# E-Mobilität – Wunschtraum oder Wirklichkeit?

DER WEIS[S]E SALON

19. Februar 2019

# E-Mobilität – Wunschtraum oder Wirklichkeit?

**Georg Brasseur**

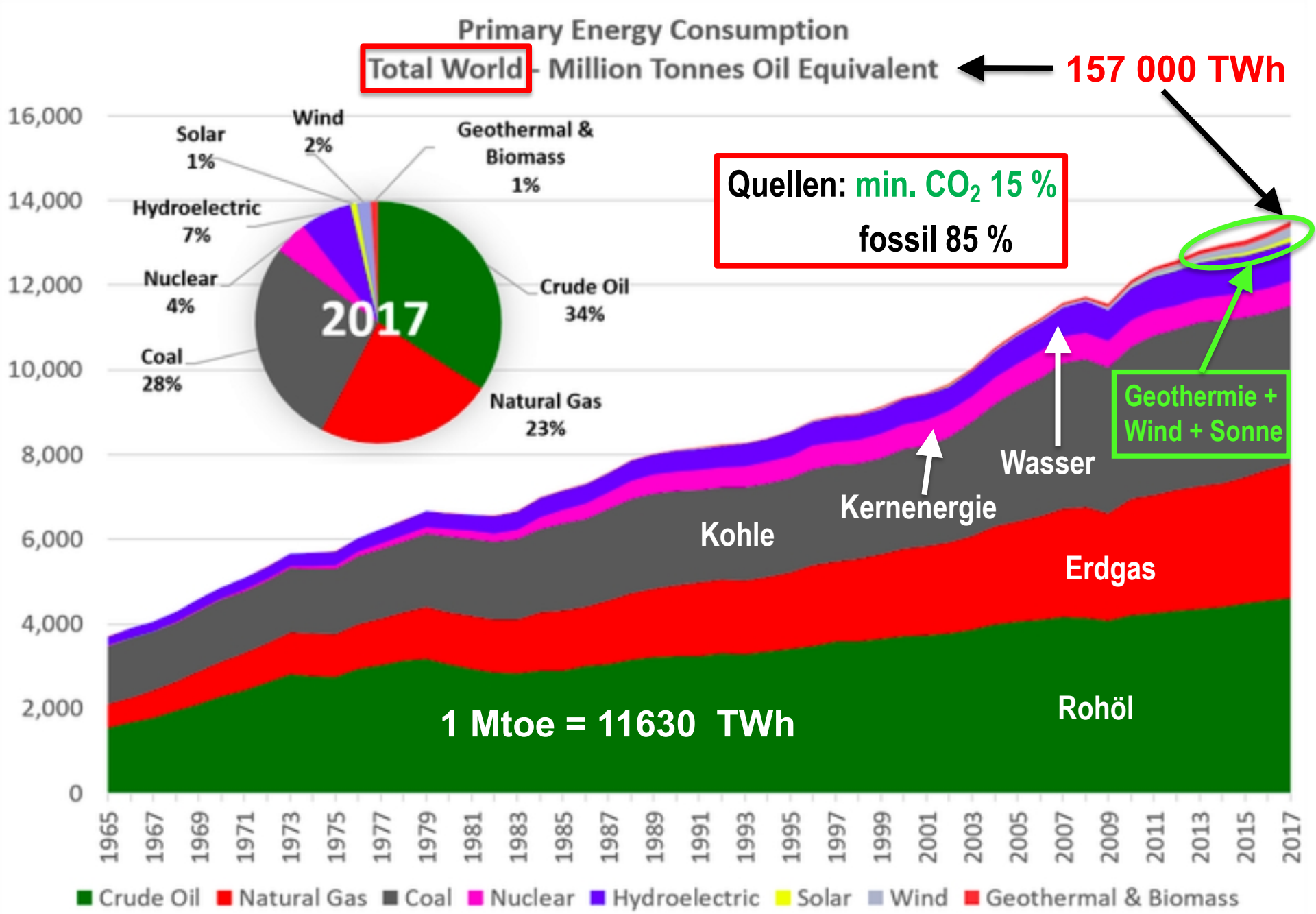
**Institut für Elektrische Messtechnik und Sensorik**

**Technische Universität Graz**

Der Weis[s]e Salon ist eine Veranstaltungsreihe der Weis[s]en Wirtschaft, in der Experten und Persönlichkeiten zum gesellschaftspolitischen Diskurs geladen werden.

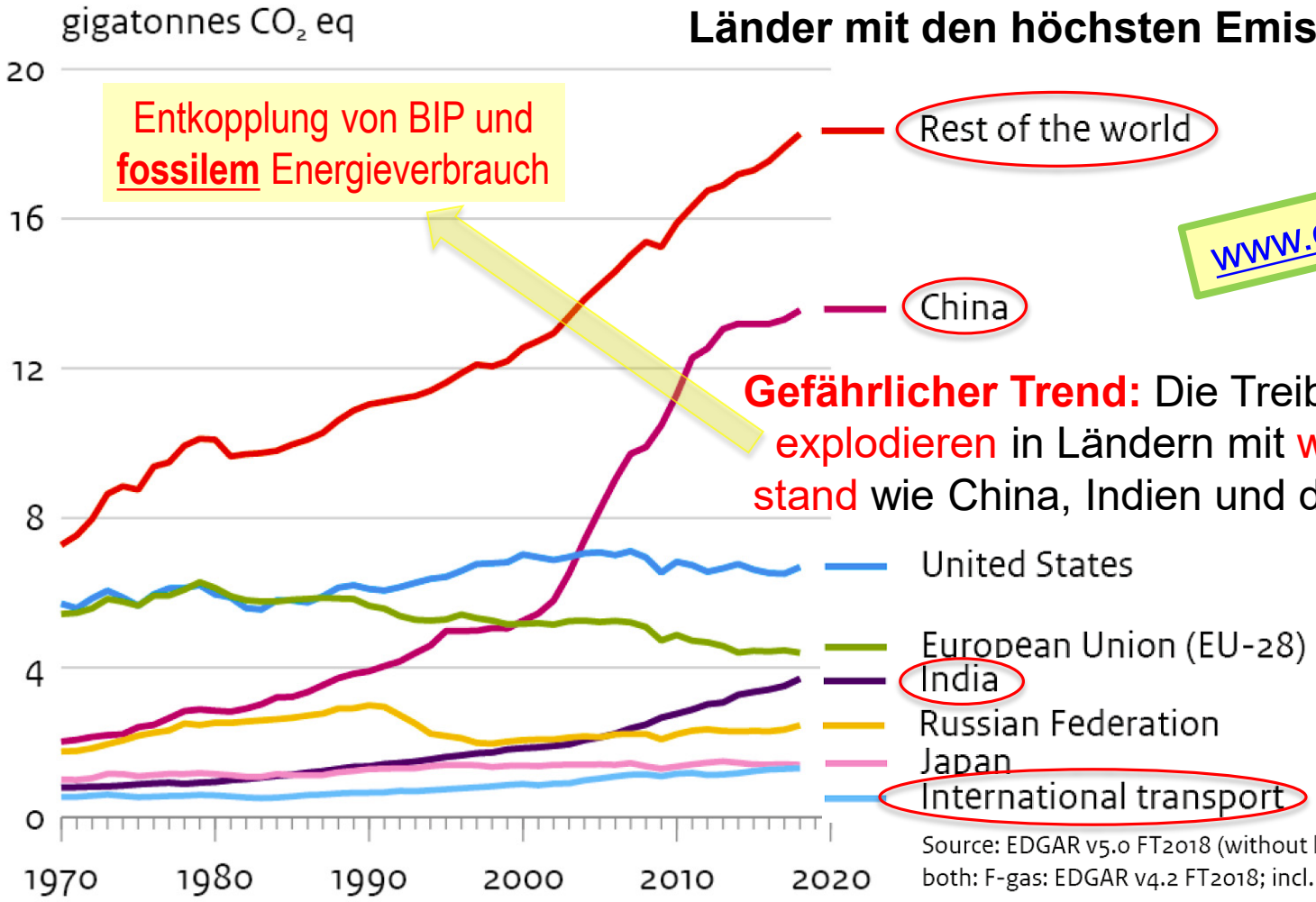
# Inhalt

- Weltenergiebedarf und globale Treibhausgasemissionen
- Elektrizitätserzeugung und $CO_2$ Impact
- Energieverbrauch des Transportsektors
- Elektrizitätshunger des IKT Bereiches
- Wege zur Reduktion des $CO_2$ und Sicherstellung der Mobilität
- Windkraft, Photovoltaik und Österreichs Elektrizitätsversorgung heute und im Jahr 2030
- Fossile Energie mit Vkm sparen => neues Hybridfahrzeugkonzept
- Wasserstoff und Elektrizität als zukünftige Antriebsenergie
- Take Home Messages




Based on: BP Statistical Review of World Energy, 67th ed. June 2018, https://www.google.at/imgres?imgurl=https://debunkhouse.files.wordpress.com/2018/09/primary-energy1.png?resize%3D700%252C507&imgrefurl=https://wattsupwiththat.com/2018/09/12/highlights-from-the-2018-bp-statistical-review-of-world-energy/&docid=RJgPqGi82ZT7GM&tbnid=NZu6kpfTO_8iJM:&vet=1&w=700&h=507&source=sh/x/im, access 31.10.2019.

# Global Treibhausgasemissionen 2018




Source: EDGAR v5.0 FT2018 (without land-use change).
both: F-gas: EDGAR v4.2 FT2018; incl. savanna fires.

**Länder mit den höchsten Emissionen und die EU**

Entkopplung von BIP und **fossilem** Energieverbrauch

www.electricitymap.org

**Gefährlicher Trend:** Die Treibhausgasemissionen explodieren in Ländern mit wachsendem Wohlstand wie China, Indien und dem “Rest der Welt".

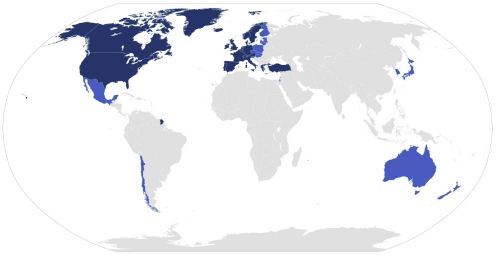
J.G.J. Olivier and J.A.H.W. Peters, *Trends in Global $CO_2$ and Total Greenhouse Gas Emissions. Summary of the 2019 Report EUR 29849 EN*, 4. Dec. 2019. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-summary-ot-the-2019-report_4004.pdf, access 9.12.2019.

