



Elektromobilität und regenerative Energie

Rahmenbedingungen – Energienutzung – Stand der Technik – Ladeinfrastruktur

Prof. Dr.-Ing. Joachim Landrath



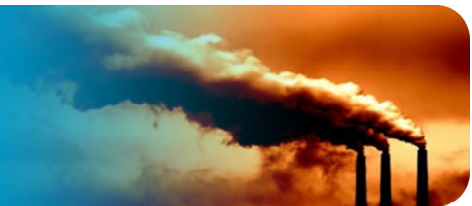
Salzgitter	Green bar
Suderburg	Red bar
Wolfenbüttel	Blue bar
Wolfsburg	Orange bar

Globale Rahmenbedingungen

Wolfenbüttel



Klimawandel – Emissionen



Smog und Lärm in Megacities



Endlichkeit fossiler Ressourcen





Gesetzliche CO₂ Zielvorgaben für PKW (Fahrbetrieb)



Energieerzeugung mit fossilen Primärenergie (Benzin, Diesel) ist direkt proportional zur CO₂-Erzeugung:

1 l Benzin → 2,3 kg CO₂

1 l Diesel → 2,6 kg CO₂

→ 5 l Benzin → 11,5 kg CO₂ → 115 g CO₂/km

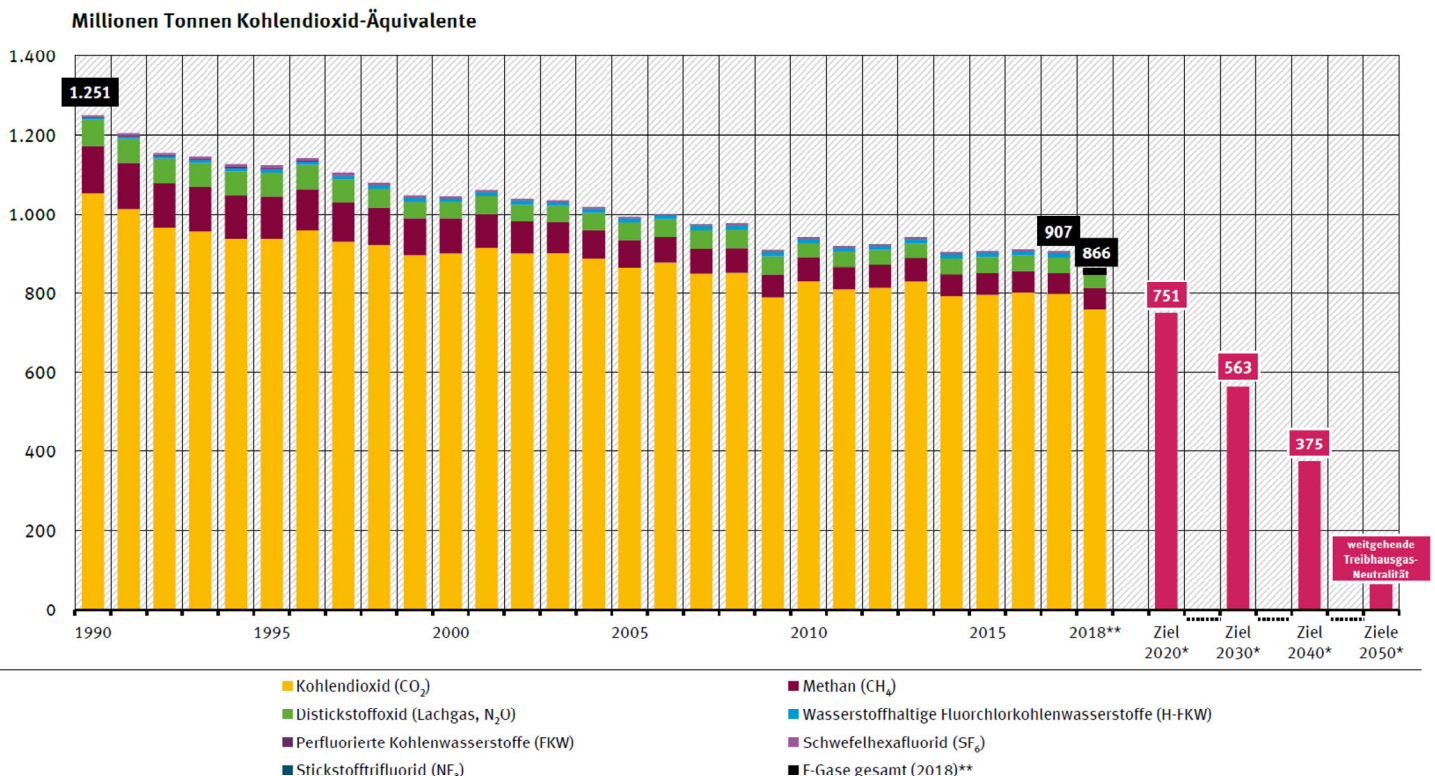
→ 5 l Diesel → 13,0 kg CO₂ → 130 g CO₂/km

→ 95 g CO₂/km → 4,1 l Benzin/100km bzw. 3,7 l Diesel/100km

Deutsche Rahmenbedingungen



Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen

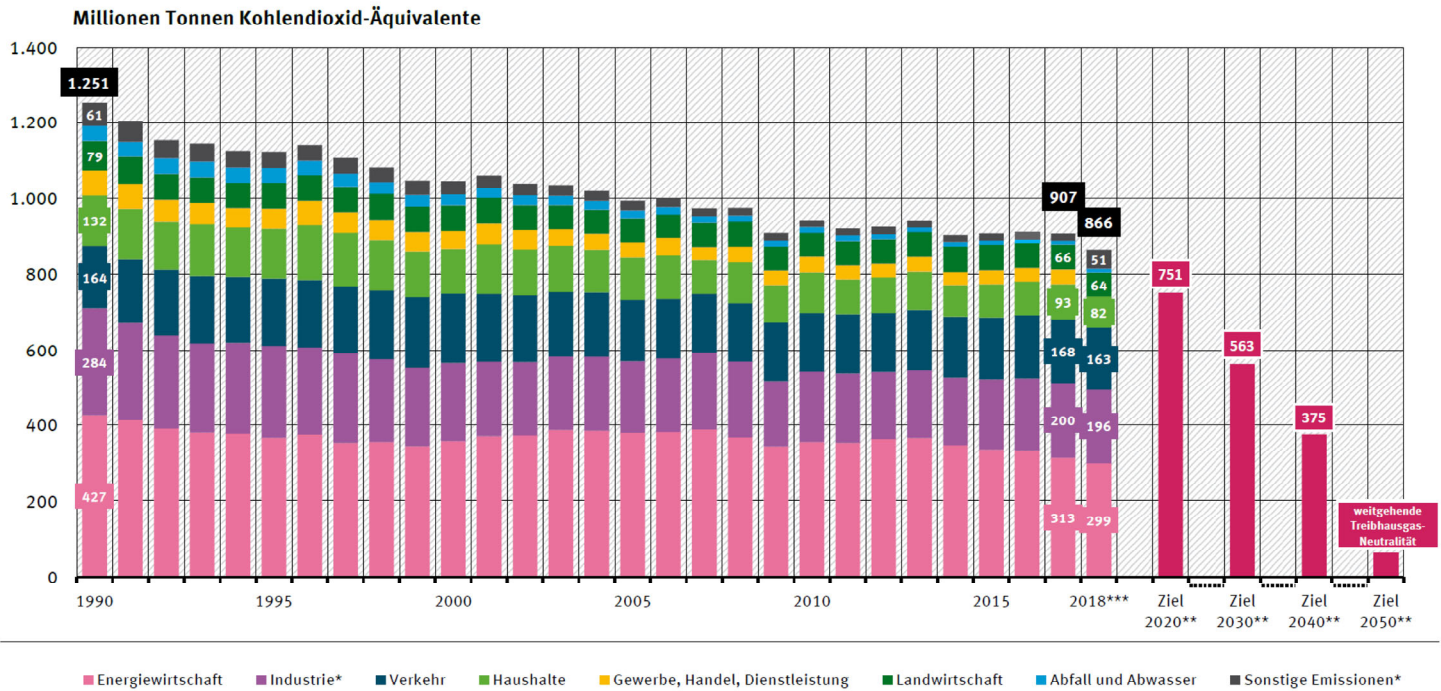


Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
* Ziele 2020 bis 2050: Energiekonzept der Bundesregierung (2010)
** Schätzung 2018, Emissionen für F-Gase gesamt

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2017 (Stand 01/2019) und
Zeitrechnung für 2018 aus UBA Presse-Information 09/2019 (korrigiert)



Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase



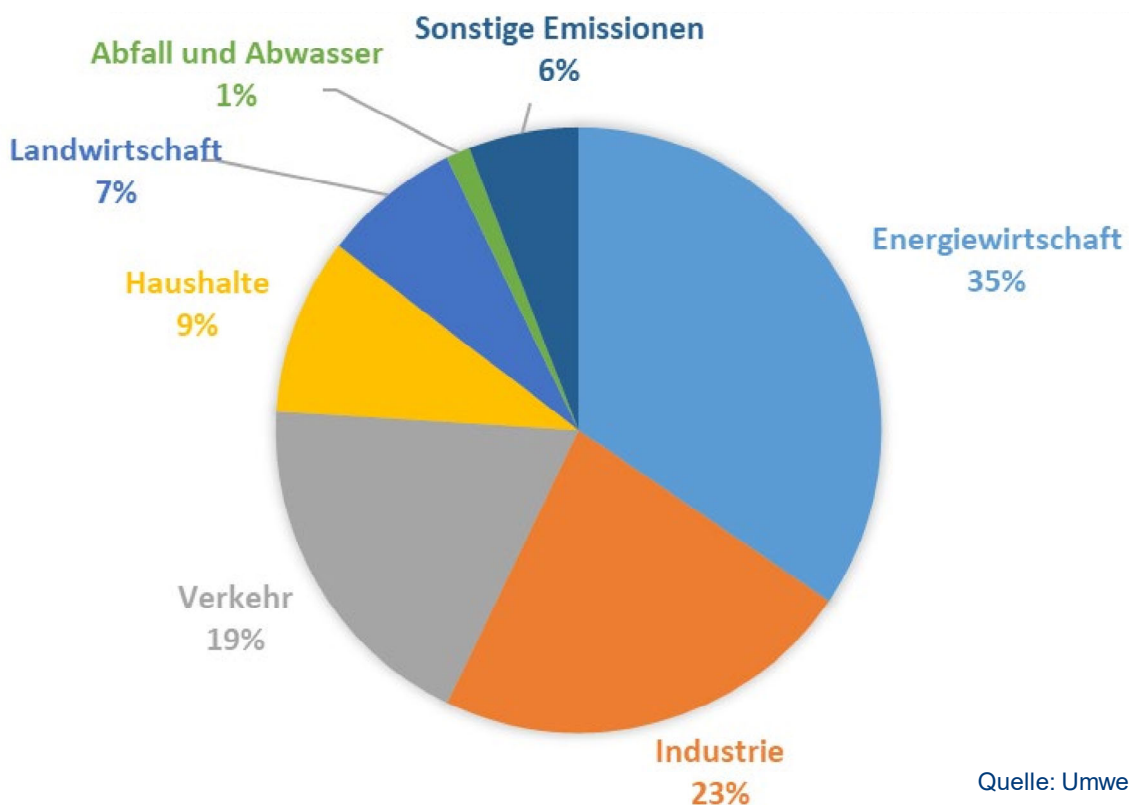
Emissionen nach Kategorien der UN-Berichterstattung ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

