

1. Jahrestagung „Chancen der Energiewende“ des KIT-Zentrums Energie 19. Juni 2012

Alles nur noch Bio und Elektro? – Wie sieht der Antrieb der Zukunft wirklich aus?

Dr. Amin Velji

INSTITUT FÜR KOLBENMASCHINEN | Prof. Dr.-Ing. U. Spicher



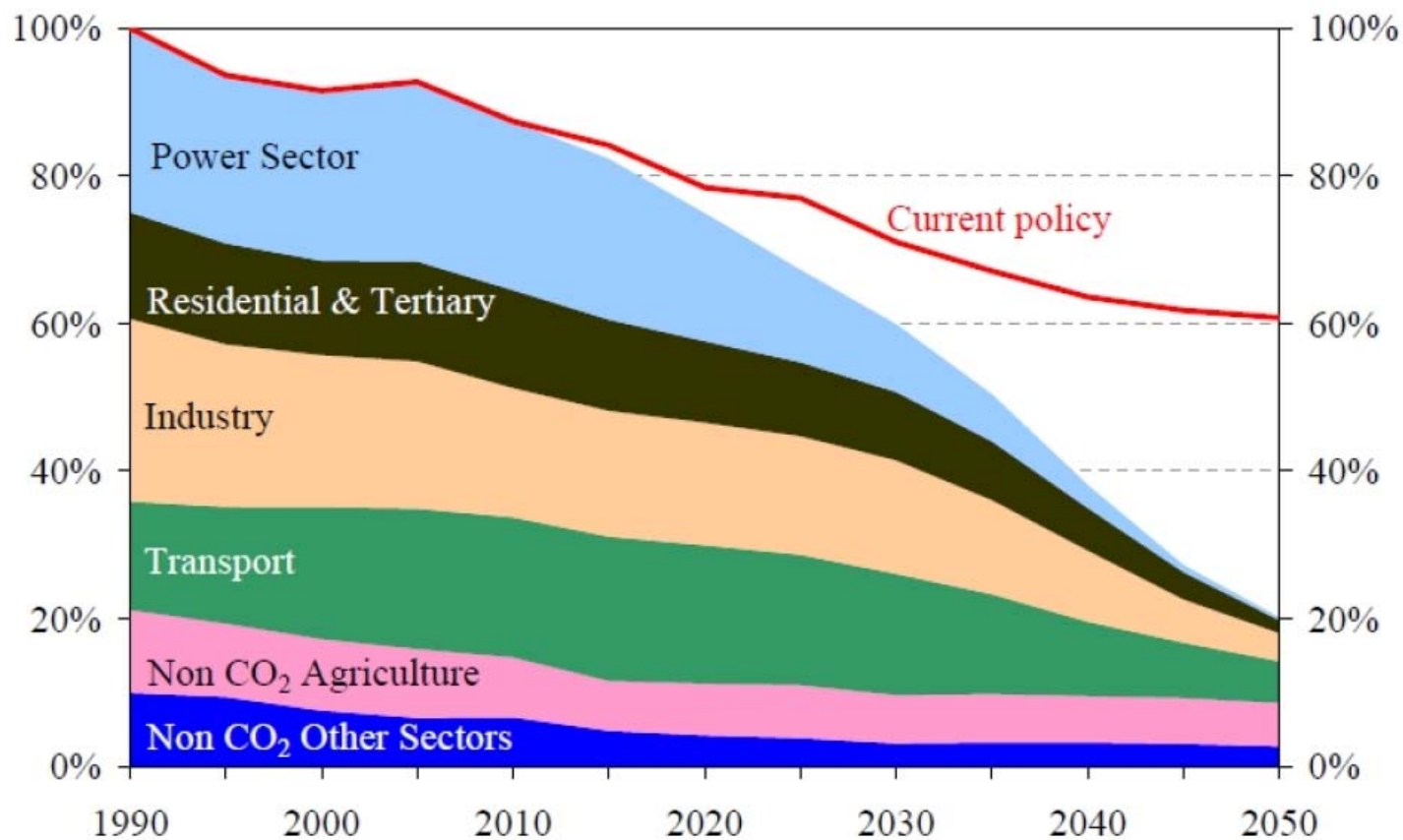
INHALT

- **Einleitung**
- **Quelle-Rad-Bilanz: CO₂-Emission**
- **Zusammenfassung**

INHALT

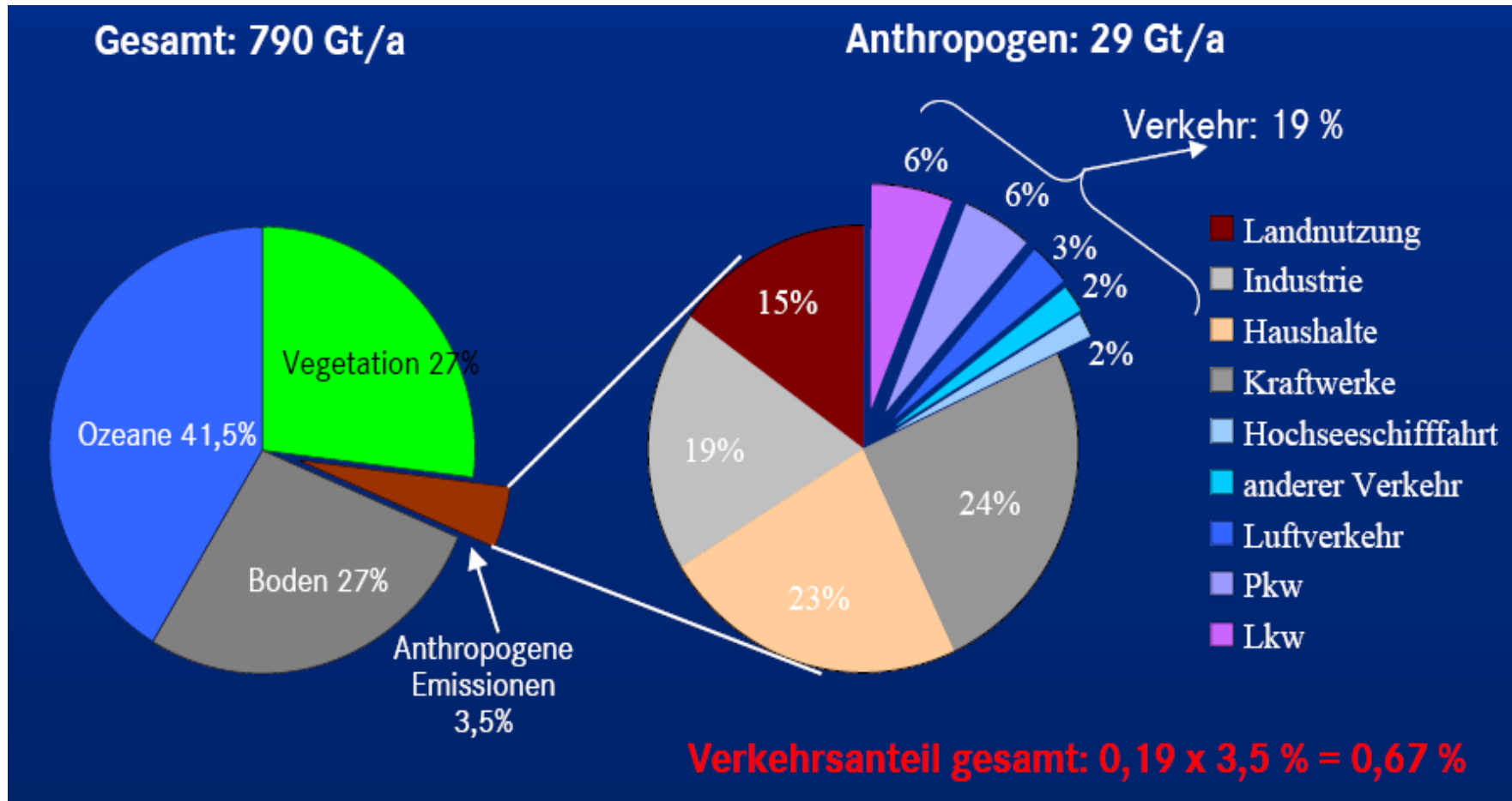
- **Einleitung**
- Quelle-Rad-Bilanz: CO₂-Emission
- Zusammenfassung

CO₂ reduction needed to limit global warming to maximum 2 K



Source: European Commission: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050

Geschätzte globale CO₂-emission/Jahr (2000)



Source: FAT, AK-Emissionen-Luftqualität, 6/2002; Herrmann DaimlerChrysler

Fahrzeugantrieb? → Mobilität?

Statement: Johannes Liebl, 2008 (BMW Group)

- **Der Klimawandel, der weltweit wachsende Energiebedarf, die Endlichkeit der fossilen Energieressourcen und politische Krisen gefährden unsere Mobilität.**
- **Mobilität ist aber eine elementare Voraussetzung unserer arbeitsteiligen Wirtschaftsordnung und damit ein Schlüsselfaktor für Beschäftigung, Wohlstand und Lebensqualität.**

INHALT

- Einleitung
- **Quelle-Rad-Bilanz: CO₂-Emission**
- Prognosen
- Zusammenfassung

Elektromobilität und Verbrennungsmotor

