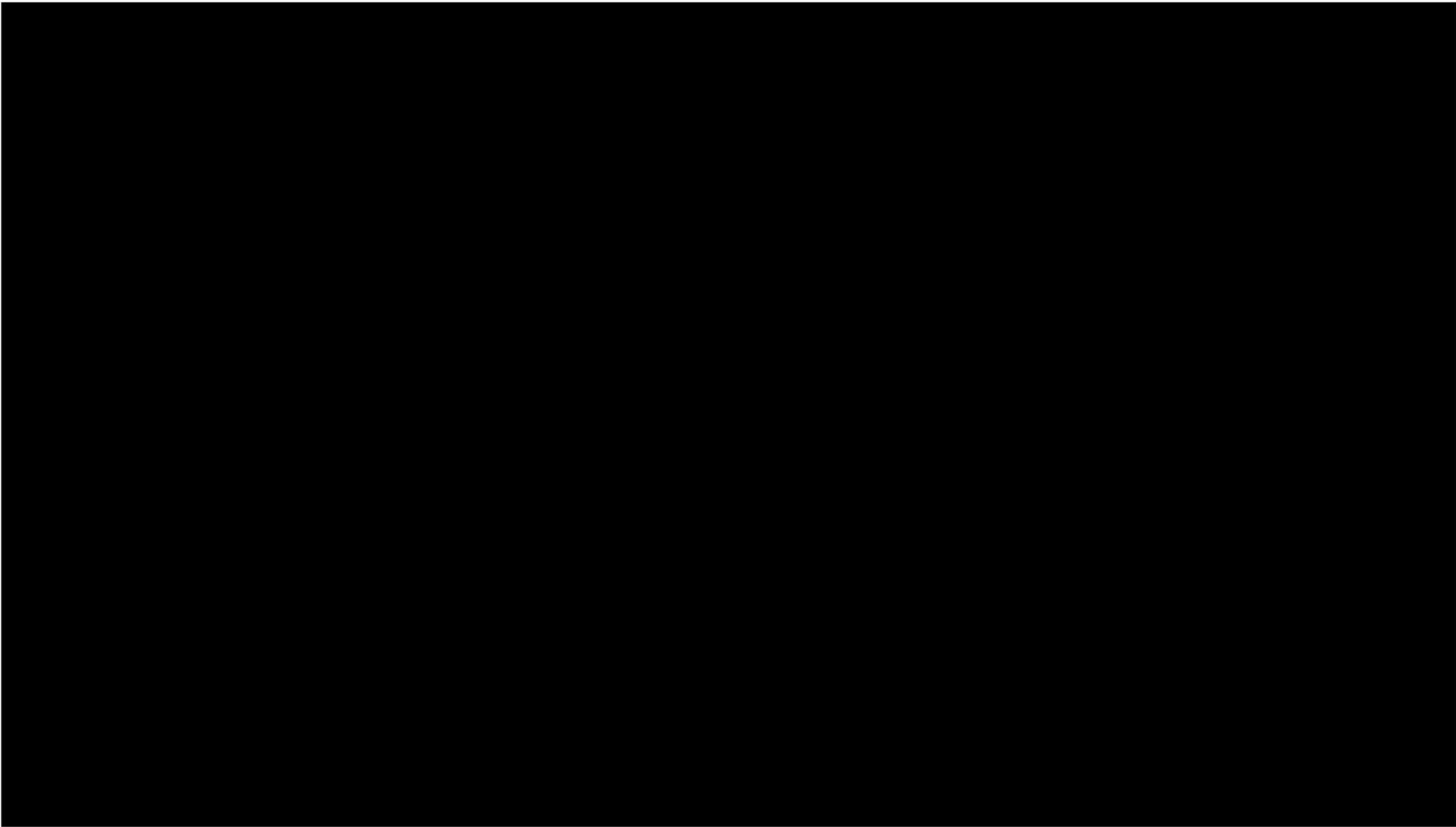
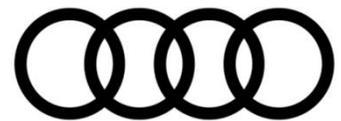


# Die Energiewende im Tank

Dr. Hermann Pengg, AUDI AG



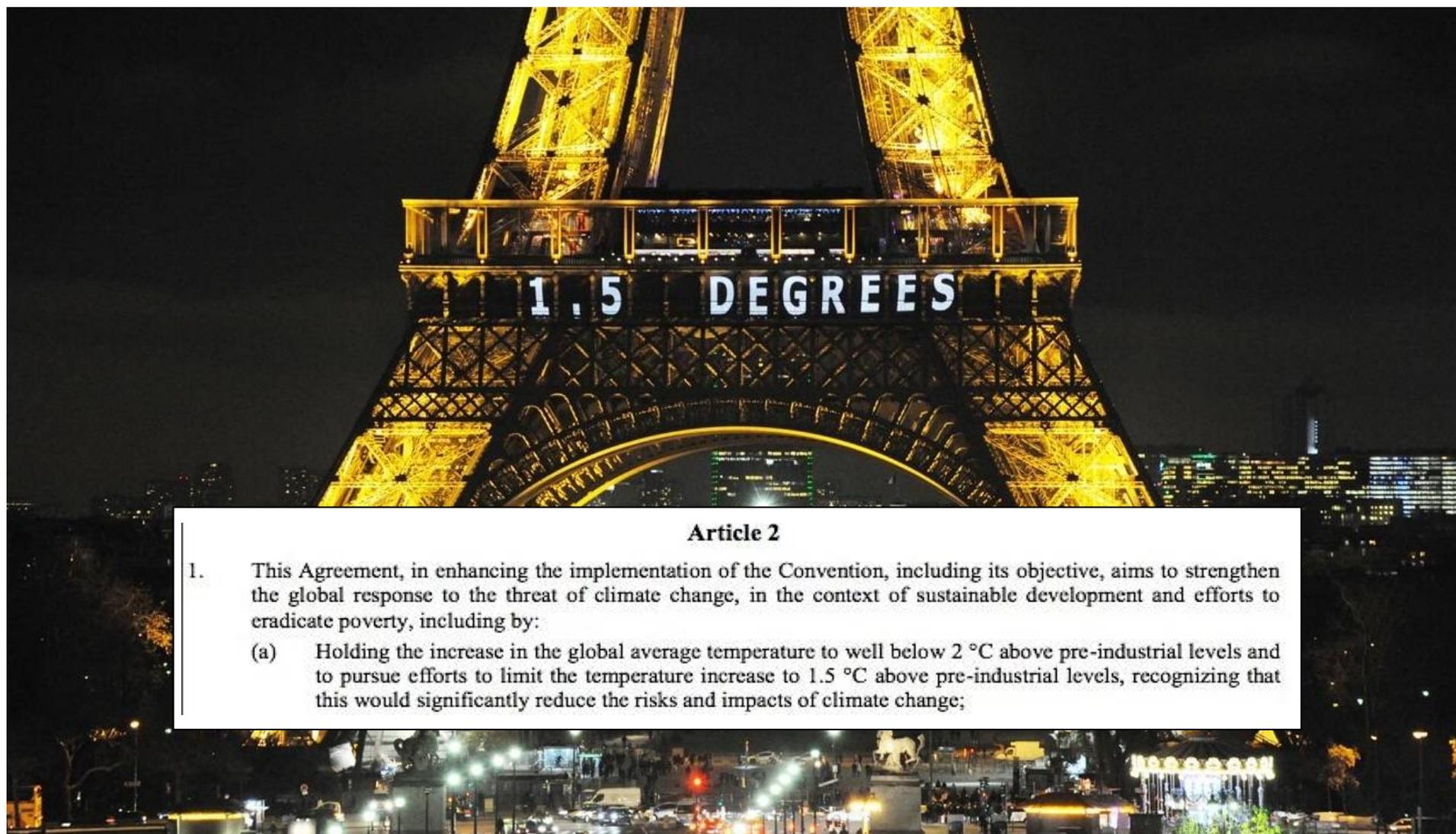


# Die Energiewende im Tank

Dr. Hermann Pengg, AUDI AG

# Agenda

- 1 Probleme**
- 2 Bewertungsmethode für Umweltauswirkungen**
- 3 Elektromobilität**
- 4 Erneuerbare Kraftstoffe**
- 5 Fazit**



