwei getrennte Wasserstofftanks mit 700 bar (2 x 2,5 kg)
- Preis: 79.000 € (nur Leasing möglich)
- Auslieferung in D seit September 2015
- 155 PS/355 Nm
- Reichweite 500 km
- v_{max} 178 km/h



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Hyundai

05-2015 (erstes H2-Serienauto der Welt)

- Ix35 Fuel Cell

- 65.500 €
- Leistung 136 PS
- Reichweite 600 km
- v_{max} 160 km/h
- 0-100 km/h in 12,5 s
- Kraftstoffkosten $\approx 10 \text{ €/100 km}$ ($\approx 950 \text{ g/100 km}$ und 10 €/kg H_2)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

electrive.net
Branchendienst für Elektromobilität



BMW hat die eigene Produktion von Brennstoffzellen für den iX5 Hydrogen im Wasserstoff-Kompetenzzentrum in München gestartet. Anlass ist die Kleinserie des iX5 Hydrogen, die ab Ende dieses Jahres weltweit zu Test- und Demonstrationszwecken eingesetzt werden soll.

Die Vorbereitungen für die Kleinserienfertigung laufen bereits [seit Mai 2021](#), im Herbst letzten Jahres wurde das Brennstoffzellenfahrzeug auf der IAA in München auf den Fahrflächen eingesetzt. [Anfang des Jahres](#) ging das BZ-SUV in die Wintererprobung.

Die technischen Eckdaten sind weitgehend [seit 2020](#) bekannt: Der Wasserstoff (bis zu 6 kg) wird in zwei 700-bar-Tanks aus Kohlefaser-Verbundwerkstoff gespeichert. Die Brennstoffzelle im Motorraum leistet 125 kW. Zusammen mit dem E-Motor der fünften Generation im Heck ergibt sich laut BMW so eine Systemleistung von 275 kW. Wie schon in den Mitteilungen aus dem Vorjahr gibt BMW auch nun den Energiegehalt der Pufferbatterie und die Reichweite des iX5 Hydrogen nicht an. Für die Kleinserie hat das Entwicklungsteam das Antriebssystem, bestehend aus zwei Wasserstoff-Tanks, der Brennstoffzelle sowie dem E-Motor, in die bestehende Architektur des BMW X5 integriert.

Autor: Daniel Bönnighausen



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

An Wasserstofftankstellen wird derzeit Wasserstoff in unterschiedlicher Form angeboten:

- > Flüssiger Wasserstoff (LH₂) Temperatur bis -253 °C bei max. 16,5 bar**
- > Gasförmiger Wasserstoff (GH₂) Temperatur 20 °C bei 250 / 350 bar**
- > Gasförmiger Wasserstoff (GH₂) Temperatur -40 °C bei 700 bar**



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Brennstoffzellen-Fahrzeug Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Energiedichte des Wasserstoff ist sehr niedrig !

Der gasförmige Wasserstoff wird für den Transport entweder unter Druck gesetzt (200 bis 700 bar) oder verflüssigt. Flüssiger Wasserstoff hat 99,9 Prozent weniger Volumen als das Gas.

Entscheidender Nachteil: Flüssig wird Wasserstoff erst bei minus 253 Grad Celsius. Die Tiefkühlung benötigt viel Energie, deutlich mehr als die Kompression. Solang es keine Pipelines zu den Tankstellen gibt, erfolgt der Transport von den Produktionsstätten mit klassischen Diesel-Lkw.

Zum Vergleich: während reine batterieelektrische Fahrzeuge einen Wirkungsgrad (Tank-to-Wheel) zwischen 70 und 80 % erreichen, liegt der beim Brennstoffzellenauto nur bei mageren 40-50%. Der schlimmste Verlust kommt allerdings aus der Wasserstoffherstellung selbst. Die benötigt rund **55 kWh pro 1 Kilogramm Wasserstoff** durch Elektrolyse.

Das ist in etwa die Menge, die ein Brennstoffzellen-PKW benötigt um 100 Kilometer zu fahren. Würden die 55 kWh Energie direkt in ein Batterieauto geladen, käme dieses immerhin (je nach Größe) bis zu 400 Kilometer weit.

Ausserdem werden zur Erzeugung 1 Tonne Wasserstoff 9000 Liter Wasser benötigt!!



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Wasserstoff – eine Farbenlehre

Grüner Wasserstoff:

Wasserstoff kann mithilfe von Erneuerbaren Energien durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen werden.

Grauer Wasserstoff:

Eine andere Methode, Wasserstoff zu gewinnen, ist die Dampfreformation aus Erdgas. Hierbei wird Kohlendioxid (CO₂) freigesetzt, das als Treibhausgas zur Erderwärmung beiträgt. Zu Blauem Wasserstoff wird dieser graue Wasserstoff, wenn das Kohlendioxid anschließend dauerhaft gespeichert wird.

Türkisener Wasserstoff:

Mittels Pyrolyse kann aus Erdgas direkt Wasserstoff und fester Kohlenstoff gewonnen werden. Wenn der feste Kohlenstoff anschließend dauerhaft gespeichert wird, kann er als CO₂-neutral angesehen werden. Wird aber der in der chemischen Industrie begehrte, hochreine Kohlenstoff weiterverarbeitet, ist davon auszugehen, dass er irgendwann verbrannt wird, in Form von CO₂ in der Atmosphäre landet und so zur Erderhitzung beiträgt.

Gelber Wasserstoff:

Mit Hilfe von Atomstrom durch Elektrolyse aus Wasser gewonnen.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Brennstoffzellen-Fahrzeug Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

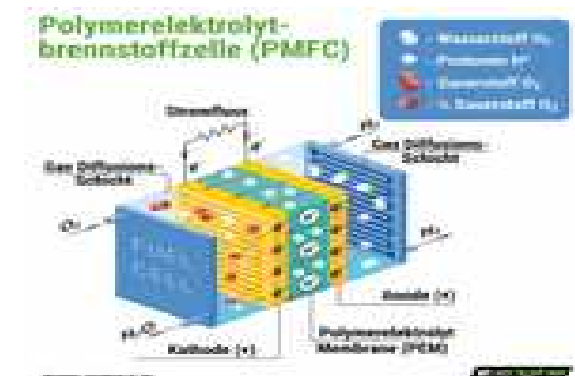
Wie funktioniert der Brennstoffzellenantrieb?

Brennstoffzellenfahrzeuge werden von einem Elektromotor angetrieben. Deshalb zählen auch sie zu den E-Fahrzeugen. Die Abkürzung FCEV steht für „Fuel Cell Electric Vehicle“ – in Abgrenzung zu batteriebetriebenen Elektroautos, den Battery Electric Vehicles, kurz BEV.

Die Energie wird aber nicht in einer großen Batterie gespeichert, sondern in Form von Wasserstoff in einem Tank mitgeführt. Der Wasserstoff wird in einer Brennstoffzelle, die dem Elektroantrieb vorgeschaltet ist, in elektrischen Strom umgewandelt, und dem Elektromotor zugeführt.

Brennstoffzellenfahrzeuge haben also ihr Kraftwerk mit an Bord.

Und dieses Kraftwerk ist die Brennstoffzelle.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Brennstoffzellen-Fahrzeug Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

In der Brennstoffzelle läuft ein Prozess ab, die sogenannte umgekehrte Elektrolyse. Dabei reagiert Wasserstoff mit Sauerstoff. Der Wasserstoff kommt aus einem oder mehreren Tanks im Auto, der Sauerstoff stammt aus der Umgebungsluft. Das Einzige, was bei dieser Reaktion herauskommt, sind elektrische Energie, Wärme und Wasser, das als Wasserdampf durch den Auspuff austritt. Ein Wasserstoffauto ist also **lokal** emissionsfrei.

Der in der Brennstoffzelle erzeugte Strom nimmt – abhängig vom Bedarf in der konkreten Fahrsituation – zwei Wege: Er fließt zum Elektromotor und treibt direkt das Fahrzeug an. Und/oder er lädt eine Batterie, die als Zwischenspeicher dient, bis die Energie für den Antrieb benötigt wird. Diese sogenannte Leistungspuffer-Batterie fällt deutlich kleiner und somit leichter aus als die Batterie eines vollelektrischen Autos, denn sie wird ja fortwährend aus der Brennstoffzelle nachgespeist.

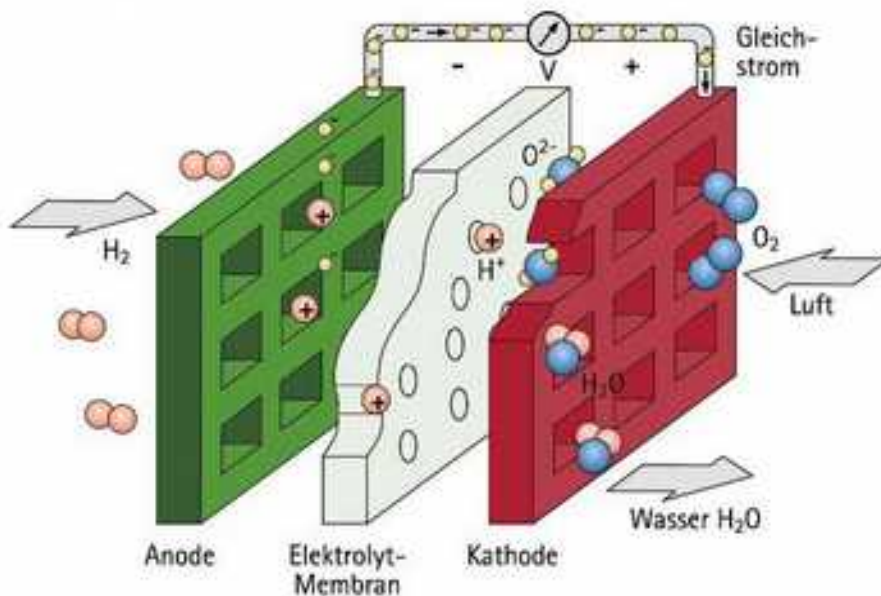
Wie andere E-Autos auch können Wasserstofffahrzeuge Bremsenergie zurückgewinnen („rekuperieren“). Dabei wandelt der Elektromotor die Bewegungsenergie des Autos in elektrische Energie zurück und speist sie in die Puffer-Batterie.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Brennstoffzellen-Fahrzeug Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Aufbau einer Polymer-Elektrolyt-Membran-FuelCell (Niedertemperatur-Brennstoffzelle)



Im Wesentlichen besteht die Brennstoffzelle aus zwei Elektroden, der Anode und der Kathode, und einem Elektrolyten, der die beiden Elektroden und auch die Gase trennt aber den Transport bestimmter Ionen zulässt. Der Wasserstoff H_2 wird in seine Einzelteile zerlegt: zwei Elektronen (-) und zwei Protonen (+). Die Elektronen fließen direkt als Strom ab und können für einen Elektromotor genutzt werden. Die Protonen suchen den Ladungsausgleich und fließen nach rechts zum Sauerstoff. Der verbindet sich mit den Wasserstoffteilchen zu Wasser. Das Ganze nennt sich „kalte Verbrennung“. Es entsteht Strom, Wärme, und ein wenig Wasser.

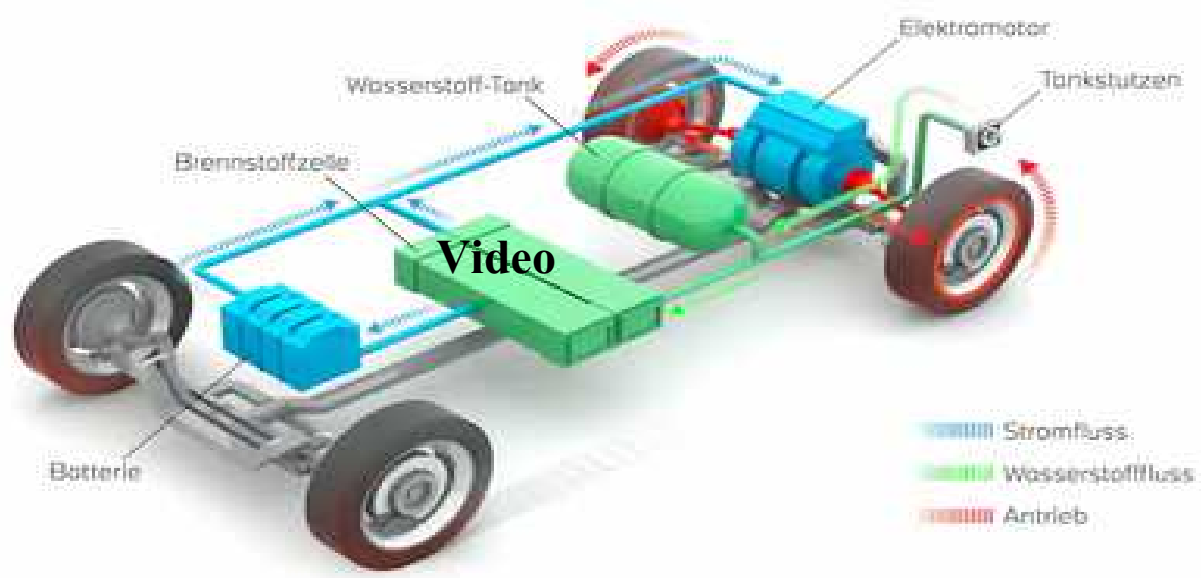
Jede einzelne Brennstoffzelle kann in der Praxis eine Spannung von 0,5 bis 1,0 Volt erzeugen. Um höhere Spannungen, etwas für den Fahrzeugantrieb zu erzeugen, werden mehrere Zellen zu sogenannten Stacks zusammengepackt



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Brennstoffzellen-Fahrzeug Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

Prinzipaufbau eines Brennstoffzellen-Fahrzeuges

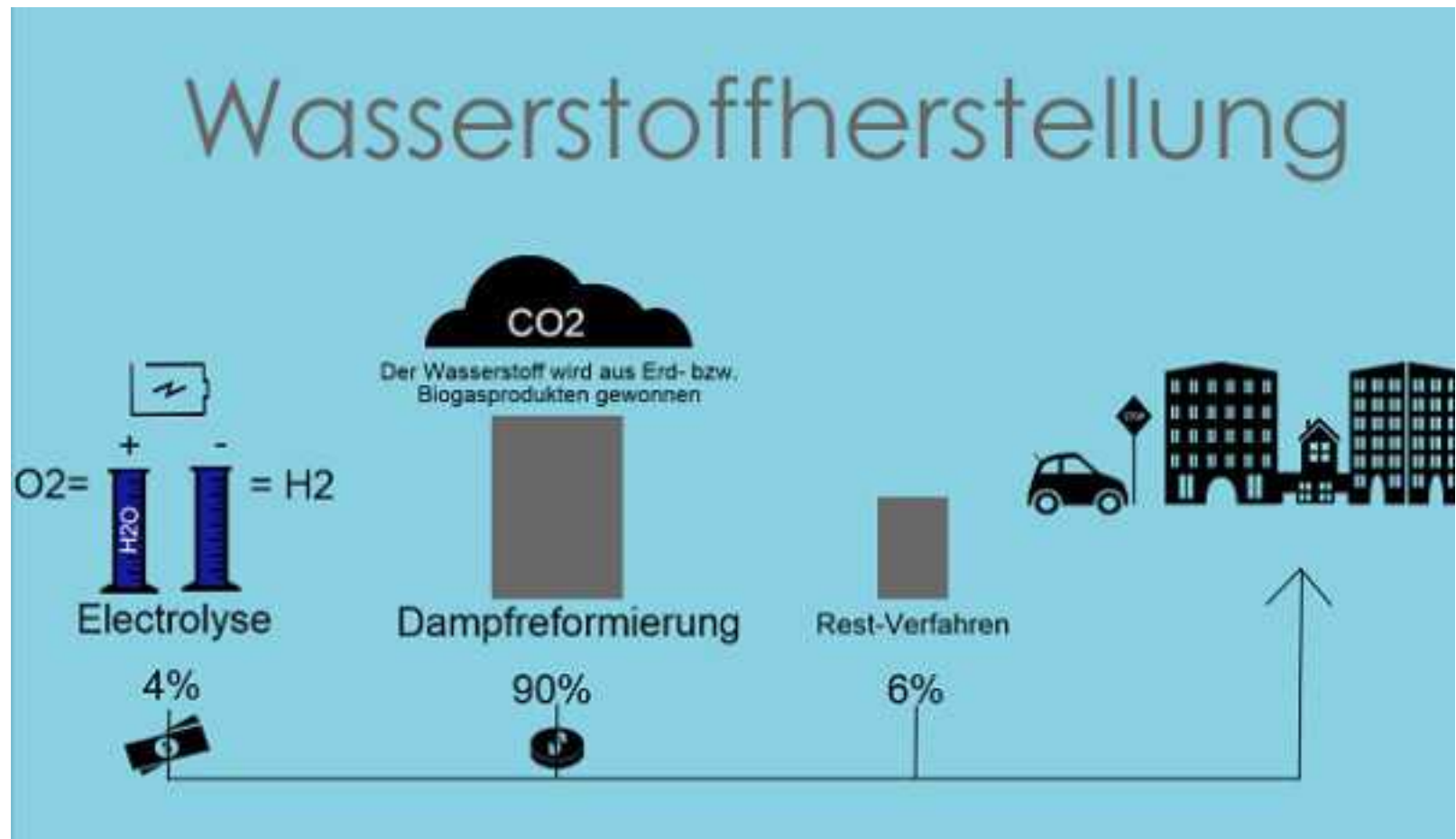


Der in der Brennstoffzelle erzeugte Strom nimmt – abhängig vom Bedarf in der konkreten Fahrsituation – zwei Wege: Er fließt zum Elektromotor und treibt direkt das Fahrzeug an. Und/oder er lädt eine Batterie, die als Zwischenspeicher dient, bis die Energie für den Antrieb benötigt wird. Diese sogenannte Leistungspuffer-Batterie fällt deutlich kleiner und somit leichter aus als die Batterie eines vollelektrischen Autos, denn sie wird ja fortwährend aus der Brennstoffzelle nachgespeist.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“



Wasserstoffherstellung (Grafik: Lisa Herfurth & Janina Malaschewski)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Elektrolyse

Vier Prozent des weltweiten Wasserstoffs wird durch die Elektrolyse von Wasser gewonnen. Durch elektrische Spannung oxidiert das Wasser (H₂O) und zerlegt sich in seine Komponenten. Pro geteiltes Wassermolekül entstehen zwei Wasserstoff (H₂) und ein Sauerstoff (O) Molekül. Am positiven Pol, der Anode, entsteht Sauerstoff, am negativen Pol, der Kathode, entsteht Wasserstoff. Bei einem gut funktionierenden technischen Prozess braucht man für die Herstellung von einem Kubikmeter Wasserstoff in etwa 4,5 Kilowattstunden Strom. Wenn man den gewonnenen Wasserstoff mit Sauerstoff wieder vereint würde man in etwa 3 Kilowattstunden Strom gewinnen. Es entsteht also ein Verlust von 1,5 Kilowattstunden Strom. Da die Elektrolyse sehr lange dauert und viel Geld kostet lohnt sich diese nur in Ländern, deren Infrastruktur zur Gewinnung von Strom durch Wasserwerke ausgelegt ist. Beispielsweise in Island oder Ägypten.

Reaktionsgleichung

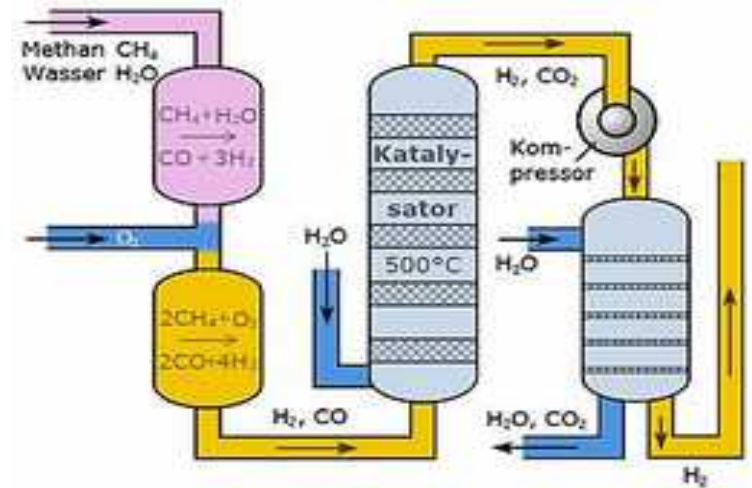


Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Dampfreformierung

Eine schnellere und billigere Alternative ist die Dampfreformierung. 90% des weltweiten Wasserstoffs wird durch die Dampfreformierung gewonnen. Ausgangsstoffe bei der Dampfreformierung sind Kohlenwasserstoffe zum Beispiel Erdgas, Methan, Biomasse, Erdöl. Durch Hinzugeben von Wasserdampf bei einer Temperatur von bis zu 500° C und unter Druck spalten sich die Kohlenwasserstoffe in Methan (CH₄), Wasserstoff (H₂), Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) auf. Die restlichen sechs Prozent Wasserstoff werden aus anderen Verfahren gewonnen, die gegenüber der Dampfreformierung und der Elektrolyse nicht ergiebig sind.



Dampfreformierung mit partieller Oxidation, CO-Konvertierung und Kohlenstoffdioxidabsorption
 (Primärreformer, Sauerstoffeinspeisung, Sekundärreformer, CO-Konvertierung, Waschturm).

Reaktionsgleichung

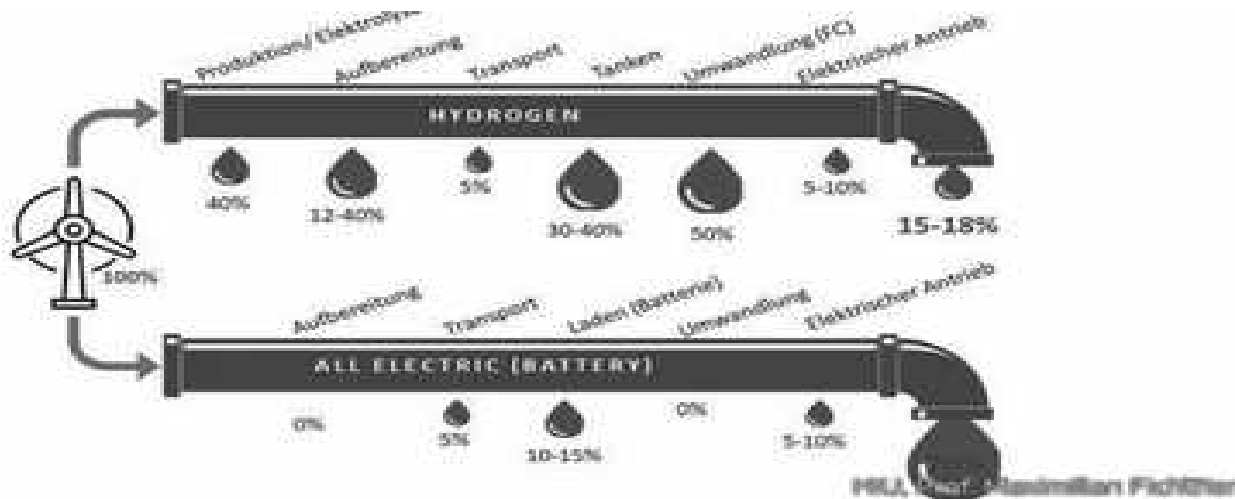


Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Zum Vergleich: während reine batterieelektrische Fahrzeuge einen Wirkungsgrad (Tank-to-Wheel) zwischen 70 und 80 % erreichen, liegt der beim Brennstoffzellenauto nur bei mageren **40-50%**. Der schlimmste Verlust kommt allerdings aus der Wasserstoffherstellung selbst. Die benötigt rund **55 kWh pro 1 Kilogramm Wasserstoff** durch Elektrolyse.

Dazu kommen noch Verluste durch Betankung und Speicherung. Von der ursprünglich eingesetzten Energie kommen nur noch 15 bis 18 Prozent am Rad an!



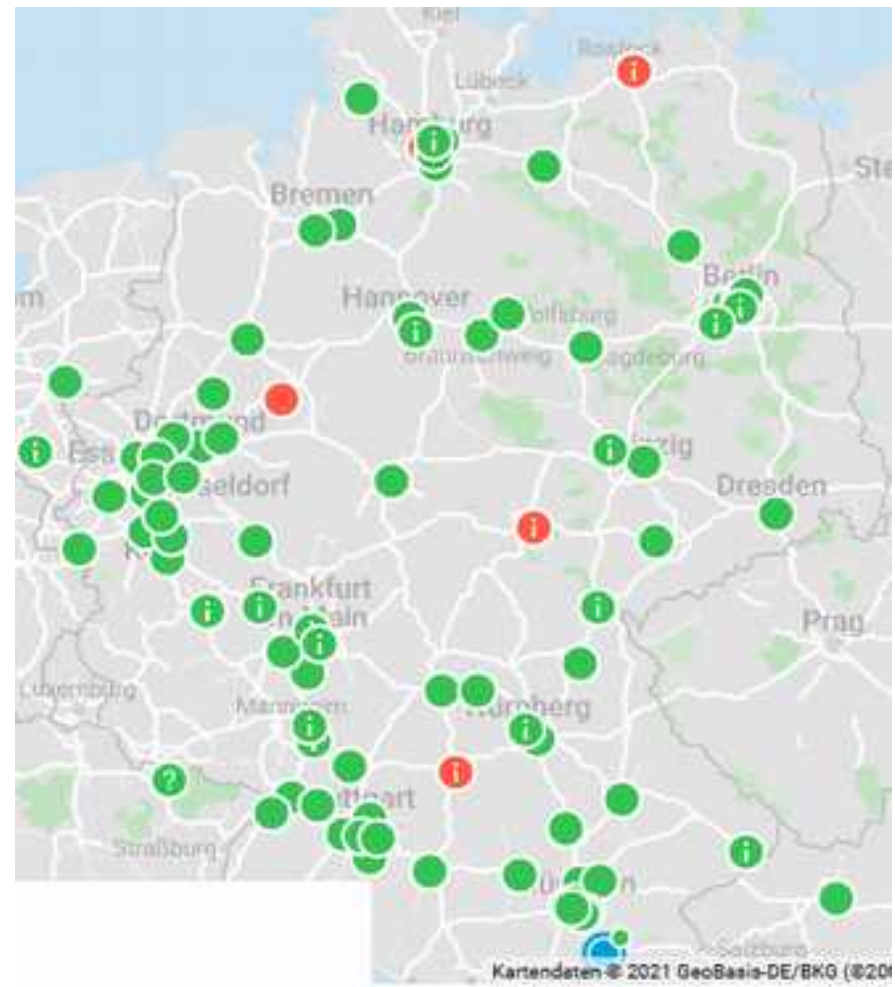
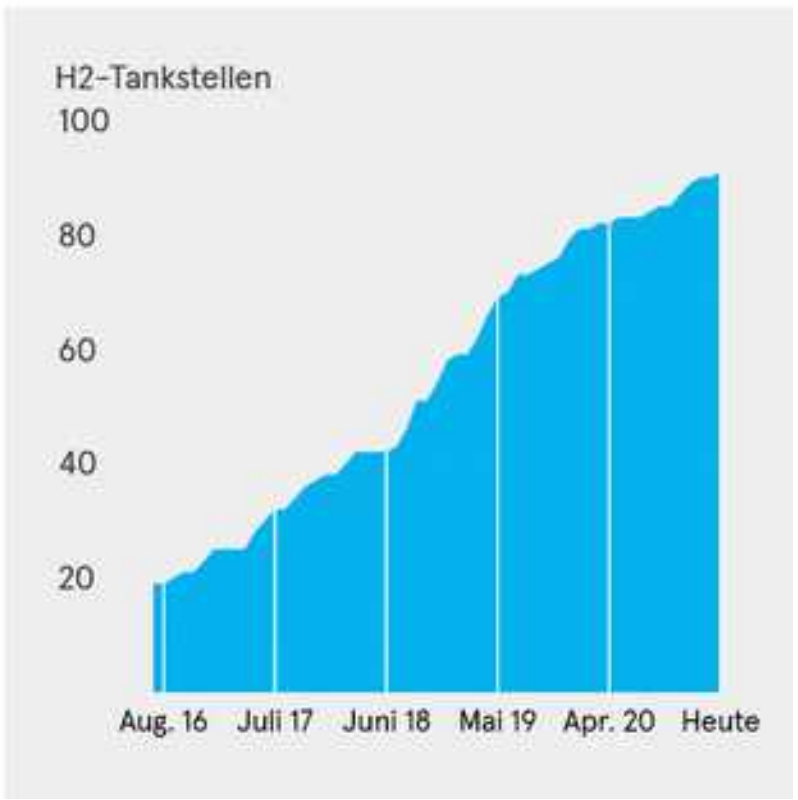
Der Gesamtwirkungsgrad eines Wasserstoff-Fahrzeugs leidet unter dem doppelten Umwandlungsprozess und hat einen hohen (Grün-)Strombedarf zur Folge.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Aktuell: 91 eröffnete H2-Tankstellen in Deutschland



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

MYTOS: „Brennstoffzelle ist doch die Lösung!“

Vision: „Grüne“ Wasserstofftankstelle am neuen Berliner Flughafen



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)

Aus Strom und Luft wird Benzin produziert

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben Forscher nun eine Pilotanlage aufgebaut, die das Verfahren umsetzt. Sie produziert aus Strom und Luft Benzin. Die Anlage ist so groß wie ein Schiffscontainer und bisher weltweit einmalig. Sie zieht das Treibhausgas Kohlendioxid mit Hilfe eines neu entwickelten Filtermaterials aus der Luft.

