

Fachhochschule Südwestfalen

Hochschule für Technik und Wirtschaft

Energiewende in Deutschland – Stand der Dinge und Ausblick

IHK Arnsberg, 11.10.2019

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

**Fachhochschule Südwestfalen, Standort Soest
Fachbereich: Maschinenbau-Automatisierungstechnik**

Ziel der Energiewende in Deutschland: Klimaneutralität bis 2050

SPiegel ONLINE SPIEGEL

Meldung vom 16.06.2019



Anmelden

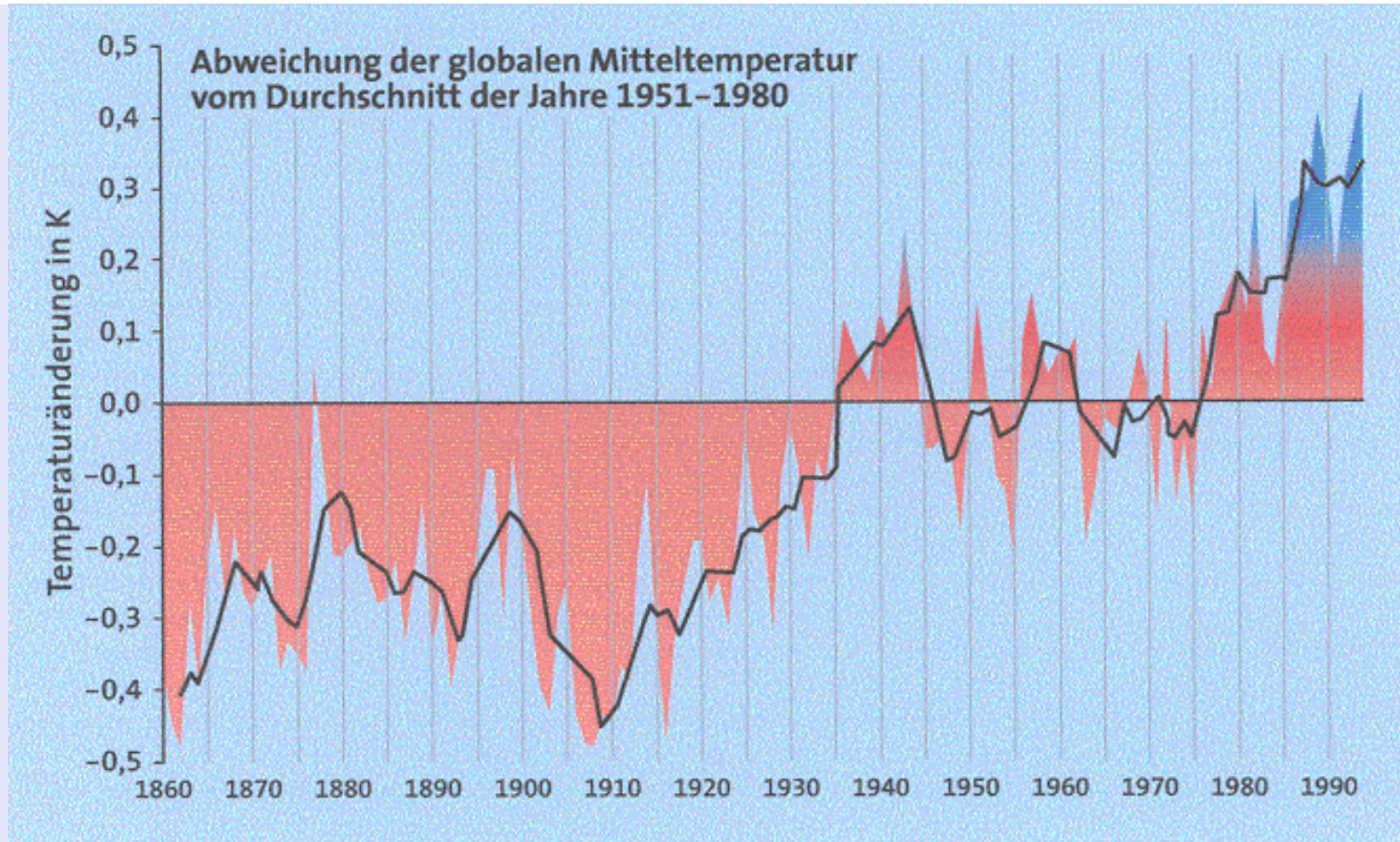
Bericht über Treibhausgas-Reduktion

Deutschland entscheidet sich für Klimaneutralität bis 2050

Acht europäische Staaten haben bereits zugesagt, dass sie bis 2050 keine klimaschädlichen Treibhausgase mehr ausstoßen wollen. Nun zieht auch Deutschland nach.

