

Zukunft der Mobilität

Wohin wird die Reise gehen

Aufbau

- Vorstellung
- Verkehrsentwicklung
- Antriebstechnologien
- Kraftstoffalternativen
- Zukunft der Mobilität
- Austausch

Vorstellung

- Christopher Thieser
- Zwischen Fichtelgebirge und Steinwald aufgewachsen
- Verheiratet und 3 Kinder
- Technische Ausbildung (Werkzeugmechaniker, Fluggerätmechaniker)
- Weiterbildung (Meister, Studium zu Wirtschaftsingenieur Energietechnik)
- In verschiedenen Bereichen tätig (Elektroplanung, Verwaltung)

Verkehrsentwicklung

- Bis ins 19 Jh. – von ersten Siedlungen/Städten an – waren alles aufs Gehen, Pferde, Fuhrwerke usw. ausgelegt (Durchgangsstraßen/Gassen)
- Erstes umdenken mit der Eisenbahn (ab 1830er) [Dampflokomotive Adler: 190 Jahre Eisenbahngeschichte | BR24](#)
 - Umstrukturieren der Siedlungsräume nötig – Da Bahnhöfe sich zu Wirtschafts- und Weiterentwicklungsfaktor wurden (Geschwindigkeit, Bequemlichkeit, ...)
 - „Widerstand gegen diese "teuflische Erfindung", die das Stadtbild veränderte und Ängste vor Lärm, Gestank und dem Verlust traditioneller Reiseerlebnisse auslöste“
- Ab dem 20 Jhr. auftreten von Automobile
 - Erste Automobile mehr „Spielzeuge“ Adliger/Wohlhabender (wie später bei den Flugzeugen)
 - Weiterer Umbau der Infrastruktur (z.B. Straßen, Autobahnen, Tankstellen, ...) – Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen/Zukunftsinvestition
 - Es bildete sich aber auch Widerstand ([Vor 90 Jahren - Der "Eiserne Gustav" trifft mit seiner Droschke in Paris ein](#))
- Vorteil der Automobile (PKW, LKW, ...)
 - der „geringe“/flexible Bedarf an Infrastruktur (Keine Schienen, Tür zu Tür, ...)
 - es ein Symbol für Status, Fortschritt und Freiheit ist→ Damit hohe Akzeptanz
- Ab den 1950er massive Investition in Automobile und Um-/Wiederaufbau der Städte zu „autogerechten Städten“ (Charta von Athen des CIAM)
 - Ungehinderte Verkehrsfluss des Autos ermöglichen, alles so erreichbar
 - Trennung der Verkehre und klare Flächenzuweisungen/-einteilung→ Bevorzugung des Motorisierten Individualverkehrs (MIV)
- Ziel war:
 - Wohnen und Gewerbe sollten räumlich voneinander getrennt werden→ Die Menschen im Grünen, ohne den Emissionen der Gewerbebetriebe - suburbane Satellitenstädte („Schlafstädte“)
- Anbahnen erster „Probleme“/Schwierigkeiten
 - Steigende Abhängigkeit von Automobilen (Zum Einkaufen oder zur Arbeit kommen, Finanzierung, „Fahren können“, Abstellplatz haben, ...)
 - Verstärkung wirtschaftliche Unterschiede (Ghettobildung - Preissteigerungen in Vororten, Kosten für Auto und Unterhalt, Arbeitsangebot, ...)

→ **Mobilität prägt das Leben der Menschen auf wirtschaftliche und soziale/gesellschaftliche Weise**

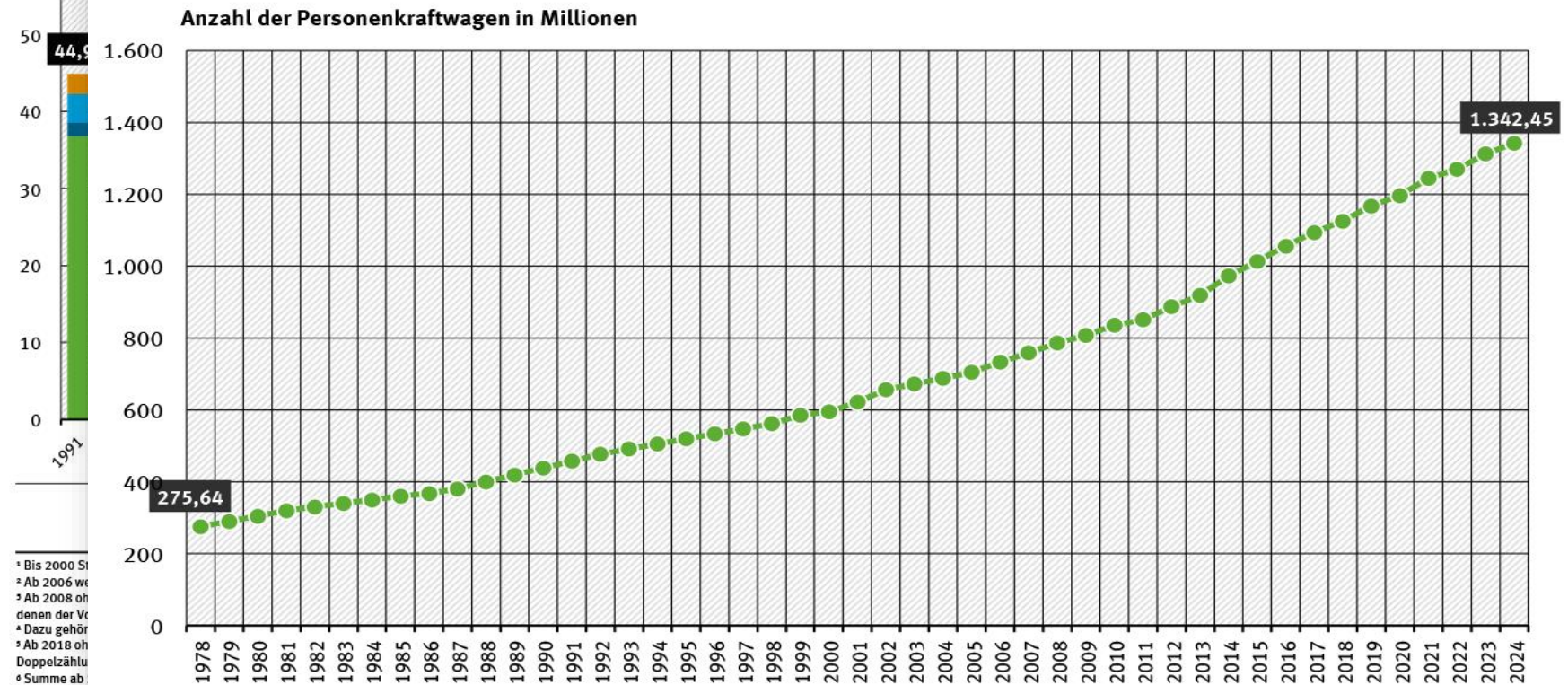
Verkehrsentwicklung

- Deutschland
 - Derzeit ca. 50 Mio. PKW
 - Bei knapp 83 Mio. Einwohnern
- Weltweite Mobilität
 - Derzeit ca. 8-9 Mrd. Menschen
 - ca. 3-5 Mrd. „Bedarf“
 - Großer Teil lebt in Städten

Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes



Weltweiter Autobestand*



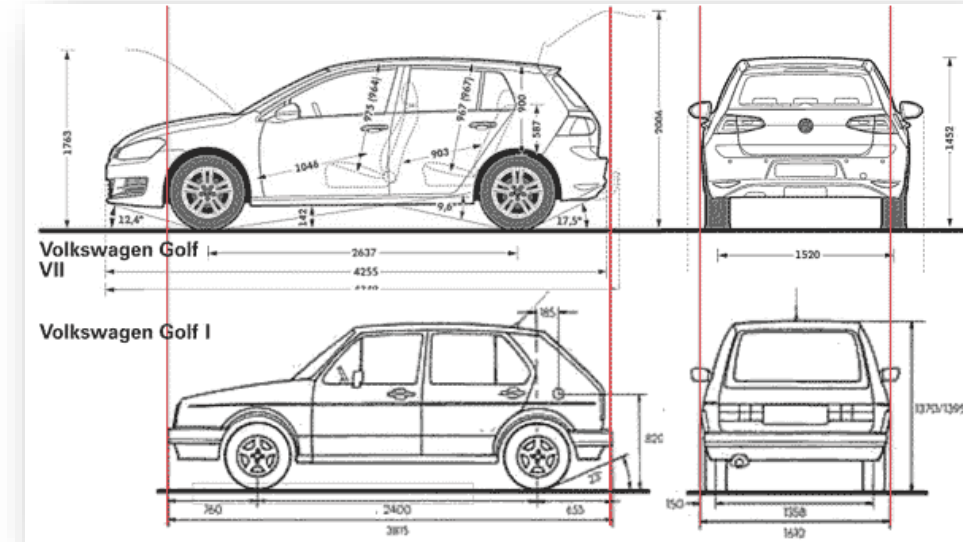
¹ Bis 2000 St
² Ab 2006 w
³ Ab 2008 oh
denen der V
⁴ Dazu gehör
⁵ Ab 2018 oh
Doppelzählu
⁶ Summe ab

* ohne Nutzfahrzeuge; jeweils zum 1.1.