In dem Elektrolyse-Prozess wird nicht nur Wasserstoff erzeugt, sondern gleichzeitig noch das Kohlendioxid in Kohlenmonoxid verwandelt. Aus dem Kohlenmonoxid und dem Wasserstoff entsteht am Ende der Prozesskette klimaneutraler Treibstoff.

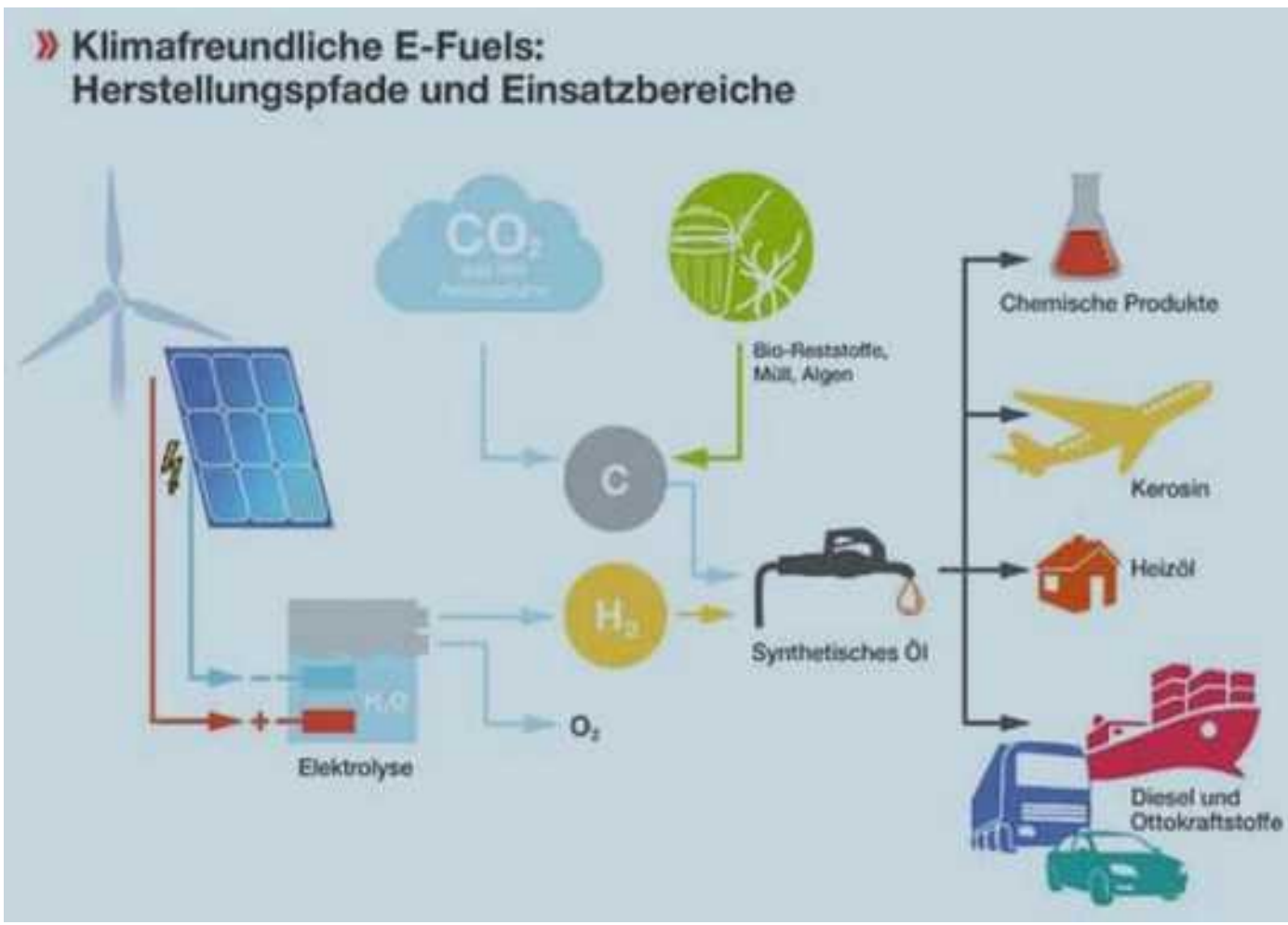


Foto: KIT / Patrick Langer



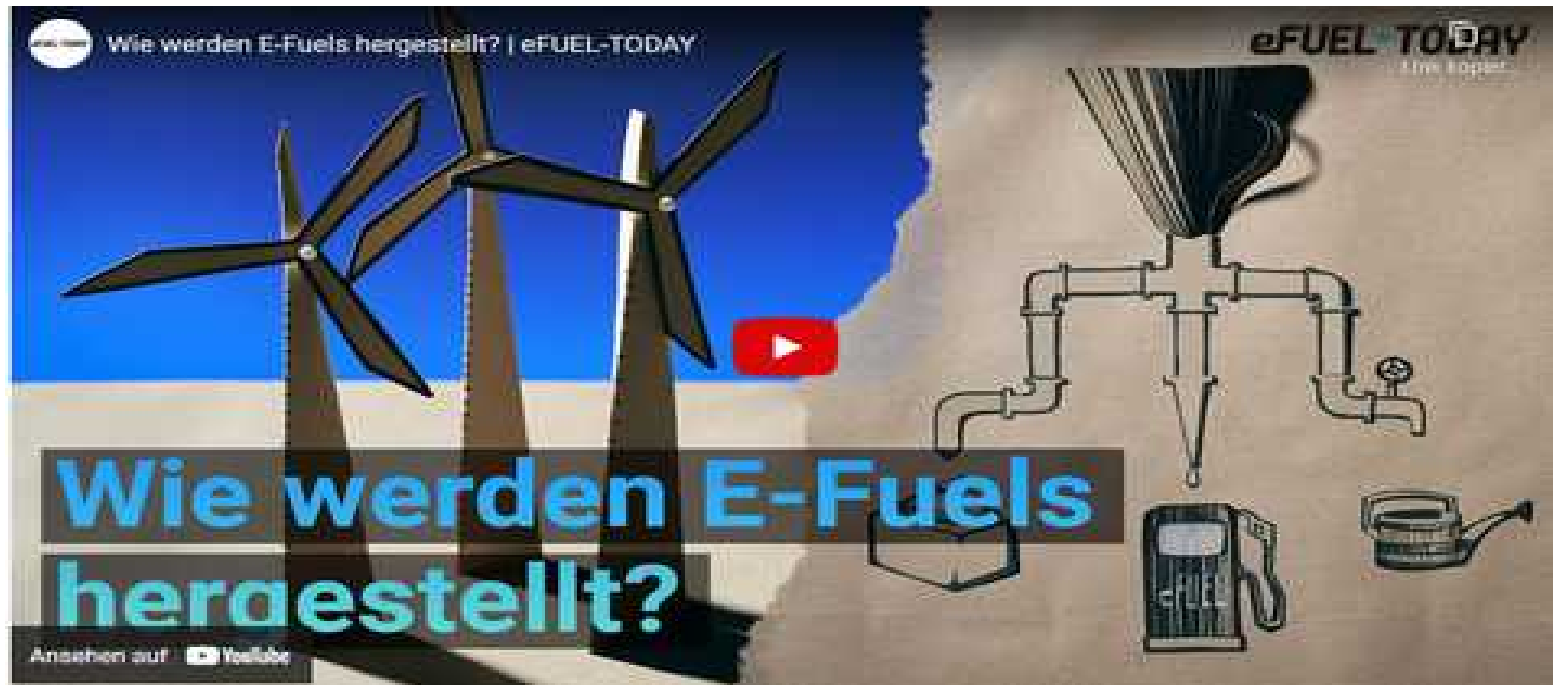
Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)
Aus Strom und Luft wird Benzin produziert



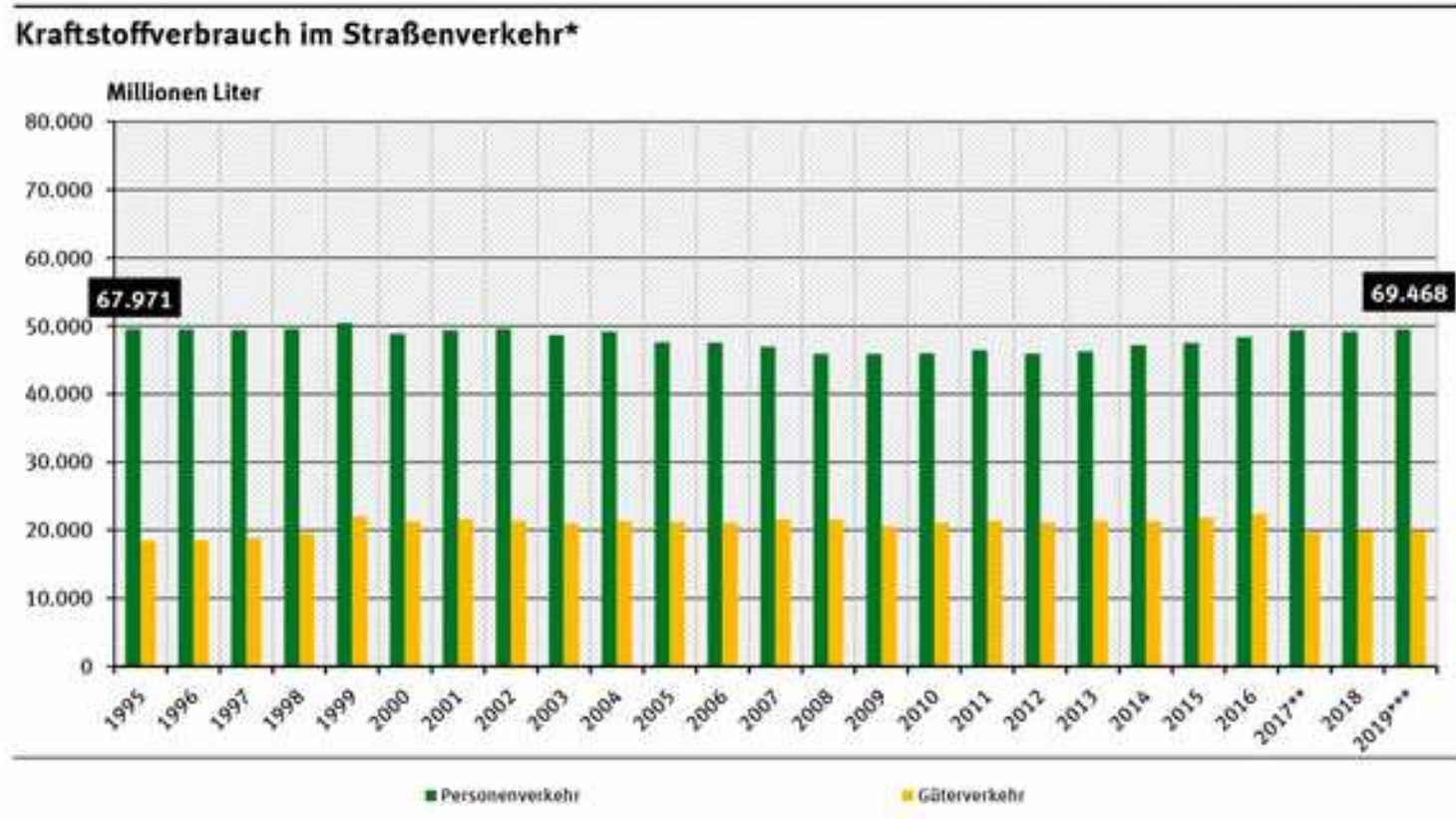
Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)



* Berechnung auf Basis der Inländerfahrleistung (einschließlich Auslandsstrecken deutscher Kraftfahrzeuge und ohne Inlandsstrecken ausländischer Kraftfahrzeuge)
 ** ab 2017 Neuberechnung der Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung
 *** zum Teil vorläufige Werte

Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BmVI),
 Verkehr in Zahlen 2020/2021, S. 309



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)

Um einen Liter Diesel synthetisch
herzustellen, sind

20 kWh

Strom erforderlich!

Mit dieser Strommenge fährt ein durchschnittlicher E-PKW 100 km weit....

Bei einem Kraftstoffbedarf von ca. 70 Milliarden Liter / Jahr in Deutschland wären also etwa 1400 Terawattstunden (TWh) Strom nötig.

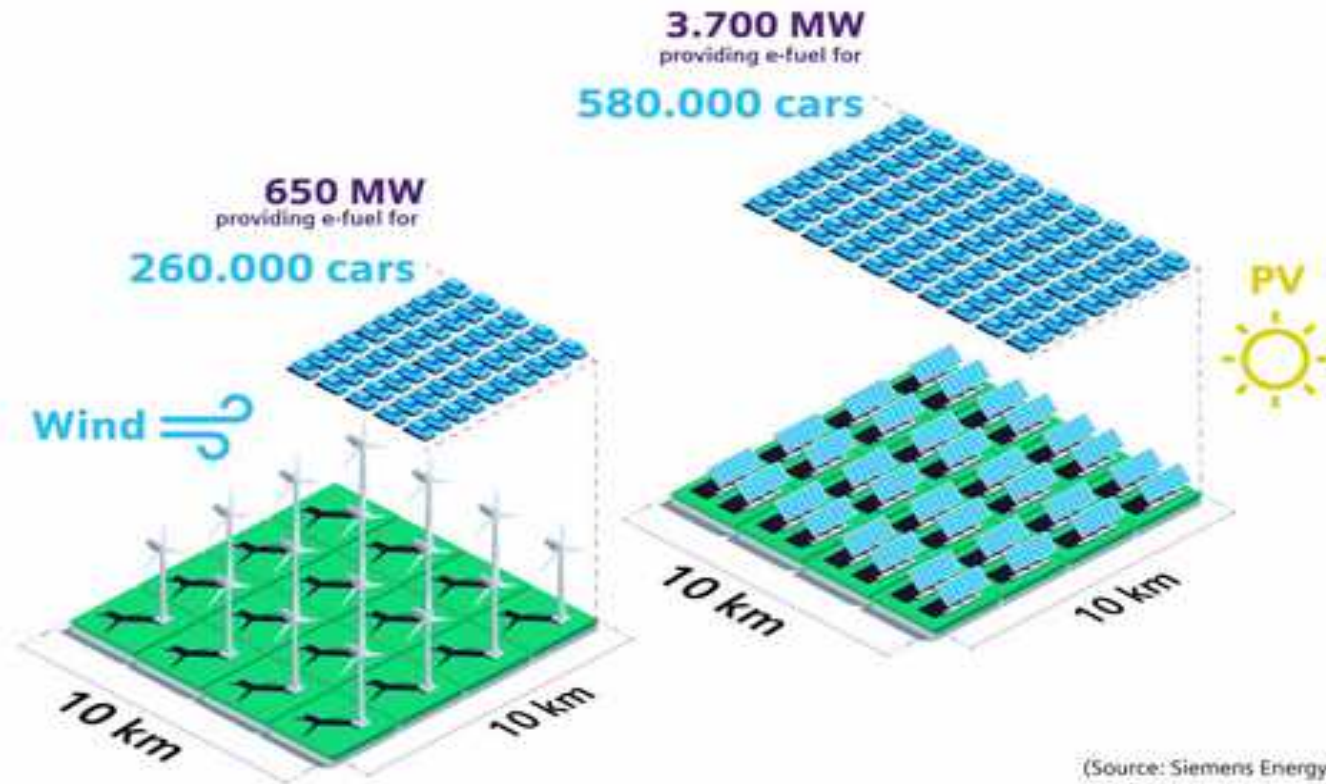
Die Gesamtstromproduktion betrug in Deutschland 2020 rund 564 Twh.

Selbst wenn man den gesamten in Deutschland produzierten Strom ausschliesslich zur Produktion von synthetischen Kraftstoffen verwenden würde, liessen sich damit nur 40 Prozent der aktuell benötigten Kraftstoffe herstellen.



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)
E-Fuel-Produktion mit Sonnen- oder Windkraft



Bei 58 Mio. KFZ in Deutschland wäre also bei solarer Stromerzeugung eine Fläche 1000 x 1000 km erforderlich.

Problem: Deutschland hat „nur“ eine Fläche von 357.386 km².



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

**Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)
E-Fuel-Produktion mit Sonnen- oder Windkraft**

PORSCHE

Nutzungsgrad erneuerbarer Energie-Erzeugung abhängig vom Standort.

Maximales Potenzial
365 Tage → 100 %

Auslastung in Deutschland
66 Tage → 18 %

Auslastung z. B. Südamerika
270 Tage → 74 %



Länder mit hohem Energie-Bedarf

Regionen mit hohem Energie-Ertrag



Source: BMWi-E, erneuerbare Energie in Zahlen: Wind/Solar On-Offshore, Wasserkraft D 2018, Power2X Alliance 06 2020

Transportwege exemplarisch skizziert



Elektrifizierung des Antriebsstranges = Lösung aller Umweltprobleme?

Vision: „Grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels oder synthetische Kraftstoffe)
E-Fuel-Produktion mit Sonnen- oder Windkraft



Thomas Harloff • 18.02.2021

55 Millionen Liter bis 2024

Wie die Produktion der Kraftstoffe funktionieren könnte, testet Porsche ab 2022 im Süden Chiles. Dort baut der ortsansässige Energiekonzern Andes Mining & Energy (AME) zusammen mit dem Autohersteller sowie Siemens Energy und dem italienischen Stromversorger Enel eine entsprechende Pilotanlage auf. Deren anfangs kleines Volumen soll innerhalb der folgenden zwei Jahre so weit hochgefahren werden, dass bis dahin 55 Millionen Liter synthetischen Kraftstoffs produziert werden.

Das entspricht in etwa dem Bedarf aller jährlich neu ausgelieferten 911-Modellen.



Veröffentlichungsdatum

März 2021

Region

Weltweit

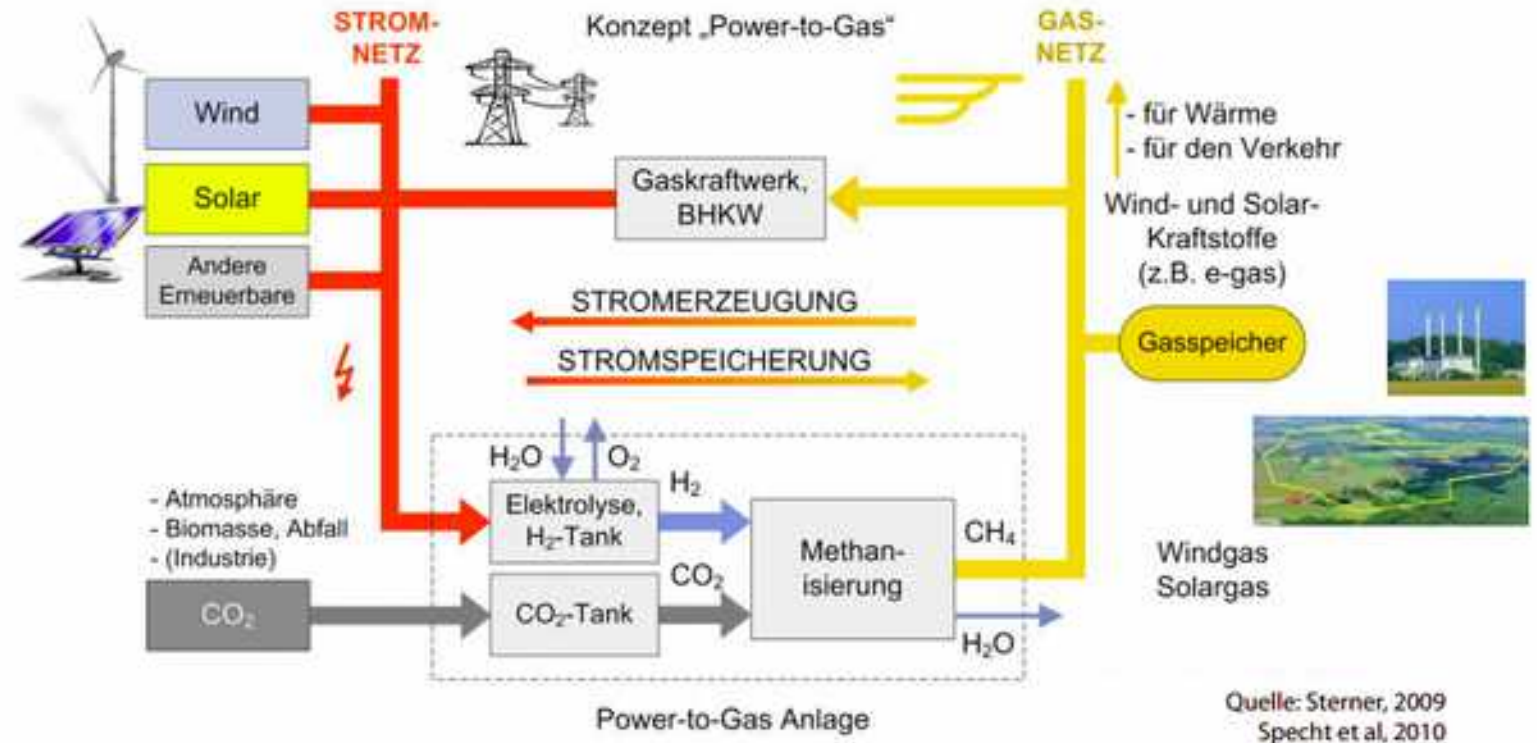
● Cayenne ● Macan ● 911 ● Panamera ● Boxster/Cayman ● Taycan



Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG



Power-to-Gas Das Original
 Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz
 → Technische Nachbildung der Photosynthese



Sterner, M. (2009): Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy systems. Limiting global warming by transforming energy systems. Kassel University, Dissertation.
<http://www.upress.uni-kassel.de/publi/abstract.php?978-3-89958-798-2>





***„Über die Zukunft zu reden,
ist der beste Vorwand, sich
vor der Gegenwart zu
drücken.“***

Mark Twain



Einführung in die Hybridtechnologie



Wer hat's erfunden?



Wer hat's erfunden?



Einführung in die Hybridtechnologie

Der allererste Hybrid: 1900

Ferdinand Porsche meldete ein Patent für elektrische Radnabenmotoren an. Mit dem dem Wiener Fahrzeugbauer Jacob Lohner baut er den "**Mixte**"- Hybridantrieb, einen **benzinmotorangetriebenen Dynamo**.

→ Strom für die Batterie

Die Radnabenmotoren **ersparen Getriebe und Kraftübertragung**.
1900 bauen sie den **Lohner- Porsche**, ein Hybrid.



Lohner Porsche - The invention of world's first hybrid vehicle.



Einführung in die Hybridtechnologie



Erste offizielle Studien: 1972

Studien für Elektro- Hybridfahrzeuge lassen sich bis in dieses Jahr zurückverfolgen, als der Amerikaner Victor Wouk einen **Buick Skylark**, der von **General Motors** zur Verfügung gestellt wurde, zu einem Hybridfahrzeug umrüstete.

Grund war das **1970** ins Leben gerufene **Federal Clean Car Incentive Program**, das jedoch 1976 durch die Umweltschutzbehörde der USA gestoppt wurde.

Buick Skylark von 1972 mit Victor Wouk

Quelle: hybridcars.com



Einführung in die Hybridtechnologie



Mazda Prototyp EX 005: 1973

Entwicklung **geräuscharmer und abgassauberer Fahrzeuge**. Der Prototyp EX 005 fuhr **innerstädtisch mit Batterie**, außerhalb mit einem Zweiseiben - Kreiskolbenmotor.

Ein Rennwagen wird zum Hybrid: 1977

Toyota baut einen **Sports 800 GT** auf **Gasturbinen- und Elektrohybridantrieb** um.



Quelle: carkeys.co.uk



Einführung in die Hybridtechnologie

Briggs & Stratton Hybrid Car: 1980

Benzin- und Elektromotor in einem sechsrädrigen Coupé mit **zwei Hinterachsen**, um das **Batteriegewicht** im Heck von **450 Kilogramm** besser zu verteilen. Ein ungewöhnlicher Versuch, bei dem **beide Kraftquellen einzeln oder gemeinsam** eingesetzt werden können.

Briggs & Stratton Hybrid Car
Quelle: shorey.net



Einführung in die Hybridtechnologie

■ VW Golf TDI Hybrid – 1990-1998

Es begann 1990 mit einem VW Golf Hybrid, ein **Wirbelkammer- Diesel mit 44 kW (60 PS)** und einem **Elektromotor mit Blei-Batterien**.

Die Wagen erwiesen sich im Langzeitversuch als **alltagstauglich**, aber es gab Probleme mit den Batterie- Ladegeräten.

Derzeit laufen Hybrid- Projekte **zwischen Wolfsburg und Shanghai**.
2008 kommt in China ein Diesel- Hybrid auf den Markt.

Näheres noch nicht bekannt.



VW Golf II TDI Hybrid

Quelle: galery.1zu87.com (leider nur ein Modell)



Einführung in die Hybridtechnologie

Erste Generation – 1989

Audi präsentierte auf Basis des Audi 100 Avant quattro das Experimentalfahrzeug Audi duo.

Zweite Generation des Audi duo – 1991

Auch hier trieb der Elektromotor, eine 28,6-PS-Drehstrom-Maschine, die Hinterräder an. Jedoch kam zusätzliche Leistung an die Hinterachse auch aus dem vorderen Motorraum, wo ein 2,0-Liter-Vierzylinder zu finden war.



Erste und zweite Generation Audi duo.
Quelle: audi.com



Einführung in die Hybridtechnologie

Dritte Generation – 1994-1997

Der Audi 80 duo und schließlich der Audi A4 duo folgten mit 66 kW TDI- und 21 kW Elektromotor.

Der Verkaufspreis des A4: 60.000 DM → **zu teuer** → 90 Exemplare gefertigt

Audi zog aus der geringen Resonanz den Schluss, dass ein **Markt für Hybridantriebe nicht vorhanden** sei und konzentrierte sich auf die Diesel- Direkteinspritzertechnik.



Audi A4 duo 1997

Quelle: audi.com



Einführung in die Hybridtechnologie

Der **Toyota Prius** wird **seit 1997 serienmäßig** hergestellt und ist mittlerweile in der **dritten Generation** (seit Bj. 2009) erhältlich.

Er besitzt einen **Benzin-** und einen **Elektromotor**.

Die **Energieeinsparung** beim Prius gegenüber Benzinern der gleichen Fahrzeugklasse beträgt gemäß Werksangaben **rund 30 %**.



Prius- Innenleben



Einführung in die Hybridtechnologie

Peugeot 308 als Diesel- / Elektro- Hybrid: 2010

Neues Antriebssystem:

Elektromotor nicht mit dem Verbrennungsmotor auf einer Achse, sondern auf einem neu entwickelten Antriebsstrang zwischen Motor und Getriebe gekoppelt

→ **Technik eingespart** → geringere Leistung nötig

Der Dieselmotor hat 66 kW (90 PS), der Elektromotor 16 kW (22 PS)

→ **Verbrauch 3,4 Liter / 100 km.**



Peugeot 308: ab 2007

Quelle: auto-motor-und-sport.de



Einführung in die Hybridtechnologie

Und viele weitere...



Citroën C4 HDi Hybrid



Saab BioPower Hybrid Concept



Mercedes S350 Direct Hybrid



Nissan Altima Hybrid



BMW X3 Efficient Dynamics



Opel Astra GTC Diesel Hybrid

...

