

$$\omega = \frac{v}{r} (1 + s_B) = \frac{v}{r} s^*$$



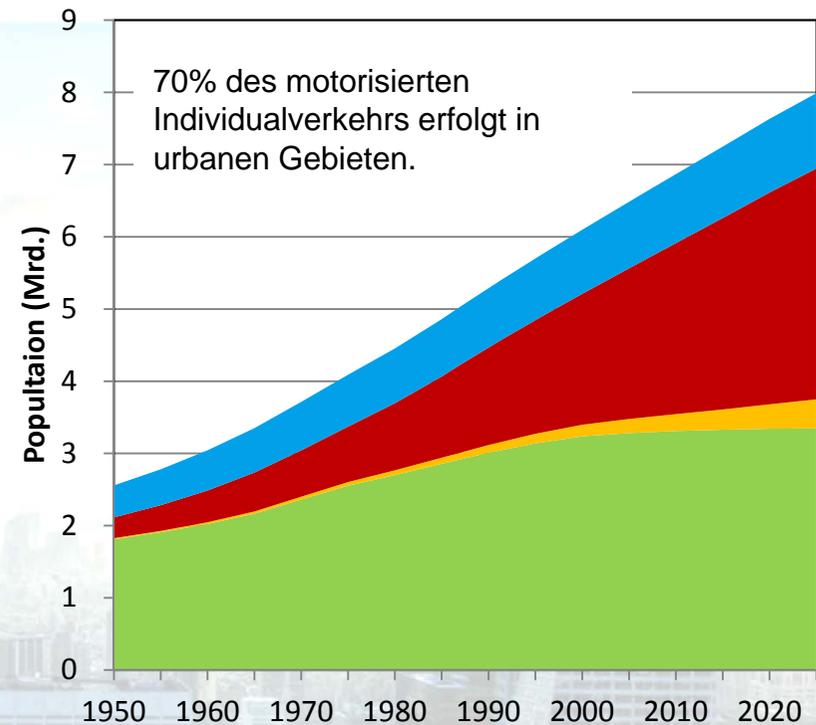
# Roadmap Elektromobilität: was wir aus Life-Cycle Betrachtungen und Nutzerverhalten lernen können

E-Motion-Days, Innsbruck 20. - 21. Okt. 2016

# Einleitung



## Entwicklung der Weltbevölkerung



- population in congested areas, more developed regions (bio.)
- population in congested areas, less developed regions (bio.)
- population in congested areas, least developed regions (bio.)
- population rural (bio.)

Quellen: Brinkhoff, UNDESA, EU Transport in Figures, [www.verbraucherfuersklima.de](http://www.verbraucherfuersklima.de)

## Vereinbarung zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Flottenverbrauch EU



- Durchschnittl. CO<sub>2</sub>- Flotten Emissionen: **2012 ca. 160 Gramm pro km**
- Flottenemissionen Neufahrzeuge: **2015: 130 g/km.**
- Weitere Reduktion: **2020: 95 g/km.**
- Bei Verletzung dieser Grenzwerte: **Strafzahlungen** durch OEM.
- <http://www.acea.be>

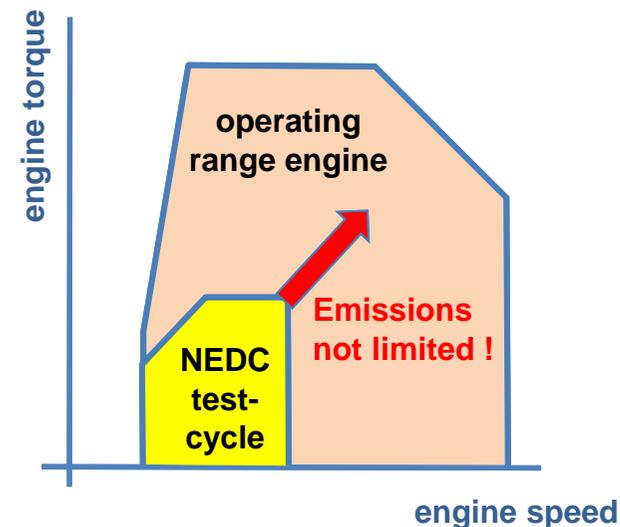
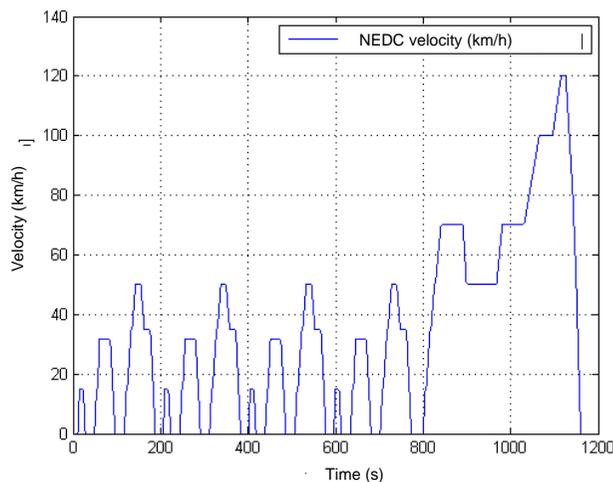
=>>>> Das bedeutet **eine Reduktion von ca. 40% in 8 Jahren**

**Wie kann das funktionieren?**

## Vereinbarung zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Flottenverbrauch EU



- Die **Emissionsgrenzwerte basieren auf standardisierten Testzyklen:** für CO<sub>2</sub> Flottenemissionen gilt NEDC bis 2020.

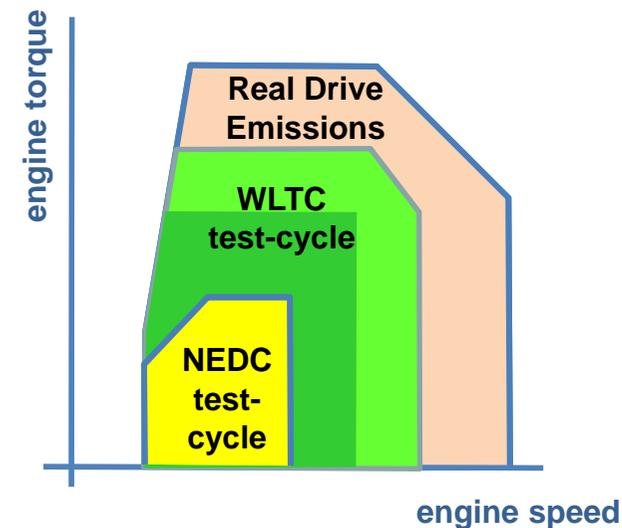
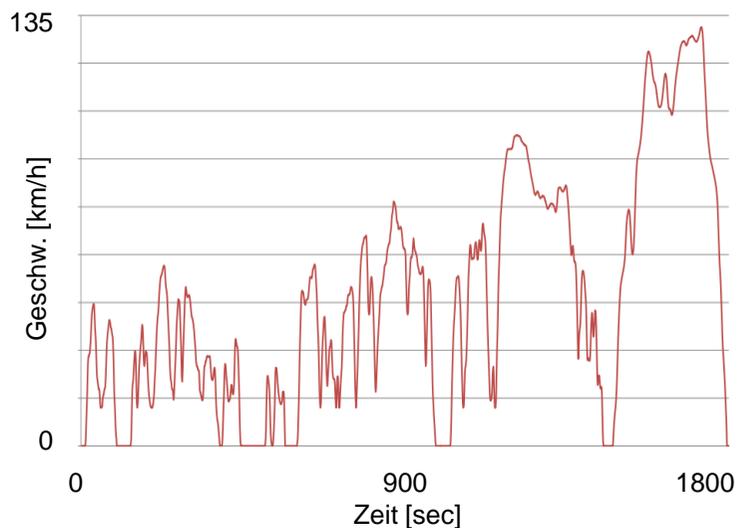


- Elektrifizierung und Hybridisierung:** nur CO<sub>2</sub> aus Fahrzeug-Abgas wird berücksichtigt.

