

# Mobilitätswandel

Elektromobilität mit Batterien und Wasserstoff

**Parents for Future / Bund Naturschutz Lindau**

Webinar 02.02.2021

**Werner Tillmetz**



# Themen

- Mobilitätswende – warum fällt uns der Wandel so schwer?
- Energiewende & Stromspeicher
- E-Fahrzeuge mit Batterie
- E-Fahrzeuge mit Wasserstoff/Brennstoffzelle
- Was ist besser – Batterie oder Brennstoffzelle?
- ...und was passiert in der Region



# Mobilität der Jahrtausende

- mit den Treibstoffen Biomasse & Wind über Jahrtausende weltweit mobil
- ... und dann kam vor 250 Jahren die Dampfmaschine auf die Welt - der Beginn der Industrialisierung mit dem fossilen Brennstoff Kohle



# Mobilitätswende vor 100 Jahren und heute



Mercedes-Benz F-Cell World Tour – March 7, 2011



# Mobilitätswende vor 100 Jahren



Berta Benz 1888: <https://www.youtube.com/watch?v=vsGrFYD5Nfs>



# Mobilitätswende vor 100 Jahren



5th AVE NYC  
1900

Where is  
the  
car?

Clean Disruption Energy & Transportation – Tony Seba:  
<https://www.youtube.com/watch?v=6Ud-fPKnj3Q>



# Mobilitätswende vor 100 Jahren



5th AVE NY  
1900  
Where is  
the  
car?



Ford Modell T -1908 - Wikipedia



# Mobilitätswende vor 100 Jahren



5<sup>th</sup> AVE NYC  
1913

Where is  
the  
horse?

5<sup>th</sup> AVE NYC  
1900

Where is  
the  
car?



George Grantham Bain Collection

Photo: Easter 1913, New York, Fifth Avenue looking





# Mobilitätswende vor 100 Jahren und heute

Die Treiber damals:

Grenzenlose,  
bezahlbare Mobilität

Die Treiber heute:

Klimawandel  
Emissionen  
Geopolitik

*Frage: In welchen Zeiträumen spielt sich die Mobilitätswende ab?*

Das geht sehr schnell: was über 100 Jahre entstanden ist, muss in weniger als 30 Jahren komplett umgebaut werden!



# Energieversorgung heute: zu 80% fossil

## Fossile Energiequellen

Kohle

Erdöl

Erdgas

Kohle



Kraftwerk

Wirkungsgrad 30...40%

Förderung & Transport

Wirkungsgrad < 80%

Erdgas

Erdöl

Strom

## Energieverbraucher

Wärme

Kraftstoff

Industrie

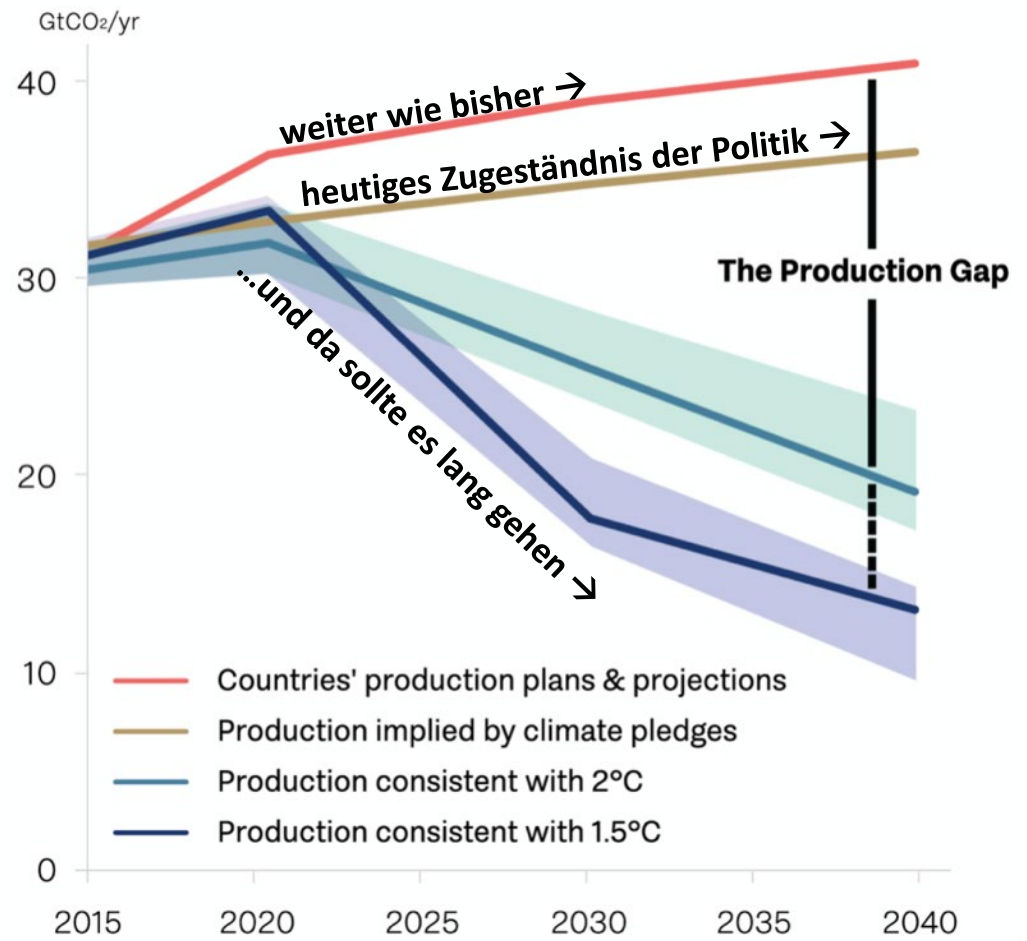
Stahl, Zement,  
Chemie...