* Industrie: Energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie (1.A.2 & 2);
 Sonstige Emissionen: Sonstige Feuerungen (CRF 1.A.4 Restposten, 1.A.5 Militär) & Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (1.B)
 ** Ziele 2020 bis 2050: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung
 *** Schätzung 2018, Emissionen aus Gewerbe, Handel & Dienstleistung in Sonstige Emissionen enthalten

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2017 (Stand 01/2019) und Zeitaltschätzung für 2018 aus UBA Presse-Information 09/2019 (korrigiert)



TREIBHAUSGASEMISSIONEN NACH KATEGORIEN 2018



Quelle: Umweltbundesamt



Gesetzliche CO₂ Zielvorgaben für PKW (Fahrbetrieb)



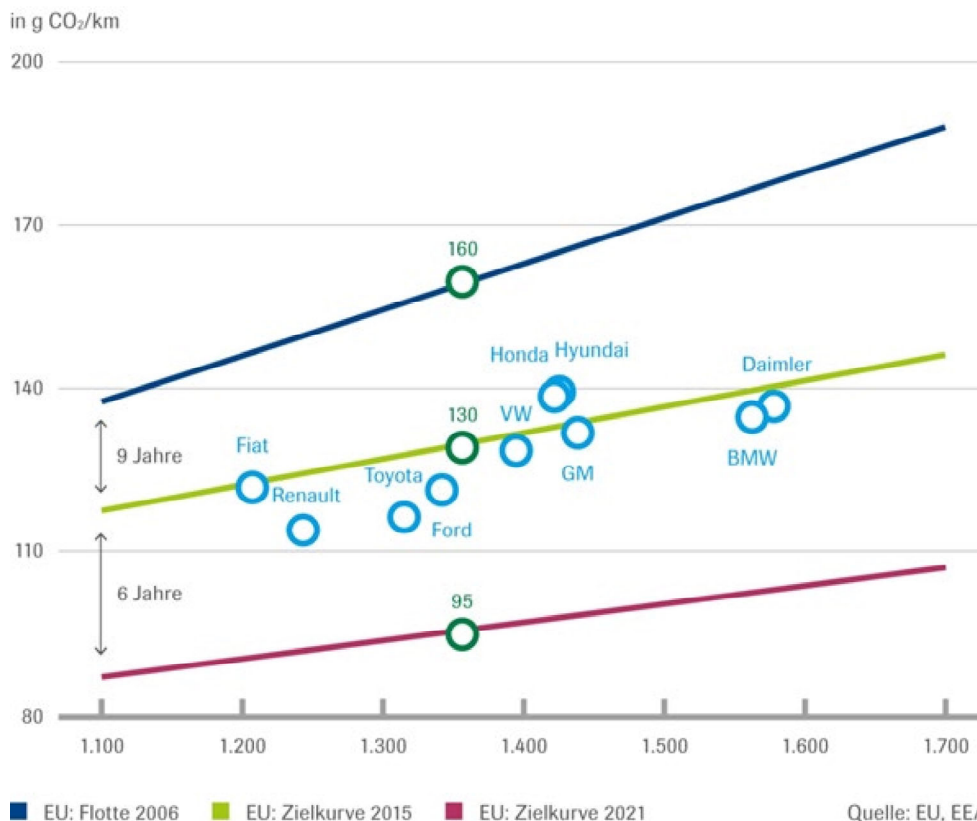
Europa

2020

95 g CO₂/km



CO₂-Zielwerte der Neuwagenflotte, die den Grenzwert einhalten muss: - 2020 zu 95% , - 2021 zu 100%



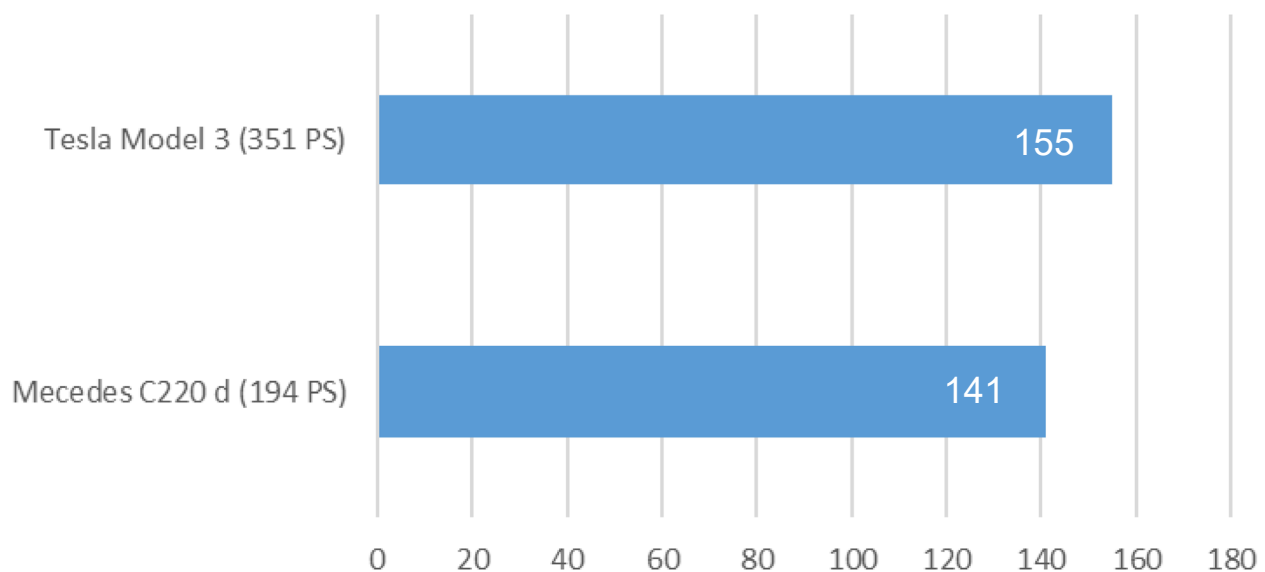


Wichtige Randbedingungen für CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen

- Fahrzeugenergieverbrauch (im Fahrbetrieb im WLTP-Zyklus) (abhängig von Fahrzeugmasse, Fahrwiderstände, Batteriegröße, ...)
- Berücksichtigung nicht nur der Energie zum Fahren, sondern des Energieverbrauchs im gesamten Lebenszyklus (+ Produktionsenergie, Recycling, ...)
- Wo wird die Batterie produziert → Energiemix am Produktionsstandort → CO₂-Emissionen (Ökostrom bis CO₂-intensiver Strommix)
- Energiemix der Betriebsenergie von Elektrofahrzeugen (Ökostrom bis CO₂-intensiver Strommix)
- Laufleistung der Fahrzeuge (150.000 km bis 250.000 km)

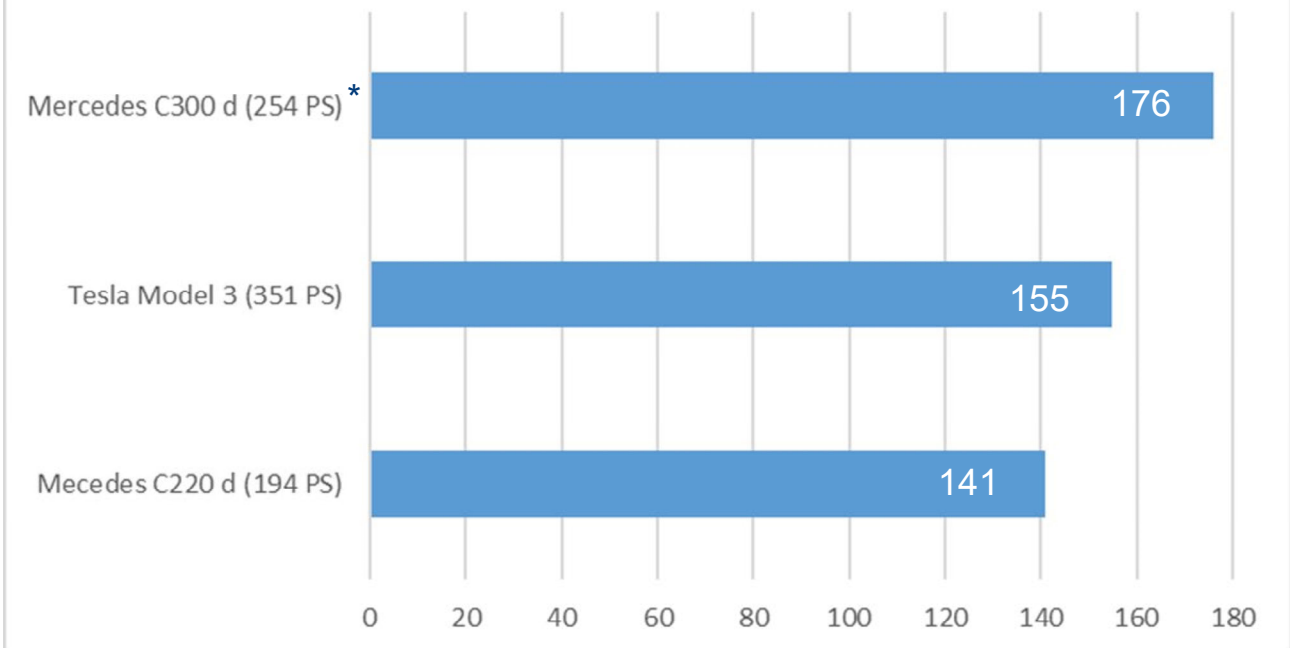


CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen nach Ifo-Studie CO₂ in g/km