Die Mitgliedsländer der **O**rganization for **E**conomic **C**o-operation and **D**evelopment sind:

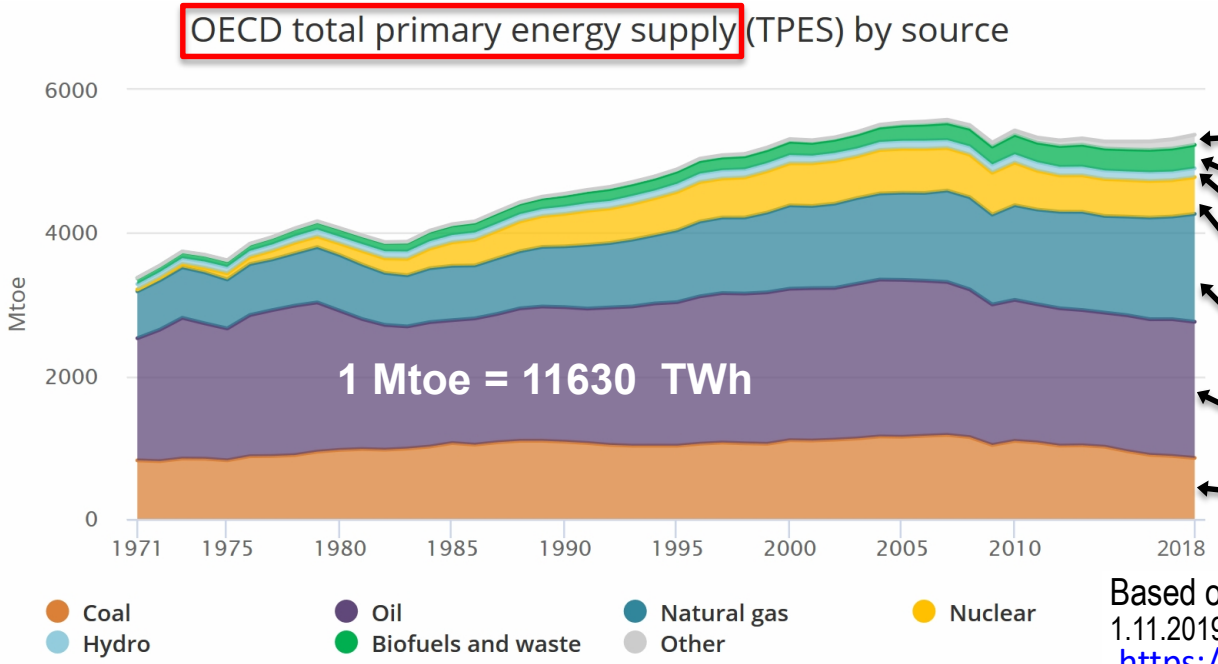
- Australia
- Austria
- Belgium
- Canada
- Czech Republic
- Denmark
- Estonia
- Finland
- France
- Germany
- Greece
- Hungary
- Ireland
- Italy
- Japan
- Korea
- Luxembourg
- Mexico
- New Zealand
- Norway
- Poland
- Portugal
- Slovak Republic
- Spain
- Sweden
- Switzerland
- The Netherlands
- Turkey
- United Kingdom
- United States

# Welt & OECD Energieerzeugung

| Primärenergie in TWh | | |
|---|---|---|
| | Welt<br>157 000<br>100 % | OECD<br>62 488<br>40 % |
| Min. $CO_2$ | 15 % | 21 % |
| Fossil | 85 % | 79 % |



Die **meisten Länder** auf drei Kontinenten **fehlen**




Andere:.....1 651 TWh

Biokraftstoffe + Abfall: 1 651 TWh

Wasser:.....1 430 TWh

Kernenergie: 5 988 TWh

Erdgas:.....17 547 TWh

Rohöl:.....22 140 TWh

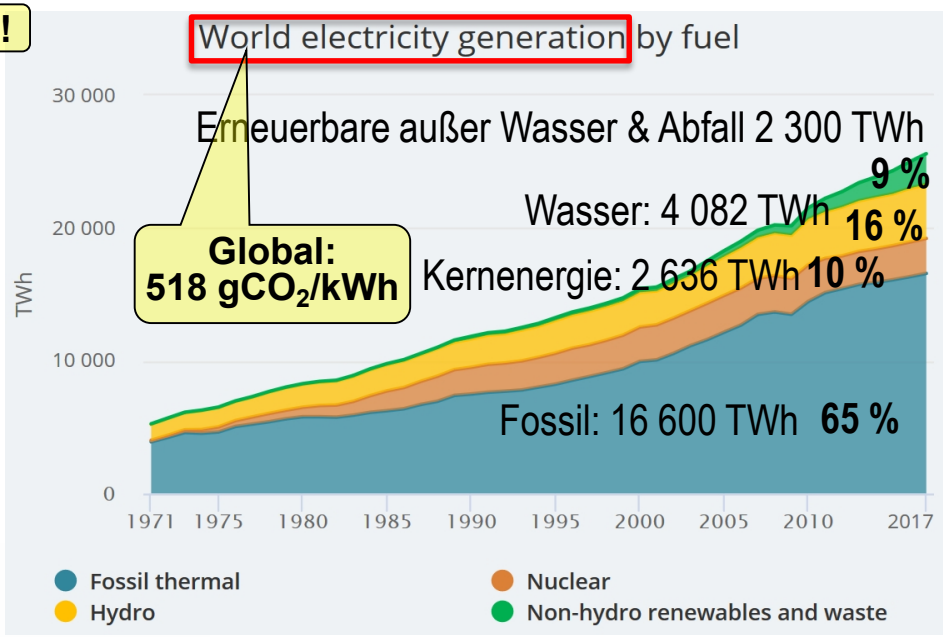
Kohle:.....9 919 TWh

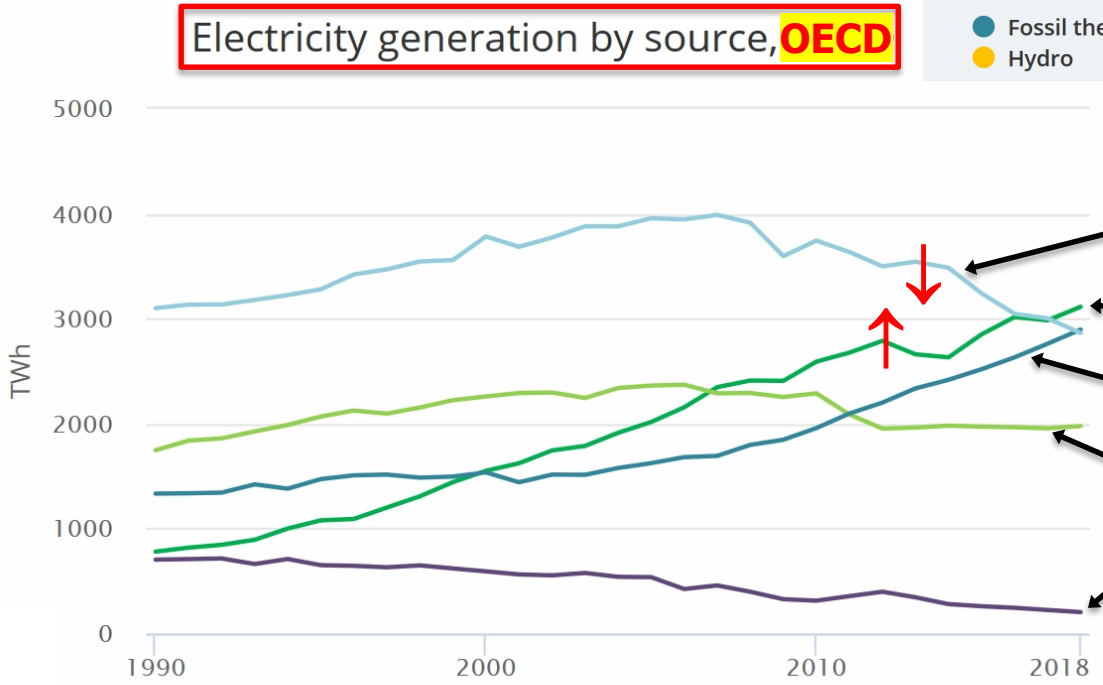
Based on: The International Energy Agency, access 1.11.2019, https://www.iea.org/statistics/kwes/ https://www.iea.org/countries/members/.

# Welt & OECD Primärenergie und Elektrizitätserzeugung

NUR!

| Welt Primärenergiebedarf 157 000 TWh = 100 % | | | Elektrizität 25 606 TWh = 16 % | |
|---|---|---|---|---|
| | Welt 157 000 100 % | OECD 62 488 40 % | Welt 25 606 100 % | OECD 11 025 43 % |
| Min. $CO_2$ | 15 % | 21 % | 35 % | 44 % |
| Fossil | 85 % | 79 % | 65 % | 56 % |