Zugrunde gelegte Daten und Annahmen: Verbrennungsmotor

Referenzfahrzeug aus dem C-Klasse-Segment (Mittelklasse)

Fahrzeugmasse	1700 kg	
Rollwiderstandsbeiwert	0,012	
Luftwiderstandsbeiwert	0,29	
Stirnfläche	2,23 m ²	
Verbrauch im NEFZ	Benzin: 7,2 l/100 km	Diesel: 5,1 l/100 km
Verbrauch im Realbetrieb	Benzin: 8,5 l/100 km	Diesel: 6,2 l/100 km

CO₂-Ausstoß pro Pkw im Lebenszyklus

Benzin: 58.100 kg

47.800 kg + ca. 10% Kraftstoffproduktion: 53.100 kg
zuzüglich 5.000 kg Fahrzeugproduktion

Diesel: 48.900 kg

39.500 kg + ca. 10% Kraftstoffproduktion: 43.900 kg
zuzüglich 5.000 kg Fahrzeugproduktion

Lebenszyklusanalyse

Jahresfahrleistung: 600 Mrd. km

Anzahl der Pkw: 42 Mio.

Lebensdauer: 15 Jahre

Gesamtfahrleistung/Pkw: 250.000 km

Verhältnis= Benzin:Diesel = 70:30

Jahresproduktion: 110 Mio. t CO₂

Wirkungsgrad:

- Benzin: $\eta_{\text{Antrieb}} = 28\%$
- Diesel: $\eta_{\text{Antrieb}} = 34\%$

Zugrunde gelegte Daten und Annahmen: Elektromotor



Referenzfahrzeug aus dem C-Klasse-Segment (Mittelklasse)

Fahrzeugmasse	1700 kg	
Rollwiderstandsbeiwert	0,012	
Luftwiderstandsbeiwert	0,29	
Stirnfläche	2,23 m ²	
Verbrauch im NEFZ	Benzin: 7,2 l/100 km	Diesel: 5,1 l/100 km
Verbrauch im Realbetrieb	Benzin: 8,5 l/100 km	Diesel: 6,2 l/100 km

Lebenszyklusanalyse

Jahresfahrleistung: 600 Mrd. km

Anzahl der Pkw: 42 Mio.

