



Pack die Sonne in den Tank!!

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?

Klaus Novak | Martin Sacherl

info@energiewende-erlangen.de

Der Inhalt und die Darstellungen sind urheberrechtlich geschützt.
Veröffentlichung und Weitergabe nur mit schriftlicher Zustimmung.



**Arbeitsgruppe
E-Mobilitätsberatung**

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?



Inhalt

1. Klimawandel und CO₂-Emission
2. Unterschiedliche Energieträger vs. Reichweite
3. Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit
4. Ladetechnik und Ladeinfrastruktur
5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?



Inhalt

1. Klimawandel und CO₂-Emission

2. Unterschiedliche Energieträger vs. Reichweite

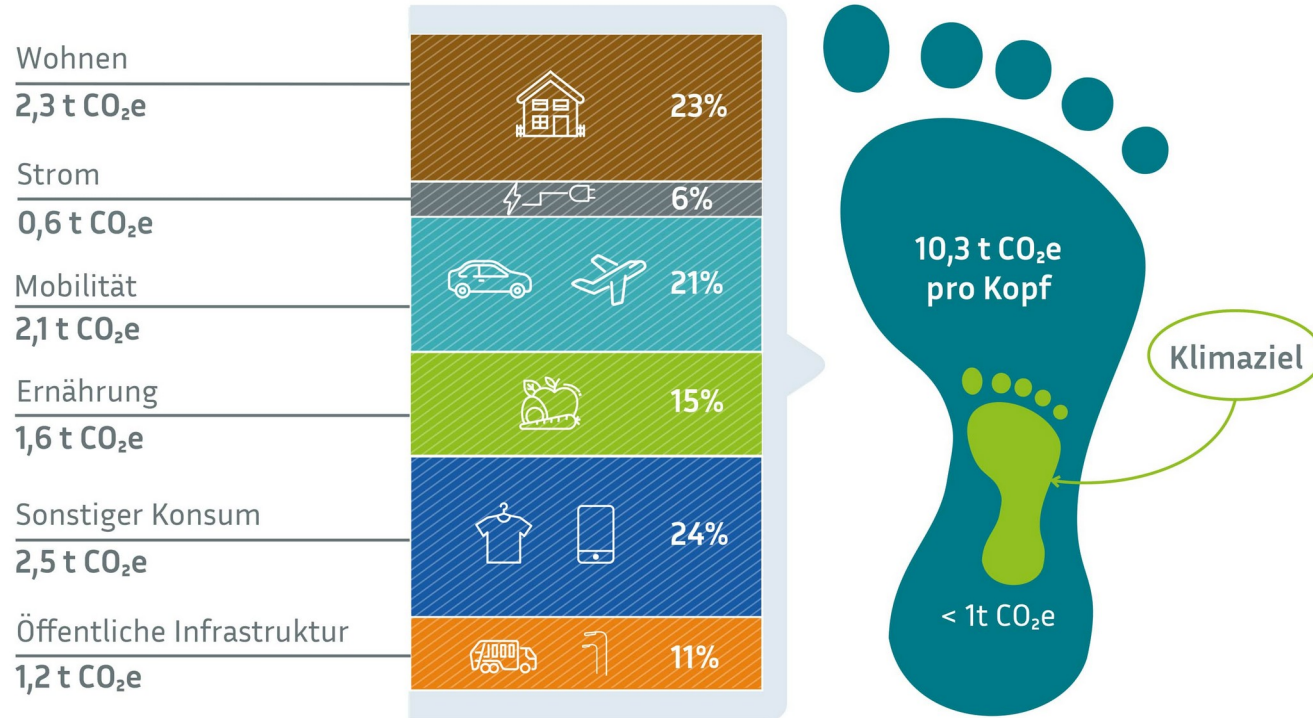
3. Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit

4. Ladetechnik und Ladeinfrastruktur

5. Zusammenfassung und Empfehlung

Treibhausgasemissionen eines deutschen Durchschnittsbürgers nach Bereichen

Durchschnittlicher CO₂-Fußabdruck pro Kopf in Deutschland



Meine persönliche CO₂-Bilanz:
https://uba.co2-rechner.de/de_DE/


Deutschland liegt auf Platz 7 der weltweit größten CO₂-Verursacher. Wir verursachen 2% der Emissionen, aber haben nur 1% der Weltbevölkerung. **Wege aus der Klimakrise aufzuzeigen, denen andere Länder folgen werden.**

<https://www.co2online.de/klima-schuetzen/klimawandel/co2-ausstoss-der-laender/>

Wichtige Fakten zum aktuellen Stand der Klimaforschung:

<https://helmholtz-klima.de/klimafakten>

CO₂e: Die Effekte von unterschiedlichen Treibhausgasen (z.B. Methan) werden zu CO₂-Äquivalenten umgerechnet und in die Berechnung einbezogen.

 Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich

Quelle: Umweltbundesamt CO₂-Rechner (Stand 2024)
© Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum

Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/durchschnittlicher-co2-fussabdruck-pro-kopf-in>

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?



Inhalt

1. Klimawandel und CO2-Emission
- 2. Unterschiedliche Energieträger vs. Reichweite**
3. Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit
4. Ladetechnik und Ladeinfrastruktur
5. Zusammenfassung und Empfehlung

ÖPNV-elektrischer Verbrauch vs. PKW-elektrischer Verbrauch



Verbrauch pro 100 km pro Person
im ICE (> 200 km/h):

3,7 kWh*

Für Langstrecke sinnvoll



Verbrauch pro 100 km im e-Auto (sparsame Mittelklasse)
pro Person (bei Fahrt alleine):

18,0 kWh

pro Person (bei Fahrt zu zweit):

9,0 kWh

pro Person (bei Fahrt zu dritt):











6,0 kWh

pro Person (bei Fahrt zu viert):

4,5 kWh

* QUELLE: Dt. Bahn <https://www.bahn.de/wmedia/view/mdb/media/intern/umc-grundlagenbericht.pdf>

Energieeffizienz und Wirkungsgrade im Vergleich

Energiequelle	Energieträger	Antrieb	Lokal emissionsfrei	Eine 3-MW-Windkraftanlage versorgt...
 z.B. Windkraftanlage 3 Megawatt Leistung, 2000 Stunden Vollast pro Jahr	Strom	 BEV		 1600 Fahrzeuge
	Wasserstoff	 FCEV		 600 Fahrzeuge
	eFuel	 ICE		 250 Fahrzeuge

(Regenerative) Energie möglichst sinnvoll und sparsam nutzen!

Wasserstoff/E-Fuels werden für die Industrie, sowie die Luft- & Schiff-Fahrt benötigt!

E-Fuels:
Zuerst Elektrolyse von Wasser, dann Synthese aus Wasserstoff und Kohlendioxid. Im PKW-Bereich nicht sinnvoll!

Quelle:
<https://www.helmholtz.de/newsroom/artikel/sind-e-fuels-eine-sinnvolle-alternative/>

Und wie ist die Reichweite? - Kriterien

Typischer Neuwagen: ca. 300 km bis 450 km, je nach

- **Größe des Akkus** ▶ je nach Einsatzfall und Autotyp: ca. 50 - 70 kWh
- **Größe, Gewicht und Aerodynamik des Autos** ▶ reine E-Auto haben teilweise mehr Platz
- **Reifen** ▶ möglichst kleine Reifen und geschlossene Felgen
- **Einsatz einer Wärmepumpe** ▶ Reichweite steigt, meist sinnvoll
- **Fahrstil und Geschwindigkeit** ▶ möglichst nicht schneller als 130 km/h
- **Wetterbedingungen** ▶ Temperatur, Regen und Wind
- Verbrauch im Winter: +20-30% (Umluft und Lenkrad-/Sitzheizung nutzen)

- Herstellerangaben nach WLTP in der Realität kaum erreichbar
- **ADAC Test Reichweite: Effizienz (Verbrauch/Aerodynamik) oder eine große Batterie**
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/elektroauto/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?