**2018**

Kohle: 2 863 TWh ↓

Erdgas: 3 113 TWh ↑

Erneuerbare: 2 896 TWh ↑

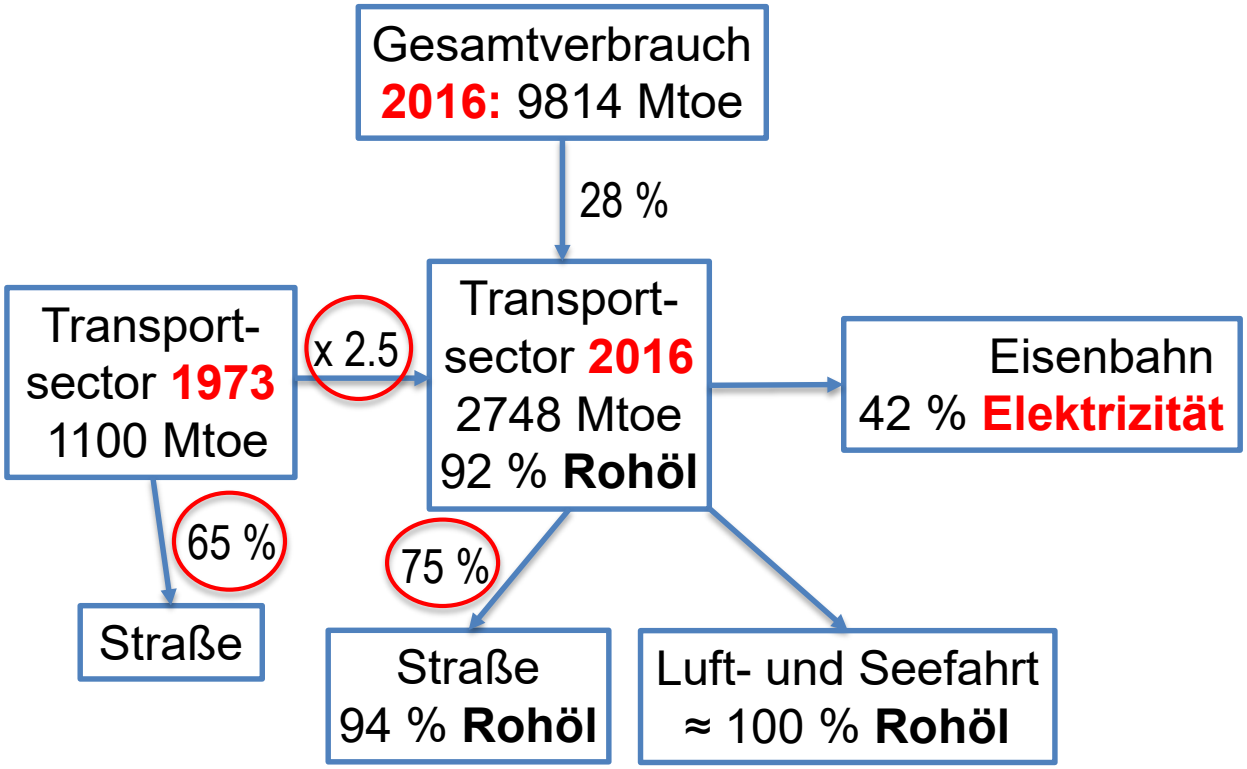
Kernenergie: 1 976 TWh

Rohöl: 204 TWh ↓

Dieser **Trend** ist in den OECD-Ländern erkennbar **aber nicht weltweit!**

Based on: The International Energy Agency, access 1.11.2019, https://www.iea.org/statistics/kwes/ and https://www.iea.org/statistics/balances/

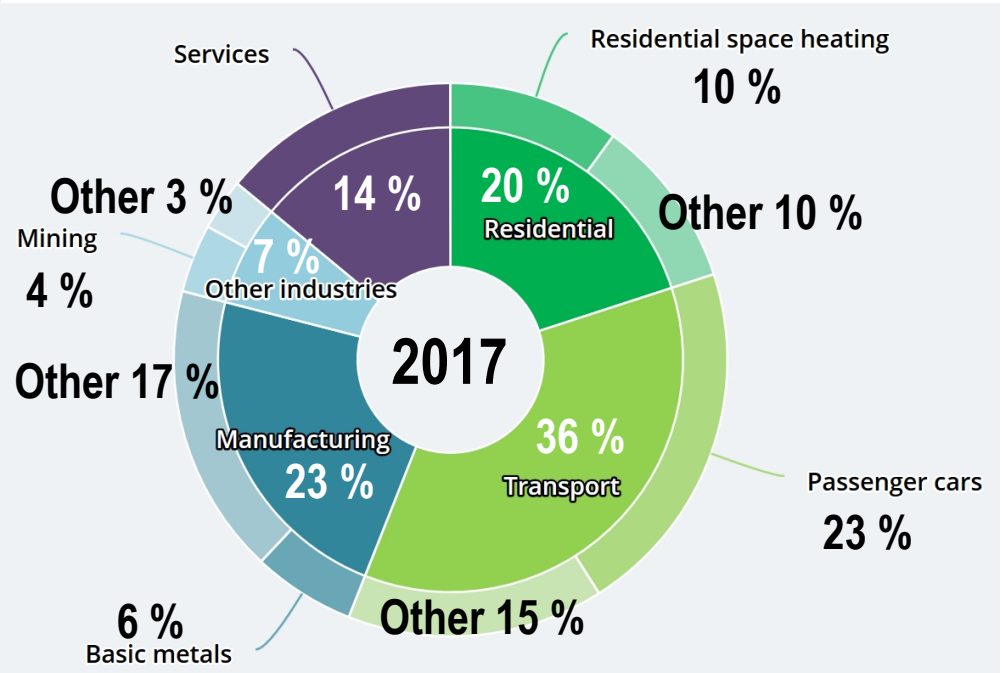
# Weltenergieverbrauch des Transportsektors im Jahr 2016




SDSN and FEEM, *2019 Roadmap to 2050: A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century*, Sep.2019. https://roadmap2050.report/static/files/roadmap-to-2050.pdf, access 27.11.2019.

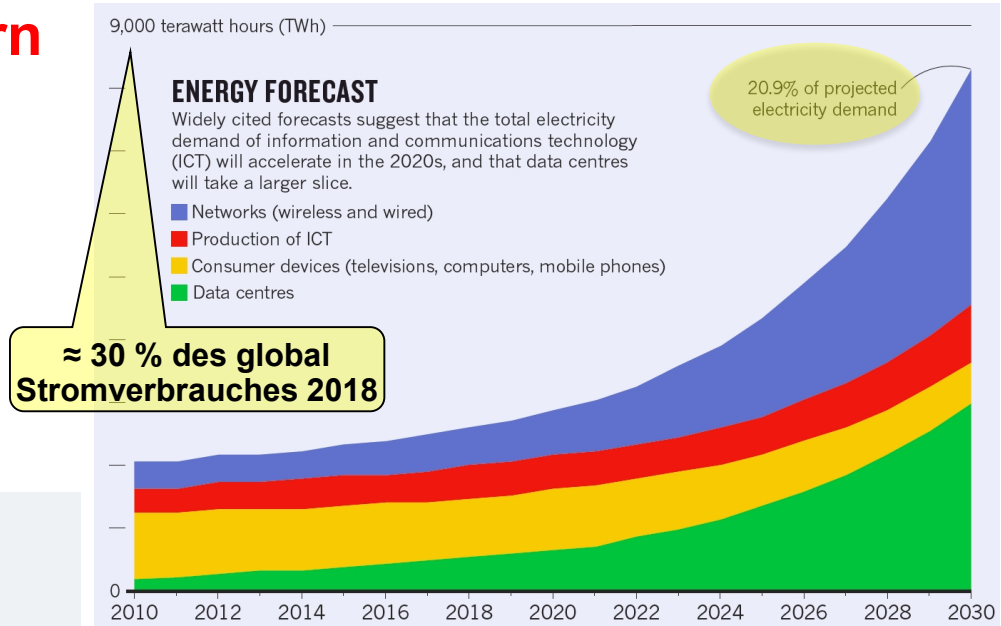
# Größter Endenergieverbrauch nach Sektoren in IEA-Ländern

In Zukunft wird es zwischen dem IKT-Bereich und der Elektromobilität heftige **Kämpfe um Elektrizität** geben. **IKT hat keine Alternative**, der Verkehr schon.

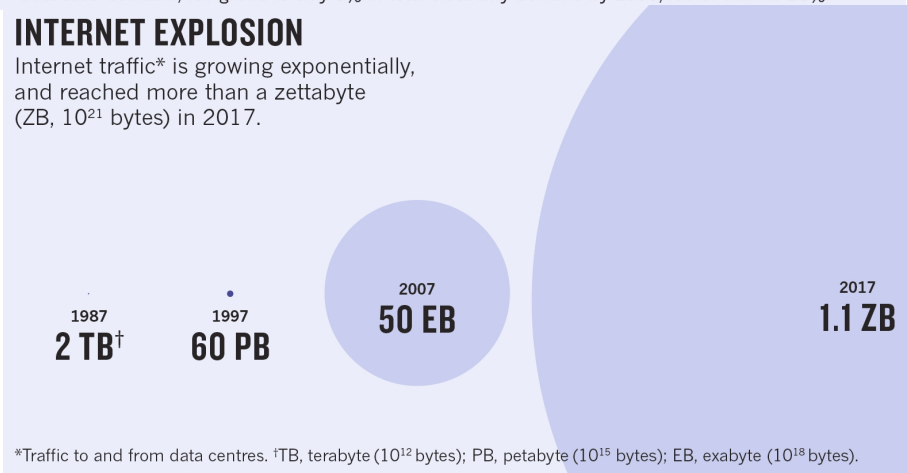



Based on: The International Energy Agency, access 1.11.2019, https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-2019.

# IKT Energiebedarfsprognose bis 2030




The chart above is an 'expected case' projection from Anders Andrae, a specialist in sustainable ICT. In his 'best case' scenario, ICT grows to only 8% of total electricity demand by 2030, rather than to 21%.




Nature 561, *The information Factories*, access 1.11.2019 https://www.nature.com/articles/d41586-018-06610-y.

# Lessons learned aus der Analyse des Weltenergiebedarfs und Ausblick

| Welt Primärenergiebedarf 157 000 TWh = 100 % | | | Elektrizität 25 606 TWh = 16 % | |
|---|---|---|---|---|
| | Welt 157 000 100 % | OECD 62 488 40 % | Welt 25 606 100 % | OECD 11 025 43 % |
| Min. $CO_2$ | 15 % | 21 % | 35 % | 44 % |
| Fossil | 85 % | 79 % | 65 % | 56 % |

- Der Primärenergieverbrauch der Welt benötigt 85 % fossile Energie und nimmt weiter zu. Erschreckend!
- Wohlhabende Nationen (OECD) können sich mehr erneuerbare Energien leisten, trotzdem zu 79 % fossil. Erschreckend!
- Verkehr ist in der OECD der größte rohölbasierte Energieverbraucher.
- Nur 16 % des Weltenergiebedarfs ist Elektrizität und diese ist immer noch zu 60 % fossil basiert.
- Der zukünftige Energiebedarf des IKT-Bereiches wird explodieren. Die Elektrizität aus erneuerbaren Energien **muss schnell wachsen**, um fossilfrei zu werden.
- Für 10-20 Jahre ist kaum Elektrizität für den Verkehr verfügbar. Es bleibt nur **Energie sparen**, um **Zeit** für Infrastrukturaufbau zu **gewinnen**. Ziel muss **Elektrizität frei von fossiler Energie** sein. Erst danach: Elektromobilität und $H_2$-basierte grüne Kraftstoffe.