Quelle: Internet



Einführung in die Hybridtechnologie

Einstufungen von Hybridantrieben

In der Fahrzeugtechnik werden die **verschiedensten Hybridfahrzeuge** entwickelt:

* Microhybrid

* Mildhybrid

und

* Vollhybrid

* Plug-In Hybrid

sowie Fahrzeuge mit

* seriellen

* parallelen

und

* leistungsverzweigten Hybridantrieben

* axlesplit



Einführung in die Hybridtechnologie

Einstufungen von Hybridantrieben

Micro Hybrid von Ford



Mild Hybrid: Honda Civic IMA (Integrated Motor Assist)



Der Toyota Prius : Vollhybrid



Volvo V60 Diesel-Plug-in-Hybrid

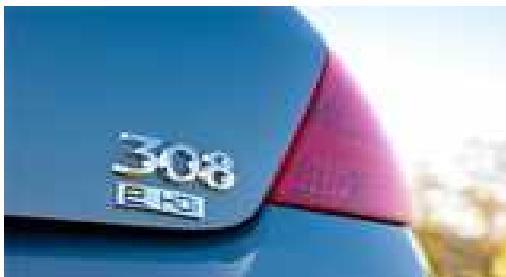


Einführung in die Hybridtechnologie

Mikro – Hybrid

- Verbrennungsmotor + Startergenerator
- Motor kann in Leerlaufphasen abgeschaltet werden
- regeneratives Bremsen über den Startergenerator
Starter-Generator ersetzt Anlasser, Lichtmaschine und Schwungrad

- Beispiel **Citroën C3 Start & Stop**



Peugeot eHDI, derzeit 27 Modelle



Einführung in die Hybridtechnologie

Micro-Hybrid

Technische Unterscheidungsmerkmale:

- Leistung E-Maschine(n) max. 2-3 kW
- Spannungsniveau 12 Volt
- Verbrauchseinsparung 5-10%

Funktionalität:

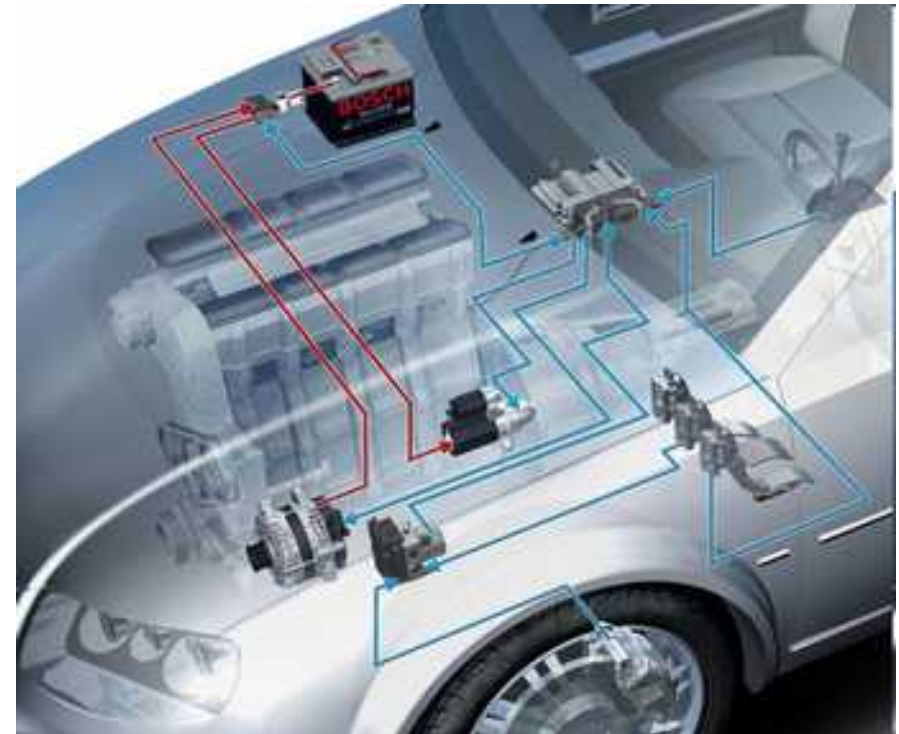
- Start&Stopp
- Optimierter Generatorbetrieb



Einführung in die Hybridtechnologie

Micro-Hybrid

Arbeitet mit einem verstärkten Starter. Dieses System erfordert den geringsten Änderungsaufwand bei bestehenden Fahrzeugen und hat somit die Chance, in naher Zukunft große Stückzahlen zu erreichen. Gerade im Stadtverkehr stehen die Fahrzeuge häufig an roten Ampeln oder einfach aufgrund des dichten Verkehrs. Dann stoppt das Micro-Hybrid-System selbsttätig den Motor. Möchte der Fahrer wieder starten und drückt die Kupplung, bringt das System den Motor komfortabel und schnell wieder zum Laufen. Der Einsatz dieses Start/Stoppsystems kann den Kraftstoffverbrauch um bis zu acht Prozent im Stadtzyklus (ECE) senken.

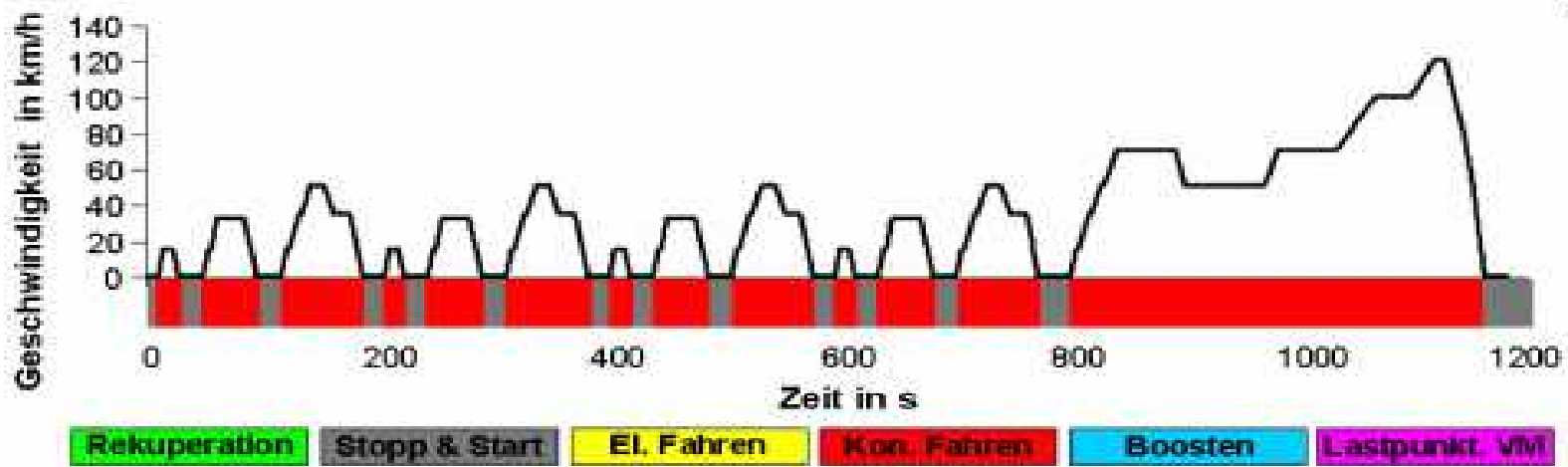


NEFZ?



Einführung in die Hybridtechnologie

Micro-Hybrid



Schematischen Verlauf der Betriebsmodi im Neuen Europäischen Fahrzyklus eines Micro-Hybrids. Die Strategie berücksichtigt nicht die Kaltstartphase des Verbrennungsmotors.



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild – Hybrid

- Elektromotor unterstützt bei Bedarf den Verbrennungsmotor, kann jedoch nicht alleine den Vortrieb übernehmen
- es ist nicht möglich gleichzeitig Strom zu verbrauchen bzw. herzustellen
- z.B. bei Überholvorgängen unterstützt der Elektromotor den Verbrennungsmotor
- Beispiel **Chevrolet Silverado 2004**



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid

Technische Unterscheidungsmerkmale:

- Leistung E-Maschine(n) max. 10-15 kW
- Spannungsniveau 42- ca.150 Volt
- Verbrauchseinsparung 15-20%



Funktionalität:

- Start&Stopp
- Optimierter Generatorbetrieb
- Boosten
- Rekuperation



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid

VDI nachrichten
TECHNIK WIRTSCHAFT GESELLSCHAFT

Von Johannes Winterhagen | 6. Juni 2014 | Ausgabe 23

48-Volt-Systeme sollen Hybridfahrzeugen zum Durchbruch verhelfen

Automobilhersteller und Zulieferer wollen den Hybridantrieb vom Nischenprodukt zur Massenware machen. Ein Weg dazu ist der Einsatz milder 48-Volt-Hybride anstelle der heute gängigen Hochvoltsysteme. Der erste Serieneinsatz steht bevor.

17 % weniger Kraftstoff sind ganz schön viel. Stolz lehnt sich Continental-Ingenieur Dieter Schöppe gegen einen Ford Focus. Gemeinsam mit Schaeffler hat der Autozulieferer ein Serienmodell des Kompaktklässlers so umgerüstet, dass die CO₂-Emission von 114 g in der Serienversion auf 95 g pro km sinkt, was exakt dem ab dem Jahr 2021 erlaubten Flottendurchschnittswert entspricht. Zwar liegt das u. a. auf dem Wiener Symposium präsentierte "Gasoline Technology Car" (GTC) noch immer einige Gramm über dem ähnlich großen Toyota Prius (89 g pro km), verzichtet aber auf die teure Hochvolt-Hybridtechnik. Im GTC sorgt ein 48-V-Teilbordnetz für einen Großteil des Effizienzgewinns.



Elektro- und Hybridfahrzeuge

Was versteht unter Hochvolt-eigensicheren Fahrzeugen?

Hybrid Emergency Response Information

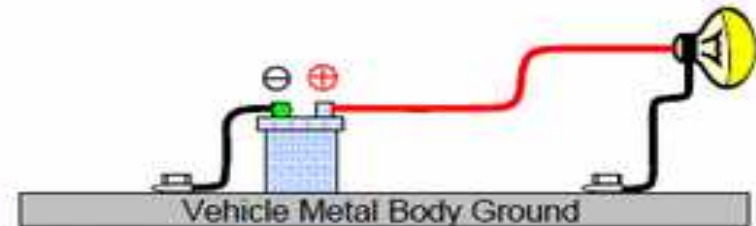
High Voltage Safety

- Insulated cables and connectors
- Low voltage wiring connected to vehicle body ground
- High voltage wiring insulated from vehicle body ground

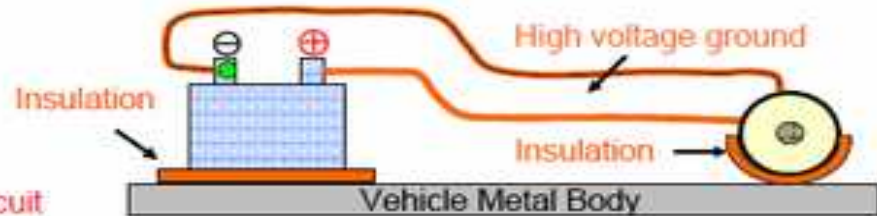


Das Hochvoltsystem ist mit **beiden Polen gegenüber der Karosserie isoliert** ausgeführt.

Low voltage circuit (12 Volt)



High voltage circuit



Release 1.0 (K07) Slide 18

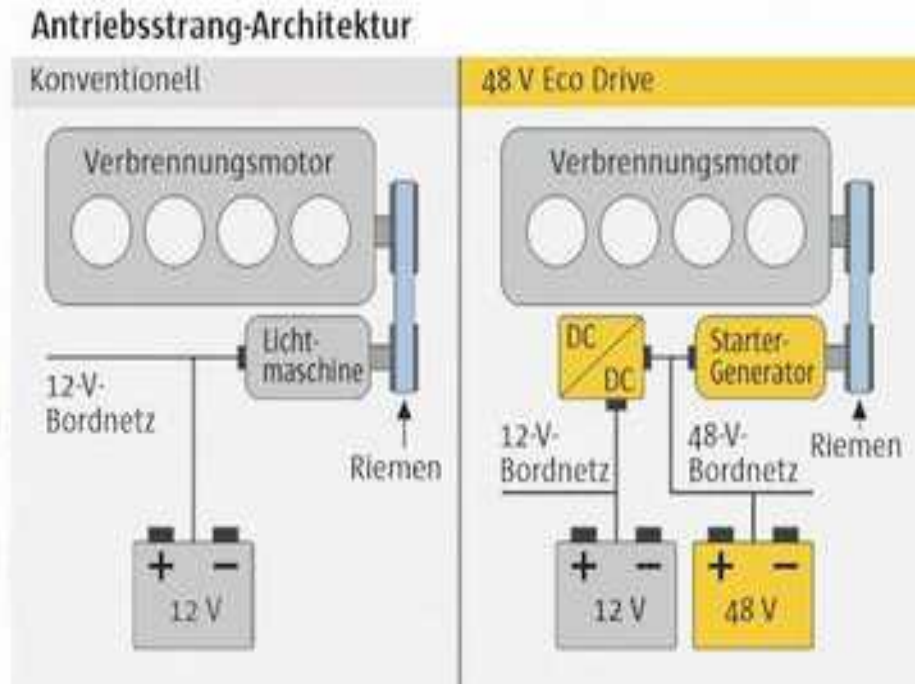


Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid



Quelle: Schaeffler/Continental



Die Antriebsstrang-Architektur im Vergleich: 48-V-Technik vs. konventioneller Verbrenner: Bei einem 48-V-Hybrid-System (rechts) sind nur drei Zusatzkomponenten (gelb unterlegt) erforderlich. Das macht die Technik auch in kleineren Fahrzeugklassen erschwinglich. Der Starter-Generator ersetzt im von Schaeffler und Continental gemeinsam entwickelten Demonstratorfahrzeug GTC (links) die klassische Lichtmaschine.

Quelle: VDI nachrichten



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid

Verbrennungsoptimierung und Abgasnachbehandlung

Hybridisierung

CO₂-Emission
-17%

< 95 g/km



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid

Um den Dreizylinder-EcoBoost zu optimieren, haben die Hybrid-Strategen des GTC mit dem 48-V-EcoDrive-System dem Auto eine unabhängige zweite Antriebseinheit gegeben. Das System besteht aus Traktions-E-Motor/Generator mit E-Clutch, der über einen modifizierten Riementrieb samt integriertem sogenannten "Entkopplungsspanner" an die Kurbelwelle des Benzinmotors gekoppelt ist. Ein Gleichspannungswandler (DC-DC-Wandler) sichert die elektrischen Energieflüsse zwischen der 12-Volt- und der 48-Volt-Lithium-Ionen-Batterie.



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid: Beispiel Honda Jazz



Technische Daten

Modell: Honda Jazz Hybrid

Motor: Vier-Zylinder-Benzin, 1339ccm, elektr. Startergenerator

Leistung: 88 PS / 14PS – 98 PS Systemleistung

Drehmoment: 121 Nm / 78 Nm – 167 Nm Systemdrehmoment

Antrieb: Front, stufenlose Automatik

Verbrauch: 5,4 Liter/100 Km Super

0-100 km/h: 12,1 sek.

Vmax: 175 km/h

Preis: ab 20.800 Euro



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid: Beispiel Honda Jazz

Beim Milden Hybrid wird der Verbrennungsmotor ergänzt durch z.B. einen **Integrierten Starter - Generator (ISG)** – also einem Elektromotor auf der Kurbelwelle, der ausreichend elektrische Energie für das Bordnetz zur Verfügung stellt und diese auch in mechanische Antriebsleistung umwandeln kann.



Der Elektromotor ersetzt **Schwungrad, Generator und Anlasser** und befindet sich zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe. Damit die Nickel-Metallhydridbatterie stets ausreichend geladen sind, polt sich im Schiebetrieb der Elektromotor zum Generator um und wandelt die ansonsten nicht nutzbare kinetische Energie in elektrische Energie um. Bei Überlandfahrten zweigt der Generator so viel Energie vom Verbrennungsmotor ab, dass der Ladezustand der Batterie hoch bleibt.



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid: Beispiel Honda Jazz

Die zusätzliche Leistung des E-Motors steht dann zur Verfügung, wenn bei niedriger Motordrehzahl besonders viel Drehmoment benötigt wird, zum Beispiel beim

- Anfahren und Beschleunigen.

Dadurch kann der Verbrennungsmotor kleiner dimensioniert werden.

Weil der Verbrennungsmotor per ISG in sehr kurzer Zeit - etwa einer Drittel Sekunde - gestartet werden kann, lässt sich ohne hohen Zusatzaufwand eine

- Start - Stopp - Automatik

realisieren. Wenn das Auto anhält, wird der Verbrennungsmotor umgehend abgestellt - auch das spart wertvollen Kraftstoff. Erst wenn der Fahrer den Fuß von der Bremse nimmt, bringt der ISG den Verbrennungsmotor wieder auf Touren.

- Im Schiebe- und Bremsbetrieb

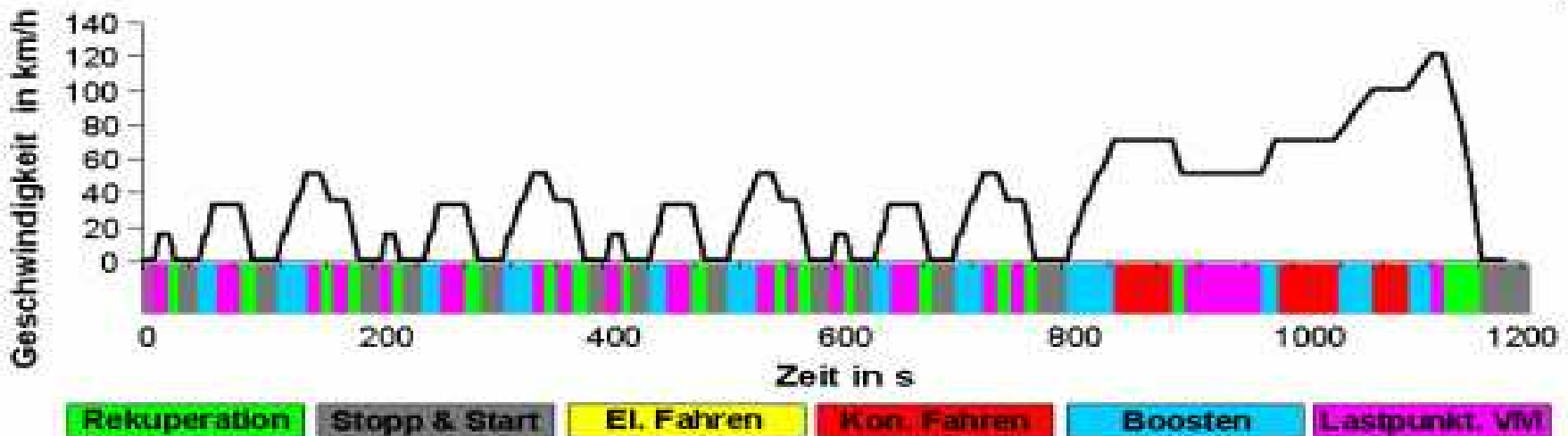
kommt das Zylinderleerlaufsystem zum Einsatz. Die Ventile von drei der vier Zylinder werden über **i-VTEC** so angesteuert, dass die Kompression stark sinkt. Dadurch hat der Motor selbst nur noch eine sehr geringe Bremswirkung. Trotzdem ist davon beim Fahren kaum etwas zu merken, weil der Generator einen Teil der Verzögerungsarbeit übernimmt und die kinetische in elektrische Energie umwandelt. Normalerweise wird die Energie beim Bremsen in Wärme umgewandelt, durch den ISG - Einsatz wird sie in elektrische Energie umgewandelt und anschließend gespeichert = **Rekuperation**.



Einführung in die Hybridtechnologie

Mild-Hybrid

Mild Hybrids haben eine Elektromaschine mit einer Leistung von bis zu 15 Kilowatt. Dieser relativ kleine Elektromotor bietet zusätzliche Kraft beim Überholen, also einen "**Boost**"-Effekt, und erlaubt im Zusammenspiel mit dem Verbrennungsmotor und Energierückgewinnung eine Kraftstoffeinsparung von bis zu 15 Prozent im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFC).



Schematischen Verlauf der Betriebsmodi im Neuen Europäischen Fahrzyklus eines Mild-Hybrids. Die Strategie berücksichtigt nicht die Kaltstartphase des Verbrennungsmotors.



Einführung in die Hybridtechnologie

Voll – Hybrid

- jede Antriebsart agiert autonom
- beide Motoren können gleichzeitig für Vortrieb sorgen
- Realisierung durch Planetengetriebe und stärkere Elektromotoren

- Beispiel **Toyota Prius 2006**



Einführung in die Hybridtechnologie

Voll-Hybrid

Technische Unterscheidungsmerkmale:

- Leistung E-Maschine(n) $\gg 15$ kW
- Spannungsniveau $\gg 100$ Volt
- Verbrauchseinsparung $\gg 20\%$

Funktionalität:

- Start&Stopp
- Optimierter Generatorbetrieb
- Boosten
- Rekuperation
- Elektrisch Fahren (rein elektrische Reichweite von ca. 2 km)



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid

Ein Plug-in-Hybrid, auch Plug-in-Hybrid-Elektrisches Fahrzeug (PHEF, engl. meist PHEV für Plug-in hybrid Electric Vehicle) oder Steckdosenhybrid genannt, ist ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb, dessen Batterie zusätzlich über das Stromnetz extern geladen werden kann. Meist wird es eine größere Batterie aufweisen als ein reiner Hybrid und stellt so eine Mischform zwischen letzterem und einem Elektroauto dar.

Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge verbinden die Vorteile von Batteriefahrzeugen und Benzinfahrzeugen: Auf kürzeren Strecken und im Stadtverkehr fährt das Auto mit dem elektrischen Antrieb leise, emissionsfrei und sparsam mit Strom aus der Batterie, während durch den zweiten Antrieb (z.B. dem Benzinverbrenner) das Auto auch dann noch fährt, wenn die Batterie leer ist und so eine höhere Reichweite möglich wird.



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid

Technische Unterscheidungsmerkmale:

- Leistung E-Maschine(n) $\gg 50$ kW
- Spannungsniveau $\gg 100$ Volt
- Verbrauchseinsparung $\gg 20\%$

Funktionalität:

- Start&Stopp
- Optimierter Generatorbetrieb
- Boosten
- Rekuperieren
- Elektrisch Fahren (elektrische Reichweiten größer als 5 - 10 km)



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid



Modell: Volvo V60 Diesel-Plug-in-Hybrid

Systemleistung: 220 PS (162 kW) mit Fünfzylinder-Turbodiesel, 2,4-Liter-Hubraum

Höchstgeschwindigkeit: 230 km/h

Fahrzeuggewicht: 2048 kg

Normverbrauch: 1,8 Liter

CO₂-Ausstoß: 48 g/km / Reichweite elektrisch: bis 50 km

Der V60 Plug-in-Hybrid genehmigt sich bei leerer Batterie zwischen 5,3 L/100 km (Sparrunde) und rund acht Liter (Testverbrauch AMS).



BMW X5 xDrive40e

Systemleistung: 313 PS (230 kW) mit Vierzylinder-Tubobenziner, 2 Liter Hubraum

Höchstgeschwindigkeit: 210 km/h

Fahrzeuggewicht: 2230/2305 kg

Normverbrauch: 3,3 Liter (+ 15,3 kWh)

CO₂-Ausstoß: 78 - 77 g/km

Reichweite elektrisch: 20 km



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid



Mercedes C 350e

Systemleistung: 279 PS (205 kW) mit Vierzylinder-Benziner, 2 Liter Hubraum

Höchstgeschwindigkeit: 250 km/h

Fahrzeuggewicht: 1780 kg

Normverbrauch: 2,1 Liter

CO₂-Ausstoß: 48 g/km

Der Realverbrauch lt. Test **SPIEGEL ONLINE** pendelte sich bei unserem Test bei sechs Litern ein, selbst bei moderater Fahrweise (Stromverbrauch noch nicht einmal mit eingerechnet).



Porsche Cayenne S E-Hybrid

Systemleistung: 416 PS (306 kW) mit Sechszylinder-Benziner, 3 Liter Hubraum

Höchstgeschwindigkeit: 243 km/h

Fahrzeuggewicht: 2350 kg

Normverbrauch: 3,4 Liter

CO₂-Ausstoß: 79 g/km



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid

Süddeutsche.de

29. September 2014

VW Golf GTE im Fahrbericht
Teure Alternative zum Diesel



Mit einem Grundpreis von 36 900 Euro ist der GTE teurer als der stärkste Golf-Diesel. (Foto: Volkswagen AG)

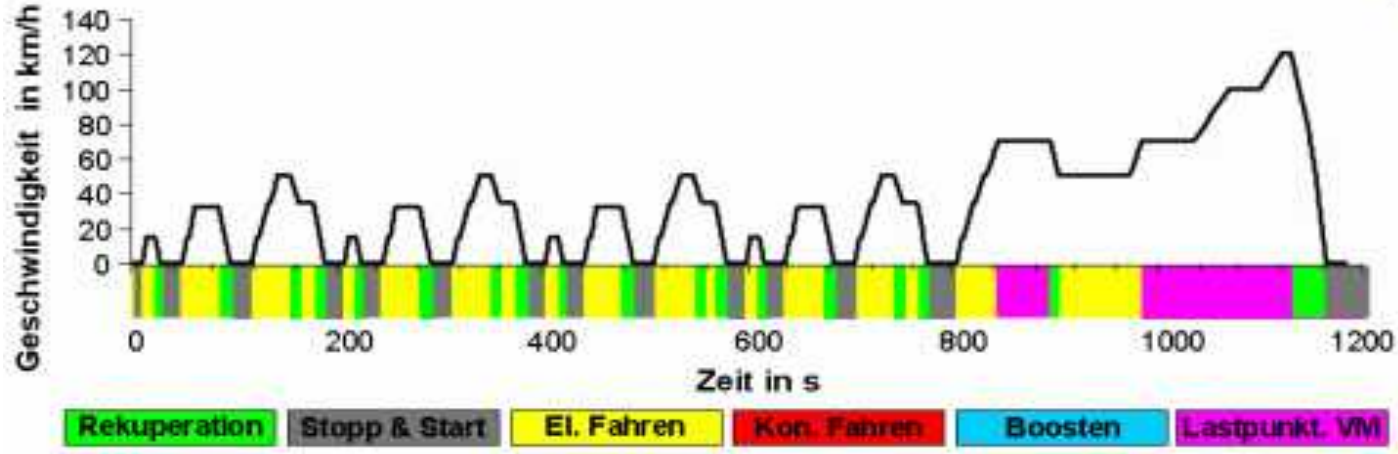
Systemleistung von 204 PS und ein imposantes Drehmoment von 350 Newtonmeter. 1,4-Liter-TSI mit 150 PS und eine E-Maschine mit 102 PS, die wie eine dickere Scheibe zwischen Motor und Doppelkupplungsgetriebe sitzt.

Auch im Hybrid-Modus, wenn sich gelegentlich der 1,4-Liter-TFSI ins Spiel bringt, wird alles ausgeschaltet, sobald der Fuß vom Gas geht. Dies führt in Summe zu einem **Normverbrauch von nur 1,5 Liter**, was einem CO₂-Ausstoß von 35 g/km entspricht. Dass diese EU-Prüfmethode nicht dem Verbrauch im Alltag entspricht, ist hinreichend bekannt. **Doch selbst ausschließlich im Hybridmodus bewegt, beträgt der Verbrauch 4,5 Liter pro 100 Kilometer.** Sparsamer sind Dieselmotoren auch nicht, allerdings weniger teuer.



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid



Schematischer Verlauf der Betriebsmodi im Neuen Europäischen Fahrzyklus eines Plug-In-Hybrids.



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid



Verbrauchsangaben für Elektrohybrid-Fahrzeuge - ECE-Norm R 101

Die **Formel** zur Berechnung des Gesamtverbrauchs eines Pkw mit Plug-In-Antrieb lautet:

$$C = \frac{D_e * C_1 + D_{av} * C_2}{D_e + D_{av}}$$

Dabei sind:

- * C = Gesamtverbrauch in Liter/100 km laut Norm
- * C₁ = Kraftstoffverbrauch bei voll aufgeladenem Akku
- * C₂ = Kraftstoffverbrauch bei leerem Akku
- * D_e = rein elektrische Reichweite
- * D_{av} = 25 km (willkürlich zugrundegelegte mittlere Strecke zwischen zwei Akkuaufladungen)



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid



Tatsächlicher Normverbrauch eines Plug-In-Hybriden:

Zur elektrischen Reichweite wird die Zahl 25 addiert – eine willkürlich angenommene Strecke zwischen zwei Ladestopps.

Im Fall des VW Golf GTE also: 50 plus 25 gleich 75.

Multipliziert wird diese Zahl mit dem kombinierten Wert, hier also 1,5 Liter, und dann das Ergebnis durch 25 geteilt.

Wenn der Strom in der Batterie erschöpft ist, verbraucht der VW Golf GTE nach NEFZ folglich rund 4,5 Liter Benzin pro 100 Kilometer.



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid

Vergleich Plug-in-Hybride im neuen EcoTest

ADAC

BMW 225xe

Maximale Leistung:	165 kW / 224 PS
Maximales Drehmoment:	385 Nm
Antrieb:	Allrad mit Verbrennungsmotor an Vordrache, E-Motor an Hinterachse
Herstellerangabe Verbrauch:	2,0 l + 11,8 kWh pro 100 km; CO2 46 g/km
EcoTest-Verbrauch:	6,3 l + 4,6 kWh pro 100 km; CO2 197 g/km (WTW)
Abweichung:	Hersteller 123 g/km (WTW), EcoTest 197 g/km (WTW) -> 74 g/km, 60 Prozent

KIA Optima 2.0 GDI Plug-in Hybrid

Maximale Leistung:	151 kW / 205 PS
Maximales Drehmoment:	375 Nm
Antrieb:	Frontantrieb mit Verbrennungsmotor und E-Motor an Vorderachse
Herstellerangabe Verbrauch:	1,6 l + 12,2 kWh pro 100 km; CO2 37 g/km
EcoTest-Verbrauch:	3,7 l + 8,7 kWh pro 100 km; CO2 149 g/km (WTW)
Abweichung:	Hersteller 114 g/km (WTW), EcoTest 149 g/km (WTW) -> 35 g/km, 30 Prozent

Toyota Prius Plug-in Hybrid

Maximale Leistung:	90 kW / 122 PS
Maximales Drehmoment:	>200 Nm
Antrieb:	Frontantrieb mit Verbrennungsmotor und zwei E-Motoren an Vorderachse
Herstellerangabe Verbrauch:	1,0 l + 7,2 kWh pro 100 km; CO2 22 g/km
EcoTest-Verbrauch:	2,5 l + 5,6 kWh pro 100 km; CO2 100 g/km (WTW)
Abweichung:	Hersteller 69 g/km (WTW), EcoTest 100 g/km (WTW) -> 31 g/km, 45 Prozent

VW Passat Variant GTE

Maximale Leistung:	160 kW / 218 PS
Maximales Drehmoment:	400 Nm
Antrieb:	Frontantrieb mit Verbrennungsmotor und E-Motor an Vorderachse
Herstellerangabe Verbrauch:	1,8 l + 13,2 kWh pro 100 km; CO2 40 g/km
EcoTest-Verbrauch:	3,8 l + 8,3 kWh pro 100 km; CO2 152 g/km (WTW)
Abweichung:	Hersteller 126 g/km (WTW), EcoTest 152 g/km (WTW) -> 26 g/km, 21 Prozent



Einführung in die Hybridtechnologie

Plug-in-Hybrid

Mittwoch, 05. September 2018



WLTP killt E-Auto-Prämie

Zwölf Plug-in-Hybride fliegen von Förderliste

Nach dem neuen Verbrauchsmessverfahren für Personenkraftwagen WLTP qualifiziert sich nur noch ein Drittel aller bisher per E-Auto-Prämie geförderten Plug-in-Hybride für die staatliche Förderung. Am härtesten trifft es Volvo.