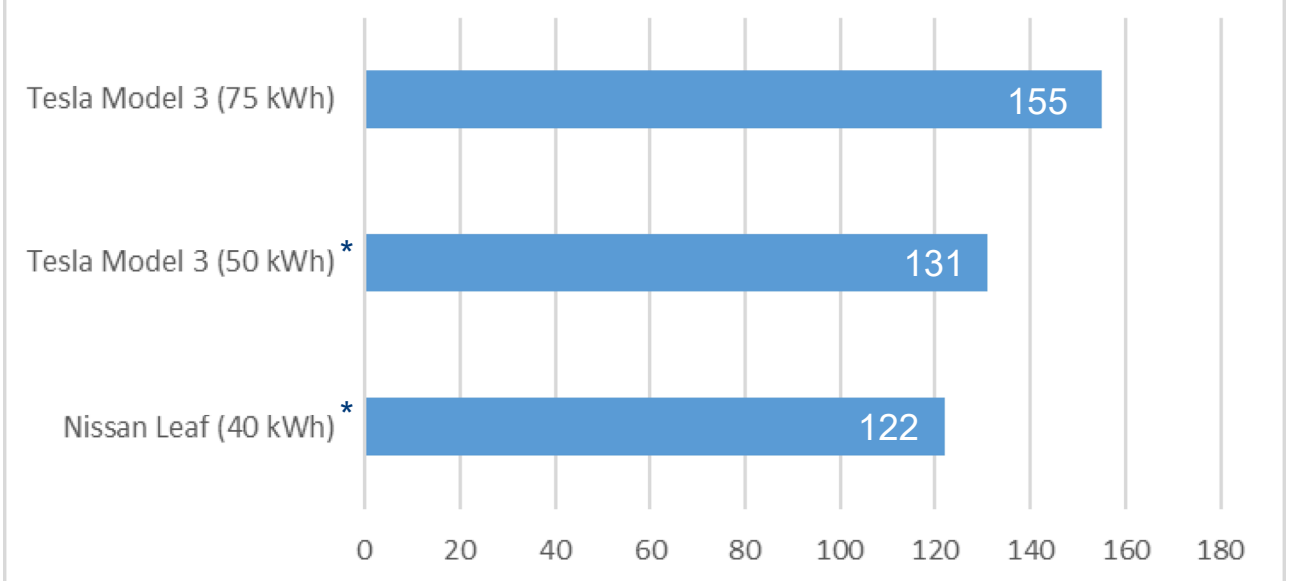
CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen nach Ifo-Studie CO₂ in g/km



Quelle: CO₂-Emissionen aus Ifo-Studie
* und Berechnungen des Spiegel



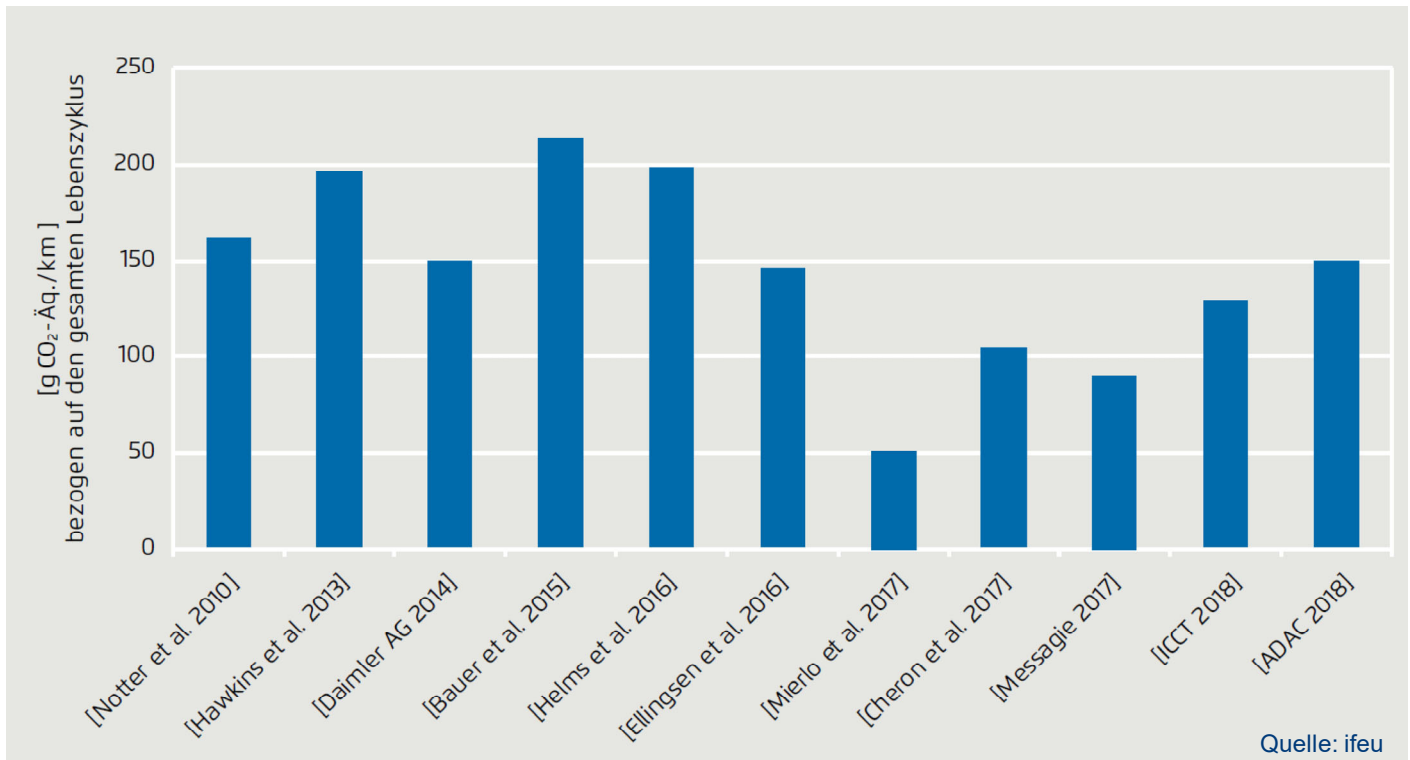
CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen nach Ifo-Studie CO₂ in g/km



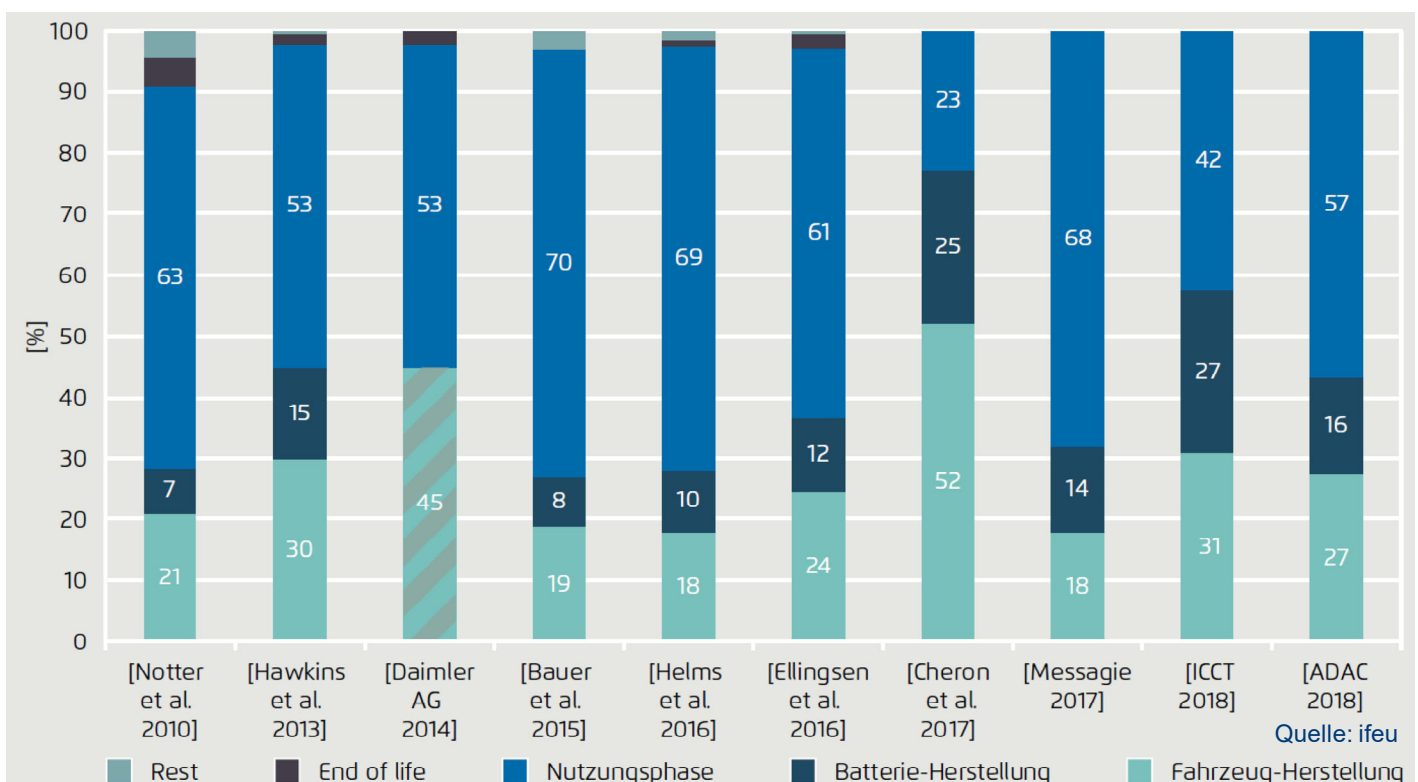
Quelle: CO₂-Emissionen aus Ifo-Studie
* und Berechnungen des Spiegel



Vergleich der Treibhausgasemissionen eines Elektroautos pro Fahrzeugkilometer bezogen auf den gesamten Lebenszyklus



Vergleich des Beitrags einzelner Lebensabschnitte zu den Treibhausgasemissionen





Randbedingungen der CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen des BMU

- unter Verwendung des **deutschen Strommix**, und nicht mit 100% Erneuerbaren;
- unter Einrechnung der **Verluste zwischen Kraftwerk, Steckdose und Fahrzeugbatterie**,
- unter Verwendung **realer Energieverbräuche** (Kraftstoffe bzw. Strom) wie sie in Alltagstests ermittelt werden, beim Elektroauto sogar mit einem noch darüberhinausgehenden Zuschlag von **15 Prozent**, da auch Alltagstest manchmal nicht alle **Temperaturbereiche** abdecken;
- unter Berücksichtigung des **gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge**, also einschließlich der Produktion, dem Betrieb mit Strom bzw. bei den Vergleichsfahrzeugen mit Kraftstoffen und einschließlich der Entsorgung aller Fahrzeugkomponenten inklusive Batterie;
- unter **Verzicht auf Gutschriften**, die aus einer möglichen Zweitverwendung der Batterie („Second Life“) oder aus einer die Einspeisung von erneuerbaren Energien begünstigenden gesteuerten Laden zukünftig einmal resultieren könnten;
- unter der Annahme, dass auch Elektrofahrzeuge im Schnitt schon nach etwa **zwölf Jahren** verschlissen sind und außer **Betrieb** genommen werden, so wie dies auch für die Verbrenner angenommen wurde;
- nicht im **Vergleich mit** einem deutschen Durchschnittsfahrzeug, sondern mit aktuellen, besonders **verbrauchsarmen Modellen mit Verbrennungsmotor**, inklusive eines Hybrid- und eines Erdgasfahrzeugs;
- unter **Anrechnung von zunehmenden Emissionsminderungen bei Benzin und Diesel**, vor allem aufgrund der Beimischung von Biokraftstoffen, entsprechend der geltenden Vorgaben.