Strom



# Klimawandel

Globale CO<sub>2</sub>-Emissionen  
aus fossilen Energieträgern

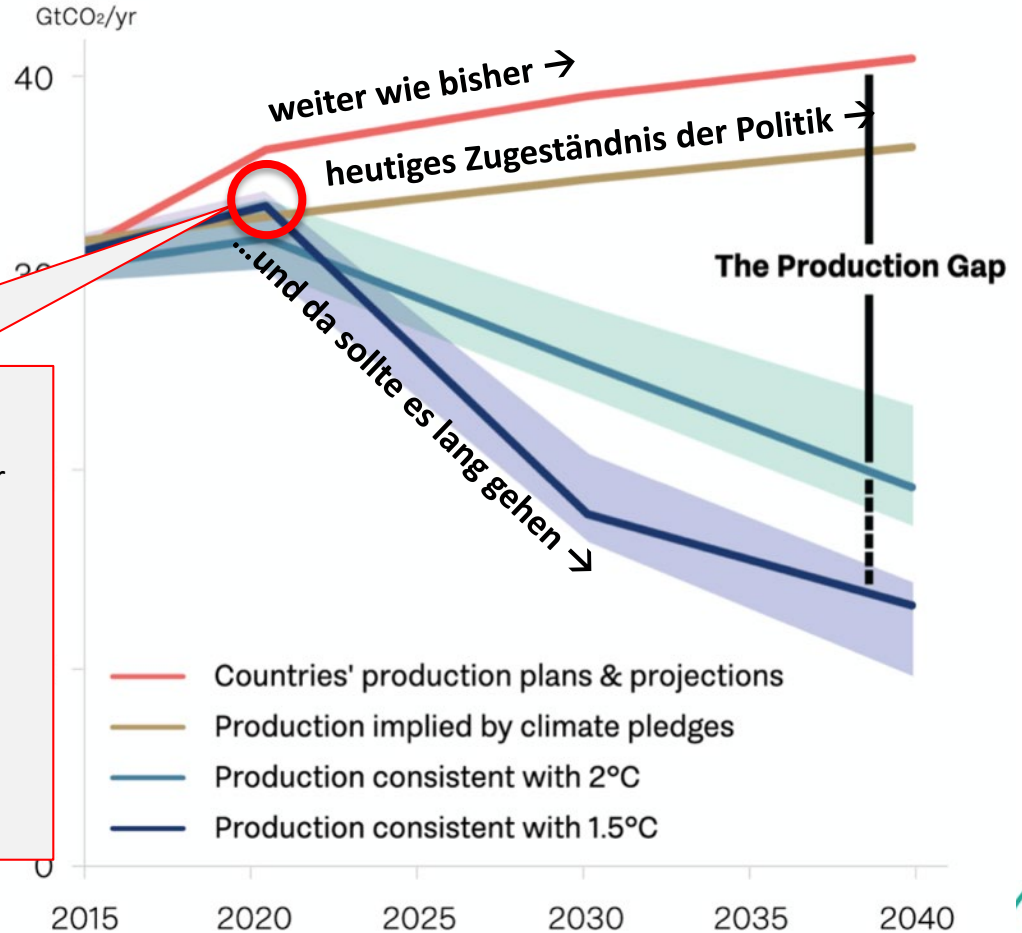


# Klimawandel

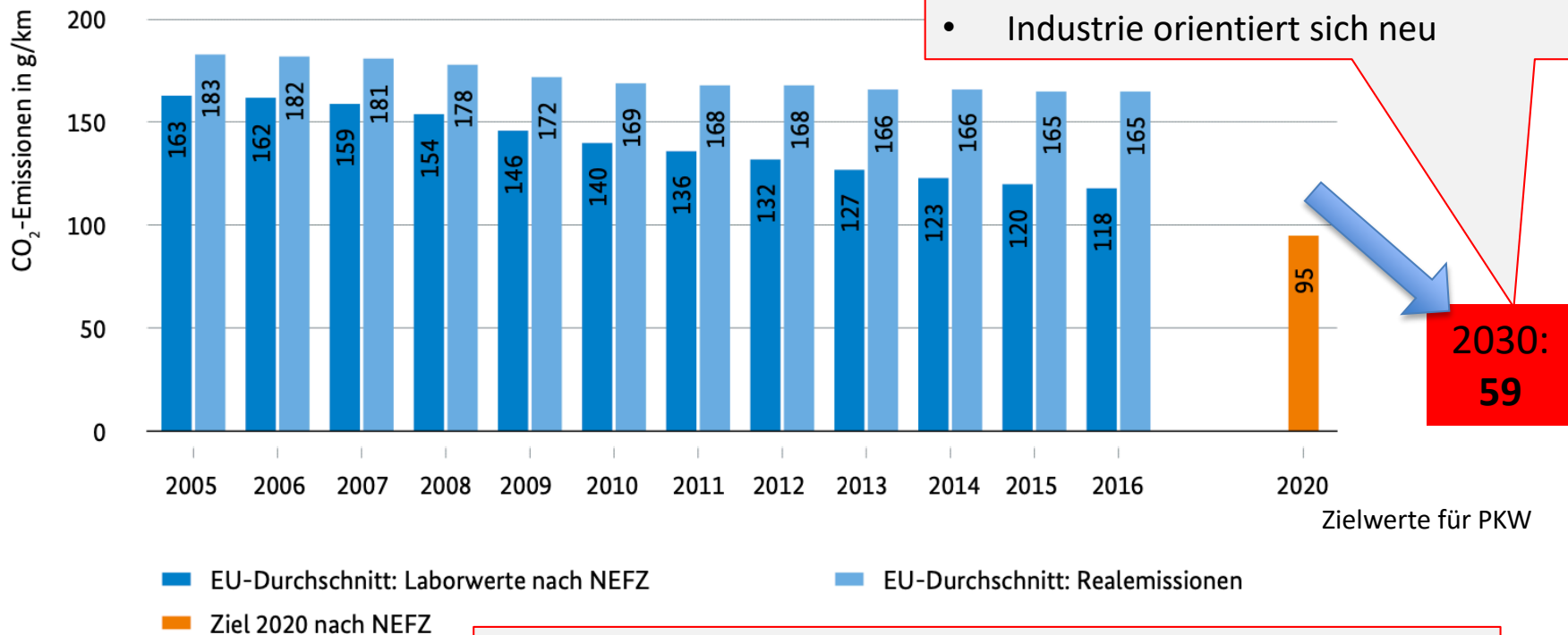
## Globale CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Energieträgern

Radikales Umdenken und Handeln notwendig. Warum tun wir uns so schwer damit, trotz toller Perspektiven?

- weniger Schadstoffe
- weniger Lärm
- weniger Extremwetter
- neue Technologien und neue Arbeitsplätze



# CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehr

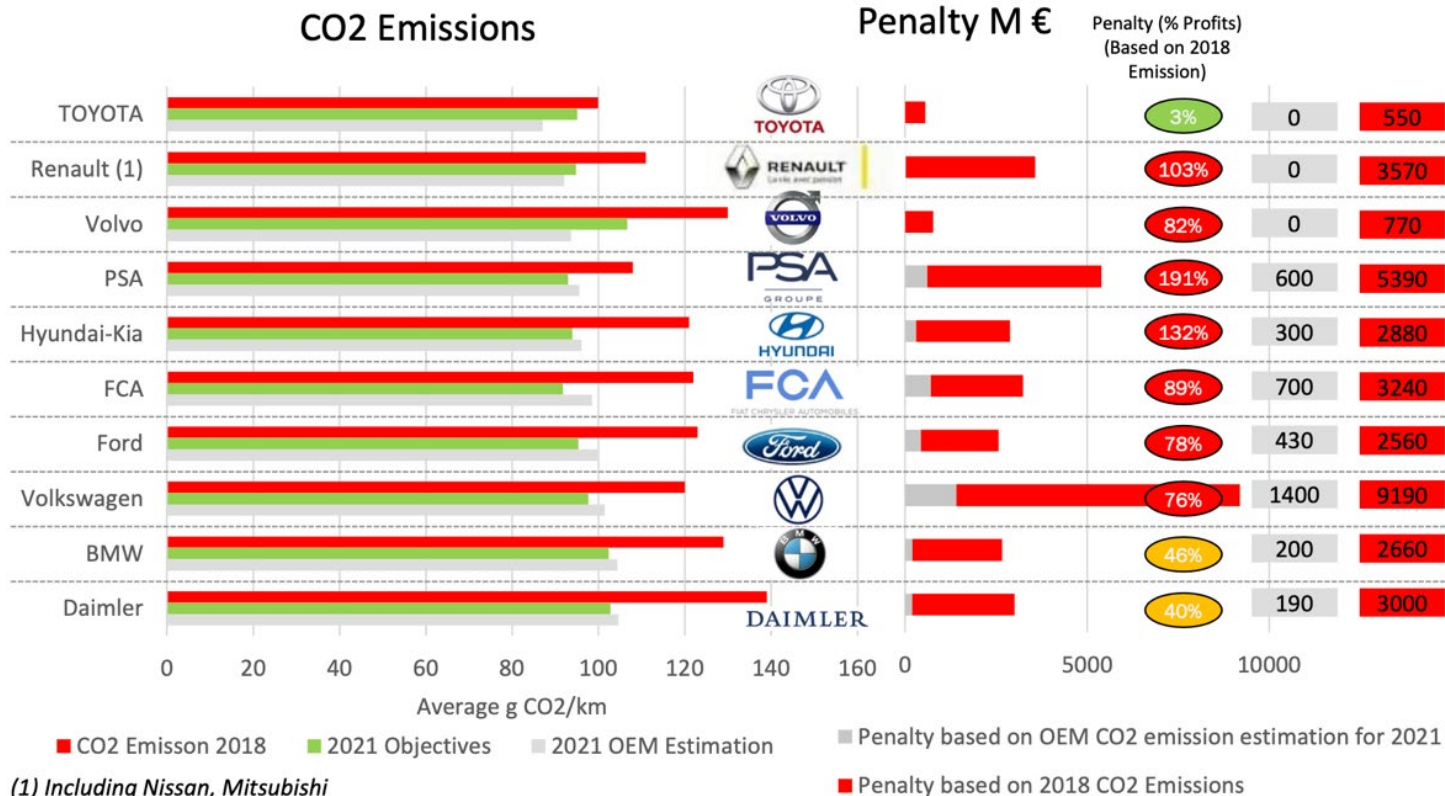


Zum Vergleich: ein Verbrauch von 6 l Diesel/100km entspricht 156 g CO<sub>2</sub>/km



# Strafzahlungen treiben den Wandel

## CO<sub>2</sub> Flottengrenzwerte



(1) Including Nissan, Mitsubishi

Source : PA Consulting Group, Alix Partner, Avicenne Energy 2019

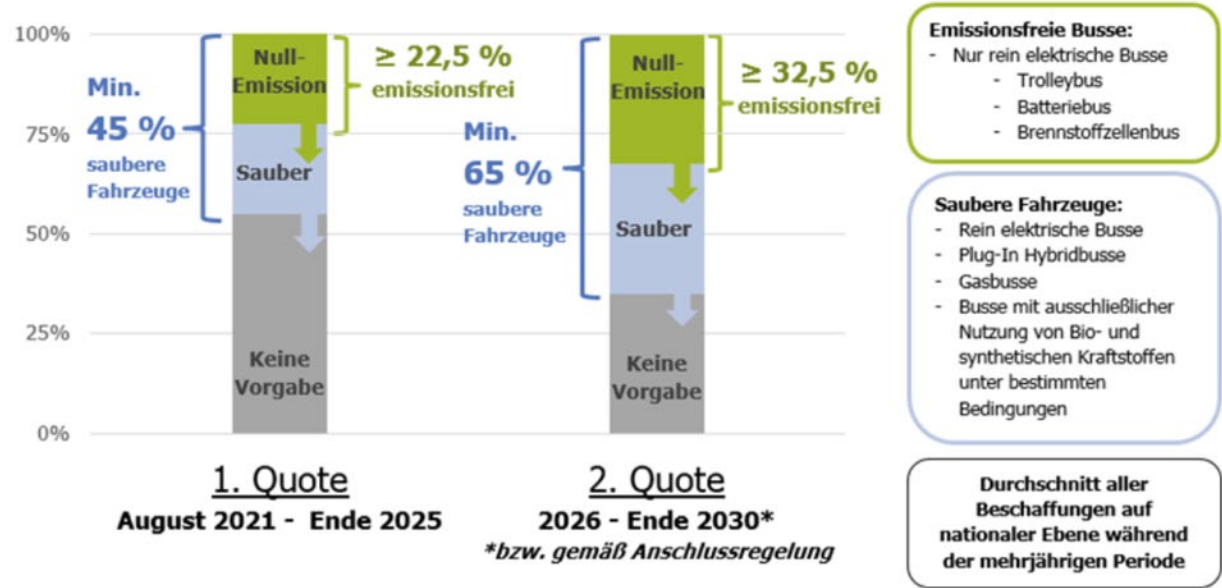
Aktuelle Investitionen der Automobilindustrie in die E-Mobilität: ca. \$ 300 Mrd.