Quelle: Verband der Automobilindustrie (VDA), Tatsachen und Zahlen, Jahresberichte

Verkehrsentwicklung

- Entwicklung des Kfz
 - Gewicht und Größe (höhere Luftwiderstand) nimmt pro Jahr zu
[Autos mit Fettsucht: Golf, Mini, Mercedes im Vergleich - Auto & Mobil - SZ.de](#); [Autos sind immer grösser geworden. Und hässlicher. Ein Direktvergleich](#); [Diese dummen Karren bringen uns buchstäblich um – YouTube](#); [Compare car design and dimensions in a Virtual Showroom](#)
 - Mehr Platzbedarf (größere Parkplätze, breitere Straßen)
 - Die Flächen dafür stellen wir zum Großteil kostenlos zur Verfügung
 - Leistung (mehr PS/kW) nimmt pro Jahr zu → Spritzigkeit/Sportlichkeit
[Trotz besserer Motorentechnik verbraucht der Pkw-Verkehr immer mehr Energie - Mobilität mit Zukunft](#); [Luftwiderstand: Zusammensetzung und Formel · \[mit Video\]](#); [Kraftstoff sparen, Fahrzeuge, Fahrweise, Eco-Drive, Ratgeber, Geschwindigkeit, richtige Wahl des Gangs, Motordrehzahl](#); [Breitere Parkplätze, breitere Strassen?](#)
 - Verbrauch nimmt nicht so ab wie möglich → Rebound-Effekt
 - Verbrauch liegt seit Jahren bei ca. 7-8 l/100km
 - VW Golf von 1978 mit ca. 800 kg mit modernem Motor/Technik käme mit 3,3 Liter/100 km aus
[Autoindustrie und Klimaschutz](#); [Rebound-Effekte in der Mobilität](#)
- Durchschnittliche Fahrleistung
 - Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung eines Pkw in Deutschland lag zuletzt (Stand 2024) bei etwa 12.309 Kilometern
 - Die Berechnung ergibt somit rund **34 bis 37 Kilometer pro Tag** (12.300 km / 365 Tage ≈ 33,7 km)
 - 1. Freizeit, 2. zu Arbeit, 3. Dienstliche
[Mobilität: Deutschland fährt wieder mehr Auto | taz.de](#); [infas - Mobilität in Deutschland – Verkehrswende in Sicht?](#)
- Gerne auch „Stehzeug“ genannt
 - Privater Pkw wird durchschnittlich nur **eine Stunde am Tag** bewegt
 - Somit steht das Auto durchschnittlich 23 Stunden am Tag ungenutzt herum
[Car-Sharing | Umweltbundesamt](#)
- Zeit im Auto/Verkehr
 - Durch den steigenden Verkehr und Auslastung verbringen wir mehr Zeit im Auto als „nötig“
[Pendler verschwenden Zeit und Geld: Staus kosten Autofahrer Milliarden | taz.de](#)



Antriebstechnologien

- Verbrenner (ICE - Intern Combustion Engine)
 - Diesel (Selbstzünder)
 - Benzin (Fremdzünder)
 - Autogas (Methan)
 - Ethanol (Alkohol)
 - Wasserstoff(-verbrenner)
 - Synthetische (E-Fuel/HVO100)
- H₂-Brennstoffzelle (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle)
 - Komprimierter, selten flüssiger, Wasserstoff
- Hybrid ((P)HEV - (Plug-in) Hybrid Electric Vehicle)
 - Kombinationsmöglichkeiten
- E-Motor (BEV - Batterie Electric Vehicle)
 - Elektrischer Strom

Verbrenner Antriebsstrang



Elektro Antriebsstrang

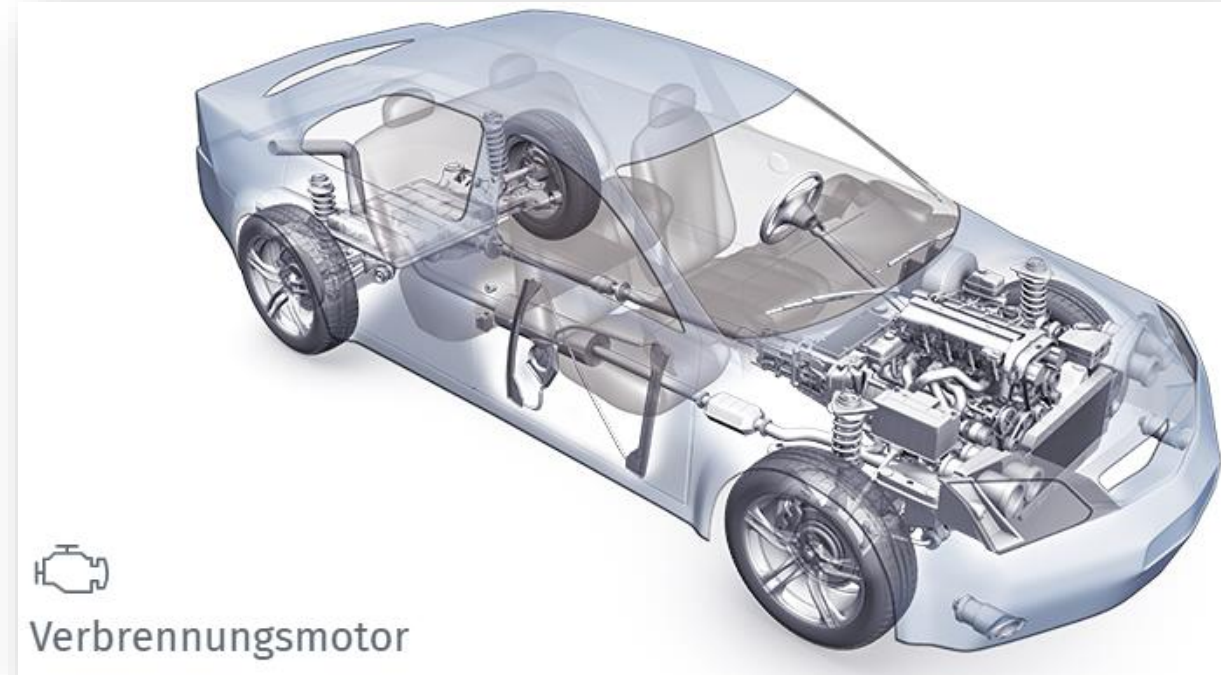


[Mechanische Teile: Verbrenner vs. Elektro - Weitere Themen / Elektromobilität - TFF Forum - Tesla Fahrer & Freunde](#) (Chevy V8, Getriebe von VW nur Motor, es fehlen noch Anbauteile (z.B. Turbo); Elektroantrieb von Brammo);

Verbrenner = ICE

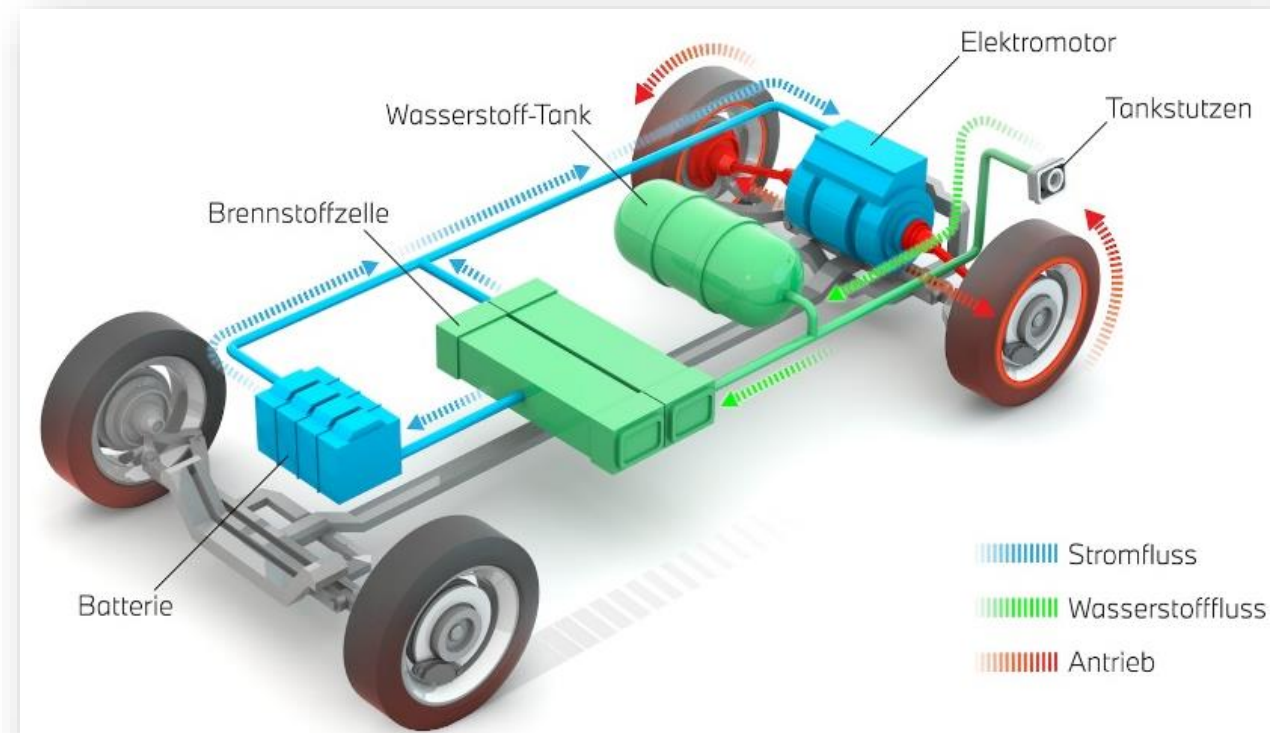
- Funktionsprinzip
 - Kohlenwasserstoffe (C_xH_y -Kraftstoffe) werden explosionsartig verbrannt
 - Der entstehende Druck bewegt einen Kolben
 - Diese Hubbewegung wird über eine Kurbelwelle in Drehbewegung umgewandelt
- Vorteile
 - Technik etabliert
 - Technik weit entwickelt
 - Infrastruktur (Tankstellen, Werkstätten, ...) gut ausgebaut
- Nachteile
 - Technik hat wenig Entwicklungspotenzial übrig
 - Motor braucht Anbaugeräte für weitere Optimierungen
 - Viele bewegliche Teile (Verschleiß, ...)
 - Geringer Wirkungsgrad (10%-30%, Rest = Abwärme)
 - Brennstoff begrenzt (Menge, Kapazität, Anbieter, Stichwort „Kuba“)
 - Direkte Emissionen
- Fazit:
 - Die Technik ist gut entwickelt
 - Infrastruktur gut ausgebaut
 - Hat aber Grenzen und Probleme (Wirkungsgrad, Kraftstoffbedarf, ...)