## Vereinbarung zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Flottenverbrauch EU



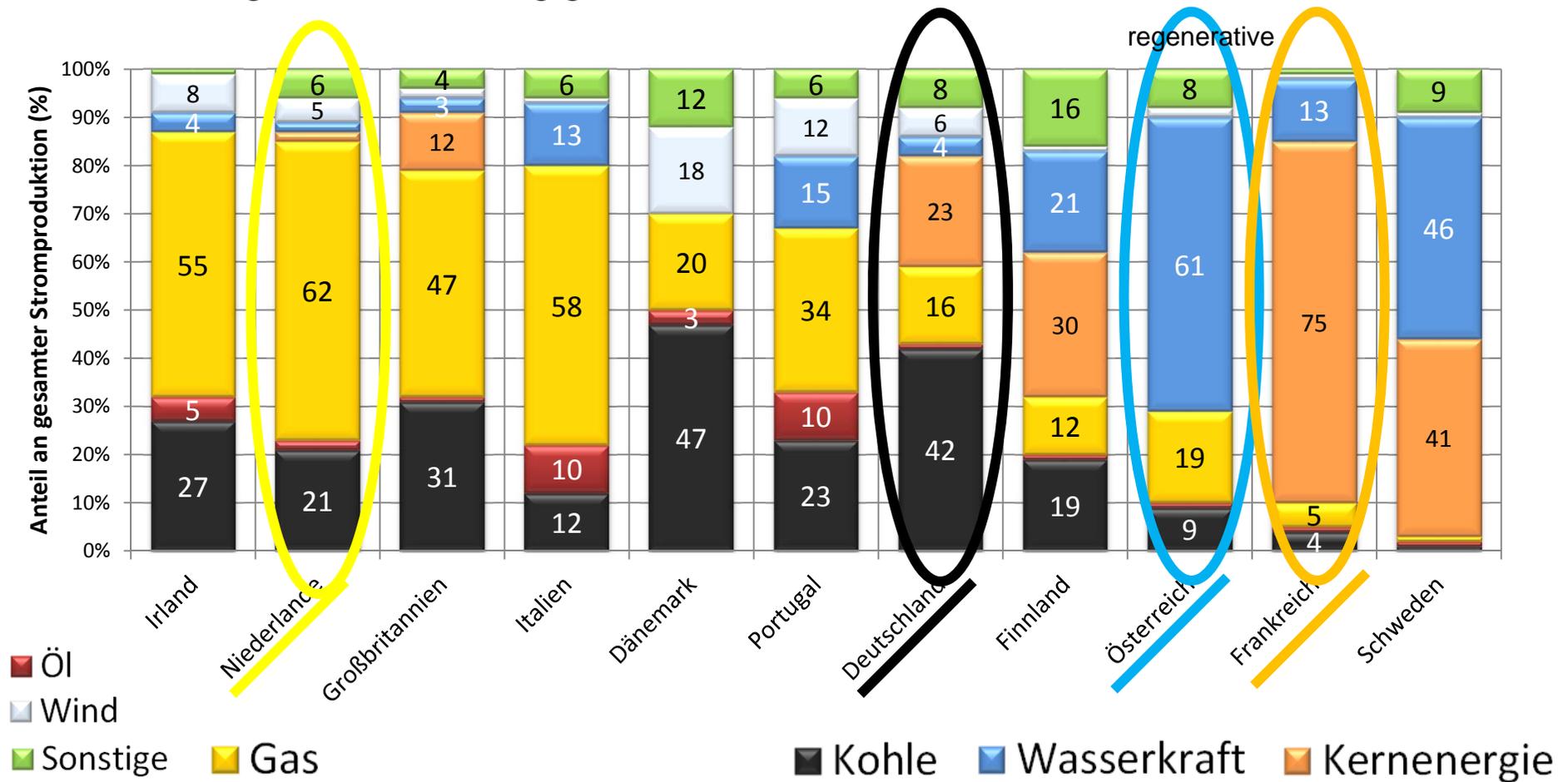
- Deutliche Verschärfung für **Schadstoffe** (NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>) ab **2016/17: WLTC-Zyklus und Real Drive Emissions**



- Geplant ab 2020: WLTC auch für CO<sub>2</sub>, bei gleichbleibendem Grenzwert 95 g/km. Verschärfung für Realemissionen.
- Weiterhin: Emissionen **“Tank to Wheel “**(Fahrzeugabgas)

# Anteil der elektrischen Energieerzeugung in EUROPA

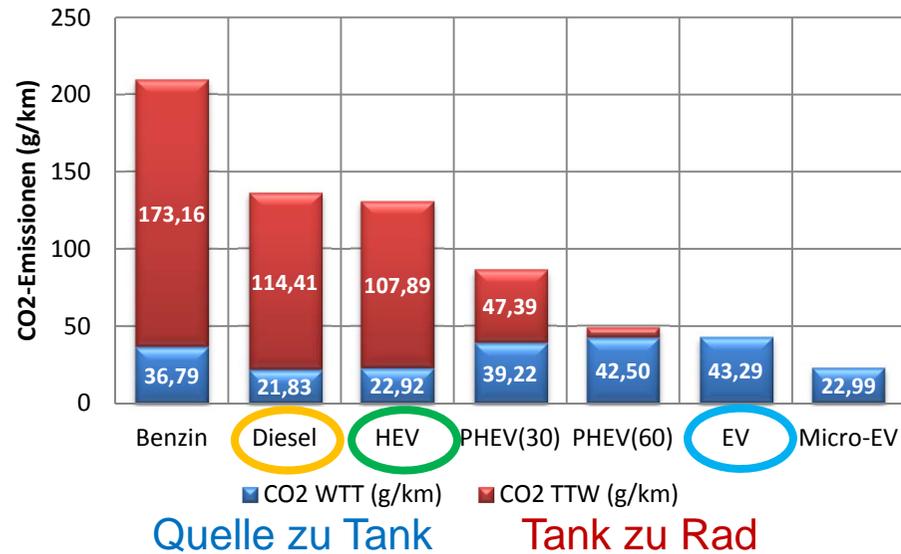
Die Erzeugung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Ressourcen ist die Basis für nachhaltige und unabhängige Mobilität.



# CO<sub>2</sub> Emissionen PKW

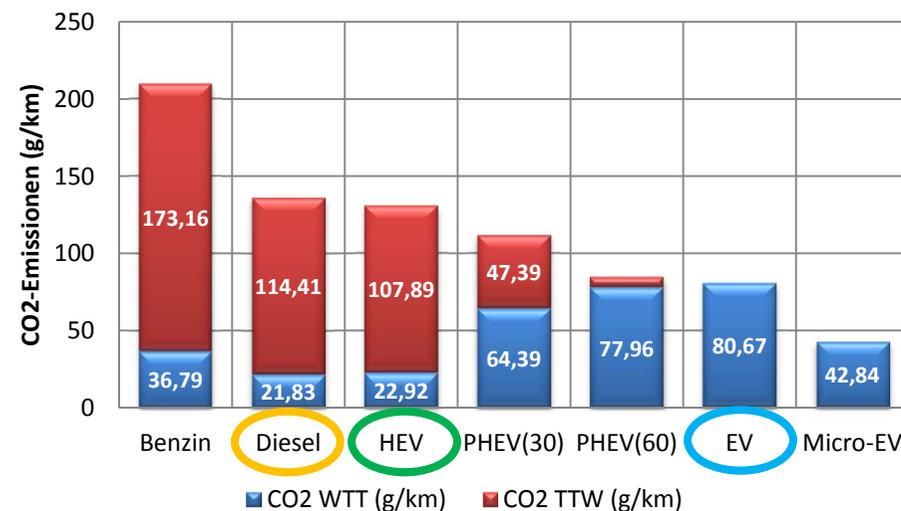
Für Fahrmuster „Kurzstrecke“ (hauptsächlich im Stadtverkehr), d.h. man könnte alles elektrisch fahren