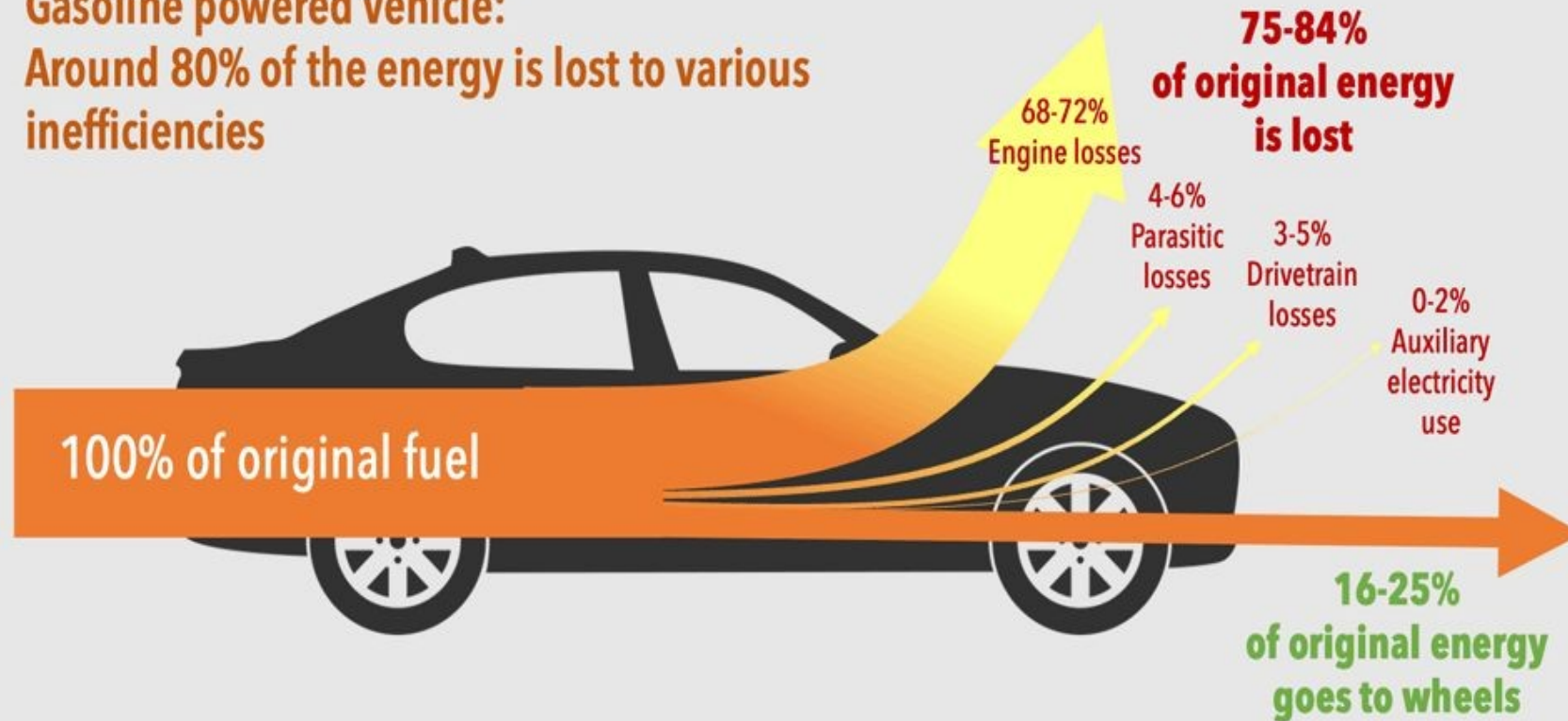


Inhalt

1. Klimawandel und CO₂-Emission
2. Unterschiedliche Energieträger vs. Reichweite
- 3. Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit**
4. Ladetechnik und Ladeinfrastruktur
5. Zusammenfassung und Empfehlung