Hintergrund der Änderungen ist das seit dem 1. September 2018 für alle Neuwagen gültige neue Verbrauchsmessverfahren WLTP, durch das sich Normverbrauch und Norm-CO₂-Ausstoß gegenüber dem vorherigen Verfahren deutlich ändern können. Bei den meisten von der Liste gestrichenen Plug-in-Hybriden führte der neue Messstandard dazu, dass sie die in der Förderregelung festgeschriebene CO₂-Grenze nicht mehr einhalten können. Die liegt trotz des neuen Messverfahrens auch weiterhin bei 50 Gramm pro Kilometer.



Selbst der Toyota Prius PHEV ist nur noch mit einer Sondergenehmigung des KBA förderfähig.

(Foto: Toyota)

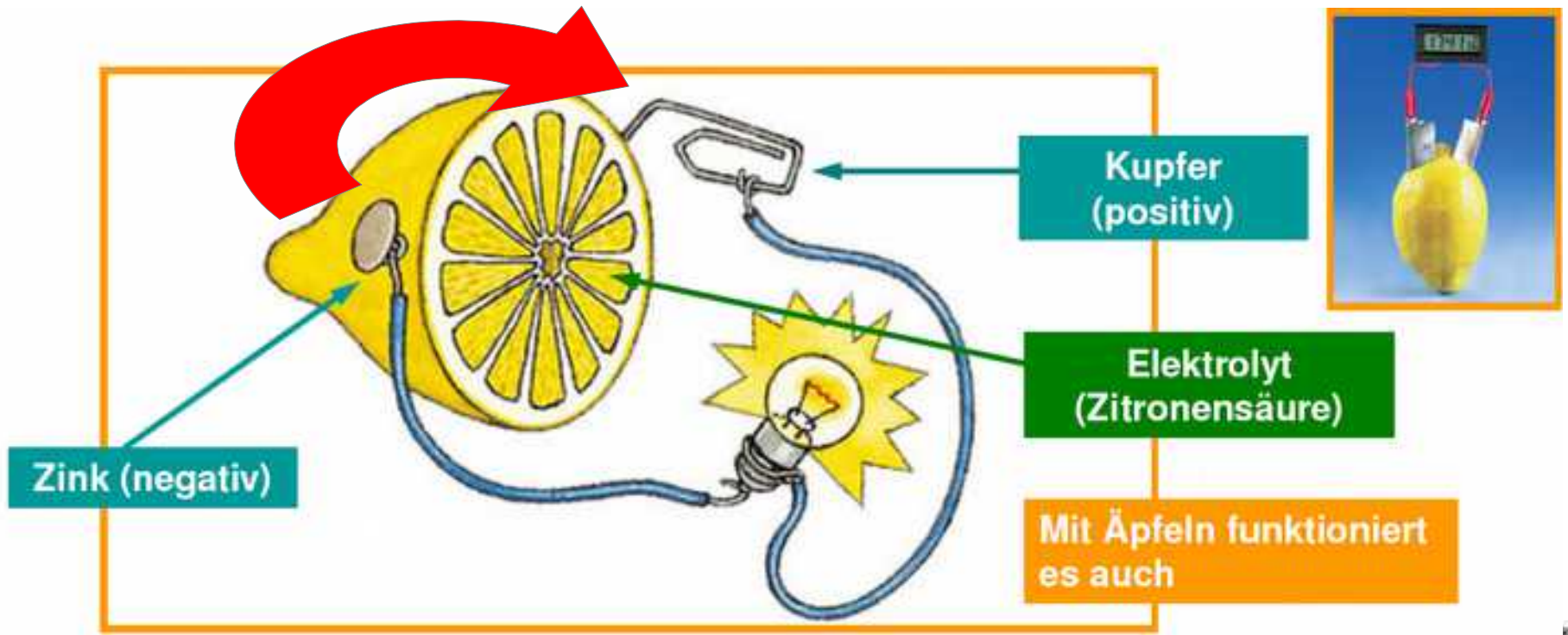
Quelle: n-tv.de , hpr/sp-x



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Prinzip

Grundprinzip zur Erzeugung einer Spannung nach Volta: 2 Metalle durch eine salzhaltige Flüssigkeit getrennt. Die Elektronen fließen von negativ → positiv.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Arten



Bei konventionellen Fahrzeugen hat sich die 12 Volt **Bleisäure Batterie** seit Jahrzehnten etabliert und ist in allen gängigen Werkstätten und vielen Tankstellen erhältlich. Bleisäure Zellen weisen eine Nennspannung von 2,0 Volt auf. Hinsichtlich der Energiedichte ist dieser Batterietyp wenig geeignet um eine Traktionsbatterie für ein Hybridfahrzeug darzustellen. Langfristig soll der umweltschädliche Stoff Blei vollkommen aus dem Fahrzeug vermieden werden. Falls überhaupt, dann **nur für Micro-Hybrid Systeme** geeignet.



Aufgrund der hohen Zellenspannung von 3,6 Volt und idealen Werten hinsichtlich der Leistungs- und Energiedichte wird die **Lithium-Ionen Batterie** auch im Hybridantriebstrang vermehrt eingesetzt. Hauptproblem bei automobilen Anwendungen ist die Problematik bei Deformierungen durch Unfälle und der dadurch oftmals unvermeidbare Kontakt mit Wasser wodurch Explosionen entstehen. Für **alle Hybrid-Systeme gleichermaßen geeignet**.



Die **Nickel-Cadmium Batterie** weist eine Zellenspannung von 1,2 Volt auf. Vor allem durch hohe Werte bei der Energiedichte kann dieser Batterietyp überzeugen. Hinsichtlich des umweltschädlichen Stoffes Cadmium ist ein Serieneinsatz dieser Batterie Technologie ungewiss. Um den Memory-Effekt bei diesem Batterietyp zu vermeiden, darf dieser Batterie nicht unterhalb von ca. 0,85 Volt fallen. Ein weiterer positiver Aspekt dieser Batterie ist das gute Tiefsttemperaturverhalten. Auf Grund der hohen Energiedichte ist die Nickel-Cadmium Batterie **für Mild- und Voll Hybridsysteme die richtige Wahl**.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Arten



Derzeitige Hybridbatterien wie im Toyota Prius oder im Honda Civic nutzen **Nickel-Metallhydrid Batterien**. Eine einzelne Zelle hat typischerweise eine Zellenspannung von 1,2 Volt. Vor allem durch hohe Werte bei der Energiedichte kann dieser Batterietyp überzeugen. Um die Alterungseffekte der Batterie gering zu halten, ist ein definiertes Ladefenster vorgegeben, in dem die Batterie idealerweise betrieben werden soll. Auf Grund der hohen Energiedichte ist die Nickel-Metallhydrid Batterie **für Mild- und Voll Hybridsysteme die richtige Wahl**

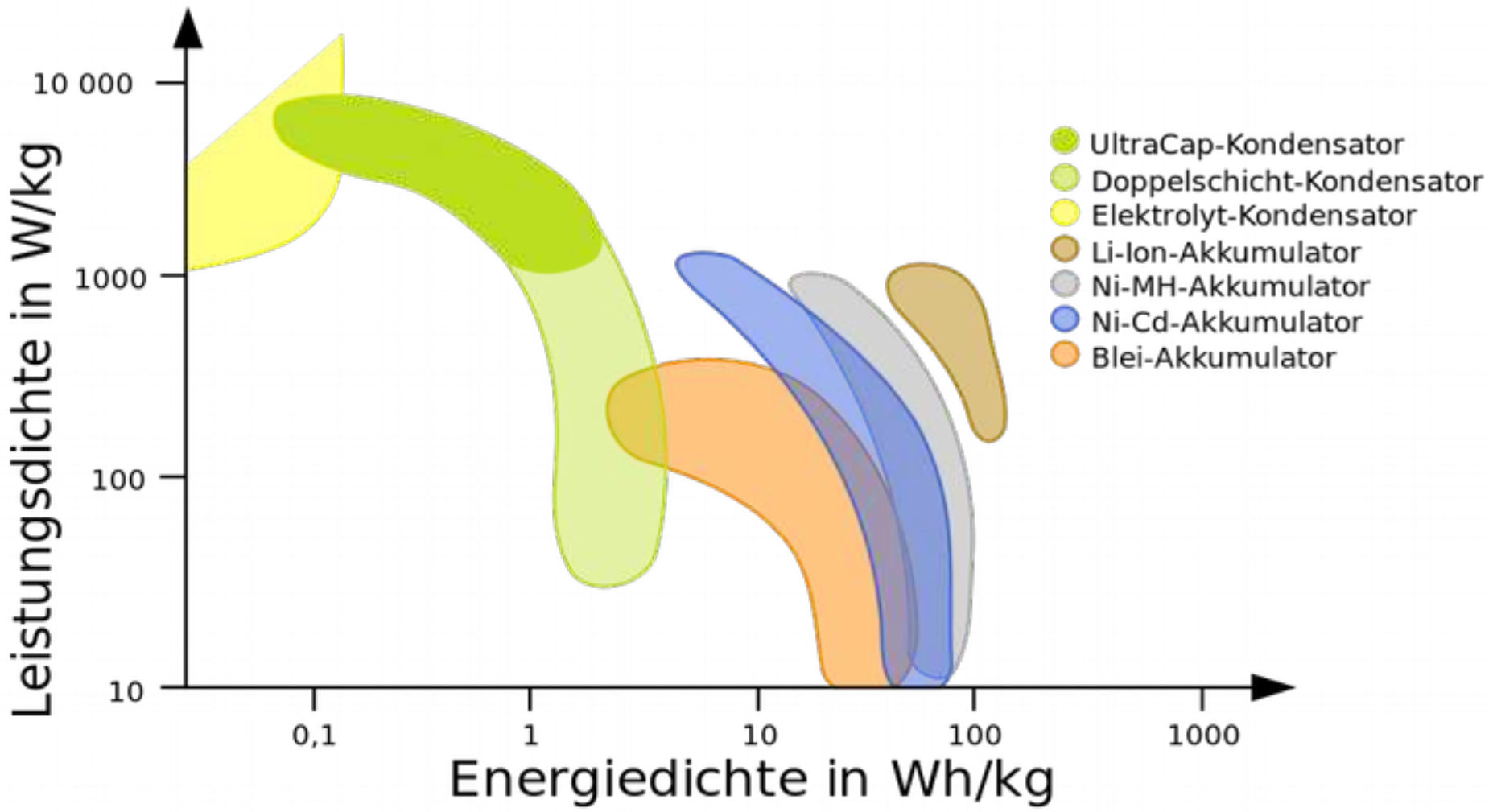


Vor allem in den Power-Hybrid Prototyp Fahrzeugen von BMW (wie im X3 Efficient Dynamics und X5 Efficient Dynamics) werden SuperCaps eingesetzt. Je nach Hersteller werden diese auch als UltraCaps bezeichnet. Sehr hohe Leistungsdichten sorgen für Spitzenwerte im Automobil. Die Energiedichte ist dabei aber sehr niedrig und markiert das Schlusslicht in diesem Vergleich. Die Zellenspannung liegt bei ca. 2,5 Volt. Hinsichtlich der Umweltverträglichkeit können SuperCaps ohne Bedenken eingesetzt werden. Bei Tiefsttemperaturen unter -25°C muss man bei SuperCaps Abstriche im maximal möglichen entnehmbaren Strom hinnehmen. **Für Mild- und Power Hybridsysteme geeignet.**



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Arten



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Nickel-Metallhydrid



Prius II

Ni-MH Batterie im Prius II Kofferraum

Die 28 Module enthalten 6 Zellen à 1.2 V = 7.2 V, ergibt 201,6 V. Der maximale Energiegehalt der Hybrid-Batterie beim Prius II ist 1,3 kWh, was sich aus der niedrigeren Spannung ergibt. Das Gewicht beträgt 39 kg. Spitzenleistung ca. 40 kW



Prius III

Ni-MH Batterie im Prius III Kofferraum

Der Prius III verfügt ebenfalls (wie der Prius II) über eine NiMH-Batterie. Sie ist von den elektrischen Daten (Kapazität/Spannung) unverändert zum Prius II geblieben. Das Gewicht der Hybridbatterie für den Prius 3, inklusive Gehäuse, beträgt ca. 41,00 kg. Das Gewicht der Batteriezelle beträgt 39,00 kg.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Nickel-Metallhydrid



201,6V
Hochleistungs-
Batterie

12V Batterie

12V-Stromquelle
Sicherheitseinheit
für ECB-Bremse



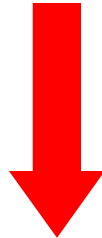
12V



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Nickel-Metallhydrid

Ein Nickel-Metallhydrid-Akku hat eine deutlich geringere Energiedichte, also ein schlechteres Verhältnis zwischen Größe der Batterie und Leistungsfähigkeit als einvergleichbarer Lithium-Ionen Akku.



Speziell bei Plug-In Hybriden wird der Einsatz von Lithium-Ionen Akkus unerlässlich.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Lithium-Ionen

Die elektrochemische Spannungsreihe

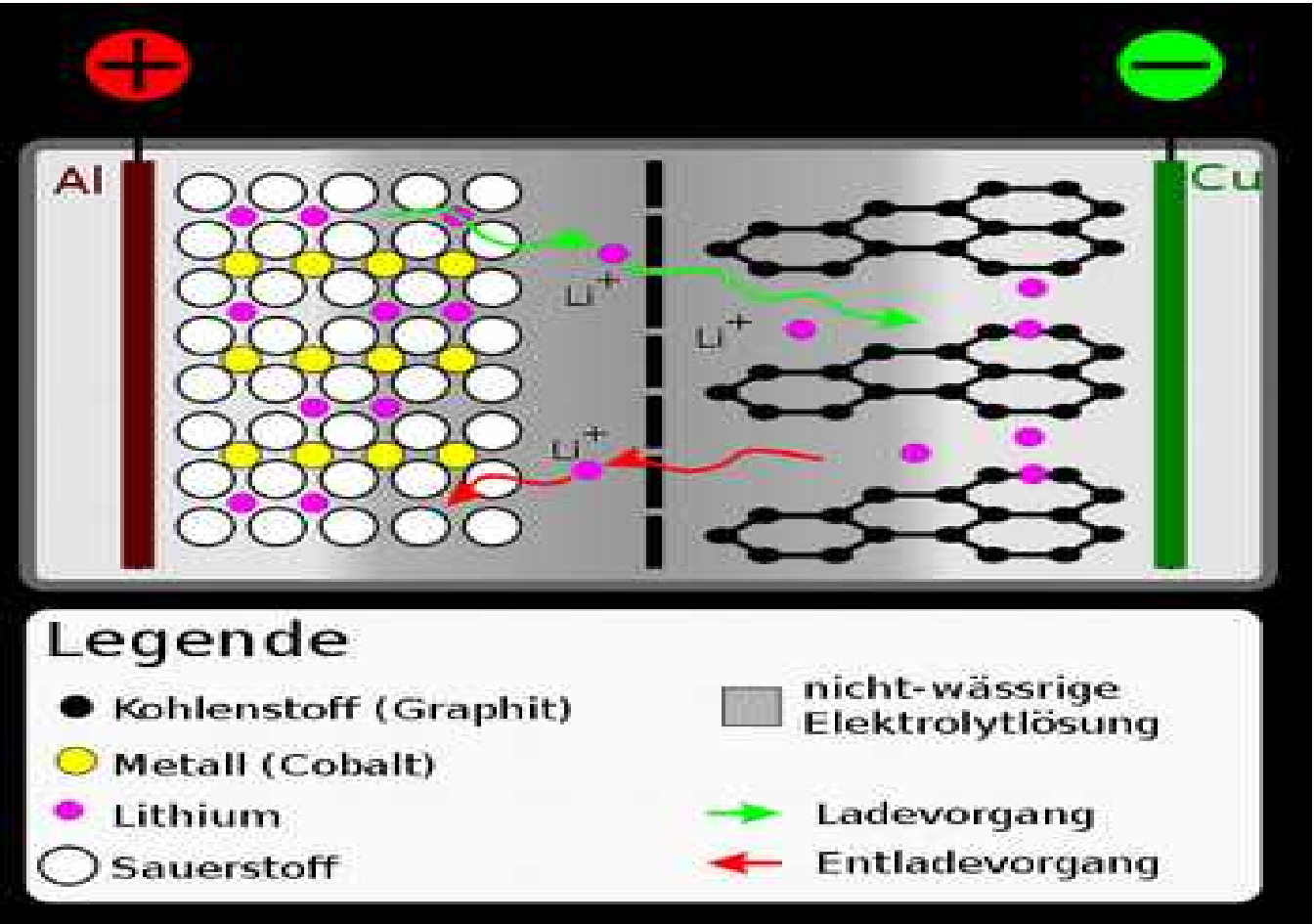
Verwendet man nun eine Kombination eines edlen mit einem unedlen Metall, so ergibt sich die erzeugte Spannung als Differenz der beiden Potenziale z.B. die Kombination von Graphit (+0,74V) und Lithium (-3,04) würde eine Spannung von 3,78V ergeben.

Edle Metalle		Unedle Metalle	
Werkstoff	Potenzial	Werkstoff	Potenzial
Gold	+1,50V	Blei	-0,13V
Platin	+1,20V	Nickel	-0,25V
Silber	+0,80V	Cadmium	-0,40V
Graphit	+0,74V	Zink	-0,76V
Kupfer	+0,34V	Mangan	-1,10V
		Lithium	-3,04V



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Lithium-Ionen



Legende

- Kohlenstoff (Graphit)
- Metall (Cobalt)
- Lithium
- Sauerstoff
- nicht-wässrige Elektrolytlösung
- Ladevorgang
- ← Entladevorgang

Quelle: Wikipedia Urheber: Cepheiden



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Lithium-Ionen

Eigenschaften

- Kein Memory Effekt
- Die Selbstentladung ist sehr gering
- Lebensdauer hängt stark vom verwendeten Material und deren Qualität ab. Hochwertige Zellen verlieren selbst nach Jahren nur sehr gering an Kapazität und Leistung
- Annähernd der ganze geladene Strom kann wieder entnommen werden
- Wirkungsgrad um die 90%
- Nennspannung von 3,6V;
Ladeschlussspannung 4,2V;
Entladeschlussspannung 2,5V. Eine Tiefenentladung führt zu Schädigungen und Kapazitätsverlusten
- Leistungsdichte beträgt 300 — 1.500 W/kg
- Energiedichte bei 95-190 Wh/kg bzw. 250-500 Wh/Liter

Umgang mit Li-Ion-Akkus

- Entladung:
Entladeschlussspannung von 2,5V darf nicht unterschritten werden
- Nicht unter 30% entladen und nicht 100% laden (meist 80%)
- Überladung wird durch Überwachungselektronik des Akkus verhindert, aber falls nicht, kann sich der Akku stark aufheizen und sogar in Brand geraten.
- Ideale Betriebstemperatur 18°C-25°C
- Falls der Akku gelagert wird, sollte der Ladezustand 40-60% betragen und dieser sollte kühl gelagert werden. Alle sechs Monate wieder auf 40-60% aufladen.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Lithium-Ionen

Noch immer gelten Lithium-Ionen-Akkus als zu fehleranfällig. Zwar haben sie eine deutlich höhere Leistungsdichte als die konventionelle Technologie und sind deshalb wesentlich leichter, können jedoch überhitzen. Die Folgen wären dramatisch: Bei unzureichender Kühlung sind Brände nicht ausgeschlossen. Aktuelle Probleme bei Boing Dreamliner.

Optimale Betriebstemperatur bei ca. 15°. Ab 40° deutliche Leistungsverluste.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Zukunft Lithium-Luft

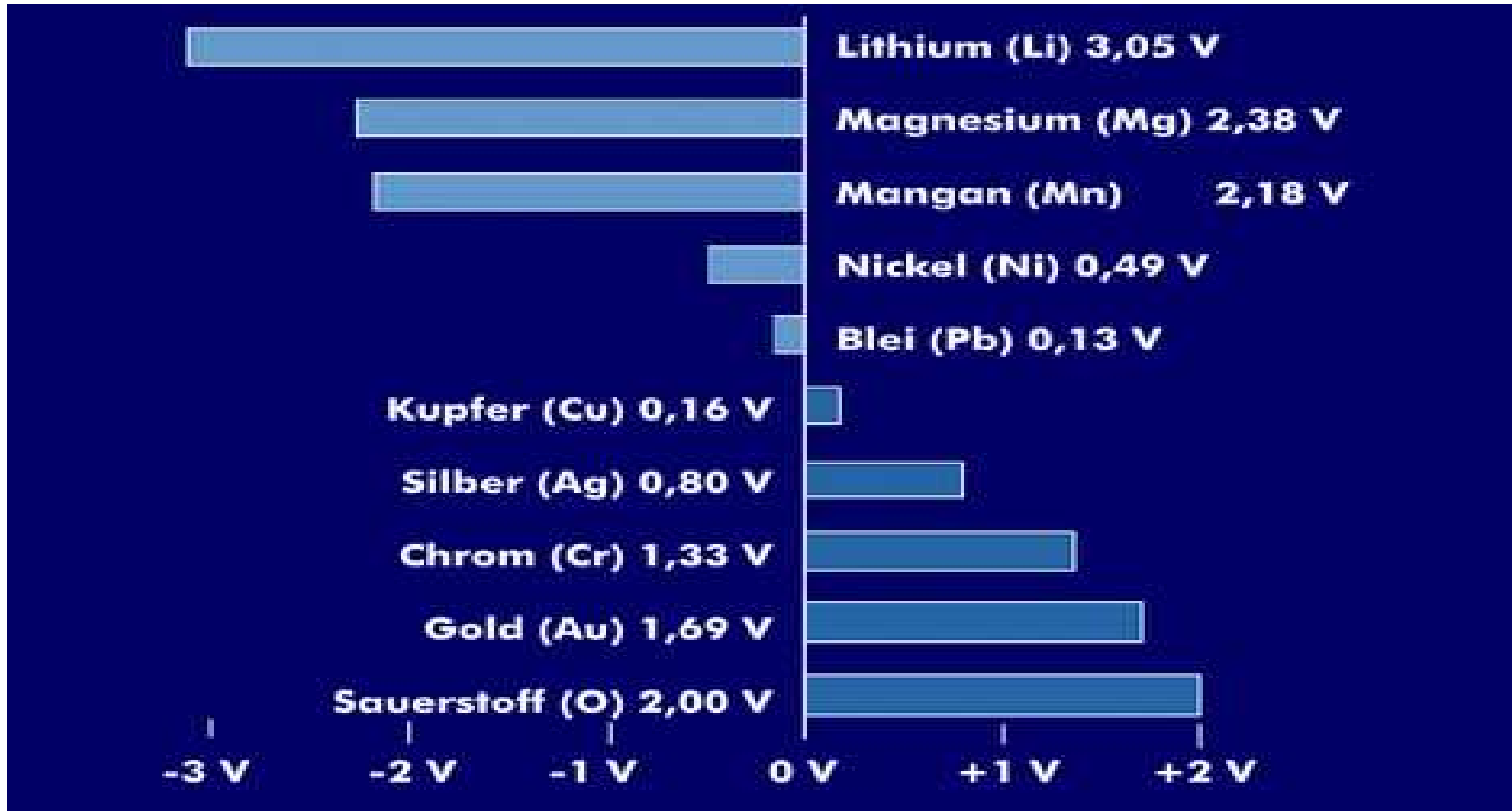
Die künftigen Akku-Generationen werden aber von Metall-Luft-Systemen bestimmt. Denn durch den Wegfall einer Elektrode (und deren Ersatz durch Luft) lässt sich nochmals Gewicht sparen. Bereits die Zink-Luft-Batterie erreicht Energiedichten, die dreimal größer sind als von herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien. Am attraktivsten erscheint jedoch die Lithium-Luft-Batterie. Sie erreicht die höchsten Energie- (über 450 Wh/kg) und Leistungsdichten. Die bislang erreichten Wirkungsgrade (über 80%) geben viel Anlass zur Hoffnung.

VW rechnet damit, die Elektroautos zu einer Reichweite von mindestens 360 Kilometern zu verhelfen.



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Zukunft Lithium-Luft



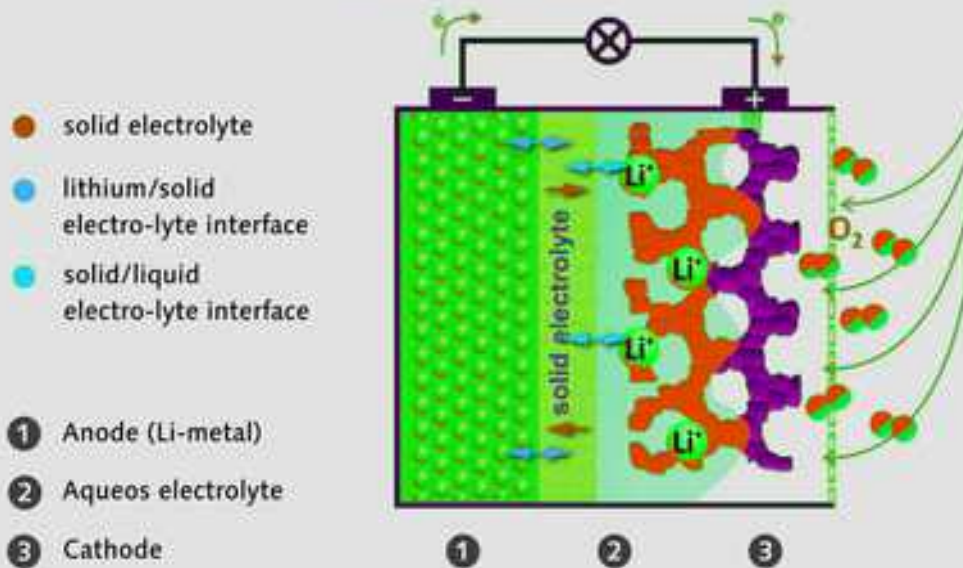
Spannungspotential in der Kombination Lithium / Sauerstoff: 5,05 V (da geht was)



Einführung in die Hybridtechnologie

Batterietechnologie: Zukunft Lithium-Luft

STRUCTURE OF THE TEST CELL
 AUFBAU TESTZELLE



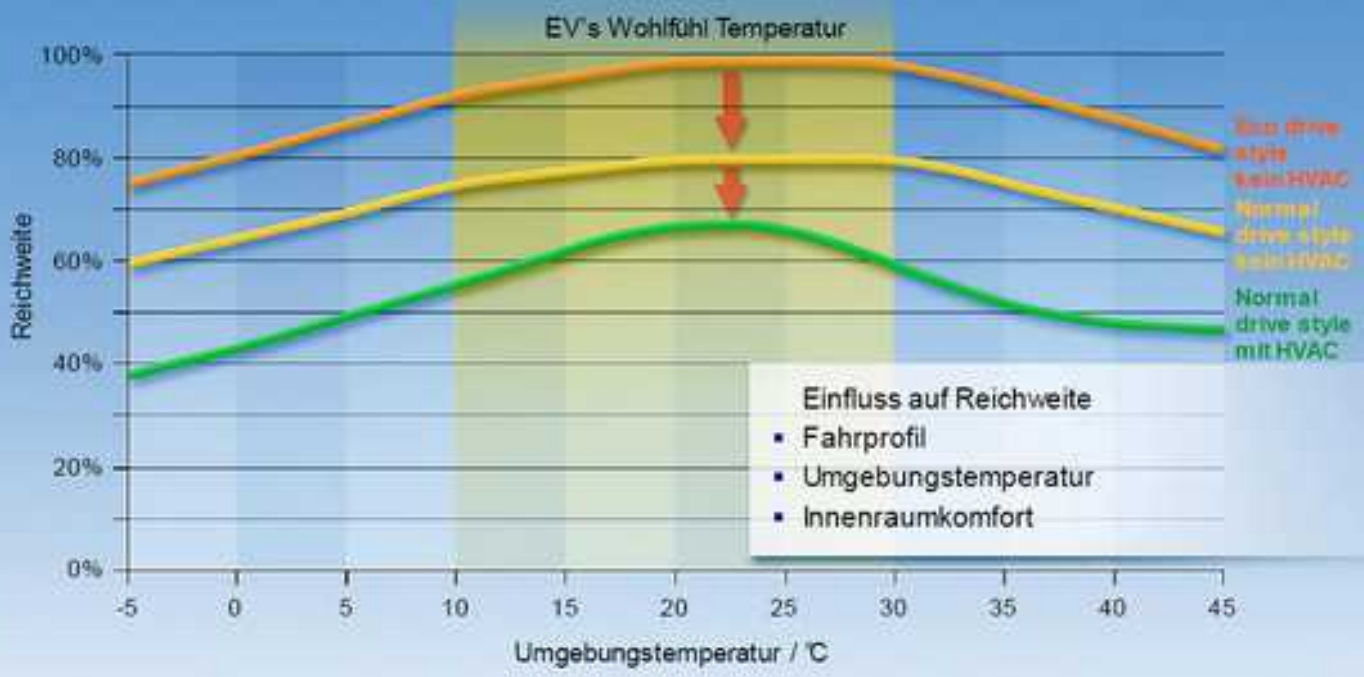
Lithium-Luft-Batterien bestehen aus zwei Elektroden zwischen denen sich der Elektrolyt befindet. Die Anode besteht aus metallischem Lithium-Kobaltoxid, die Kathode ist ein luftdurchlässiges Kohlenstoffgitter in Nanostruktur, in das Sauerstoff eingelagert ist. Der für die Reaktion erforderliche Sauerstoff wird aus der Luft entnommen.