## Energiemix Österreich

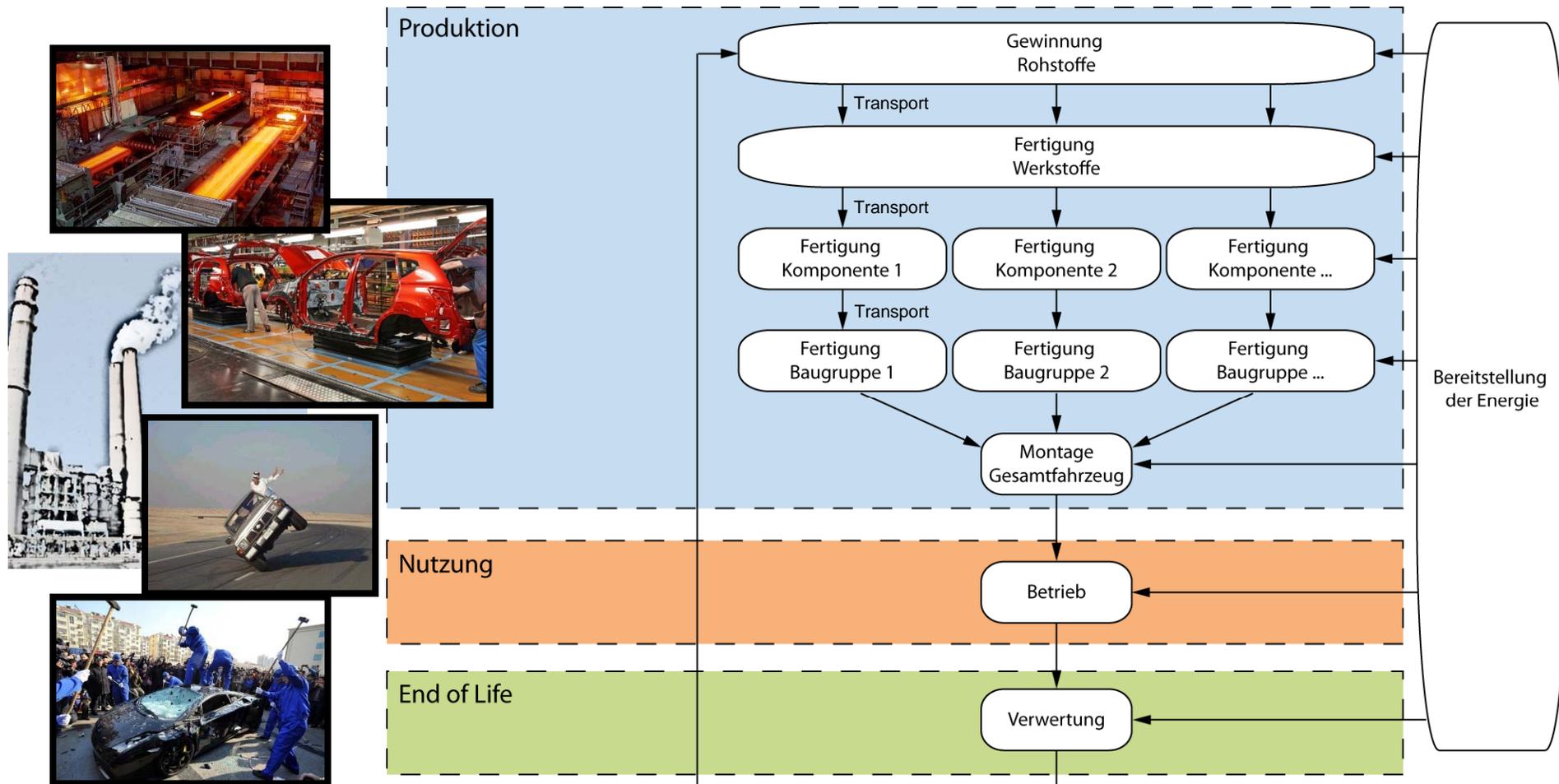


- Diesel** Diesel-PKW
- HEV** Vollhybrid
- PHEV (30) Plug In-Hybrid (el. Reichweite 30 km)
- PHEV (60) Plug In-Hybrid 60 (el. Reichweite 60 km)
- EV** E-Fahrzeug, 4-Sitzer
- Micro-EV Elektrofahrzeug, 1-er

## Energiemix EU

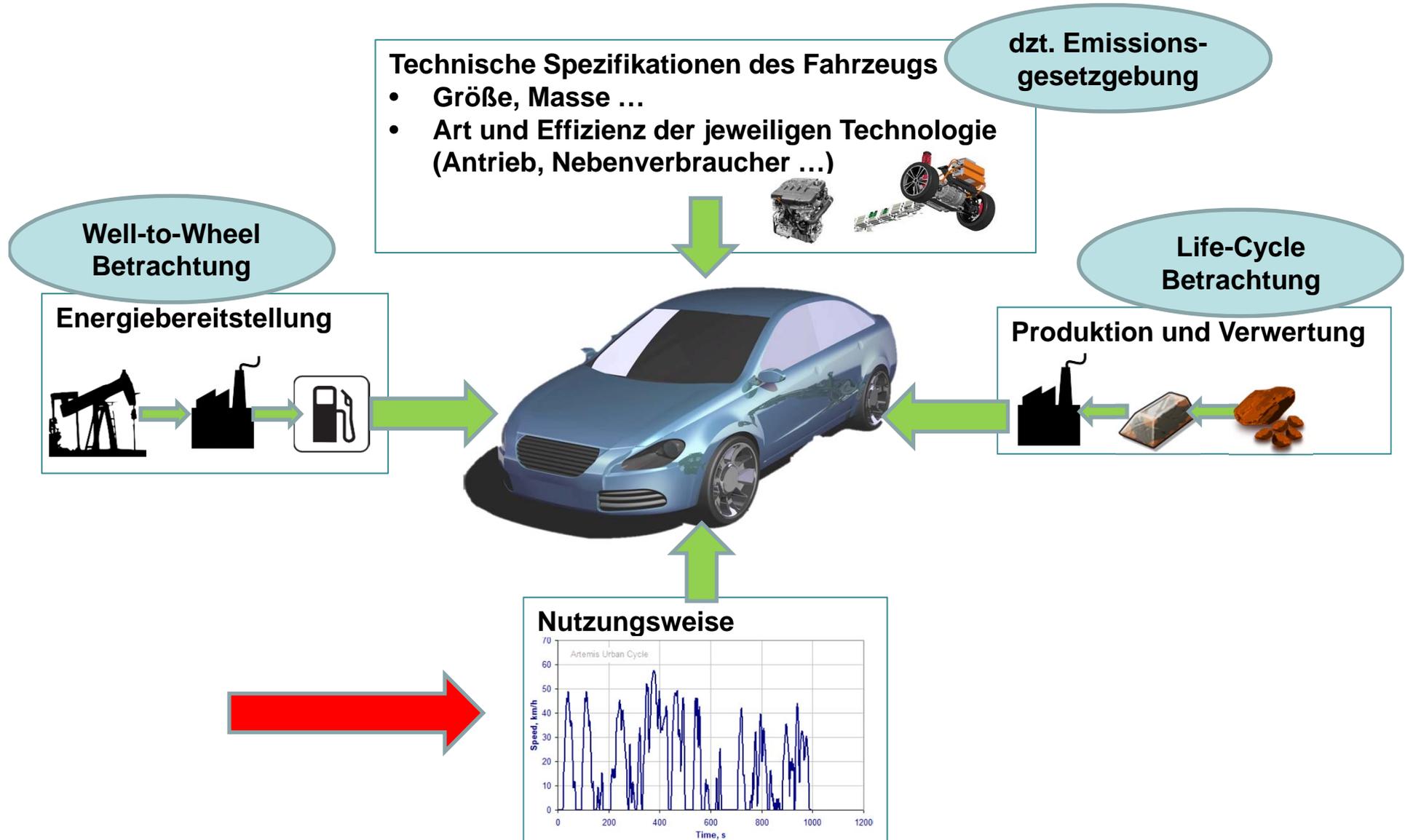


# LCA - Life Cycle Assessment



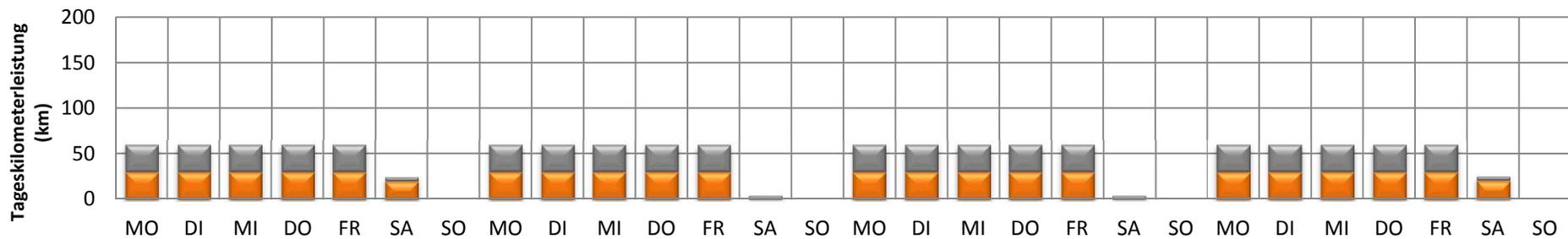
Bildquellen: [www.bearing-news.com](http://www.bearing-news.com), [www.carmagazine.co.uk](http://www.carmagazine.co.uk), <http://www.bbc.co.uk/news/world-12759961>, [www.airliners.net](http://www.airliners.net)