Tesla hat 2020 1,5 Mrd. \$ mit dem Verkauf von Zertifikaten verdient



# Strafzahlungen treiben den Wandel

Die Clean Vehicle Directive wird ab 08/21 nationales Recht



Mindestbeschaffungsvorgaben der CVD für Deutschland

Quelle: KCW GmbH



# Klimawandel

- Die Gesetze sind in Kraft und werden zunehmend verschärft (viele Länder haben Verbot von Verbrennern angekündigt)
- Autoindustrie steigt aus Verbrenner aus (Audi, BMW, Daimler...)
- **Grundsatzdiskussionen** sind eigentlich **nicht mehr notwendig**, (weniger Ideologie, aber konsequente Umsetzung durch uns alle)



<https://www.tagesschau.de/ausland/eu-parlament-fordert-strengeres-klimaziel-101.html>

60 Prozent weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß

**EU-Parlament beschließt schärfere Klimaziele**

Stand: 07.10.2020 16:52 Uhr





# Themen

- Mobilitätswende – warum fällt uns der Wandel so schwer?
- **Energiewende & Stromspeicher**
- E-Fahrzeuge mit Batterie
- E-Fahrzeuge mit Wasserstoff/Brennstoffzelle
- Was ist besser – Batterie oder Brennstoffzelle?
- ...und was passiert in der Region

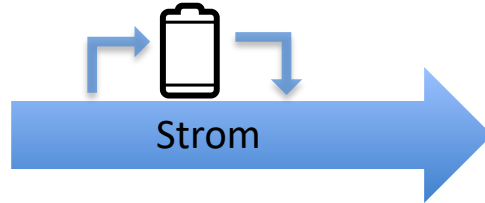


# Energieversorgung mit Erneuerbaren Energien

Stromerzeugung  
(fluktuierend)



Pufferspeicher  
Wirkungsgrad ca. 80%



Energieverbraucher

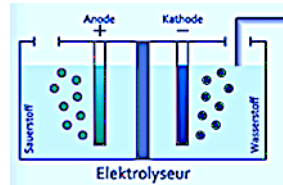
Strom

Wärme

Kraftstoff

Industrie  
Stahl, Zement,  
Chemie...