Effizienz eines Verbrennerfahrzeuges

**Gasoline powered vehicle:
Around 80% of the energy is lost to various
inefficiencies**



Data from FuelEconomy.gov
Image by Karin Kirk for Yale Climate Connections

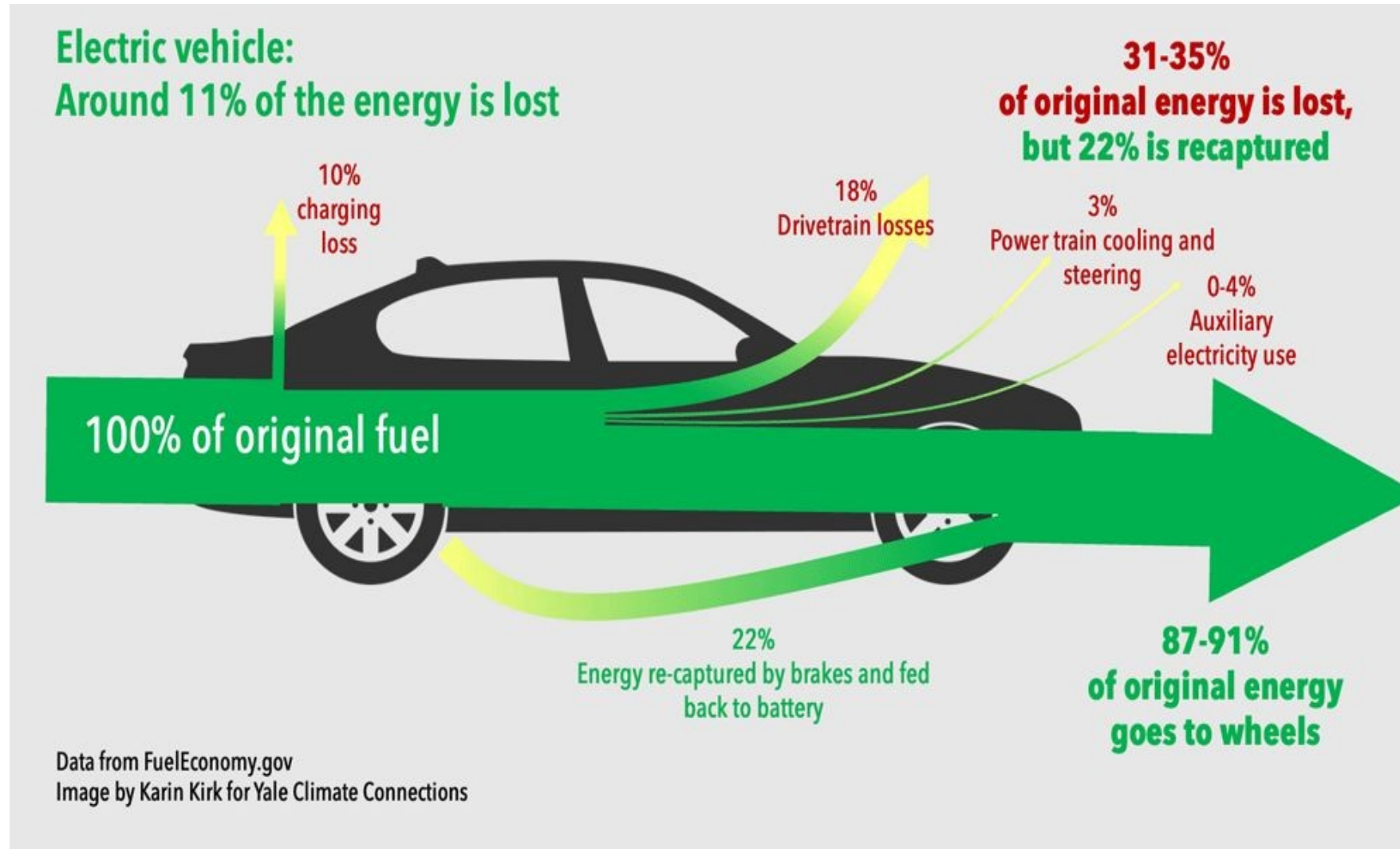
Zudem die Produktion:
1 l benötigt 1,58 kWh
Strom (nur in der
Raffinerie)
6 l benötigen ~10 kWh

+ Förderung & Transport
(Schiff / Pipeline und
Tanklastzug)

Quelle:

<https://edison.media/energie/so-viel-strom-brauchen-autos-mit-verbrennungsmotor/25014347/>

Effizienz eines Elektrofahrzeuges



Wirtschaftliche Betrachtung – Betriebskosten

Batterie-Elektrisch versus Benzin/Diesel



	Antriebsart / Energie	Verbrauch / 100km	Kosten / 100 km
E-Auto	über Photovoltaik AC (Zuhause)	15 – 20 kWh	1,50 – 2 € (0,10 €/kWh)
	Batterie-Elektrisch (Netzbezug)	15 – 20 kWh	5,25 – 7 € (0,35 €/kWh)
	Schnellladesäule DC 50-300 kW	15 – 20 kWh	9 – 12 € (0,60 €/kWh) (öffentliche Ladesäule)
	Mischkalkulation E-Auto	je 33%	5 – 7 € (0,35 €/kWh)
	Fahrleistung 10.000 km/a	Ø 1800 kWh / a	Ø 700 € /a
Verbrenner	Benzin / Diesel	6-8 l	10,80 – 14,40 € (1,80 € /1 Liter)
	Fahrleistung 10.000 km/a	Ø 700 l/a	Ø 1.260 € /a