# Reale Emissionen von Mobilität werden auf 4 Ebenen verursacht

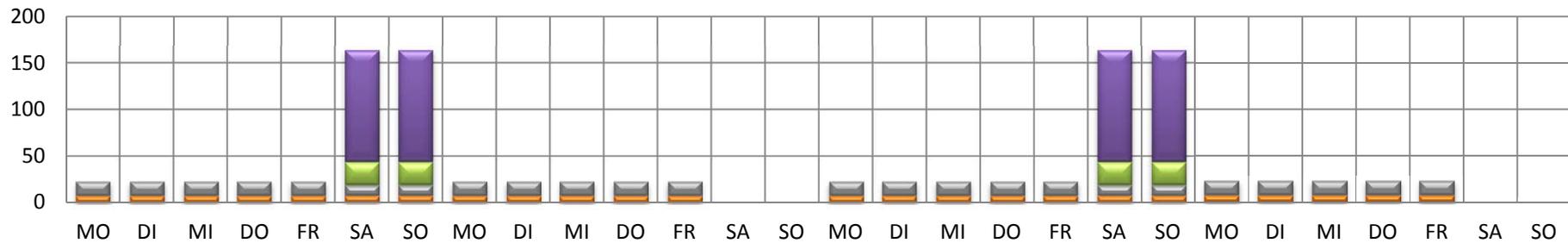


# Eine weitere wichtige Dimension: Einfluss der Nutzungsweise

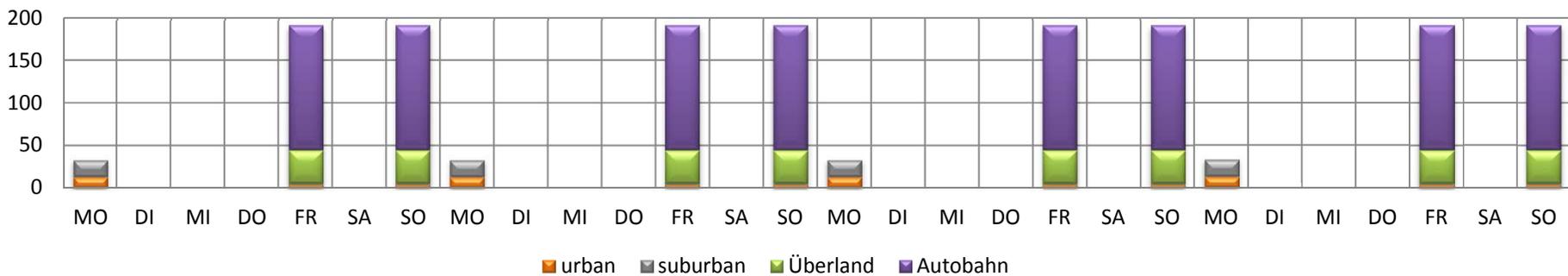
**Täglicher Stadtverkehr**



**Stadtverkehr mit Wochenendausflügen (50% Landstraßen und Autobahn)**

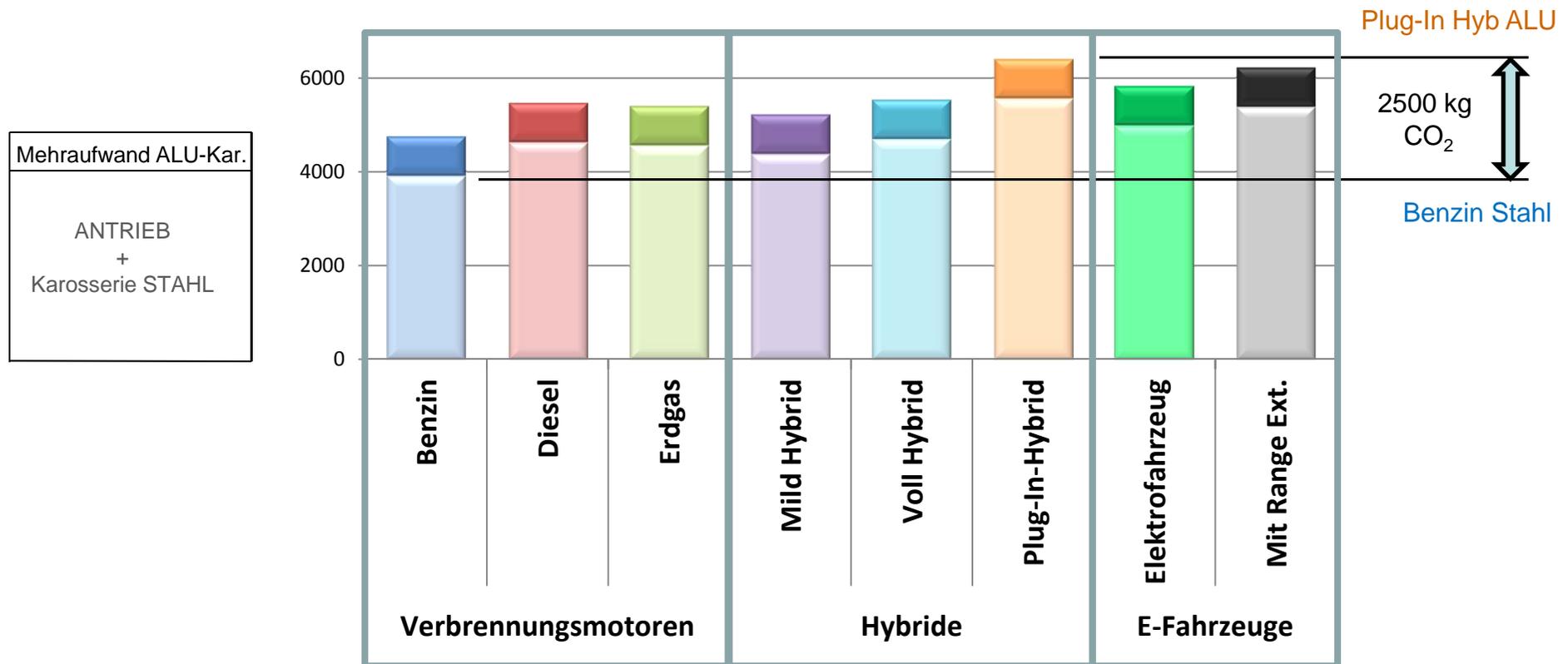


**WochenpendlerIn/ LangstreckenfahrerIn (95% Landstraßen und Autobahn)**



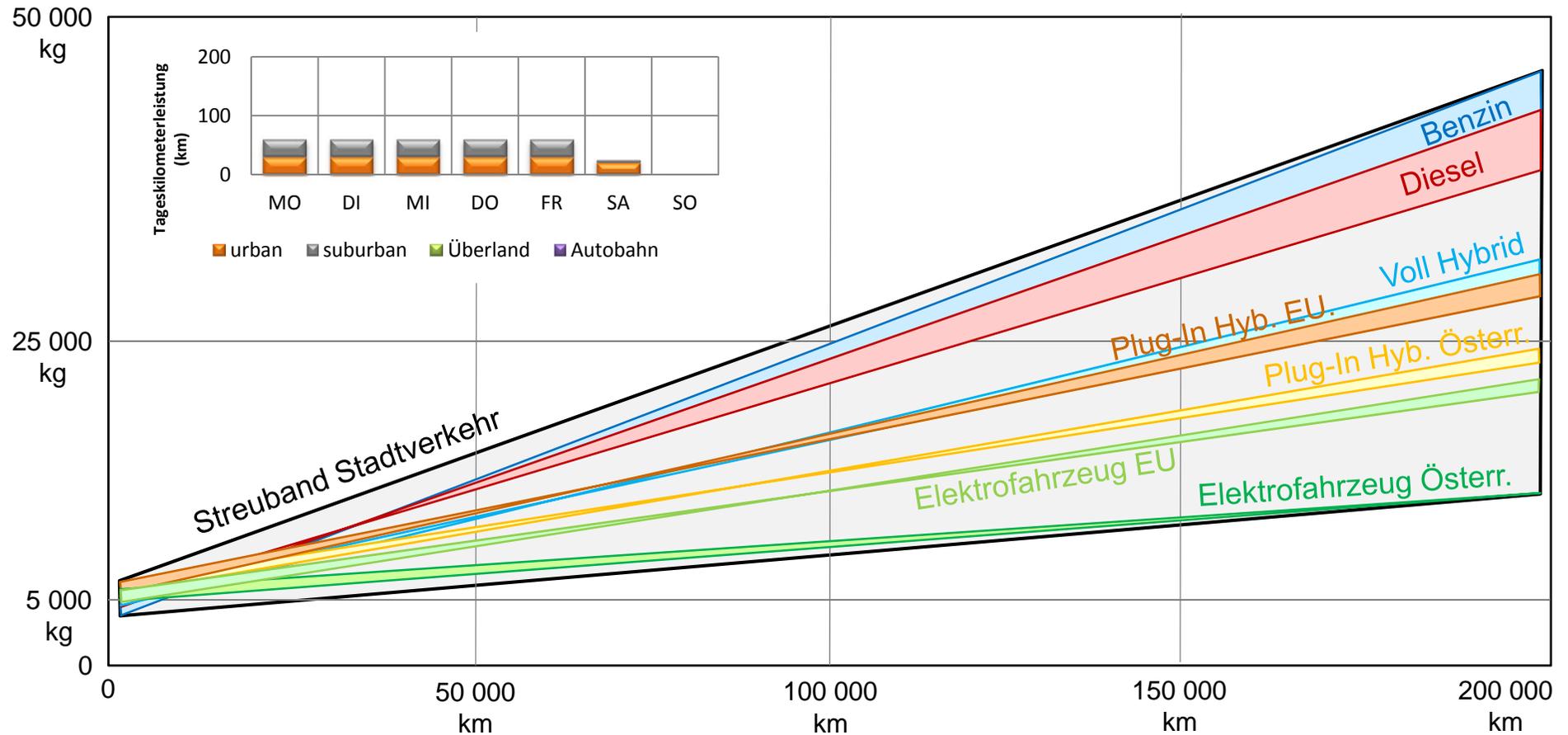
urban suburban Überland Autobahn

# Startwert CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg): Produktion Antrieb + Karosserie



\*) durchschnittliches österr. Fahrzeug: C-Segment („Golf-Klasse“), E-Fahrzeug 140 km Reichweite, Plug-In Hybrid 30 km elektrische Reichweite, Hybride auf Basis Benzin-Motor  
 \*\*) Stahlkarosserie 400 kg, Alukarosserie 240 kg, Strommix EU  
 \*\*\*) alle weiteren Produktionsprozesse: Parallelverschiebung der Balken

# CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg): Stadtverkehr



- \*) Erdgas etwa gleich wie Diesel: 24% Vorteil aus chem. Zusammensetzung kompensiert durch Otto-ähnliche Verbrennung und Kompression zur Speicherung
- \*\*\*) E-Fahrzeug mit Range Extender etwa gleich wie reines E-Fahrzeug: Range Extender kommt nicht zum Einsatz

# Handlungsempfehlung Österreich

Szenario europ. OEM 2025:

- ca. 10% BEV
- ca. 10% PHEV