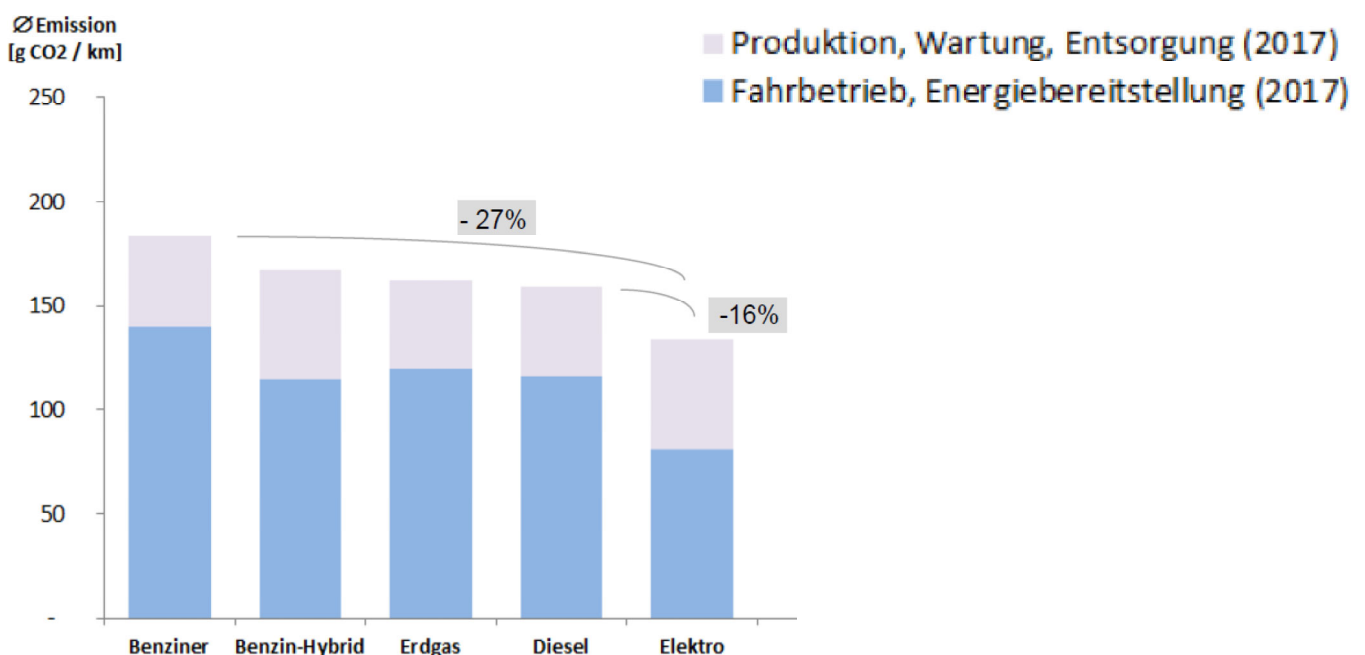
Quelle: www.bmu.de

Elektromobilität – CEMO – Landrath

Hameln – 22.08.2019



CO₂-Emissionen pro Fahrzeugkilometer über den gesamten Lebenszyklus



Neufahrzeug 2017

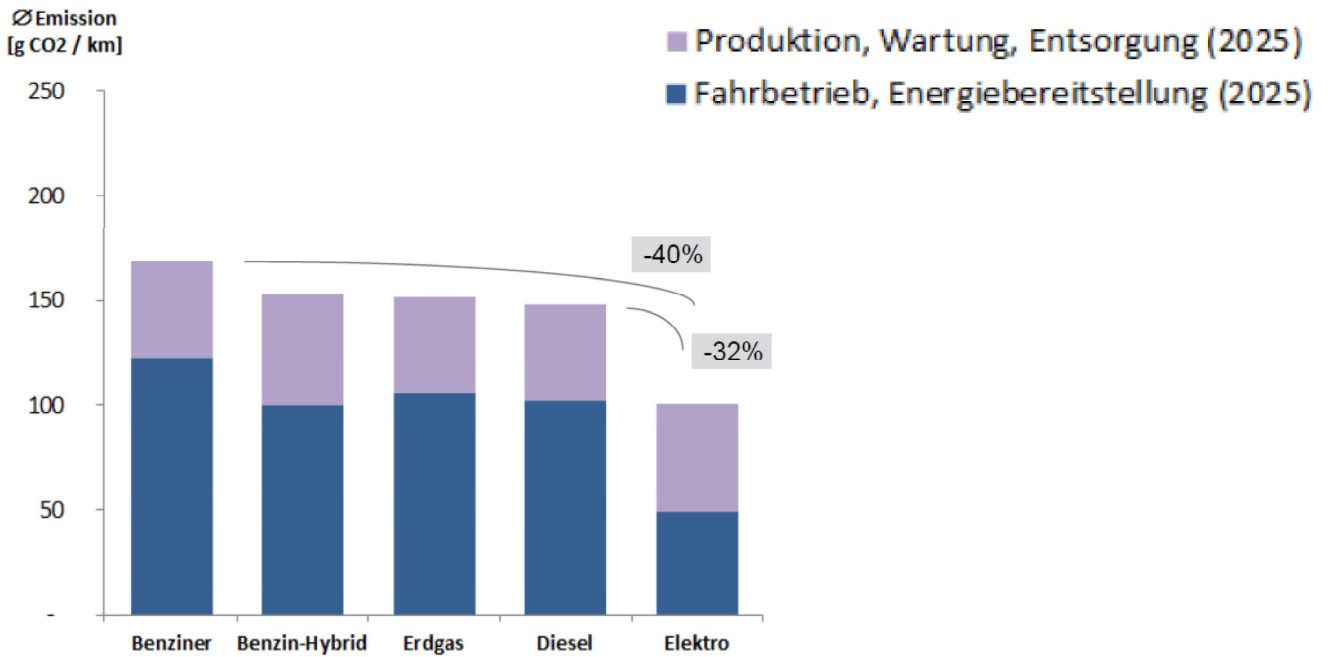
Quelle: www.bmu.de

Elektromobilität – CEMO – Landrath

Hameln – 22.08.2019



CO₂-Emissionen pro Fahrzeugkilometer über den gesamten Lebenszyklus



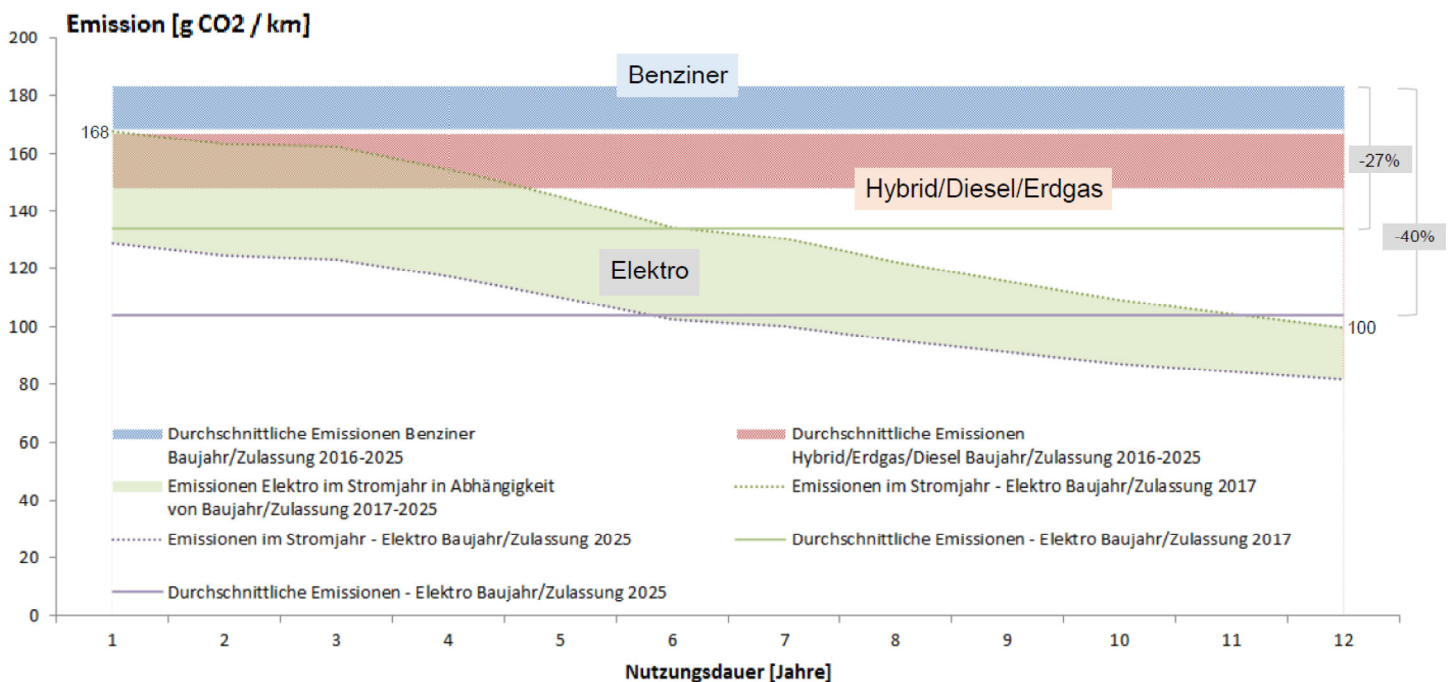
Neufahrzeug 2025

Quelle: www.bmu.de



CO₂-Emissionen der verschiedenen Vergleichsfahrzeuge pro Fahrzeugkilometer nach Nutzungsjahren aufgeschlüsselt

Der Darstellung liegen ebenfalls alle oben genannten Annahmen zugrunde, das heißt die Bilanz berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus des Fahrzeugs.