Strom

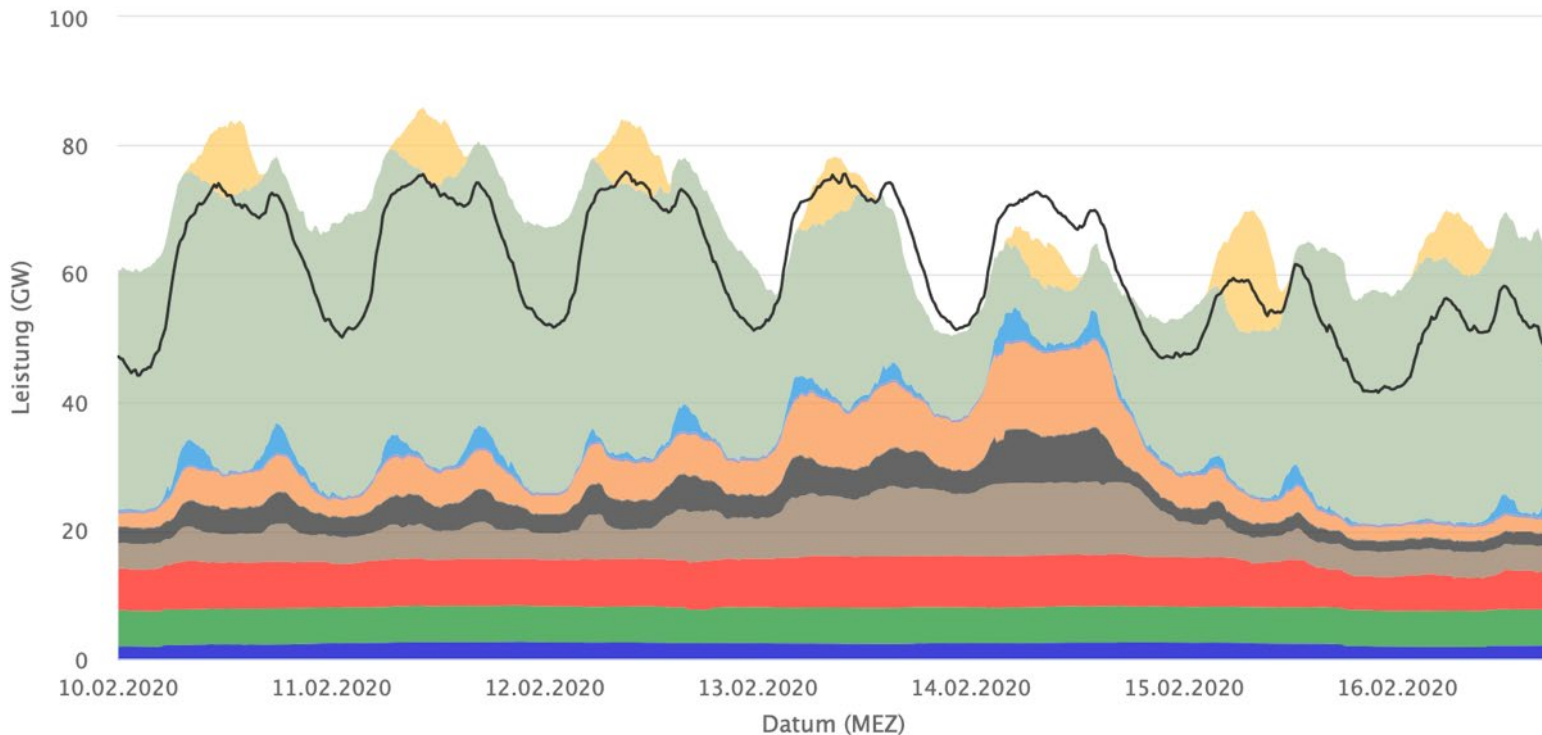


Elektrolyse  
Wirkungsgrad 60...70%

Wasserstoff



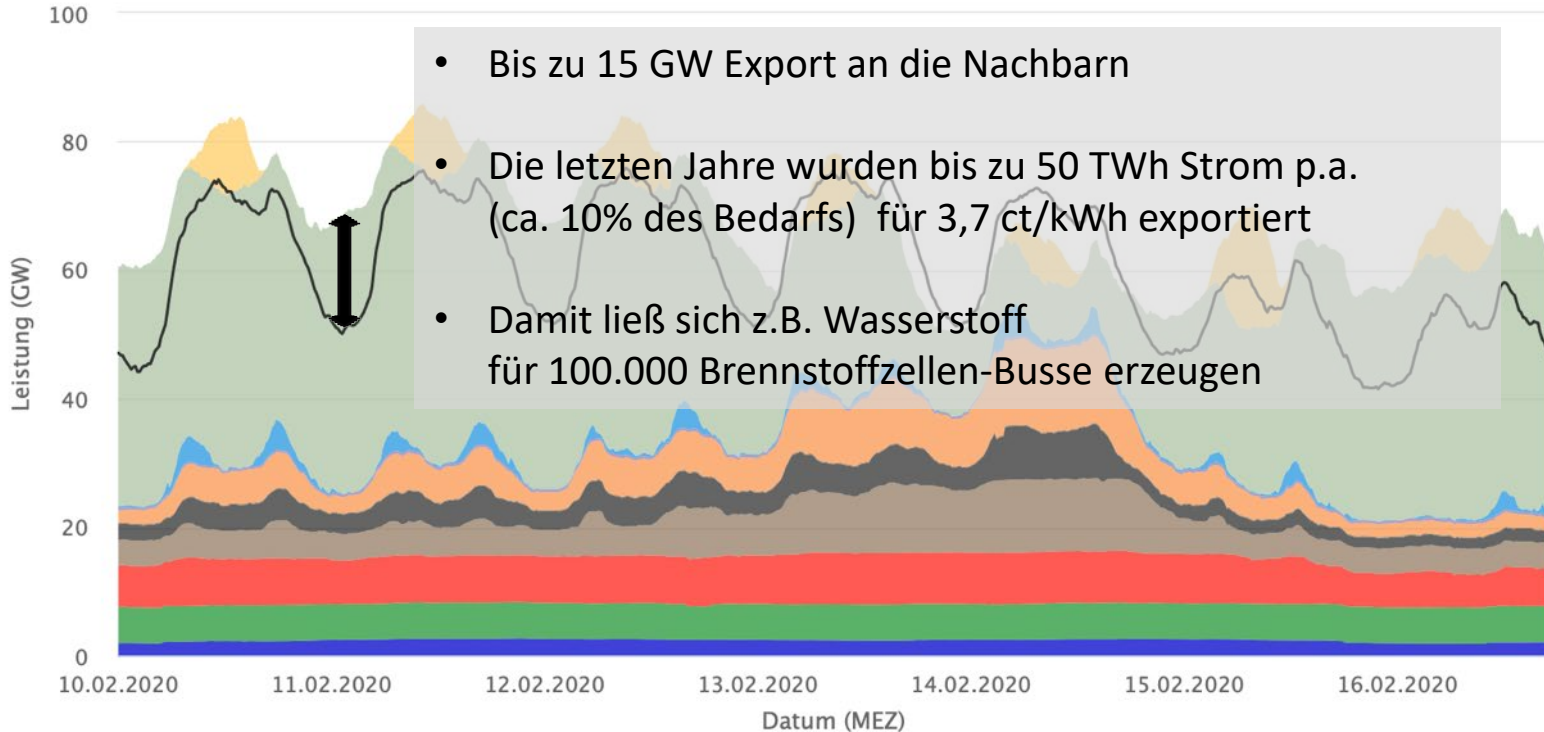
# Stromversorgung im Februar 2020



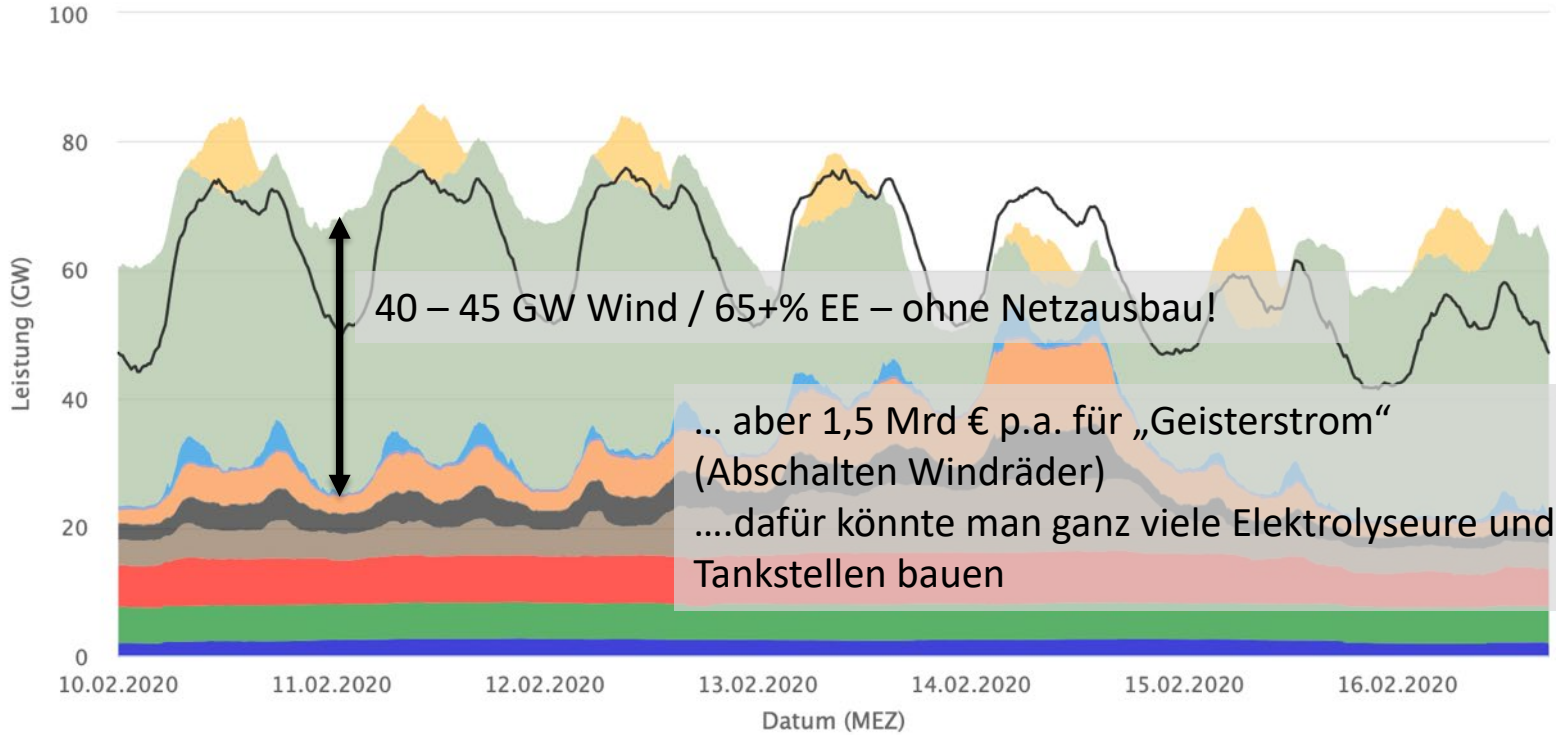
<https://energy-charts.info/charts/power/chart.html?l=de&c=DE>



# Stromversorgung im Februar 2020



# Stromversorgung im Februar 2020

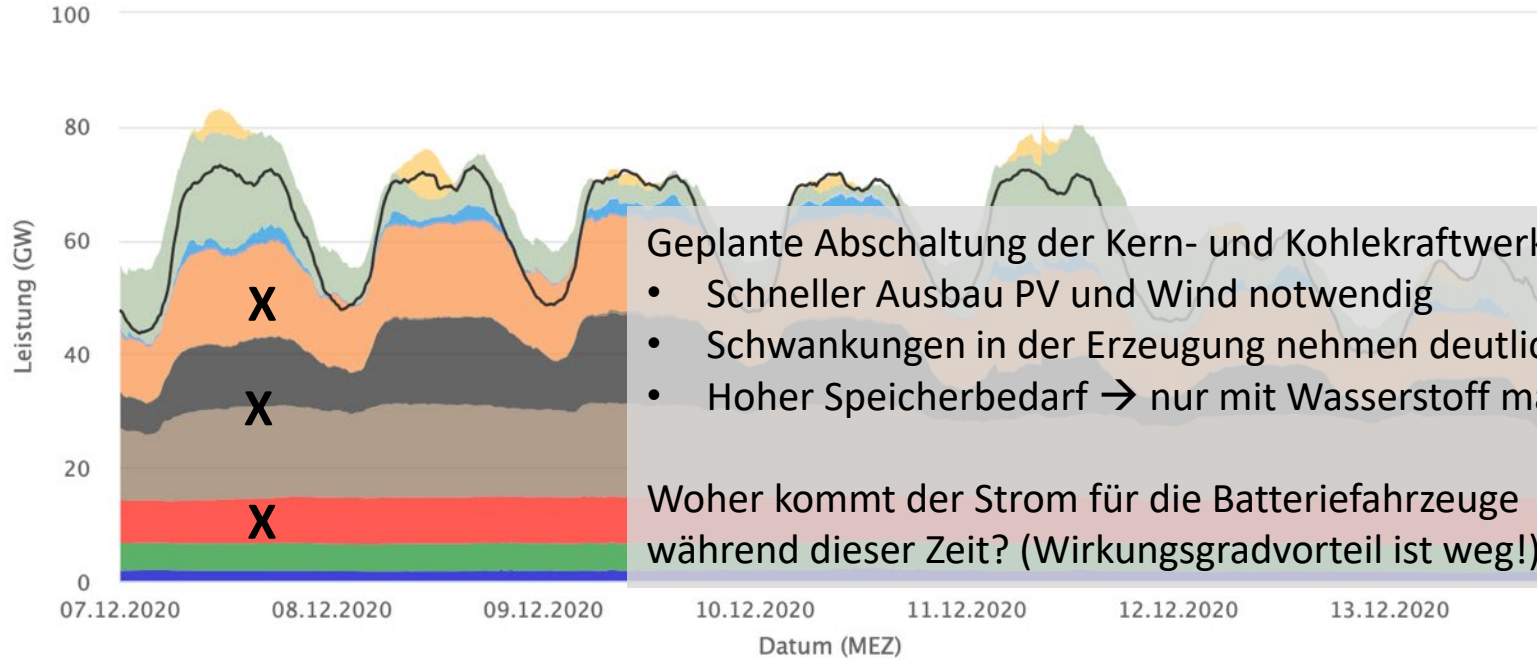


- Pumpspeicher Verbrauch
- Kernenergie
- Gas
- Wind
- Anteil EE
- Import Saldo
- Braunkohle
- Andere
- Solar
- Wasserkraft
- Steinkohle
- Pumpspeicher
- Last
- Biomasse
- Öl
- Saisonspeicher
- Residuallast



# Stromversorgung im Dezember 2020

## „Dunkelflaute“



● Pumpspeicher Verbrauch  
● Biomasse  
● Steinkohle  
● Andere  
● Wind  
— Residuallast

● Import Saldo  
● Kernenergie  
● Öl  
● Pumpspeicher  
● Solar  
— Anteil EE

● Wasserkraft  
● Braunkohle  
● Gas  
● Saisonspeicher  
— Last



# Kraftstoff aus Erneuerbaren Energien und lokal erzeugt

Was kostet Strom?