2015 2020 2025 +

## Urbaner Verkehr:

Elektrifizierung „Zweitwagen“ & Verteilerverkehr, Ladepunkte in 220/380 V in allen Parkzonen – öffentl. & privat (Supermarkt, ...)

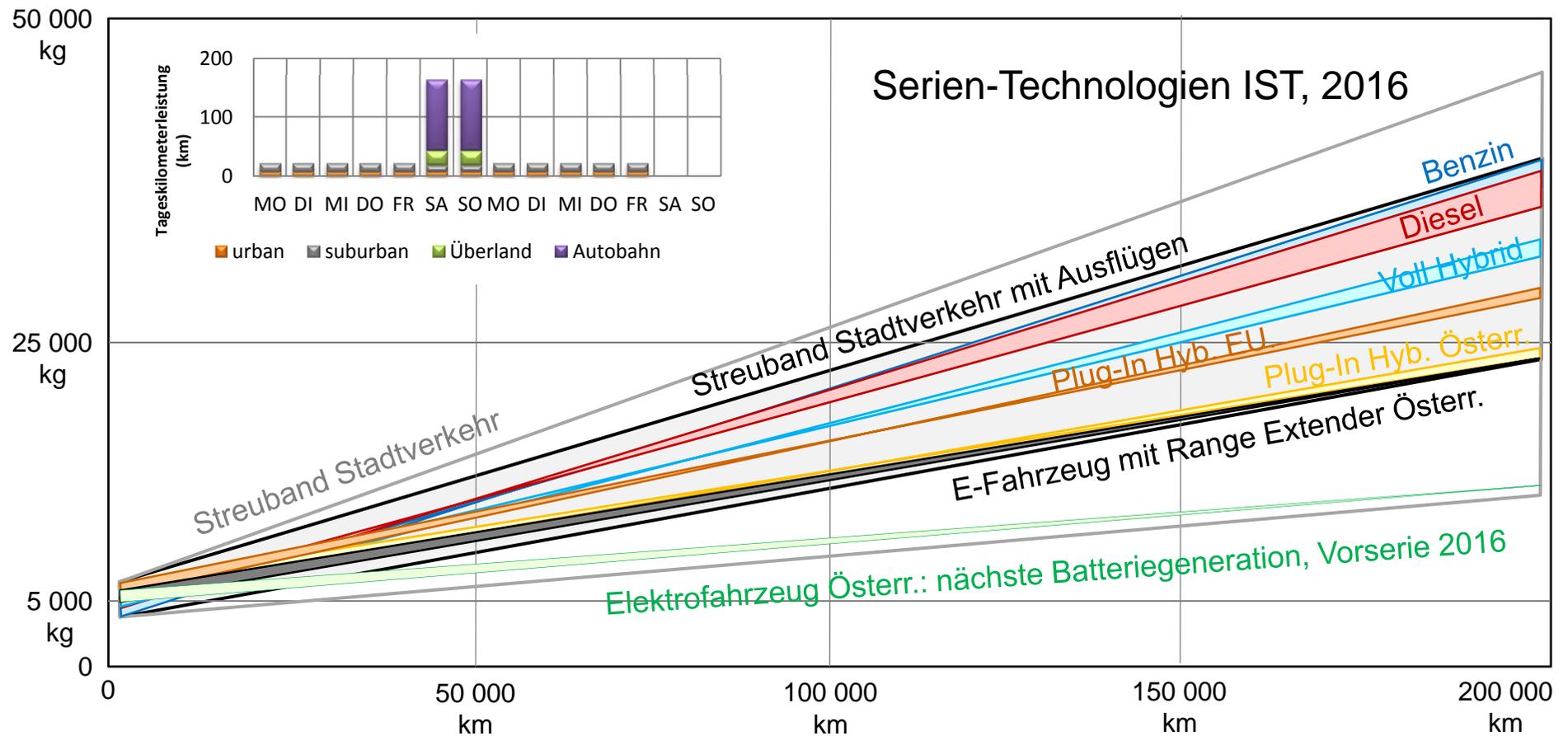
## Notiz:

- Umfrage USA: Bevölkerung will, wenn im öffentlichen Bereich geladen wird, hauptsächlich Schnellladen.
- 220 V wird im öffentlichen Raum kaum genutzt, wenn Schnellademöglichkeit vorhanden.
- 380 V bis 44 kW Ladeleistung Kompromiss aus Kosten Ladestation, Verfügbarkeit el. Anschlussleistung und Ladezeit => bei jedem „Supermarkt“ möglich.

**Voraussetzung: Ausbau regenerativer Energie, kompetitive BEV / PHEV**



# CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg): Stadtverkehr mit Ausflügen



\*) reines E-Fahrzeug IST-Technologie NICHT dargestellt: Reichweitenproblem, ausgenommen sehr teure Luxusfahrzeuge

\*\*\*) nächste Batteriegeneration, Vorserie 2016: ca. 50% mehr Reichweite als bisherige vergleichbare Fahrzeuge bei ca. gleichem Bauraum & gleiches Gewicht (Bsp. Herstellerangabe 300 km), verbessertes Laden 380V/11kW – Volladung in ca. 3 h.

# Handlungsempfehlung Österreich

Szenario europ. OEM 2025:

- ca. 10% BEV
- ca. 10% PHEV

2015      2020      2025 +

## Urbaner Verkehr:

Elektrifizierung „Zweitwagen“ & Verteilerverkehr, Ladepunkte in 220/380 V in allen Parkzonen – öffentl. & privat (Supermarkt, ...)