Beim Ladevorgang wandern die Lithium-Ionen von der Kathode durch den Elektrolyten zur Anode und geben dabei Sauerstoff in die Luft ab. Beim Entladen geben die Lithium-Atome an der Anode Elektronen ab, die den angeschlossenen Schaltkreis mit Strom versorgen. Die Lithium-Ionen wandern von der Anode durch den Elektrolyt zur Kathode wo sie mit Sauerstoff aus der Luft reagieren



Einführung in die Hybridtechnologie

EV Reichweite: "Eine verlässliche Unsicherheit"



HVAC: Heating, Ventilation and AirConditioning



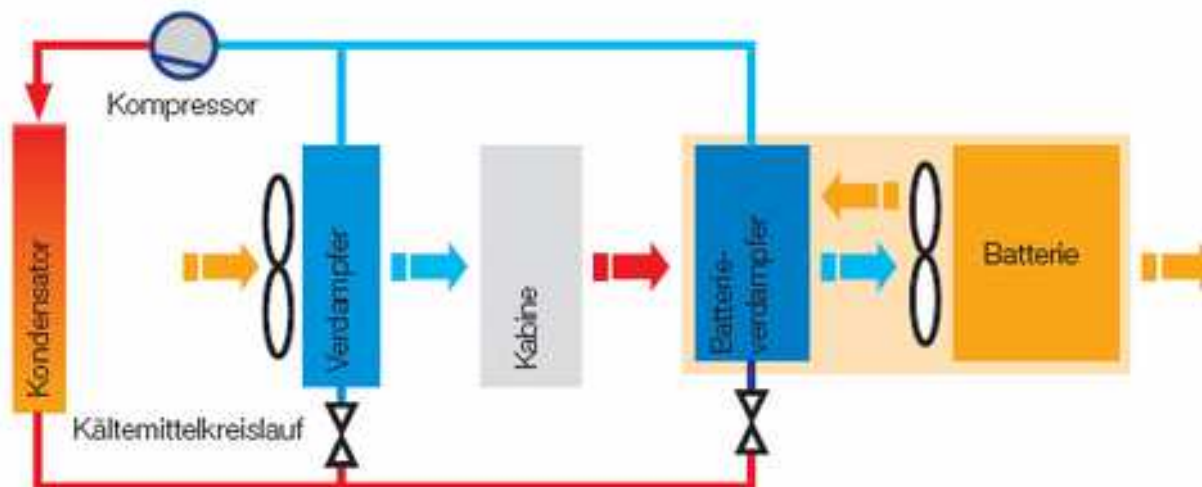
Einführung in die Hybridtechnologie

Temperaturregelung

Möglichkeit 1

Luft wird aus dem klimatisierten Fahrzeug-Innenraum angesaugt und zum Kühlen der Batterie genutzt. Die angesaugte kühle Luft aus dem Fahrzeug-Innenraum hat eine Temperatur kleiner als 40°C . Diese Luft wird genutzt, um die frei zugänglichen Flächen des Batteriepaketes zu umströmen. Nachteile dieser Möglichkeit sind:

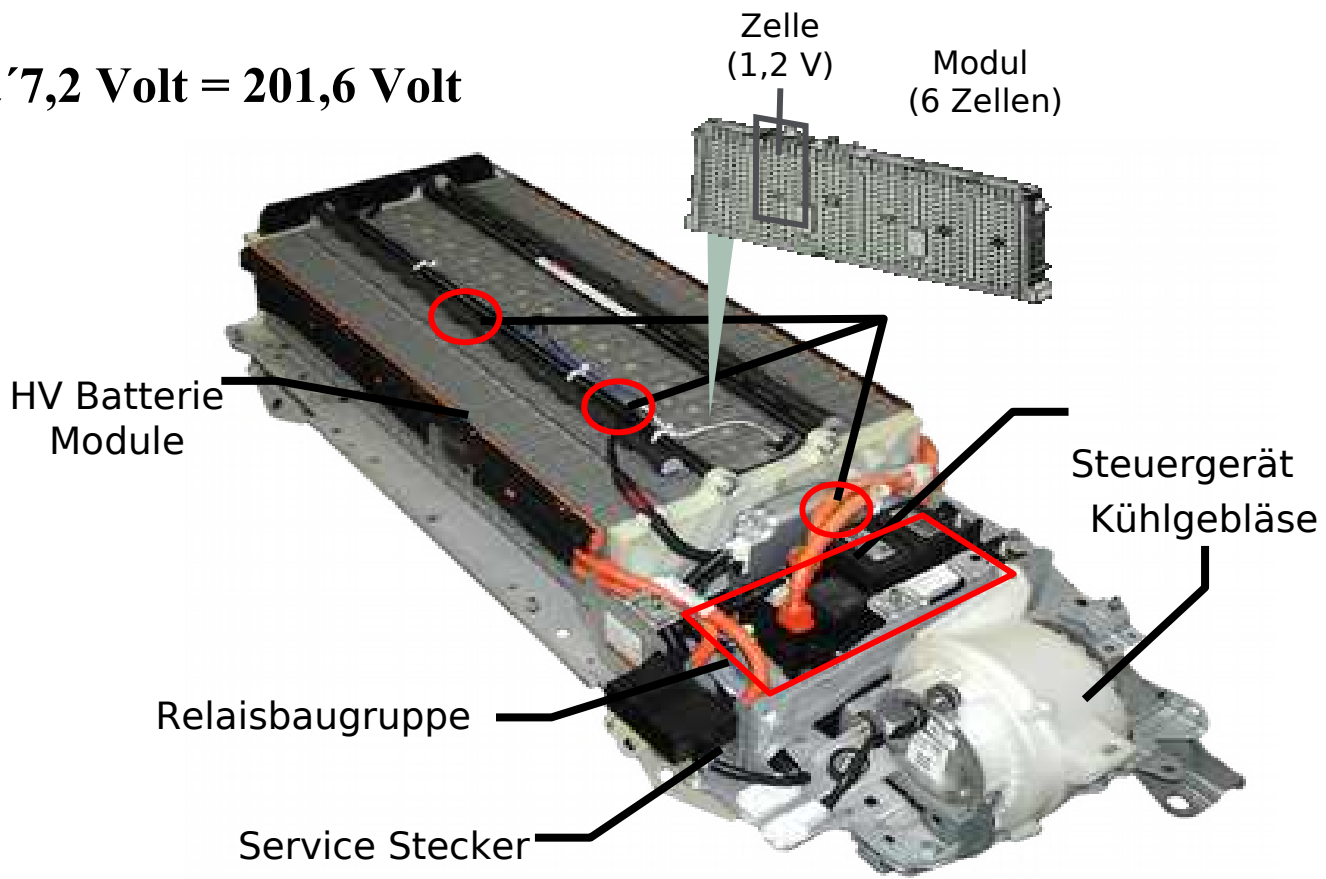
- * Die geringe Kühlungseffektivität.
- * Die angesaugte Luft aus dem Innenraum kann nicht zu einer gleichmäßigen Temperaturreduzierung genutzt werden.
- * Der erhebliche Aufwand zur Luftführung.
- * Eventuell störende Geräusche im Innenraum durch das Gebläse.
- * Durch die Luftkanäle besteht eine direkte Verbindung des Fahrgastraumes mit der Batterie. Dies ist aus Sicherheitsgründen (z.B. Ausgasen der Batterie) als problematisch einzustufen.



Einführung in die Hybridtechnologie

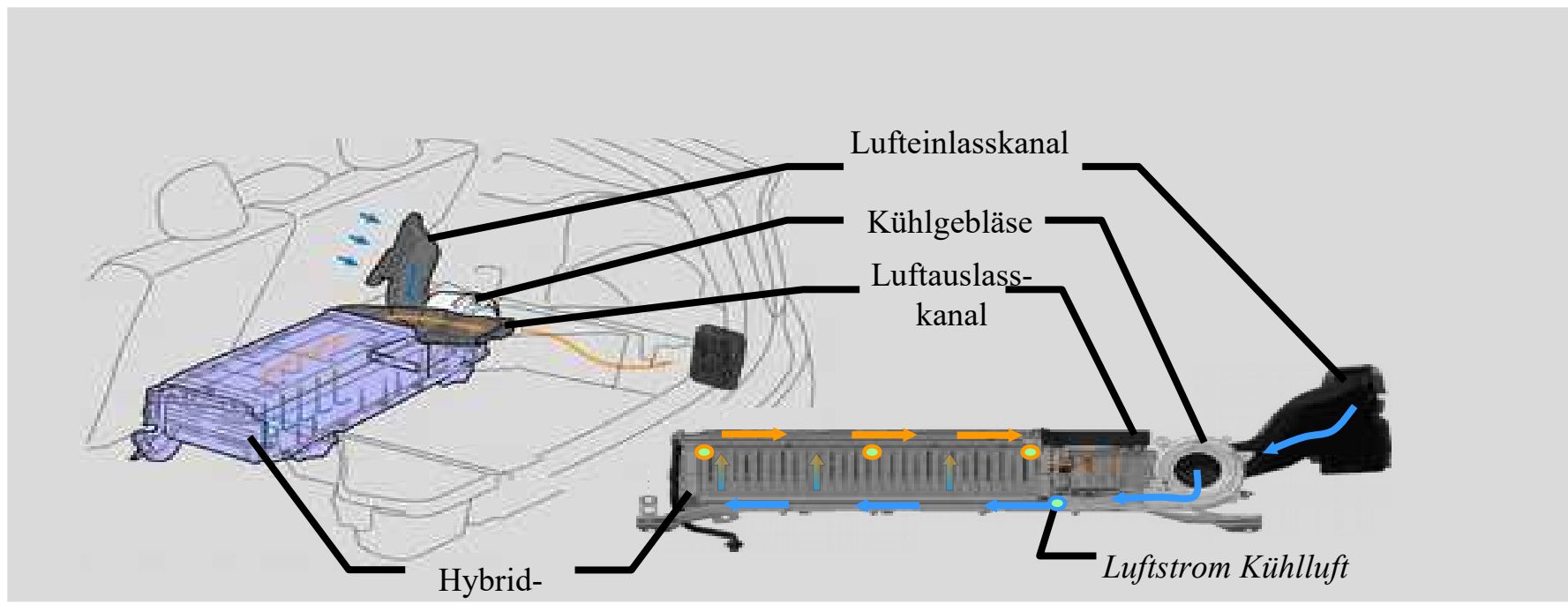
Temperaturregelung

28 Module a'7,2 Volt = 201,6 Volt



Einführung in die Hybridtechnologie

Temperaturregelung



Temperatursensoren der Hybridbatterie
○ : für Batteriemodul ○ : für einströmende Luft

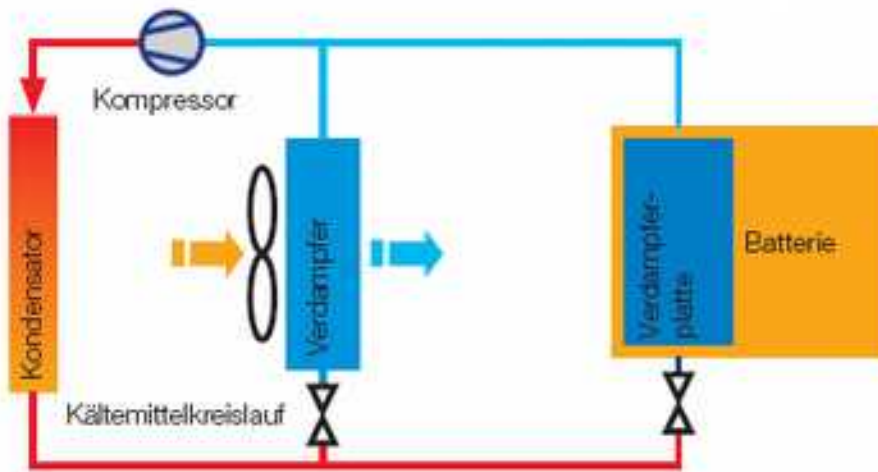


Einführung in die Hybridtechnologie

Temperaturregelung

Möglichkeit 2

Eine spezielle, in der Batteriezelle eingeschlossene Verdampferplatte wird an die im Fahrzeug vorhandene Klimaanlage angeschlossen. Dies erfolgt im sogenannten Splittingverfahren an der Hochdruck- und Niederdruckseite über Rohrleitungen und ein Expansionsventil. Damit sind der Innenraumverdampfer und die Verdampferplatte der Batterie, die wie ein herkömmlicher Verdampfer funktioniert, an ein und demselben Kreislauf angeschlossen.



Verdampferplatte



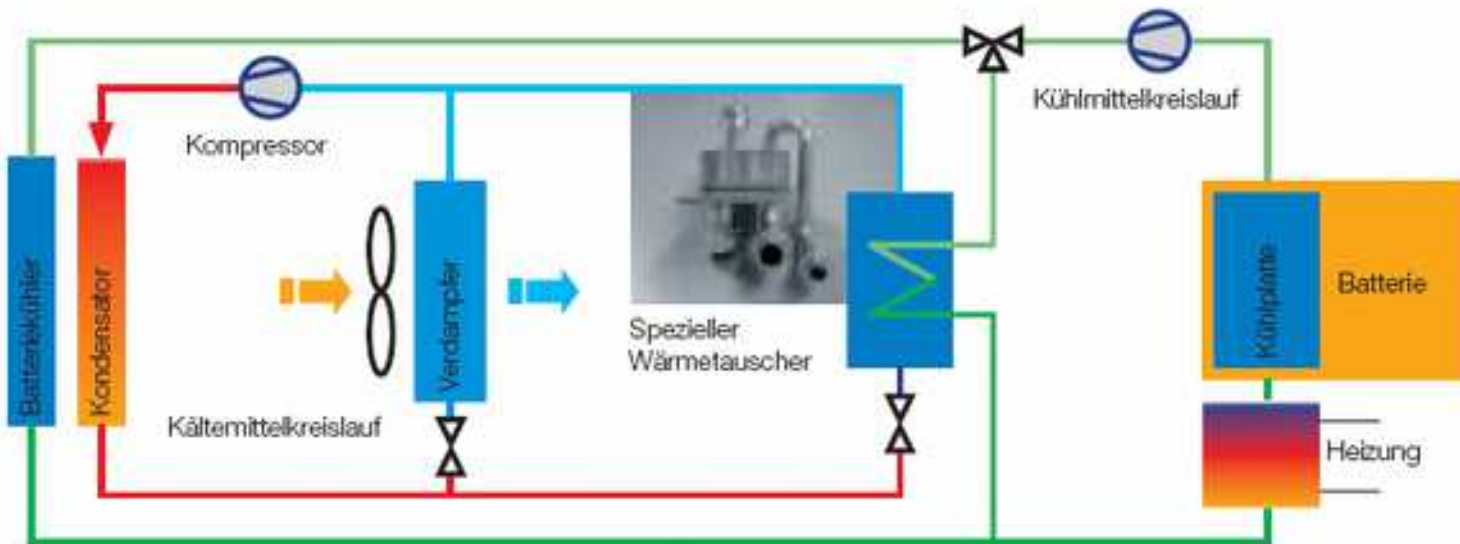
Einführung in die Hybridtechnologie

Temperaturregelung

Möglichkeit 3

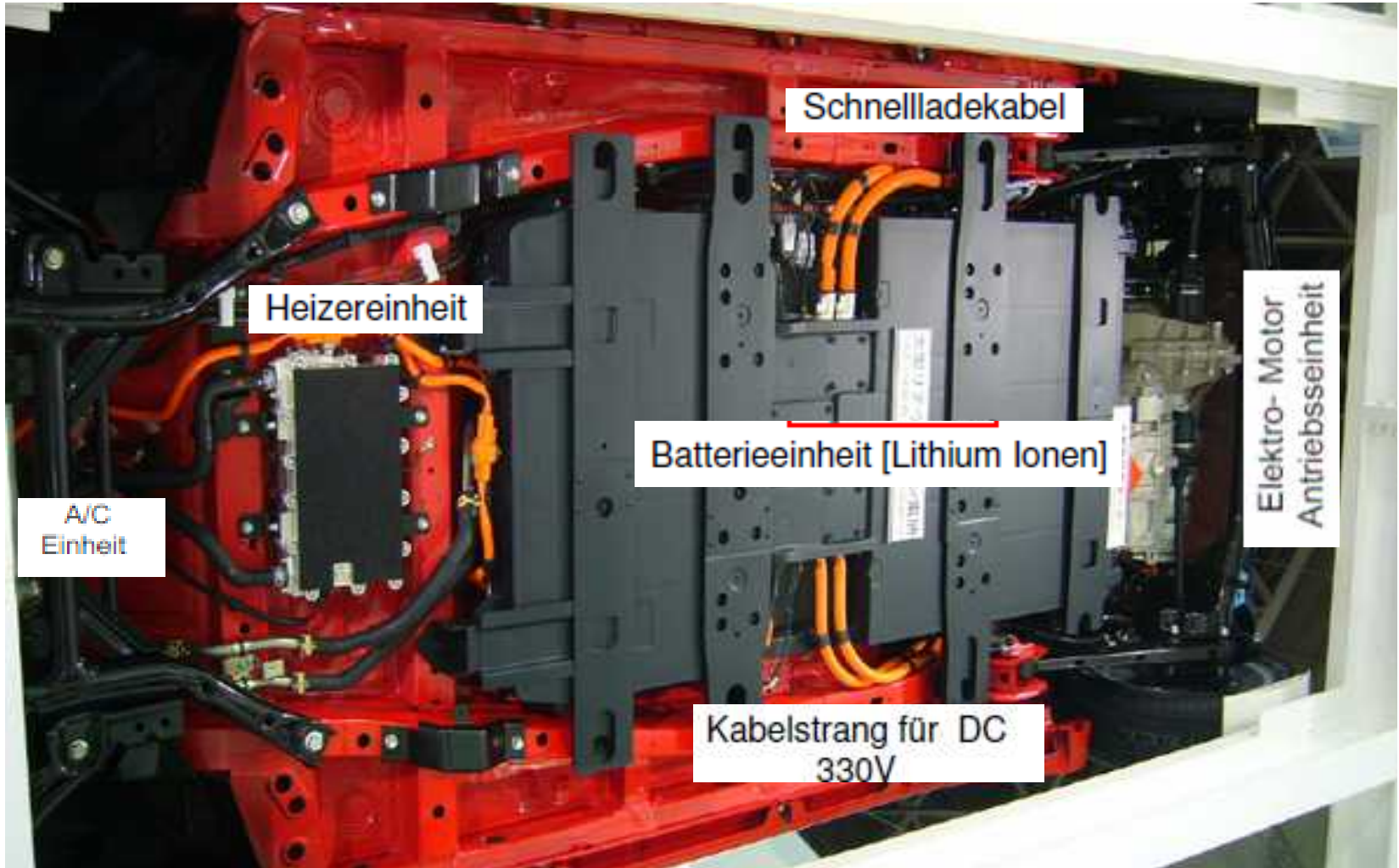
Bei Batterien mit größerer Kapazität spielt die richtige Temperierung eine zentrale Rolle. Daher ist bei sehr niedrigen Temperaturen eine zusätzliche Beheizung der Batterie notwendig, um sie in den idealen Temperaturbereich zu bringen. Nur in diesem Bereich kann eine zufriedenstellende Reichweite im Modus „Elektrisches Fahren“ erreicht werden.

Um diese zusätzliche Beheizung durchzuführen, wird die Batterie in einen Sekundärkreislauf eingebunden. Dieser Kreislauf stellt sicher, dass die ideale Betriebstemperatur von 15° C-30° C dauerhaft gehalten wird.



Einführung in die Hybridtechnologie

Temperaturregelung

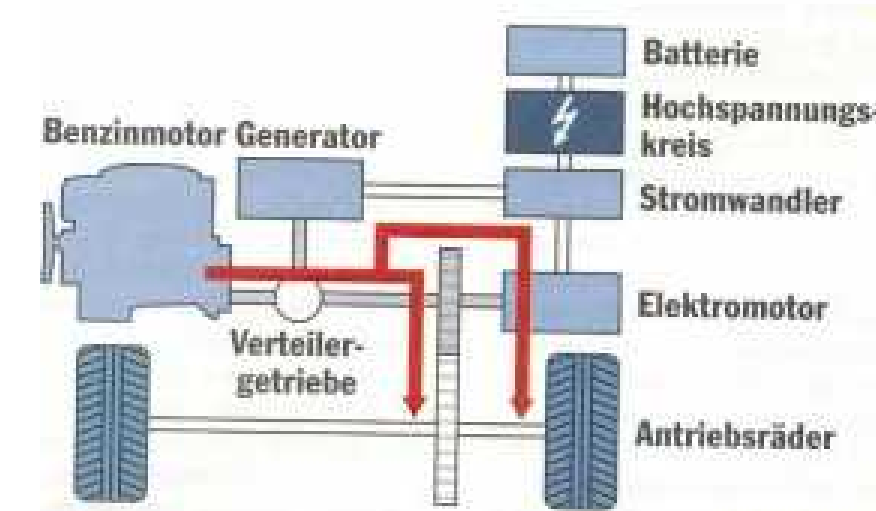


Fahrtrichtung

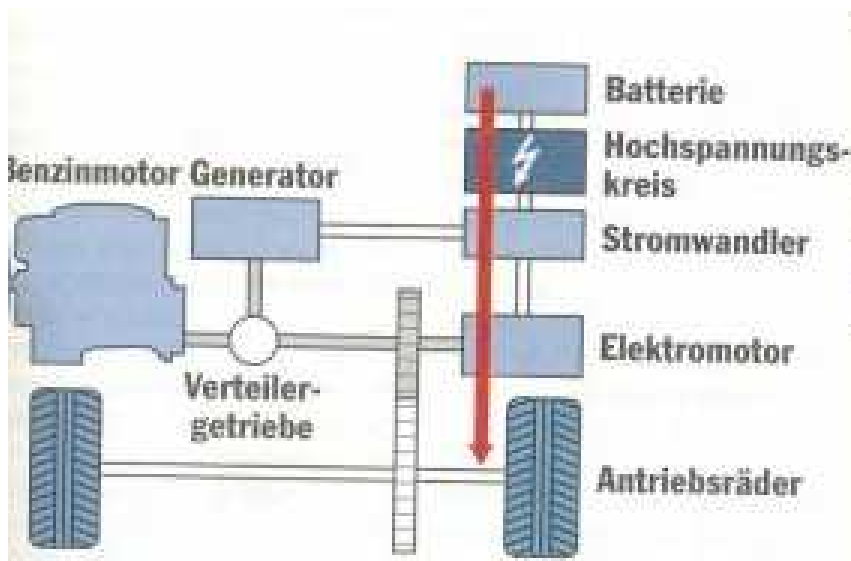


Einführung in die Hybridtechnologie

Fahrzustände bei Vollhybriden:



Normalfahrt



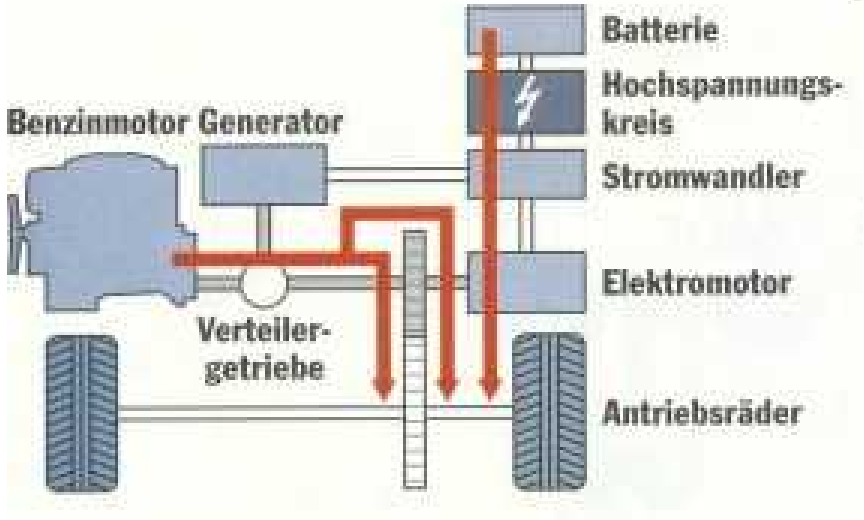
Sanftes Beschleunigen/ Stop - and - Go

Beim Starten und Losfahren ist nur der Elektromotor in Betrieb, der Verbrennungsmotor bleibt aus. Auch Fahrten bei geringer Last finden ohne Benzinverbrauch statt. Rein elektrisches Stop-and-Go ist möglich. Dabei wird der Ladezustand der Batterie ständig überwacht, damit immer ausreichende Reserven zur Verfügung stehen.



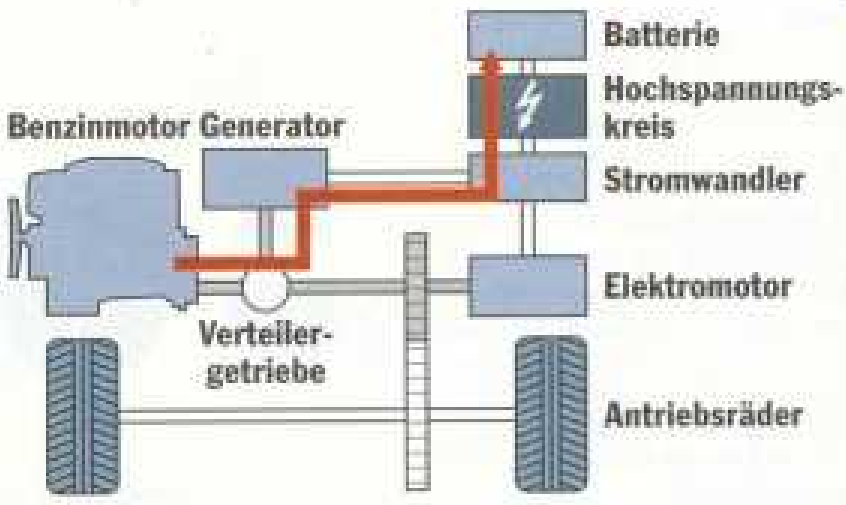
Einführung in die Hybridtechnologie

Fahrzustände bei Vollhybriden:



Volllast / starkes Beschleunigen

Verbrennungsmotor und E - Motor arbeiten mit voller Leistung, Batterie wird entleert, sie liefert zusätzliche Energie



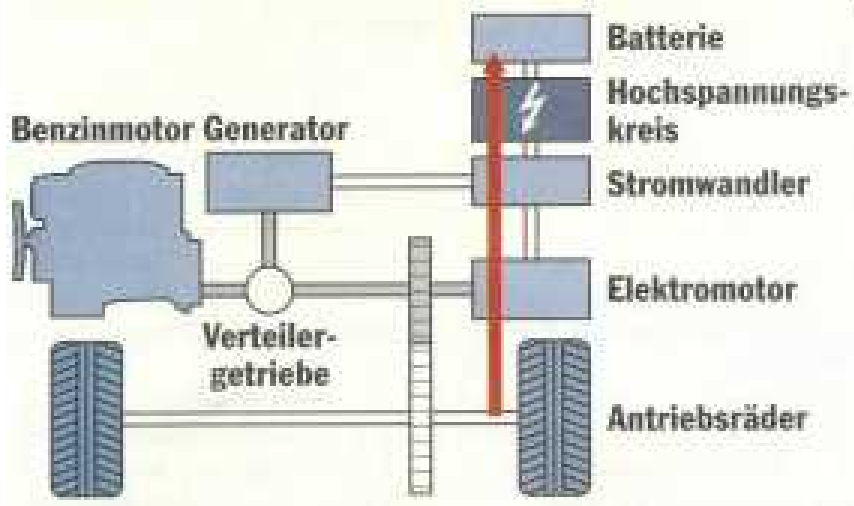
Laden

Sobald der Ladezustand es erfordert, wird überschüssige Energie vom Verbrennungsmotor zum Generator geleitet, um die Batterie aufzuladen.



Einführung in die Hybridtechnologie

Fahrzustände bei Vollhybriden:



Bremsen/ Schiebetrieb (Rekuperation)

E - Motor arbeitet als Generator, der die freigesetzten Energien in elektrische Energie umwandelt, die Batterie wird geladen.

Stop

Beim Halten, zum Beispiel an der Ampel, wird der Verbrennungsmotor abgestellt. Zum Anfahren muss nur das Gaspedal getreten werden.



