

# 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



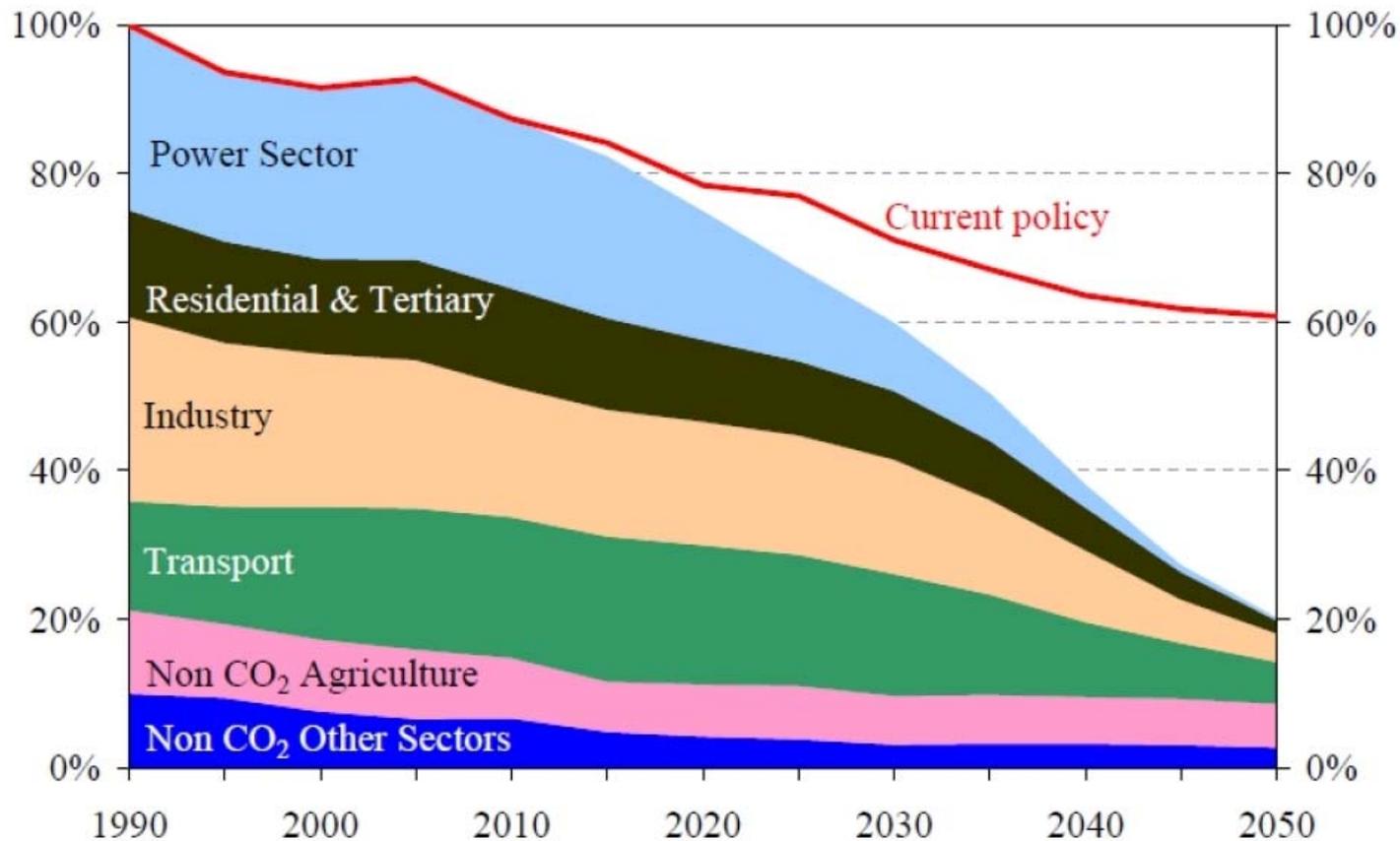
# INHALT

- **Einleitung**
- **Quelle-Rad-Bilanz: CO<sub>2</sub>-Emission**
- **Zusammenfassung**