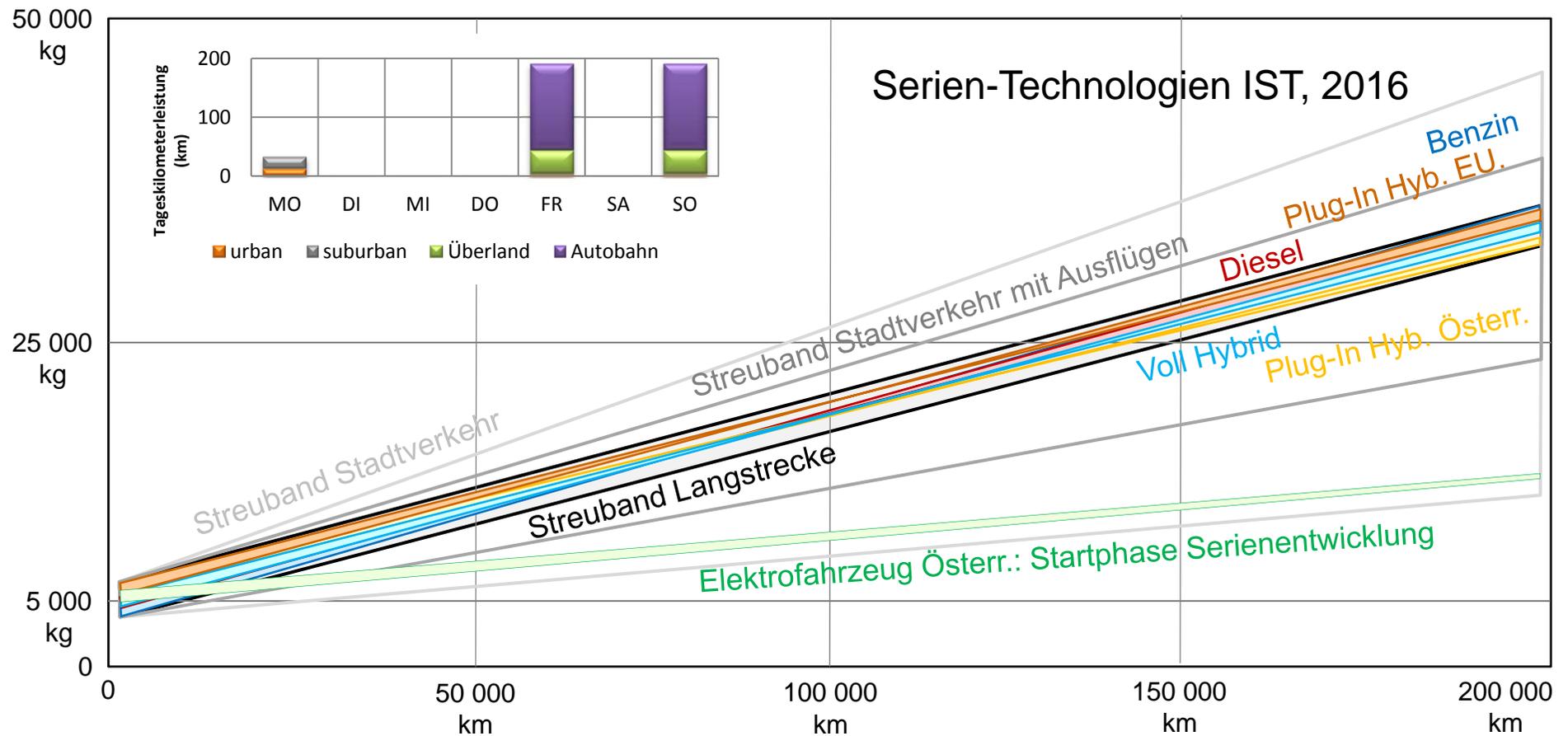
## Naherholungsgebiete, städtisches Umfeld (bis ca. 100km), Überland:

220/380 V Ladepunkte in typischen Erholungszonen, Skigebiete, Badeseen, Bergsteigerparkplätze, Ausflugs-gasthöfe, Ortszentren, ...

**Voraussetzung: Ausbau regenerativer Energie, kompetitive BEV / PHEV**



# CO<sub>2</sub>-Emissionen (kg): Langstrecke



\*) reines E-Fahrzeug IST-Technologie, NICHT dargestellt: Reichweitenproblem

\*\*\*) E-Fahrzeug mit Range Extender IST-Technologie NICHT dargestellt: technisch wenig sinnvoll

\*\*\*) E-Fahrzeuge in Startphase Serienentwicklung: 700-800V Systeme, etwa doppelte Reichweite als derzeitige vergleichbare Fahrzeuge + Elektrifizierung Prämiumsegment, Reichweiten Herstellerangaben erwartet bei 400 – 500(+) km

# Handlungsempfehlung Österreich

Szenario europ. OEM 2025:

- ca. 10% BEV
- ca. 10% PHEV

2015      2020      2025 +

## Urbaner Verkehr:

Elektrifizierung „Zweitwagen“ & Verteilerverkehr, Ladepunkte in 220/380 V in allen Parkzonen – öffentl. & privat (Supermarkt, ...)

## Naherholungsgebiete, städtisches Umfeld (bis ca. 100km), Überland:

220/380 V Ladepunkte in typischen Erholungszonen, Skigebiete, Badeseen, Bergsteigerparkplätze, Ausflugs-gasthöfe, Ortszentren, ...

## Langstrecke:

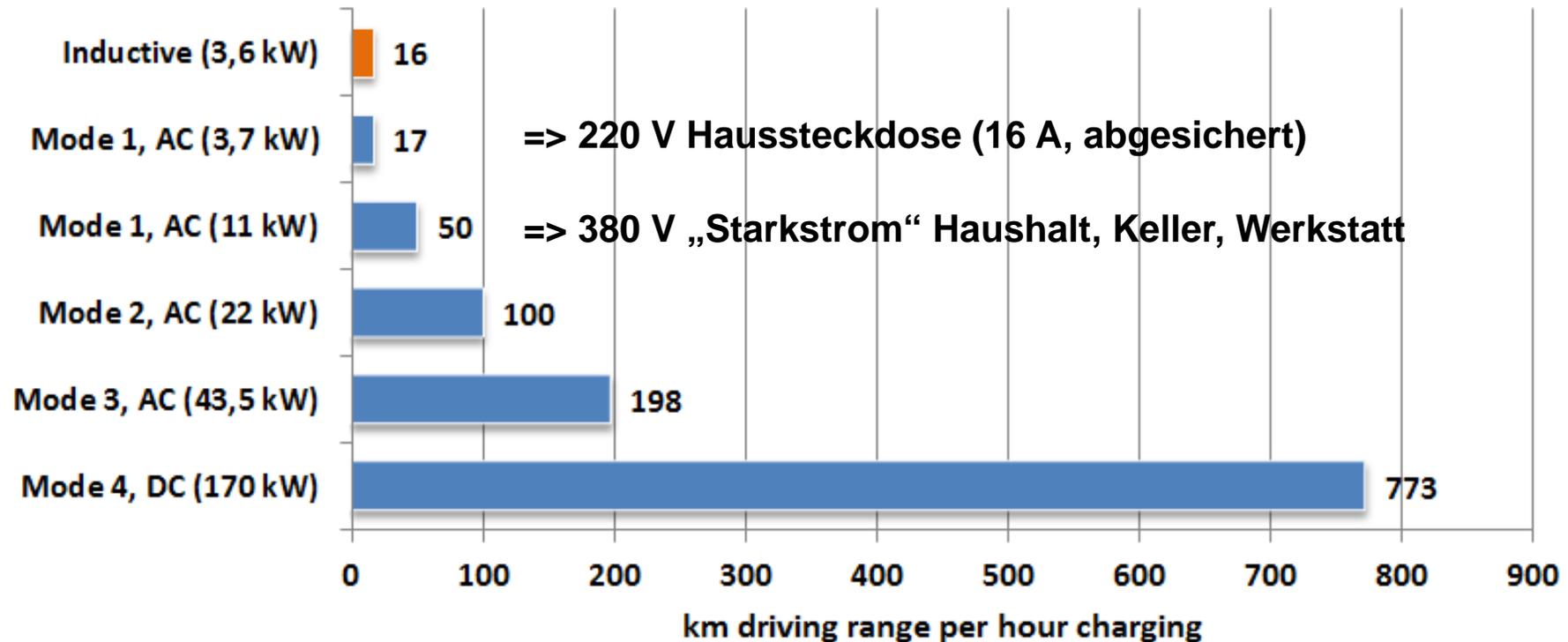
380 V in neuen privaten Garagen, 2-3 DC Schnelladestationen an allen Autobahntankstellen, DC-Schnellladezentren an Verkehrsknoten und in großen / mittleren Städten, ...