[Autolexikon: Ottomotor • einfach erklärt, Aufbau und Wirkungsgrad · \[mit Video\]](#); [Die gängigsten Motorbauarten erklärt; Hocheffiziente Verbrenner, my ass: Physik, Ökonomie und das kulturelle Trostangebot](#); [Bivalente Autos: Was es damit auf sich hat](#); [Zweigleisig fahren: Bivalente Antriebe - ntv.de](#)



Brennstoffzelle = FCEV

- Funktionsprinzip
 - Wasserstoff (H_2) wird in einer Brennstoffzelle verstromt
 - Damit wird eine Batterie geladen und zum Teil der E-Motor bedient
- Vorteil:
 - Schnelles Nachtanken
 - Höhere Reichweiten als BEV (derzeit)
 - Einfacherer Aufbau als ein ICE (weniger bewegliche Teile)
- Nachteil:
 - Komplizierter als BEV
 - Wasserstoff (begrenzte Verfügbarkeit und teuer)
 - Tank-, Brennstofftechnik ist aufwendig (Druck 700 bar, ...)
 - Der Aufbau eines Tankstellennetzes ist aufwendig und kommt nicht voran (zum Teil schließen die ersten wieder)
- Fazit:
 - Es ist also ein elektrisches Auto, aber der Strom kommt nicht direkt aus einer Batterie, sondern wird an Bord erzeugt
 - H_2 hat viele Anwendungsgebiete

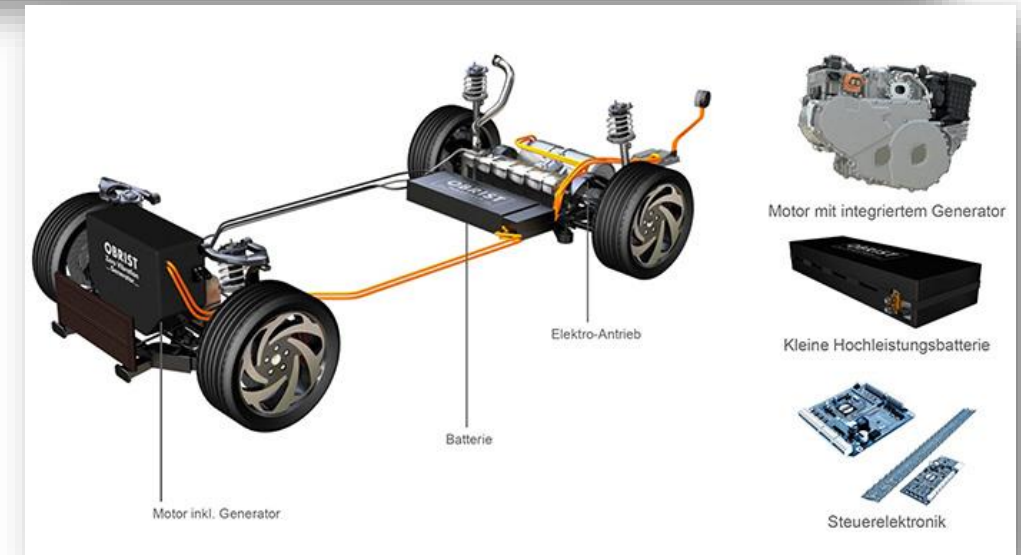
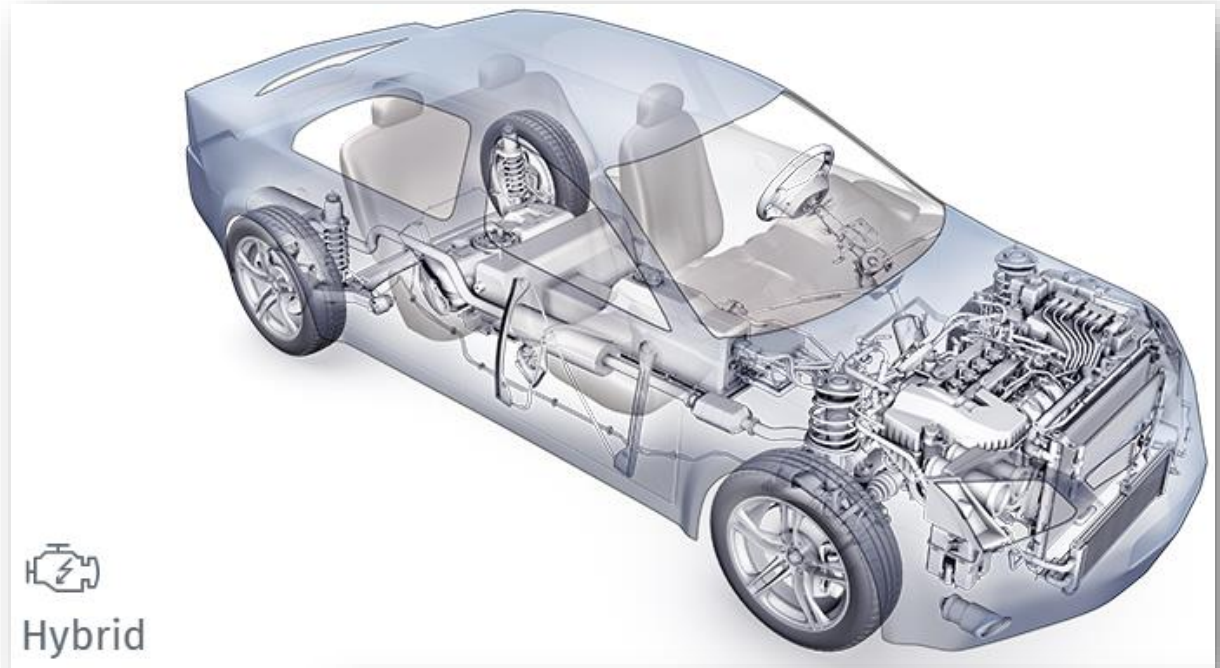


[VW-Chef erklärt, warum Wasserstoffautos keine Chance gegen E-Autos haben](#) ; [Das sollten Sie über Wasserstoffautos wissen | BMW.com](#); ["Fast niemand tankt": Kritik an Millionen für Wasserstoff | BR24](#); [Wasserstoff im Verkehr: Häufig gestellte Fragen \(FAQs\) | Umweltbundesamt](#); [Wasserstoffantrieb – Wikipedia](#); [Aufbau, Typen und Funktion | Was ist eine Brennstoffzelle?](#); [Status Quo und Zukunft von Wasserstoff im Verkehrssektor - Fraunhofer ISI](#); [Wasserstoffauto bzw. Brennstoffzelle: Wie ist der aktuelle Stand der Technik?](#)