Quelle: www.bmu.de

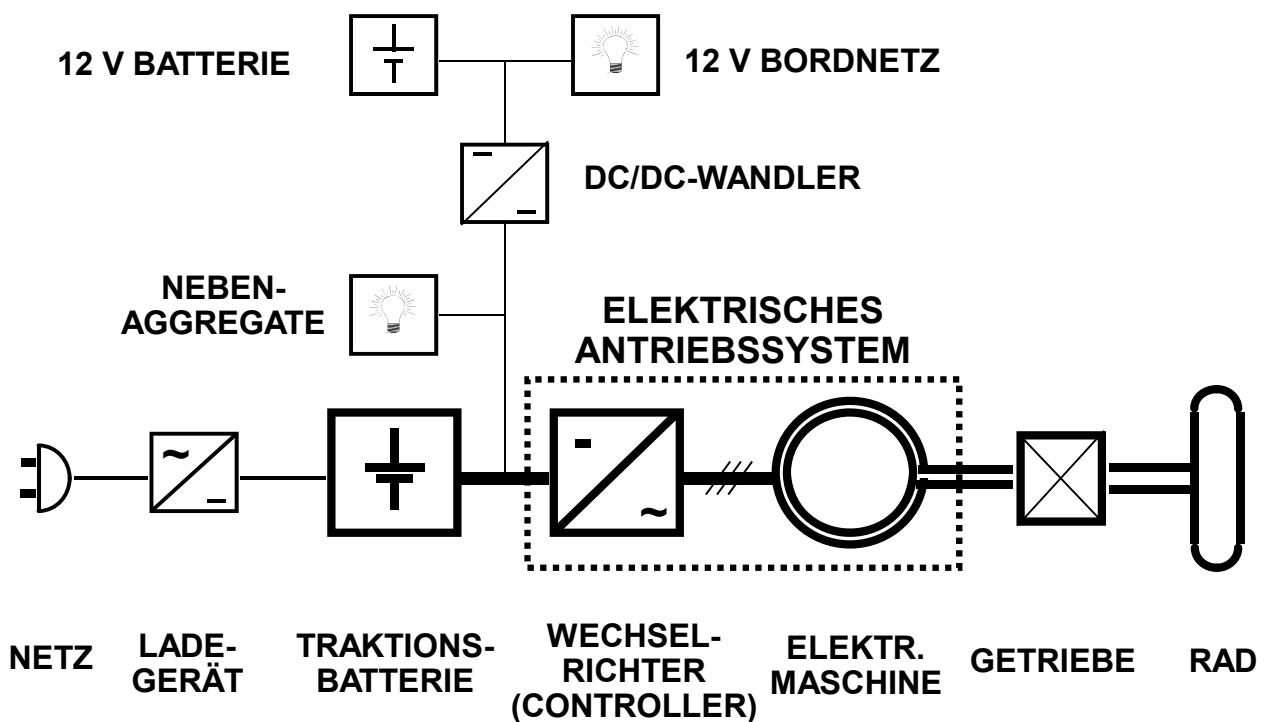


Elektromobilität

Stand der Technik

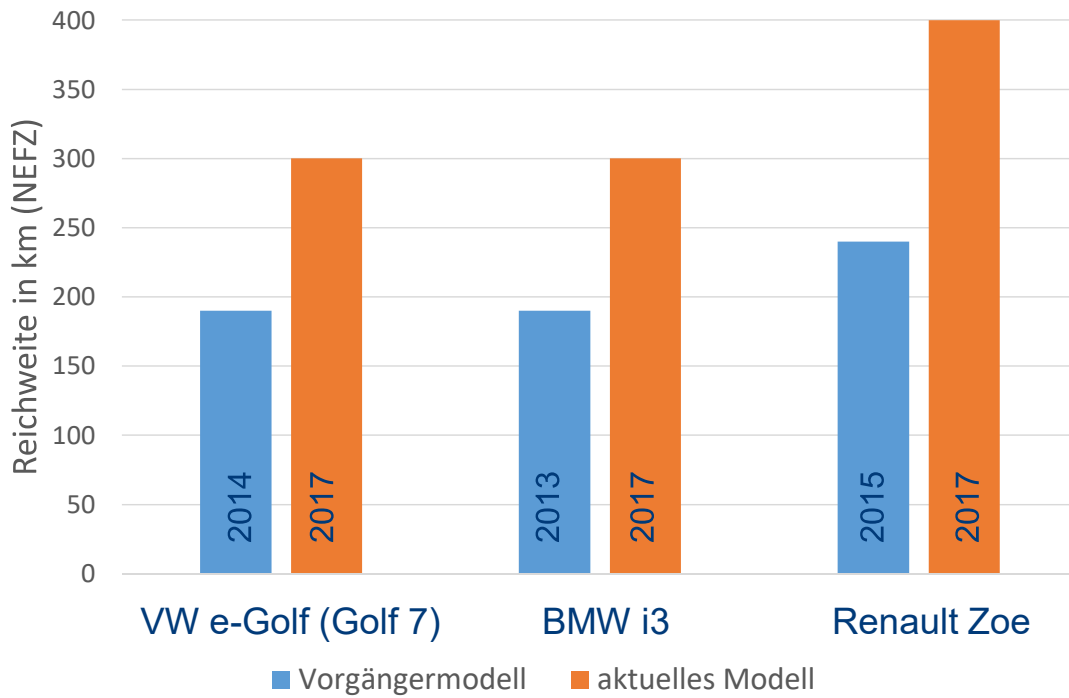


Prinzip der Antriebsstruktur eines Elektrofahrzeugs

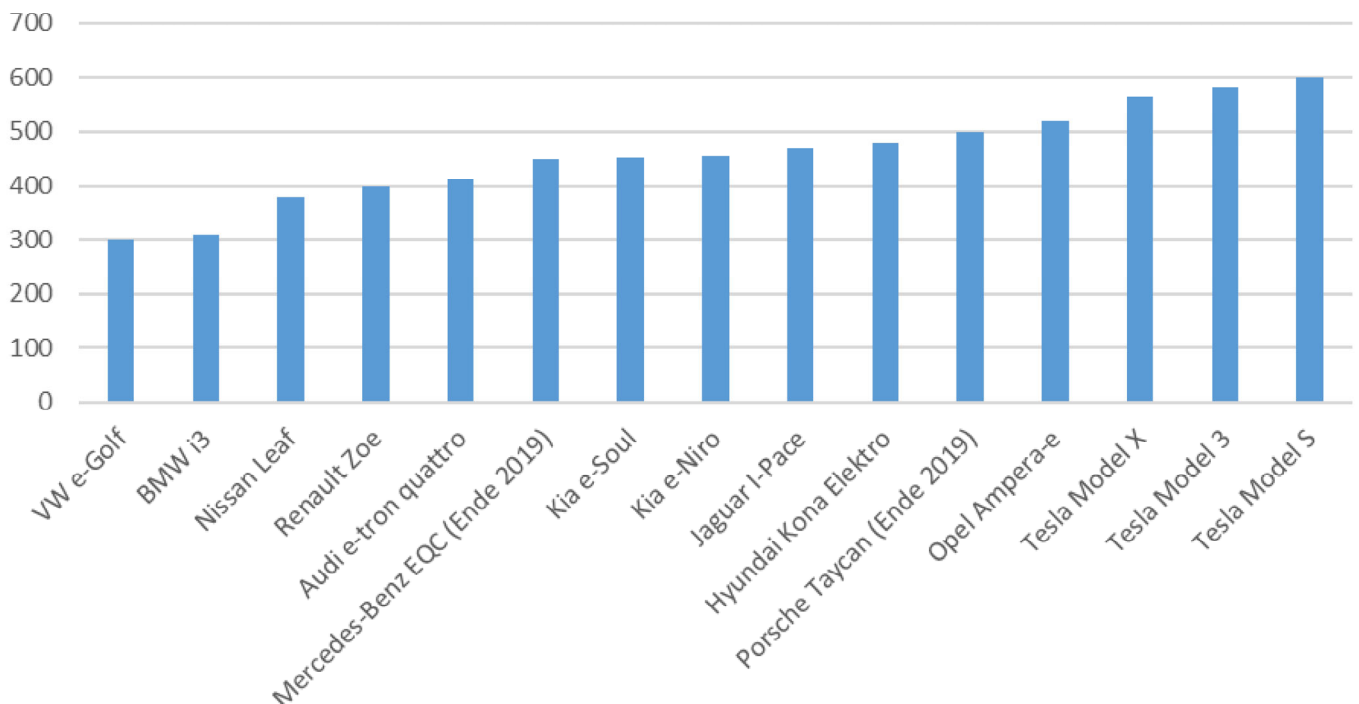




Entwicklung der Reichweiten aktueller Elektrofahrzeuge

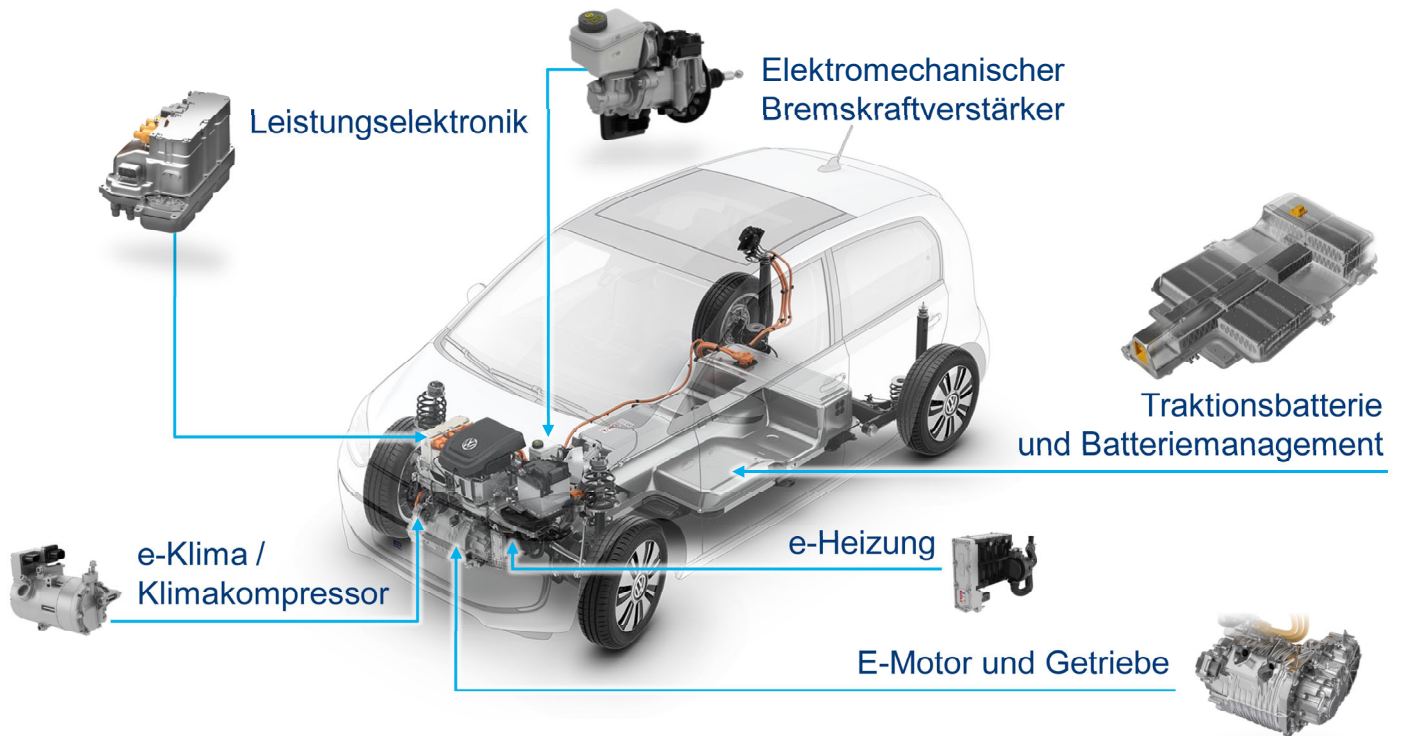


Max. Reichweite von Elektrofahrzeugen (lt. Hersteller) in km (2019)