## Article 2

1. This Agreement, in enhancing the implementation of the Convention, including its objective, aims to strengthen the global response to the threat of climate change, in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty, including by:
  - (a) Holding the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;

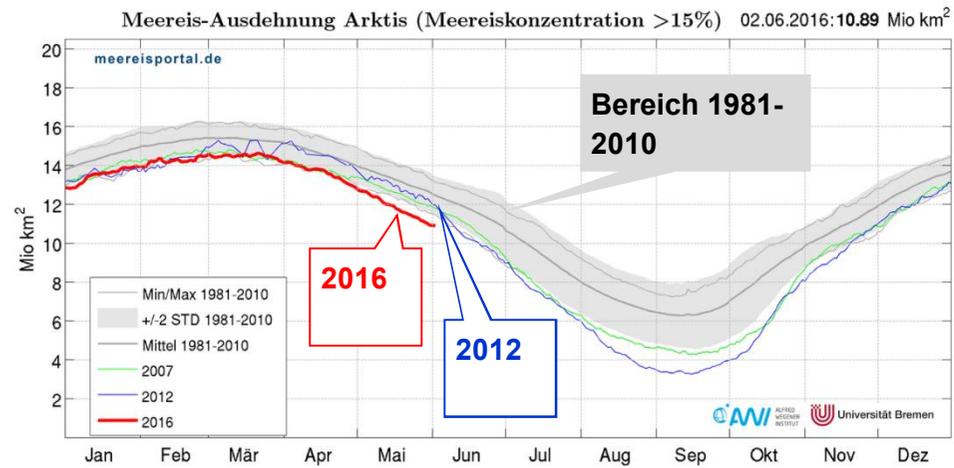


**Was würde passieren,  
wenn das Eis  
vollständig  
abschmilzt?**





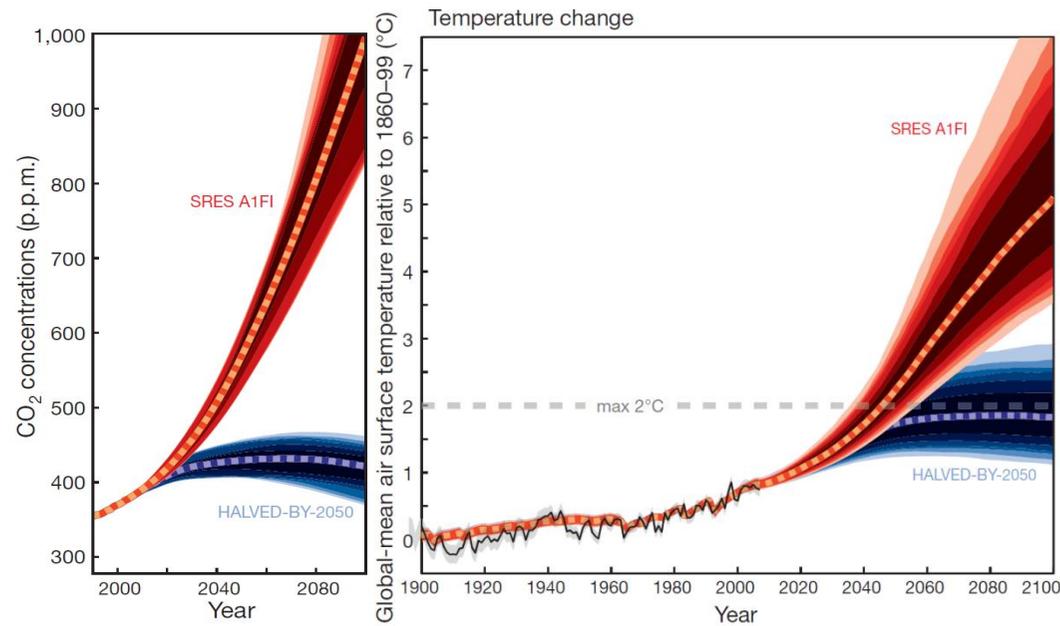
# Das Eis am Nordpol schmilzt rascher als je zuvor





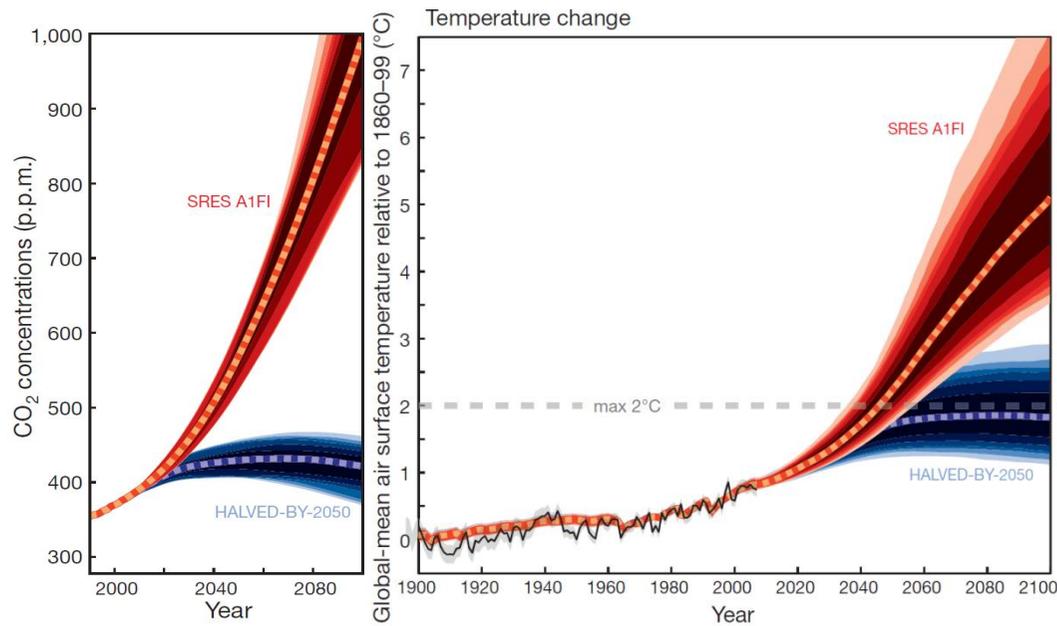
# 1 Probleme

## Problem 1: Zur Einhaltung des 2°C-Zieles ist es notwendig, die Emissionen von 1990 bis 2050 zu halbieren

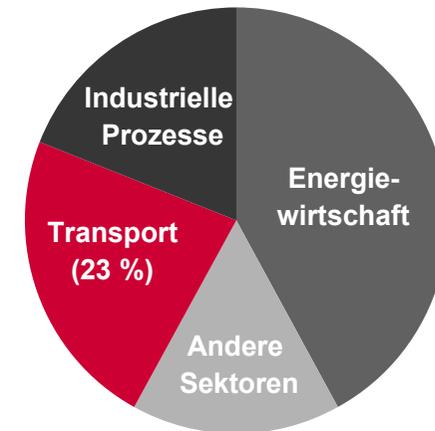


Quellen: Meinshausen (2009) „Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C“; IEA (2015) „Key trends in CO<sub>2</sub> emissions“; VW (2014) „Nachhaltigkeitsbericht“ Scope 3 THG Emissions für 2013 321 Mio. t CO<sub>2</sub>

