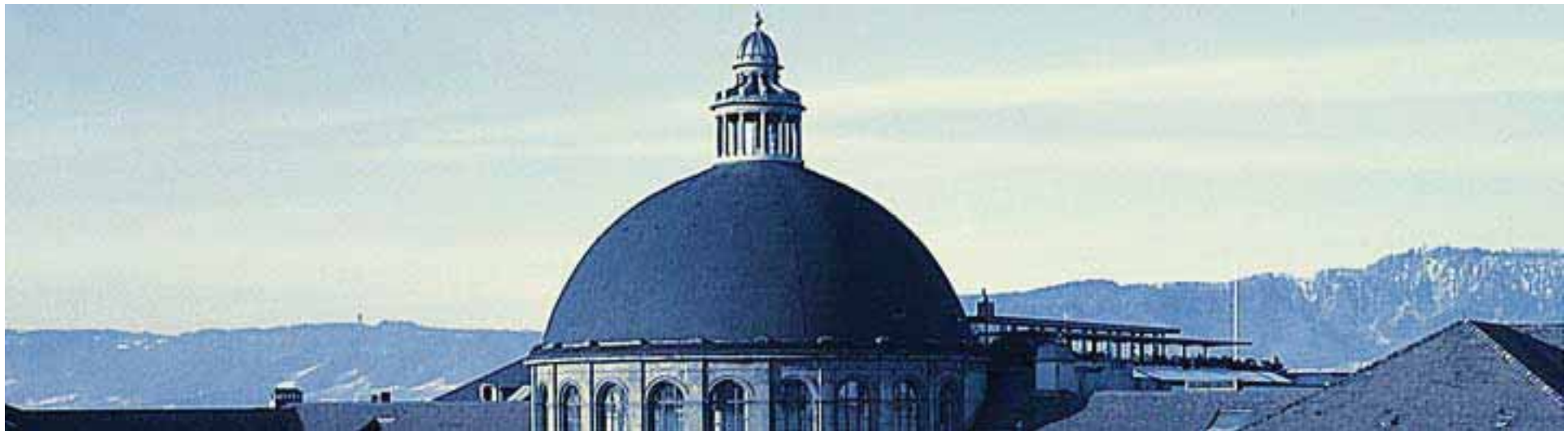


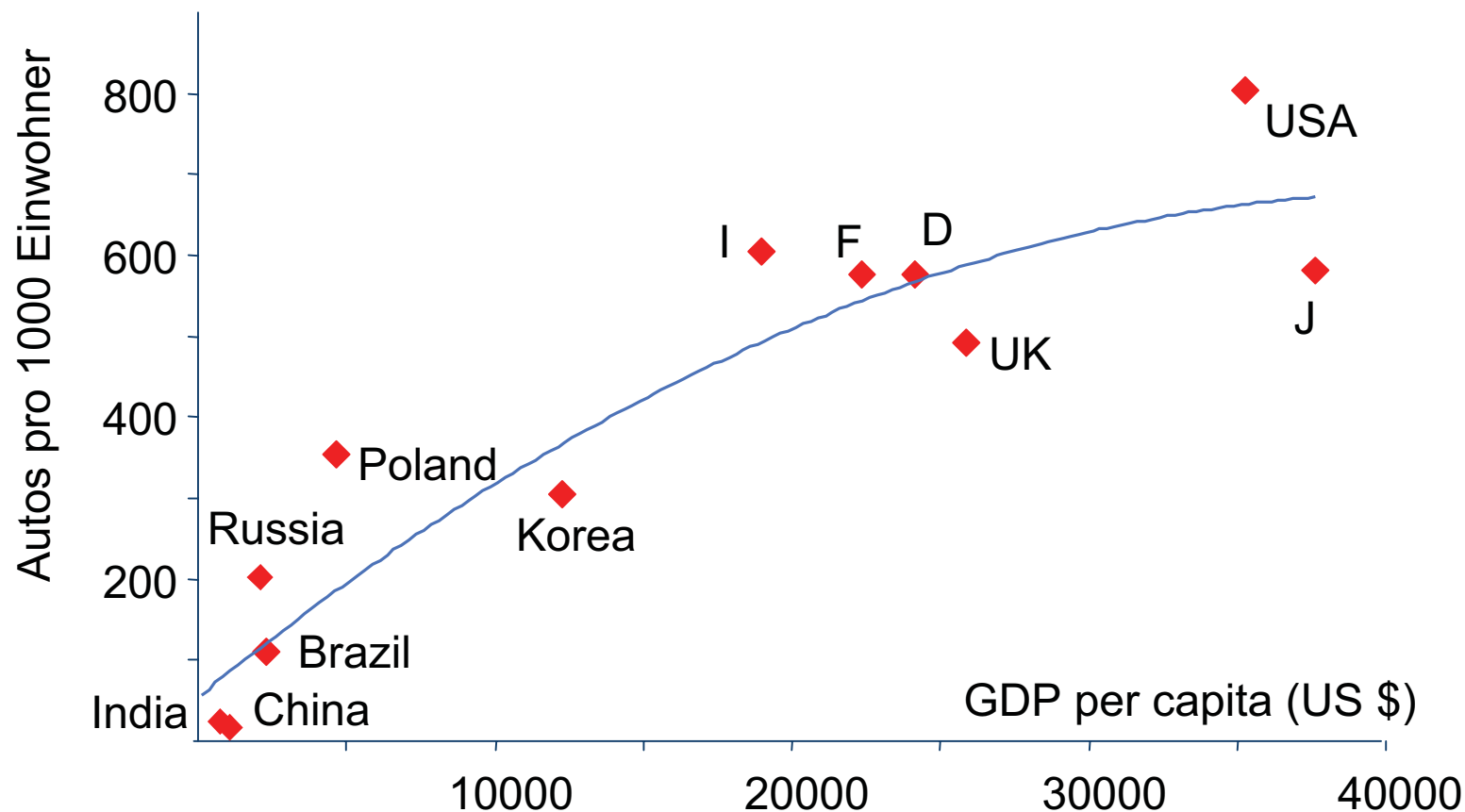
# Auto der Zukunft – Zukunft des Autos

Lino Guzzella

<http://www.imrt.ethz.ch>



# Fahrzeugdichte (2005)



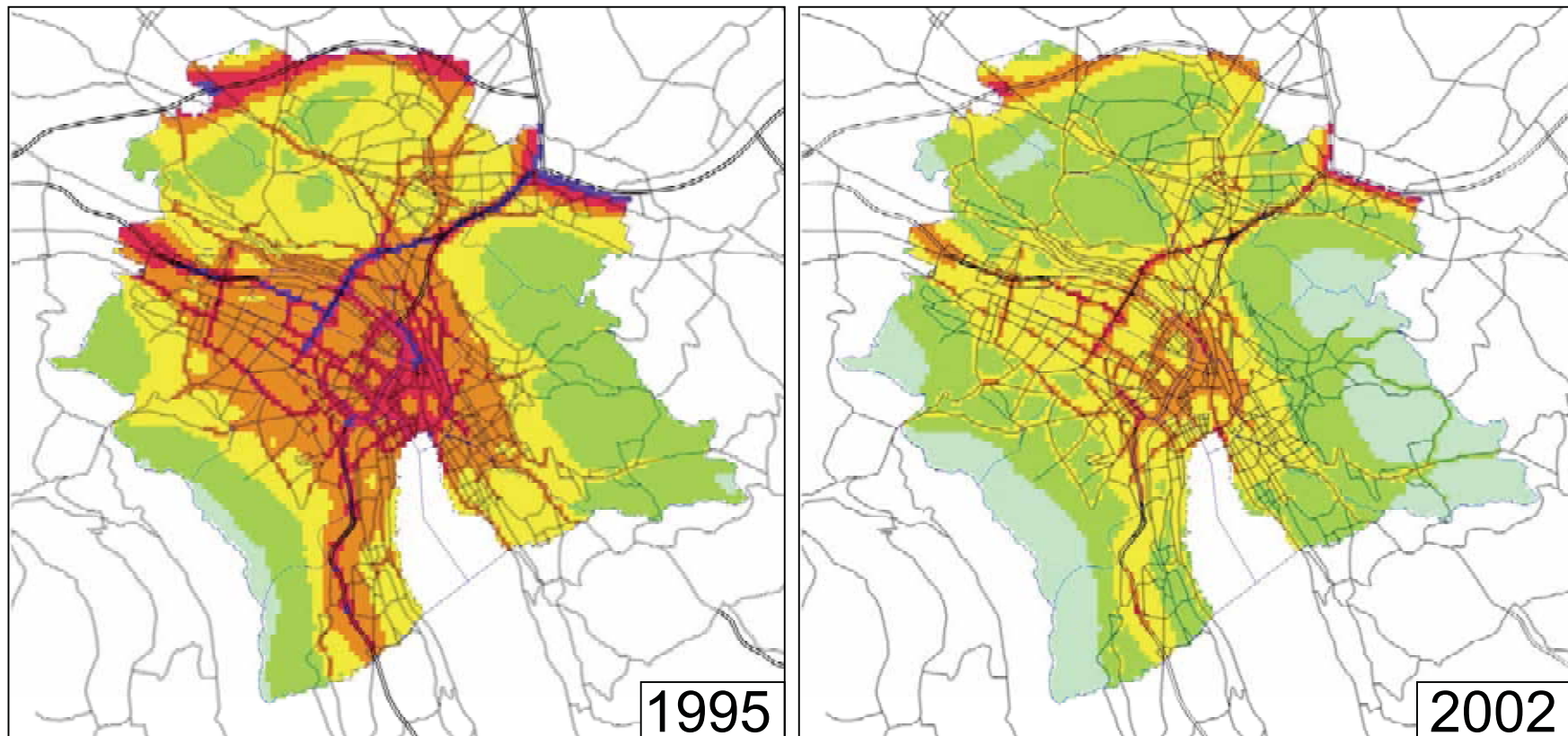
Bestand 2005: 800 Mio. Autos weltweit  
 Produktion 2005: 60 Mio. Autos/Jahr  
 Zunahme (1950-2000): 1 Mio. Autos/Jahr<sup>2</sup>

Quelle: OECD/IEA (2006)

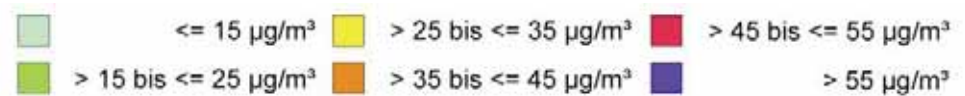
# Der Anfang ...



# Stadt Zürich NO<sub>2</sub> Belastung



Quelle: Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)