Wirtschaftliche Aspekte, die die Umstellung attraktiv machen



- Ggf. Sonderrabatte bei vielen Herstellern in 2025, da CO2-Flottengrenzwert um 15% reduziert wird
□ Marktanteil von E-Autos (Neuzulassungen derzeit ca. 12%), muss auf ca. 25% deutlich steigen!
- **Mittlerweile gibt es einen Gebrauchtwagenmarkt mit breiter Angebotsvielfalt**
bei mobile.de oder autoscout24.de kann man die Kraftstoffart: Elektro anwählen
- **Privater Ertrag** durch Treibhausgasminderungsquote (**THG-Quote**): ca. 100 Euro / Jahr
- **Keine PKW-Steuer bis Ende 2030** (noch 7 Jahre), danach nach Gewicht
- **Wesentlich weniger Komponenten**, die repariert werden müssen, z. B. Anlasser, Einspritzanlage, Kraftstoffleitungen, Katalysator, Auspuff, Zahnriemen, Kupplung (28x weniger bewegte Teile)
<https://www.giga.de/artikel/8-dinge-die-ein-elektroauto-nicht-braucht/>
- Wesentlich **geringere Wartungskosten** -> kein Ölwechsel, kaum mehr Verschleißteile

Wirtschaftliche Betrachtung – Neuanschaffung Batterie-Elektrischer vs. Benzin / Diesel in 2024



Antriebsart / Energie	E-Auto	Verbrenner
Mittelklasse , kleinste verfügbare Motorgröße wählen, als E-Auto konzipiert im Innenraum größer	z.B. VW ID.3 150 kW, 58 kWh	Golf Life 1.5 eTSI Automatik 110 kW
Akkugröße netto mind. 50 kWh / mind. Ladeleistung AC 11 / DC 50-100 kW CCS	39.995 €	35.135 €
Sinnvolle Extras: Rückfahrkamera, Tempomat, Navigation, Lenkrad- & Sitzheizung	3.155 €	ca. 2.335 €
Summe	43.150 €	37.470 €
„Volkswagen Umweltprämie“ bis 30.12.2024 / Händlerrabatt Verbrenner ca.12%	ca. - 7.140 €	- 4.500 €
Überführung, fast kein Vorteil gegenüber Werksabholung	ca. 900 €	ca. 900 €
Fahrzeugpreis, incl. Überführung	36.910 €	33.870 €

Alternativ Opel Mokka: - 8.000 Euro: **36.740 €**

EMIL - Elektromobilitätsrechner: <https://www.energieinstitut.at/tools/emil/index.php?config=tools/EMIL/>

Basis-Modus: Auswahl von Stromart, wie Ökostrom oder PV-Anlage, Akkugröße
Nutzungsdauer, Fahrleistung, Energieverbrauch beim Elektroauto typ. 18 kWh/100km
Wartungskosten E-Auto: typ. 300 Euro (Diagnose, Bremsflüssigkeit, Luftfilter), Verbrenner +200 Euro (Ölwechsel/ASU
Steuerfreiheit E-Auto bis 2031 (-100 Euro) und ggf. etwas günstiger in Versicherung

QUELLE: <https://www.volkswagen.de/de/konfigurator.html>

Lebensdauer/Haltbarkeit des Akkus? Größter Hebel auf die Nachhaltigkeit des Autos



- Hersteller geben eine **Akkugarantie von 8 Jahren** oder **160.000 km**, auf mindestens 70%
- Reserve für Tiefenentladung und 100% Ladung ist im Akku bereits berücksichtigt
- Im Gegensatz zu Laptops, Handys haben **Elektroauto ein Batterie-Management-System (BMS)** mit Überwachungsfunktionen und **aktiver Kühlung und Heizung**.
- Degradation über die Zeit, nach Laufleistung bzw. kalendarische Alterung
Ende der Lebensdauer meist erst nach dem Lebenszyklus des Fahrzeugs
- **Batterie-Test z.B. Aviloo (herstellerunabhängig und neutral) und Zertifikate erhältlich**
Fahrt mit 100% Vollladung auf 10% Entladung, in mehreren Fahrten möglich,
Daten über den Gesundheitszustand (State of health) werden über die
Diagnoseschnittstelle (OBD) ausgelesen -> Zertifikat per E-Mail
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/elektroauto/batteriecheck-elektroauto/>
<https://aviloo.com/batterietest.html>

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?