## Problem 1: der Transportsektor ist für mehr als 20% aller direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich



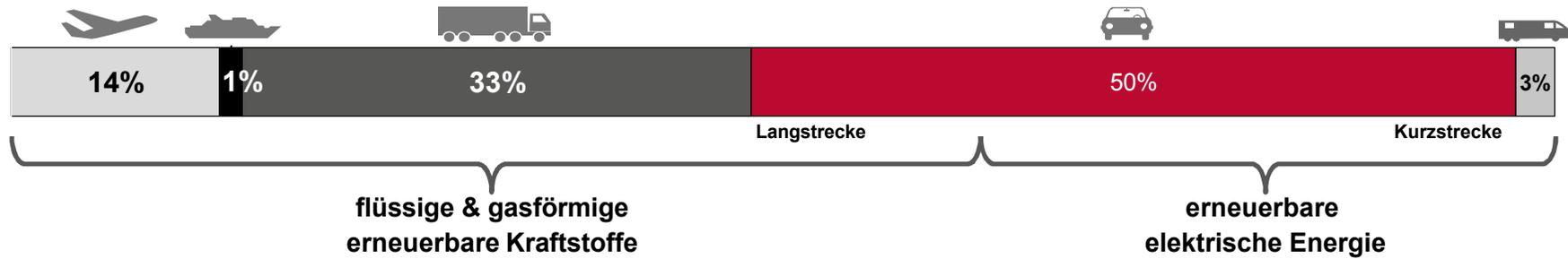
Weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen  
33.000 Mio. T CO<sub>2</sub> (2013)



Quellen: Meinshausen (2009) „Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C“; IEA (2015) „Key trends in CO<sub>2</sub> emissions“; VW (2014) „Nachhaltigkeitsbericht“ Scope 3 THG Emissions für 2013 321 Mio. t CO<sub>2</sub>

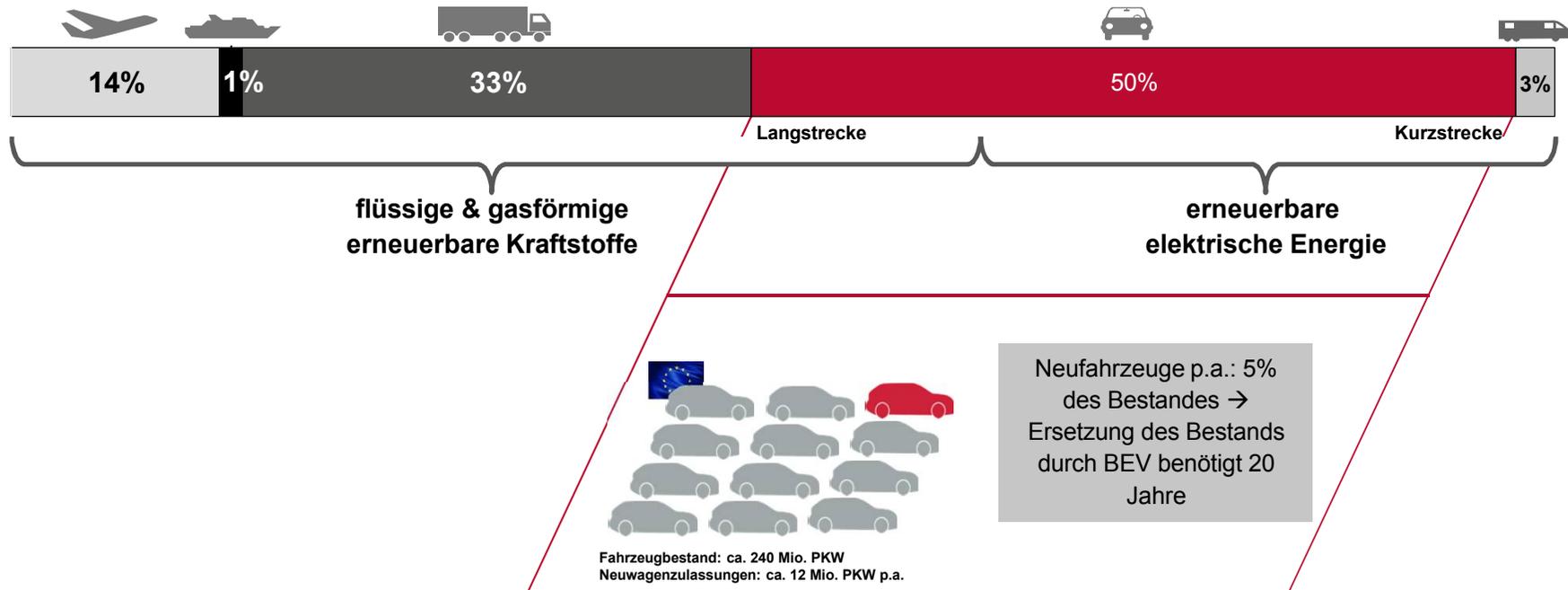


## Problem 2 (Bsp. EU): Der Transportsektor kann nur zu ca. 50% mit Elektromobilität CO2-neutral gemacht werden





# Die Ersetzung des Fahrzeugbestands durch BEV (battery electric vehicle) benötigt 20 Jahre

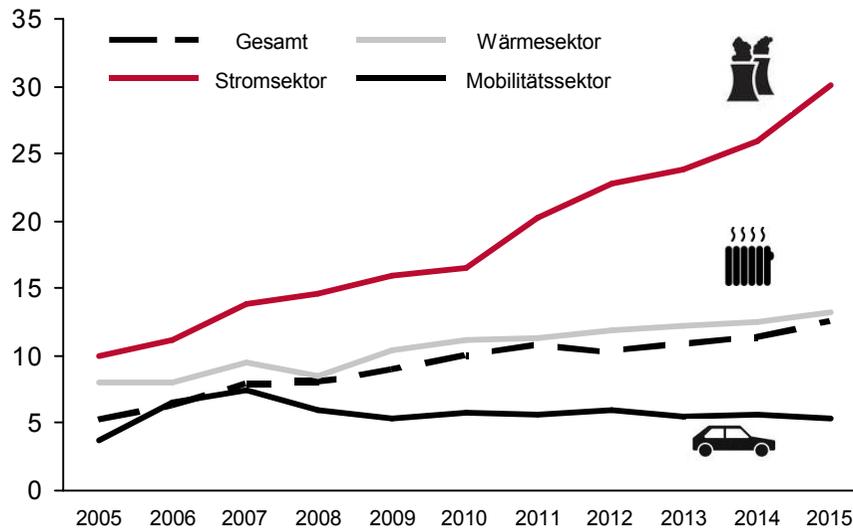


Quellen: Eurostat, European Commission, DG Energy and Transport: European Energy and Transport, Trends to 2030  
Institut der deutschen Wirtschaft Köln – CO2-Regulierung in Europa