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Hybrid-Varianten

Speziell bei ausgeprägten Hybrid-Fahrzeugen, die in den Kategorien Mild-Hybrid, Voll-Hybrid oder Plug-In Hybrid angesiedelt werden können, ergeben sich weitere Differenzierungsmerkmale gemäß der technischen Ausprägung des Antriebsstrang:

- **Parallel-Hybrid**
- **Seriell Hybrid**
- **Powersplit-Hybrid** (Leistungsverzweigter Hybrid)
- **Axlesplit-Hybrid**
- **Two-Mode Hybrid** (z.B BMW X6 Hybrid)
- **Torquesplit-Hybrid** (System Fa. Getrag mit Doppelkupplungsgetriebe)



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Paralleler Hybridantrieb:

Beim parallelen Hybridantrieb werden der

- verbrennungsmotorische

und der

- elektrische Antrieb

parallel geschaltet. Sie können einzeln oder gemeinsam genutzt werden.

Der Parallelhybrid kommt mit nur einer elektrischen Maschine aus, was Kosten spart. Zudem kann die elektrische Maschine platzsparend im Getriebegehäuse untergebracht werden. Dies hat den Vorteil, dass vorhandene Getriebe mit ihren fahrdynamischen Vorteilen verwendet werden können. Der Parallelhybrid lässt sich als Mikro-, Mild- und Vollhybrid ausbilden.

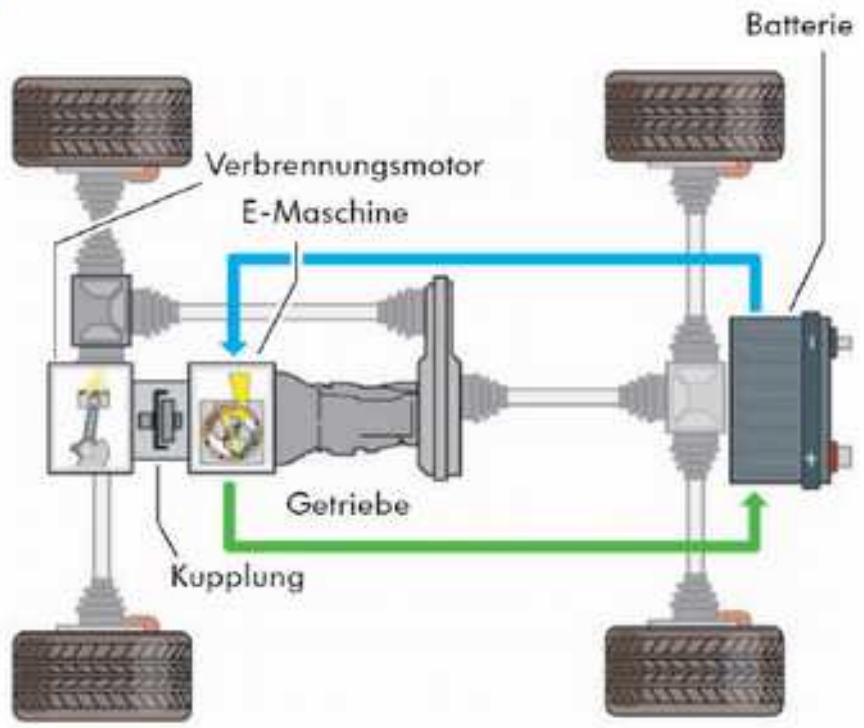


Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Paralleler Hybridantrieb:

Paralleles Hybridkonzept mit starrer Verbindung zwischen Verbrennungsmotor und Motor/Generator (MG)



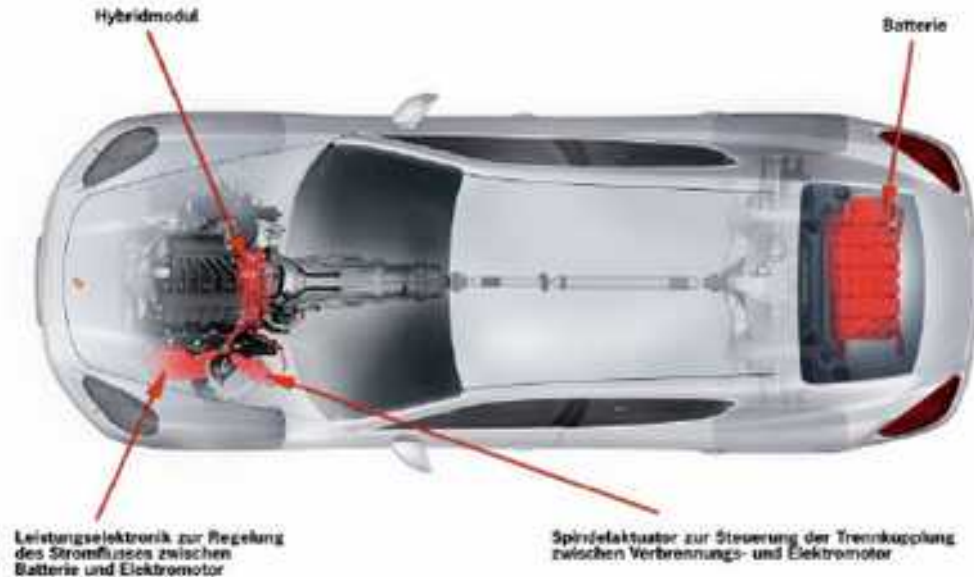
■ Laden
■ Entladen



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Paralleler Hybridantrieb:



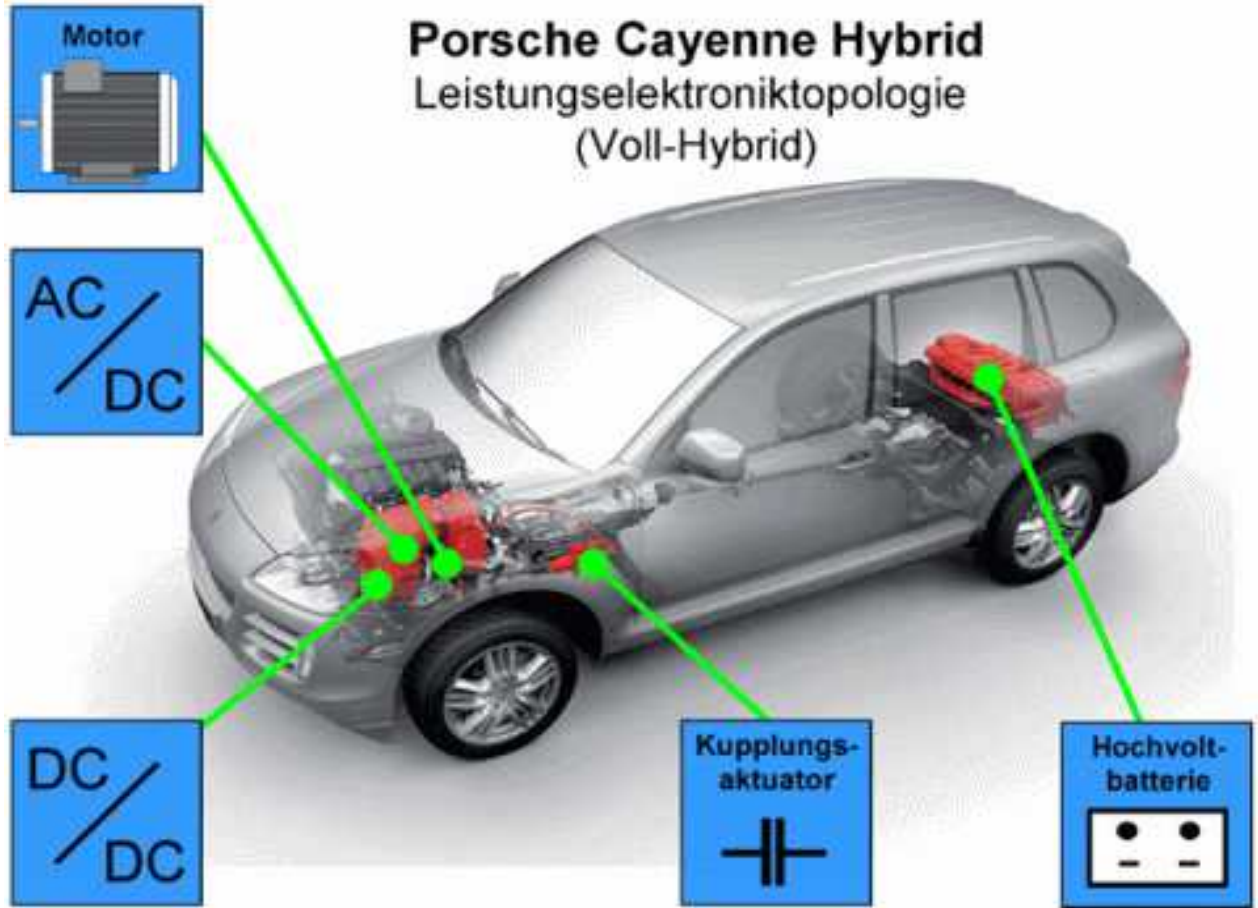
Beispiel PORSCHE Panamera Hybrid:

Durch die Kupplung zwischen Elektromotor und Verbrennungsmotor auch reiner e-Drive möglich
=> Strong-Hybrid (Vollhybrid)



Einführung in die Hybridtechnologie

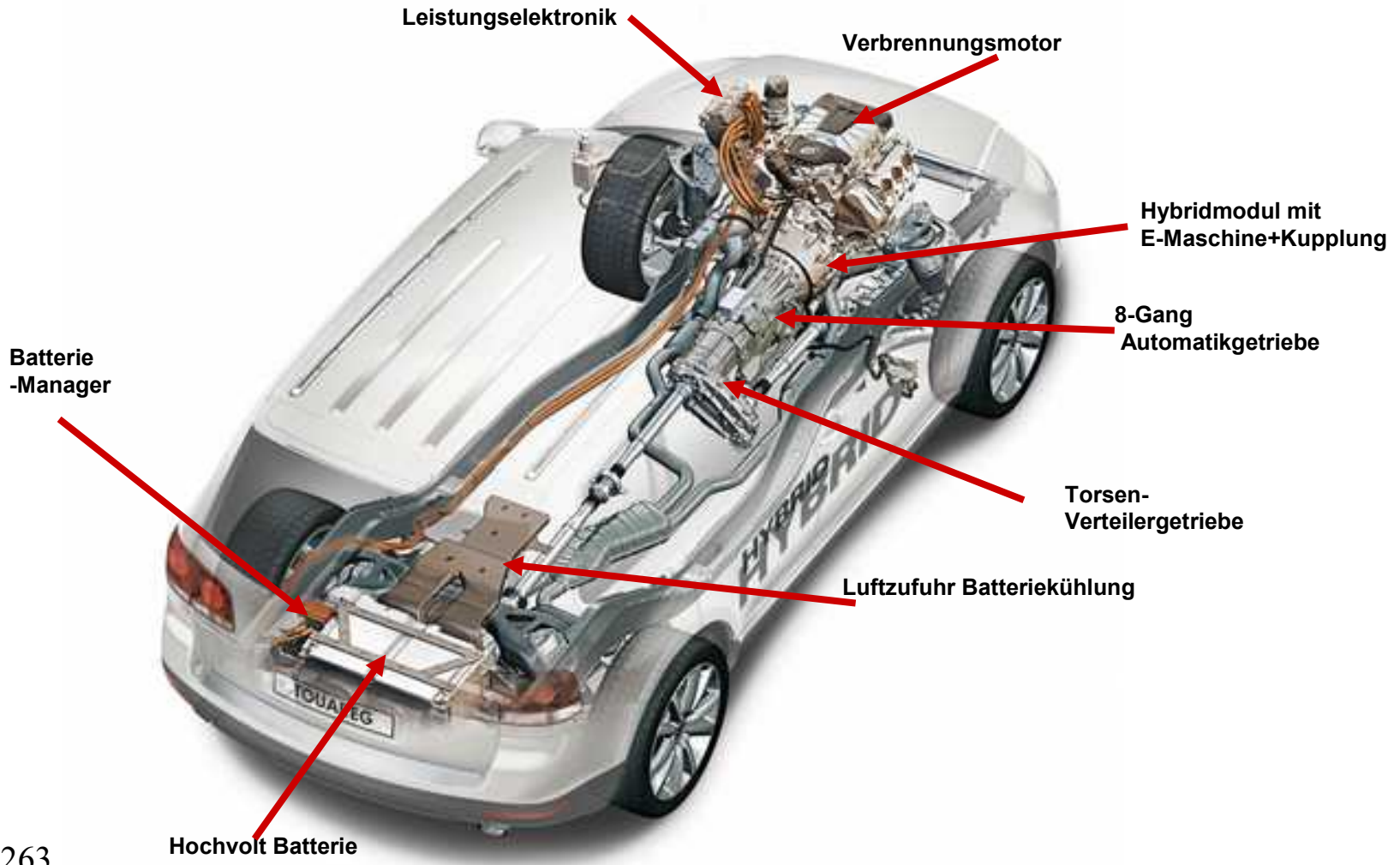
Antriebskonzepte



Einführung in die Hybridtechnologie

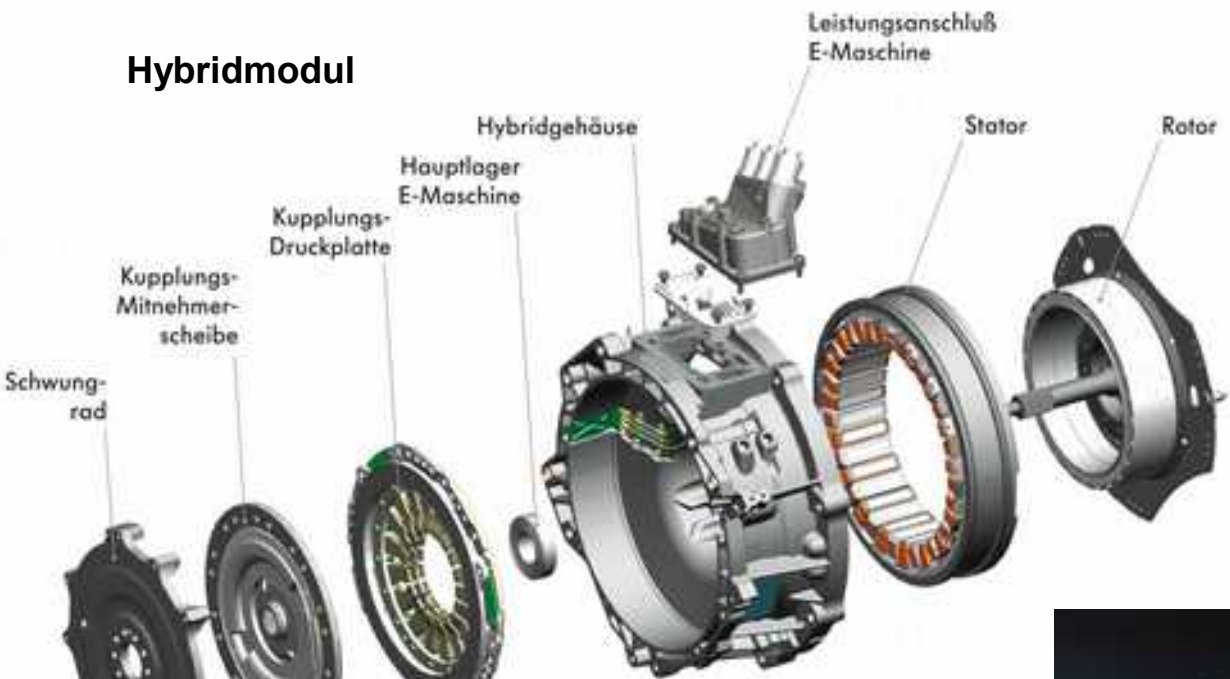
Antriebskonzepte

Paralleler Hybridantrieb VW Touareg 3.0 V6 TSI



Einführung in die Hybridtechnologie

Paralleler Hybridantrieb VW Touareg 3.0 V6 TSI



Hochvoltbatterie



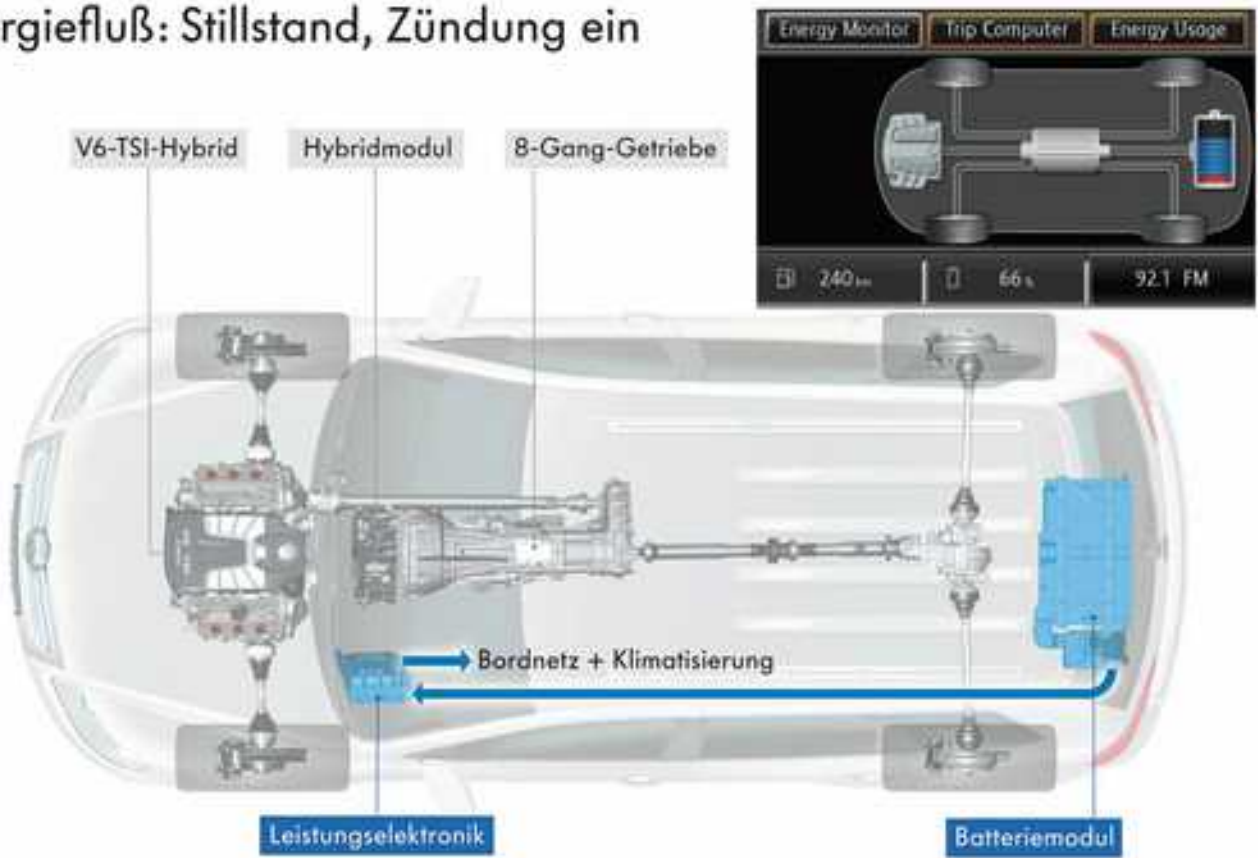
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Betriebsmodi VW Touareg

Technik

Energiefluß: Stillstand, Zündung ein



Einführung in die Hybridtechnologie

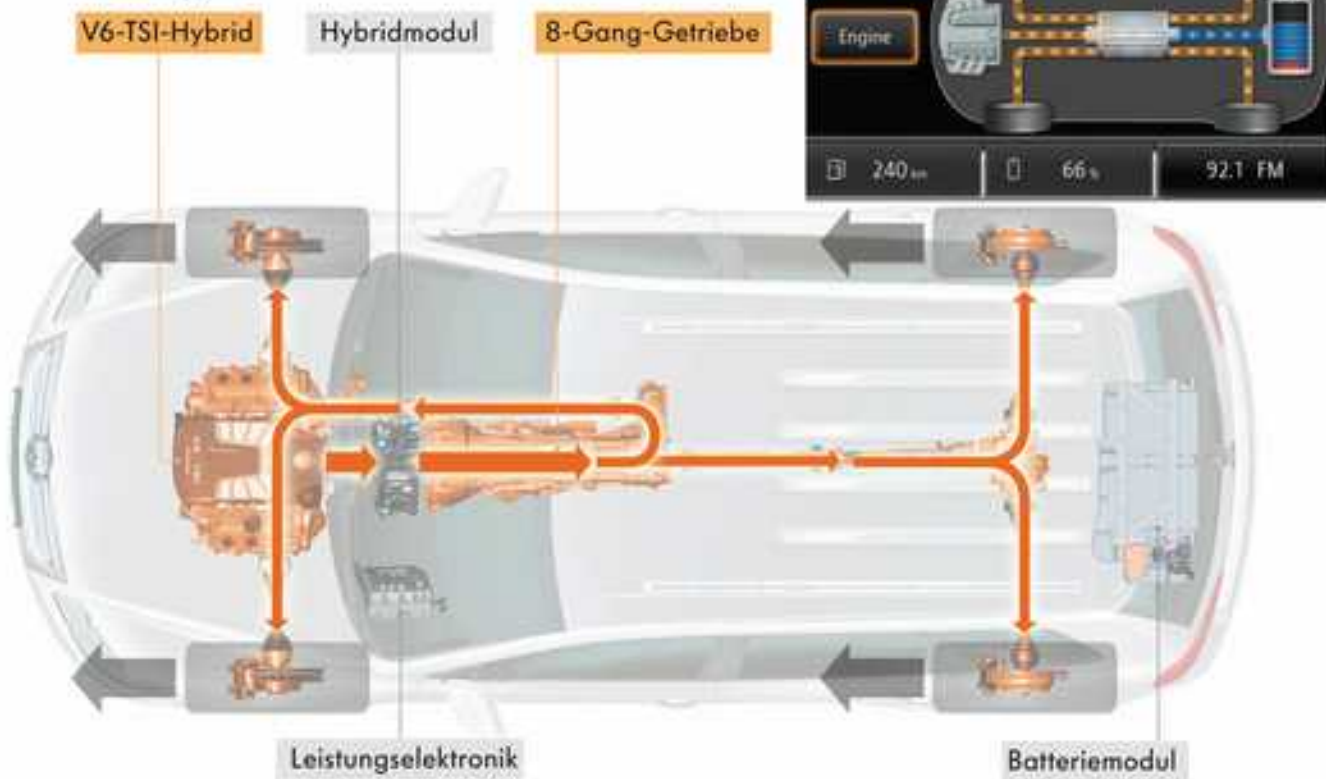
Antriebskonzepte

Betriebsmodi VW Touareg

Technik

Energiefluß:

Verbrennungsmotorisches Fahren



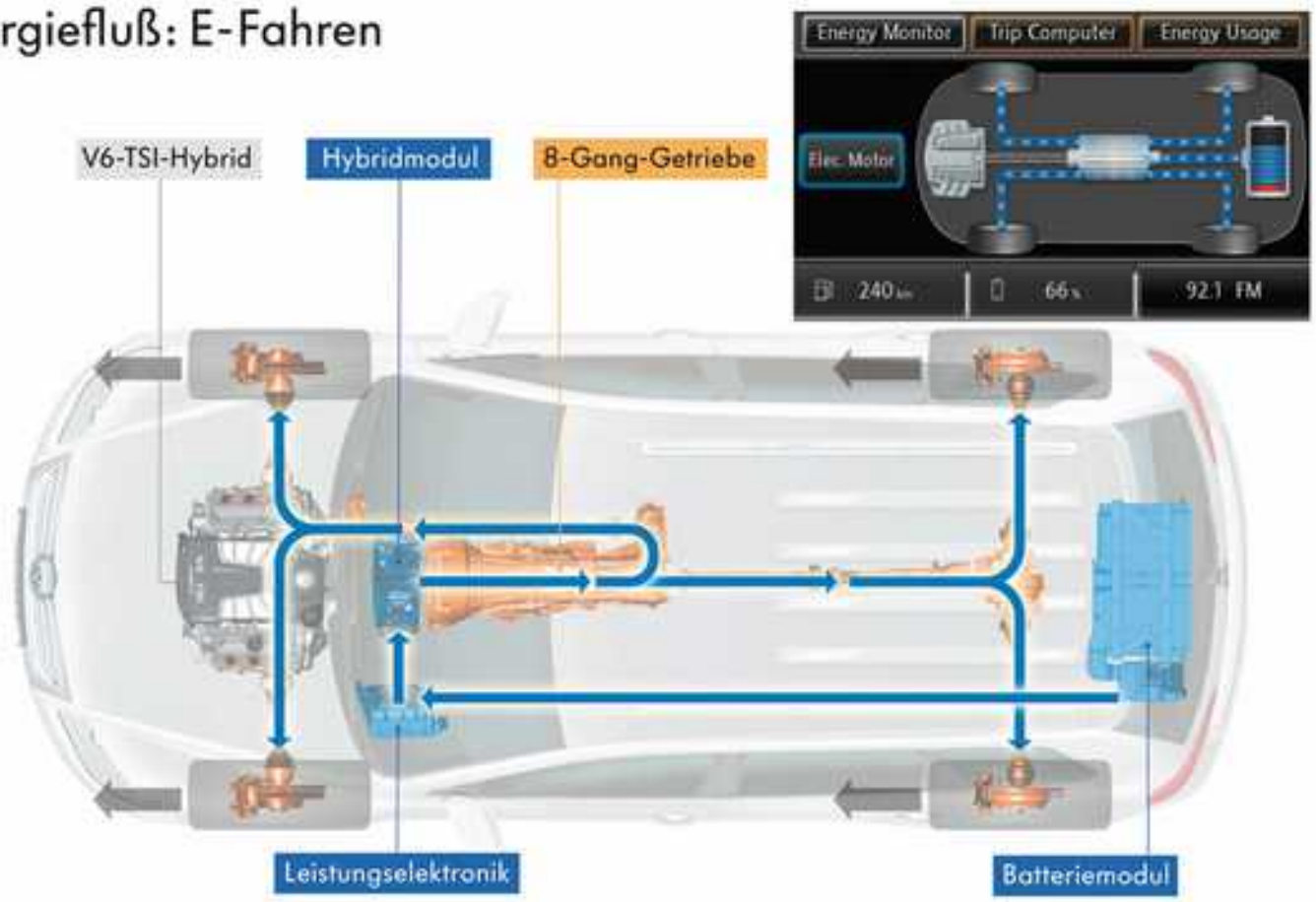
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Betriebsmodi VW Touareg

Technik

Energiefluß: E-Fahren



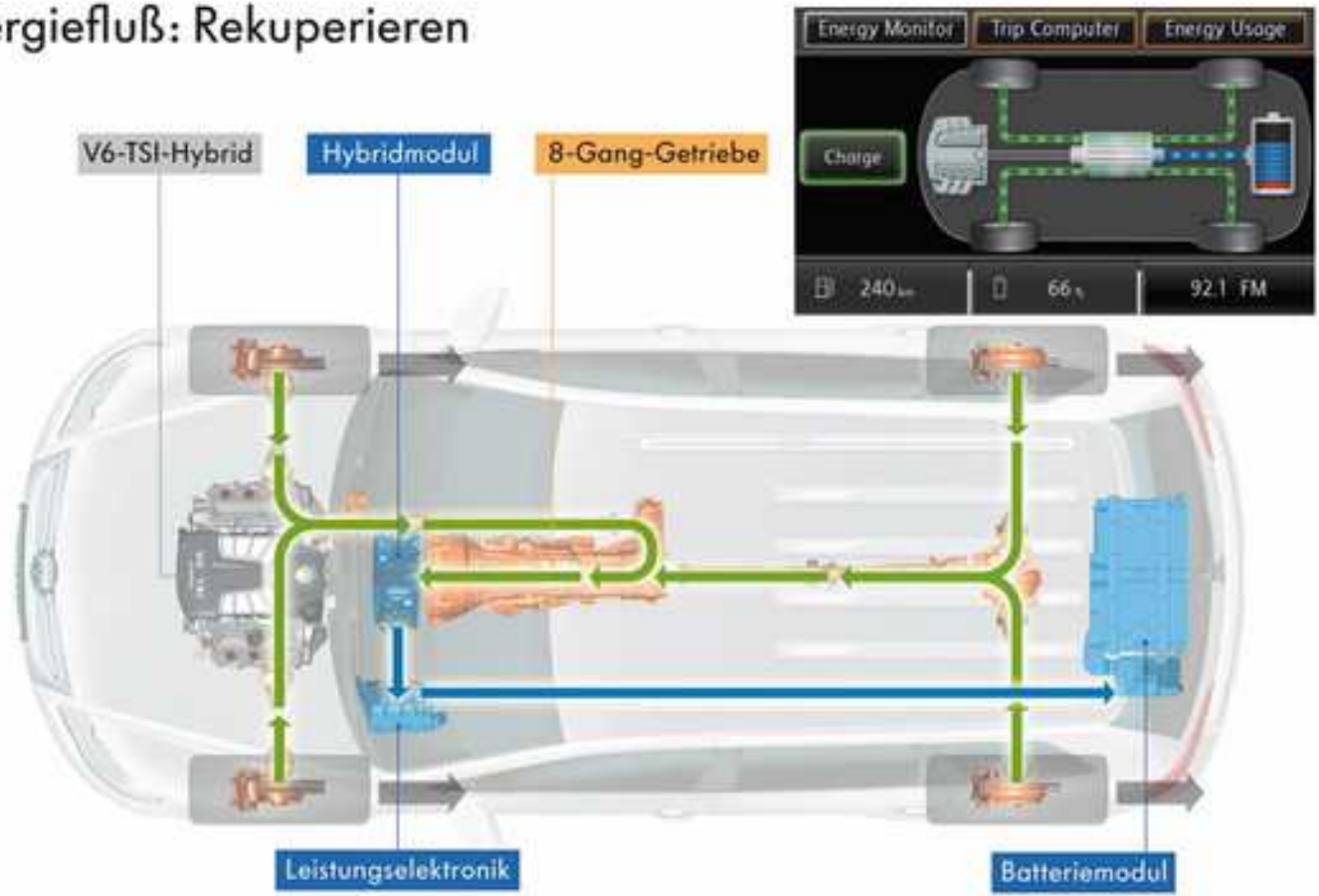
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Betriebsmodi VW Touareg

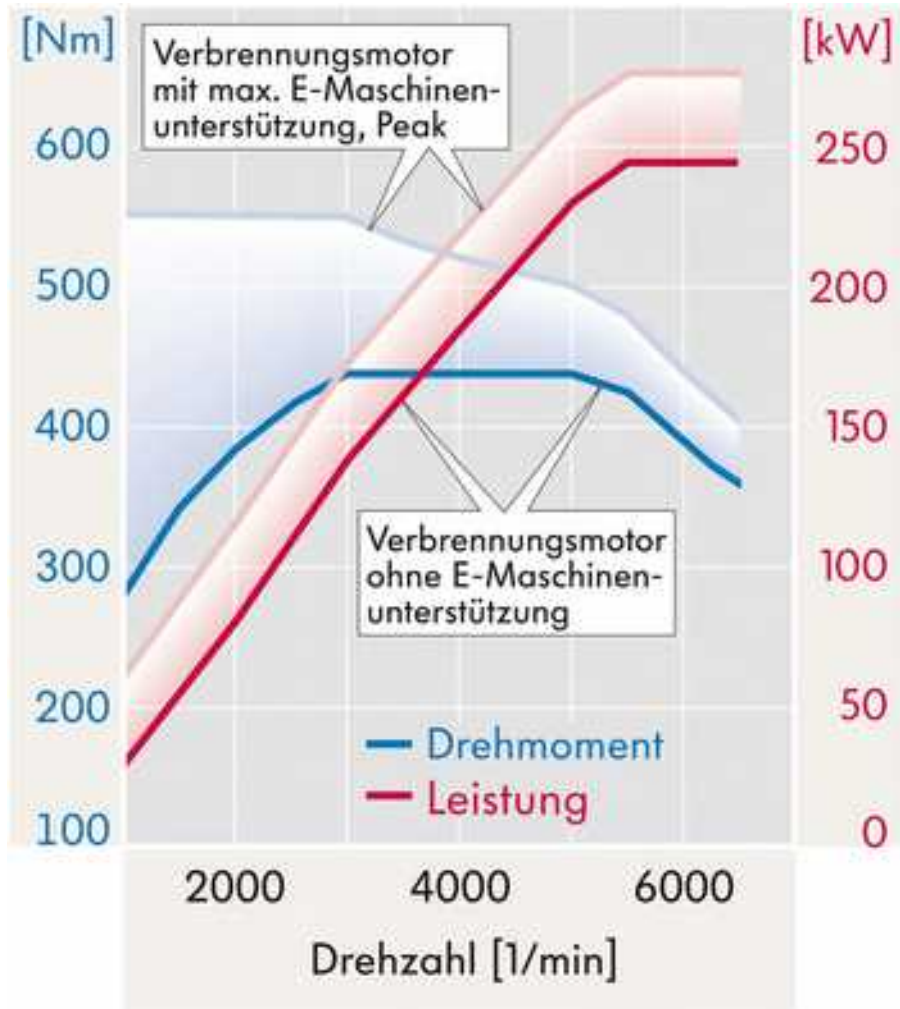
Technik

Energiefluß: Rekuperieren



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Serieller Hybridantrieb:

Serielles Hybridkonzept
Elektrofahrzeug mit „On-Board-Stromerzeugung“

Beim seriellen Hybridantrieb gibt es keine mechanische Verbindung zwischen Verbrennungsmotor und Rädern.