- An der Börse: 2,5 – 3,5 ct/kWh
- Große PV: ca. 5 ct/kWh
- PV auf dem Hausdach: 8 – 10 ct/kWh
- Für den Endverbraucher: ca. 30 ct/kWh



Quelle Foto: Solar World

20 m<sup>2</sup> PV – Fläche genügen, um den Strombedarf  
eines E-Fahrzeuges das ganze Jahr zu decken  
(12 000 km pro Jahr, Deutschland)



# Themen

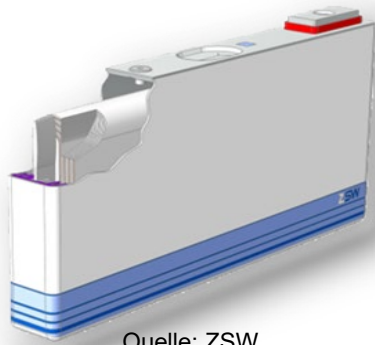
- Mobilitätswende – warum fällt uns der Wandel so schwer?
- Energiewende & Stromspeicher
- **E-Fahrzeuge mit Batterie**
- E-Fahrzeuge mit Wasserstoff/Brennstoffzelle
- Was ist besser – Batterie oder Brennstoffzelle?
- ...und was passiert in der Region



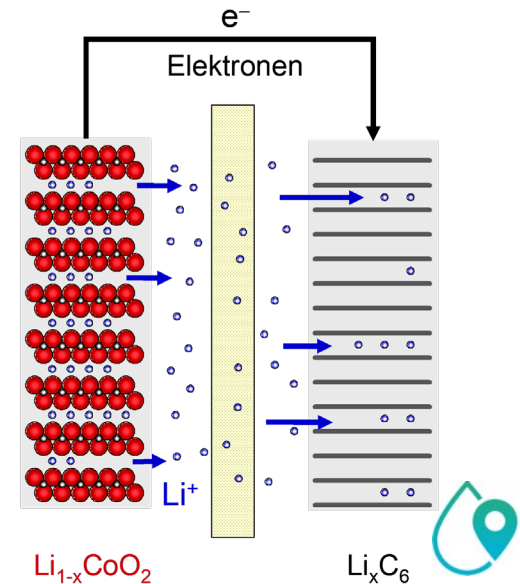
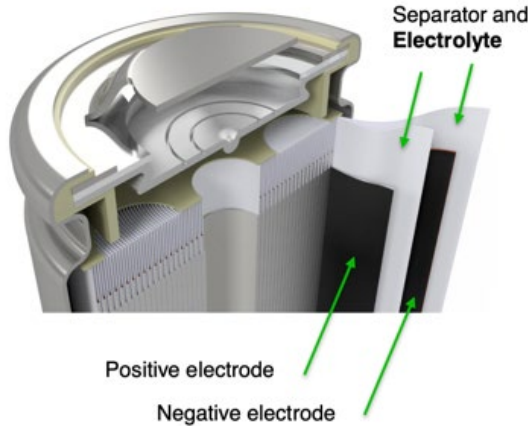


# Batterien (Akkumulatoren) speichern Strom

- Li-Ionen-Batterien: höchste Energiedichte heutiger Akkus, mit hohem Wirkungsgrad (Laden - Entladen)
- Kontinuierliche Optimierung (Kosten, Energiedichte, etc.)



Quelle: ZSW



# Lithium-Ionen-Technologie

Batterie-Zellen für Unterhaltungselektronik, E-Bikes, Power Tools

- Zelle = Schlüsseltechnologie / Zellenproduktion: Asien (seit 1991)
- Globaler Markt für Li-Ionen-Zellen 2019: ca. 45 Mrd. US \$ - schnell wachsend
- Vor der Nutzung im Auto hat sich niemand für Ökobilanzen interessiert

*Wie viele Geräte mit Lithium-Batterien finden sich in Ihrem Haushalt?*



Quellen: Hersteller



# Batterie-elektrische Antriebe im PKW

- 10+ Mio. E-Fahrzeuge weltweit, hohe Wachstumsraten
- Schnell wachsende Modell-Palette
- Attraktive Förderung: 9.000+ € Kaufprämie + 900 € für Wall-Box, steuerbefreit, Dienstwagenprivileg, kostenloses parken....



# E-Fahrzeuge für Citylogistik, ÖPNV, Handwerk ...



emissionsfrei  
und  
klimafreundlich  
in der Stadt



Mehr als 500.000 E-Buse weltweit im Einsatz / Europa 4.000



Quellen: Hersteller



# Batterie-E-Fahrzeuge (PKW) problemlos laden

- 90% aller Ladevorgänge finden zu Hause oder am Arbeitsplatz statt
- 90% aller privaten Pkw Fahrten sind kürzer als 40 km pro Tag, d.h.:
  - nur 6 – 8 kWh pro Tag nachladen
  - bei einer 40 .. 50 kWh Batterie reicht es einmal pro Woche zu laden
- 23 h Zeit zum Nachladen (zu Hause, in der **Firma**, beim **Einkaufen**)
- 10% Schnellladen (nur für die Langstrecke wichtig, kostet Lebensdauer)



# Batterie-E-Fahrzeuge

- *Ist es so, dass in Sachen Batteriespeicher und Wasserstoff die Entwicklung sehr rasant fortschreitet?*

Beide Technologien sind marktreif und durch die Förderung wettbewerbsfähig zum Verbrennungsmotor. Mit steigenden Stückzahlen und Wettbewerb fallen die Preise. Fossile Kraftstoffe werden durch den CO<sub>2</sub>-Preis immer teurer.

Für Stadtbusse müssen Zeit und Kosten für Aufbau der Ladeinfrastruktur, Schulung der Mitarbeiter und Beantragung der Fördermittel berücksichtigt werden.

- *Wann ist der geeignete Zeitpunkt, auf Basis des gegenwärtigen Angebots Kaufentscheidungen zu treffen?*

Jetzt!

- *Ist die laufende Innovation wirklich eine gute Begründung dafür, immer weiter zu warten?*

Nein – die Technologien werden sich weiter entwickeln, wie jedes andere Produkt auch – Wunder oder Quantensprünge wird es nicht geben



# Themen

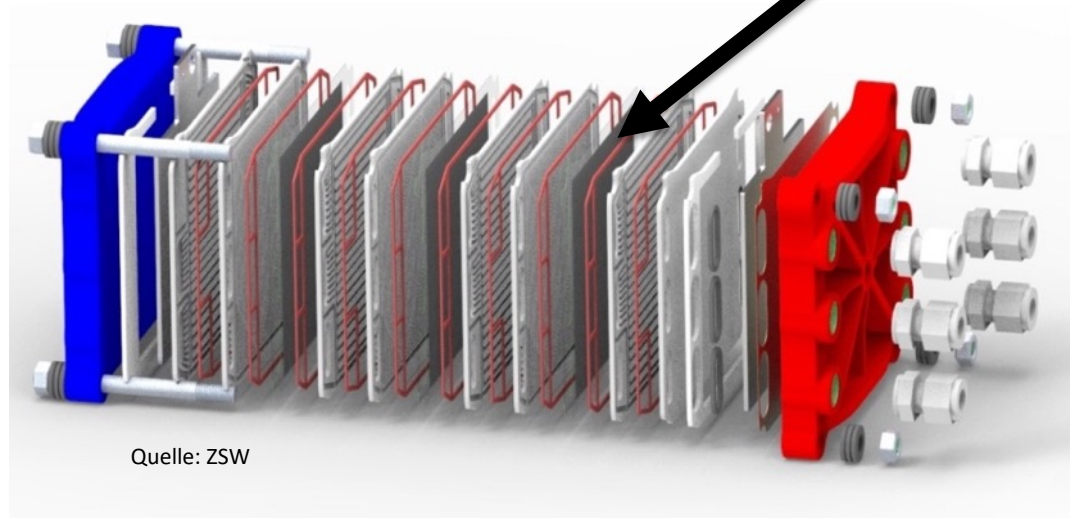
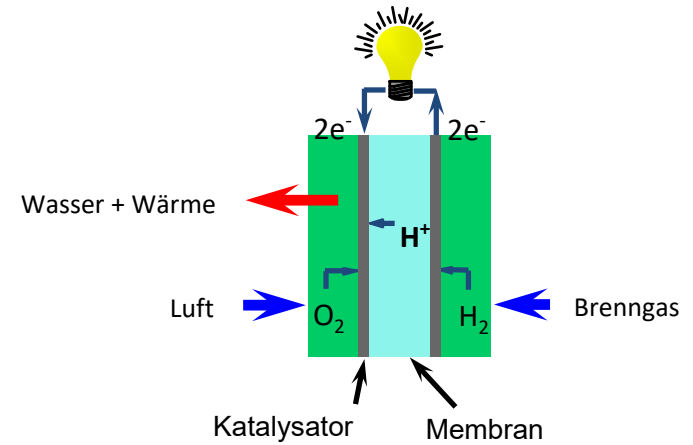
- Mobilitätswende – warum fällt uns der Wandel so schwer?
- Energiewende & Stromspeicher
- E-Fahrzeuge mit Batterie
- **E-Fahrzeuge mit Wasserstoff/Brennstoffzelle**
- Was ist besser – Batterie oder Brennstoffzelle?
- ...und was passiert in der Region



# Brennstoffzelle = Energiewandler

Brennstoffzellen wandeln Brenngase wie Wasserstoff (das ist der Energiespeicher) mit Sauerstoff (aus der Luft)