Inhalt

1. Klimawandel und CO₂-Emission
2. Unterschiedliche Energieträger vs. Reichweite
3. Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit
- 4. Ladetechnik und Ladeinfrastruktur**
5. Zusammenfassung und Empfehlung

Wo und wie lade ich mein Elektroauto auf?

Ladeleistung, Ladezeit, Reichweite und Ladetechnik

Wo / Wie Energie	Zu Hause mit Adapter Steckdose Wechselstrom	oder mit Wallbox Drehstrom 3AC	Typ 2 Stecker mit PV-Anlage 1AC / 3AC min. 6A/Phase	Einkaufen / Arbeitsstelle Drehstrom AC max. bis 22 kW	Unterwegs mit CCS in Europa: Schnellladesäule Gleichstrom DC
Ladeleistung	230V*13A = 3kW max.	230V*3*16A= 11 kW	Ø 5 kW (min. 1,4 kW)	230V*3*16A= 11 kW	50 bis 300 kW
Ø Ladezeit & Reichweite km	16 km* in 1 h 160 km* in 10 h	60 km* in 1 h 300 km* in 5 h	28 km* in 1 h 280 km* in 10 h	60 km* in 1 h 300 km* in 5 h	Ø 100 kW: 280 km* in 30 min

Beispiele

Dauerbelastung: 10A ggf. 13A



+ / -
Gleichstrom

* Ø Verbrauch: 18 kWh / 100 km

QUELLE: <https://go-e.com/de-de/produkte/go-e-charger-homeplus>

und <https://www.amperfiend.de/de/ladeloesungen/wallbox-energy-control/> und <https://myenergi.de/produkte/zappi-wallbox/> und https://de.wikipedia.org/wiki/Combined_Charging_System

und <https://www.ladeverbundplus.de/> und <https://www.enbw.com/unternehmen/presse/enbw-und-deka-immobilien-kooperieren.html>

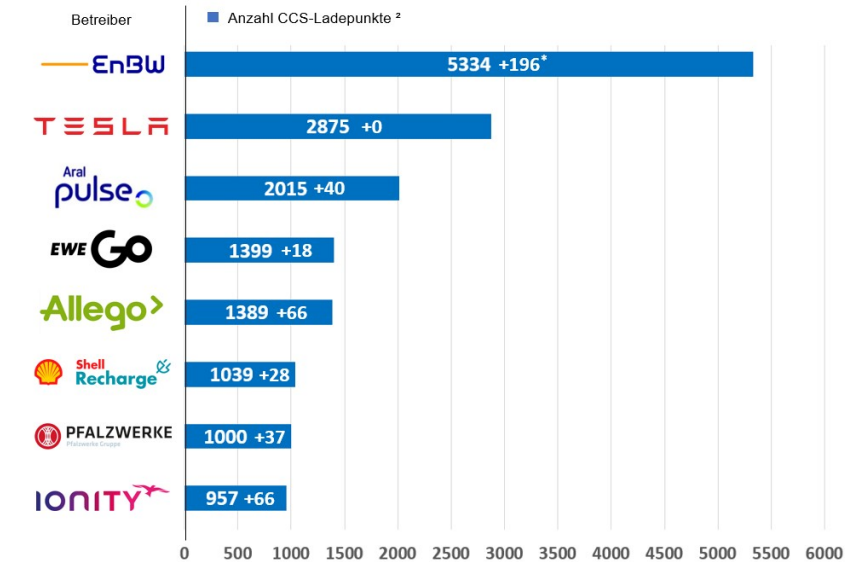
Grundsätzliche Aspekte des Aufladens

- **Private Lademöglichkeiten** – Stromanschluss bzw. Wallbox, am besten eigene PV
- **Aufladen bei Arbeitgeber** (Unternehmen)
- **Sichere lokale Lademöglichkeiten**, u.a. Stadtwerke, Parkplätze, Geschäfte, Gastbetriebe
- Bei goingelectric (Ziel-) Regionen anschauen
<https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/>
- **Rechtzeitiges Aufladen bei ca. 20 Prozent Restkapazität**
- **Ladevorgang bis 80 Prozent begrenzen**
 - ▶ Dauer bei Schnellladevorgang ca. 15 – 20 min.
- Bei einer Akku-Kapazität von 50 kWh (empfohlen)
 - ▶ spätestens alle ca. 300 km bzw. 2-3 Stunden aufladen