Hybrid = (P)HEV

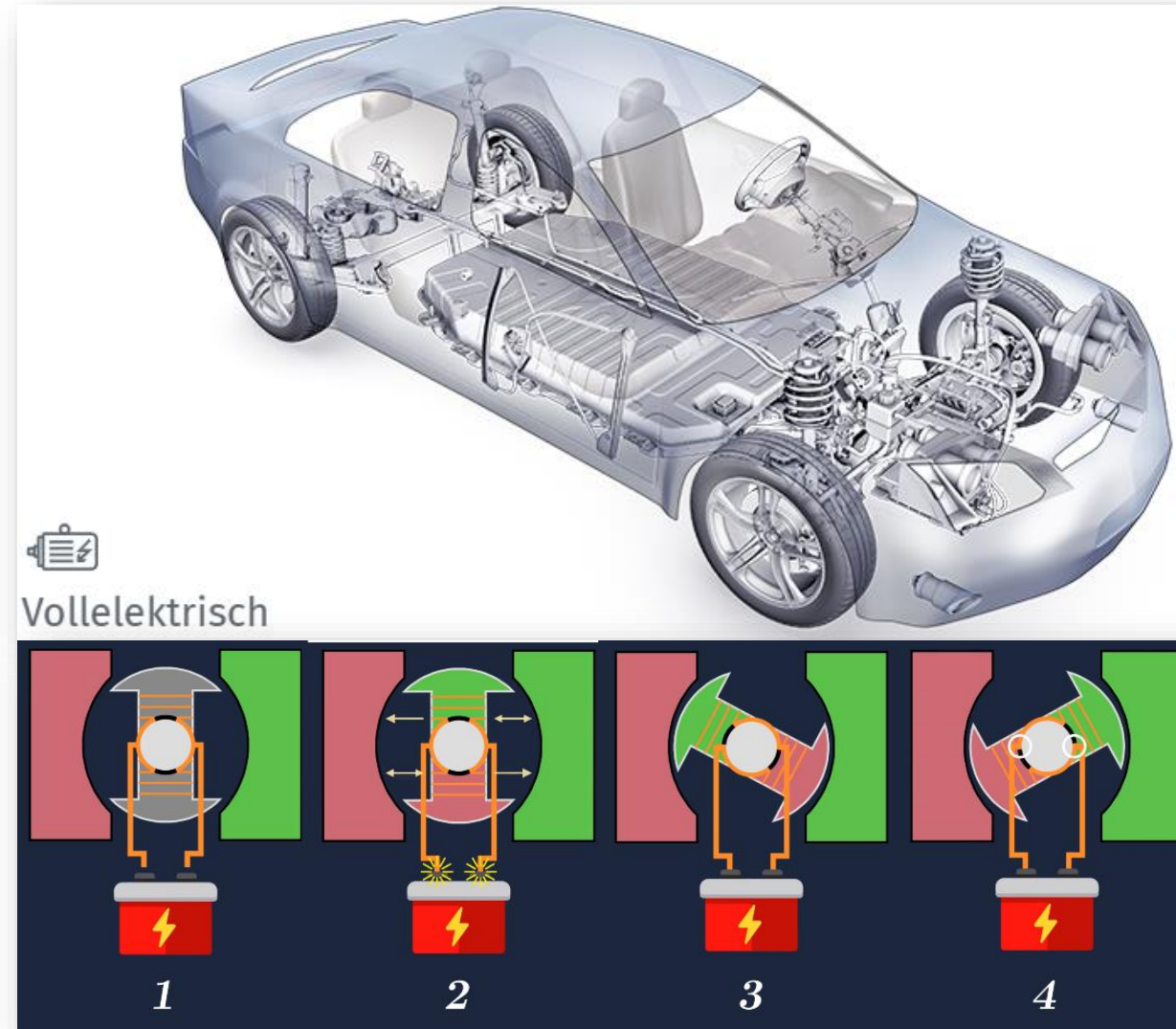
- Funktionsprinzip
 - Kombination (ICE-BEV, BEV-H2, ...)
 - Abhängig von System
 - Mild Hybrid → kleine Batterie/großer Motor
 - Range Extender → große Batterie/kleiner Motor
- Vorteil:
 - Kombination verschieden Technologien (ICE mit BEV)
 - Höhere Reichweite als BEV
 - Potenziell „geringerer“ Abgasausstoß als ICE
- Nachteil:
 - Komplizierter/Aufwendiger als andere Arten (min. 2 Systeme)
 - Schwerer (höherer Verbrauch, Verschleiß)
- Fazit:
 - Es bietet Vorteile verschiedener Systeme (z.B. Reichweite, Abgasausstoß, ...)
 - Es hat aber auch deren Nachteile (Gewicht, Kosten, ...)
 - Kraftstoffverbrauch meist höher als angegeben

[Hybrid; HyperHybrid-Konzept für E-Autos serienreif](#); [Die Bedeutung von PHEV & HEV – was sich hinter den Abkürzungen verbirgt](#); [Studie zeigt versteckte Kosten: So dreckig sind Plug-in-Hybridfahrzeuge wirklich - n-tv.de](#); [Plug-in-Hybride: Studie enthüllt schockierend hohen Verbrauch | Auto](#)



E-Auto = BEV

- Funktionsprinzip
 - Eine Batterie speichert Strom
 - Der Strom treibt einen E-Motor an (Elektromagneten)
 - Diese Drehung kann „direkt“ an die Reifen abgegeben werden
- Vorteile:
 - Technik hat noch Entwicklungspotenzial (Batterie)
 - „Einfache“ Technik (wenige bewegliche Teile)
 - Kein direkter Ausstoß von Emissionen (Reifenabrieb)
 - Batterie hat mehrfachnutzungspotenzial (Bi-Direktionales Laden, Second-Life, ...)
 - Überall ladbar (theoretisch), damit viele Energie-„Lieferanten“
 - Hoher Wirkungsgrad (70-90%)
- Nachteile:
 - Ausbau Ladeinfrastruktur hinkt noch hinterher (aber eigentlich recht simpel)
 - Batterieindustrie sitzt meist in China
 - Noch Reichweite (aber >400km schon „erschwinglich“)
 - Noch Ladezeit (ein komplett laden ist nur selten nötig)
 - Rohstoffbedarf
- Fazit:
 - Im Vergleich mit anderen Typen recht simpel
 - Bietet neben Transport andere Möglichkeiten (Batterie als Speicher, ...)
 - Besondere Rohstoffe nötig



[Elektromotor - Aufbau und Funktion – Simplexy](#); [Elektroauto](#); [Batterie, Gerätebatterie, Haushaltsbatterie, wiederaufladbar, Grundprinzip, Eigenschaften, Kapazität, Nennspannung, Bauformen](#); [⚡ 12 Minuten Ladezeit, 800 km Reichweite: Technologischer Durchbruch für Elektroautos](#); [E-Auto-Akku: Kapazität, Lebensdauer und Entsorgung – Quarks](#); [Warum es meistens unerträgliche Heuchelei ist, wenn Besitzern von E-Autos das Kobalt in den Akkus vorgerechnet wird - Der Graslutscher](#); [Wofür wird Kobalt verwendet? – enex.me](#); [Verbrenner verbrauchen mehr Rohstoffe als E-Autos](#); [Kobalt in Li-Ionen-Akkus: Alles zum umstrittenen Rohstoff](#); [Rohstoffverbrauch von Verbrennern und E-Autos im Vergleich | oeko.de](#); [Elektroautos: Fakten statt Vorurteile - T&Emagazin](#); [Elektroauto vs. Verbrenner: Neue Studie zur Klimabilanz](#); [YouTuber baut simplen Elektromotor aus Klemmbausteinen | heise online](#)

Kraftstoffalternativen

• Wasserstoff (H₂)

- Emissionsarm/-frei, überall und ausreichend verfügbar (theoretisch wo es Wasser gibt)
- Erzeugungsprozess ist Energie-, Rohstoffaufwendig:
 - 9 (Reinwasser) oder 22,5 (Meerwasser) l/kg H₂
 - 1 kg H₂ mit ca. 40 kWh brauchen ca. 53 kWh bei Elektrolyse (Negativdifferenz > 10 kWh)
- Technik ist aufwendig:
 - Höherer Druck-, Kühlungs- und damit Sicherheitsbedarf
 - Erzeugungskapazität noch gering
 - Wirkungsgrad H₂-Auto 25-35%
- Wasserstoff ist teuer (ca. 16,99-19,25€/kg = 1kg/100km; ICE >10€/100km)
- Hoher Konkurrenzdruck → viele Einsatzbereiche mit geringen Alternativen

[Wasserstoff für Transport und Logistik Teil 2: Off-Road Transport - Martin Grolms](#); [Wie viel Strom ist für 1kg Wasserstoff nötig? | GASAG](#); [Energieträger - Wasserstoff: Wie viel Wasser wird dafür benötigt?](#); [Autoindustrie: Warum stehen Wasserstoffautos vor dem Aus?](#)