Lebensdauer: 15 Jahre

Gesamtfahrleistung/Pkw: 250.000 km

Strommix BRD: 515 g CO₂/kWh (konv. 62,5%/erneuerbar 20%/Kernenergie 17,5%)

$\eta_{\text{Antrieb}} = 95\%$

CO₂-Ausstoß pro PKW im Lebenszyklus

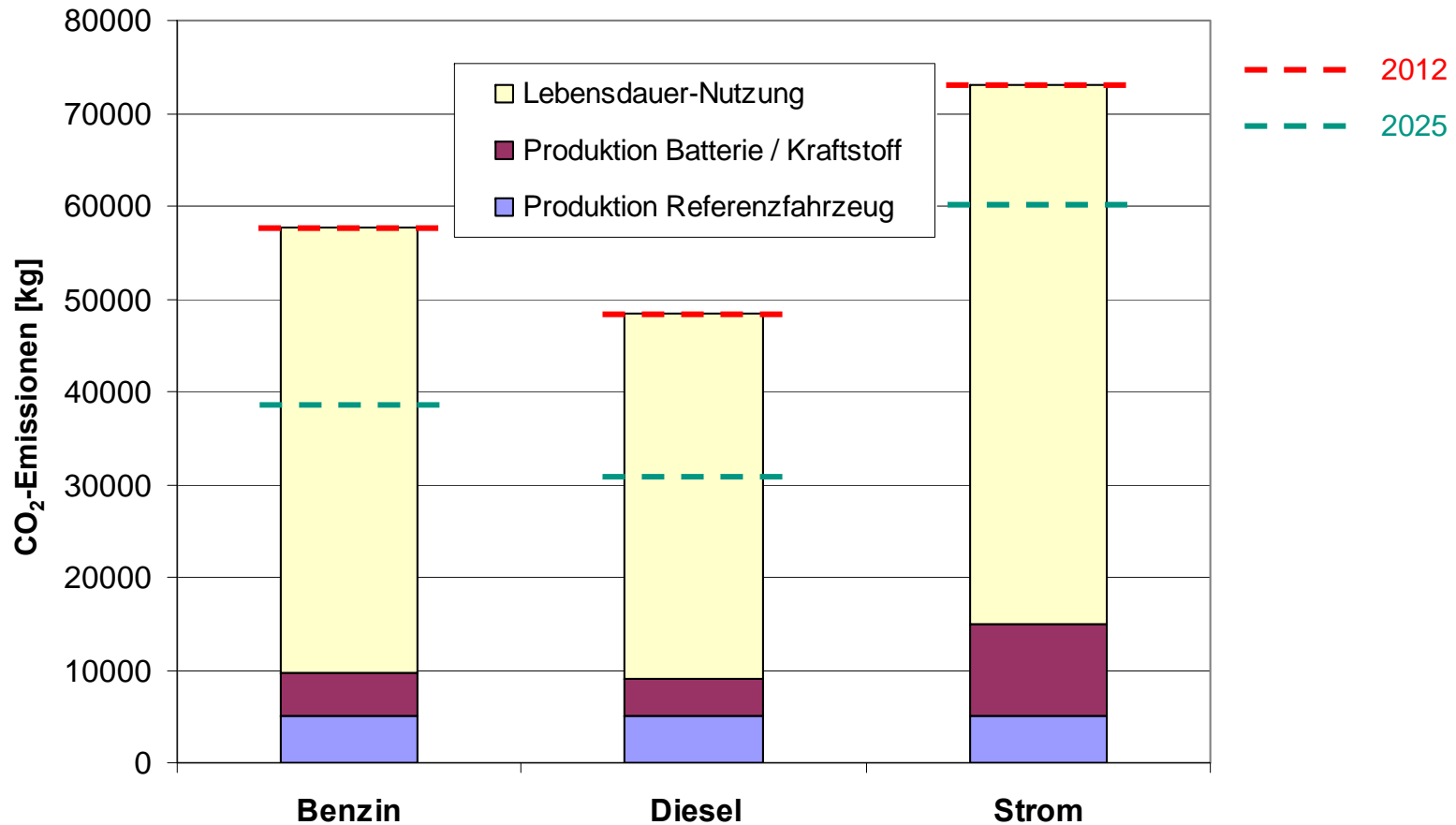
Gesamt: 76.800 kg

61.800 kg+ 5.000 kg Fahrzeugproduktion

+ 2x5.000 kg für Batterie



CO₂-Emissionen für Fahrzeug-Lebenszyklus (jeweils 15 Jahre; 250000 km)