# INHALT

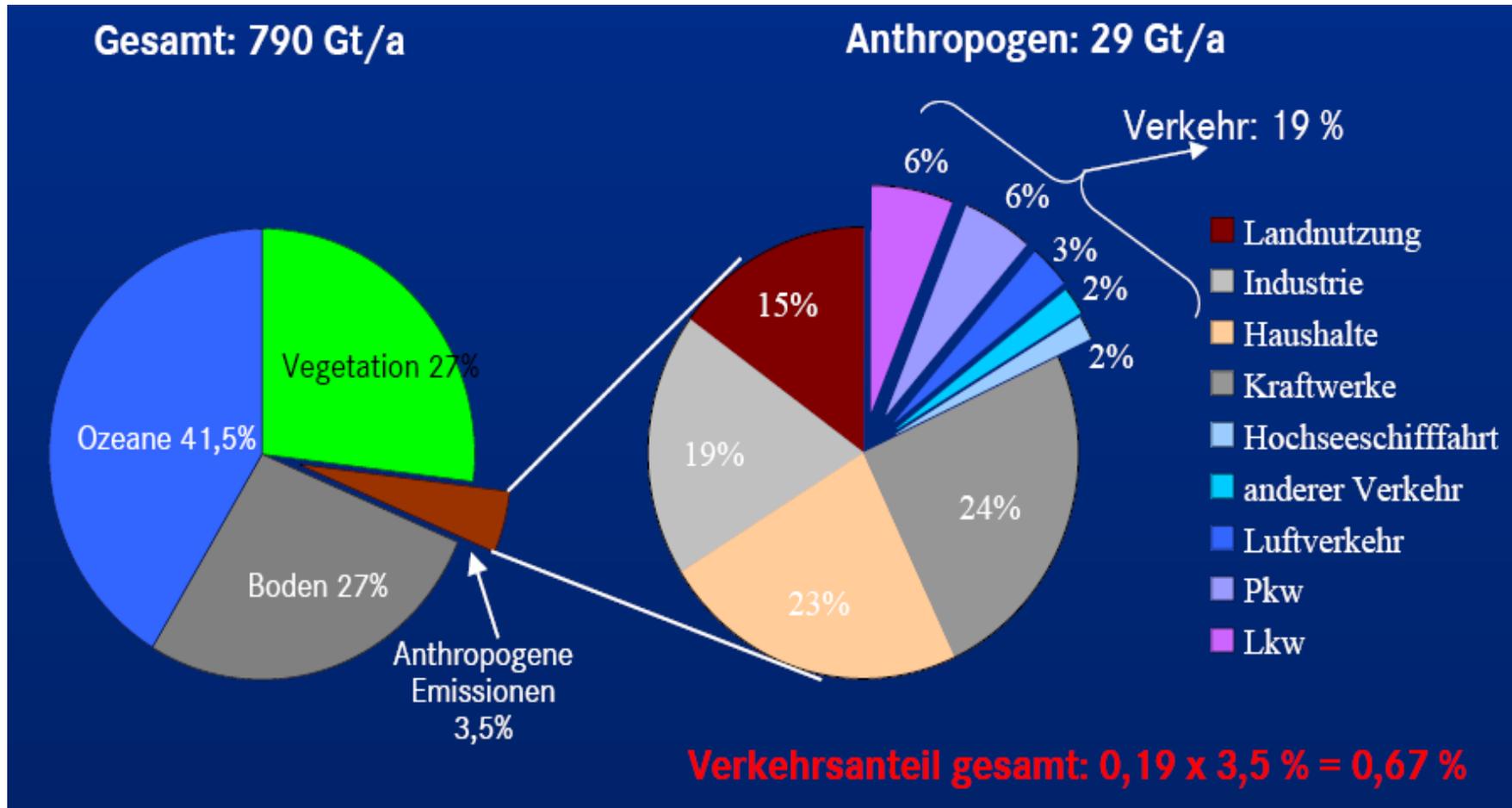
- **Einleitung**
- Quelle-Rad-Bilanz: CO<sub>2</sub>-Emission
- Zusammenfassung

# CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-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: CO<sub>2</sub>-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 <sup>2</sup>  |                      |
| 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 |

### CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>**

### 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 <sup>2</sup>  |                      |
| 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 CO<sub>2</sub>/kWh (konv. 62,5%/erneuerbar 20%/Kernenergie 17,5%)**