• E-Fuels

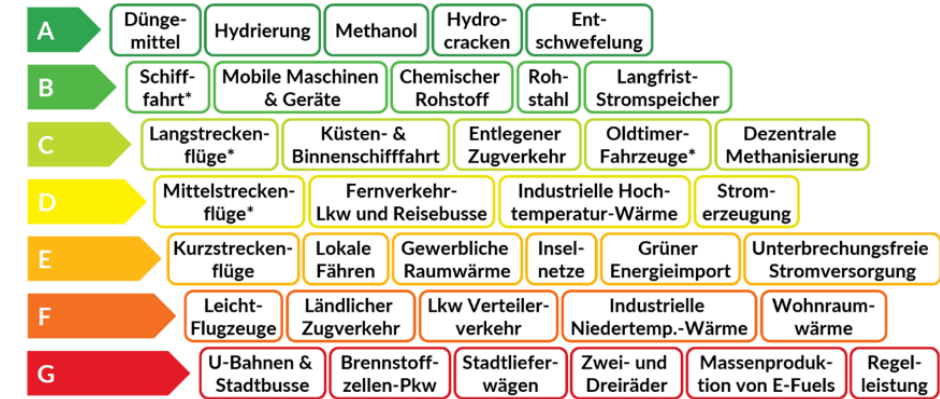
- „Künstlicher“ Brennstoff → kann bestehende Infrastruktur nutzen (Tankstellen, ...) → können direkt in ICE getankt werden
- Idee: C mit H₂ mittels Strom zu Benzin → Vorprodukte (C, H₂) benötigt → Herkunft?
- Technik noch nicht ausgereift → physikalisches Potenzial überschaubar (Umwandlungsverluste ca. 45–60%) → Hohe Kosten zu geringem Wirkungsgrad in ICE (25-35%) → Gesamtwirkungsgrad ca. 10–15 %
- Produktionskapazität noch zu entwickeln → Geplante weltweite Anlagen, bis jetzt, können nicht einmal Bedarf von Luft-/Schiffverkehr von Deutschland decken
- Hoher Konkurrenzdruck → viele Einsatzbereiche mit geringen Alternativen

[E-Fuels: Sind synthetische Kraftstoffe die Zukunft?](#); [Warum E-Fuels niemals Klimaneutral sein können. Eine Klarstellung.](#); [Factsheet: E-Fuels und ihre Grenzen – keine Alternative zum Verbrenner-Aus](#); [E-Fuels einfach erklärt - eFUEL-TODAY](#); [Aiwangers Wasserstoff-Tankstellen: Wird das noch was? | BR24](#);

Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs

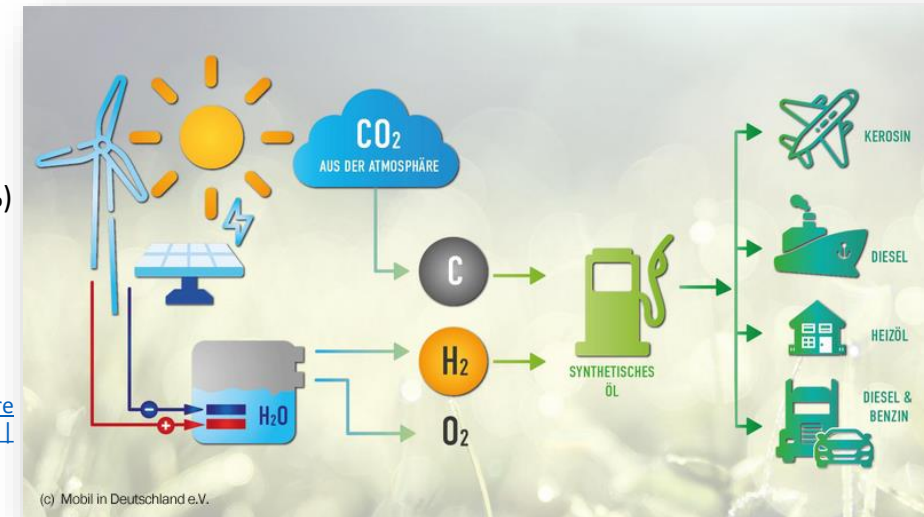
(Schätzungen, nach Michael Liebreich, 2021)

Alternativlos



Unwirtschaftlich

* Sehr wahrscheinlich in Form von mittels Wasserstoff erzeugten E-Fuels oder Ammoniak.



(c) Mobil in Deutschland e.V.

Kraftstoffalternativen

- **HVO100** (hydrotreated vegetable oil - hydriertes Pflanzenöl)

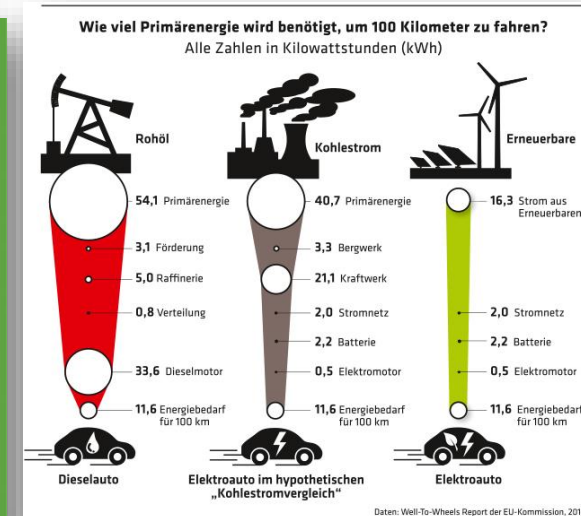
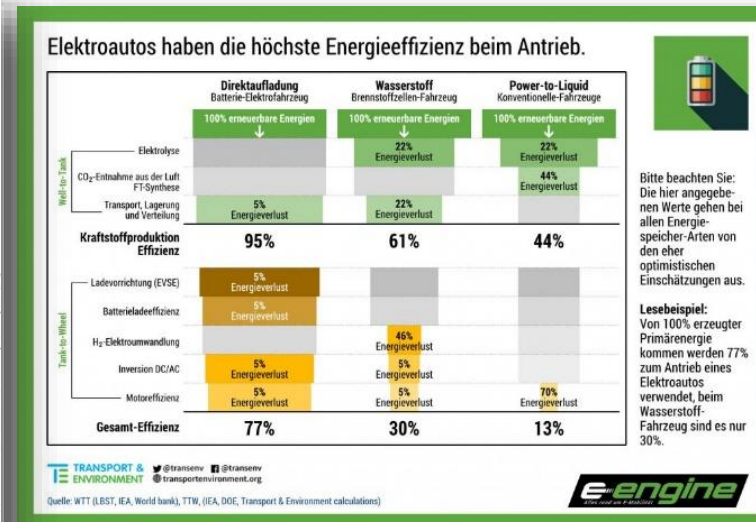
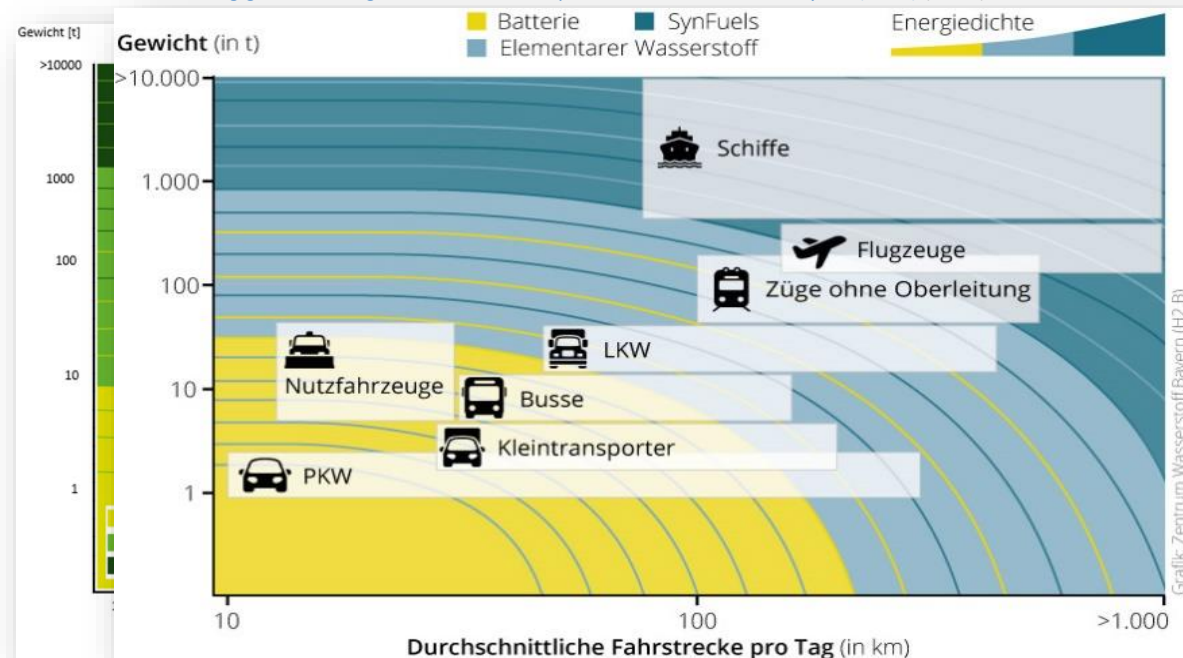
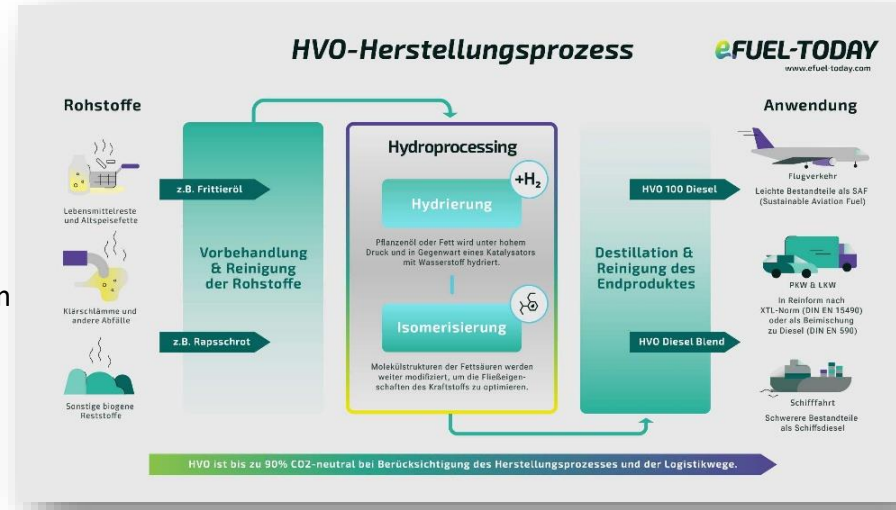
- Ähnlich E-Fuels → Nutzung von H_2 mit Pflanzenölen → können direkt in ICE getankt werden
- Vorprodukte (Biomasse, H_2) benötigt → Herkunft?
- Menge an Abfallpflanzenöle gering (Frittierfett) → Anbau von Pflanzenölen nötig → Hohe Kosten zu geringem Wirkungsgrad in ICE (25-35%)
- Produktionskapazität noch zu entwickeln → Flächenkonkurrenz (Teller, Trog, Tank)