Das Elektrofahrzeug ist mehr als nur Karosserie, Batterie und Elektromotor



Quelle: Volkswagen AG

Hameln – 22.08.2019

Elektromobilität – CEMO – Landrath



Batteriesystem eines Elektro-Konversionsfahrzeug



Elektromobilität – CEMO – Landrath

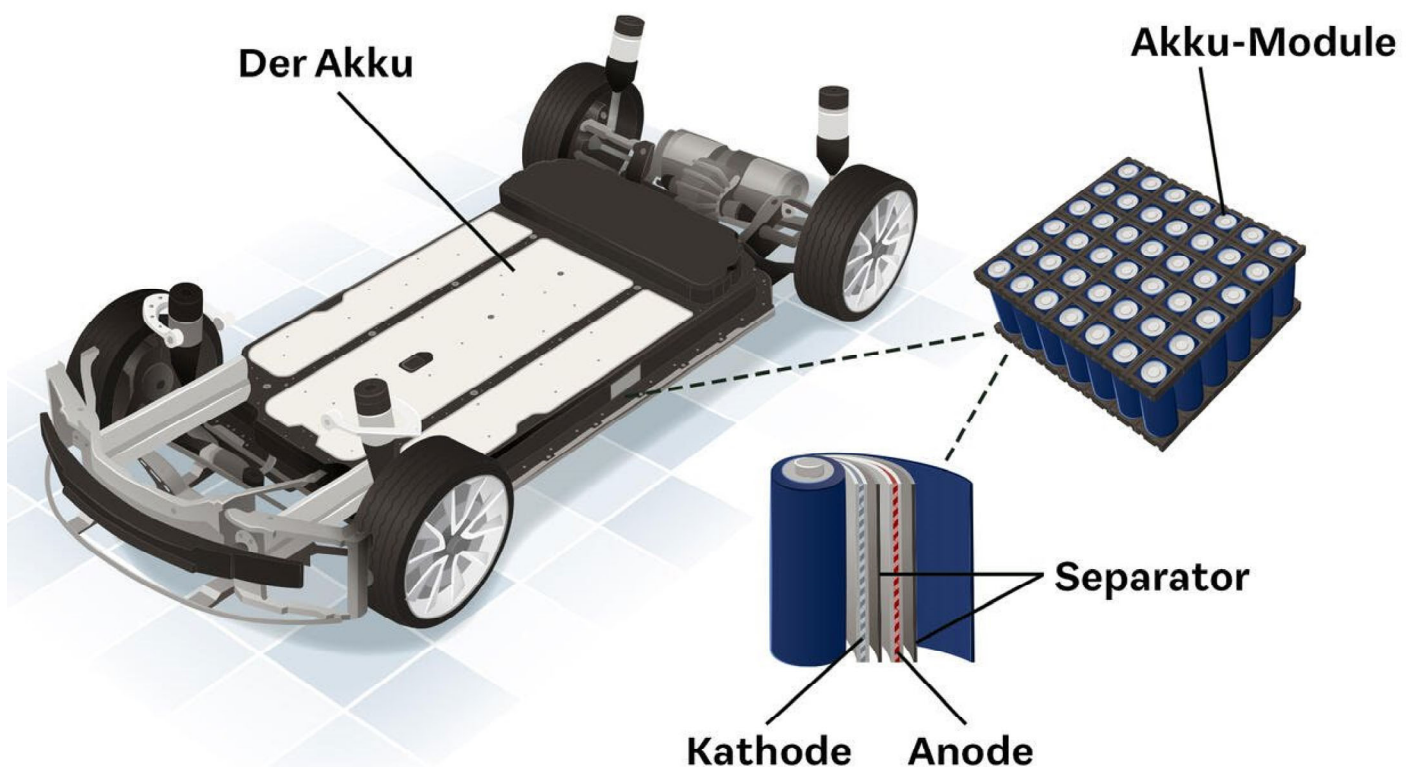
Hameln – 22.08.2019

Tesla Model 3 – purpose design



<https://www.autoscout24.de/auto/tesla/tesla-model-3/>

Tesla Model 3 – purpose design



<https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/neue-version-des-tesla-model-3-nur-eine-abgespeckte-basisversion/23208584.html>



Tesla Model 3 – Technische Daten

	Standard-Reichweite (geplant)	Standard-Reichweite Plus	Maximale Reichweite – Heckantrieb	Maximale Reichweite – Allradantrieb	Performance
Preis in Euro	ab 39.780 € (geschätzt)	ab 45.480 €	ab 51.680 €	ab 55.780 €	ab 65.580 €
Reichweite	350 km	415 km	600 km	560 km	530 km
0 - 100 km/h	5,6 Sekunden	5,6 Sekunden	5,4 Sekunden	4,6 Sekunden	3,4 Sekunden
Höchstgeschwindigkeit	209 km/h	225 km/h	233 km/h	233 km/h	233 km/h
max. Leistung	192 kW - 261 PS	192 kW - 261 PS	192 kW - 261 PS	258 kW - 351 PS	358 kW - 487 PS
Leergewicht	1610 kg	1730 kg	1730 kg	1847 kg	1847 kg





Quelle: <https://www.model3.info/de/tesla-model-3-technische-daten>

Ladeinfrastruktur



Combined Charging System (CCS); deutsch kombiniertes Ladesystem) ist ein internationaler Ladestandard für Elektrofahrzeuge. Die Steckervarianten und Ladeverfahren sind in Teil 3 der IEC 62196 (DIN EN 62196) genormt.

Combined Charging System – ein System für AC- und DC-Laden

Ladepunkt	Funktionen	Stecker	Kommunikation	Ladedose
AC 1-/3-phasig	1-phasiges AC-Laden/ 3-phasiges AC-Laden mit Stecker Typ 2 IEC 62196-2	Typ 2 	ISO 15118	
DC	DC-Laden mit Stecker Combo 2 IEC 62196-3	Combo 2 		



Anteile der Ladevorgänge	Privater Aufstellort: aktuell 85 %			Öffentlich zugänglicher Aufstellort: aktuell 15 %		
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur	 Einzel- / Doppelgarage bzw. Stellplatz beim Eigenheim	 Parkplätze bzw. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks	 Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	 Autohof, Autobahn-Raststätte	 Einkaufszentren, Parkhäuser, Kundenparkplätze	 Straßenrand / öffentliche Parkplätze
Vorgaben zur Ladetechnologie	Combined Charging System vorschreiben			Combined Charging System als Mindeststandard in Ladesäulenverordnung vorgeschrieben		
Ladedauer für 20 kWh (Verbrauch für 100 km)	6 Stunden (AC 3,7 kW)	6 Stunden (AC 3,7 kW) 1-2 Stunden (AC/DC 11-22 kW)	6 Stunden (AC 3,7 kW)	30 Minuten (DC 50 kW) 10 Minuten (DC 150 kW)	6 Stunden (AC 3,7 kW)	1-2 Stunden (AC/DC 11-22 kW)
Ladedauer perspektivisch				wenige Minuten (DC 350 kW)		
Stromversorgung	Über vorhandenen Hausanschluss	Über vorhandenen Anschluss der Anlage oder separaten Anschluss an das Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz			Über vorhandene Infrastruktur (z.B. Straßenbeleuchtung) oder neuen Anschluss an das Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz	
Abrechnung	Abrechnung möglich je nach gewünschtem Geschäftsmodell, z.B.: - kostenlos - pauschal - nach Ladeleistung - nach bezogener Energiemenge					

Ladeinfrastruktur

Die meisten Nutzer nutzen eine private Lademöglichkeit. Wer lange Strecken fährt, lädt unterwegs an

10.700 (2017)

20.650 (2019)

öffentlich zugänglichen Ladepunkten an

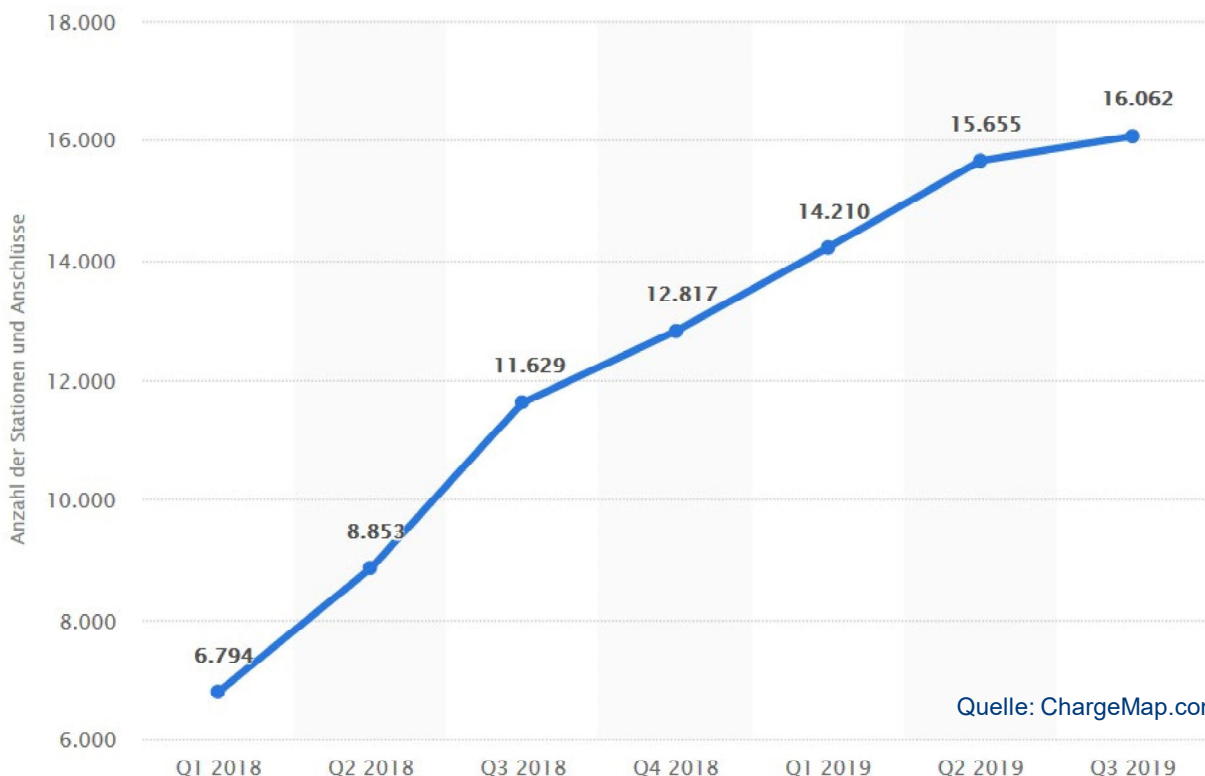
4.730 (2017)