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

## CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro PKW im Lebenszyklus

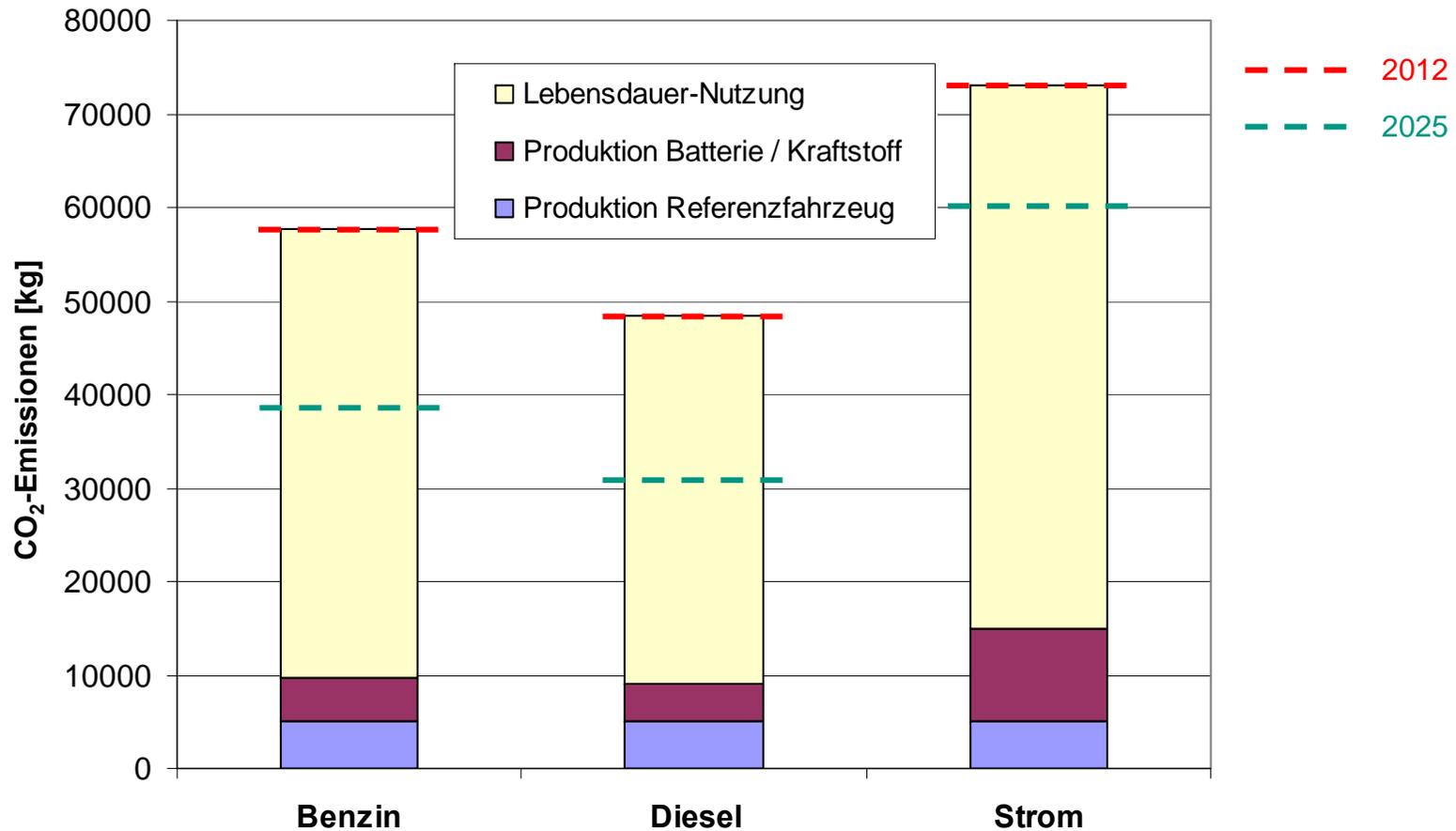
**Gesamt: 76.800 kg**

**61.800 kg+ 5.000 kg Fahrzeugproduktion**

**+ 2x5.000 kg für Batterie**



# CO<sub>2</sub>-Emissionen