## Die Dekarbonisierung des Transportsektors in Deutschland stagniert seit Jahren

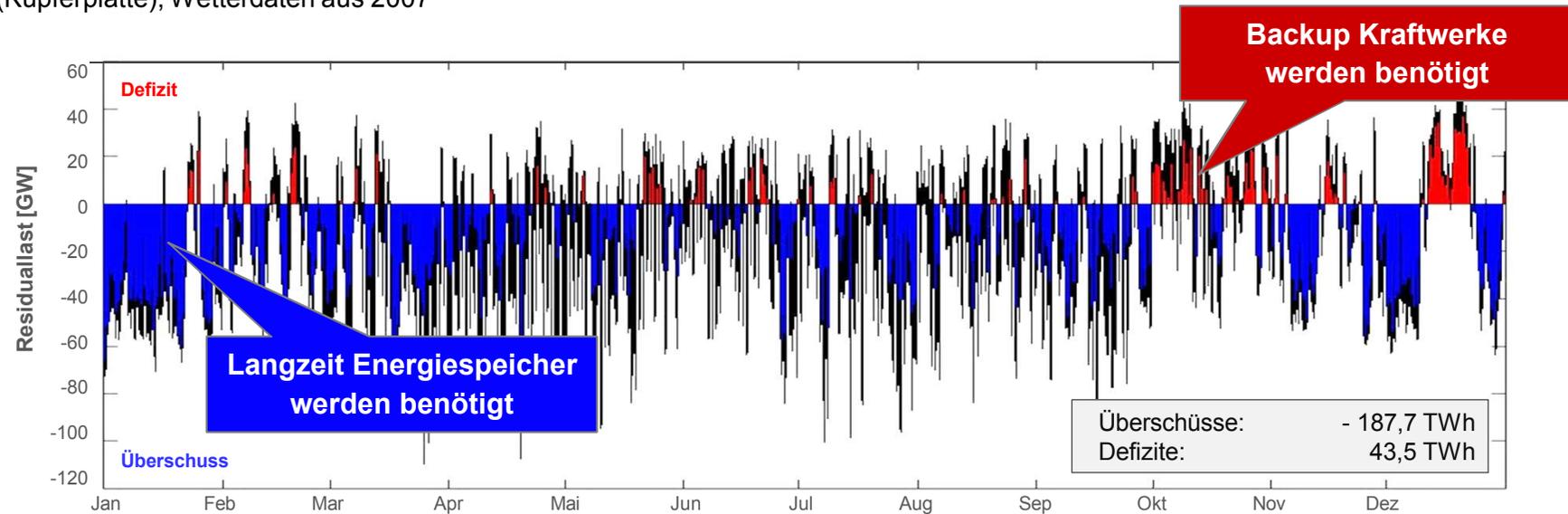
Anteil Erneuerbarer Energie in Deutschland nach Sektoren in %





## Problem 3 (Bsp DE): in einem Stromsystem mit ca 80% erneuerbarer Energien geht ca 30% der Energie verloren

Simulation der Residuallast bei 78% Anteil Erneuerbarer Energien in Deutschland, keine Exporte/Importe, idealer Netzausbau (Kupferplatte), Wetterdaten aus 2007

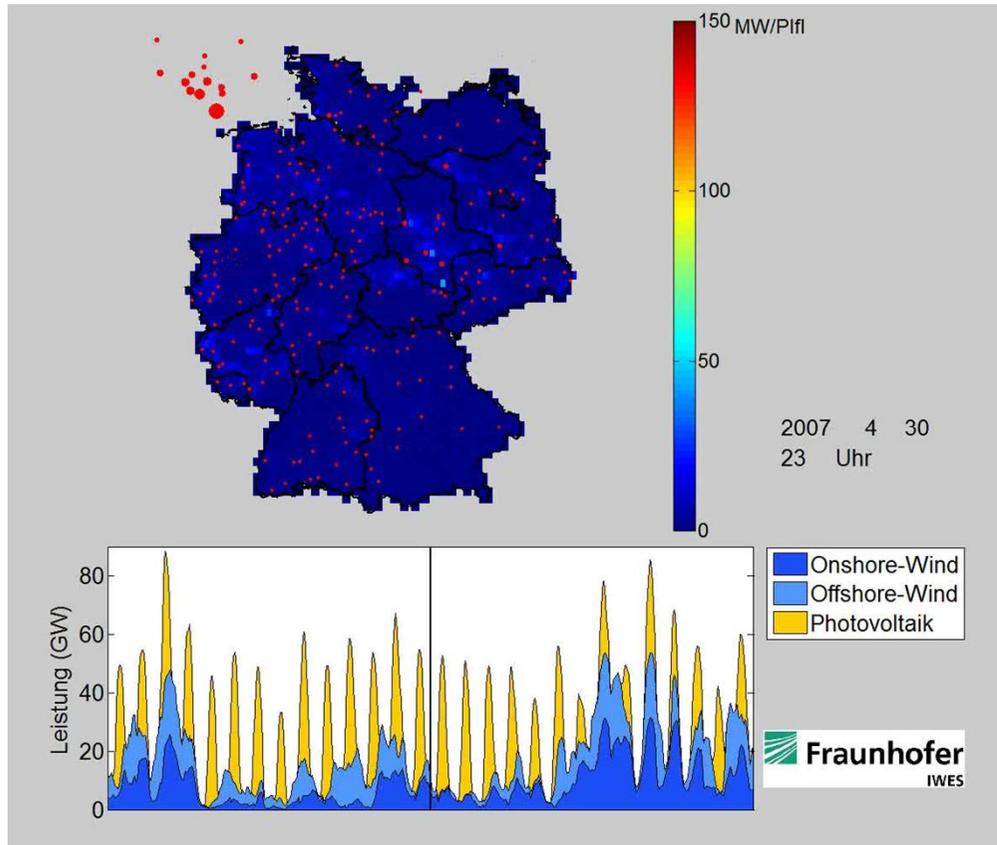




**Bereits ab 2020 werden in Deutschland Probleme aufgrund der fluktuierenden erneuerbaren Energien auftreten**

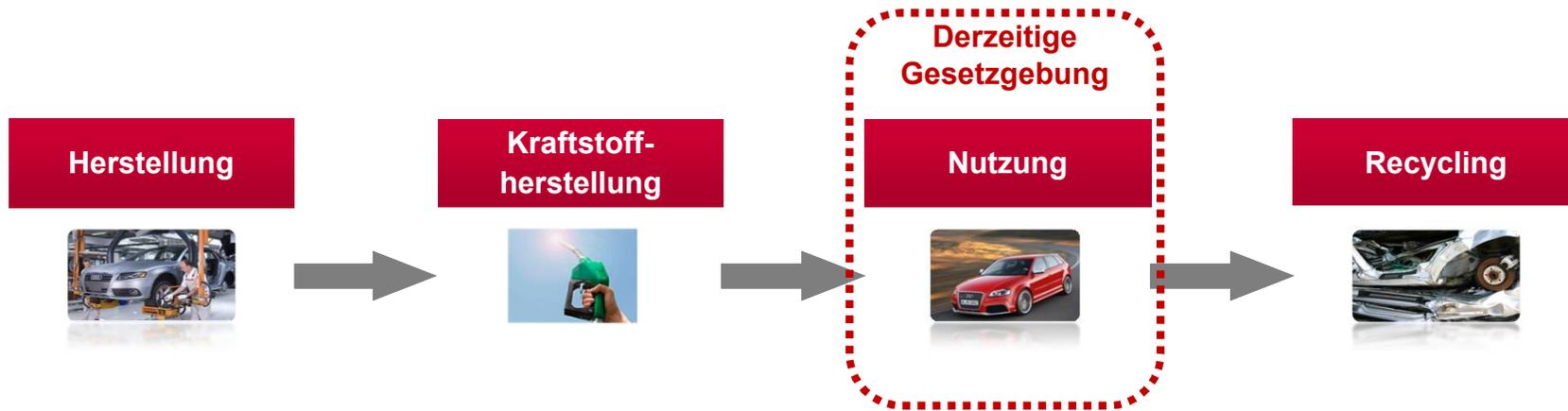


## Bereits ab 2020 werden in Deutschland Probleme aufgrund der fluktuierenden erneuerbaren Energien auftreten



# **3** Bewertungsmethode für Umweltauswirkungen

## Mittels Lebenszyklusanalyse können alle Arten von Emissionen einer Fahrzeugtechnologie vollständig erfasst werden



Ganzheitliche Betrachtung – „Cradle to Grave“

## Lebenszyklusanalyse für A3, 200.000 km Laufleistung; Emissionsangaben in g/km

Kompaktklasse	Kraftstoffproduktion	Fahrzeugherstellung	Auspuff	Summe*
<b>Verbrenner (Benzin)</b>			114	
<b>Elektrofahrzeug (Strommix / Windenergie)</b>			0	
<b>Audi A3 g-tron (mit Audi e-gas)</b>			92	