16.062 (2019)

Ladesäulen



Anzahl der Ladestationen für Elektrofahrzeuge in Deutschland im Zeitraum 1. Quartal 2018 bis 3. Quartal 2019 (Stand: 01. August 2019)



Quelle: ChargeMap.com



Elektromobilität → Regenerative Energie

Regenerative Energieversorgung

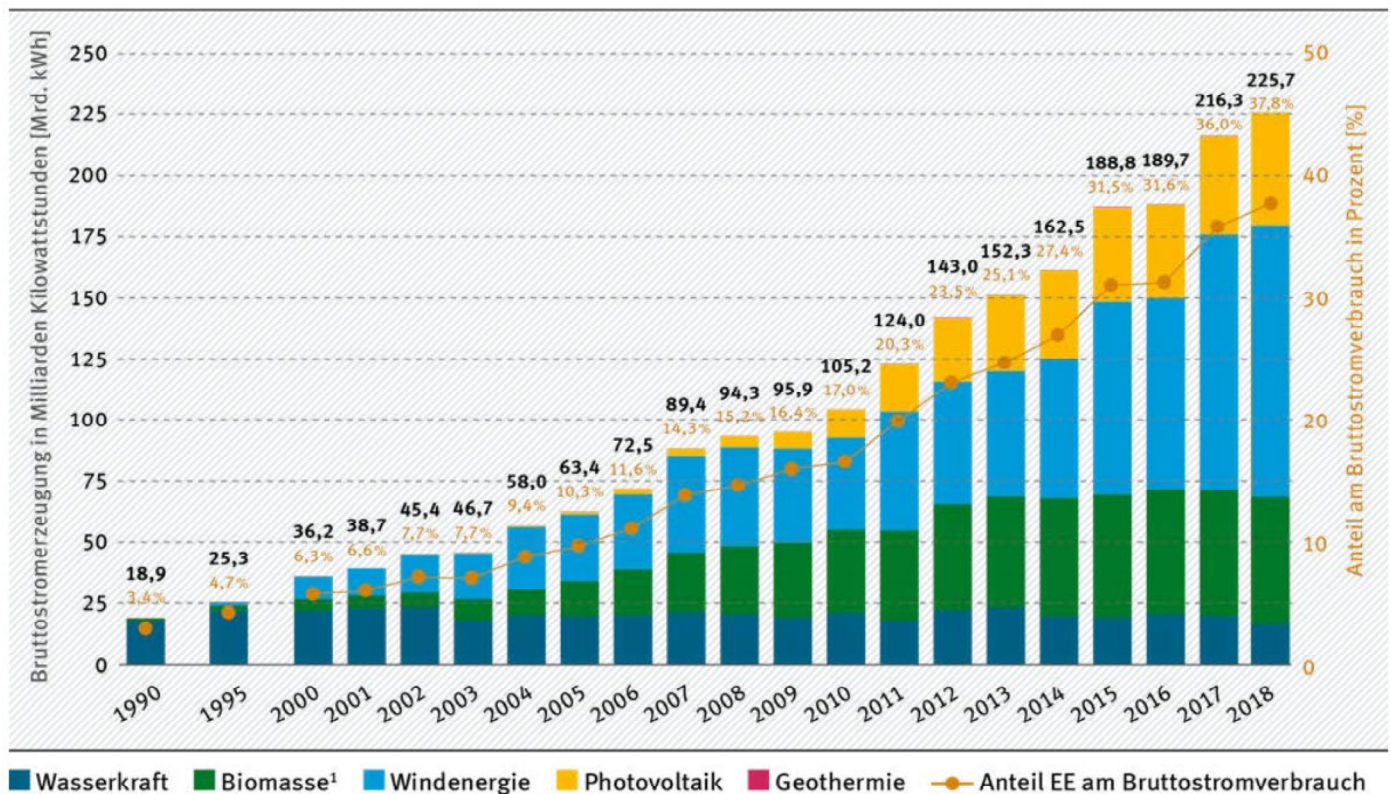
Elektromobilität – CEMO – Landrath

Hameln – 22.08.2019

Regenerative Energieversorgung



Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



■ Wasserkraft ■ Biomasse¹ ■ Windenergie ■ Photovoltaik ■ Geothermie — Anteil EE am Bruttostromverbrauch

1 inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponiegas, Klärgas, Klärschlamm sowie dem biogenen Anteil des Abfalls

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)



Energiebedarf für 1.000.000 Elektrofahrzeuge

Annahmen:

Fahrstrecke pro Jahr:	15.000 km
Energieverbrauch je 100 km	20 kWh
Energiekosten pro 100 km	6 € (bei 30 Cent je kWh)
Energieverbrauch pro Jahr:	3000 kWh

Energiebedarf von 1.000.000 Elektrofahrzeugen: 3.000.000.000 kWh

Derzeitiger Stromverbrauch in Deutschland: ca. 600.000.000.000 kWh

→ 1.000.000 Elektrofahrzeuge benötigen
ca. 0,5 % des heutigen Strombedarfs

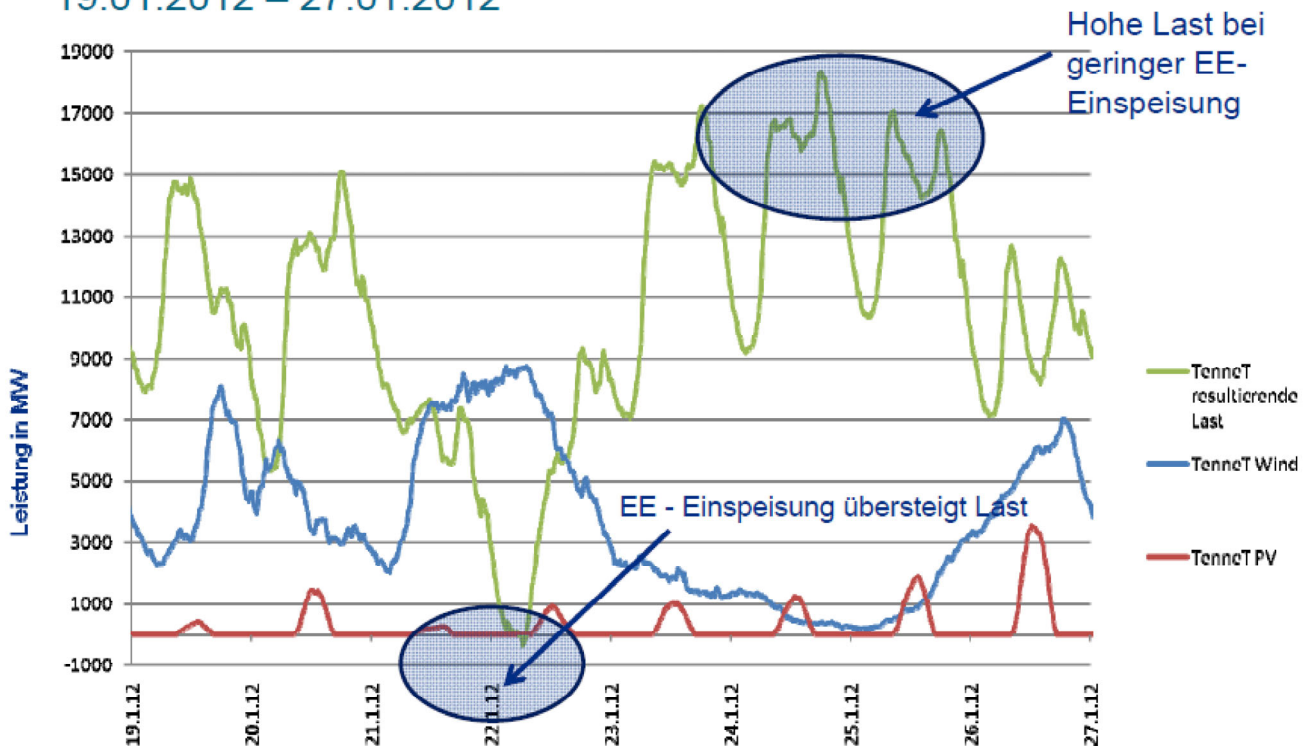
→ ca. 1,5 % des derzeit regenerativ erzeugten Elektrischen Stroms !

Regenerative Energieversorgung



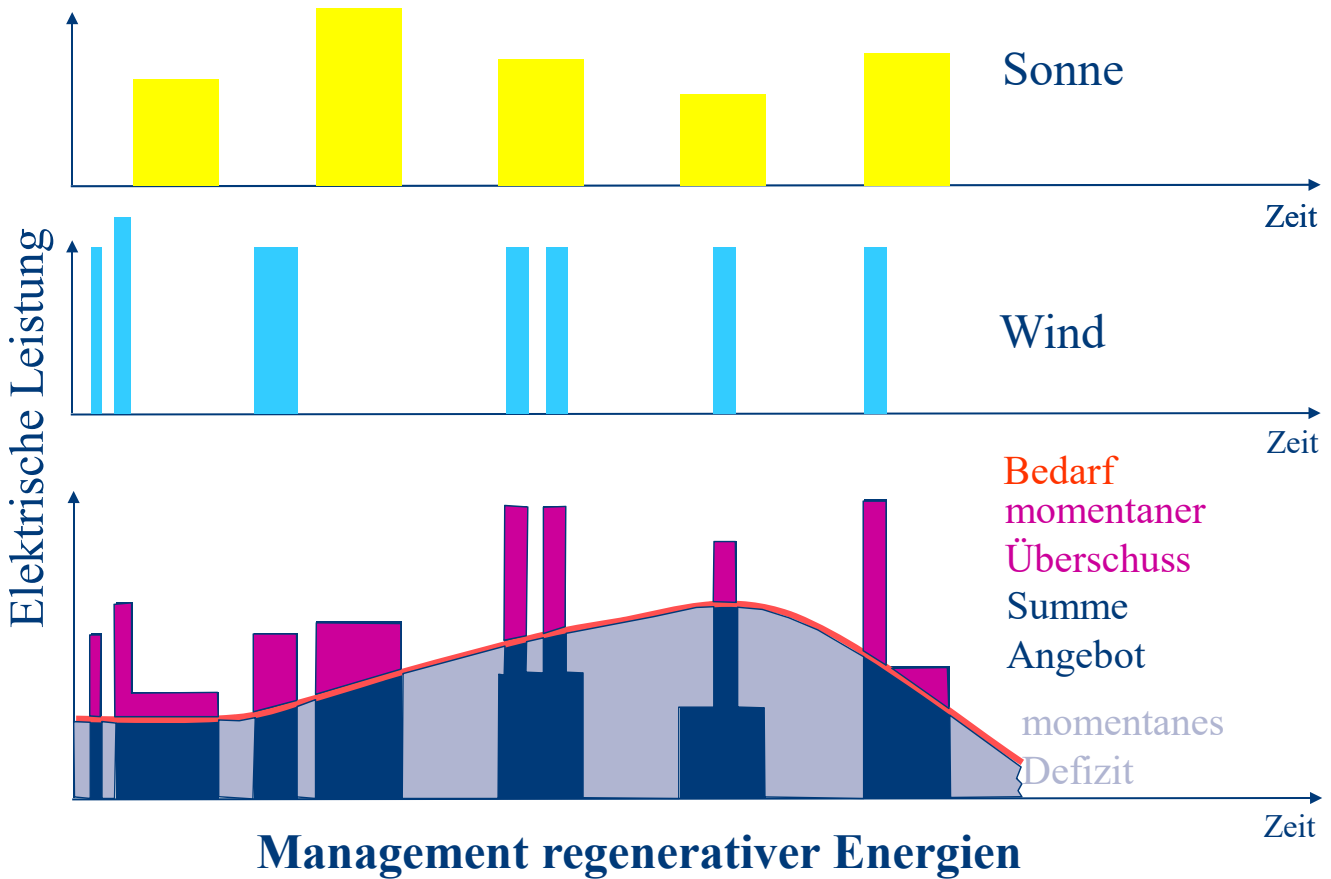
Einspeisevolatilität Wind/PV „TenneT 2012“