für Fahrzeug-Lebenszyklus (jeweils 15 Jahre; 250000 km)



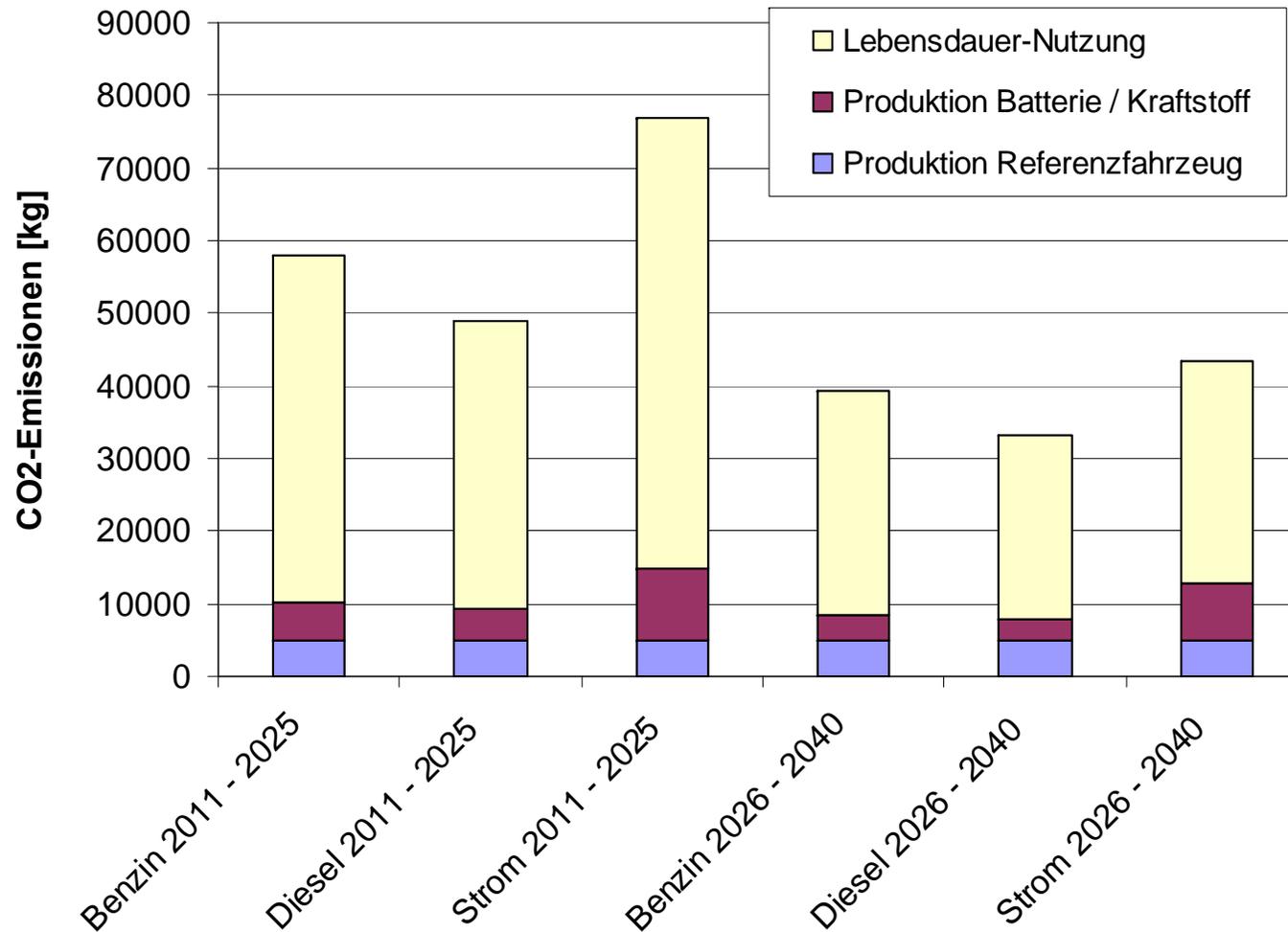
**Wechsel zur Elektromobilität im Jahre 2012: 50 Mio. t zusätzliches CO<sub>2</sub> pro Jahr (50% mehr)  
(technischer Stand im Jahre 2025: 66 Mio. t zusätzliches CO<sub>2</sub> pro Jahr)**