2015      2020      2025 +

**Voraussetzung: Ausbau regenerativer Energie, kompetitive BEV / PHEV**



## Problematik Laden



- Bsp.: 43 KW AC Schnellladen: 1 Std / 200 km
  - Bsp.: Tanken Diesel/Benzin: 5 min / 800 km (12 Fahrzeuge / Std)
- } 50-fache Anzahl an Ladestationen im Vgl. zu Zapfsäule
- Hochleistungs-Schnellladen erfordert schwere steife Kabel

\*) 2016, max. Schnellladung: „Tesla Model S“: kurzfristig bis 85 kW, dann Reduktion der Ladeleistung

# Problematik Wasserstoff

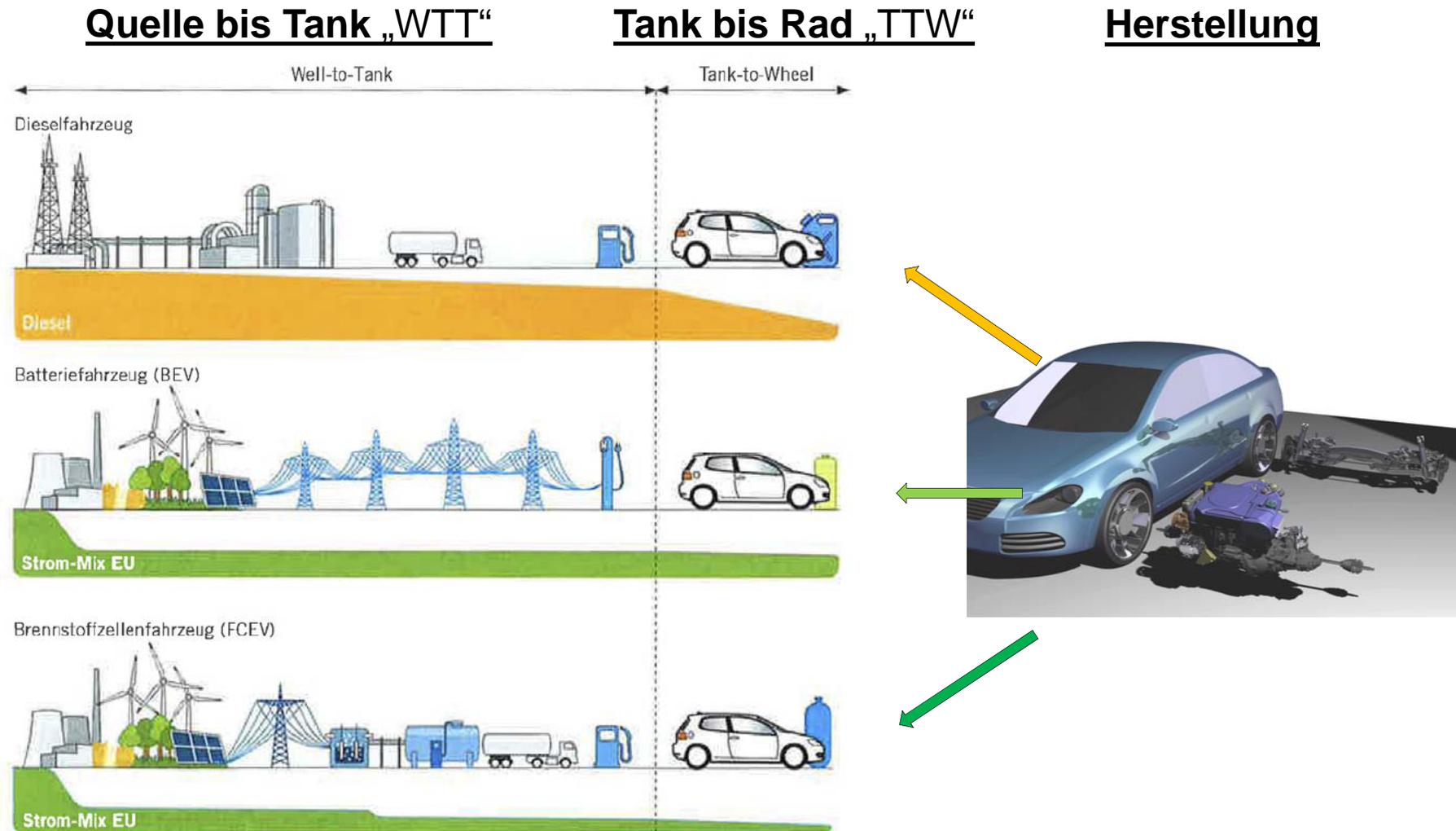
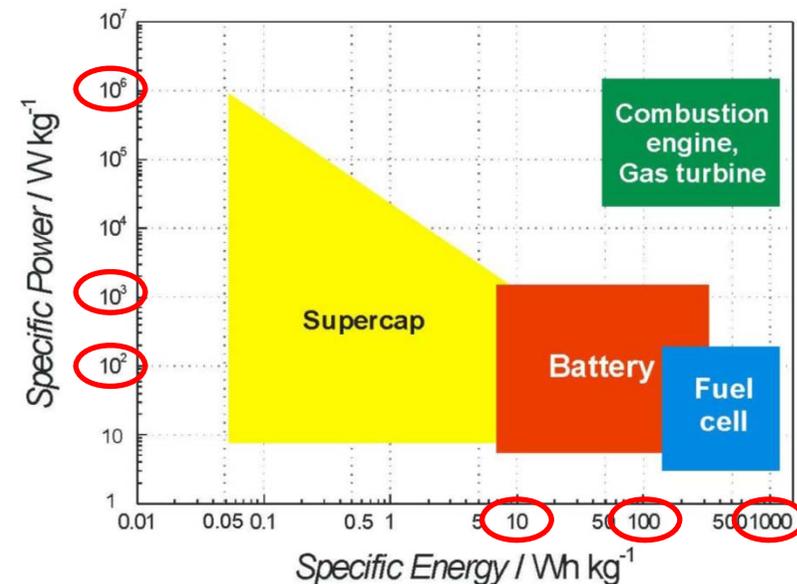


Bild 5: Wirkungsgradketten verschiedener Antriebe (exemplarisch) [MTZ 2/2012]

## Problematik Wasserstoff

- Brennstoffzellenfahrzeug = E-Fahrzeug. "FCEV"
- Problemstellen Brennstoffzelle
  - Startverhalten
  - hohe spez. Energiedichte, geringe spez. Leistung
  - teuer (Platin)
  - Batterie als Puffer f. Leistungsspitzen