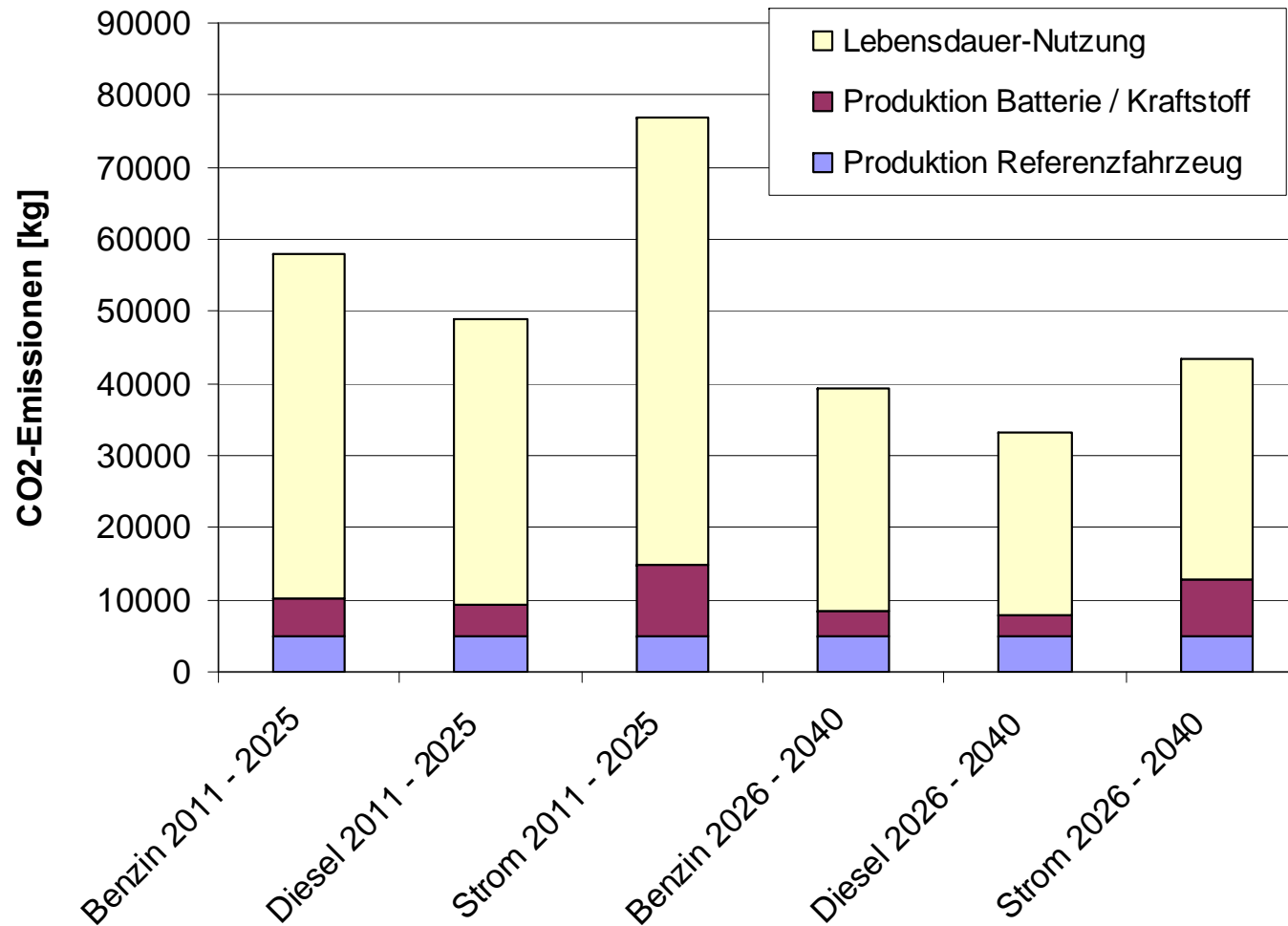
**Wechsel zur Elektromobilität im Jahre 2012: 50 Mio. t zusätzliches CO₂ pro Jahr (50% mehr)
(technischer Stand im Jahre 2025: 66 Mio. t zusätzliches CO₂ pro Jahr)**

Lebenszyklusanalyse: CO₂-Emissionen

Annahmen bis 2040

- Lebensdauer/Fahrleistung eines Fahrzeugs: 15 Jahre / 250.000 km
- Referenzfahrzeug (2011 - 2025): 8,5 l Benzin / 6,2 l Diesel;
2. Referenzfahrzeug (2026 - 2040): **5,5 l Benzin / 4,0 l Diesel**
- Fahrzeugproduktion; Kraftstoffbereitstellung (bis Tank); Strom (bis Akkumulator); Herstellung des Akkumulators + Ersatz: unverändert
- Strommix in BRD (Erneuerbar/Kernenergie/Konventionell):
Heute: 17 % / 23 % / 60 % 2025: 35 % / 5 % / 60 %
ab 2030 erneuerbare Energie > 40 %; bis 2040 Zunahme auf 60 %
- Vereinfachung: Ladehub beim Akkumulator 100 % (nicht möglich)
- Verdopplung der Energiedichte der Batterie

CO2-Emissionen für gesamten Fahrzeug-Lebenszyklus (jeweils 15 Jahre)



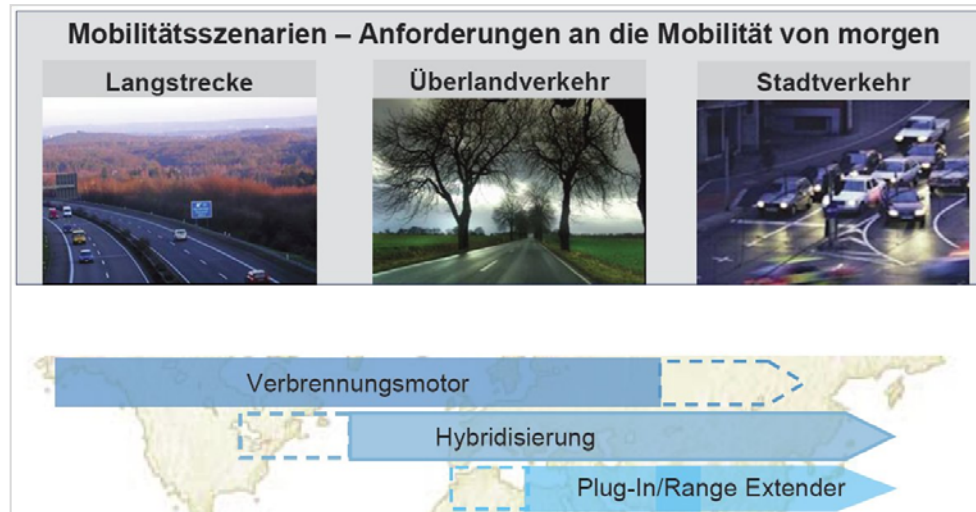
Alles nur Elektro?