[240409-nabu-verkehr-faktencheck-hvo.pdf](#); [HVO100: Mythen, Fakten & Lügen zur angeblichen Nachhaltigkeit](#); [Wie funktioniert die Herstellung von HVO? - eFUEL-TODAY](#); [HVO: Ökodiesel ist offenbar gar nicht so öko - DER SPIEGEL](#)

- **Fazit**

- Alle Brennstoffe haben ihre Berechtigung abhängig ihrer Einsatzmöglichkeiten
- Wichtig ist es die realen Kosten/“Nutzungsgrad“ offen zu legen und zu vergleichen (Marktwirtschaftsprinzip)

[Energieeffizienz_D_3-1024x708.jpg \(1024x708\)](#); [Brennstoffzellen- oder Elektroauto – was ist für mich am besten geeignet? - C.A.R.M.E.N. e.V.](#) (2022); [Häufig gestellte Fragen zu Wasserstoff | Zentrum Wasserstoff.Bayern \(H2.B\)](#) (2025);



Zukunft der Mobilität

Zusammenfassend:

- Der motorisierten Individualverkehr gibt uns Möglichkeiten wie nie zuvor!
 - Schnelles, bequemes Reisen von Tür zu Tür
 - Probleme/Herausforderungen
 - Zuschnitt der Infrastruktur/Gesellschaft auf MIV
 - Immer mehr Fahrzeuge
 - Die immer größer werden
 - Begrenzter Platz (Parkflächen, Straßenbreite/-spuren)
 - Die Effizienz ist nur wenig gestiegen
 - „Belastung“ durch Lärm, Abgase, Enge, ... in den Städten/Siedlungen
 - Führt zu „Konflikten“ und Kosten (Zeit/Geld)
 - Dafür müssen wir Lösungen finden!
- [Wann platzt die Stadt? | Compact; Pendler verschwenden Zeit und Geld: Staus kosten Autofahrer Milliarden | taz.de](#)
- Wo liegt jetzt die Zukunft der Mobilität (Glaskugellesen)
 - Entwicklung hat da mehrere Säulen
 - Mobilitätsarten/-nutzung (Selbst, „Fremd“-gesteuert, ...)
 - Antriebstechnik (ICE, BEV, ...)
 - Infrastruktur (Raumnutzung, ...)



Zukunft der Mobilität

Mobilitätsarten/-nutzung (Selbst, „Fremd“-gesteuert, ...)

- Derzeit immer mehr Fahrerassistenzsystem
 - Zum Teil schon verpflichtend bei Neuzulassungen - Notbremsassistent, Notfall-Spurhalteassistent, Müdigkeitserkennung, Intelligenter Geschwindigkeitsassistent (ISA), Rückfahrassistent, Notbremslicht, Unfalldatenspeicher (Blackbox)
[Fahrerassistenzsystem – Wikipedia](#); [Fahrerassistenzsysteme im Überblick: Die komfortablen Lebensretter](#)
- Trend/Entwicklung geht zum „Autonomen Fahren“
 - Ein Fahrzeug wird von einem künstlichem System gesteuert
- Einsatzmöglichkeiten
 - Erst als Ergänzung zu bestehenden Angebot (Robotertaxis, ÖPNV, ...)
 - Projekt in Hof ([Stadt Hof errichtet zweite Shuttle-Strecke - Stadt Hof](#))
 - U-Bahn in Nürnberg ([Echtes Pionierstück: Nürnbergs automatische U-Bahn – Digitales Nürnberg](#))
 - Logistik (Nah, Fern, ...)
 - Nutzung auch bei privaten Anwendungen (Tesla, ...)
- Technische Entwicklung
 - USA, China gehen hier voran (in Dtl. gibt es erste Ansätze) → In China schon in 30 Städten (auch viele Lieferantendrohnen)
 - Bedarf bei Logistik (selbstfahrende LKW) und Militär (Drohnen) treibt Entwicklung an
[Autonomer E-Lkw erstmals auf öffentlichen Straßen unterwegs](#); [Autonomes Fahren braucht 5G – aber nicht immer | Deutsche Telekom](#); [Verkehrspolitik der Zukunft - Autonomes Fahren als Chance](#); [Autonomes Fahren: Der aktuelle Stand selbstfahrender Autos](#); [Autonomes Fahren: Waymo macht autonome Taxis allgemein zugänglich - AUTO BILD](#); [So erobern autonome Taxis China](#); [Autonomes Fahren – Wikipedia](#); [Level 0 bis 5: Die Schritte zum autonomen Fahren – ZF](#)
- Wirtschaftliche Bedeutung
 - Es wird keine fahrende Person benötigt (Logistiker, Lieferanten, ...) → Derzeit großer Personalmangel!
 - Einsatz für ÖPNV (wie Baxi – Spart Kosten, durch Ersatz für eigenen PKW)
 - Passagier kann die Fahrzeit anderweitig nutzen (Arbeiten, Konsumieren, ...)
 - Der Verkehr kann flüssiger werden (weniger Verzögerungen)
 - Höhere Sicherheit (weniger Unfälle)

[Studie: Deutlich weniger Unfälle durch autonomes Fahren möglich | BR24](#); [Autonomes Fahren – wie sicher ist es? - quarks.de](#)



Zukunft der Mobilität

Mobilitätsarten/-nutzung (Selbst, „Fremd“-gesteuert, ...)

- Probleme
 - Einige rechtlichen Fragen noch nicht geklärt (Ethische Fragen, Wer ist schuld?)
 - Technik aufwendig und noch teuer (es muss Rundumsicht geben, ...)
→ Aber noch großes Potenzial (auch wirtschaftlich)
 - Menschen sind sich noch unsicher (Videos von Drohnen, Kontrollverlust, ...)
→ Wahrscheinlich für unsere Kinder/Enkel vollkommen normal (wie USA: Schaltung-Automatik)
- Hohe Bequemlichkeit!
 - Fahrzeug da, wenn man es braucht (Verfügbarkeit, Zeitersparnis, ...)
 - Parkplatzbedarf/-suche entfällt (Zeitersparnis, ...)
 - Kosten möglicherweise günstiger (On demand/Flatrate zu Kosten/Monat eigener PKW)
[ADAC Kostenvergleich](#)
 - Keine Fahrtauglichkeit nötig (Alter, Wahrnehmungsstörung, ...)
- Flugtaxis
 - Es gibt schon vielversprechende und funktionierende Ansätze (große Flugdrohne)
 - Technik aber noch nicht ausgereift
 - Probleme:
 - Gesamtes Gewicht (Passagiere, Batterie, ...) muss von Triebwerken getragen werden
 - Energiedichte der Batterien muss besser werden, sonst nur kurze Lauf-/Flugzeit
 - Es sollte senkrecht Starte und Ladefähigkeit haben (Energieaufwendig!)
 - Wie stellt man sicher das es auf nichts drauffällt (Flugsicherheit, Luftfahrtrecht, ...)
 - Markt ist da, ggf. Ersatz für Helikopter/Kleinflugzeuge (öffentlicher Bereich)
 - Massenmarkt eher noch Zukunftsmusik („Prestigeobjekt“ für Superreiche - Listenpreis Lilium Jets 10 Mil. \$)
 - Rechtslage muss ggf. noch angepasst werden (Pilotenausbildung, ...)

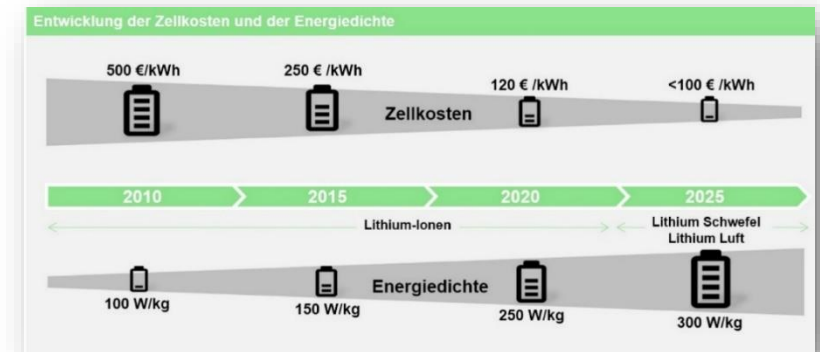
[Flugtaxis im Realitätscheck: Warum wir in Zukunft nicht zur Arbeit fliegen werden](#); [Urban Air Mobility: Rolls-Royce testet Gasturbine für Flugtaxis](#) - Golem.de; [Diese 6 Herausforderungen muss das fliegende Taxi meistern](#)



Zukunft der Mobilität

Antriebstechnik (ICE, BEV, ...)