Der Verbrennungsmotor dient in Verbindung mit einem Generator ausschließlich als Stromerzeuger.

Die Antriebsleistung fließt vom Generator über eine oder mehrere elektrische Maschinen zu den Antriebswellen oder direkt zu den Rädern. Der Verbrennungsmotor kann so stets im idealen Betriebspunkt laufen, auch wenn hohe Drehzahlen beim Anfahren und Beschleunigen benötigt werden.



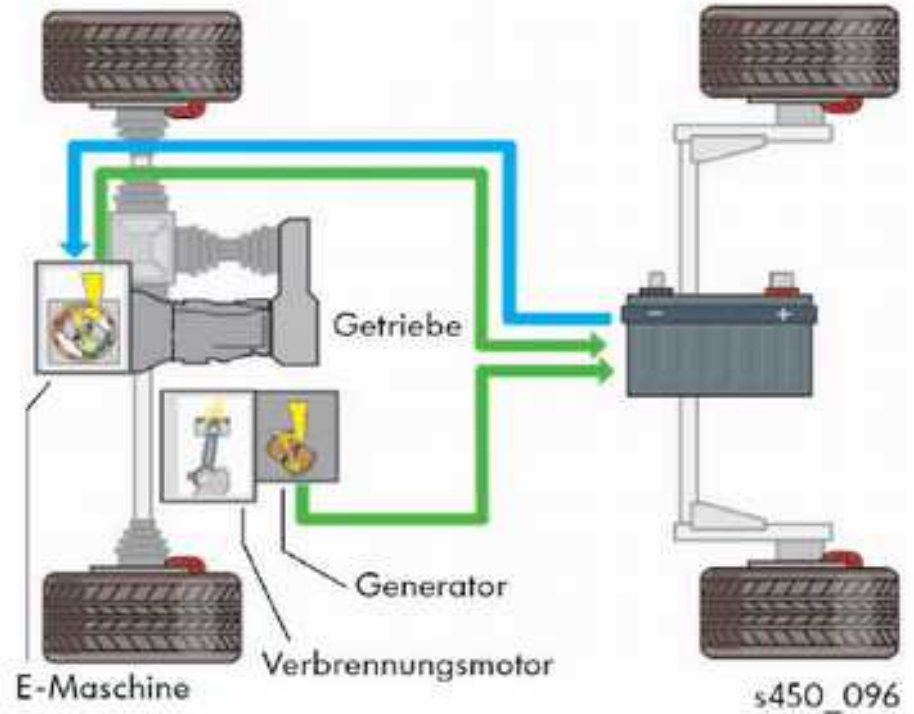
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Serieller Hybridantrieb:

Serielles Hybridkonzept
Elektrofahrzeug mit
„On-Board-Stromerzeugung“

■ Laden
■ Entladen



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Serieller Hybridantrieb



Bei voller Batterie fährt der Ampera 40 km bis 80 km ausschließlich elektrisch. Der eingebaute Verbrennungsmotor mit der 54-kW-Generator-Einheit startet automatisch, sobald die Batterie den minimalen Ladezustand unter 26 % (4,1 kWh) erreicht hat, und liefert dann den elektrischen Fahrstrom; dieser Fahrzeugtyp wird daher auch *Extended-Range Electric Vehicle* (Elektrofahrzeug mit verlängerter Reichweite) genannt.



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Serieller Hybridantrieb



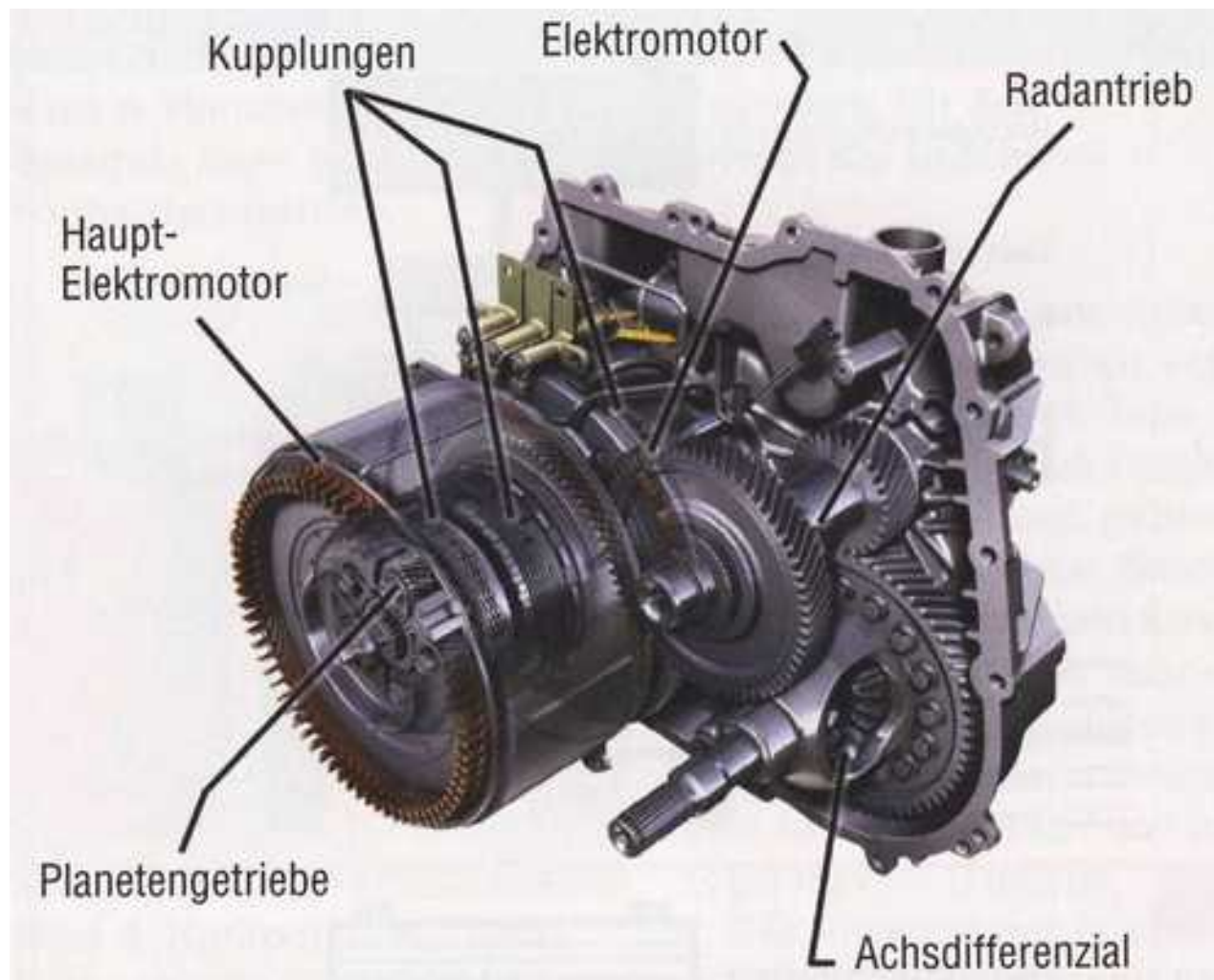
- Leistung des Elektromotors 111 kW bei 5000 min⁻¹
- Drehmoment des Elektromotors 370 Nm bei 250 min⁻¹ bis 2800 min⁻¹
- Leistung des Ottomotors 63 kW bei 4800 min⁻¹
- Drehmoment des Ottomotors 126 Nm bei 4250 min⁻¹
- Leergewicht inkl. Fahrer 1732 kg (1735 kg)
- Zulässiges Gesamtgewicht 2000 kg
- Kraftstofftank-Füllmenge 35,2 L
- Gesamtreichweite über 500 km
- Verbrauch nach Norm ECE R101 mit 1,2 l/100 km (nur Benzinverbrauch) für die ersten 100 km, für alle weiteren 100 km ohne zwischenzeitliche Batterieladung 4,8 l/100 km bzw. 5,0 l/100 km.
- Höchstgeschwindigkeit 161 km/h



Einführung in die Hybridtechnologie



Einführung in die Hybridtechnologie



Voltec-Antriebseinheit



Einführung in die Hybridtechnologie

Opel Ampera Batterie

- Li-Ionen Technologie
- Pouch Zellen
- Flüssig Kühlung
- 360 V nominale Spannung
- 180 kg System Gewicht



Batteriedaten:

Nennkapazität: 16 kWh

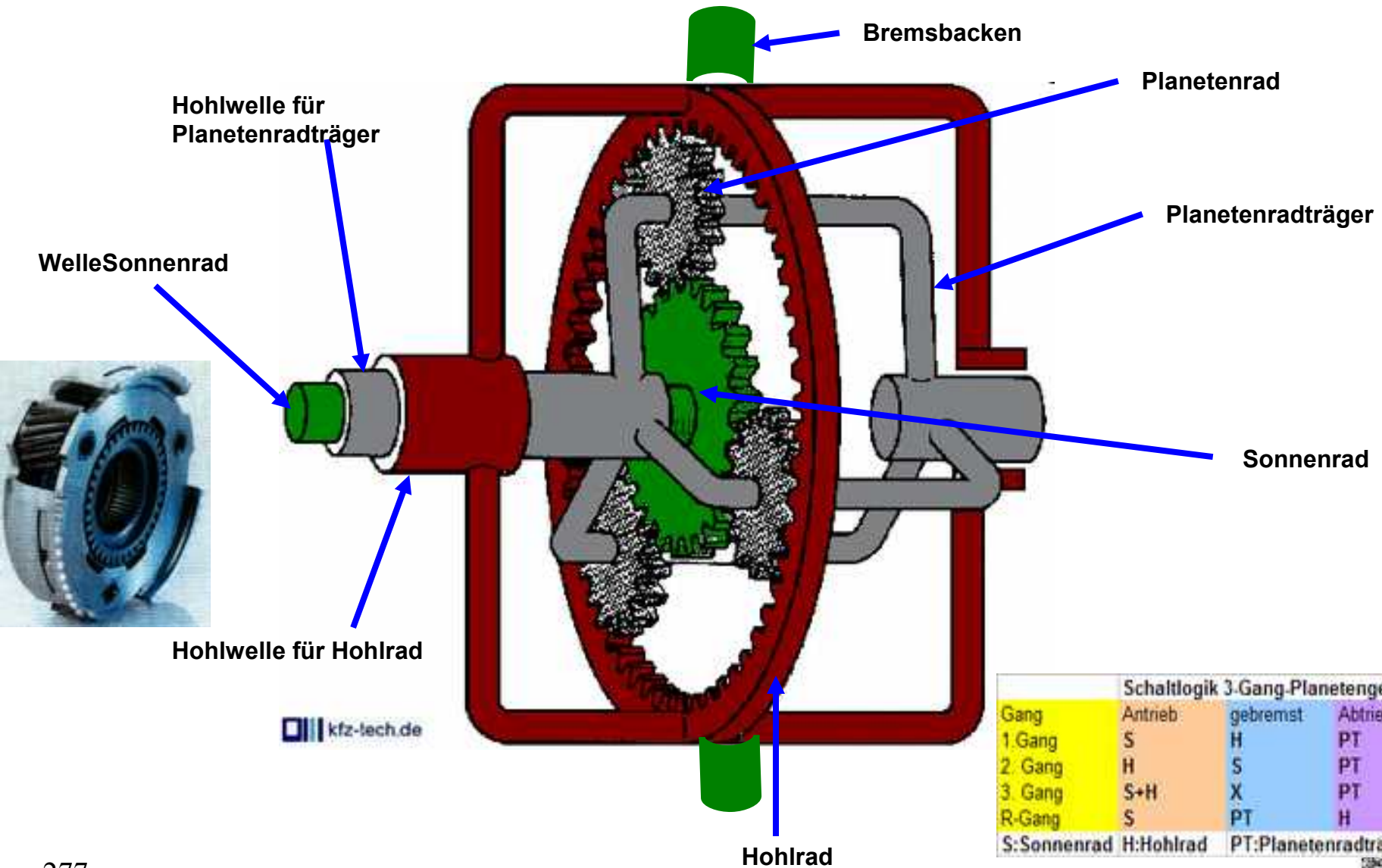
Nutzkapazität: 8 kWh

Keine Vollladung über die Steckdose um den Akku zu schonen.

Reichweite: 40 – 80 km



Kurzer Einschub: Aufbau eines Planetengetriebes



Schaltlogik 3-Gang-Planetengetriebe			
Gang	Antrieb	gebremst	Abtrieb
1. Gang	S	H	PT
2. Gang	H	S	PT
3. Gang	S+H	X	PT
R-Gang	S	PT	H

S: Sonnenrad H: Hohlrade PT: Planetenradträger

kfz-tech.de



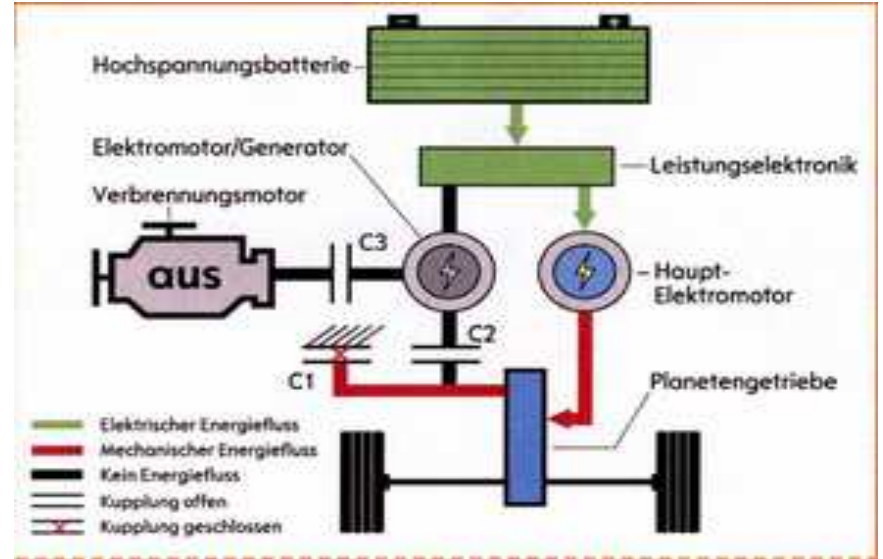
Einführung in die Hybridtechnologie

Betriebszustände Opel Ampera

Rein elektrischer Betrieb (Batterieladung über 30%)

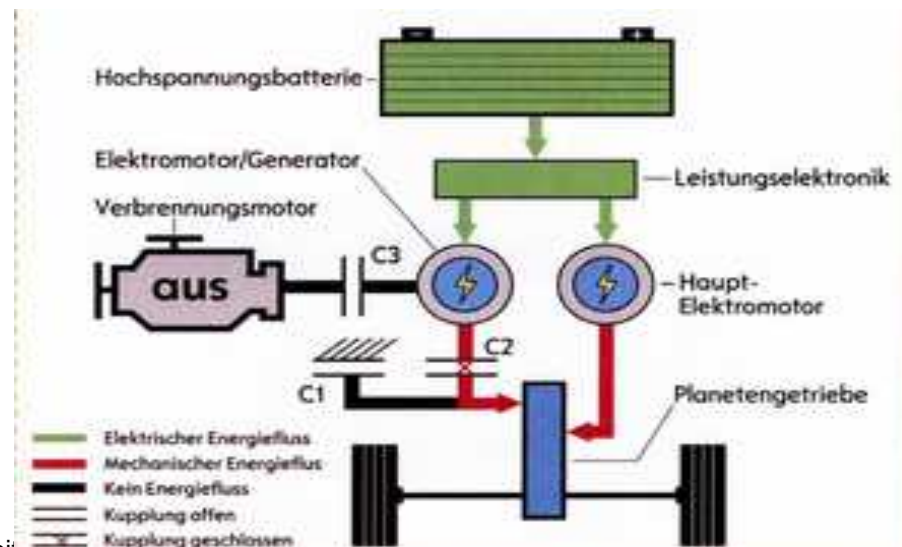
Modus 1

Bis zu einer Geschwindigkeit von 110 km/h wird nur der Hauptantriebsmotor benutzt. Der elektrische Hauptantriebsmotor treibt dafür das Sonnenrad des Planetengetriebes an; das Hohlrad ist über eine geschlossenen Kupplung fix mit dem Gehäuse verbunden; die Antriebsenergie wird über die Planetenräder mit einer Übersetzung von 1:7 abgenommen.



Modus 2

Bei Geschwindigkeiten über 110 km/h kann der elektrische Hauptantriebsmotor nur mit ungünstigem Wirkungsgrad betrieben werden, da er dann über 6500/min drehen müsste. Daher wird in diesem Fall eine Motorkupplung gelöst und der Generator (gespeist mit Batteriestrom, ohne Einsatz des Verbrennungsmotors) wird als zweiter Elektromotor zusätzlich zum Antrieb verwendet. Der Generator (bzw. Elektromotor 2) treibt dann das Hohlrad an, womit die Drehzahl des Sonnenrades und somit auch des (elektrischen) Antriebsmotors gesenkt wird. In diesem Modus wird der Wagen sowohl vom Antriebsmotor als auch vom Generator, der nun als Motor fungiert, angetrieben.



Einführung in die Hybridtechnologie

Betriebszustände Opel Ampera

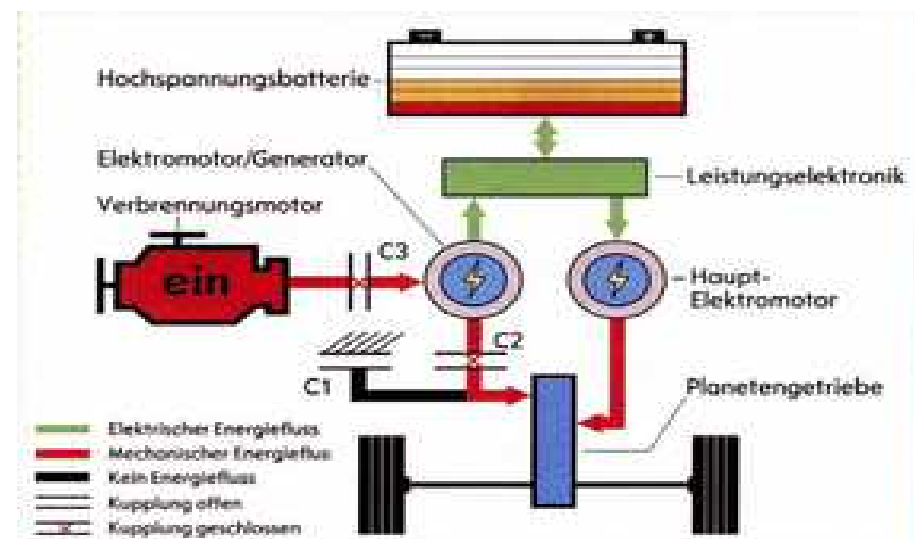
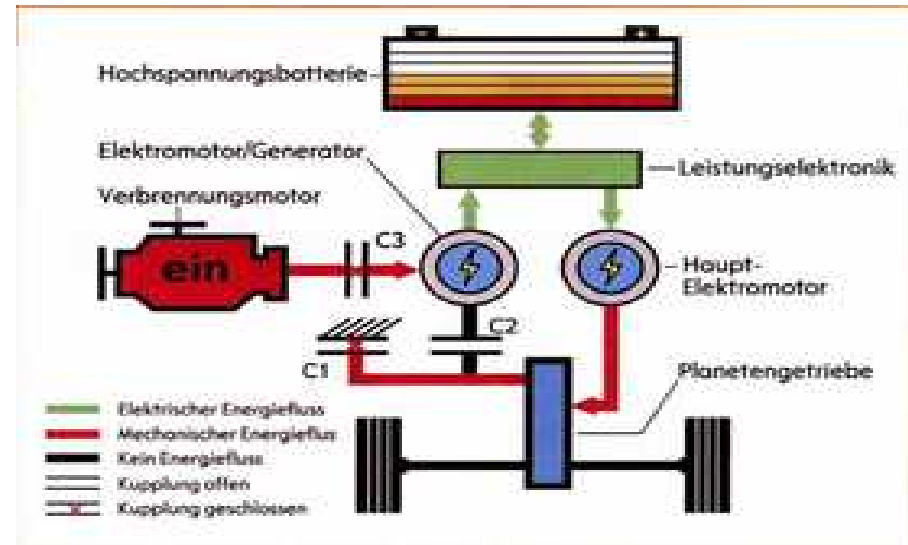
Range-Extender-Betrieb (Batterieladung unter 30%)

Modus 3

Unterhalb eines Batterieladestatus von 30% und bei wenig benötigter Leistung treibt der Verbrennungsmotor den Generator an und stabilisiert so den Ladezustand; das Fahrzeug wird dabei weiterhin nur vom elektrischen Hauptantriebsmotor angetrieben. Es besteht in diesem Modus keine Verbindung zwischen Hohlrad und Generator/Verbrennungsmotor. Der Verbrennungsmotor erzeugt über den Generator elektrische Energie, die von der Leistungselektronik dem Hauptantriebsmotor oder der Batterie zugeführt wird.

Modus 4

Wird im Range-Extender-Betriebszustand hohe Leistung gefordert (z. B. über 110 km/h beschleunigt), so wird die Generator/Verbrennungsmotor-Welle an das Hohlrad gekoppelt, um die max. Drehzahl des (elektrischen) Hauptantriebsmotors zu begrenzen und die Effizienz des Gesamtsystems hoch zu halten. Der Generator dient dabei als zusätzlicher elektrischer Antriebsmotor. Gleichzeitig kann eine gewisse Menge mechanischer Energie direkt zum Planetengetriebe übertragen werden. Alle drei Motoren (zwei elektrische und der Verbrennungsmotor) treiben dabei gemeinsam das Fahrzeug an.



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Leistungsverzweigter Hybridantrieb:

Mischung aus seriellem und parallelem Hybridkonzept

Der leistungsverzweigte Hybridantrieb arbeitet mit

- zwei elektrischen Maschinen.

Ein Teil der Antriebsleistung des Verbrennungsmotors wird, wie beim seriellen Hybrid, über diese Maschinen gewandelt und zur Abtriebswelle geführt, ein zweiter Teil wird mechanisch übertragen. Wie groß die Anteile der Leistung in den beiden Pfaden ist, hängt vom jeweiligen Betriebszustand ab. Als Weiche zur Verteilung von mechanischer und elektrischer Leistung dient ein Planetengetriebe. Ein zentrales Steuergerät befehligt die komplizierte Technik.

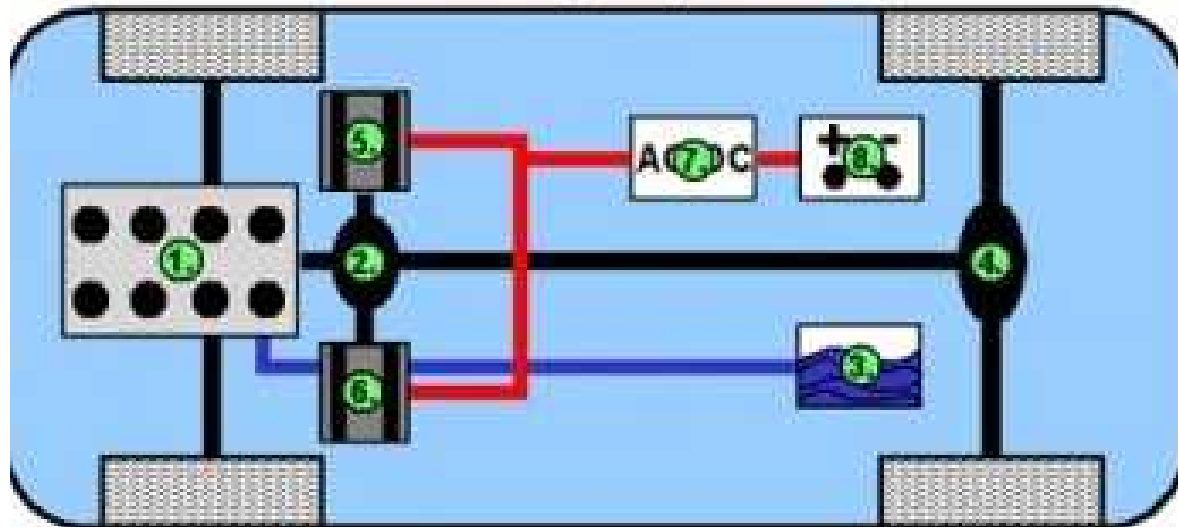
Der Verbrennungsmotor kann in diesem aufwändigen System in günstigen Betriebspunkten fahren und die elektrischen Maschinen können im Vergleich zum seriellen Hybrid kleiner sein.