Aufladen unterwegs auf Reisen

- Das Navigationssystem eines Elektroautos übernimmt sowohl die Routen- als auch die Ladeplanung. (Gibt auch Apps, zB: A Better Routeplanner)
- Freischalten und Bezahlung des Ladevorgangs über App oder Ladekarte des Betreibers (ohne Abo 50-60ct/kWh; mit Abo 6-15€/Monat 39-45ct/kWh)
- Roaming: Einsatz der Ladekarte oder App bei Fremdbetreiber, meist sehr teuer. Aktuell günstiges Angebot EWE Go: 62ct/kWh bei Fremdbetreiber. (Empfehlung, wenn nur selten öffentlich geladen wird.)
- Ladekabel (für AC bis 22kW) ist in der Regel bereits beim BEV vorhanden
- Nach Ansatz der EU-Kommission können mit dem vorhandenen Ladeangebot heute in DE rund 2,5 Millionen vollelektrische Pkw versorgen. Aktuell sind ca. 1,5 Million E-Pkw zugelassen.

TOP8 Betreiber CCS-Ladepunkte 09/2024



² für alle zugänglich | Datenbasis: goingelectric.de | * Veränderung zum Vormonat

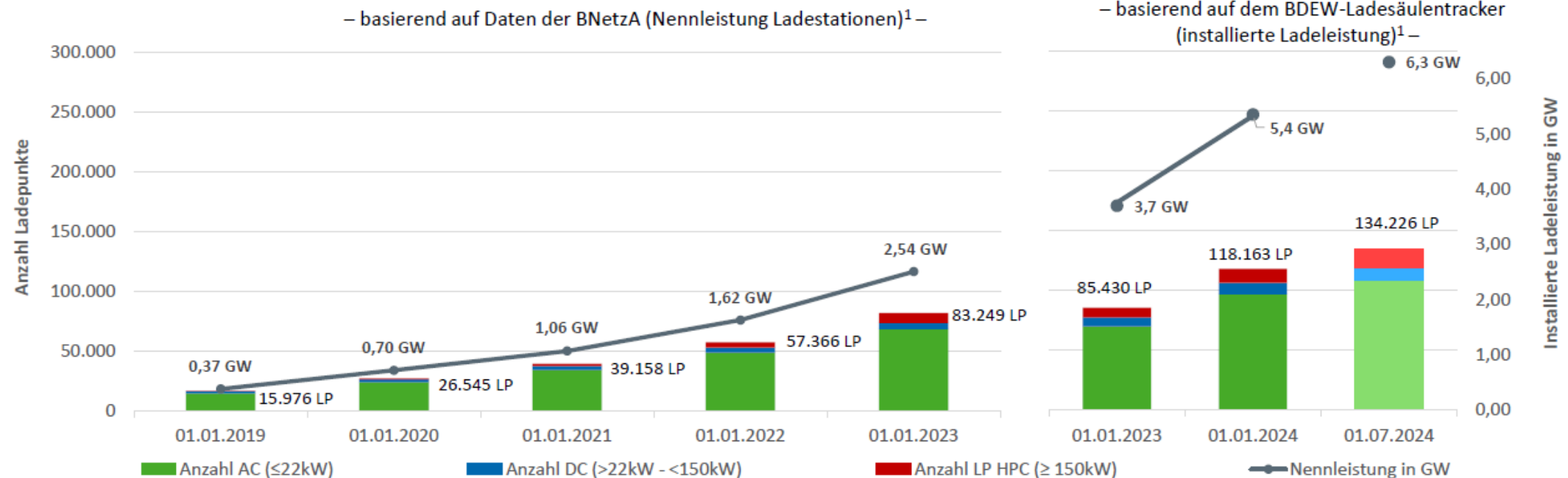
[schnellladepark.app](https://www.schnellladepark.app)