# Lebenszyklusanalyse: CO<sub>2</sub>-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)



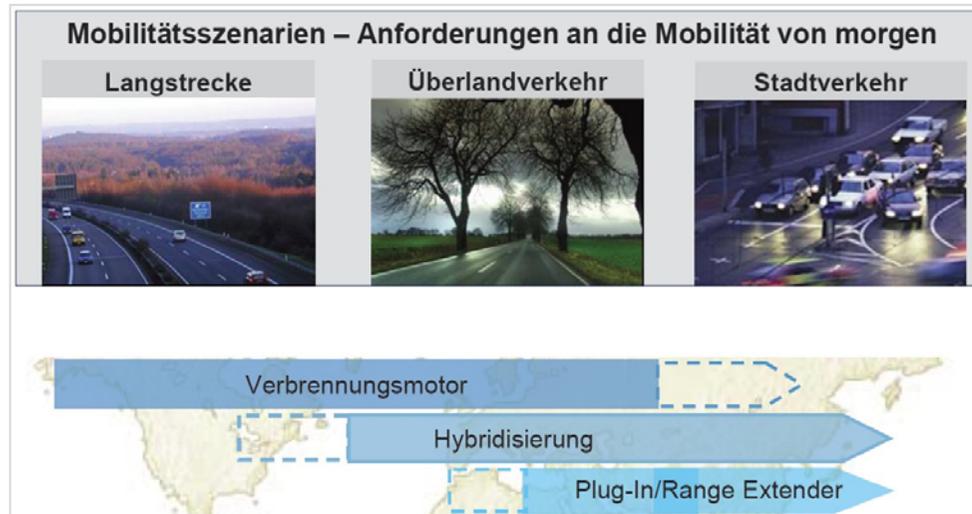
## **Alles nur Elektro?**

**Nein, denn, von den Kosten abgesehen, würde sich die CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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**

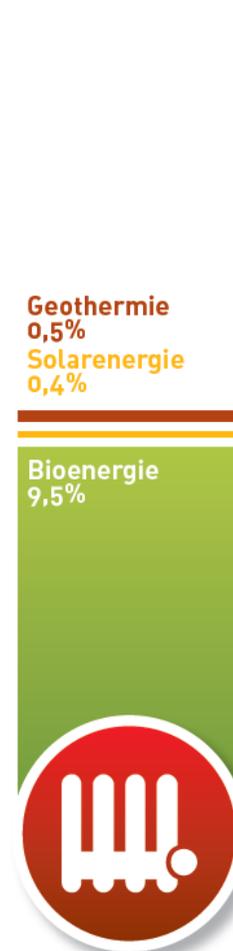
**Synthesekraftstoffe aus biologischen Reststoffen sind geeignet (Tailor-made-Fuels mit hoher Energiedichte)**