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Powersplit Hybrid



1. Verbrennungsmotor
2. Powersplit Getriebe
3. Tank
4. Differential
5. Elektromotor 1
6. Elektromotor 2
7. Leistungselektronik
8. Hochleistungsbatterie

Diese Anordnung wird Powersplit genannt, da der Verbrennungsmotor nur dann Abtriebsmoment bzw. Leistung auf die Straße bringen kann, wenn der Elektromotor 2 (6.) als Generator wirkt und somit ein Gegenmoment aufbringen kann. Diese generatorisch erzeugte elektrische Leistung wird direkt an den Elektromotor 1 (5.) weitergeleitet, der als Antriebsmotor arbeitet und das Fahrzeug dadurch mitbeschleunigt. Die Leistung wird also aufgrund des mechanischen und des elektrischen Pfades verzweigt. => Powersplit



Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Leistungsverzweigter Hybridantrieb:

Mischung aus serielllem und parallelem Hybridkonzept

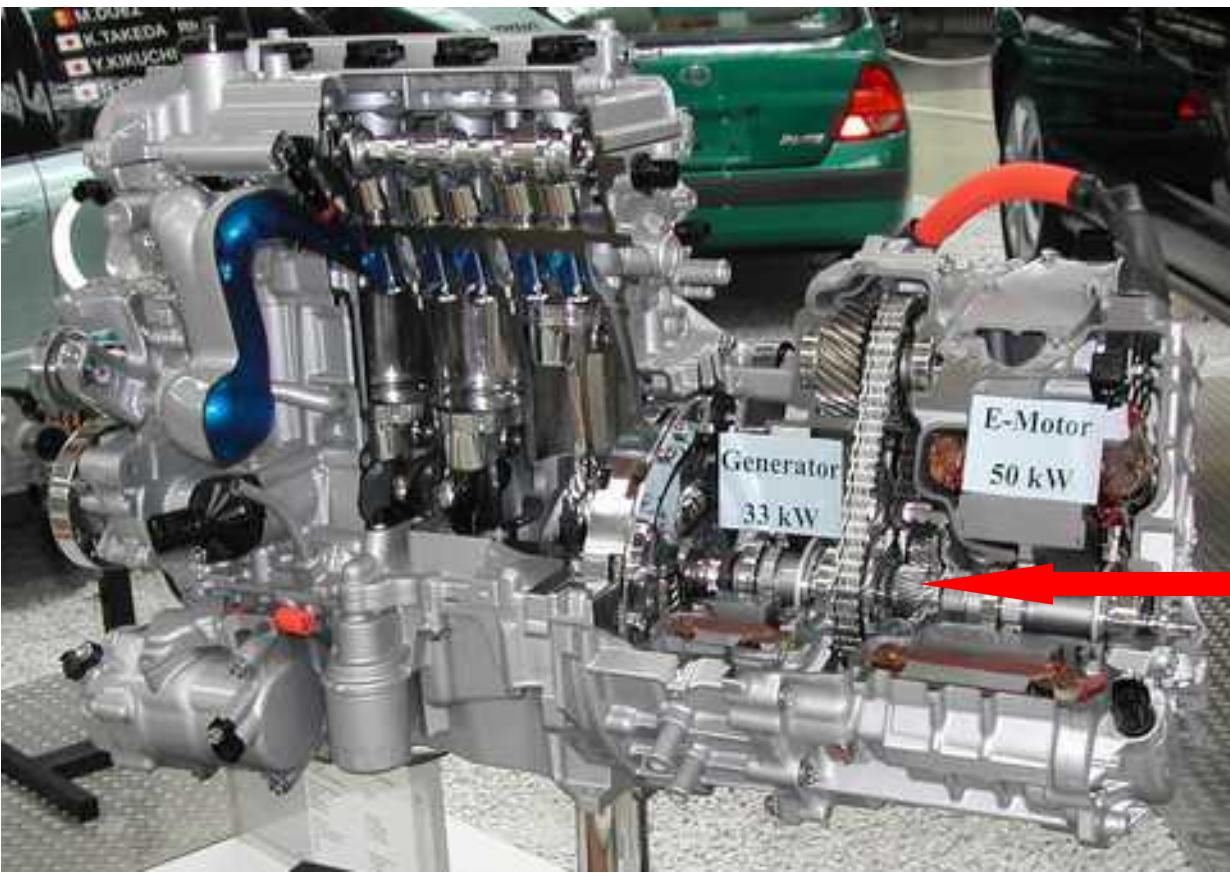


Beispiel TOYOTA: Durch die Kupplung zwischen Elektromotor und Verbrennungsmotor auch reiner e-Drive möglich
=> Strong-Hybrid (Vollhybrid)



Einführung in die Hybridtechnologie

Strong Hybrid oder Vollhybrid am Beispiel des Toyota Prius



PSD=
PowerSplitDevice



Video Prius



Einführung in die Hybridtechnologie

Strong Hybrid oder Vollhybrid am Beispiel des Toyota Prius



Elektrische Einheit: Dieses Foto zeigt noch einmal isoliert die elektrische Antriebseinheit des Hybridsystems des aktuellen Toyota Prius.



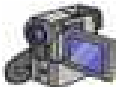
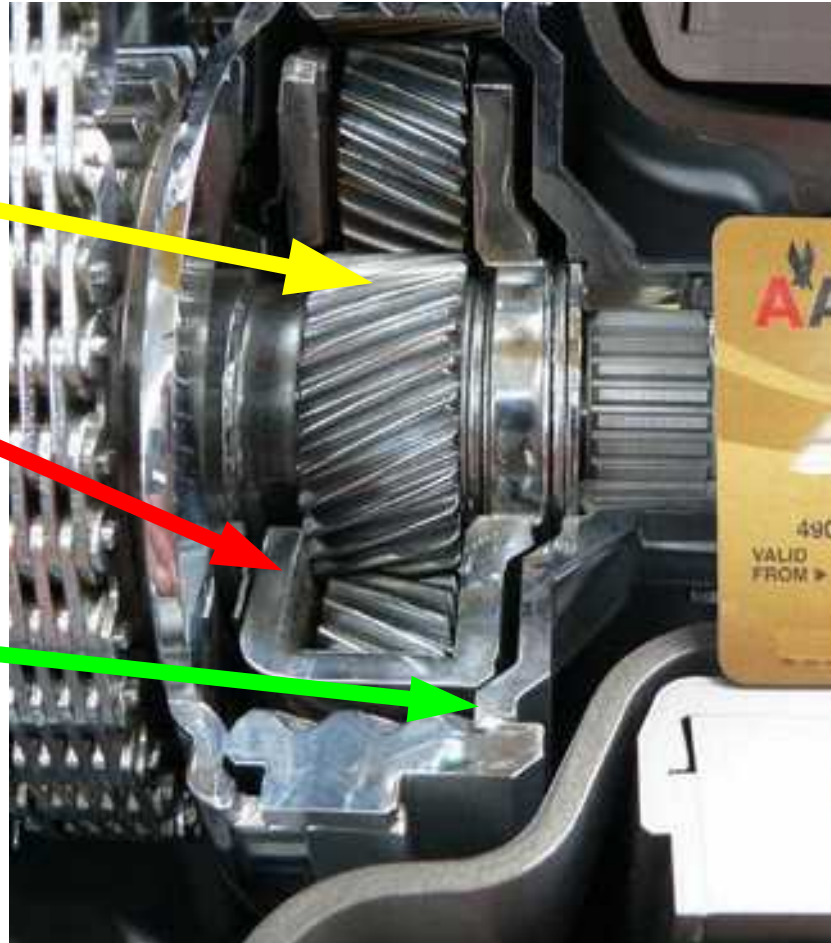
Einführung in die Hybridtechnologie

Strong Hybrid oder Vollhybrid am Beispiel des Toyota Prius

Kern des Hybrid-Synergy-Drive® ist ein Planetengetriebe (PSD), das als Kraftweiche dient.

Das PSD besteht aus folgenden Komponenten

- Sonnenrad, verbunden mit MG1 (oft "Generator" genannt)
- Planetenträger, verbunden mit Verbrennungsmotor
- Hohlrاد, verbunden mit MG2 (oft "E-Motor" genannt)



Video Lexus_HSD

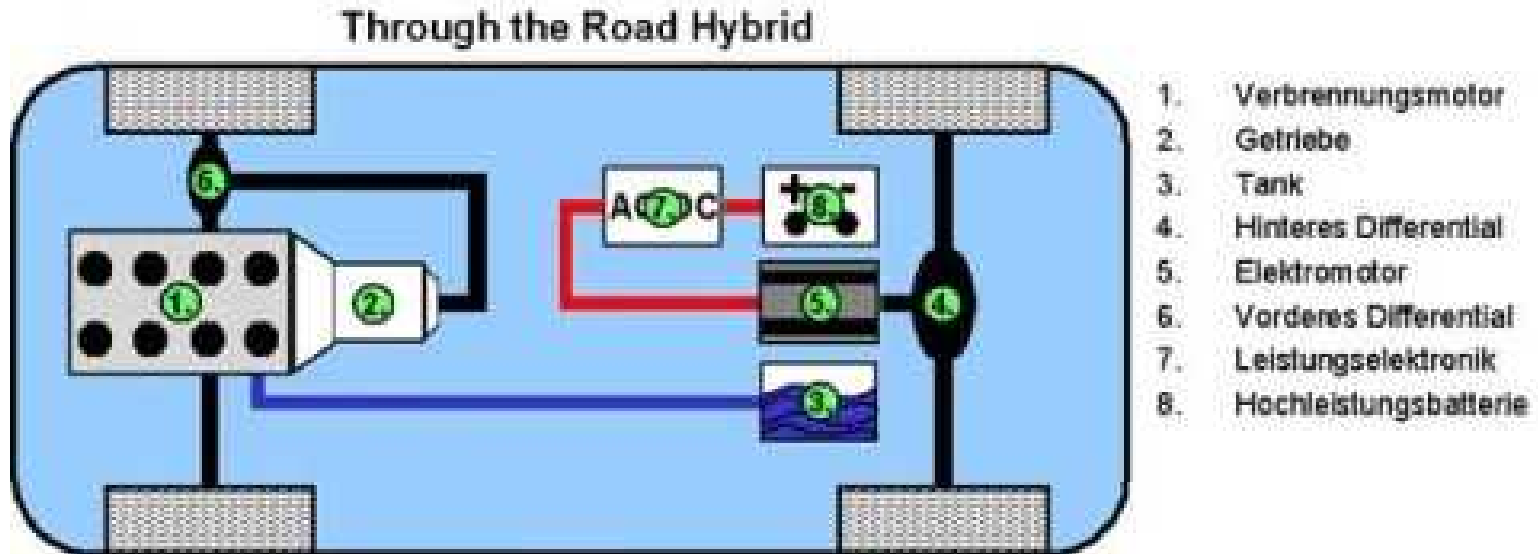


Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Axle Split-Hybrid (Through the Road Hybrid)

Ein Axlesplit-Hybrid Antriebsstrang, wie im unteren Prinzipbild dargestellt, setzt sich aus einem beliebigen Verbrennungsmotor (1.), einem Elektromotor (5.), einem Getriebe (2.) und einem Differential (4.) zusammen. Der Verbrennungsmotor wirkt über ein Differential (6.) auf eine Rad-Achse. Die Hochleistungsbatterie (8.) stellt die nötige Energie für die Leistungselektronik (7.) zur Verfügung, die damit den Elektromotor betreibt.



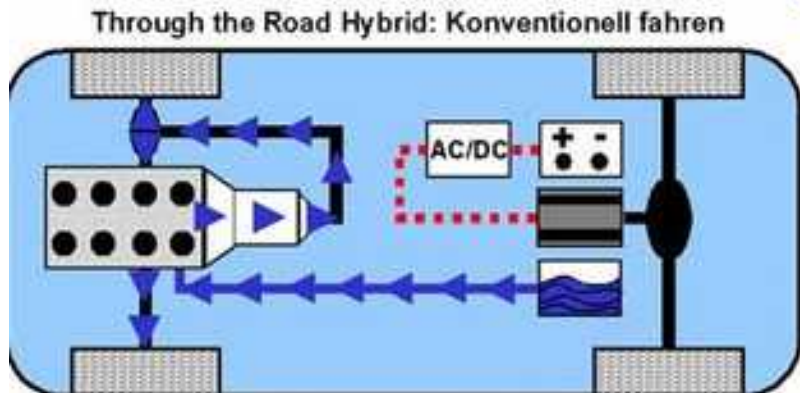
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Axle Split-Hybrid

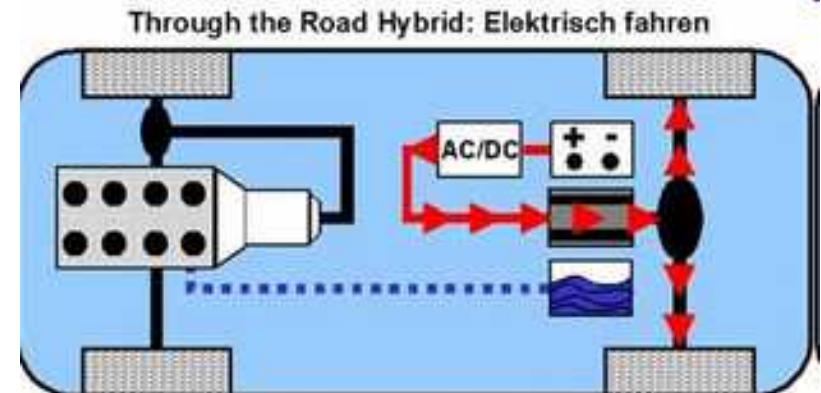
Konventionell

Im konventionellen Betrieb kann der **Through the Road Hybrid** durch einen sehr guten Wirkungsgrad überzeugen. Der Verbrennungsmotor treibt dabei eine Fahrzeugachse an. Die E-Maschine und die sonstigen Hybrid Komponenten werden in diesem Betriebsmodus nicht aktiviert.



Elektrisch Fahren

Über die elektrische Fahrzeugachse beschleunigt die elektrische Maschine allein das Fahrzeug an. Elektrische Energie wird dabei aus der Batterie entnommen und der Leistungselektronik bereitgestellt. Der Verbrennungsmotor ist während dieser Phase nicht aktiv.



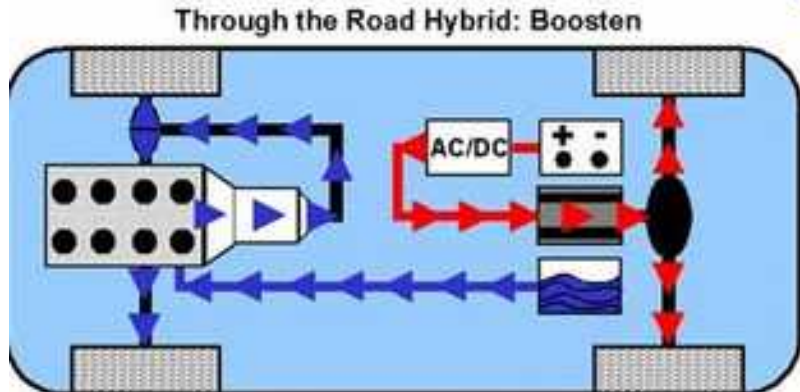
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Axle Split-Hybrid

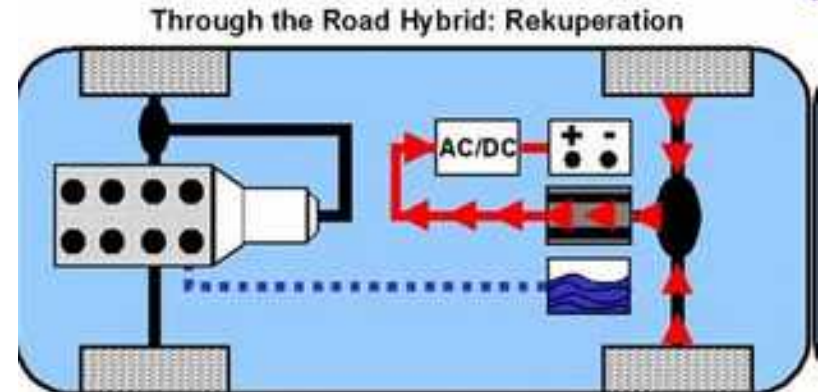
Boosten

Der Verbrennungsmotor wird mit voller Leistung betrieben. Zusätzlich stellt die elektrische Maschine Drehmoment über die elektrische Achse zur Verfügung um somit das Abtriebsdrehmoment zu erhöhen. Die elektrische Energie wird von der Batterie entnommen.



Rekuperation

Das Fahrzeug wird durch die elektrische Maschine abgebremst, die als Generator arbeitet. Ein Großteil der Bewegungsenergie des Fahrzeugs wird in die Batterie zurückgespeist. Der Verbrennungsmotor wird während dieser Phase abgeschaltet.



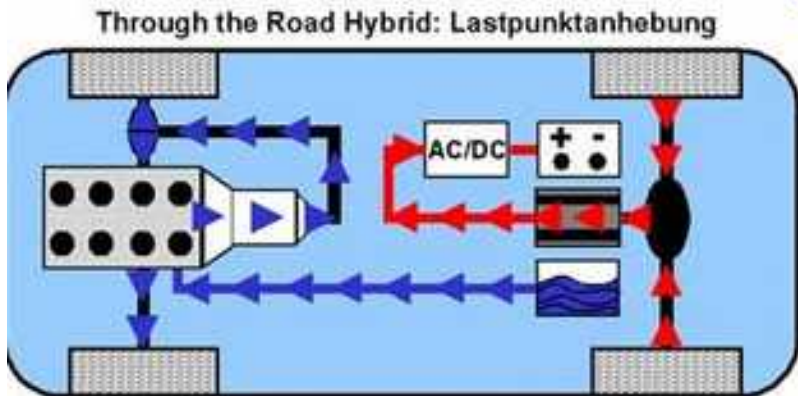
Einführung in die Hybridtechnologie

Antriebskonzepte

Axle Split-Hybrid

Lastpunktanhebung

Der Verbrennungsmotor wird mit hohen Momenten belastet und arbeitet somit in einem günstigen Verbrauchspunkt. Lediglich ein Teil dieses Drehmoments wird an für die Fahrzeugbeschleunigung verwendet. Der restliche Anteil wird als Generatormoment genutzt, indem die elektrische Hinterachse das Fahrzeug verzögert. Somit kann elektrische Energie in der Batterie gespeichert werden.



Der Through-The-Road-Hybrid hat wesentliche Vor- und Nachteile.

Vorteil

Einfache Regelung der einzelnen Antriebe und voneinander unabhängig Konstruktion.

Dabei bietet sich der Einsatz sogenannter Radnabenmotoren an, die sich direkt auf der Achse im Bereich des Antriebsrades befinden.

Nachteil

Während der Lastanhebungsphase kann aufgrund der Reibkräfte auf der Fahrbahn unnötig hoher Reifenverschleiss die Folge sein kann.



Einführung in die Hybridtechnologie

HYBRID-AUTOS.INFO
Die Plattform für alternative Antriebe

Antriebskonzepte


Axle Split-Hybrid

Peugeot 3008 Hybrid4 2011



Einführung in die Hybridtechnologie

Aktuelle Beispiele

 HYBRID-AUTOS.INFO
Die Plattform für alternative Antriebe




Kraft wie ein V6, Verbrauch wie ein Vierzylinder-TDI – der **Q5 hybrid quattro** ist nach drei Generationen Audi duo das erste Hybridmodell von Audi, das zwei Antriebe nutzt. Sein Benzinmotor, ein 2.0 TFSI, und seine E-Maschine sorgen mit 180 kW (245 PS) Systemleistung und 480 Nm Drehmoment für sportliche Dynamik – der mittlere Verbrauch im Normzyklus (**NEFZ**) beschränkt sich auf weniger als 7,0 Liter pro 100 km. Einstufung: Voll-Hybrid



Mit dem **BMW ActiveHybrid X6** ist ab Frühjahr 2010 ein Voll-Hybrid von BMW erhältlich. Die Gesamtsystemleistung des V8 Verbrennungsmotors und der beiden E-Maschinen liegt bei 357 kW / 485 PS. Der kombinierte Verbrauch beträgt 9,9 Liter pro 100km. Die rein elektrische Reichweite beträgt mit der Nickel-Metallhydrid Batterie 2,5km. Einstufung: Voll-Hybrid



Einführung in die Hybridtechnologie

 HYBRID-AUTOS.INFO
Die Plattform für alternative Antriebe

Aktuelle Beispiele




Soll es umweltfreundlich und sportlich sein? Dann ist der Honda CR-Z eine gute Wahl. Das Coupé in der Honda-Hybrid-Familie verfügt über eine auf 124 PS gesteigerte Systemleistung. Drei Fahrmodi ermöglichen verschiedene Einstellungen von Lenkung und Gasannahme – von ökonomisch bis sportlich



Der **Lexus RX400h** überzeugt seit 2005 als kraftvolles **Powersplit** Hybrid SUV mit souveränen Fahrleistungen und mit niedrigen Verbrauchswerten. Der 3,3 Liter Benziner und die drei installierten E-Maschinen bieten eine maximale Systemleistung von 200kW. Einstufung: **Voll-Hybrid**, Serie



Einführung in die Hybridtechnologie

 HYBRID-AUTOS.INFO
Die Plattform für alternative Antriebe

Aktuelle Beispiele



Mit einem Anteil von rund 20 Prozent am weltweiten Absatz hat der Mercedes S 400 Hybrid einen festen Platz im S-Klasse-Programm eingenommen, obwohl er rund 9.000 Euro mehr als der ähnlich starke S 350 kostet. Beim S 400 Hybrid handelt es sich um einen Mildhybrid, der nicht rein elektrisch fährt. Der kombinierte Verbrauch beträgt im NEFZ lediglich 7,9l/100km. Die E-Maschine mit einer maximalen Leistung von 15kW und einem maximalen Drehmoment von 160Nm wird von einer Lithium-Ionen Batterie gespeist. Einstufung: Mild-Hybrid, Serie



Der BMW 7er Hybrid basiert auf dem BMW 750i, beschleunigt von null auf 100 km/h in fünf Sekunden und bringt es mit Hilfe von V8-Benziner und 15-kW-E-Motor auf eine Systemleistung von 465 PS. Dank der Hybrid-Technik verbraucht er dabei keine zehn Liter/100 km. Anders als der Lexus LS 600h gehört die Luxuslimousine in die Kategorie Mildhybrid, da sie nicht rein elektrisch fahren kann.



Einführung in die Hybridtechnologie

Aktuelle Beispiele

Wer sagte diesen Satz: "Mir macht es wahnsinnig Spaß, den Elektro- mit dem Verbrennungsmotor zu verbinden"? Ein Techniker bei Greenpeace? Kalt. Ein Toyota-Ingenieur? Eiskalt.

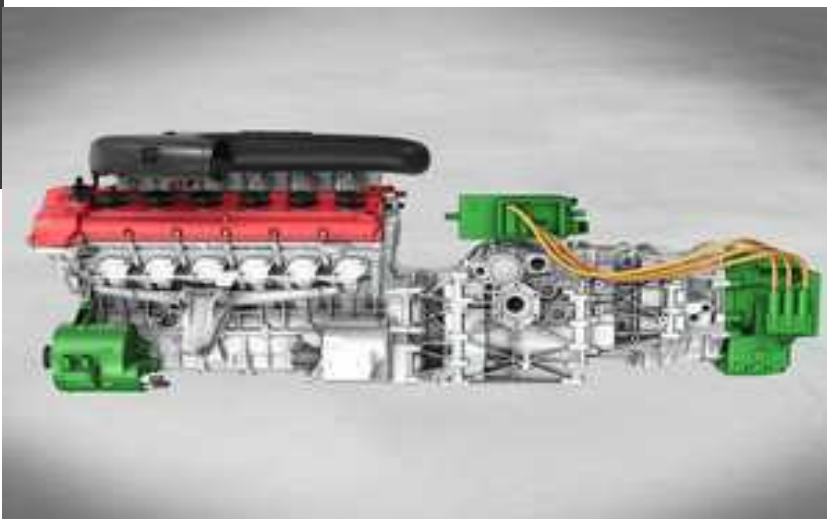
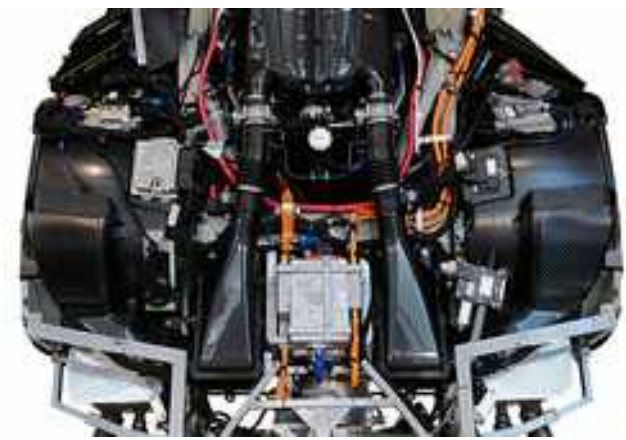
Es war Roberto Fideli, seines Zeichens Chef-Ingenieur bei Ferrari.



Einführung in die Hybridtechnologie



Aktuelle Beispiele
Ferrari LaFerrari

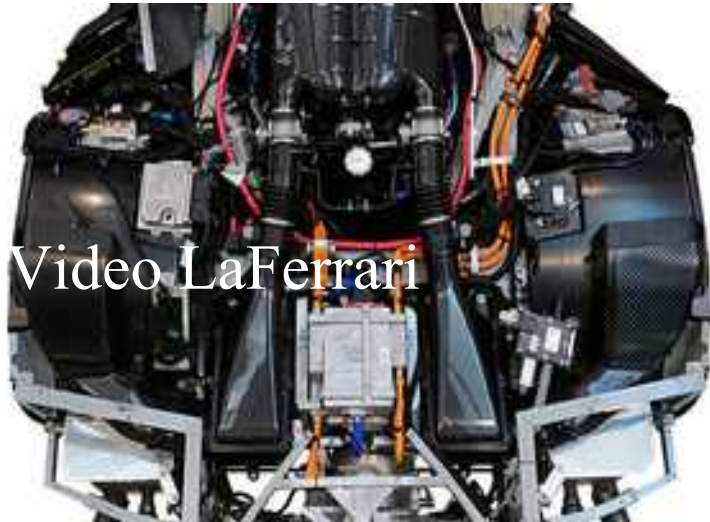


Einführung in die Hybridtechnologie

Aktuelle Beispiele



Ferrari LaFerrari



Dessen 1.365 kg Trockengewicht (ohne flüssige Betriebsmittel) sollen 963 PS in unter sieben Minuten um die legendäre Eifelstrecke katapultieren. Er ist als Parallel-Hybrid ohne externe Lademöglichkeit ausgelegt und kann nur bis fünf km/h rein elektrisch fahren. Die 120 kW (163 PS) Elektro-Power dienen nicht nur als Leistungs-Boost für den 6,3 Liter großen, mit 13,5:1 sehr hoch verdichteten 800-PS-V12, sondern optimieren die gesamte Leistungsabgabe. Der bis 9.000 Touren drehende, vollvariabel ansaugende V12 wurde so abgestimmt, dass er sein Drehmoment-Maximum erst bei 6.750/min abgibt. Die entstehende Kraft-Schwäche bei niedrigen Drehzahlen kompensiert der blitzschnell ansprechende Elektromotor – er variiert ja nur Strom sowie Frequenz und keine lahme Mechanik. Seine maximale Leistungsabgabe wird übrigens von der Stromlieferfähigkeit des Lithium-Ionen-Akkus (250 Ampere) begrenzt. Da der Verbrenner bei hohen Touren am gierigsten anspricht, hält ihn sein Hy-Kers-System so oft wie möglich bei diesen. Der Clou: Überschüssige Benziner-Kraft wird über den Generator sofort wieder als Strom gespeichert.



Einführung in die Hybridtechnologie

Aktuelle Beispiele

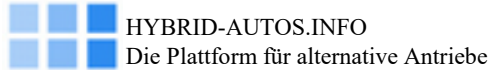


Lion`s City Hybrid 2010

Der Stadtverkehr ist das ideale Einsatzfeld für Busse mit seriellem Hybridantrieb. Die bis zu 18 Tonnen schweren Solo-Fahrzeuge werden mit niedrigen mittleren Geschwindigkeiten betrieben, beschleunigen unzählige Male auf Tempo 40 bis 50 km/h, um kurz darauf bis zum Stillstand zu verzögern. Der innovative Niederflrbus mit seriellem Hybridantrieb gewinnt dagegen die Bremsenergie zurück und wandelt diese in Antriebsenergie um. Mit der Start-Stopp-Automatik im Lion's City Hybrid können zusätzlich Kraftstoffkonsum und Emissionen reduziert werden. Schließlich verbringen Stadtbusse zwischen 25 und 40 Prozent ihrer Betriebsdauer im Stand an Haltestellen oder vor roten Ampeln.



Einführung in die Hybridtechnologie



Aktuelle Beispiele



Der MAN Lion's City Hybrid wird von zwei - durch ein Summiergetriebe gekoppelte - elektrische Fahrmotoren mit jeweils 75 kW Leistung angetrieben. Die beiden Elektromotoren erreichen zusammen ein Drehmoment von maximal 3.000 Newtonmeter. Deshalb kommt der MAN Lion's City Hybrid ohne ein konventionelles Stufengetriebe aus. Vorteil: Der Bus beschleunigt aus dem Stand kraftvoll und ohne Zugkraftunterbrechung auf die gewünschte Fahrgeschwindigkeit - das bedeutet einen Komfortgewinn für die Fahrgäste, für den Busfahrer eine weitere Erleichterung seiner Fahraufgabe.



Einführung in die Hybridtechnologie

HYBRID-AUTOS.INFO
Die Plattform für alternative Antriebe

Aktuelle Beispiele



Mit der Energie aus den Ultracap-Modulen kann der MAN Lion's City abgasfrei und geräuscharm beschleunigen und - je nach Einsatzbedingung - eine Strecke von bis zu zweihundert Metern zurücklegen. Ist der Energiespeicher leer, schaltet sich automatisch der umweltfreundliche MAN-Dieselmotor im Heck des Busses zu, um mit Hilfe eines Generators den Strom für die elektrischen Fahrmotoren an Bord zu produzieren.

Für die Stromproduktion kommt im Lion's City Hybrid ein kleinvolumiger MAN Sechszylinder-Dieselmotor mit 6,9 Liter Hubraum und einer Leistung von 184 kW (250 PS) zum Einsatz





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