**Welche Handlungen sind daher zu setzen?**

# Zwei **parallele Aktivitäten a)** & **b)** sind notwendig und erst **danach** Investition in Elektro- und Wasserstoffmobilität

a) Ausbau von Kraftwerken, Netzen und **Energiespeicher**, damit die **globale** Elektrizität **unabhängig** von fossiler Energie wird => 2030(?) => 2050 Entkopplung von BIP und **fossilem** Energieverbrauch => setzt Wohlstand voraus.

b) **Global** Fossile Energie **einsparen**: (Thermische Isolation) und weiterhin den Verkehre mit Vkm, aber anders betrieben (neues Hybridkonzept)

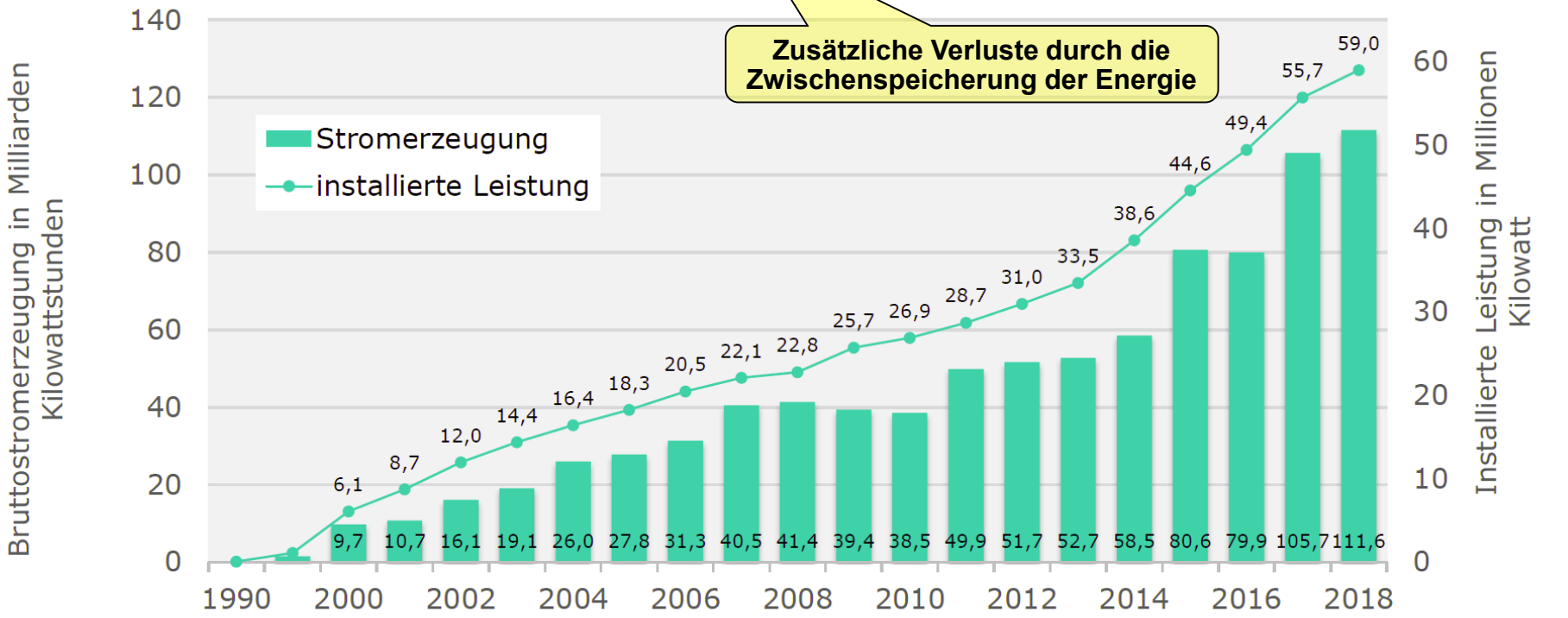
c) In 20 – 30 Jahren Wasserstoff aus **Überschussstrom** (nicht wie heute durch Dampfreformierung aus Erdgas) für Elektro- und Wasserstoffmobilität erzeugen und **synthetische Kraftstoffe** für Land- See- und Flugverkehr.

# a) Elektrische Energie und installierte Leistung von Wind On- & Offshore in Deutschland 1990-2018

Auslastung mit installierter Leistung: 1200 – 1900 h

Auslastung mit installierter Leistung bezogen auf ein Jahr (8000 h): 15 -24 %

Man benötigt bei Windenergie die 4 – 7 fache installierte Leistung verglichen mit einem kalorischen Kraftwerk (8000 h/a) und stärkere Übertragungsleitungen.



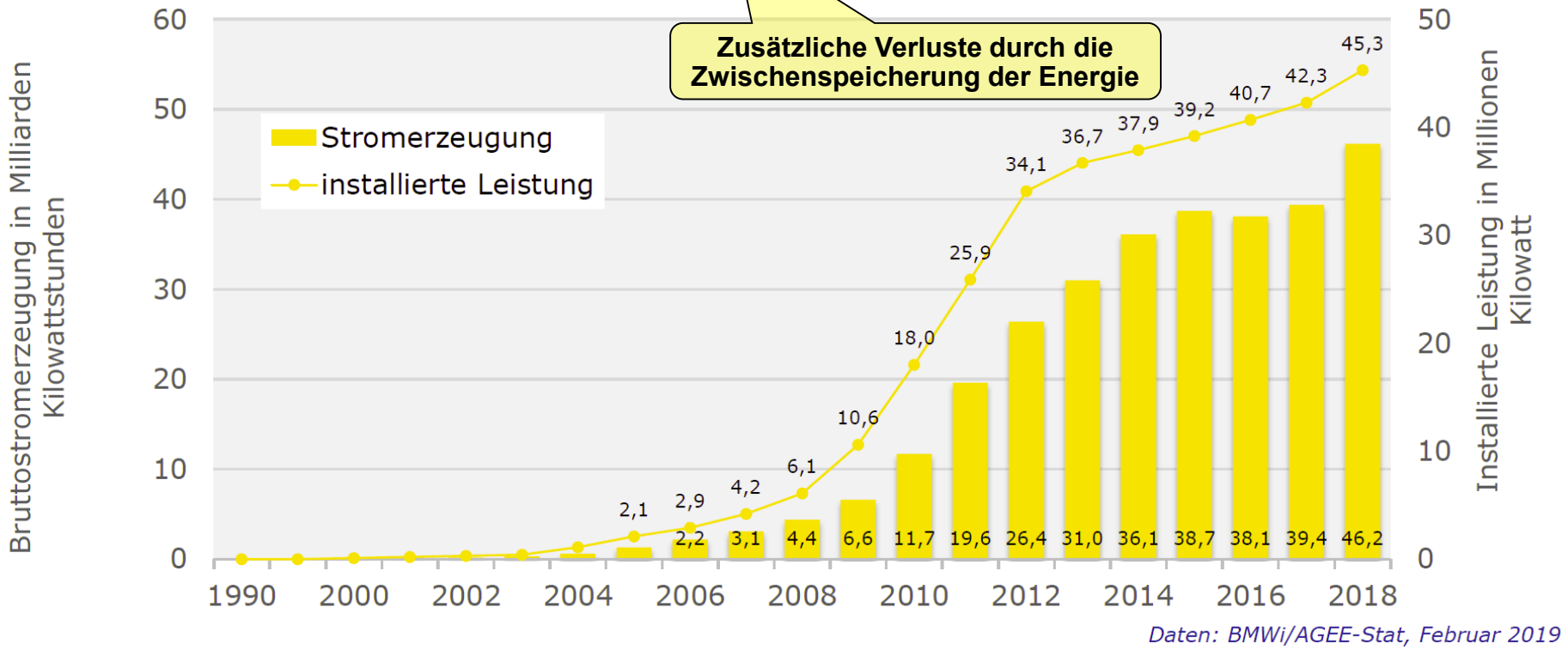

*Quelle: BMWi/AGEE-Stat, Februar 2019*

# a) Elektrische Energie und installierte Leistung von Photovoltaik in Deutschland 1990-2018

Auslastung mit installierter Leistung: 760 – 1020 h

Auslastung mit installierter Leistung bezogen auf ein Jahr (8000 h): 10 -13 %

Man benötigt bei Photovoltaik die 8 – 10 fache installierte Leistung verglichen mit einem kalorischen Kraftwerk (8000 h/a) und stärkere Übertragungsleitungen.