Nein, denn, von den Kosten abgesehen, würde sich die CO₂-Emission beim 100%-igen Wechsel zum reinen Elektroantrieb erheblich erhöhen

Aber

Für Nischenanwendungen machen reine E-Autos Sinn, denn sie sind, lokal gesehen, emissionsfrei

zukünftige Mobilitätsstruktur



Fazit:

- E-Mobilität sinnvoll für Nischenanwendungen und Stadtverkehr
- Verbrennungsmotor wird auf lange Sicht der dominierende Antrieb sein und durch Weiterentwicklung zur Senkung der CO₂-Emissionen beitragen

Biokraftstoffe

Was könnte der Kraftstoff der Zukunft sein?

Erdöl wird es bald nicht mehr geben

Elektroantrieb und elektrische Speicher für individuelle Mobilität nicht geeignet und zu teuer

Gas ist geeignet, aber wie Erdöl nur begrenzt zur Verfügung

Wasserstoff muss mit hohem Energieaufwand erzeugt werden; Speicherung problematisch

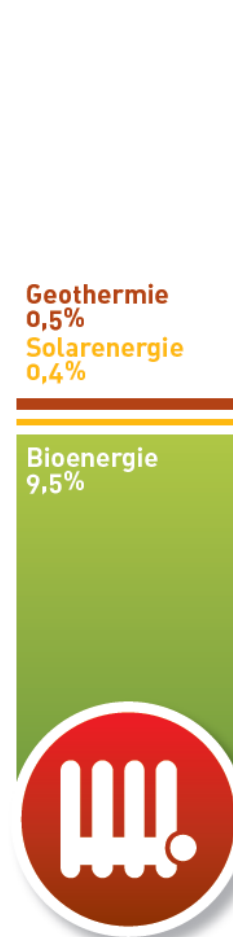
Synthesekraftstoffe aus biologischen Reststoffen sind geeignet (Tailor-made-Fuels mit hoher Energiedichte)

Bedeutung der Bioenergie innerhalb der Erneuerbaren Energien 2011

Strom
20,0%



Wärme
10,4%



Kraftstoff
5,6%

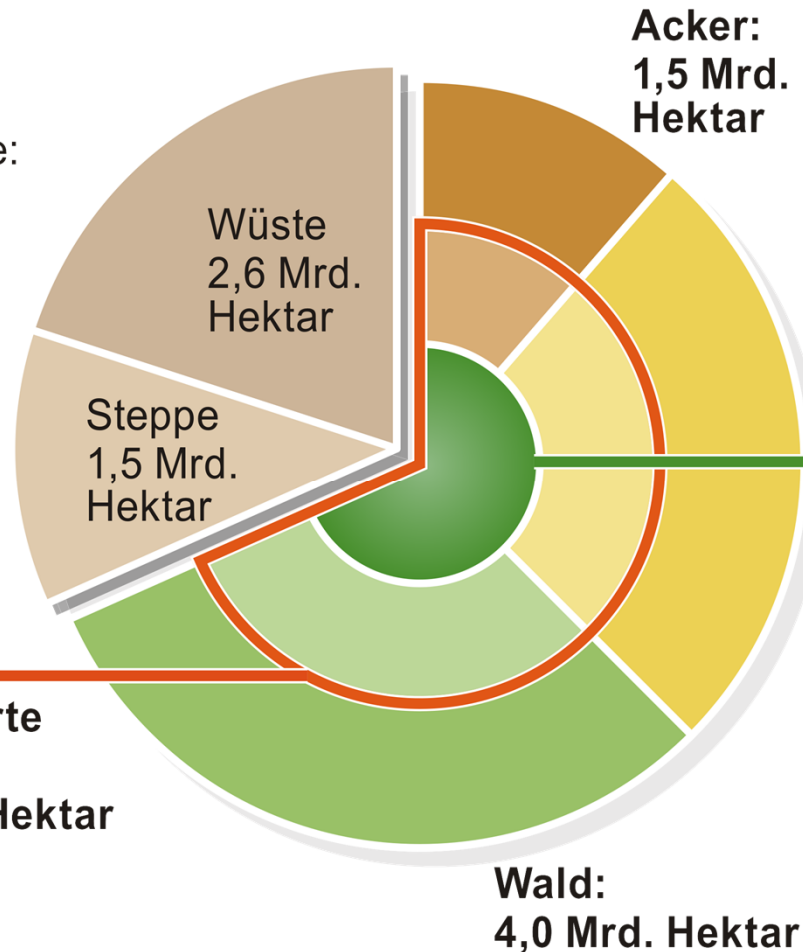


Quelle: BMU 03/2012

Erneuerbare Energie

■ Geringer Flächenbedarf für hohe Anteile von Biokraftstoffen

Gesamte weltweite Landfläche:
12,9 Mrd. Hektar



Durch Anbau von Energiepflanzen auf rund **25 %** der degradierten Flächen könnten Biokraftstoffe erzeugt werden, die **50 %** des globalen Kraftstoffverbrauchs decken.