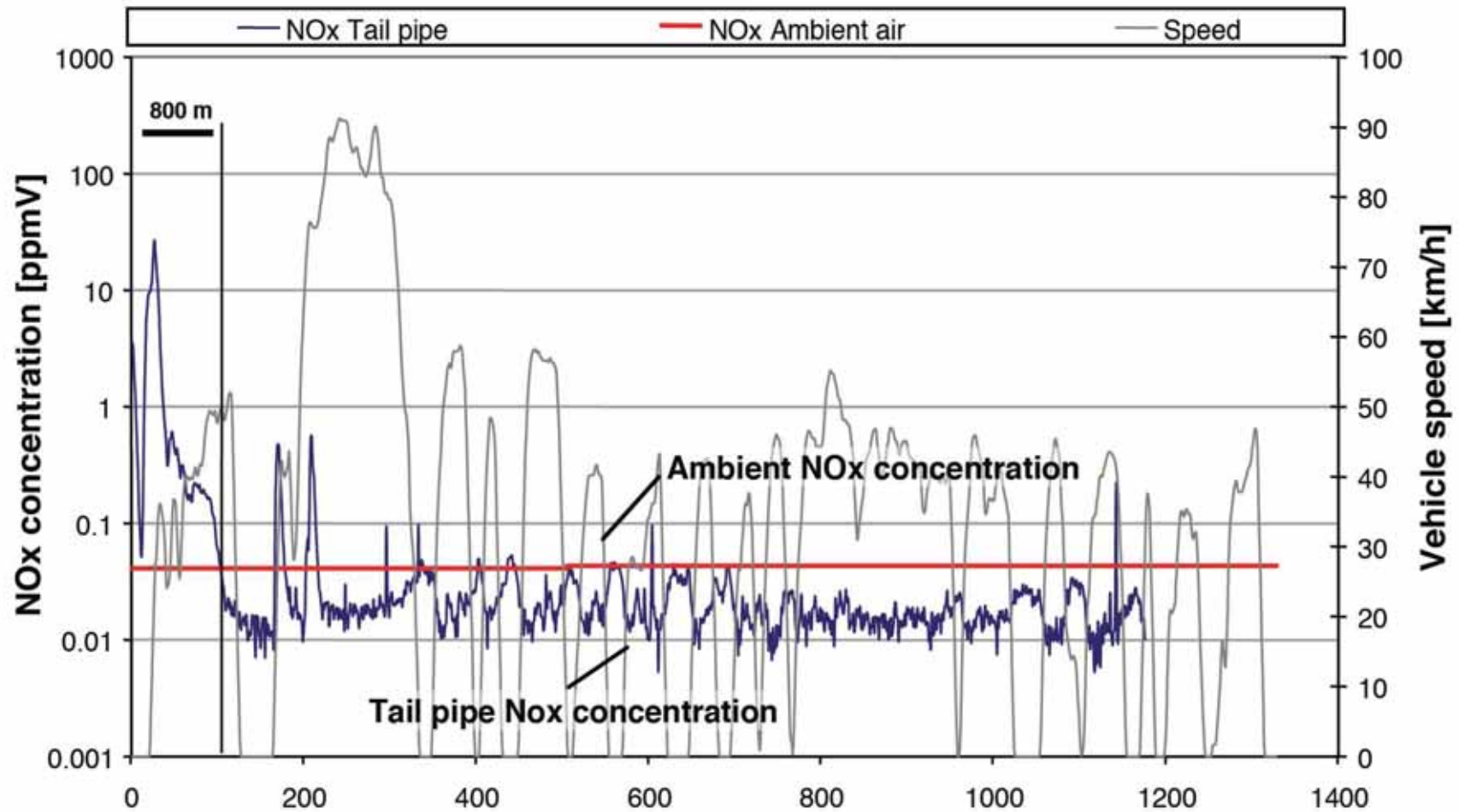




# Das CEV-Projekt



Materials Science & Technology



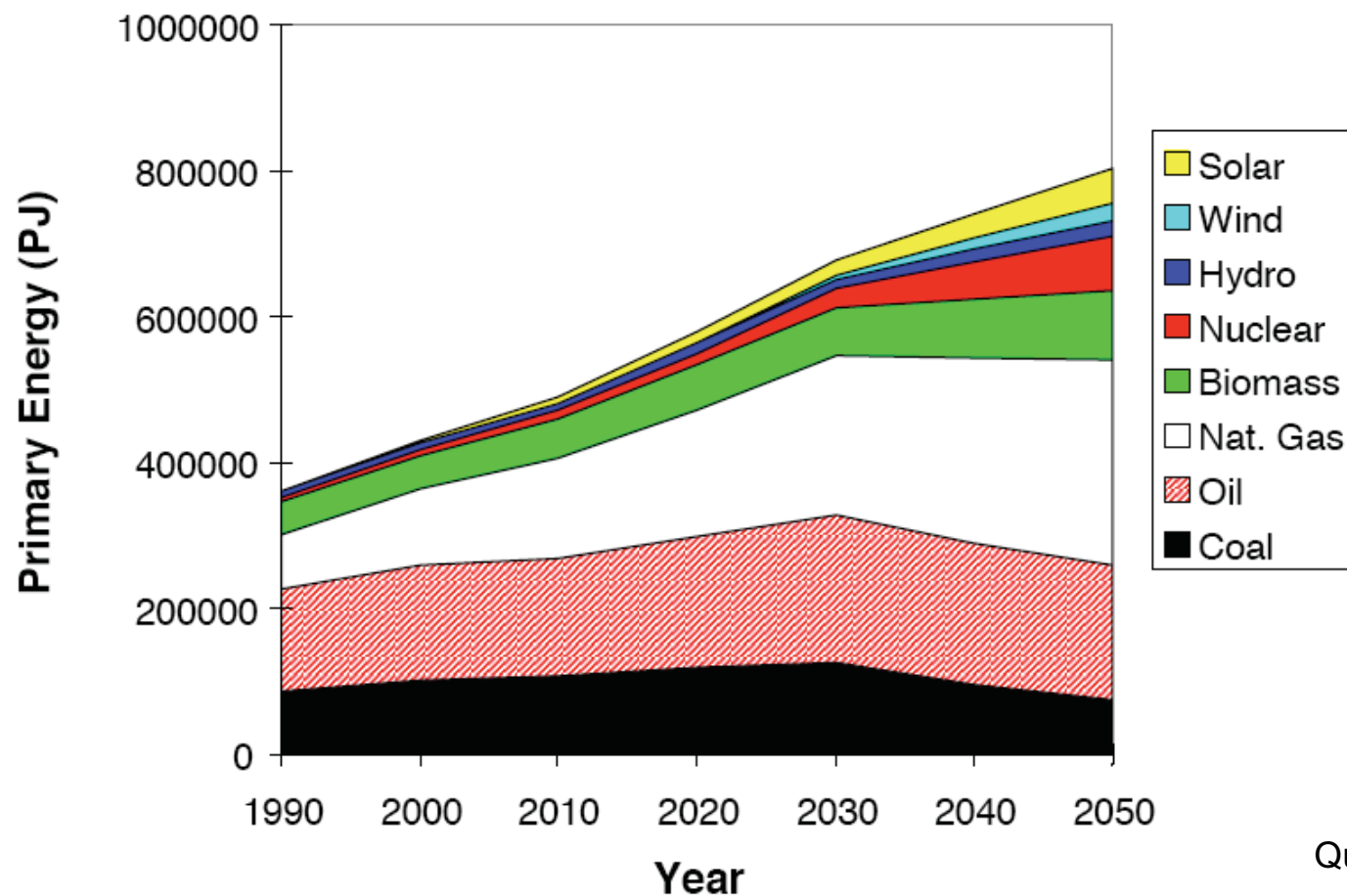
# Unfälle im Strassenverkehr CH

	1980	1990	2000	2006
<b>Tote absolut</b>	<b>1246</b>	<b>954</b>	<b>592</b>	<b>370</b>
<b>Tote pro Mio. Einwohner</b>	<b>195</b>	<b>140</b>	<b>82</b>	<b>49</b>