- Also: E-Auto oder Verbrenner?
- Persönlich: E-Auto! → da „Mehrfachnutzen“/Benefits (Vergleich Handy zu Smartphone)
 - 1. Es erfüllt das Grundbedürfnis: Transport von A nach B ([Disruptive Technologie – Wikipedia](#))
 - 2. Es macht unabhängiger: Laden kann überall stattfinden + Rekuperation + PV-Module auf KFZ
[Europaweit erste Fabrik für fahrzeugintegrierte Photovoltaik eröffnet | heise online](#); [Rekuperation \(Technik\) – Wikipedia](#); [Fahren und Laden: Deutschlands erste induktive Autobahnstrecke | BR24](#)
 - 3. Es bietet zusätzliche Möglichkeiten/Vorteile: Als Stromspeicher und sogar Geld verdienen + geringer Betriebskosten (potenzial)
[Bidirektionales Laden: E-Auto wird zum Stromspeicher fürs Haus](#); [Kraken bündelt zwei Gigawatt private Flexibilitäten in virtuellem Kraftwerk – pv magazine Deutschland](#); [V2G-Start in Frankreich von Renault, Mobilize & TMH](#); [Kostenlos Laden – Renault Group, Mobilize und The Mobility House starten Vehicle-to-Grid in Frankreich – pv magazine Deutschland](#); [Jetzt starten die Briten die E-Auto-Revolution, die in Deutschland nicht geht - FOCUS online](#); [Neues Geschäftsmodell für Elektroautos](#); [Bidirektionales Laden: Bundestag ebnet Weg für E-Autos](#) (Beschluss Bundestag Nov. 2025, Umsetzung bis ?, Wegfall Doppelbelastung durch Netzentgelte beim Ein- und Ausspeichern, Nur bei eigener PV-Anlage); [Herbert Diess: »Die Stromrechnung fürs Auto fällt praktisch weg« - DER SPIEGEL](#); [EnWG-Novelle ermöglicht Vehicle-to-Grid – pv magazine Deutschland](#); [Wer E-Auto fährt, muss zahlen – wie sich ein Land für das Verbrenner-Aus rüstet – WELT](#); [Autoindustrie: In Baden-Württemberg geht die Angst um | FAZ](#)
- Technische Entwicklung geht rasant voran
 - Die Preise sinken: Anfang der 2010 Jahre um 1.000 €/kWh jetzt zum Teil unter 100 €/kWh
[Preise für Akkus im Sturzflug: Woran es liegt und wie es weitergeht](#)
 - Die Energiedichte nimmt zu und das theoretisch Maximum ist noch nicht erreicht
→ Früher 50-100 Wh/kg, heute 200-300 Wh/kg (ca. 0,7 kWh/l), möglich >800-3.500 Wh/kg (6 kWh/l)
→ Fossile Kraftstoffe ca. 12.000 Wh/kg (12 kWh/l)
[Energiedichte: Wie ein Akku über 700 Wh/kg erreicht hat - Golem.de](#); [Batterien einer neuen Generation: Wo stehen wir?](#); [Battery Types: What Has The Highest Theoretical Energy Density And Comparison? \[Updated On- 2025\]](#); [Osborne-Effekt – Wikipedia](#); [Batteries and Learning Curves - by Jash Vora](#)
 - Skalierungs-/Erfahrungseffekte → Durch den steigenden Bedarf mehr Produktion, dadurch fallende Preise und mehr Bedarf (Marktwirtschaft)
[Erfahrungskurve – Wikipedia](#)/[Skaleneffekt – Wikipedia](#)
- E-Mobilität und EE-Strom ergänzen sich gut! (Wie WP)
[V20412 Zkw Podcast2.pdf](#); [A-EW 351 JAW24 WEB.pdf](#); [aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf](#); [Warum 100% erneuerbare Energien möglich, sinnvoll und sicher sind | Germanwatch e.V.](#)



Zukunft der Mobilität

Antriebstechnik (ICE, BEV, ...)

• „Technologierennen“

- Wurde schon 2009 entschieden → China klare Bevorzugung von E-Mobilität (um Technologie in China zu pushen und Weltmarktführung zu erreichen)
- China ist entscheidender Markt für PKW, auch für deutsche Hersteller

[Verbrenner-Aus: Auswirkungen auf die Autoindustrie in Deutschland - Meinung - SZ.de](#); [VW, BMW, Mercedes: Deutsche Autobauer rutschen in China auf 13-Jahres-Tief](#)

[China übernimmt die deutsche Autoindustrie – und das mit unserem Geld - FOCUS online](#); [Autobauer bremsen zu Recht: "China zeigt: Auch Verbrenner werden eine Rolle spielen" - ntv.de](#)

- Deutschland bei Neuzulassungen von E-Autos auf weltweit drittem Platz (2024)
- Bei Patentanmeldungen zu dem Thema ist Deutschland derzeit führend

[Rettet die Rückkehr der Verbrenner deutsche Jobs? „Ich fürchte, das Gegenteil ist der Fall“ - Wirtschaft - SZ.de](#)

• Rennen über wer sich am Markt halten kann („Dominiert“)

- Deutsche Exporte sinken

[Jahreszahlen zum Export von PKW aus Deutschland | VDA](#); [Marktanteil: Deutsche Autohersteller verkaufen weltweit weniger Autos | DIE ZEIT](#); [Deutsche Autobauer verlieren Marktanteile weltweit](#); [Automarkt China 2025: Verkaufszahlen und Marktanteile nach Marken](#); [Deutsche Autohersteller holen in China auf | tagesschau.de](#); [Automobilindustrie: Keine Chance gegen China? | BR24](#)

- China baut weiter aus

[BYD baut das größte Autowerk der Welt in Zhengzhou](#); [Institut der deutschen Wirtschaft: „China-Schock“ trifft vor allem Autoindustrie | heise autos](#); [Gefahr für BYD und VW: Elektroauto für unter 6000 Euro erobert China - Business Insider](#); [Neue Auto-Strategie in China: E-Auto-Boom wird gebremst, Spritsparen wird Pflicht - FOCUS online](#); [Chinas Regierung streicht Vorteile für E-Autos zusammen - Wirtschaft - SZ.de](#)

- Blick in Entwicklungsländern (Diese zusammen (ohne Indien 670 Mil.) 2,1 Mrd. Menschen)

→ Leapfrogging das überspringen von Technologieschritten (E-Mob. in kombi. mit EE) [Leapfrogging – Wikipedia](#)

Indonesien ([E-Mobility](#) | [Branche kompakt](#) | [Indonesien](#) | [Automobilsektor](#)); Kenya ([Förderung von Elektromobilität in Kenia](#) | [GIZ](#)); Ghana ([Wikipedia](#); [Neue Mobilität in Afrika: Energiewende-Pionier auf Ghanas Straßen – energiezukunft](#)); Äthiopien ([The Guardian+1](#); [Äthiopiens rasante Verkehrswende: Importstopp für Verbrenner | tagesschau.de](#)); Bangladesch ([BYD erobert Asien: Markteintritt mit Elektroautos in Bangladesch - IT-Times](#)); Indien ([E-Mobility](#) | [Branche kompakt](#) | [Indien](#) | [Kfz-Industrie](#)); [Elektromobilität: Warum Elektroantriebe in Afrika günstiger sind als Verbrenner](#)

- Aber Schwerlast geht auch elektrisch

[Elektro-Lastwagen: Durchbruch für den Gütertransport? | BR24](#); [Nikola insolvent: Haben Elektro-LKW eine Zukunft? | BR24](#); [Umstellung auf E-Lkw: Bayerns größter Ladepark eröffnet | BR24](#); [Verbrennerverbot in China: Wenn der E-Lastwagen die Kohle bringt | FAZ](#); [Akkuzug schlägt Wasserstoff: Warum die Batterie auf der Schiene gewinnt](#); [Sind Wasserstoffzüge ein millionenteurer Flop? | tagesschau.de](#); [Bahnverkehr: Strom statt Diesel: Akkuzüge auf weiteren Bahnlinien geplant | DIE ZEIT](#)



Zukunft der Mobilität

Infrastruktur (Raumnutzung, ...)