Quelle: <https://www.schnellladepark.app>

QUELLE: <https://www.sonnenseite.com/de/mobilitaet/bdew-ueberangebot-an-ladesaeulen-zu-wenige-e-autos/>
<https://ecomento.de/2024/07/17/dcs-e-auto-ladeinfrastruktur-in-deutschland-hervorragend-ausgebaut/>
<https://www.schnellladepark.app>

Entwicklung der Ladepunkte in Deutschland 01.01.2019 - 01.07.2024 - Deutlicher Ausbau

Insgesamt stieg das öffentliche Ladeangebot auf mehr als 134.000 Ladepunkte mit insgesamt 6,3 GW.



¹ Der BDEW verwendet die Definition von „Ladeleistung“ gemäß der Begriffsbestimmung in Artikel 2 Nr. 44 der Europäischen Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR).
2,8 GW Ladeleistung ist die AFIR-Zielvorgabe für Deutschland.

Deutschlandweit waren 2023 durchschnittlich von den Ladepunkten nur 14,5 % zeitgleich belegt.

Ausbau des Ladeangebots liegt deutlich vor dem Hochlauf der vollelektrischen PKW.

QUELLE: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Elektromobilit%C3%A4tsmonitor_2024-1.pdf

Bidirektionales Laden: V2X

- **V2L: Vehicle zu Load: Inselnetz z. B. beim Camping**
Strom an andere elektrische Verbraucher wie Pedelecs oder Notebooks abgeben
z.B. Hyundai/Kia, Honda e, VW ID.-Fahrzeuge mit 77 kWh Akku, aber nur über DC-Technik
 - **V2H: Vehicle zu Home: ► Bidirektional über DC oder AC? ► noch offen**
Strom vom Fahrzeug ins Hausnetz
 - **V2G: Vehicle zu Grid: ► Änderung der Netzanschluss-Richtlinien notwendig**
Einspeisung ins allgemeine Stromnetz
- > **Herausforderung: Rechtliche Regelungen & Zusammenspiel komplexer Komponenten/Haftung**
Frankreich ist Vorreiter in Europa (Smart Meter und AC-Ladestation)

Weitere Informationen/Quellen:

<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/bidirektionales-laden/>

<https://edison.media/e-hub/elektroautos-werden-zum-stromlieferanten/25246663/>

https://www.mobilityhouse.com/de_de/magazin/e-mobility/vehicle-to-grid-die-wichtigsten-fakten-im-ueberblick.html

<https://www.electrive.net/2024/03/21/wann-und-wie-kommt-vehicle-to-grid-6-fragen-an-jan-figgener/>

https://www.mobilityhouse.com/de_de/unser-unternehmen/presse/artikel/kostenlos-laden-renault-group-mobilize-and-the-mobility-house-starten-vehicle-to-grid-in-frankreich-waehrend-deutschland-den-regulatorischen-rahmen-schafft

Wie schaffe ich die solare Mobilitätswende?



Inhalt

1. Klimawandel und CO2-Emission
2. Unterschiedliche Energieträger vs. Reichweite
3. Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit
4. Ladetechnik und Ladeinfrastruktur
5. **Zusammenfassung und Empfehlung**

Weitere Vorteile und Empfehlung

- beinahe geräuschloses Fahren für Fahrgäste und weniger Lärmbelastung für die Umwelt
- kein Stress bei Stop & Go, kein Schalten, keine Kupplung, kein Ruckeln
- Vorklimatisierung per Handy-App, Wohlfühlen schon beim Einsteigen
- jederzeit beeindruckende Beschleunigung, was nicht nur richtig Spaß macht, sondern auch hilfreich sein kann, z.B. bei Überholvorgängen insbesondere auf der Landstraße
- ein gutes Gefühl bei (sparsamer) Nutzung des eigenen Stromes, bewusster nachhaltiger Mobilität und einen Beitrag zum Energiesparen zu leisten!
- ein gutes Gefühl für jede eingespeiste kWh Strom, die fossilen Strom verdrängt hat!
- **Kein Plug-In-Hybrid**, Mehrkosten beim Service da 2 Systeme eingebaut sind
geringe Reichweite, im Verbrennerbetrieb höhere Verbrauchskosten
-> **weniger Ersparnis bei den Betriebskosten**

Vielen Dank für Ihr Interesse!