*Daten: BMWi/AGEE-Stat, Februar 2019*

# a) Elektrische Energieversorgung in Österreich im Jahr 2030

**2017** importiert Österreich ≈ 15 % elektrische Energie und **verbraucht ≈ 65 TWh**

In **2030** soll Österreich zu **100 % Ökostrom** versorgt sein. Zubau von **27 TWh**[1] ist gefordert (lt. Koalitionsabkommen) **plus Leitungsbau.**

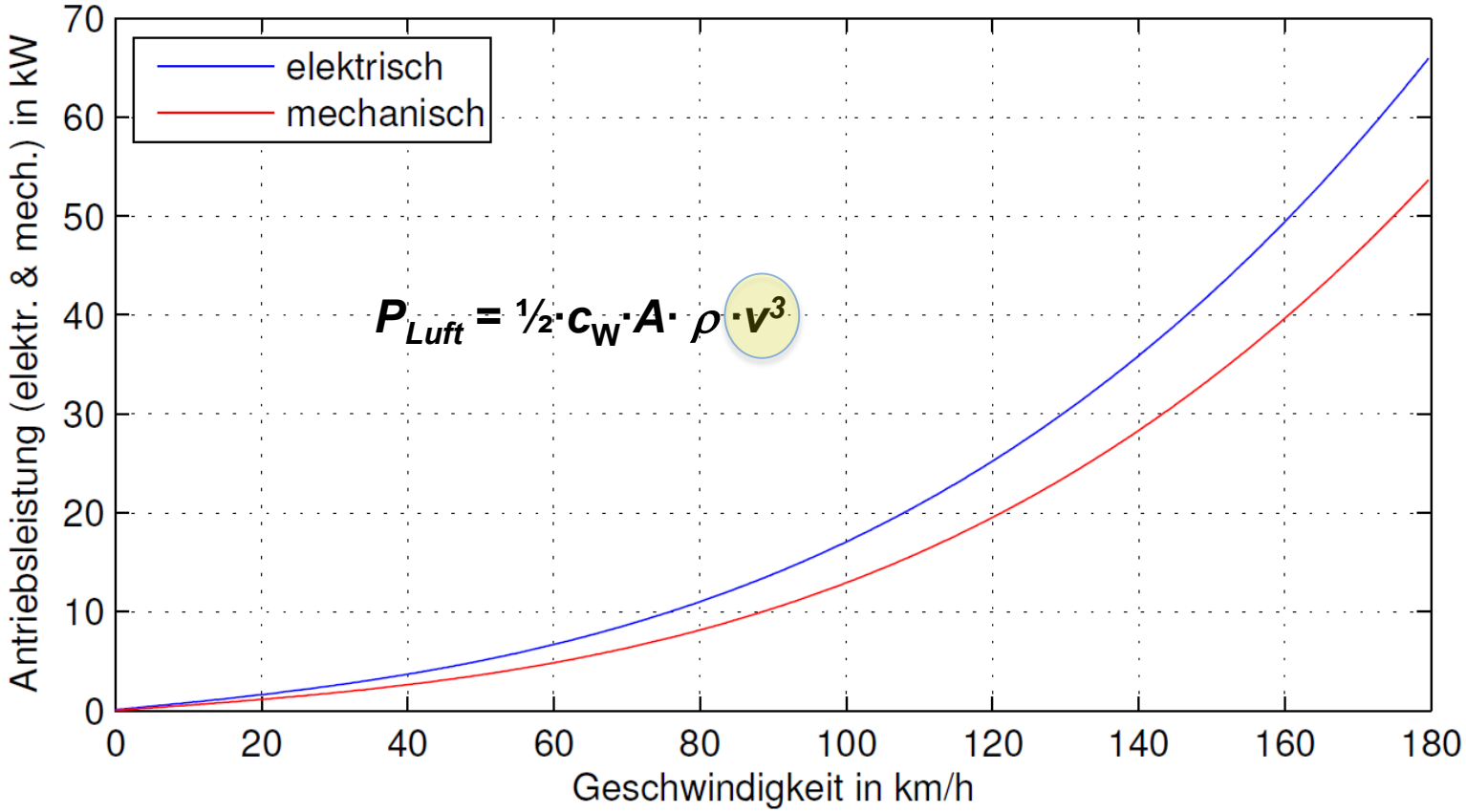
| | 2017 [2] | | 2030 | |
|---|---|---|---|---|
| | **GW** | **TWh** | **TWh** | **Neu zu bauende Kraftwerksleistung** |
| **Windenergie** | 2,70 | 5,22 | **10,0** | (1200-1900 h) => **5,26 – 8,33 GW** |
| **Solarenergie** | 1,03 | 1,11 | **11,0** | (760-1020 h) => **10,78 – 14,47 GW** |
| Wasserkraft | 8,55 | 39,82 | **5,0** | (4657 h) => **1,07 GW** |
| Biomasse | 0,47 | | **2,0** | (8000 h) => **0,25 GW** |
| Kernkraft (importiert) | | 10,44 | | |
| Pumpspeicher | 3,40 | | | ?? |
| Gas+Kohle | 5,06 | 8,68 | | 0 |
| Gesamt | 20,74 | 65,27 | **27,0 TWh zusätzliche grüne Energie** | |

**Hierfür sind gewaltige Investitionen notwendig**

1 Die Presse, *Milliarden Regen für grüne Energie*, S. 9, 4.1.2020

2 Bundesministerium Nachhaltigkeit & Tourismus, *Energie in Österreich 2018, Zahlen, Fakten, Daten*, access 6.4.2019: ttps://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwivwvLssLzhAhUJaVAKHbThDucQFjABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bmnt.gv.at%2Fdam%2Fjcr%3A3db9b813-8c0f-49fd-%20b5ff-89e9600c3cd7%2FEnergie_in_OE2018_Barrierefrei.pdf

# b) Elektrische & mechanische Antriebsleistung eines Mittelklasse Pkw ohne Nebenaggregate




Rollwiderstandsbeiwert $\mu$ = 0,013; Luftwiderstand $c_W A$ = 0,60; $\rho$ = 1,25 kg/m$^3$

## b) Antriebsleistung, Energieverbrauch und Fahrzeit eines Pkw

400 km, konstante Geschwindigkeit, ohne Nebenaggregate

| Geschwin-digkeit | Fahrzeit für 400 km | Antriebsleistung | | Energieverbrauch des Antriebstranges abhängig vom Wirkungsgrad $\eta$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mechanisch am Rad | elektrisch aus dem Speicher | $\eta$ = 100 % | $\eta$ = realistisch |
| 80 km/h | 5 h | 8,1 kW | 11,0 kW | 40,5 kWh | 55,0 kWh |
| 100 km/h | 4 h | 12,9 kW | 17,1 kW | 51,6 kWh | 68,4 kWh |
| 130 km/h | gut 3 h | 23,6 kW | 30,2 kW | 72,6 kWh | 92,9 kWh |
| 150 km/h | 2¾ h | 33,7 kW | 42,3 kW | 89,9 kWh | 112,8 kWh |
| 180 km/h | 2¼ h | 54,0 kW | 66,3 kW | 120,0 kWh | 147,3 kWh |

# b) Bereitstellung der **Antriebsleistung** für ein Fahrzeug

A) Verbrennungskraftmaschine (Vkm)
mit 6-Gang Getriebe

B) Elektroantrieb
mit 1-Gang Getriebe

BMW N47D16 1,6 l, 70 kW
4-Zylinder, ca. **130 kg**

BMW 6 Gang Getriebe, ca. **50 kg**

Masse

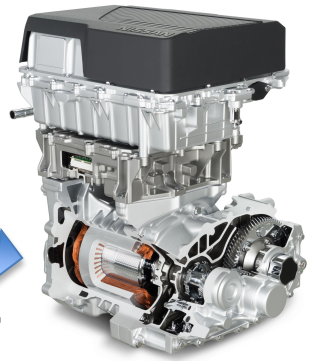
ca. **180 kg**

**Antriebseinheit: 91 kg** [1]

Teileanzahl

Über 1000

Wenige 100



**Nissan Leaf 2017**
Ladegerät + Umrichter: 12 kg
$P_{max}$ = 110 kW e-Motor: 54 kg
Getriebe + Differenzial: 25 kg

AMK Motor DT5, 77 kW
Durchmesser 200 mm,
Länge 400 mm, **55 kg**,
Flüssigkeitsgekühlt

[1] Nissan Japan, Chef der Motorenentwicklung, 20.11.2018

## b) Konventionelles Vkm Fahrzeug oder

**Erzeugung** der **elektrischen Antriebsenergie** im Fahrzeug mit Vkm aus flüssigem Kraftstoff => **Fuel-Converter**

Ziel: Minimierung der $CO_2$- und Schadstoffemissionen

**ALTERNATIVE**

**Reale Motoren mit intermittierender Verbrennung:**

Wirkungsgrad $\eta$ für Lkw Dieselmotoren im Bestpunkt: $\eta$ = **45 %** [4]

Langsam laufende Schiffsdieselmotoren (Kreuzkopfmotoren): $\eta$ = **54 %** [4]

**Pkw Stadt: 10-20 %;** im Bestpunkt 37-42 % [5]; **F1 2017** an der Volllast **50 %**

**Gas- und/oder Dampfturbinen zur Stromerzeugung:**

**Elektrischer Wirkungsgrad** $\eta$ aus [6]: weltweit ca. **33 %**, deutsche Kraftwerke zZt. ca. **38 %**, neun Kohlekraftwerke **40-45%** und mit Erdgas betriebene **GuD-**Kraftwerke bis zu **64 %**.

**Grundlagen:** Carnot-Prozess

Wirkungsgrad $\eta_i$ eines verlustlosen (idealen) Kreisprozesses:

$$\eta_i = 1 - (T_A / T_V) = 1 - (T_{min} / T_{max})$$

$T_V$ …Verbrennungstemperatur des Gases im Arbeitsraum

$T_A$ … Austrittstemperatur aus dem Arbeitsraum

Intermittierender Verbrennung (**Vkm**): $\eta_i$ = 1 – (1100 K/2900 K) = **0,62**