\*Recycling: ca 1% aller Emissionen bei TFSI; hier vernachlässigt

## Lebenszyklusanalyse für A3, 200.000 km Laufleistung; Emissionsangaben in g/km

Kompaktklasse	Kraftstoffproduktion	Fahrzeugherstellung	Auspuff	Summe *
<b>Verbrenner (Benzin)</b>	25		114	$\Sigma$ 139
<b>Elektrofahrzeug heute (Strommix)</b>	60**		0	$\Sigma$ 60
<b>Audi A3 g-tron (mit Audi e-gas)</b>	20 e-gas plant -92		92	$\Sigma$ 20 e-gas plant

\*Recycling: ca 1% aller Emissionen bei TFSI; hier vernachlässigt

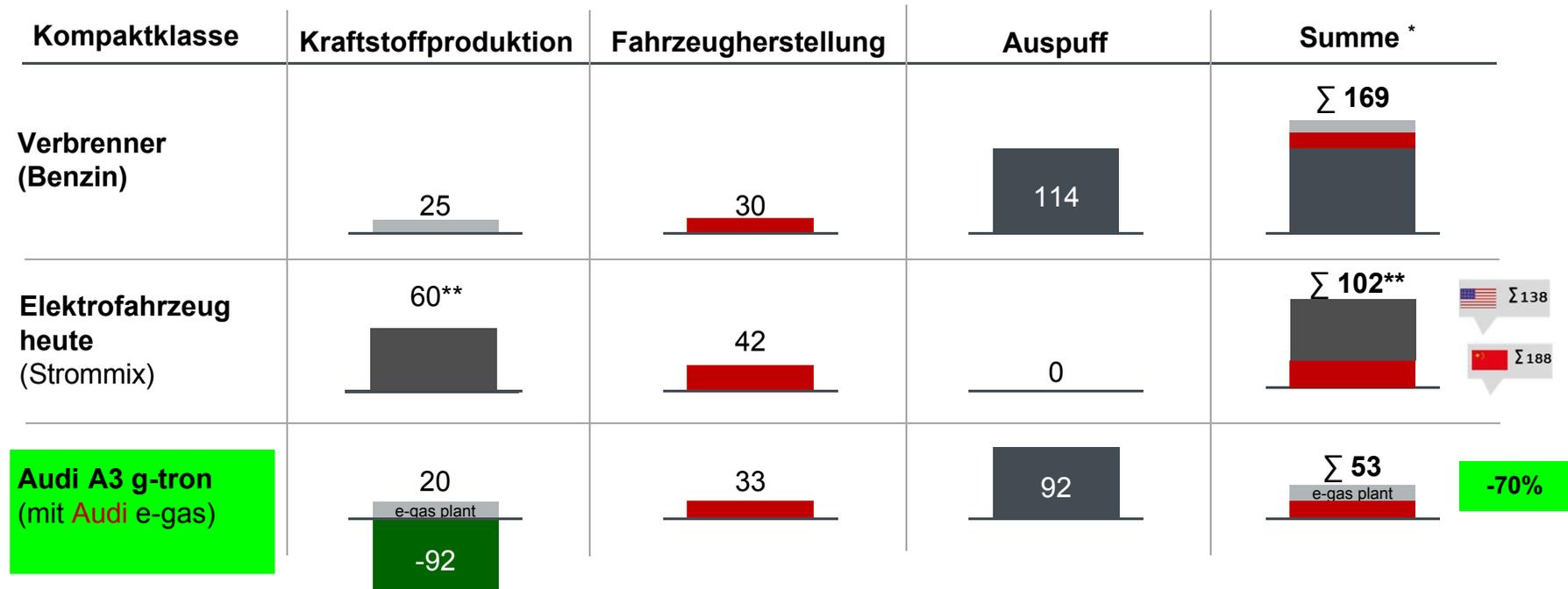
\*\*EU-Strommix 2015

## Lebenszyklusanalyse für A3, 200.000 km Laufleistung; Emissionsangaben in g/km

Kompaktklasse	Kraftstoffproduktion	Fahrzeugherstellung	Auspuff	Summe *
<b>Verbrenner (Benzin)</b>	25		114	$\Sigma$ 139
<b>Elektrofahrzeug (Windenergie)</b>	1		0	$\Sigma$ 1
<b>Audi A3 g-tron (mit Audi e-gas)</b>	20 e-gas plant -92		92	$\Sigma$ 20 e-gas plant

\*Recycling: ca 1% aller Emissionen bei TFSI; hier vernachlässigt

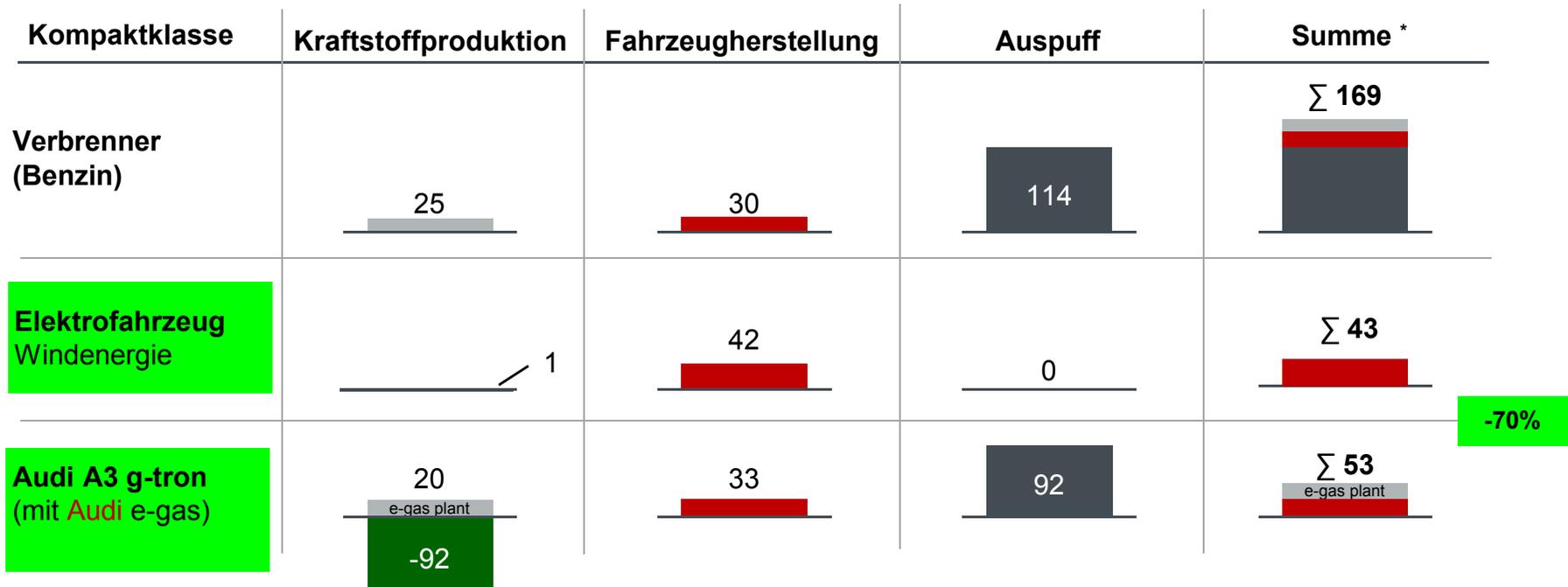
## Lebenszyklusanalyse für A3, 200.000 km Laufleistung; Emissionsangaben in g/km