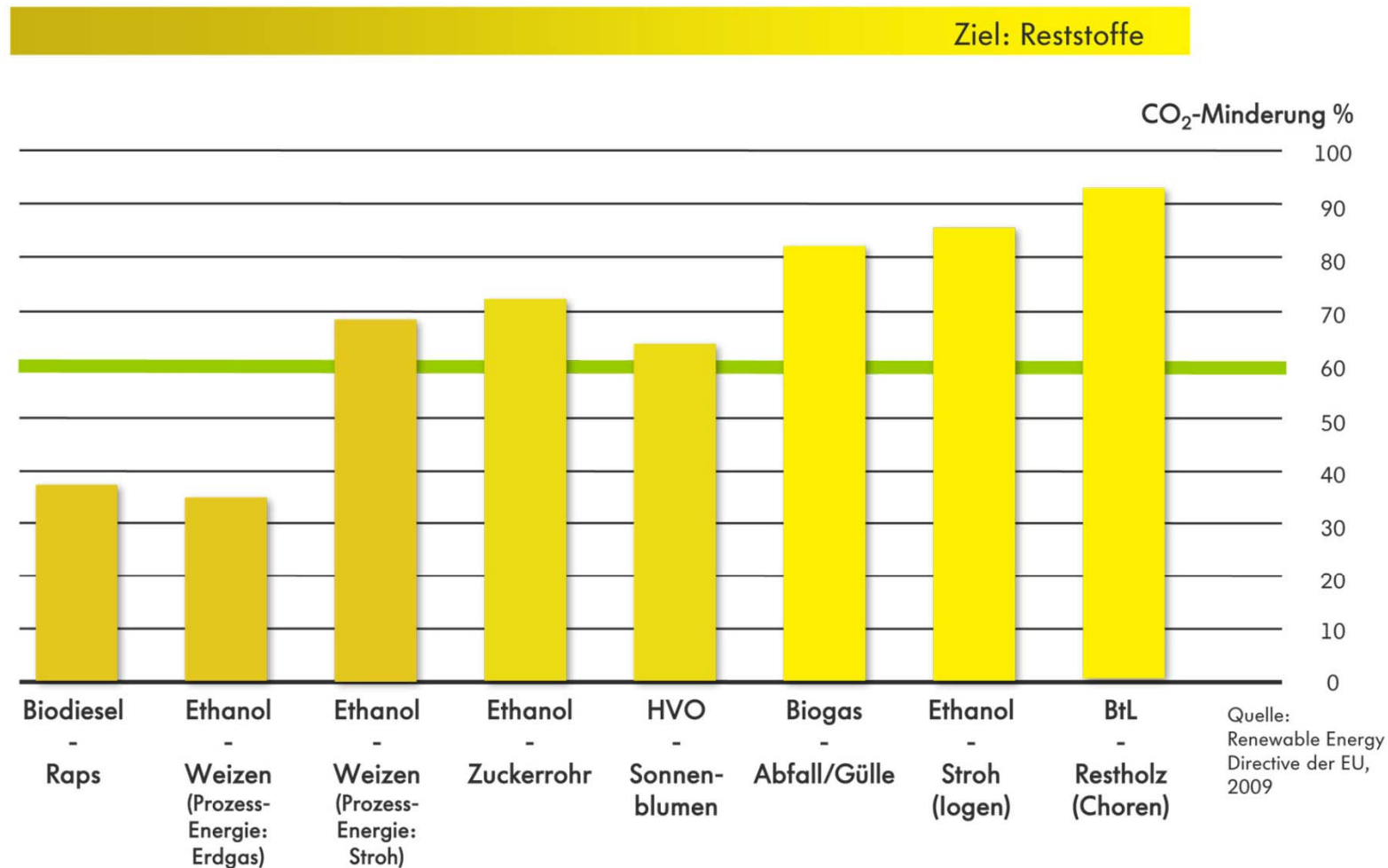


Weide:
3,4 Mrd. Hektar

Zum Vergleich: ●
Weltweite Anbaufläche für Bioenergie 2007:
rund 30 Mio. Hektar

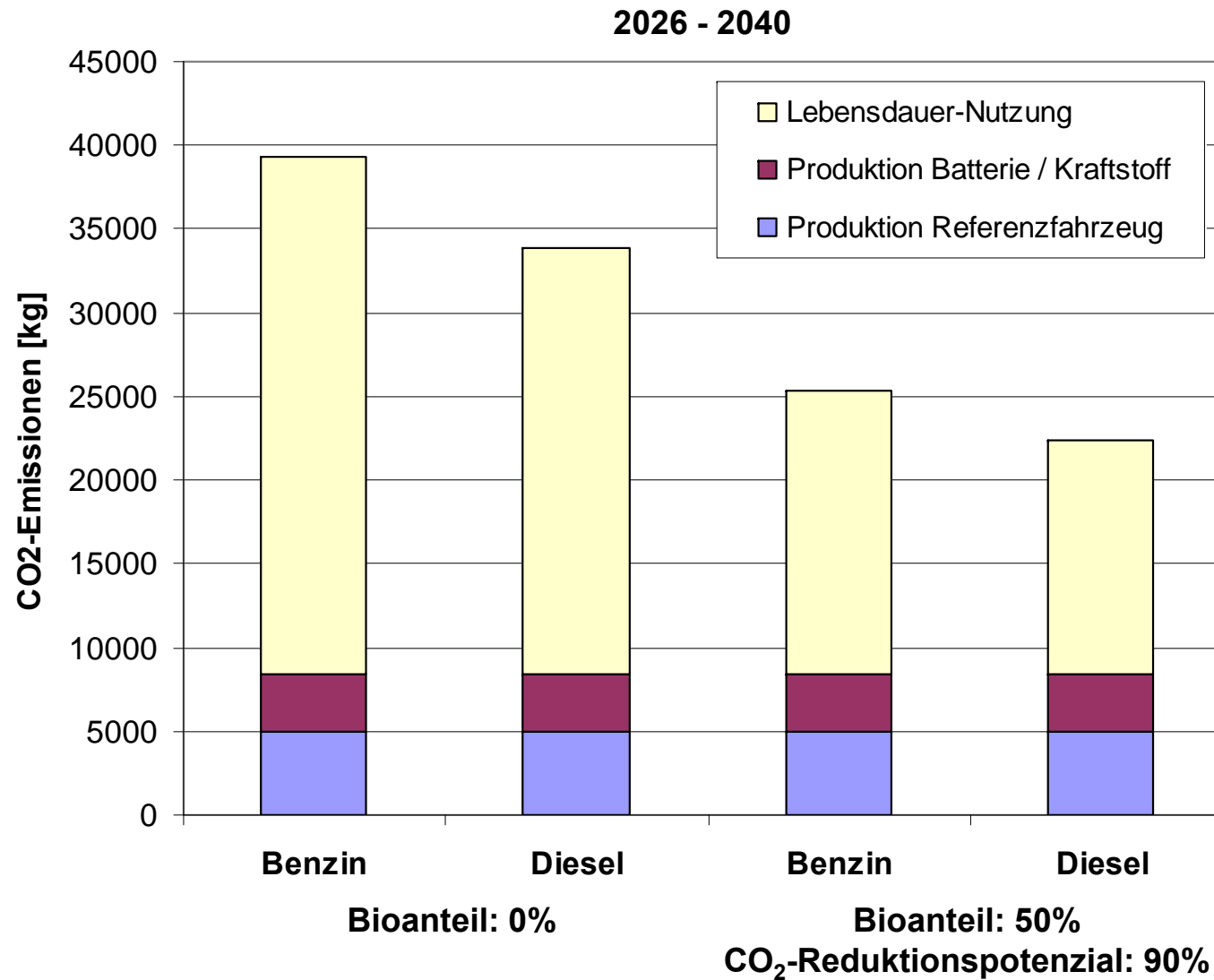
Quelle: FAO; Metzger and Hüttermann, 2/2009, www.unendlich-viel-energie.de

CO₂-Minderungspotenzial von Biokraftstoffen