**Gasturbine**: $\eta_i$ = 1 – (950 K/1900 K) = **0,50**

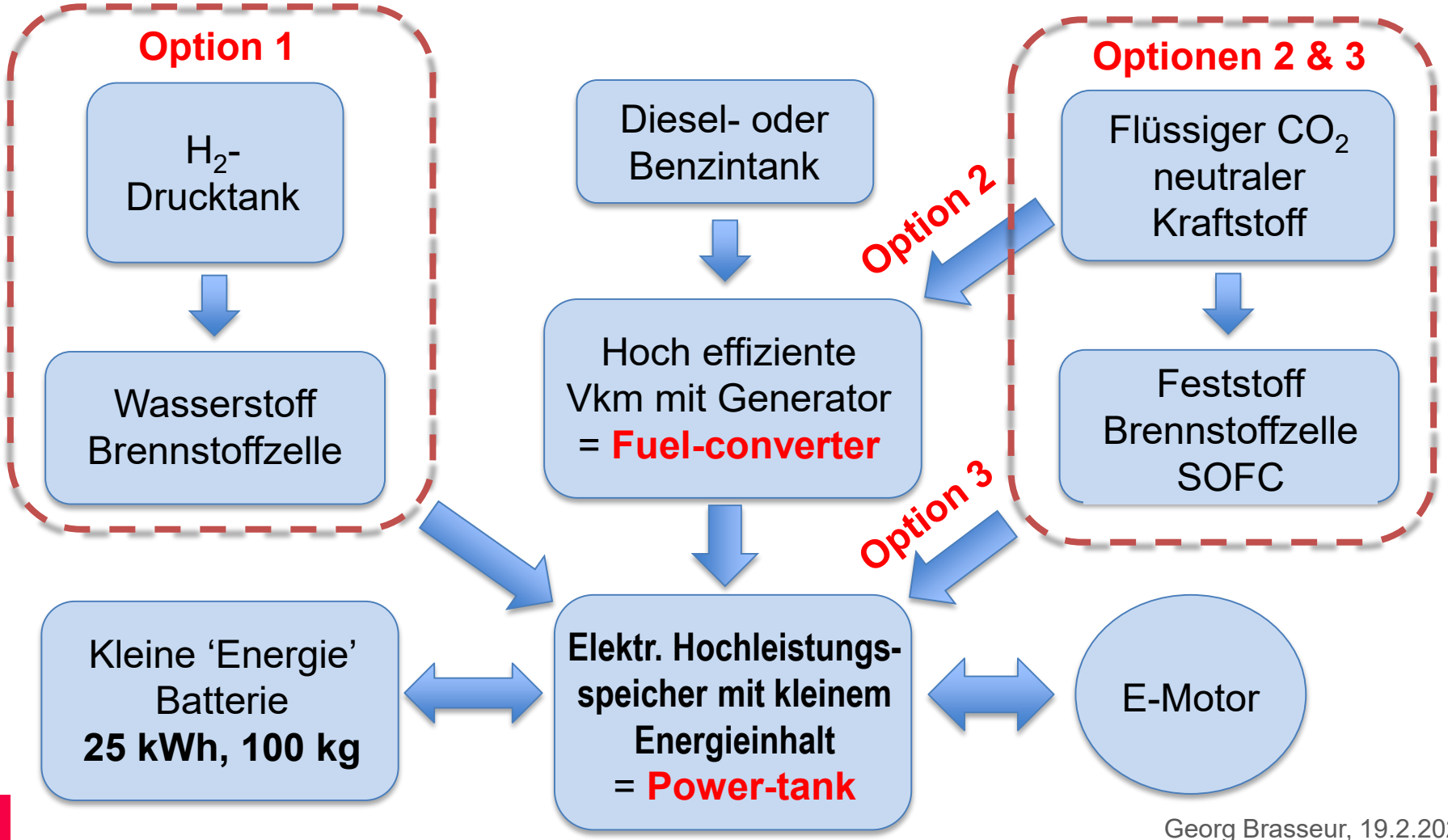
[4] Basshuysen, R. und Schäfer F., HRSG., *Handbuch Verbrennungsmotor,* Springer Vieweg, 2015, S. 22.

[5] Springer Professional, Pkw-Antriebe im Überblick - Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft: https://www.springerprofessional ...

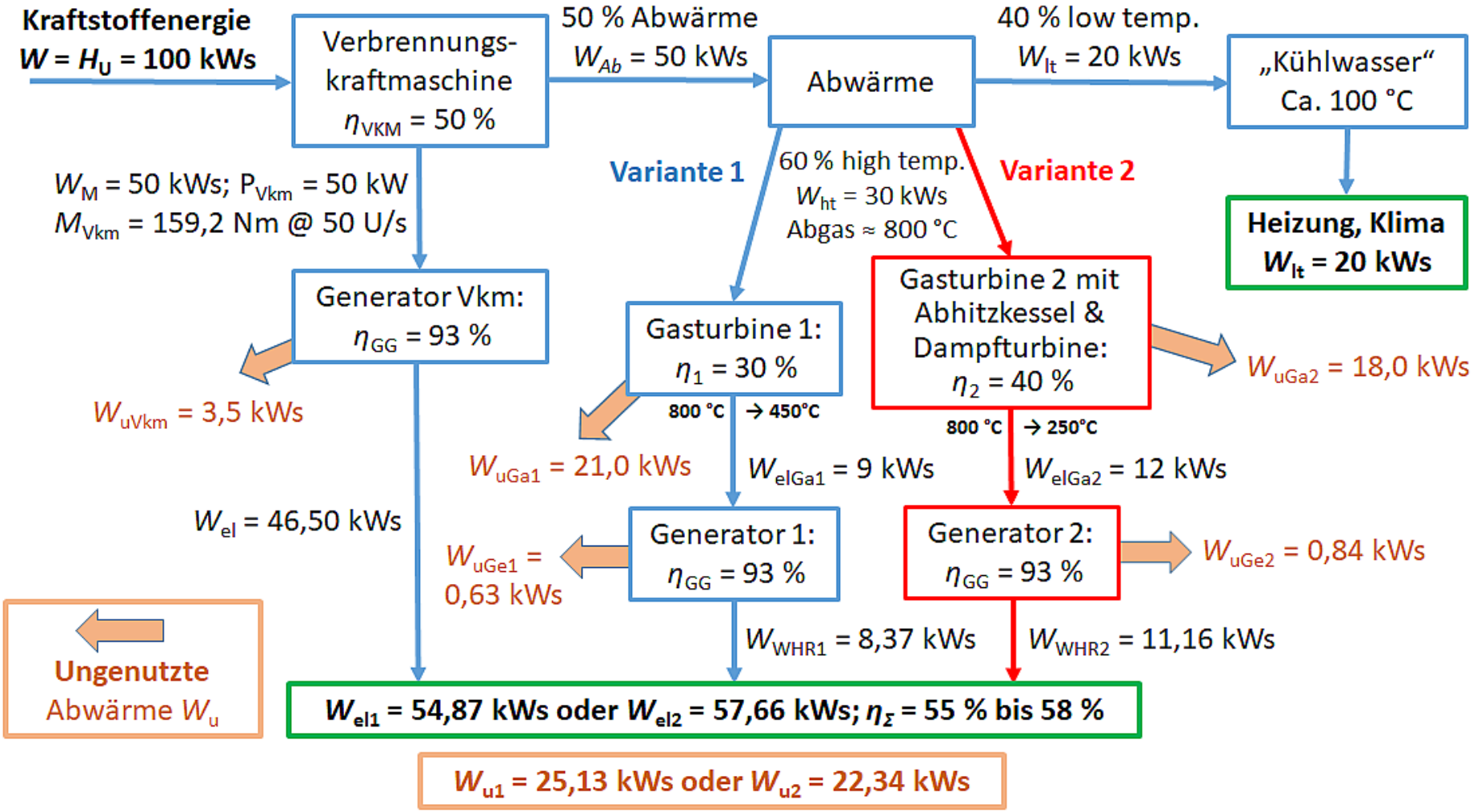
[6] http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis_Energie/Basis_Energie_Nr_17/BasisEnergie_17_internetx.pdf; 10.1.2018

# b) Signifikante Kraftstoff- und $CO_2$-Reduktion durch neues Hybridkonzept

Zusammenwirken des **Fuel-Converters** mit zwei elektrischen Speichern für die Antriebsenergie



# b) **Fuel-Converter:** Hochwirkungsgrad Vkm (Punktmotor: fixe Last und Drehzahl) mit Abgasenergierückgewinnung zur Stromerzeugung:



# b) Power-Tank: elektrischer Hochleistungs-Energiespeicher

## Ausführungsbeispiele

$P_{max}$ = 80 kW → $C$ = 20 (3 Min. Entladen) → 4 kWh (davon 3 kWh genutzt).

Kilometerbezogene Lebensdauer: 300.000 km, 10.000 Ladezyklen @ 75 % DOD.

**Ausführungsbeispiel 1 mit Batterien:**

Nur **Lithium-Titan-Oxyd** Zellen (LTO) sind zZt. Für Dauerlade- oder -entladeraten von **20 C** spezifiziert: z.B. Toshiba SCiB 10Ah (2,4 V, 10 Ah, 24 Wh, **47 Wh/kg**)

**167 Zellen** à 24 Wh = 4 kWh, 85 kg Zellmasse, ca. **100 kg Packmasse, 1 kW/kg**

Bei $P_{max}$ = **80 kW** = 400 V · 200 A (= 20 C) => **5 kW Verlustleistung**; η = 93,7 %

ABER: 20.000 Zyklen sind nur bei 5 C garantiert => „Verschleißteil“?

**Ausführungsbeispiel 2 mit Schwungradspeicher:**

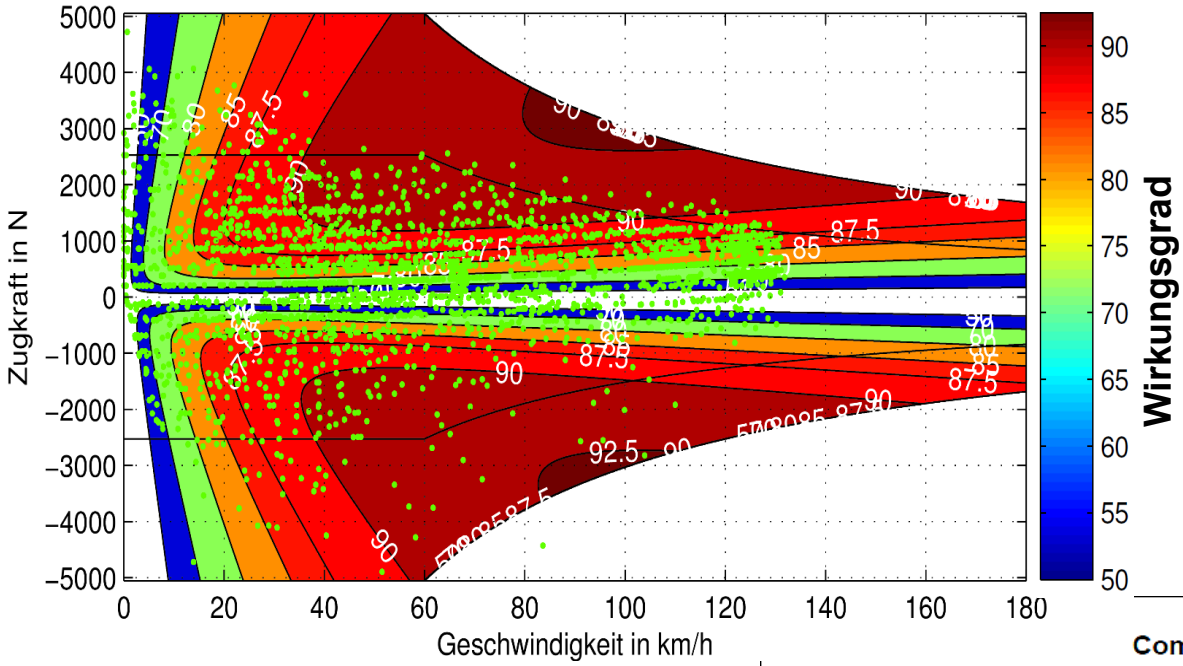
Best case zZt. **20 Wh/kg**, **2 kWh/kg = 100 C** (Ragone Diagr.) => **100 kg Masse**

ABER: „nur“ 2 kWh Energieinhalt, sonst zu schwer, $P$ = 200 kW >> $P_{max}$ = 80 kW

=> Fuel-Converter muss doppelt so oft laden.