Quelle: BfU

**Dieser Trend MUSS fortgesetzt werden (“vision zero”)!**

# Zukunftsszenario Energiebedarf (optimistisch!)



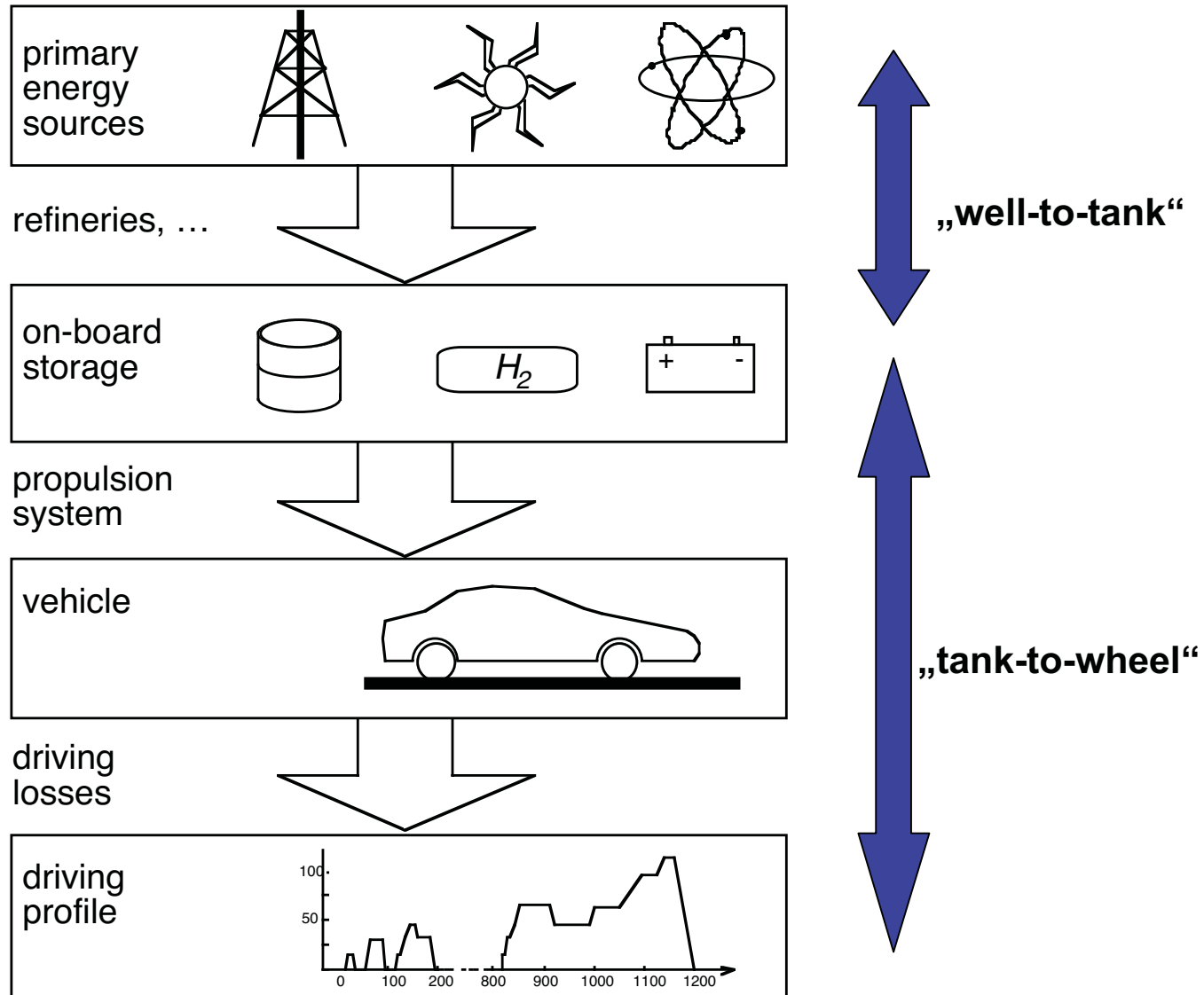
Quelle: IEA



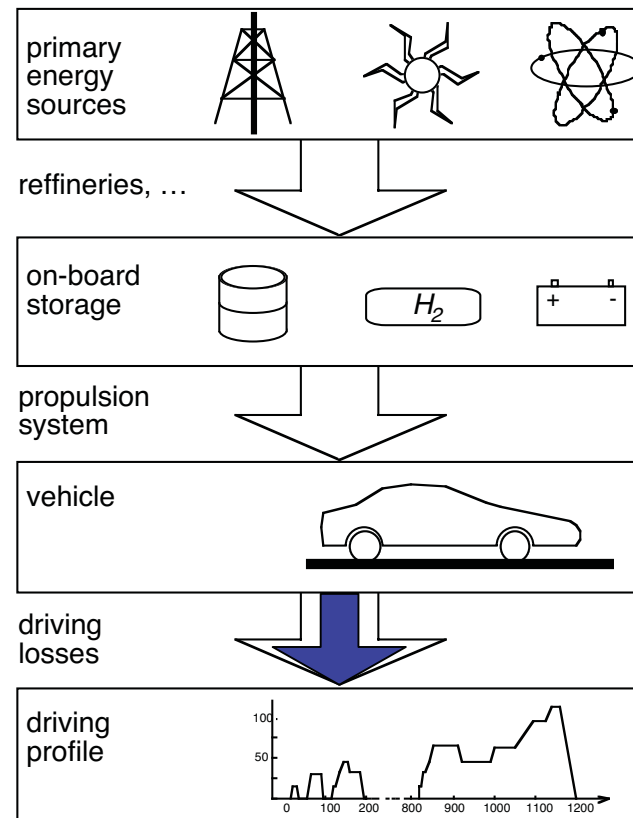
# Analyse der Wandlungskette

„There is no free lunch“

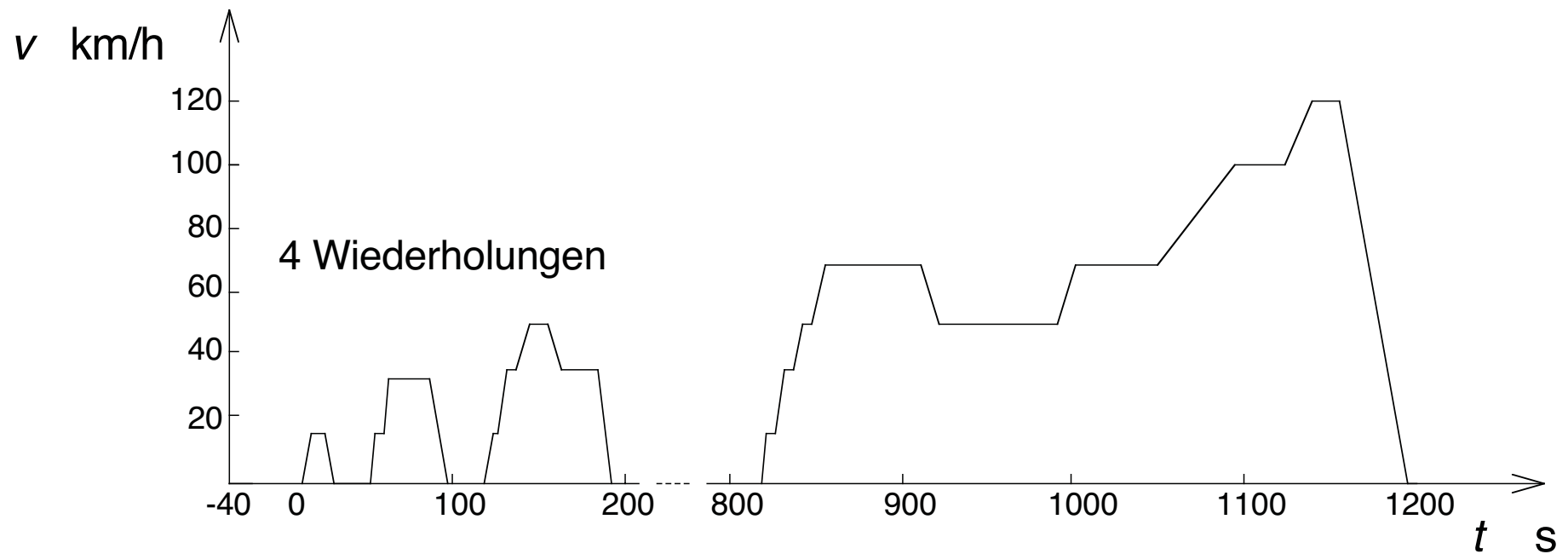




# Mechanische Energie am Rad



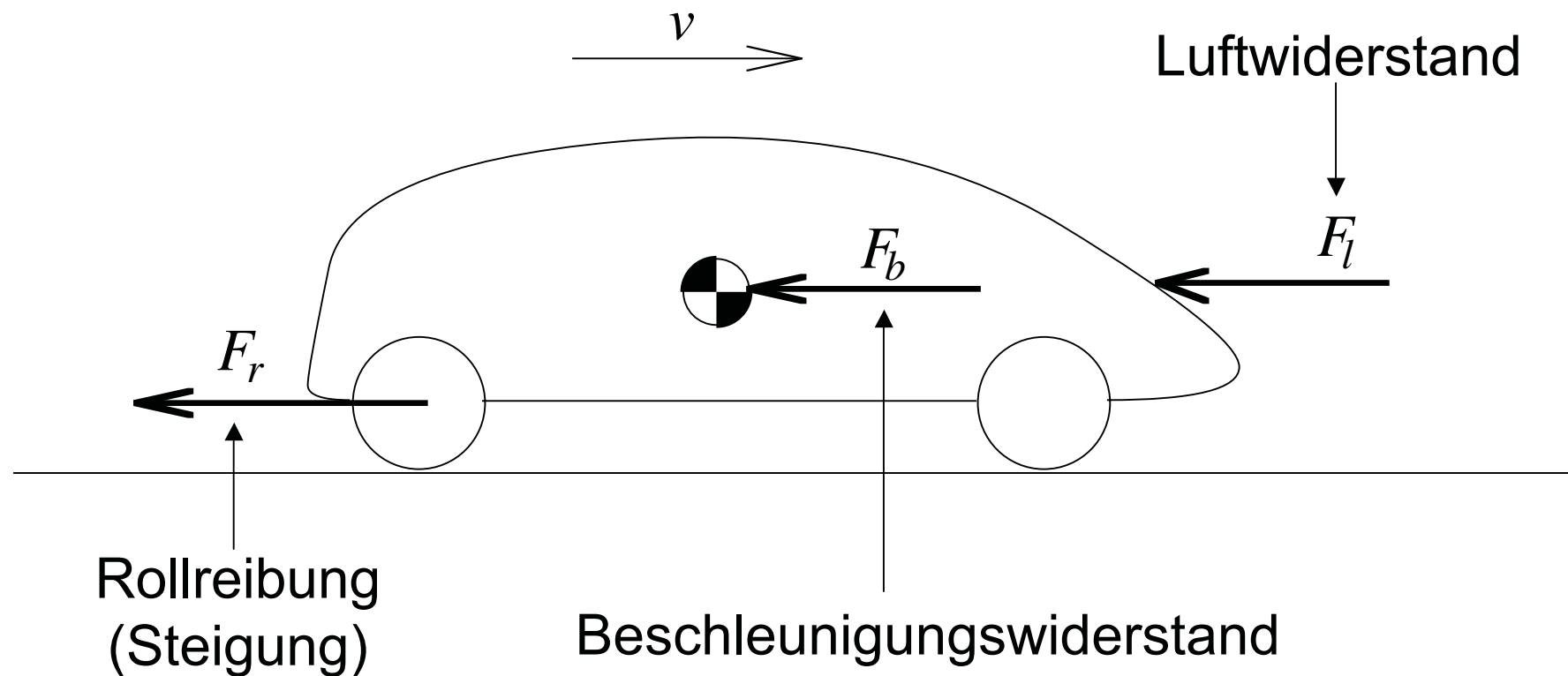
# Norm-Fahrprofil (EU-Zyklus)



Reales Fahrverhalten oft „aggressiver“

# Kräfte am Fahrzeug

## Widerstandskräfte am Auto



# Mechanische Energie am Rad (EU-Zyklus)

$$E \approx A_f \cdot c_w \cdot 19'000 + m \cdot c_r \cdot 840 + m \cdot 11 \quad \text{kJ} / 100 \text{ km}$$

Diagram illustrating the components of mechanical energy consumption per 100 km for a bicycle (EU cycle):

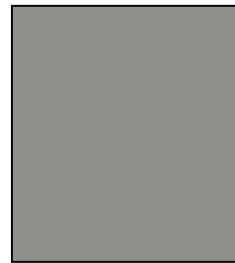
- Frontfläche** (Front area) points to  $A_f$ .
- Form** (Form) points to  $c_w$ .
- Reifen** (Tires) points to  $c_r$ .
- Masse** (Mass) points to the mass  $m$  in the second and third terms of the equation.