Quelle: Hadler, J., „Mobilität im Spannungsfeld globaler Energieketten“, 32. Internationales Wiener Motorensymposium, 2011

CO₂-Emissionen für gesamten Fahrzeug-Lebenszyklus: mit und ohne Bioanteil (jeweils 15 Jahre)



Alles nur Bio?

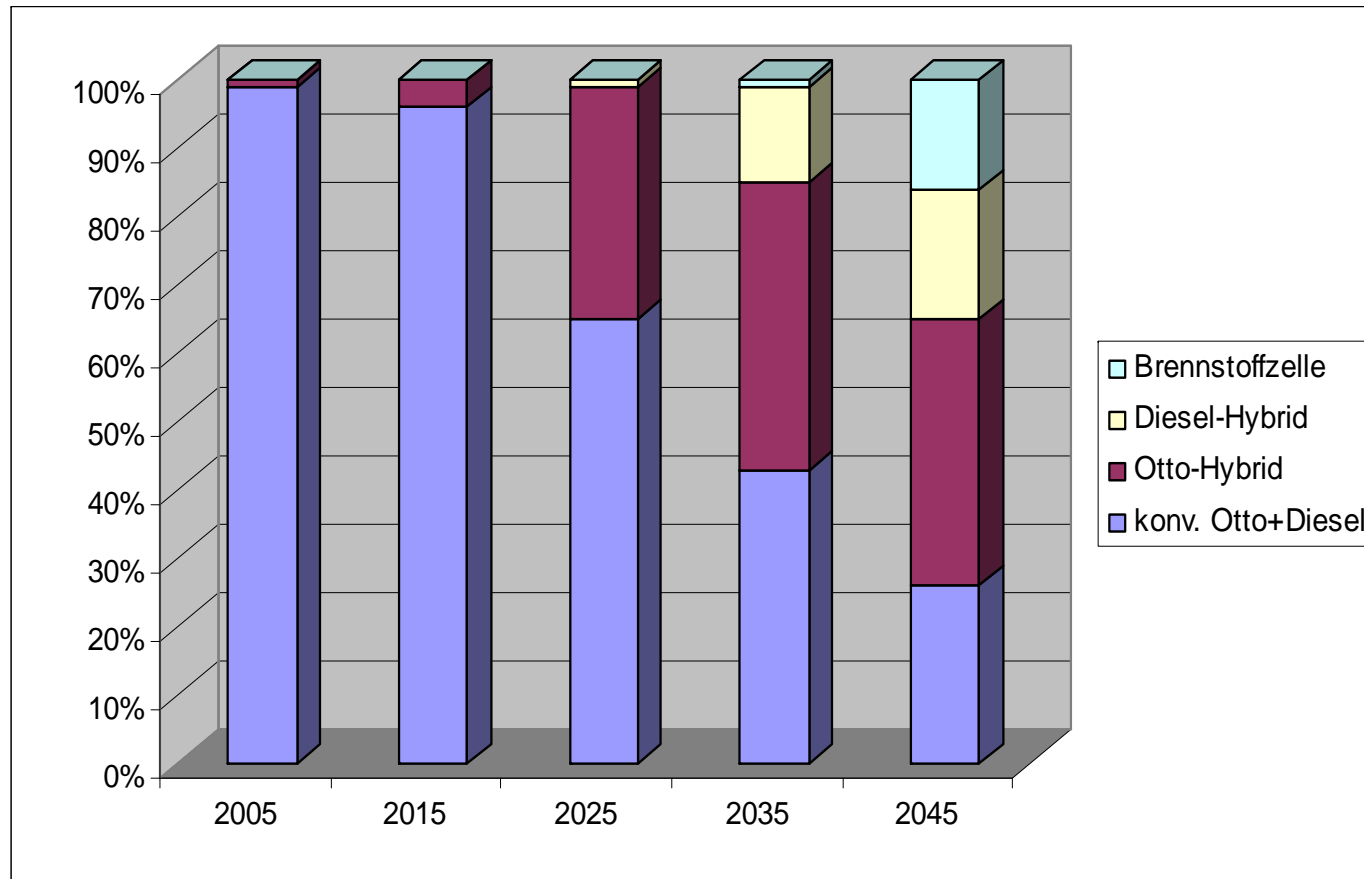
Im mobilen Bereich ja, weil:

- **Biokraftstoffe ein hohes CO₂-Vermeidungspotenzial haben**
- **vorhandene Infrastruktur nutzbar**
- **Biokraftstoffe können zu akzeptablen Kosten hergestellt werden**

INHALT

- Einleitung
- Quelle-Rad-Bilanz: CO₂-Emission
- **Zusammenfassung**

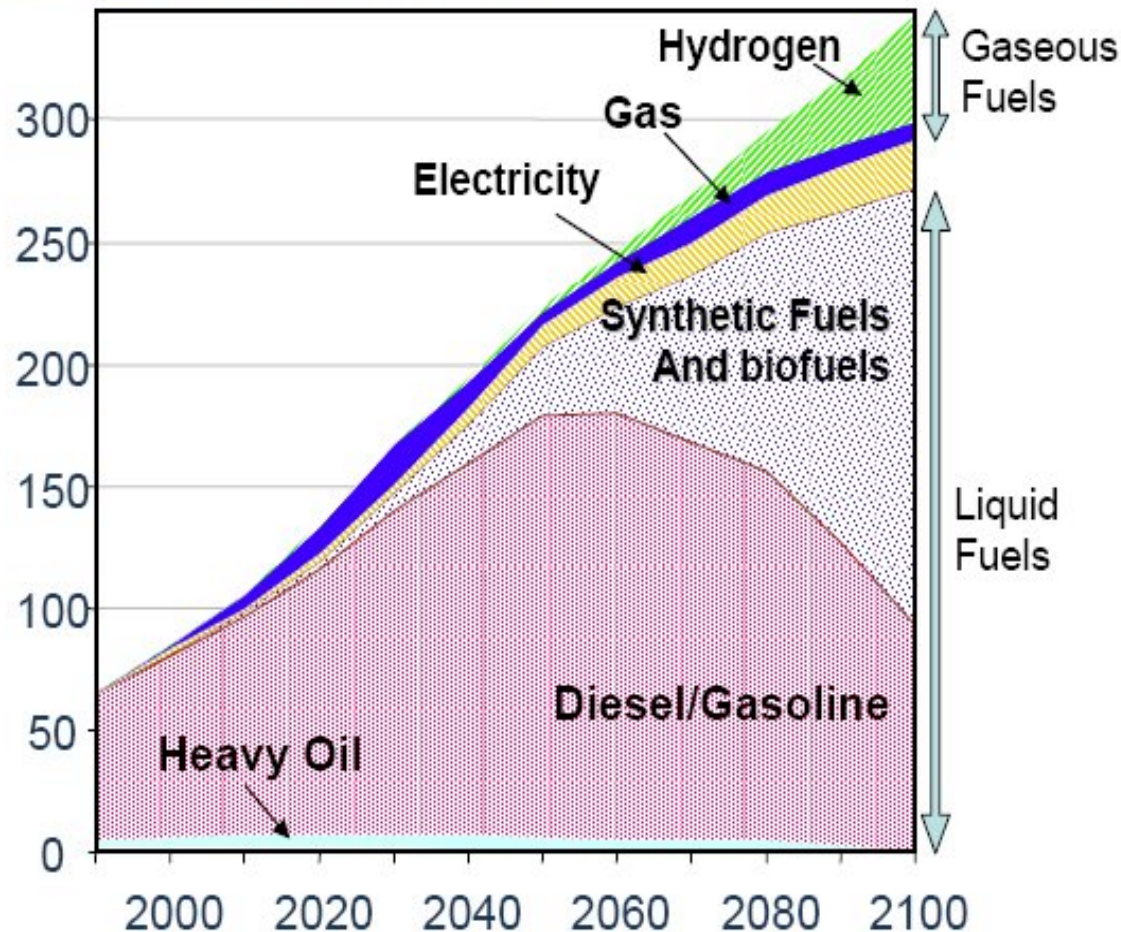
Weltweiter Marktanteil der Antriebe in Neufahrzeugen



Quelle: Nissan

Forecast: Fuels for Powertrains

Energy Demand ($\times 10^{18}$ J)



- Since there are no natural H₂ sources, H₂ is not an energy source, but rather an energy carrier
- **World Energy Council: H₂ will play no significant role in the next 50 years**
- Proportion of fossil fuels will decrease from 2050 on
- Liquid fuels will still dominate in 2100 (combustion engines)

source: WEC

Schlussfolgerungen

Verbrennungsmotoren wird es noch lange geben

Flüssige Kraftstoffe mit sehr hoher Energiedichte wird es ebenfalls so lange geben, so lange es Verbrennungsmotoren gibt

CO₂-Reduktion > 90% nur möglich mit “kohlenstofffrei”:

Biokraftstoffe für mobile Anwendung

Stromerzeugung mit erneuerbaren Energieträgern

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Empfehlung

Flüssige Kraftstoffe für automobiler Anwendung

Nicht-Flüssige Kraftstoffe für stationäre Anwendung