**Fördergelder notwendig, um optimale Lösungen zu finden: 2 bis 4 kWh, 20 bis 40 C, kostengünstig, klein, zuverlässig, wenig Kühlungsbedarf**

# b) Elektrischer Antriebsstrang im Artemis Fahrzyklus



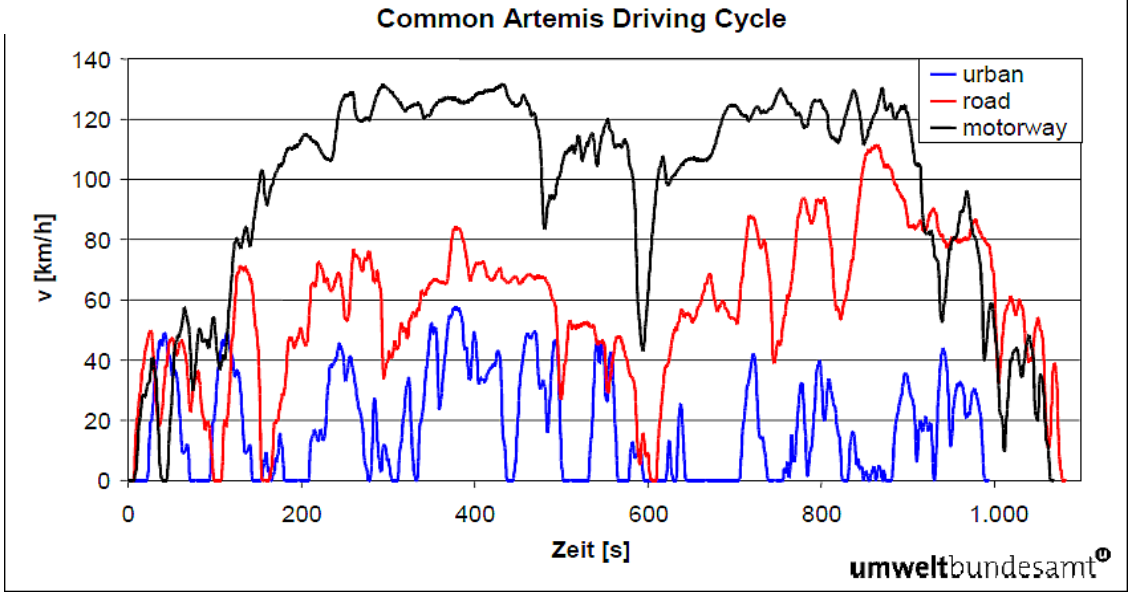

**Wirkungsgradkennfeld** des elektrischen Antriebs: Umrichter + Elektromotor + Ankopplung zu den Antriebsrädern im **Artemis Zyklus**.

***η* typisch 80 bis 90 %**

**Schwarze Linie**: Bereich der Nennleistung (40 kW)

Kennfeld ist auf zweifache Überlast (80 kW) begrenzt

**Wirkungsgrade:** 50; 70; 80; 85; 87,5; 90 und 92,5 %



# b) *Kraftstoffverbrauch* und $CO_2$ Emissionen im Artemis Zyklus

- konventionelles Fahrzeug mit Vkm (Renault Megane),
- Hybridfahrzeug mit 80 kW Power-Tank & 35 kW Fuel-Converter ($\eta_\Sigma$= 54,87%)
- reines BEV mit 400 kg Mehrgewicht

Verbrauch

g $CO_2$-eq

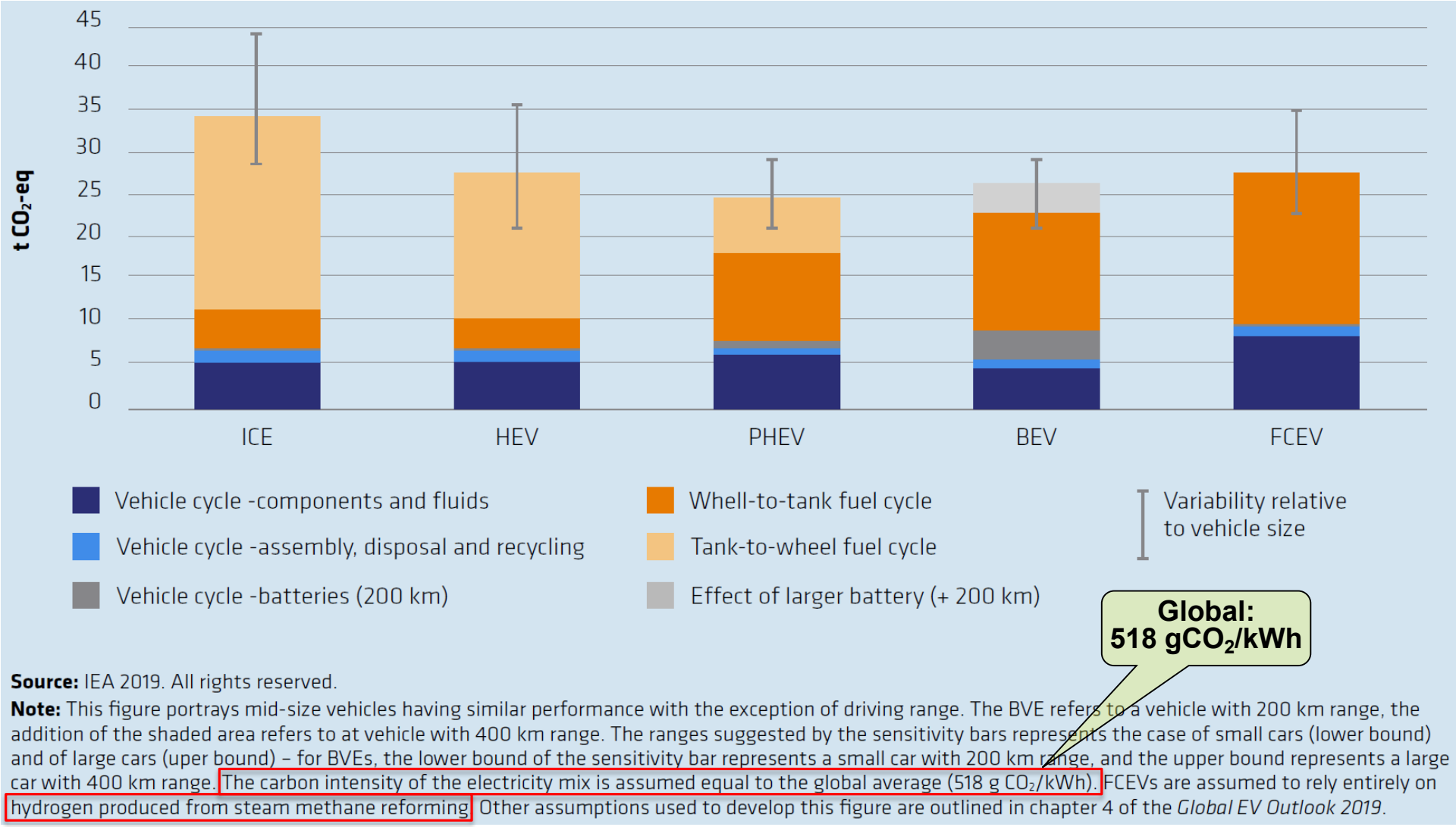
Global: 518 g$CO_2$/kWh

Not life cycle assessment

| Fahrzeug type | Elektrohybrid (1.500 kg) mit Power-Tank & Fuel-Converter oder BEV (1.900 kg) | | | | | | | | Referenzfahrzeug konventionell | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Elektrische Energie & resultierende $CO_2$ Emission bei Nachladen mit Fuel-Converter oder BEV mit Netzstrom aus verschiedenen Quellen nachladen *) | | | | | | | | | |
| | **Energie-bedarf** **) | 2018: A-Strom-Mix | 2016: D-Strom-Mix | EU-Strom-Mix 2015 | Erdgas Methan | Stein-kohle | Braun-kohle | **Fuel-Converter** mit Diesel ***) | | Renault Megane mit Diesel ***) | |
| Artemis Cycle | kWh pro 100 km | g $CO_2$-eq pro km | g $CO_2$-eq pro km | g $CO_2$-eq pro km | g $CO_2$-eq pro km | g $CO_2$-eq pro km | g $CO_2$-eq pro km | l pro 100 km | g $CO_2$-eq pro km | l pro 100 km | g $CO_2$-eq pro km |
| Urban mit 2 kW | 22,1 (**23,6**) | 70 | 145 | 110 | 123 | 263 | 314 | 4,12 | **124** | 7,413 | 220 |
| Urban | 10,8 (**12,3**) | 37 | 71 | 57 | 64 | 137 | 163 | 2,01 | **60** | | |
| Road mit 2 kW | 16,9 (**18,4**) | 55 | 111 | 86 | 96 | 205 | 245 | 3,15 | **95** | 4,327 | 128 |
| Road | 13,4 (**14,9**) | 44 | 88 | 70 | 78 | 166 | 198 | 2,5 | **75** | | |
| Motorway + 2 kW | 22,4 (**23,8**) | 71 | 147 | 111 | 124 | 265 | 316 | 4,17 | **125** | 5,516 | 164 |
| Motorway | 20,3 (**21,7**) | 64 | 134 | 101 | 113 | 242 | 288 | 3,78 | **114** | | |

*) Spezifische äquivalente $CO_2$ Emissionen in g $CO_2$-eq/kWh vermehrt um die Verluste vom Generator zum Haushalt (13,95 % [40]) und um Verluste im Ladegerät (5 %, bei Schnellladung signifikant schlechter) → xx $CO_2$-eq/kWh des Kraftwerks * 1,1395 * 1,05 = xx g $CO_2$-eq/kWh * **1.1965**

# b) Vergleichende Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen eines typischen Mittelklasse-Pkw nach Antriebsstrang, 2018




**Source:** IEA 2019. All rights reserved.

**Note:** This figure portrays mid-size vehicles having similar performance with the exception of driving range. The BVE refers to a vehicle with 200 km range, the addition of the shaded area refers to at vehicle with 400 km range. The ranges suggested by the sensitivity bars represents the case of small cars (lower bound) and of large cars (uper bound) – for BVEs, the lower bound of the sensitivity bar represents a small car with 200 km range, and the upper bound represents a large car with 400 km range. The carbon intensity of the electricity mix is assumed equal to the global average (518 g $CO_2$/kWh). FCEVs are assumed to rely entirely on hydrogen produced from steam methane reforming. Other assumptions used to develop this figure are outlined in chapter 4 of the *Global EV Outlook 2019*.