**hoch effizient** und **emissionsfrei** in **Strom, Wärme** und Wasser um

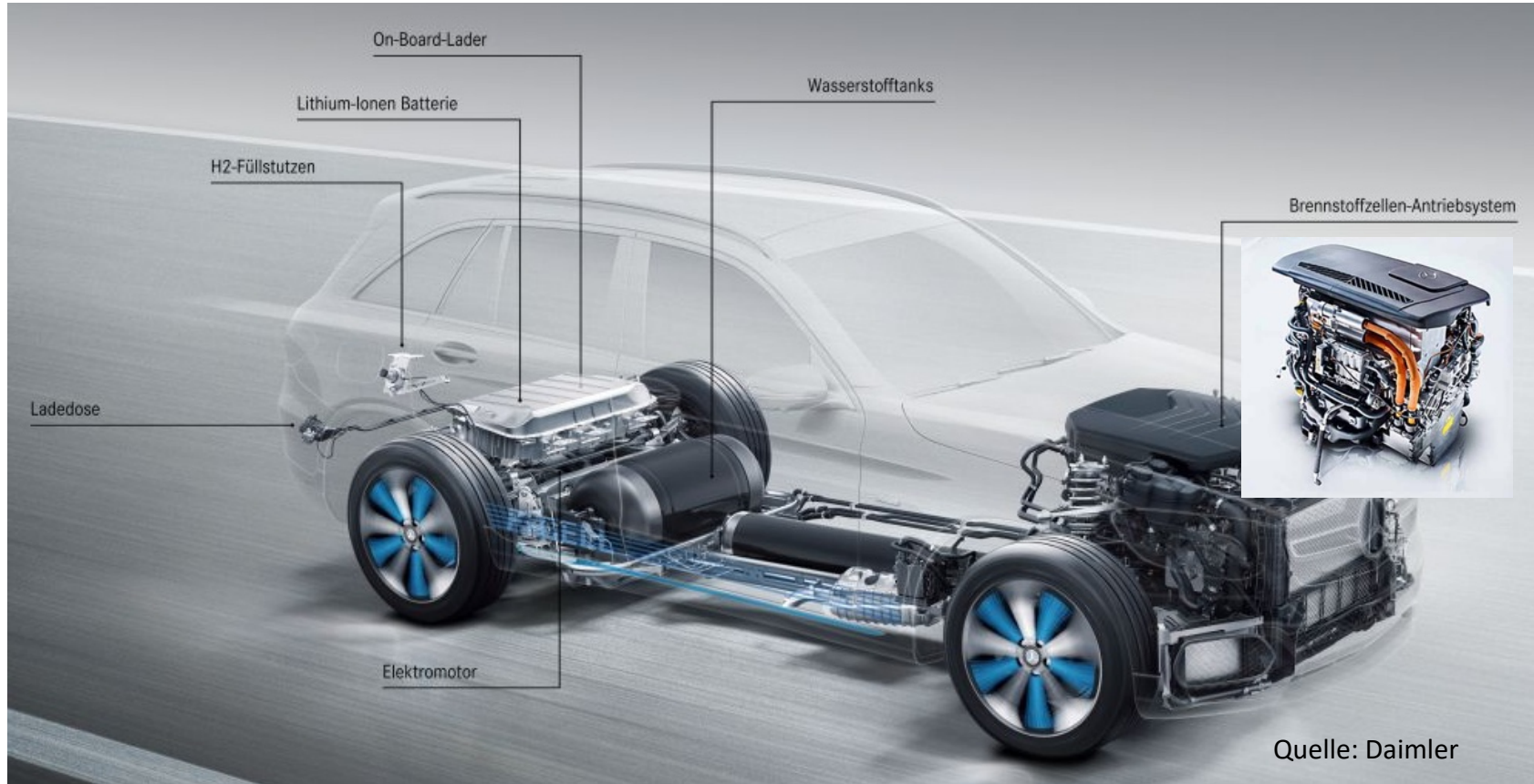


Quelle: ZSW





# Brennstoffzellen-Antrieb (Beispiel GLC F-Cell)



# Wasserstoff: Treibstoff & Energiespeicher

- Wasserstoff aus Erneuerbarem Strom über Elektrolyse (Power to Gas)
- Speicherung von temporärem Überschussstrom
- Treibstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge
- Aufbau von Wasserstofftankstellen schreitet zügig voran
- Fahrzeugdepots einfach ausrüstbar



# E-Fahrzeuge mit Brennstoffzelle



Daimler GLC f-cell

- In 3 Minuten voll tanken; bis zu 700 km Reichweite
- „kostenloses“ Heizen im Winter
- ca. 30.000 Fahrzeuge weltweit auf der Straße
- Toyota, Hyundai & China gehen in Groß-Serie (je 30.000 p.a. , Ziel je 800.000 p.a. in 2030)



Toyota Mirai



Hyundai Nexo



# Stadtbusse mit Brennstoffzelle/Wasserstoff



Wasserstoff-Tankstelle in Tokyo

- Attraktiver Markt für Brennstoffzellen-Antriebe
- Mehr als 1.000 H<sub>2</sub>-Busse weltweit im Einsatz – 300 in Europa



VanHool Bus in Oslo



Caetano Bus / Toyota Brennstoffzelle



Wrightbus Aberdeen



# Gütertransport mit Brennstoffzelle



Wasserstoff-Tankstelle St.Gallen im Oktober 2020

- Emissionsfrei und flexibel (schnelles Auftanken)
- Kommerziell attraktiv durch Einsparung von Maut und Strafzahlungen



1.600 LKW in der Schweiz bis 2025



Nicola/Iveco/Bosch investieren kräftig



# Viele weitere Anwendungen mit Brennstoffzelle



Alstom Coradia iLint seit 2018 erfolgreich im Einsatz

emissionsfrei  
und  
klimafreundlich  
in allen Bereichen



Emissionsfreie Schifffahrt



30.000 Gabelstapler im 24/7 Alltagseinsatz



# Fragen zum Stand der Brennstoffzellen-Fahrzeuge

- Brennstoffzellen-Antriebe sind
  - seit 17 Jahren im Alltagseinsatz in Kundenhand (Busse, PKW) und
  - seit 7 Jahren **kommerziell** im **PKW** (Toyota, Hyundai) und
  - seit einigen Jahren in **Bussen** (vanHool, Solaris, CaetanoBus, Wright Bus)
- PSA/Opel und Renault starten die Serienproduktion von leichten Nutzfahrzeugen
- Hyundai ist Vorreiter bei LKW (1.600 Fahrzeuge in der Schweiz); Iveco, Daimler/Volvo, MAN mit Toyota bringen alle mittelfristig LKW auf die Straße
- Aufbau der Betankungs-Infrastruktur, Schulung Mitarbeiter, Beantragung Fördermittel dauert ca. zwei Jahre