# Bedarf an mechanischer Energie (EU-Zyklus)



SUV



Mittelklasse



Kompakt



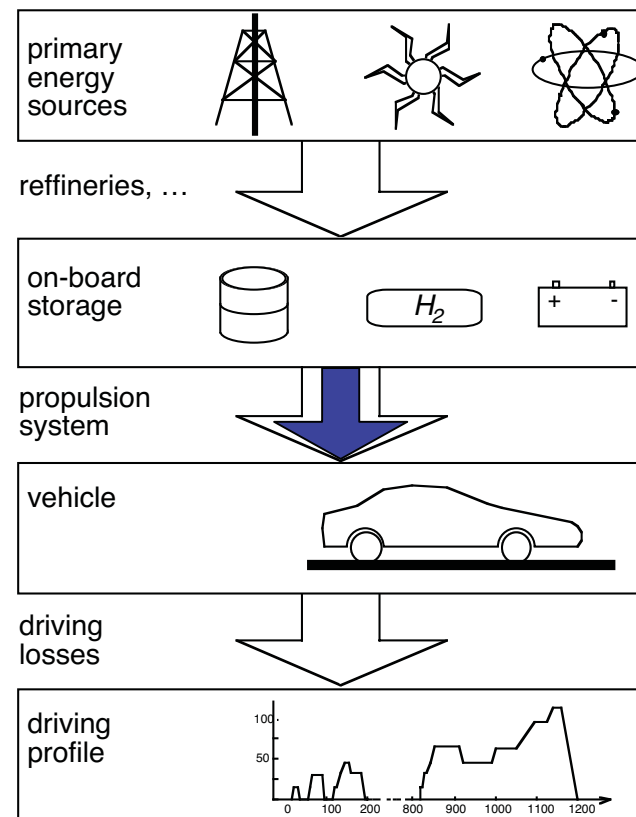
Eco-Car



$$A_f \cdot c_w = 0.7 \text{ m}^2, \quad c_r = 0.012, \quad m = 1'500 \text{ kg}$$

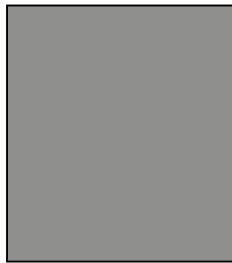
45 MJ/100km im EU Zyklus (17 Tafeln Schoggi ...)

# Bord-Energiewandler



# Mechanische Energie in Dieseläquivalent

(... oder wenn der Motor 100 % Wirkungsgrad hätte ...)



Mittelklasse



1.2 l/100km Diesel

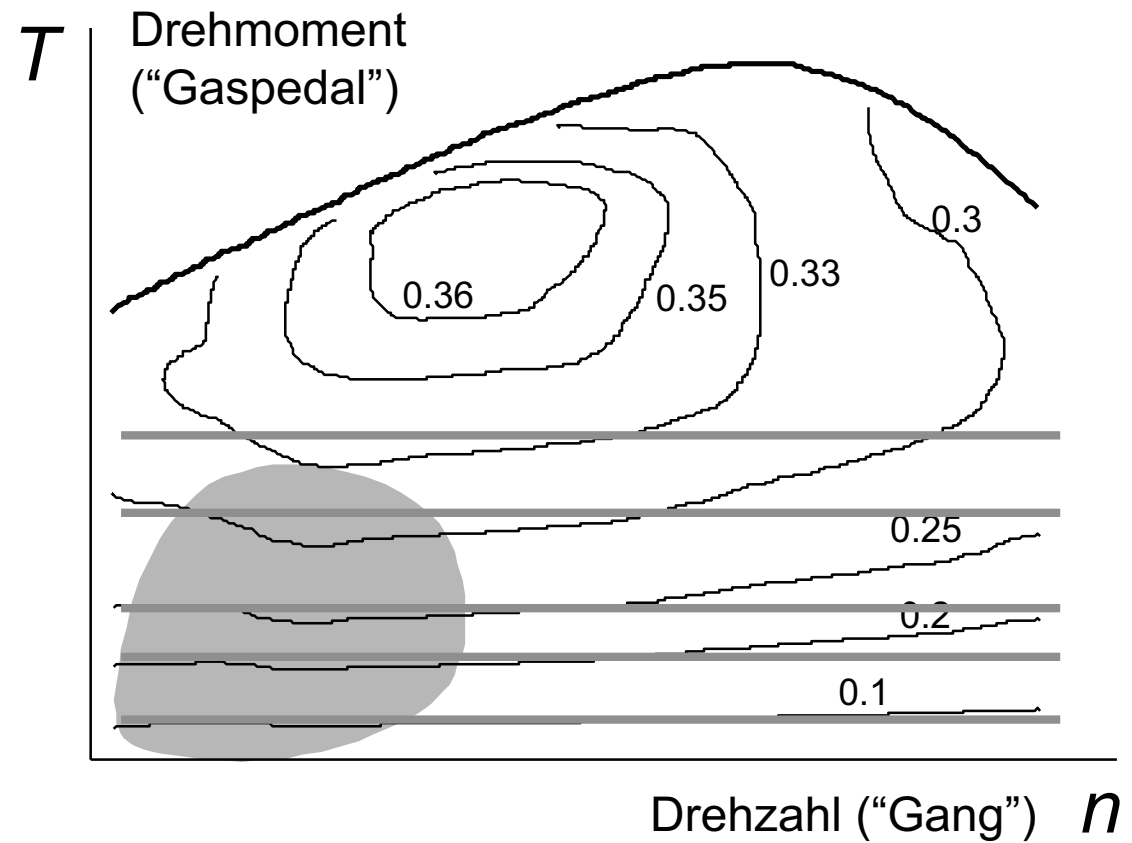
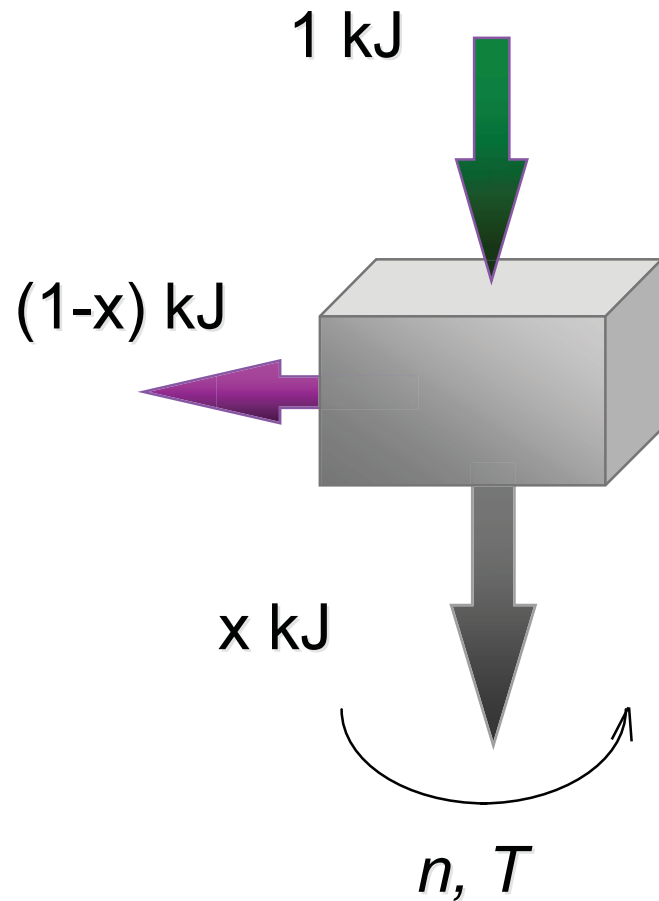


Ecocar



0.6 l/100km Diesel

# Wirkungsgradkennfeld moderner Ottomotor



# Übermotorisierung

- Konsequenz: Baugleiche Autos mit kleineren Motoren verbrauchen weniger Treibstoff.
- Wieso kaufen dann die Leute meistens Fahrzeuge mit grösseren Motoren?