\*Recycling: ca 1% aller Emissionen bei TFSI; hier vernachlässigt

\*\* EU-Strommix 2015

## Lebenszyklusanalyse für A3, 200.000 km Laufleistung; Emissionsangaben in g/km

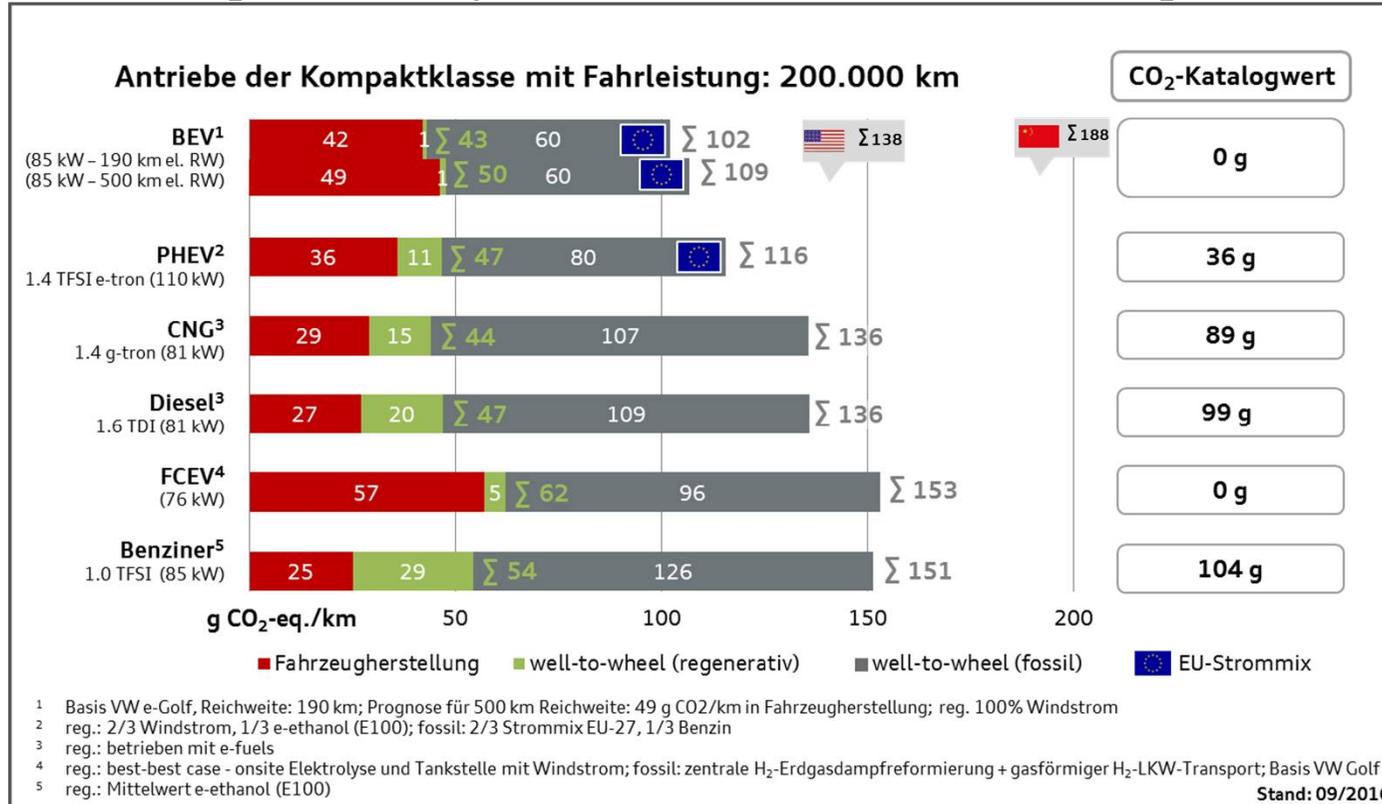


\*Recycling: ca 1% aller Emissionen bei TFSI; hier vernachlässigt

\*\* EU-Strommix 2015

# Nicht das Antriebskonzept entscheidet über die Nachhaltigkeit unserer Produkte, sondern der verwendete Energieträger

„Cradle-to-grave“ - Kompaktklasse - A-Baureihe, Fahrleistung: 200 T. km



[Quelle: eigene Berechnungen von I/EG-X2]

## **3** Elektromobilität

**Das BEV hat viele Produktvorteile, die eine rasche Ausbreitung möglich machen;  
Batteriekosten sind derzeit noch immer zu hoch**

**Produktvorteile des BEV:**

- Beschleunigung
- Effizienz des Antriebs
- Weniger bewegte Teile, kein Kraftstoff, keine Abgasnachbehandlung
- Weniger Wartung
- Lokal emissionsfrei
- Leise
- Leichter adaptierbar für automated driving

**Batteriekosten:**

2013: 300-600 \$/kWh

2016: 100-300 \$/kWh

Break even Verbrenner: < 50 \$/kWh

**Für rasche und nachhaltige Ausbreitung von BEV / PHEV Technologien sind systemische und fahrzeugseitige Entwicklungen notwendig**

	<b>kurzfristig</b>	<b>mittelfristig</b>
System	Grünstrom bilanziell verpflichtend (Zertifikate) Infrastruktur-Normierung und -sharing	Grünstrom physikalisch (systemorientiertes und bidirektionales Laden)
Fahrzeug	Batterie: Kosten	Batterie: 2nd use Recycling

## **4 Erneuerbare Kraftstoffe**

## Erneuerbare Kraftstoffe der ersten Generation reichen nicht aus – neue Kraftstoffgenerationen bieten Zusatzpotentiale und hohe CO<sub>2</sub>-Reduktion

**Fossile Kraftstoffe**



- › Hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen
- › Umweltfolgeschäden
- › ...



**Biokraftstoffe  
(Energiepflanzen)**



- › Begrenztes Mengenpotenzial
- › Konkurrenz Tank-Teller
- › Geringes CO<sub>2</sub>-Reduktionspot.
- › ...



**Audi e-fuels**

Biokraftstoffe (Abfall)	Strombasierte Kraftstoffe
	
	
	

- › CO<sub>2</sub>-Reduktion > 70% Well-to-Wheel
- › Keine Konkurrenz Tank Teller
- › 100 % kompatibel zur Infrastruktur und Motorentechnologie
- › Audi e-fuels = bessere Verbrennungseigenschaften