19.01.2012 – 27.01.2012



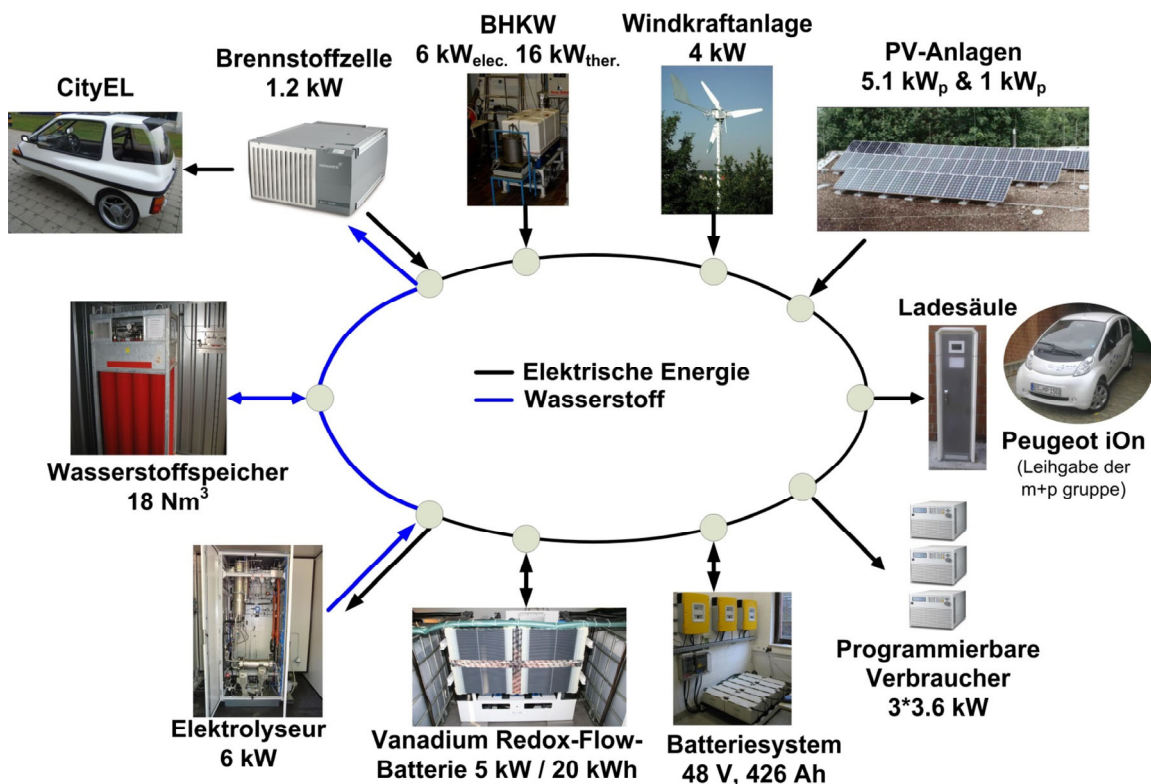


Wolfenbüttel



Wolfenbüttel

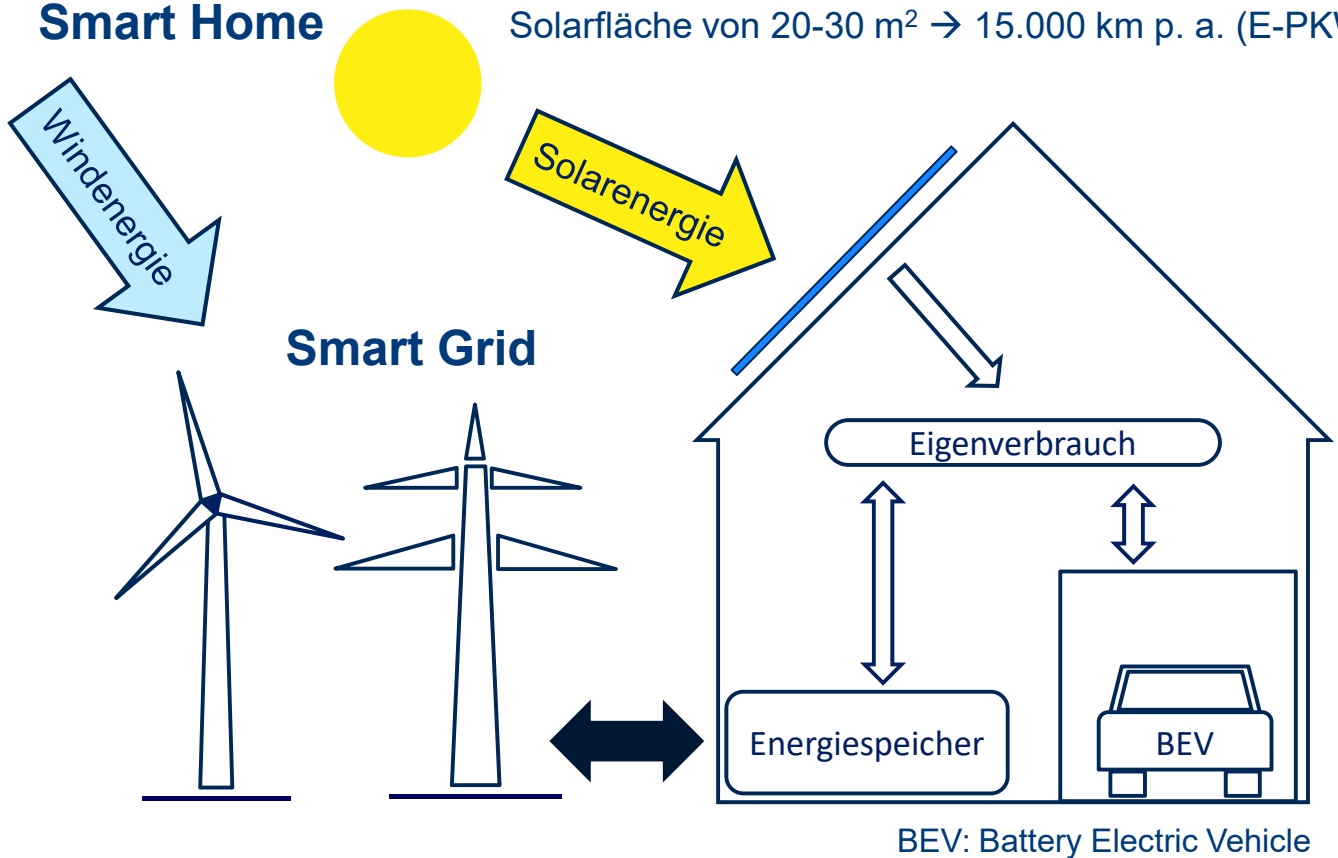
Intelligent vernetzter Energiepark -Smart Grid- an der Ostfalia





Smart Home

Solarfläche von 20-30 m² → 15.000 km p. a. (E-PKW)



Zielsetzung und Vision des Centrums für Energie und Mobilität - CEMO

- Ziel: Das Centrum für Elektromobilität der Ostfalia (CEMO) möchte einen Beitrag zur klimafreundlichen und nachhaltigen Umgestaltung der Mobilität hin zur Elektromobilität leisten und die Elektromobilität in der Region fördern.
- Die Vision ist, die für elektrisch angetriebene Fahrzeuge benötigte Energie zu 100% aus regenerativen Quellen zu gewinnen und die Alltagsmobilität mit Elektrofahrzeugen ohne Einschränkungen realisieren zu können.



Was sind die Chancen der Elektromobilität?

- Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen
- Keine lokalen Emissionen (Abgase und Geräusche)
- Reduzierung der Abhängigkeit vom Öl
- Ausbau des Technologie- und Industriestandortes Deutschland bzw. der Region
- Neue Mobilität (intelligente und multimodale Mobilitätskonzepte zur Verbesserung der Lebensqualität)
→ e-Car-Sharing, Emissionsfreie Gebiete, ...
- Attraktivitätssteigerung von Regionen z. B. im Bereich des Tourismus durch Elektromobilitätsangebote

Zusammenfassung und Ausblick



- **Elektrofahrzeuge sind heute als Serienprodukte erhältlich und weisen Reichweiten von 100 bis über 500 km auf.**
- **Elektrofahrzeuge sind am Einsatzort emissions- und somit schadstofffrei.**
- **Der Betrieb ist unabhängig vom Primärenergieträger und sie können einen Beitrag zur CO₂-Reduzierung leisten. Die CO₂-Bilanz (Lebenszyklus) hängt von den Randbedingungen ab.**
- **Wird die elektrische Energie für Elektrofahrzeuge (auch bei der Produktion) aus regenerativer Energie wie Sonne und Wind erzeugt, so ist der Betrieb CO₂-frei und somit klimafreundlich.**
- **Durch ein intelligentes Management der regenerativen Energieerzeugung im Zusammenwirken mit anderen Energieerzeugern, Verbrauchern und Energiespeichern (Smart Home/Grid) ist eine optimale - CO₂-arme - Energieversorgung der Elektrofahrzeuge und anderer Verbraucher möglich.**