$$t_{0 \rightarrow 100} \approx \frac{770 \cdot m}{P_{\max}}$$

Zeit von 0 auf 100 km/h

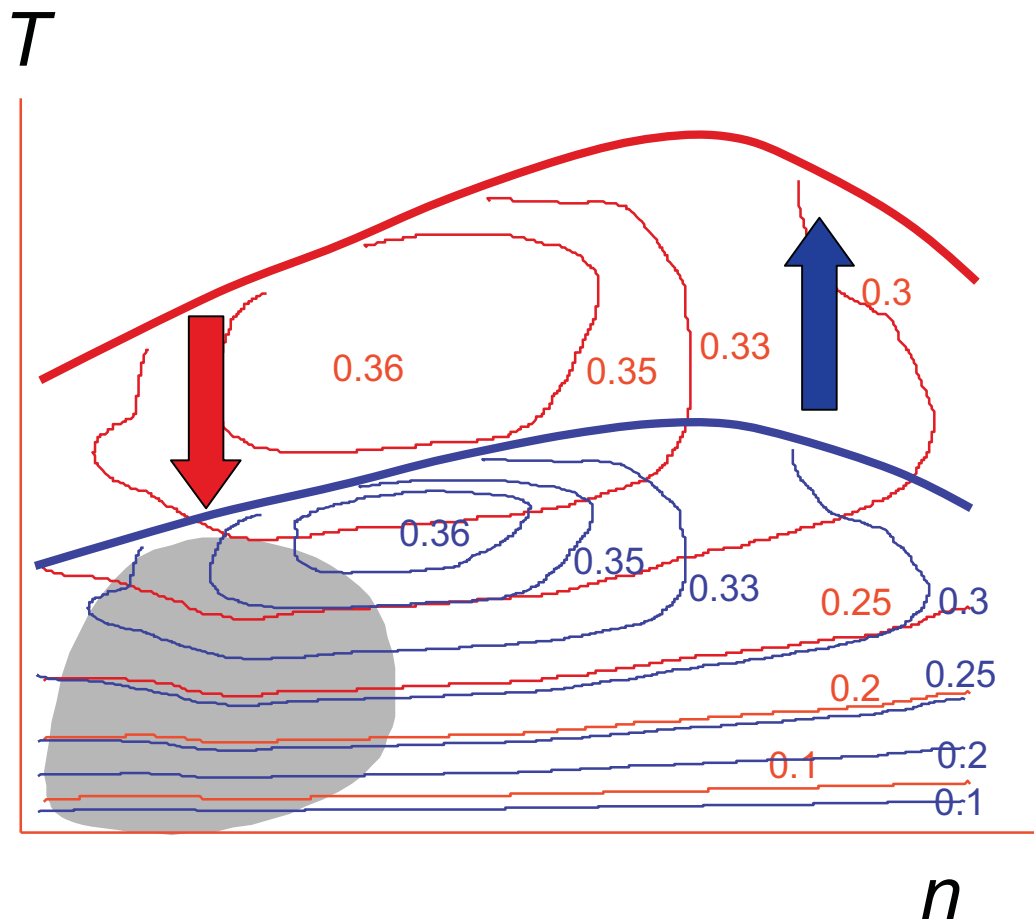
Fahrzeugmasse

Vollastleistung

- **115 kW** Maximalleistung für 0 auf 100 km/h in 10 s  
**7 kW** Durchschnittsleistung für EU-Zyklus



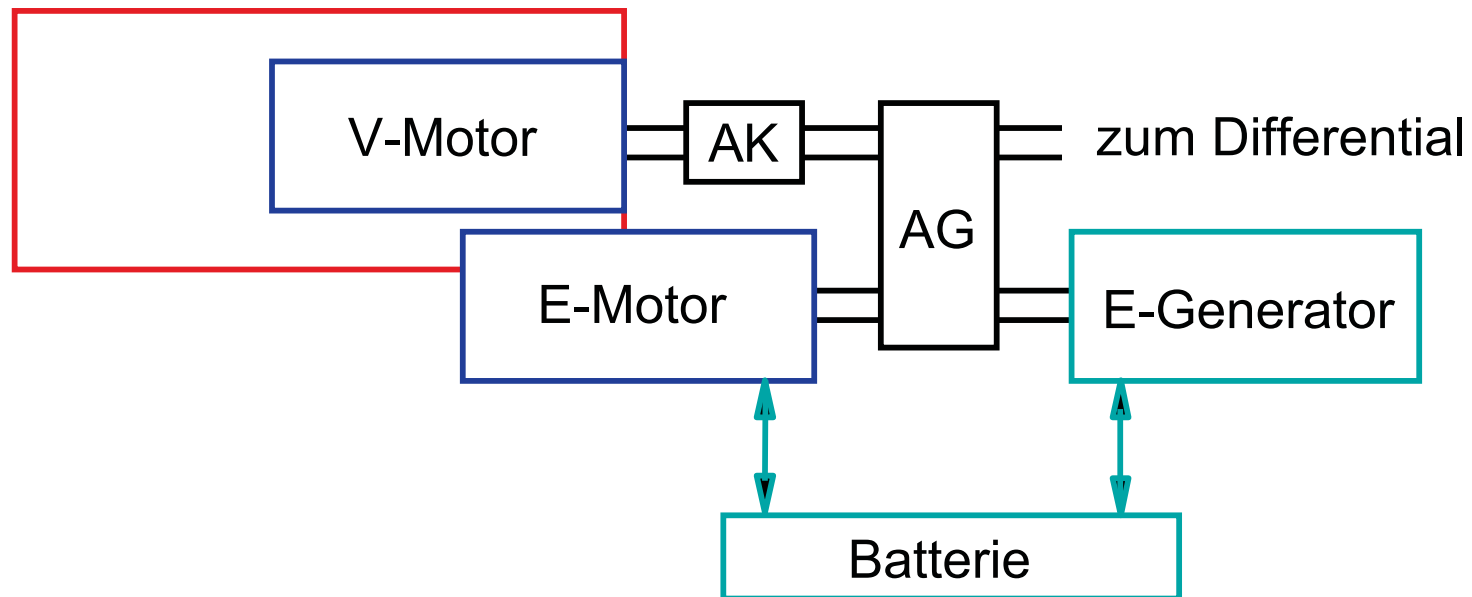
# Downsizing and Supercharging



- “downsizing” V6 ↓ R3
- “supercharging” ↑

- Turbolader
- Kompressoren
- Elektromotren
- .....

# Hybridantriebe





## Prognose für die nächsten 10 Jahre

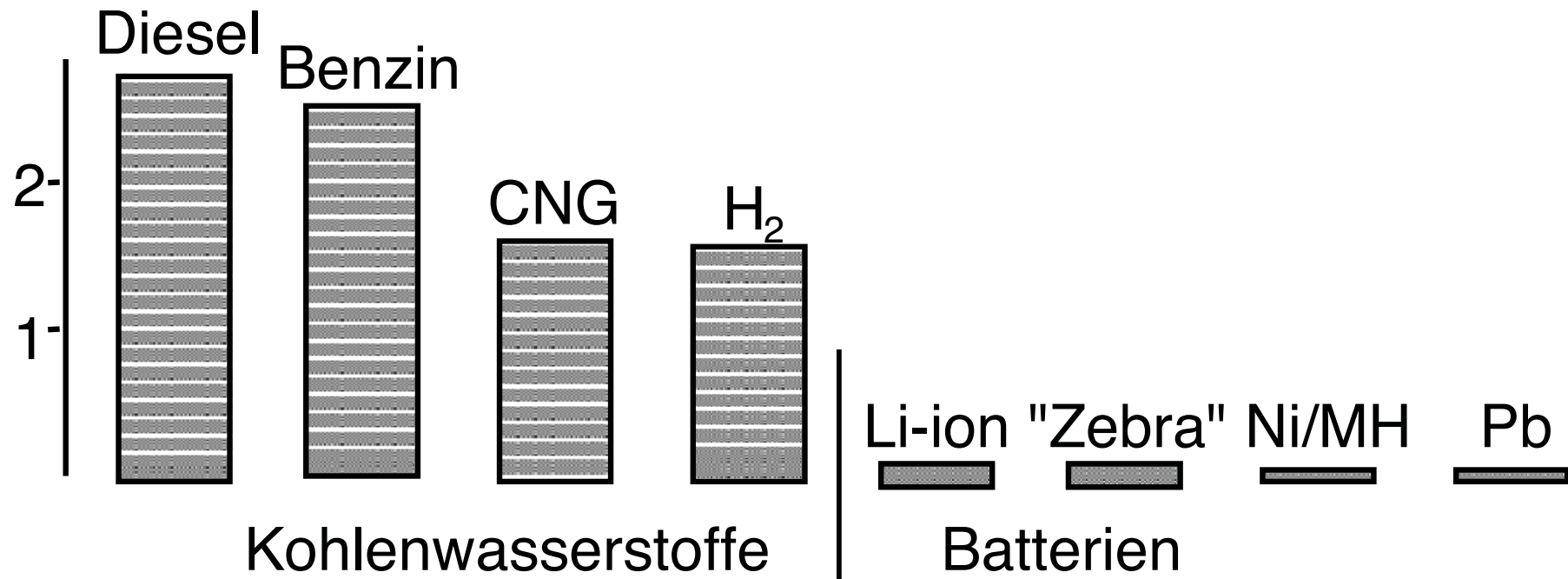
- Dieselmotoranteil wird weiter steigen (Dieselmotoren werden ähnlich „sauber“ wie Ottomotoren)
- Hybridfahrzeuge werden zunehmen, besonders in „finanzkräftigen“ Ländern
- Sparsame Ottomotoren („DSC“) werden bleiben, besonders dort, wo die Kosten wichtig sind
- Erdgasmotorenanteil wird spürbar steigen, besonders wenn ein steuerlicher Vorteil vorhanden ist
- Elektromobile und besonders „plug-in hybrids“ nehmen zu
- Agro-Treibstoffe werden in kleinen Mengen beigefügt werden