## Audi e-fuels

Erneuerbare Energien



+

Wasser



+

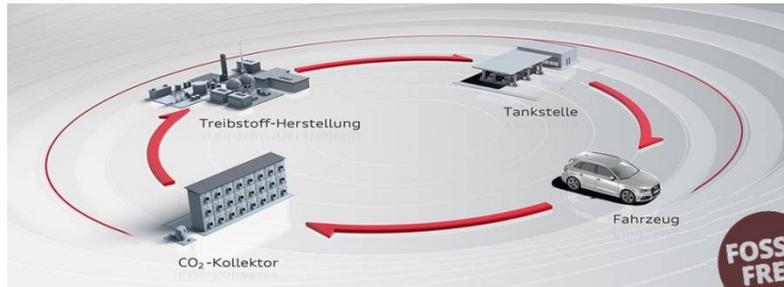
CO<sub>2</sub>/ Reststoffe



Audi e-fuels



Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff für Audi e-fuels



Audi e-benzin®

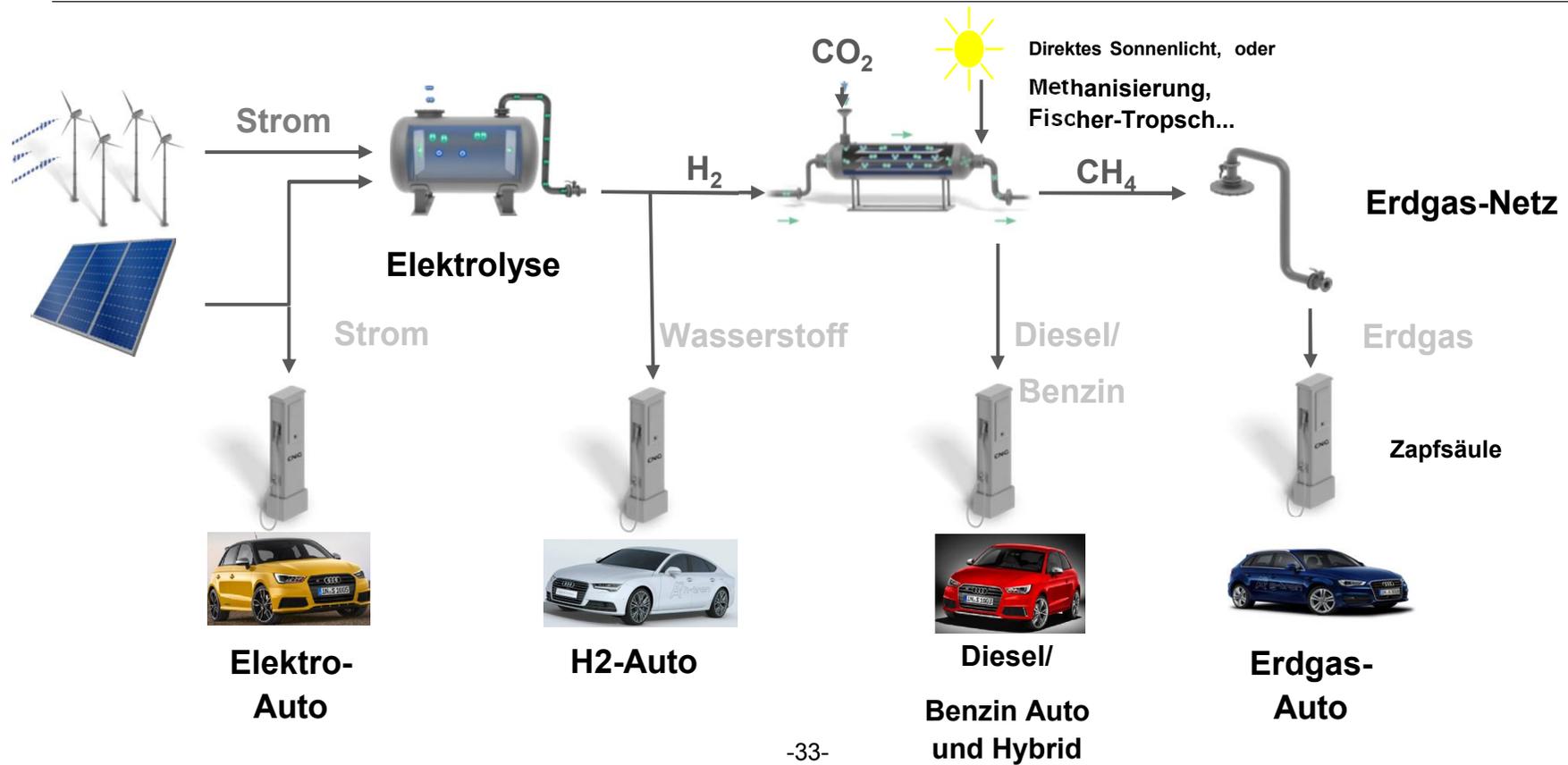
Audi e-diesel®

Audi e-hydrogen®

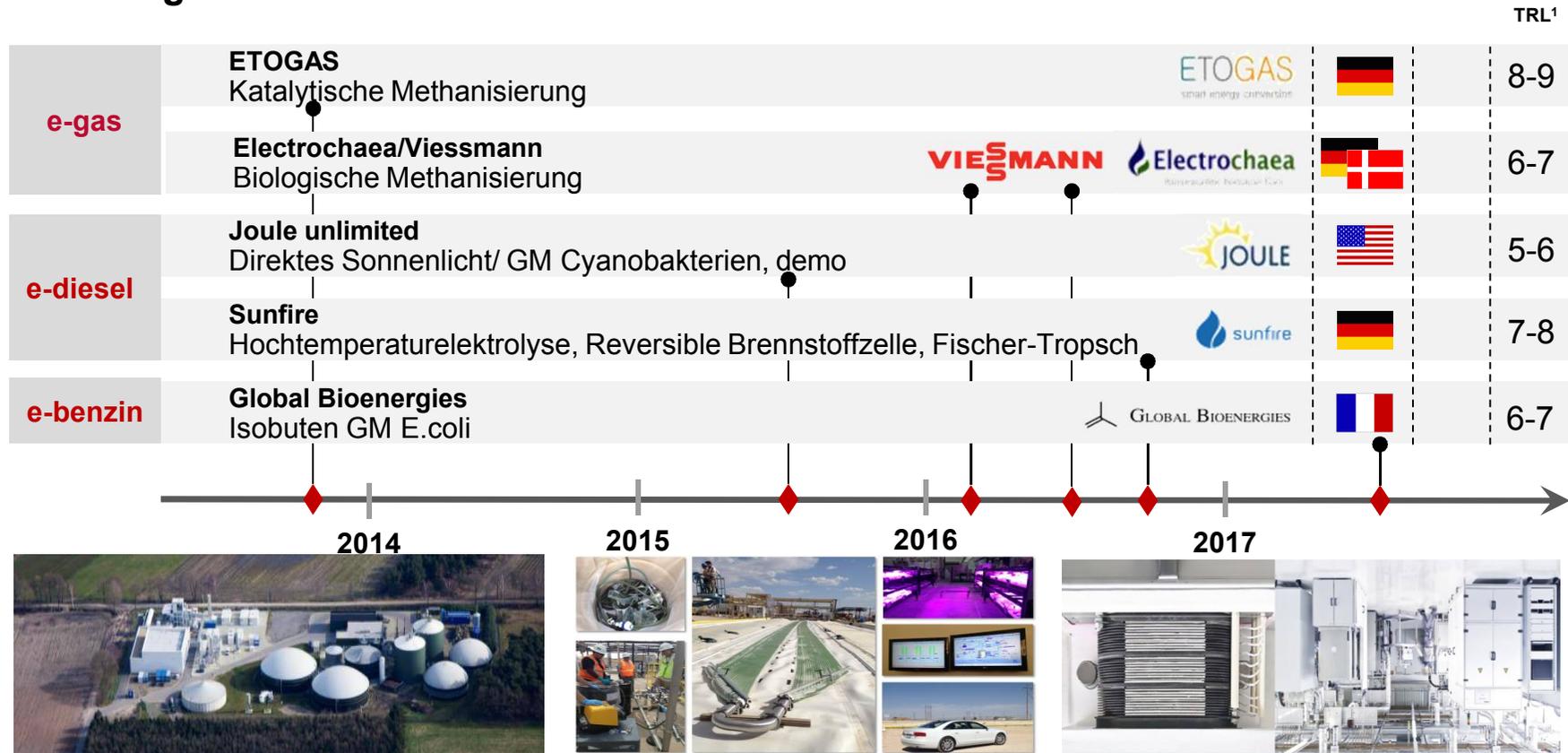
Audi e-gas®

Audi e-power

## Strom-zu-Kraftstoff (Power-to-X, PtX): aus erneuerbarem Strom, Wasser und CO<sub>2</sub> wird Kraftstoff erzeugt



## Audi & Partner zeigen, dass e-fuels Technologien bereit zur Umsetzung sind



1: Technology Readiness Level (TRL): 1: Grundprinzip bewiesen; 4: Pilot im Labor; 5: Pilot in relevanter Umgebung; 9: industrielle Anlage