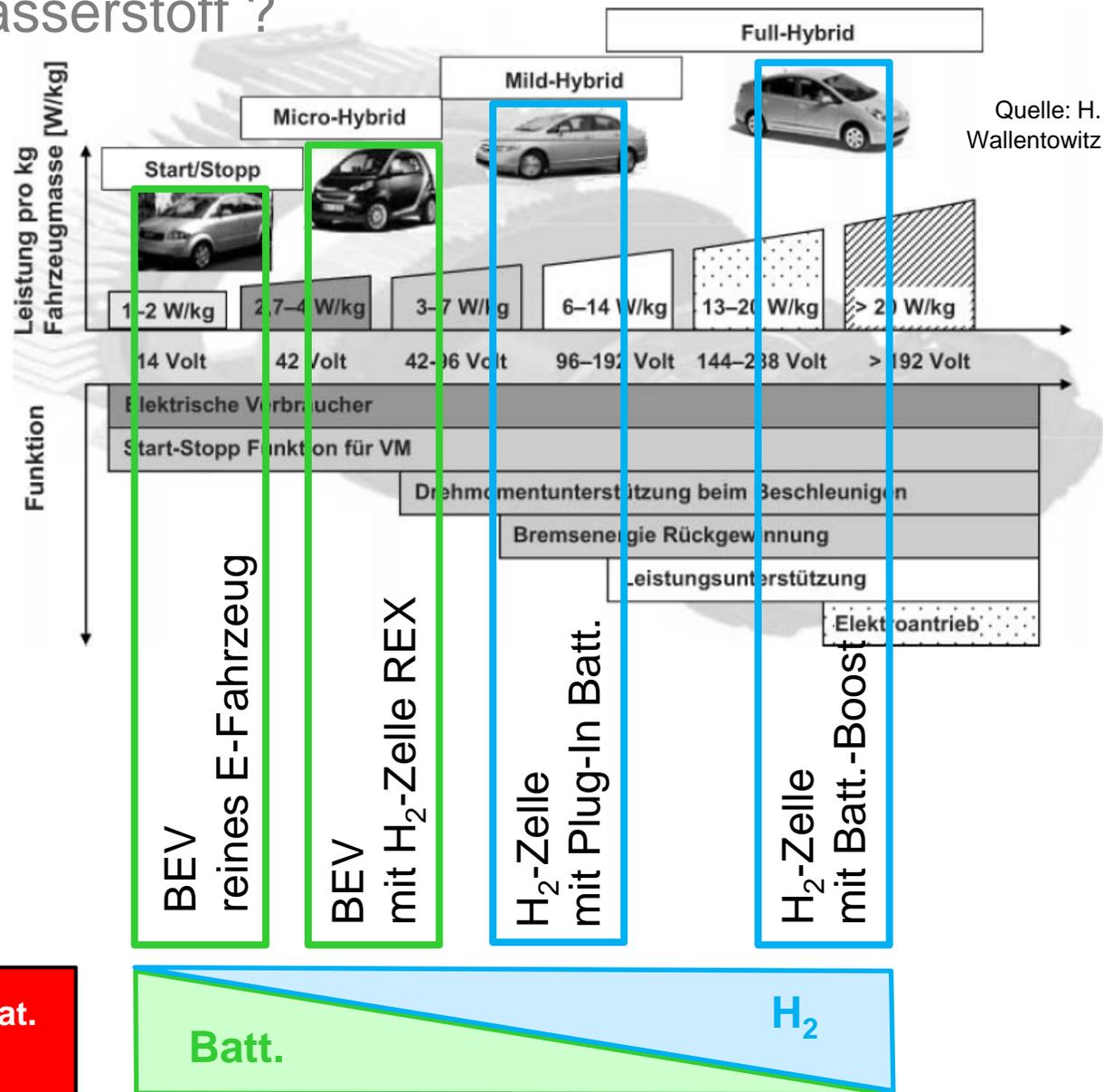
Quelle: M. Schmuck, VARTA

- Szenario:
  - Brennstoffzelle mittelfristig dann sinnvoll, wenn der politische Wille besteht, auch Langstrecke (Tank-to-Wheel) emissionsfrei zu fahren.
  - Wenn überschüssige regenerative elektrische Energie zur Verfügung steht (räumlich, zeitlich). Beispiel Windstrom in Norddeutschland.
  - Problem: Rentabilität: wie gut ist H<sub>2</sub>-Erzeugung auslastbar, wie hoch ist Preis dieser Energieform?

# Mögliches Szenario Wasserstoff ?

„Elektrifizierungs“-  
-grad VKM-Hybride

„Hydrogenisierungs“-  
-grad BEV-Hybride ?



Voraussetzung: Ausreichend regenerat. Energie, kompetitive H<sub>2</sub>-Zelle

## Conclusions

### ✚ **Real Emissionen** sind bestimmt durch 4 Ebenen:

- Technische Spezifikationen (Status Abgas- & CO<sub>2</sub> Gesetzgebung), Energieerzeugung, Life-Cycle und **NUTZUNGSWEISE**

### ✚ **Empfehlungen CO<sub>2</sub>-Reduktion Österreich:**

- Expliziter CO<sub>2</sub>-Gewinner urban: Batterieelektrische Fahrzeuge und Plug-In Hybride
- Je mehr Langstrecke: Batterie => VKM Hybridisierung
- Sehr langfristig ??: Batterie => H<sub>2</sub>-Zelle Hybridisierung

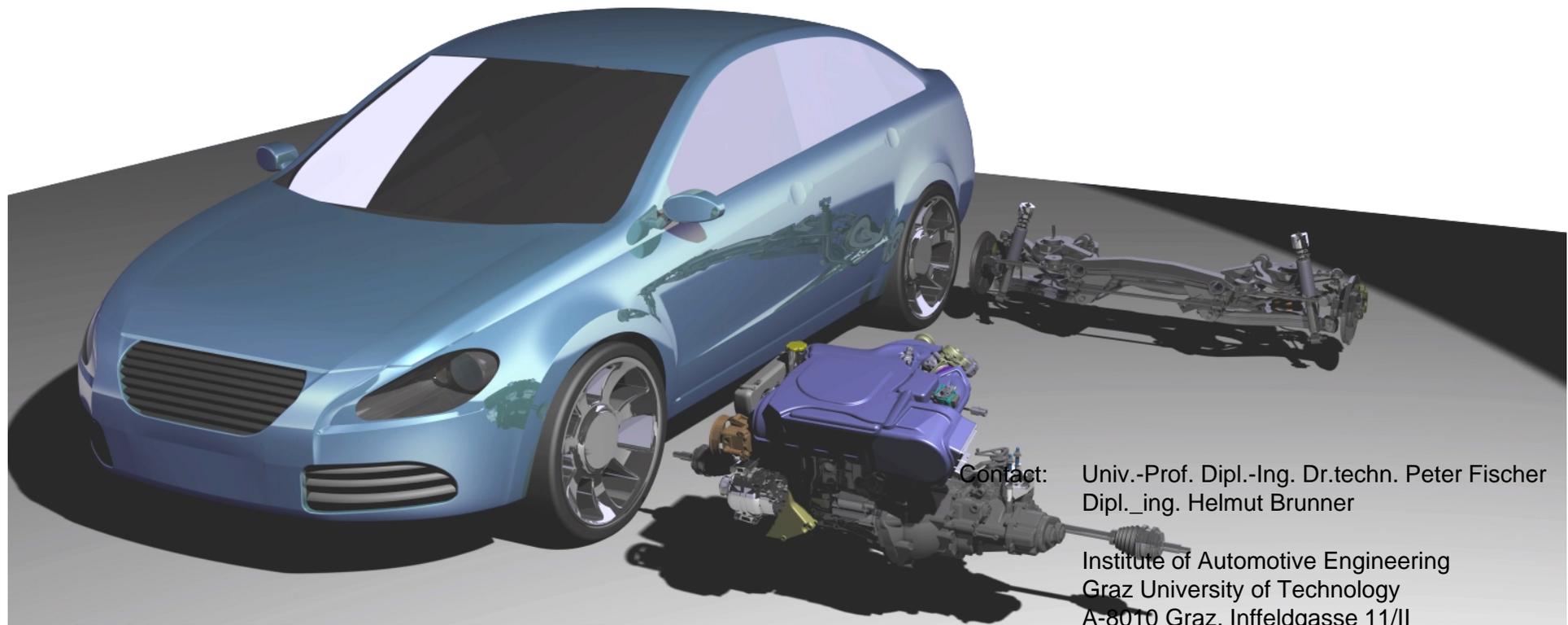
### ✚ Schlüssel-Technologie zur CO<sub>2</sub>-Reduktion: primär **VERSORGUNG** mit **ERNEUERBARER** Energie .

- Schrittweise mit Elektrifizierung dort beginnen, wo größter Benefit: urbaner Verkehr; Fahrzeuge die viel „Stehen“ und kurz fahren (Ladeproblematik, Ladeinfrastruktur, Kaltstartemissionen VKM)

### ✚ Leichtbauwerkstoffe sind aus CO<sub>2</sub>-Sicht primär für urbane Fahrzeuge und konventionelle Verbrennungskraftmotoren empfehlenswert (Benzin, Diesel).

- Leichtbau für E-Fahrzeuge hauptsächlich aus Gründen Reichweite & Fahrspaß.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



**Univ.-Prof. Dr. techn. Peter Fischer**  
**DI Helmut Brunner**

**TU Graz, Institut für Fahrzeugtechnik**

Contact: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Fischer  
Dipl. Ing. Helmut Brunner

Institute of Automotive Engineering  
Graz University of Technology  
A-8010 Graz, Inffeldgasse 11/II  
p. +43 (0) 316 873 35201  
f. +43 (0) 316 873 35202  
[peter.fischer@tugraz.at](mailto:peter.fischer@tugraz.at)  
[helmut.brunner@tugraz.at](mailto:helmut.brunner@tugraz.at)  
[www.ftg.tugraz.at](http://www.ftg.tugraz.at)