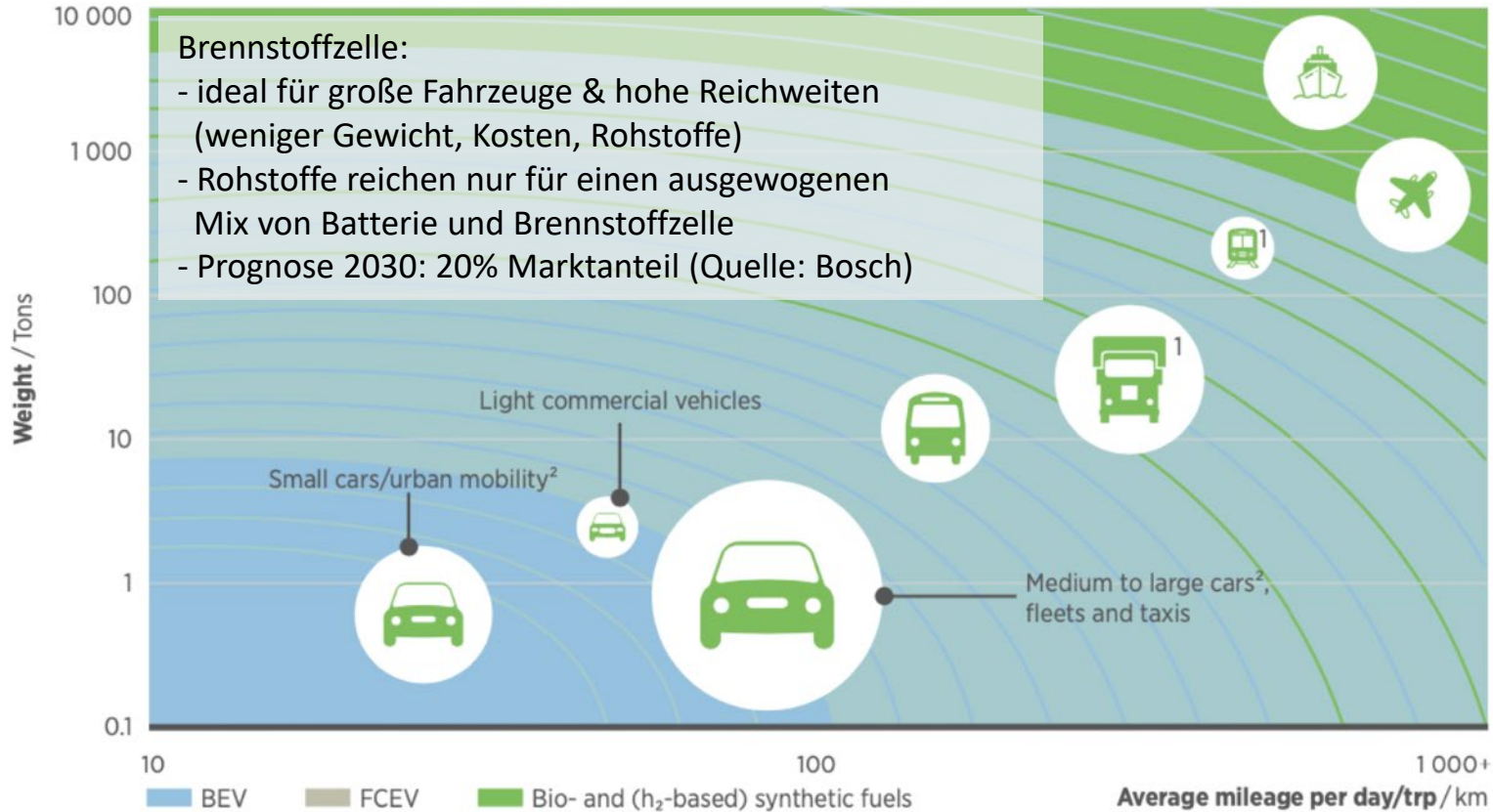
# Themen

- Mobilitätswende – warum fällt uns der Wandel so schwer?
- Energiewende & Stromspeicher
- E-Fahrzeuge mit Batterie
- E-Fahrzeuge mit Wasserstoff/Brennstoffzelle
- **Was ist besser – Batterie oder Brennstoffzelle?**
- ...und was passiert in der Region





# Batterie und Brennstoffzelle/Wasserstoff



○ Bubble size representing the relative annual energy consumption of this vehicle type in 2013

Quelle: Irena - Hydrogen from Renewable Power 2018, Hydrogen Council November 2017



# Wirkungsgrade = Energieeffizienz

## Typische Fahrzeug-Wirkungsgrade:

(Tank to Wheel)

Verbrennungsmotor: 20 – 25 %  
(Hybridisierung verbessert)

Brennstoffzellen-Elektroantrieb: 50 - 60 %  
Null Emissionen

Batterie-Elektroantrieb: 70 – 80 %  
Null Emissionen

Elektro-Fahrzeuge  
werden mit Strom oder  
Wasserstoff aus  
Erneuerbaren Energien  
betrieben

Zum Thema Hybrid-Antriebe siehe:

<https://h2connect.eco/hybrid-antriebe-was-ist-das-und-warum/>



# Emissionen: eine Klarstellung zum Thema

- Emissionen am Fahrzeug (Tank to Wheel)
- Emission für die Kraftstoffherstellung (Well to Tank)
- Die Summe aus beiden (Well to Wheel)
- ..und die gesamte Ökobilanz (LCA) von der Herstellung (Fahrzeug, Batterie) bis zum Nutzungsende



# Emissionen: eine Klarstellung zum Thema

- Emissionen am Fahrzeug (Tank to Wheel)

Im Wesentlichen sind nur die Emissionen am Fahrzeug gesetzlich geregelt. Warum?

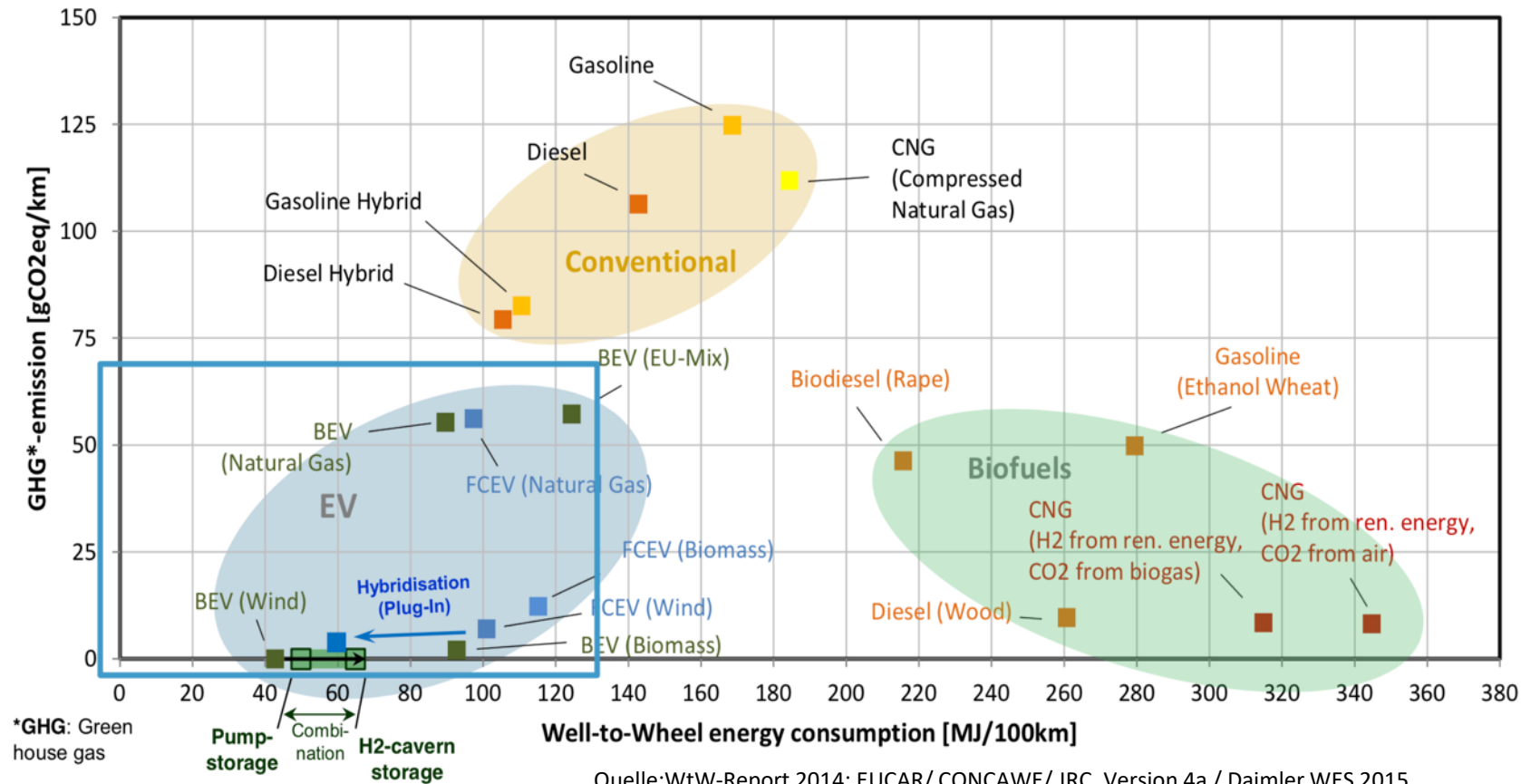
- Die Summe aller Emissionen (Well to Wheel) ist extrem komplex, länderspezifisch, ändert sich schnell.
- ..und die gesamte Ökobilanz (LCA) von der Herstellung (Fahrzeug, Batterie) bis zum Nutzungsende sind für direkte, konkrete Vergleiche sinnvoll (Mehrweg- zu Einweg-Flasche) und nicht für pauschale Äußerungen