Audi e-diesel®



Audi e-benzin®



Audi e-gas®



## **4 Fahrzeuge und Systemangebote**

## Audi A3 g-tron: Technische Daten

---



Gastanks Audi A3 g-tron

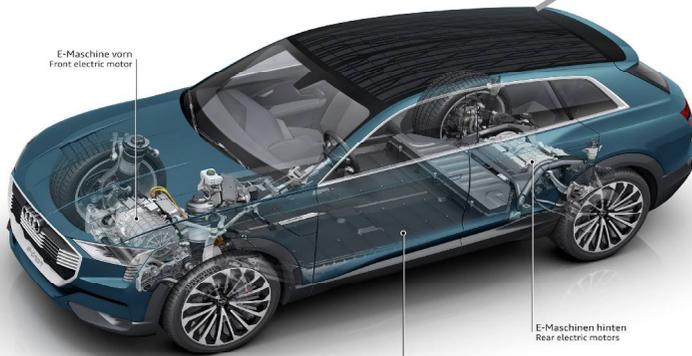
- ▶ 3,2 – 3,3 kg/100 km (88-92 g CO<sub>2</sub>/km), s-tronic / 6-Gang
  - ▶ Reichweite Erdgas: 420-450 km  
Reichweite Benzin: > 900 km
  - ▶ 81 kW (110 PS), 200 Nm / 1.400 Upm
  - ▶ 197 km/h, 0-100 km/h in 10,8 s
  - ▶ Ladevolumen: 280 Liter
  - ▶ Verkaufspreis Deutschland:  
**25.900 EUR**
-

AUDI AG

## Audi e-tron quattro concept – klimaneutrale Elektromobilität mit erneuerbarem Strom



e-power



E-Maschine vorn  
Front electric motor

E-Maschinen hinten  
Rear electric motors

Flüssigkeitsgekühlte Lithium-Ionen-Batterie mit 95 kWh  
Liquid cooled lithium-ion battery with 95 kWh

**370 kW**

**800 Nm**

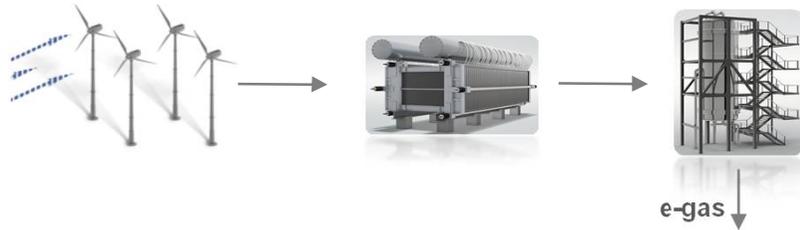
**0 g CO<sub>2</sub>**

**95 kWh** Batterie

**50 min** Ladezeit

**500 km** Reichweite

## Audi A4 Avant g-tron – klimaneutrale Langstreckenmobilität mit Erdgasantrieb



**125 kW**

**270 Nm**

**500 km** Gasbetrieb

**450 km** Benzinbetrieb

**<4 kg / 100 km**

**950 km** Reichweite

# Bei einem Systemangebot wird ein Fahrzeug mit einem e-fuel verknüpft - der Nachweis der CO2-Einsparung erfolgt durch cradle-to-grave LCA



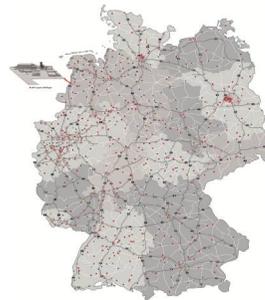
Erneuerbare Energie, CO2



Kraftstoff-Herstellung, z.B. Strom, H2, e-gas, e-diesel, e-benzin



Bestehende Infrastruktur, z.B. Erdgas, Diesel, Strom



Tankstellen, z.B. CNG, Diesel, Ladesäule



Zertifizierte Kraftstoffe



Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Antriebskonzepte

Kompaktklasse	Kraftstoffherstellung*	Fahrzeugherstellung	Fahrzeugnutzung*	Summe*
Konventionelles Fahrzeug (Otto)	25	30	114	Σ 169
PHEV (fossil + reg. Strom)	8	38 (45)	35	Σ 81 (88) <sup>*2. Betrieb</sup>
BEV (reg. Strom)	3	43 (62)	0	Σ 46 (65)
Audi A3 g-tron (mit Audi e-gas)	20	33	92	Σ 53

70% CO<sub>2</sub> (cradle-to-grave) ein



# 5 Fazit

## Die Elektrifizierung des Transportsektors bietet viele Chancen; durch rechtzeitiges Berücksichtigung von gesamtsystemischen Maßnahmen kann die Entwicklung einer nachhaltigen Technologie ermöglicht werden

---

- Das BEV hat viele **Produktvorteile**, die eine rasche Ausbreitung möglich machen; Batteriekosten sind derzeit noch immer zu hoch – Investition in EU-R&D und Rollout-Unterstützung ist dringend notwendig, um von Asien und USA nicht noch weiter abgehängt zu werden
- BEV sind nur nachhaltig, wenn sie mit **Grünstrom** geladen werden – die Entwicklung von Technologien für systemorientiertes Laden sind wesentlich für Strom- und Mobilitätssektor der Zukunft
- Batterien sollen einer **Zweitnutzung** zugeführt werden und am Ende des Produktlebenszyklus **sortenrein recycled** werden; auf nachhaltige Lieferkette (Li, Co) ist zu achten
- Durch **Systemangebote (Fahrzeug & Energie)** wird das Bewusstsein beim Kunden erhöht – „ich kann mich für erneuerbare Mobilität entscheiden“ - und ein „market pull“ für erneuerbaren Strom und Kraftstoffe wird erzeugt

## **Erneuerbare synthetische Kraftstoff-Technologien sind bereit zur Markteinführung; sie werden langfristig im Stromsystem benötigt, die rasche Einführung in den Markt bringt kurzfristig zahlreiche Vorteile**

---

- Erneuerbare synthetische Kraftstoff-Technologien sind ist neben der Elektrifizierung von Fahrzeugen die **einzige Möglichkeit**, den Transportsektor **auf weniger als -70%** (mittelfristig\*) zu dekarbonisieren (auch LKW, Schiff, Flugverkehr)
- Erneuerbare synthetische Kraftstoff-Technologien erhöhen die Effizienz des Gesamt-Energiesystems (durch Vernetzung von Strom/Wärme/Transportsektor) und **ist langfristig\* ein "missing link" im Strom- und Wärmesektor**
- EU-Startups (und v.a. **dominant DE-Startups**) sind derzeit **weltweit Technologieführer**; Rahmenbedingungen für einen raschen Roll-Out würden es Deutschland und der EU erlauben, auch bei diesen Technologie (wie bei Wind, PV und Biomasse) Markt- und Technologieführer zu bleiben und die Wachstumsimpulse zu nützen
- Ein Roll-Out von BEV- und e-fuels-Technologien schafft Arbeitsplätze, erhöht die Wertschöpfung innerhalb der EU und **reduziert die Abhängigkeit** von fossilen Energieträgern, v.a. Erdölprodukten

\*) mittelfristig: 10-25 Jahre; langfristig: > 25 Jahre, d.h. bei Anteilen von erneuerbarer Energie > 70% im Stromsektor

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**



Hermann.Pengg@audi.de