# Was kommt danach?

- Andere Treibstoffe?
- Andere Antriebssysteme?
- Andere Fahrzeuge?

# Energiedichten Bordenergieträger

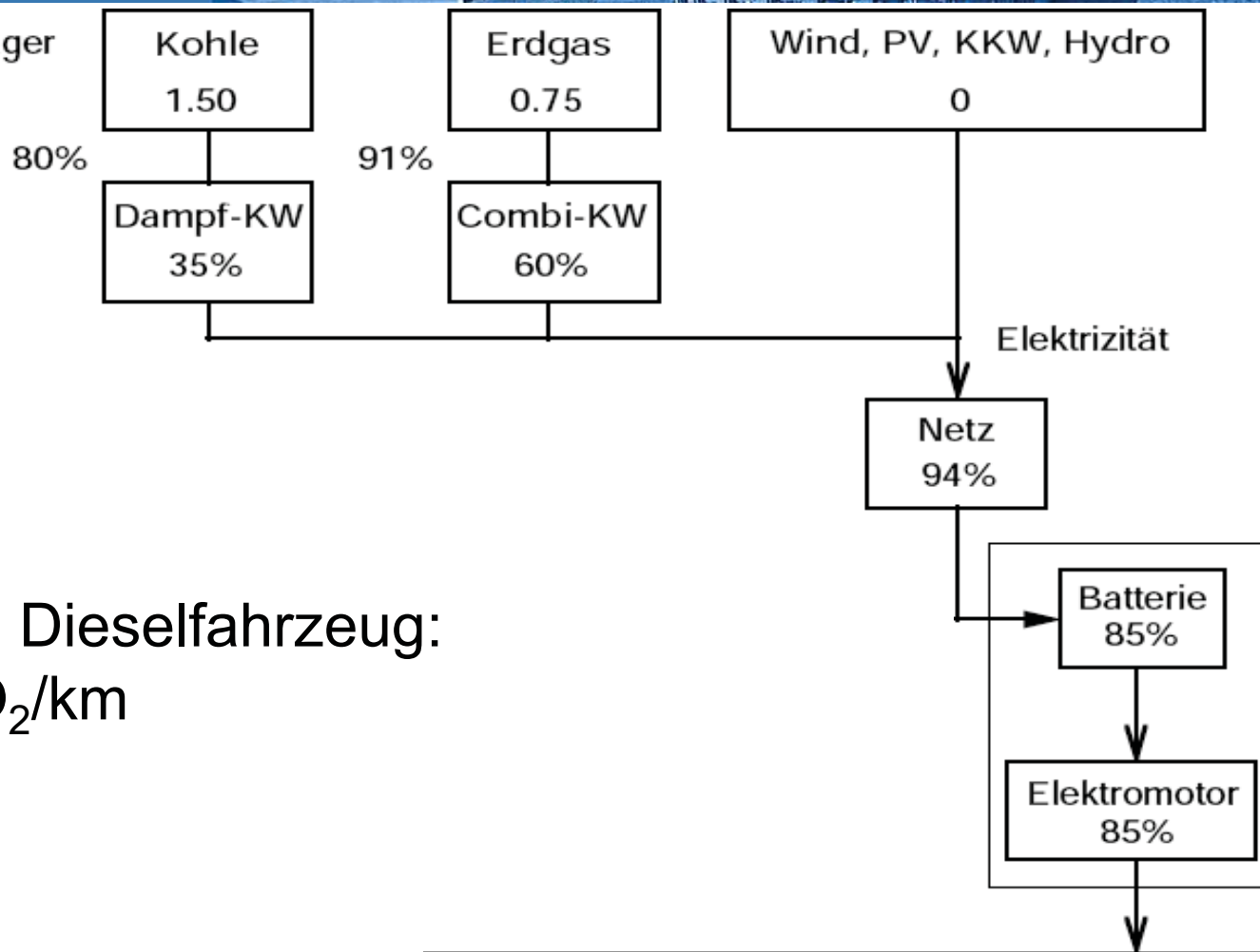


Netto Vortriebsenergie/Energieträgermasse – Einheit kWh/kg



Primärenergieträger

CO<sub>2</sub> Faktoren

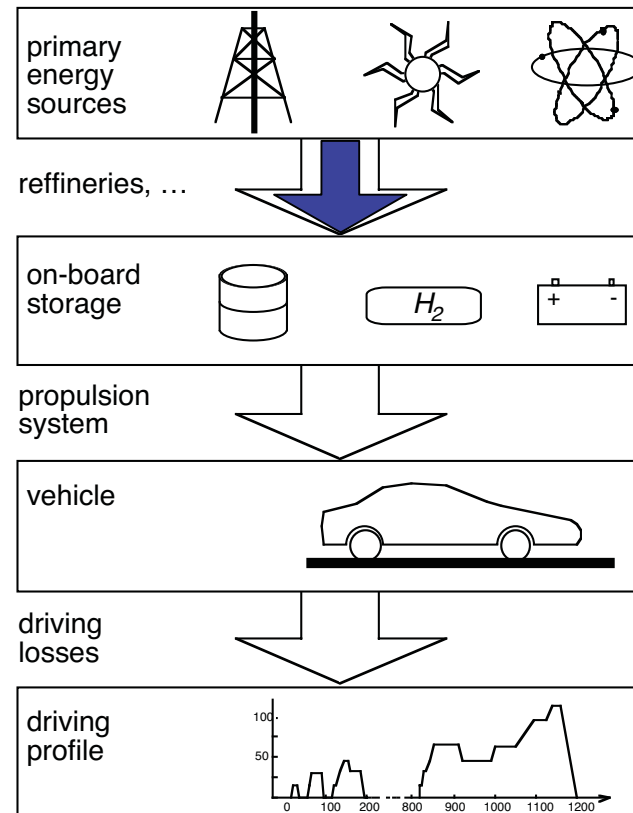


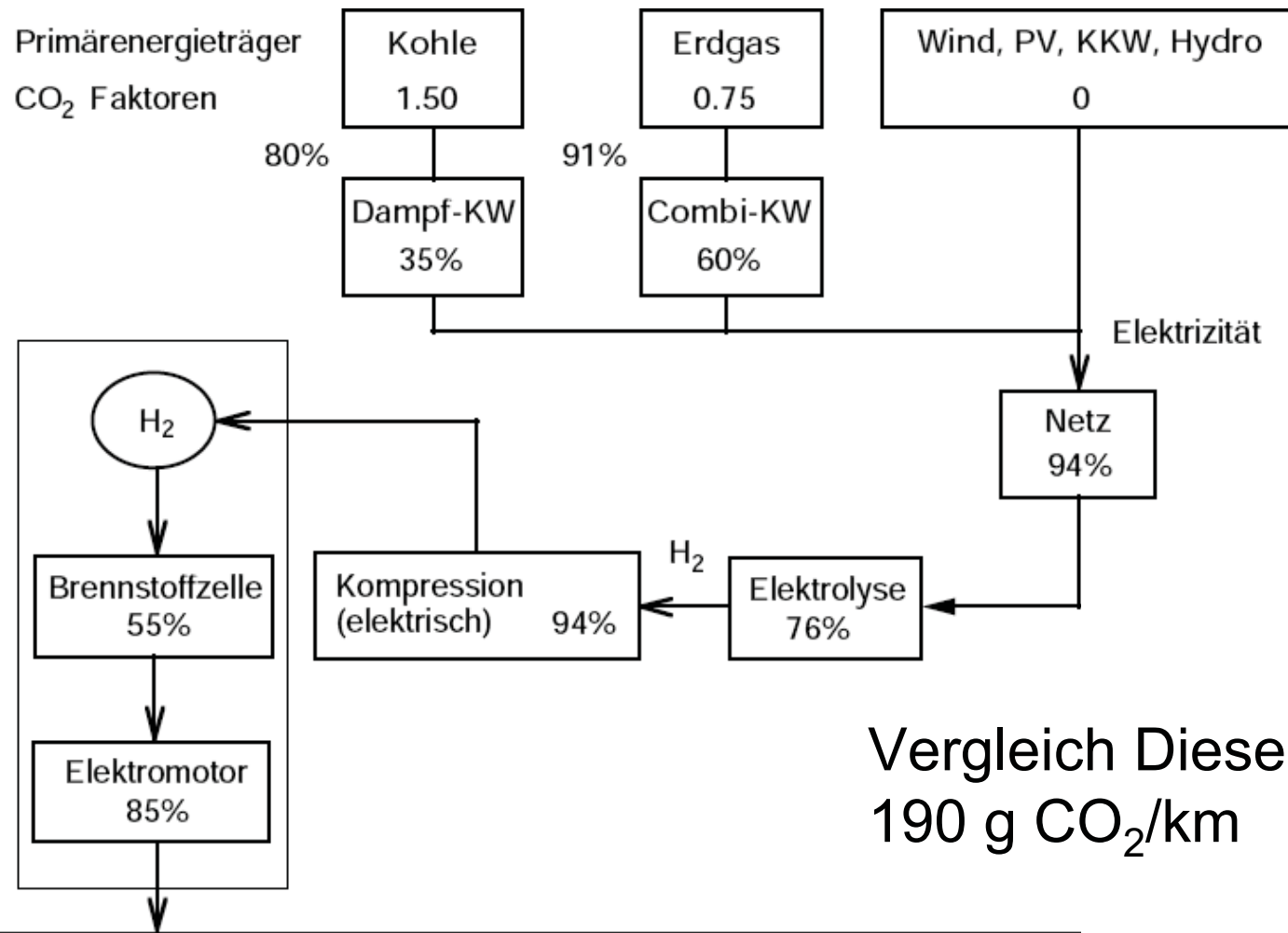
Vergleich Dieselfahrzeug:  
190 g CO<sub>2</sub>/km

CO<sub>2</sub>-Emissionen

**280 / 72 / 0** g CO<sub>2</sub>/km

# Vorgelagerte Prozesse




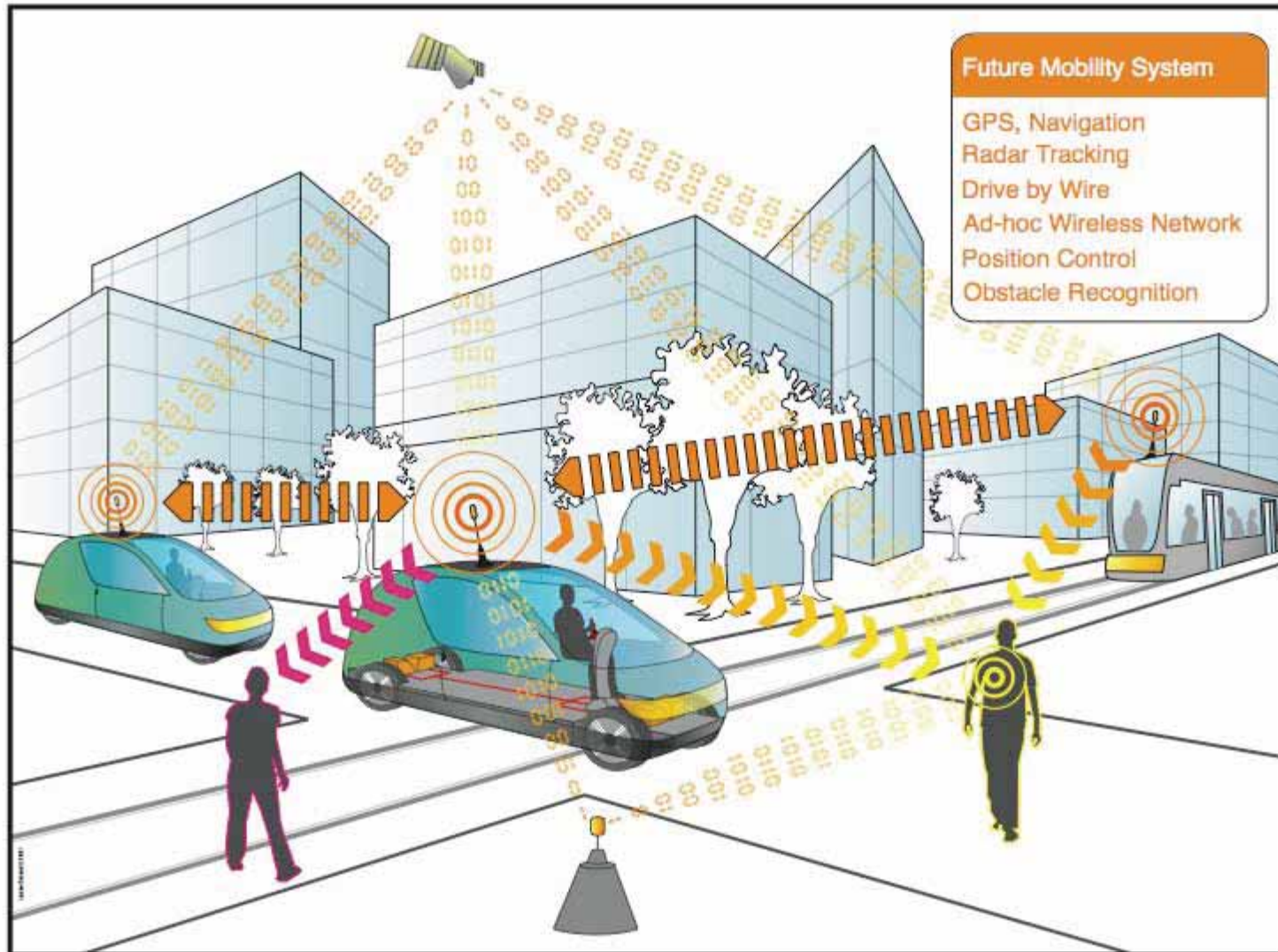


Vergleich Dieselfahrzeug:  
190 g CO<sub>2</sub>/km

CO<sub>2</sub>-Emissionen **570 / 150 / 0** g CO<sub>2</sub>/km

# Träumereien?

Masse	1'400 <i>kg</i>	1'300 <i>kg</i>	800 <i>kg</i>
Aero	0.7 <i>m</i> <sup>2</sup>	0.7 <i>m</i> <sup>2</sup>	0.4 <i>m</i> <sup>2</sup>
Reifen	0,013	0,012	0,01
Antrieb	0.18	0.22	0.30
	<b>7.6 l/100km</b>	<b>5.6 l/100km</b>	<b>2.4 l/100km</b>



# Zusammenfassung

- Sparsamere Fahrzeuge sind unsere „besten Ölquellen“.
- Die Technik bietet diverse Optionen an. Welche tatsächlich gewählt wird, hängt von vielen Faktoren ab.
- Die Technik kann vieles, aber eine „magische Lösung“ gibt es nicht.

# Merci für Ihre Aufmerksamkeit!

- Folienkopien (pdf):

lguzzella@ethz.ch

- Laborwebsite:

<http://www.imrt.ethz.ch>