- Wir müssen Städte und Verkehrsraum neu denken

- Die meisten Menschen leben in Städten

[Stadt und Land: Fakten zu Urbanisierung und Landflucht](#); [Anteil der Stadt- und Landbevölkerung weltweit | Statista](#)

- Curitiba: Musste wegen geringer Mittel Stadtplanung umdenken → Ausrichtung auf Bevölkerung

[Stadtmanagement in Curitiba – Aufbau einer vollwertigen Staatsbürgerschaft – World Habitat](#); [Curitiba: Die grünste Stadt Brasiliens - Stadt, Land, Luft](#); [Die ganze Doku | ARTE](#); [Curitiba gilt als Vorzeigestadt Brasiliens | Aventura do Brasil](#)

- Paris: Großer Ballungsraum → Lebenswerter machen

[Paris ist mit der ökologischen Stadtplanung Vorreiter im Klimaschutz](#); [Die 15-Minuten-Stadt: in Paris gehen Sicherheit und Klimaschutz Hand in Hand | oekom verlag](#)

- Verkehrssystem optimieren

- Möglichkeiten zur Nutzung verschiedener Verkehrssysteme (Fuß, Rad, ÖPNV, ...) schaffen

- Wer mit dem Rad/ÖPNV/Robotertaxi anreisen kann, braucht z.B. keinen Parkplatz

→ Schafft Platz für anderes (z.B. Grünflächen vorm Haus)

→ Und für die die mit dem Auto anreisen müssen

- Kann dem einzelne Geld und Zeit sparen (Unterhalt, Parkplatzsuche, ...)

- Weniger Abhängigkeit von einzelnen Systemen (im Großen-Ganzen)

→ Weniger und kleine Fahrzeuge (Kleinwagen, E-Räder, E-Rikscha, ...)

[Mehr Style für weniger Geld: Hipster Concept - Dacias Attacke auf dem E-Kleinstautomarkt - n-tv.de](#)

→ **Abwägung – Wo ist was, in wie weit sinnvoll/nötig/möglich**

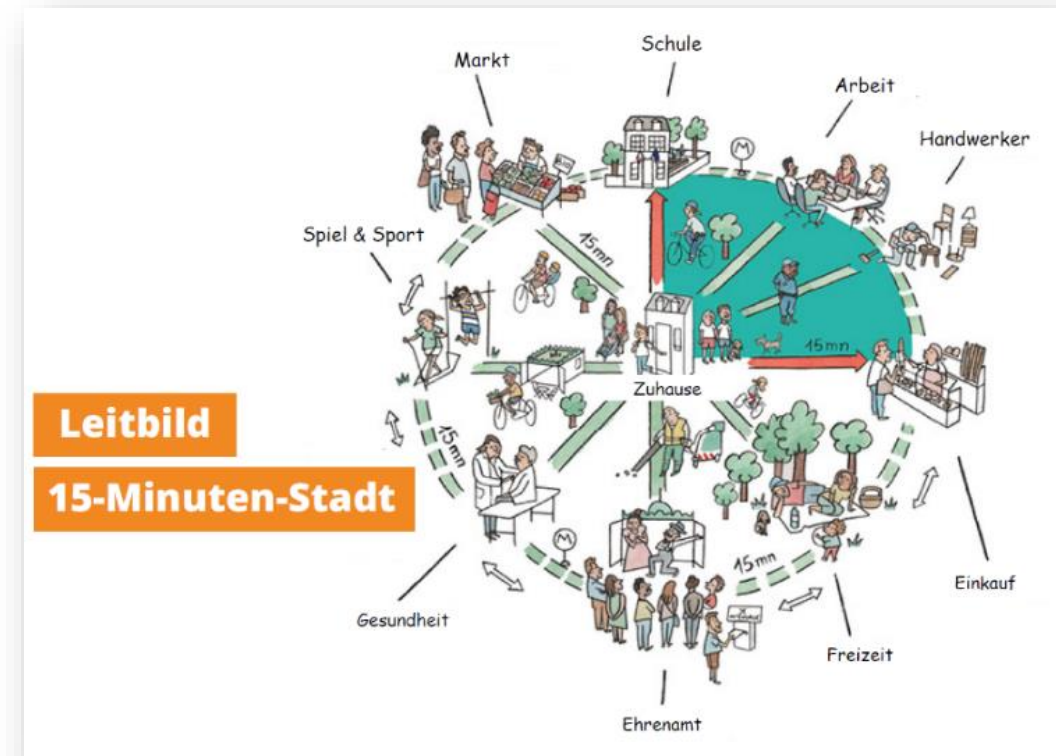
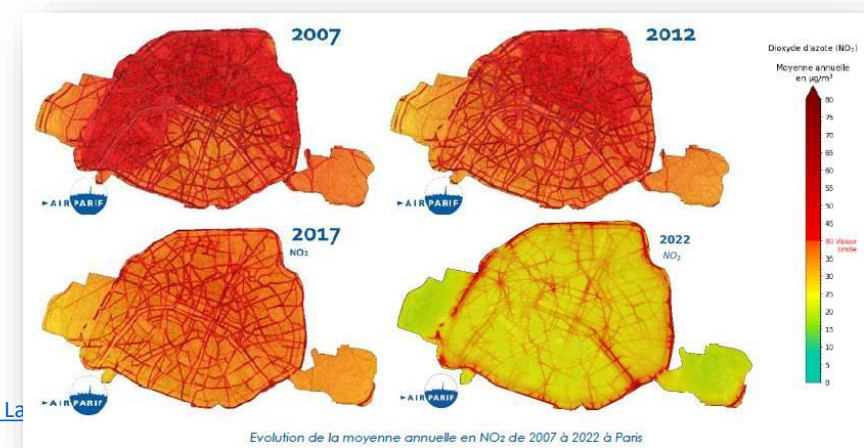
- Lebensqualität

- Ökologisch - Grünraum, Luft-, Aufenthaltsqualität, ...: Gesundheit

- Ökonomisch - Nähe zu Geschäften/-kunden, Verweilzeit, ...: Akzeptanz

→ Neugestaltung des „Lebensraumes“ zu 15-Min.-Stadt

[15-minuten-stadt Archives - Die STADTGESTALTER](#);



Zukunft der Mobilität

- Unsere Lebensumgebung ist in Bewegung
- Ständig den Änderungen unserer Möglichkeiten und Bedürfnissen unterworfen
- Treiber sind:
 - Technik
 - Reiten, Rad, Eisenbahn zu Selbstständig fahrende Fahrzeuge
 - Dampf, Kraftstoff, E-Mobilität
 - Digitalisierung (Optimierung/Koordinierung Verkehr, ...)
 - Lebensstandard, -erwartungen, -anspruch
 - Gesundheit
 - Umwelt
 - Bequemlichkeit

→ **Ziel ist die menschengerechte Siedlung mit hoher Mobilität und Lebensqualität die Rücksicht auf ihre/die Umwelt nimmt!**

- Wird digitaler, bedarfsgerechter, autonom, elektrisch werden
 - Verkehrsraum muss „grüner“, sicherer & gleichberechtigter werden
- Alles gewissermaßen Ideale/Utopien



→ Technik ist da und funktioniert (Optimierung)

→ Anspruch der Bewohner an Lebensqualität

→ Die es lohnt angestrebt zu werden (Wir sollten es uns Wert sein)



In einer 15-Minuten-Stadt könnten mehr Viertel in Zukunft so aussehen
[Die 15-Minuten-Stadt: Mehr Lebensraum](#); [Die Zukunft liegt in der vernetzten Stadt - ecomento.de](#);

Bild: Jan Kamensky

Zukunft der Mobilität

Gibt es dazu Fragen?

Danke sehr!

Mehr Links dazu:

- [Plug-in-Hybrid: Bordmessungen zeigen fünffach überhöhte Werte für Benzin und CO2 - DER SPIEGEL](#)
- [Explodierende Autokosten: Instandsetzung als Ausweg | BR24](#)
- [German study shows V2G has minor impact on battery degradation - newmobility.news](#)
- [A V2G-ready EV could earn \\$10,000 in 10 years, says Jeff Dahn](#)
- [Kostenvergleich von E-Autos und Verbrennern – was ist günstiger? | Polarstern Energie](#)
- [Licht und Schatten: Autozulieferer in der Transformation | BR24](#)
- [E-Auto vs Verbrenner: Lohnt sich der Umstieg auf das Elektroauto? | go-e](#)
- [Elektromotor vs. Verbrennungsmotor – Elektro-Auto-Journal](#)
- [Elektrofahrzeuge vs. Verbrenner: Unterschiede ausführlich erklärt](#)
- [Audi: Digitales Unternehmen mit Fokus auf USA und China - Wirtschaft - SZ.de](#)
- [Auto-Technik: So funktioniert ein Getriebe für Elektroautos](#)
- [E-Autos: Wie gut sind sie wirklich? - quarks.de](#)
- [Elektromotor vs. Verbrennungsmotor – Elektro-Auto-Journal](#)
- [Elektrofahrzeuge vs. Verbrenner: Unterschiede ausführlich erklärt](#)
- [Deutschland: Die Verkehrswende entscheidet sich auf dem Land - SZ.de](#)
- [Parkplatzmangel in München: Warum die Autos nicht einfach in die Tiefe verbannen? - München - SZ.de](#)
- [Mobilitätsforscher: „Das Auto schafft sich selbst ab“ - SZ.de](#)
- [Flugtaxi in Ingolstadt - Mobilitätsforscher übt Kritik - Auto & Mobil - SZ.de](#)