Siehe auch: <https://h2connect.eco/oekobilanz-was-bedeutet-das-eigentlich/>



# Die Bilanz Fahrzeug inkl. Kraftstofferzeugung

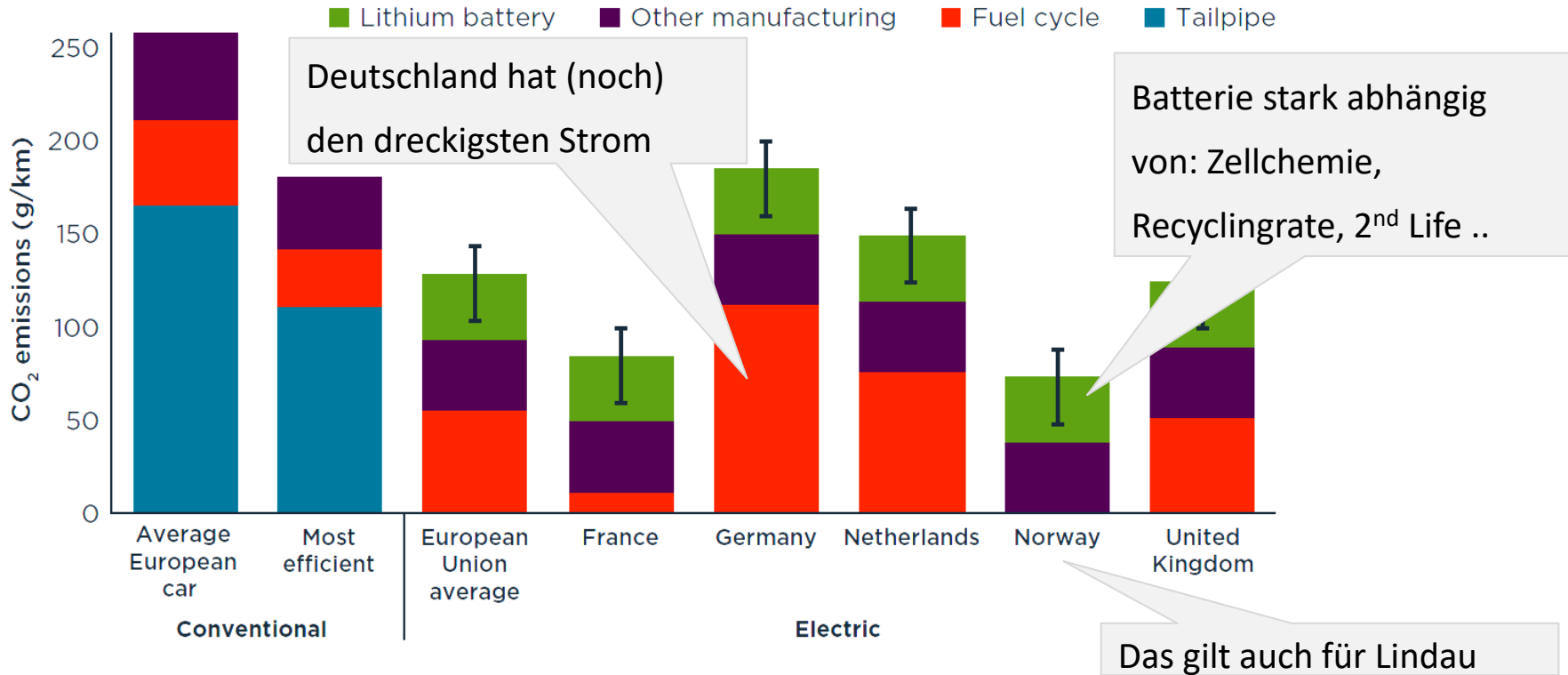
(well to wheel)



Quelle: WtW-Report 2014: EUCAR/ CONCAWE/ JRC, Version 4a / Daimler WES 2015



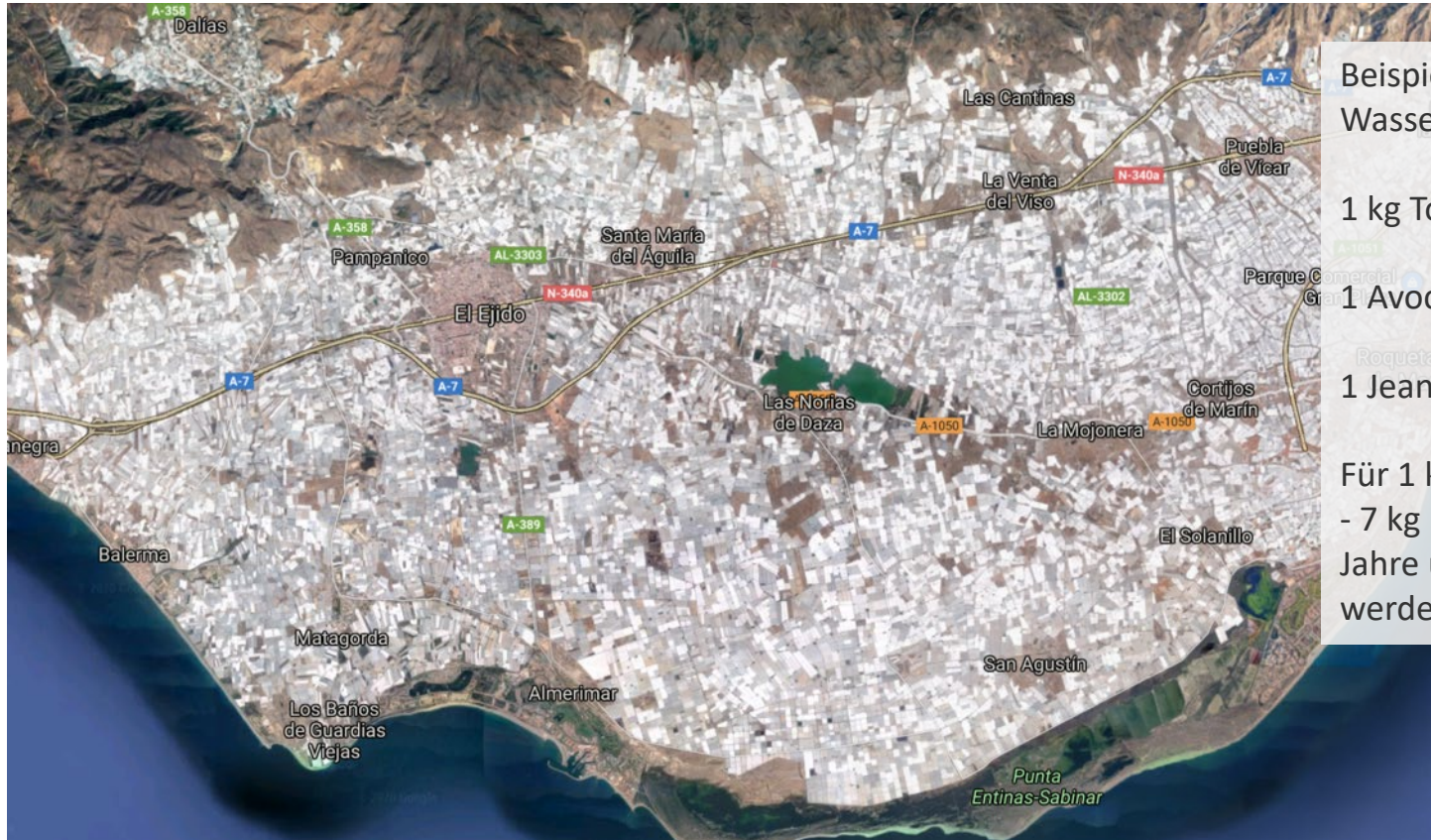
# Öko-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus (LCA)



Lebenszyklusemissionen (über 150.000 km) von Elektro- und konventionellen Fahrzeugen in Europa in 2015



# Öko-Bilanz von spanischen Tomaten ???



Beispiele für Wasserverbrauch:

1 kg Tomaten: 180 l

1 Avocado: 400 l

1 Jeans 8.000 l Wasser

Für 1 kg Lithium: 2.000 l (3 - 7 kg pro Auto, hält 15 Jahre und muss recycelt werden)



# Themen

- Mobilitätswende – warum fällt uns der Wandel so schwer?
- Energiewende & Stromspeicher
- E-Fahrzeuge mit Batterie
- E-Fahrzeuge mit Wasserstoff/Brennstoffzelle
- Was ist besser – Batterie oder Brennstoffzelle?
- ...und was passiert in der Region



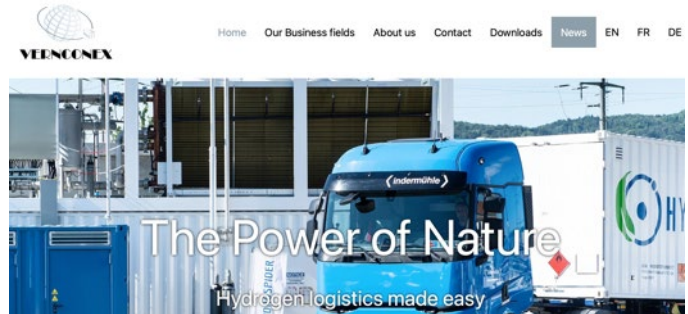


# ...und was passiert in der Schweiz?

## Umstellung des kompletten Warenverkehrs auf H<sub>2</sub>-LKW



Alle Akteure eng vernetzt  
von der H<sub>2</sub>-Erzeugung  
bis zum LKW



# ...und was passiert im Allgäu? HyAllgäu

## Konkrete Projekte zur Erzeugung von H<sub>2</sub> aus Stromüberschuss



Kläranlage



Windkraft



Wasserkraft



Müllheizkraftwerk



> 1.000 t  
H<sub>2</sub> p.a.



Oberallgäu  
Landkreis



Kempten<sup>Allgäu</sup>



# ...und was passiert im Allgäu? HyAllgäu

gesucht: Abnehmer für Wasserstoff

> 1.000 t  
H<sub>2</sub> p.a.



Öffentlicher Nahverkehr



Immobilien Sektor



Großhandel (H<sub>2</sub>-Mobility)

# ...und was sollte in Lindau passieren?

- **Zum Stadtbus: Vernetzen!**  
Als kleiner Betreiber mit dem Landkreis, Kempten oder VKW vernetzen und eine gemeinsame Strategie entwickeln. Ob batterie-elektrisch oder Wasserstoff besser ist, muss professionell analysiert werden.
- **Emissionsfreie Mobilität** mit PKW & leichten Nutzfahrzeugen:  
**proaktiv handeln!** Für alle Anwendungen: privat, Firmen-Fahrzeuge, Logistik, Dienstleister ...  
Lademöglichkeiten für Touristen: Hotels, Campingplätze ....
- Wasserstofftankstelle im Bereich der A96



# EMISSIONSFREIE UND KLIMAFREUNDLICHE MOBILITÄT

Akteure der Bodenseeregion  
informieren und vernetzen sich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weitere Infos:

<https://h2connect.eco>

<https://www.facebook.com/h2connect.eco/>