# Bedeutung der Bioenergie innerhalb der Erneuerbaren Energien 2011

**Strom**  
20,0%



**Wärme**  
10,4%



**Kraftstoff**  
5,6%

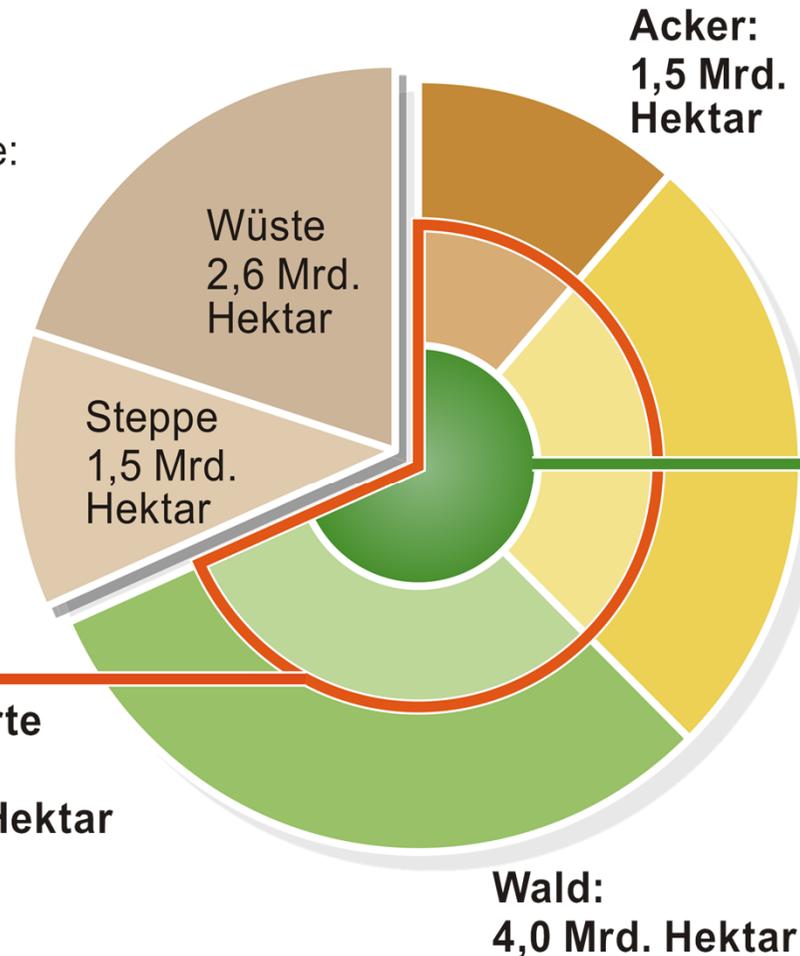


Quelle: BMU 03/2012

# Erneuerbare Energie

## ■ Geringer Flächenbedarf für hohe Anteile von Biokraftstoffen

Gesamte weltweite Landfläche:  
**12,9 Mrd. Hektar**



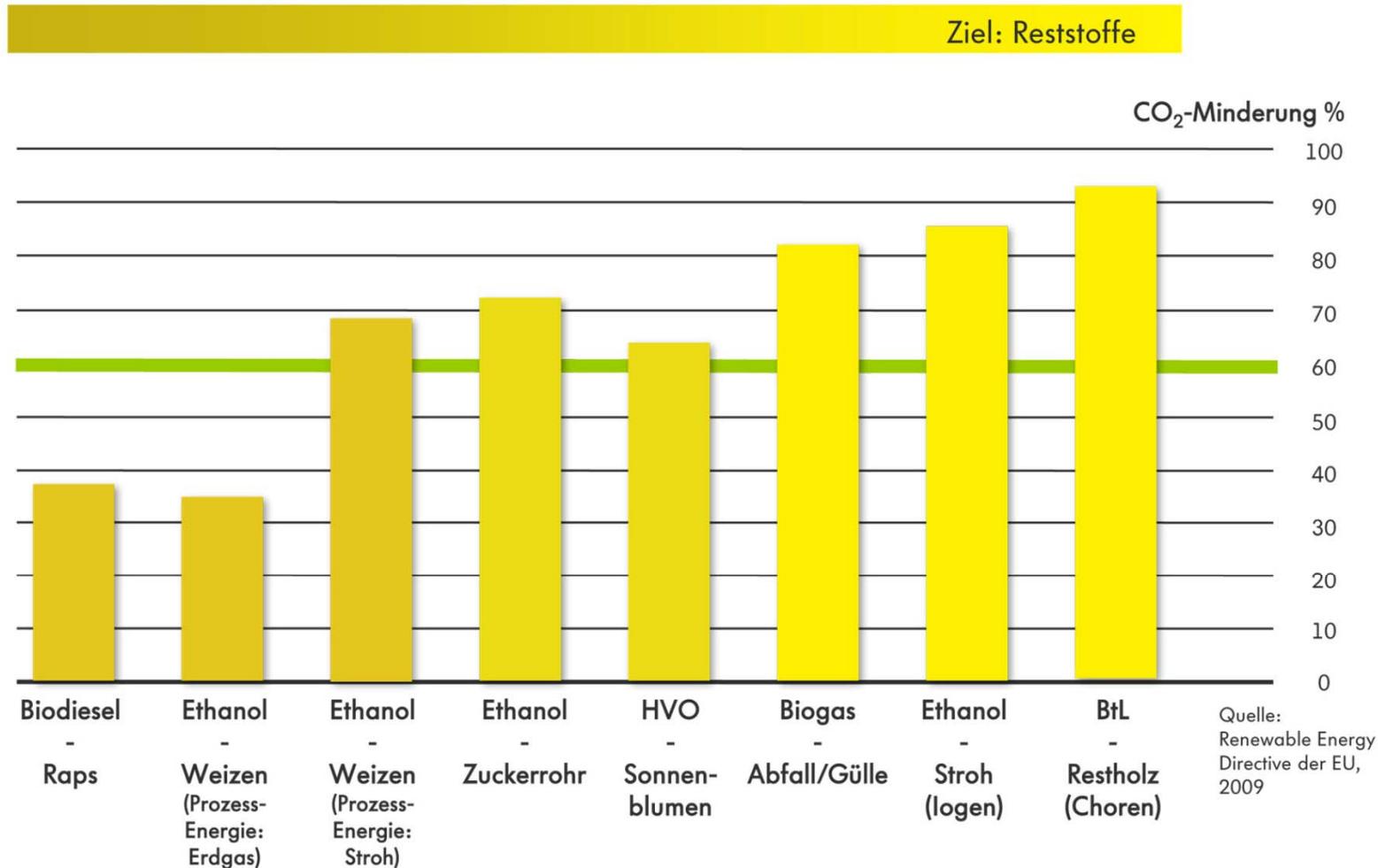
**Durch Anbau von Energiepflanzen** auf rund **25 %** der degradierten Flächen könnten Biokraftstoffe erzeugt werden, die **50 %** des globalen Kraftstoffverbrauchs decken.