SDSN and FEEM, *2019 Roadmap to 2050: A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century*, Sep.2019. https://roadmap2050.report/static/files/roadmap-to-2050.pdf, access 27.11.2019.

# c) Wasserstoff & elektrische Energie als Antriebsenergie in Deutschland bis 2030 [1]

**Benzin/Diesel:** Sind seit gut 100 Jahren weltweit bei Produktion, Verteilung und Tankstellen eingeführt und erprobt → **Option:** synthetische flüssige Kraftstoffe aus $CO_2$ & „grünem“ $H_2$ aus Wind- und Solarstrom (**schlechter Wirkungsgrad → hohe Investitionen**).

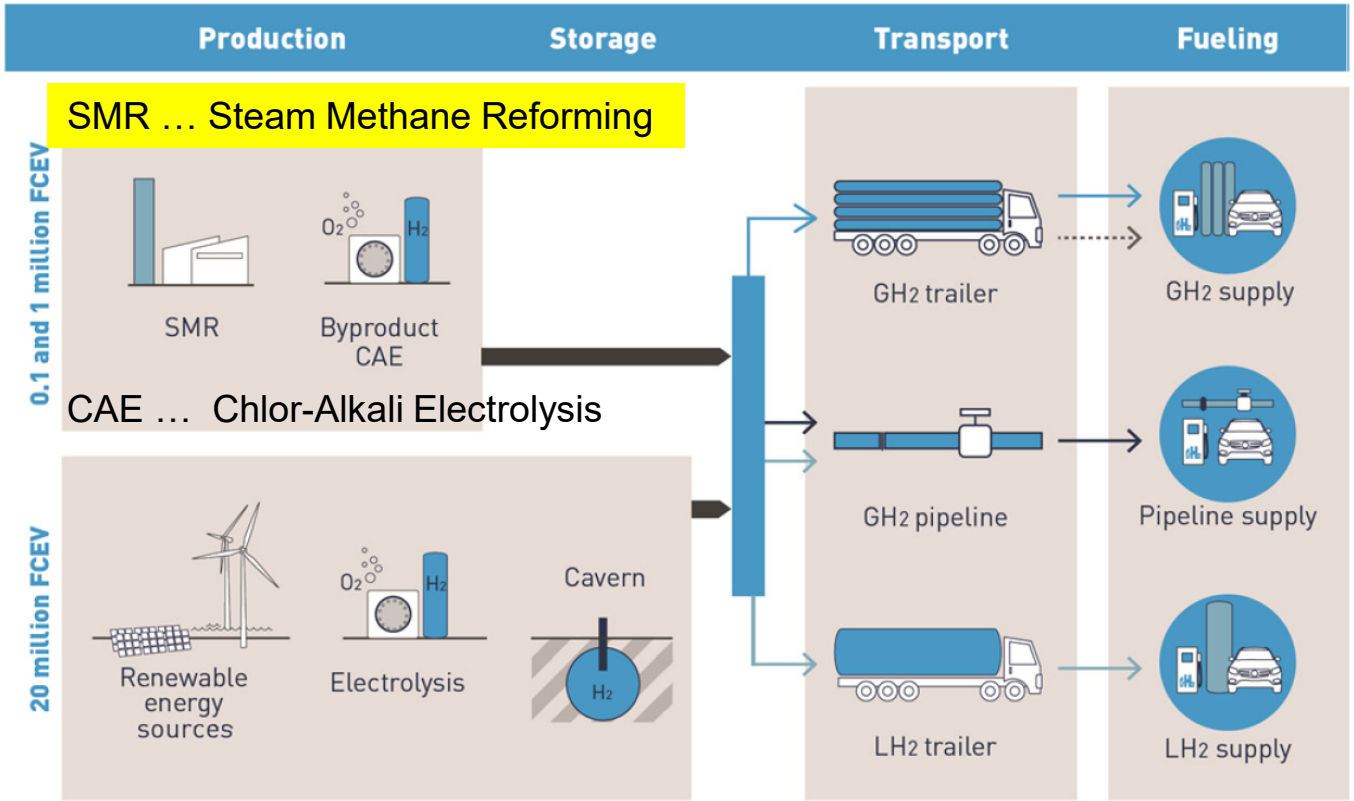
Studie des Forschungszentrums Jülich 2018 [1]

Wasserstoffgewinnung

Speicherung

Transport und

Betankung




[1] Martin Robinius et.al., „Comparative Analysis of Infrastructures, Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles”, Jülich Forschungszentrum, Inst. of Electrochemical Process Engineering IEK-3, Volume 408, 2018 & EnInnov Tagung, Graz, 14.-16.2.2018

# c) Wasserstoff & elektrische Energie als Antriebsenergie in Deutschland bis 2030 [1]

**Wasserstoff & e-Mobilität:**

Infrastruktur-design und kumulatives Investitions-volumen **bis 2030** [1]

| | Ramp up | Mass market | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0.1 million | 3 million | 10 million | 20 million |
| cable length | | 1,800 km | 28,000 km | 183,000 km |
| transformer | | 6,100 | 55,000 | 187,000 |
| slow chargers | 100,000 @ 3.7 kW | 2.8 million | 6.5 million | 11 million @ 22 kW |
| fast chargers | 6,000 @ 150 kW | 81,000 | 175,000 | 245,000 @ 350 kW |
| storage capacity | | 2 TWh | 5 TWh | 10 TWh |
| electrolysis | | 3 GW | 10 GW | 19 GW |
| truck trailer | 42 | 730 | 1,500 | 3,000 |
| pipeline | | 12,000 km | 12,000 km | 12,000 km |
| fueling | 400 | 1,500 | 3,800 | 7,000 |

| Kumulatives Investitionsvolumen bis 2030 [€ Mrd.] | | Renewable electricity generation scenario | 374 |
|---|---|---|---|
| Hydrogen fuelling infrastructure | 40 | Electric grid enhancement plan 2030 | 34 |
| Electric charging infrastructure | 51 | Federal transport infrastructure plan 2030 | 265 |

[1] Martin Robinius et.al., „Comparative Analysis of Infrastructures, Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles", Jülich Forschungszentrum, Inst. of Electrochemical Process Engineering IEK-3, Volume 408, 2018 & EnInnov Tagung, Graz, 14.-16.2.2018

# Take Home Messages 1

- Fossile Brennstoffe sind nach wie vor **DIE** dominante Energiequelle **weltweit**. Diese Tatsache wird sich nur langsam (vielleicht zu langsam?) ändern.
- Die $CO_2$-Reduktion ist ein **globales** Thema, kein lokales. Wo die Bevölkerung wächst und wohlhabend wird, wachsen die $CO_2$-Emissionen.
- Die armen, wachsenden Nationen bestimmen die Erreichung der Paris-Ziele und nicht die reichen und technologisch führenden Länder (Ausnahme China).
- Es ist die Pflicht der technologisch führenden Länder, global einsetzbare $CO_2$-Reduktionstechnologien unter Berücksichtigung der lokalen Infrastruktur zu entwickeln und anzubieten.
- Der Schlüssel für eine **sofort wirksame** globale $CO_2$-Reduktionsstrategie ist **Energieeinsparung**: **ohne Einbußen mit weniger Primärenergie auskommen**.
- Fast alle derzeit diskutierten Wege für eine signifikante $CO_2$-Reduktion erfordern Strom aus $CO_2$-neutralen Quellen: Geothermie, Wind, Photovoltaik & **sichere Kernenergie**. Auf **globaler** Ebene wird es Jahrzehnte dauern, bis $CO_2$-freier Strom Realität wird.

# Take Home Messages 2

- Der Verbrauch des IKT-Bereichs explodiert **weltweit** und funktioniert nur mit Strom. Das ist schlecht für die Elektromobilität, aber der Verkehr hat auch andere Optionen.
- Wasserstoff ist vielleicht **DIE** Mobilitätslösung der Zukunft: Aber derzeit ist kein grüner Strom für die $H_2$-Produktion verfügbar. Steamreforming schadet der Umwelt. Hohe Investitionen und Zeit sind für eine **globale** grüne $H_2$-Zukunft erforderlich.
- In den kommenden Jahrzehnten ist für den Verkehrssektor der **einzige global realistische Weg** um $CO_2$ zu reduzieren, **Energie zu sparen**, also **Vkm** nur in einem Punkt bei optimalem Wirkungsgrad als **Fuel-converter** zu betreiben.
- Man könnte das vorgestellte Hybridkonzept mit einem **Fuel-converter** und **Power-tank** schnell im globalen Markt einführen. Es basiert auf bewährten Technologien und ist **weltweit nutzbar**. Arme, aber wachsende Nationen können ohne Investitionen die bestehende Versorgung mit flüssigen Kraftstoffen weiterhin verwenden.

Die **weltweite Umsetzung** des vorgeschlagenen **Hybridkonzepts** ist eine **Chance für Europa**, durch **Vkm** zum **Marktführer** in der **Elektromobilität** zu werden. Die **Lösung fungiert als Brücke**, bis **Ökostrom** und damit auch **synthetische Kraftstoffe** weltweit in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Mein Dank richtet sich an die Mitarbeiter der Gruppe "Elektrische Energiespeicher" an meinem Institut an der Technischen Universität Graz, insbesondere an

**Dr. Bernhard Schweighofer**

für seine Unterstützung bei den Simulationen.

# Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit

# und

# freue mich auf Ihre Fragen!