**Weide:**  
**3,4 Mrd. Hektar**

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

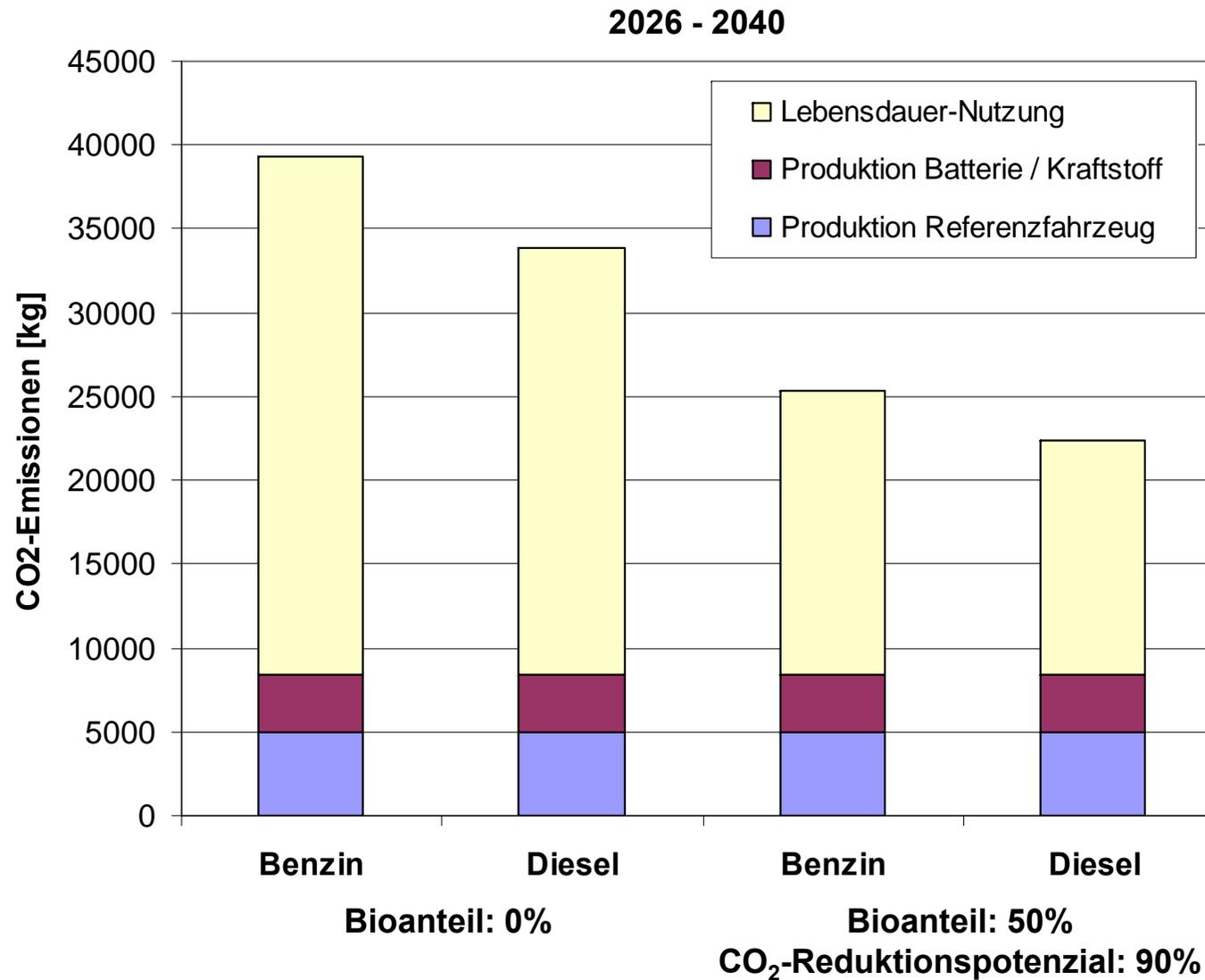
Quelle: FAO; Metzger and Hüttermann, 2/2009, [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

# CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial von Biokraftstoffen



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

# CO<sub>2</sub>-Emissionen für gesamten Fahrzeug-Lebenszyklus: mit und ohne Bioanteil (jeweils 15 Jahre)



## Alles nur Bio?

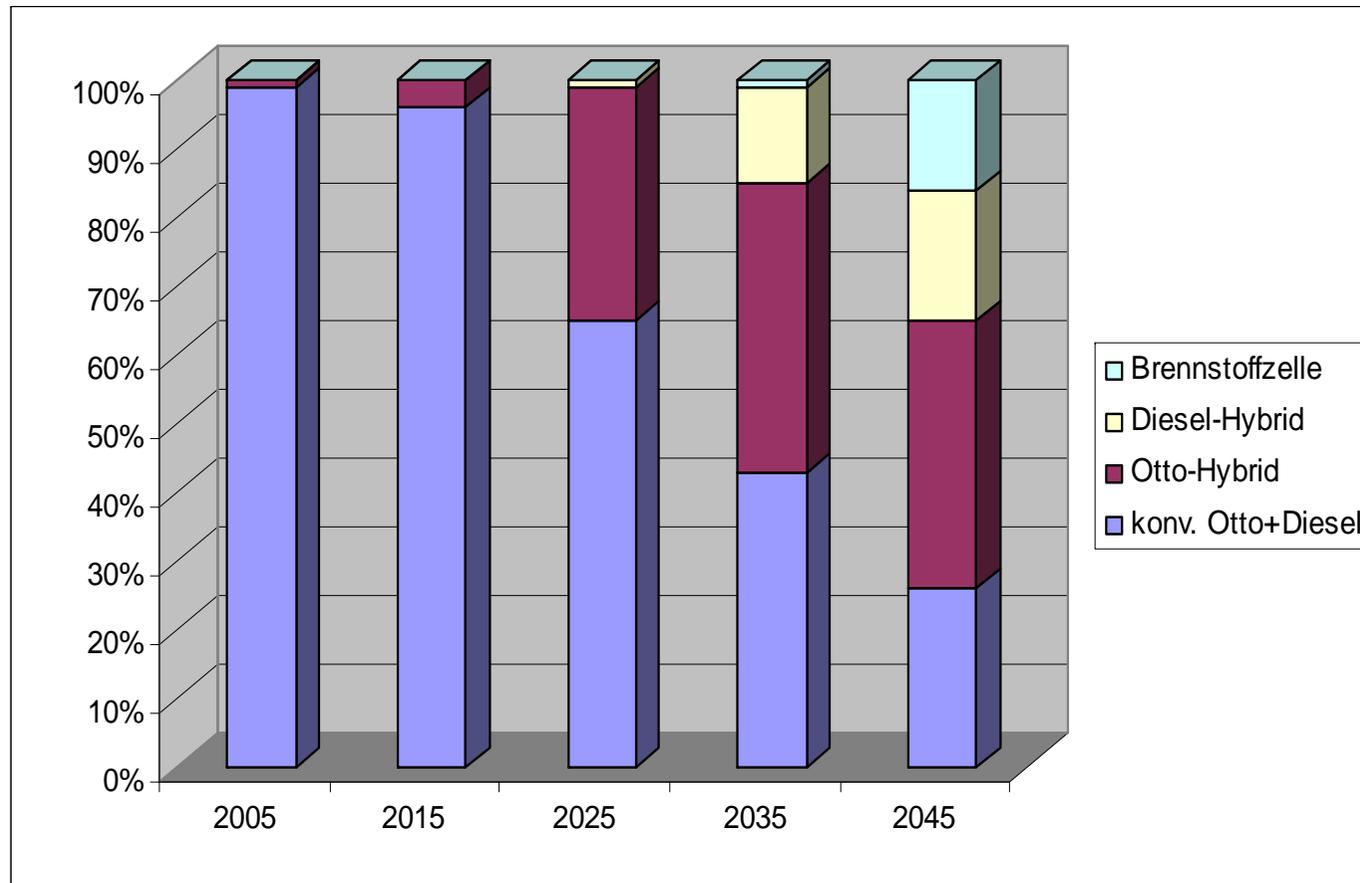
Im mobilen Bereich ja, weil:

- **Biokraftstoffe ein hohes CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial haben**
- **vorhandene Infrastruktur nutzbar**
- **Biokraftstoffe können zu akzeptablen Kosten hergestellt werden**

# INHALT

- Einleitung
- Quelle-Rad-Bilanz: CO<sub>2</sub>-Emission
- **Zusammenfassung**

# Weltweiter Marktanteil der Antriebe in Neufahrzeugen



Quelle: Nissan



## **Schlussfolgerungen**

**Verbrennungsmotoren wird es noch lange geben**

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

**CO<sub>2</sub>-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**