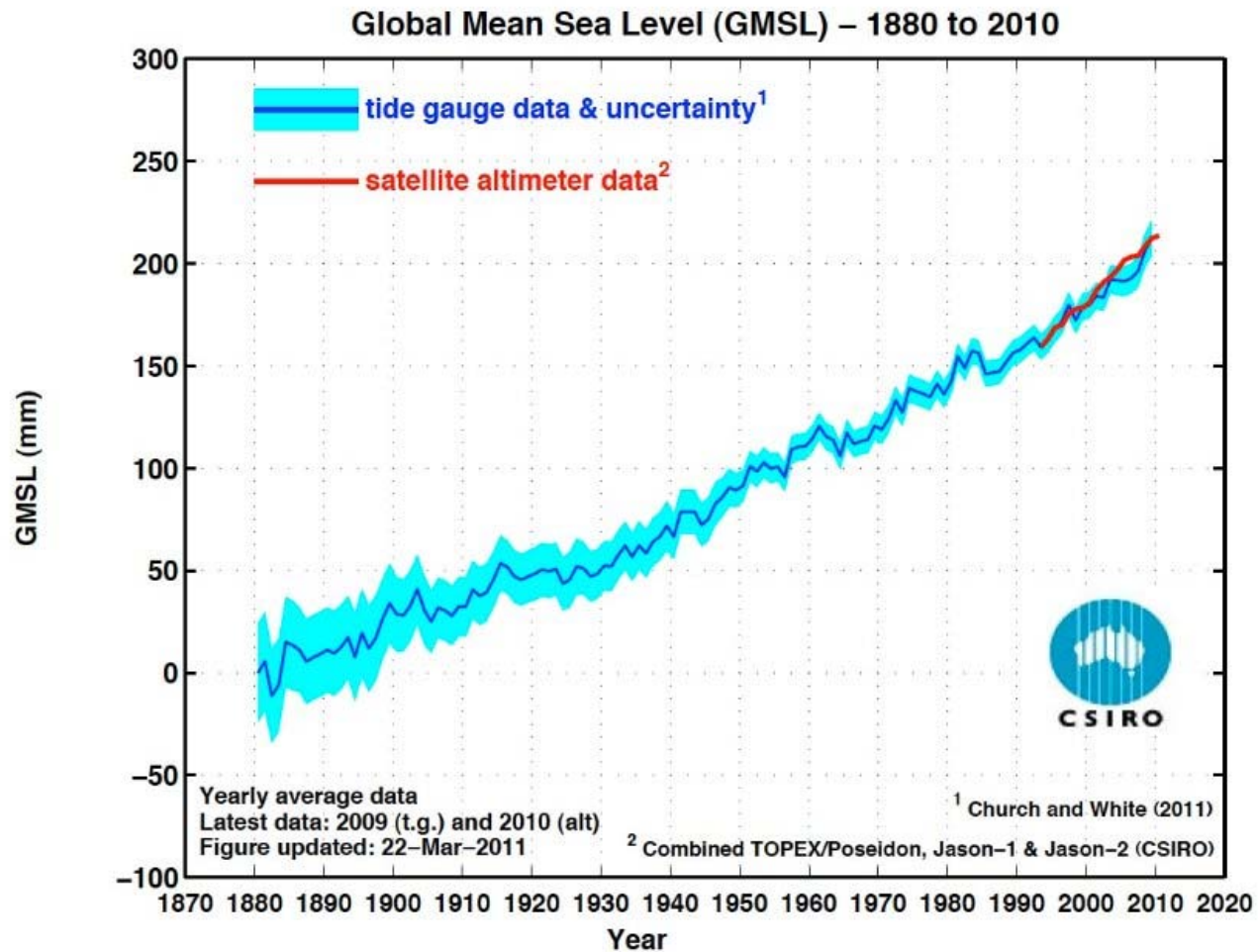


Anstieg der globalen Mitteltemperatur um knapp 1 °C in den letzten 160 Jahren

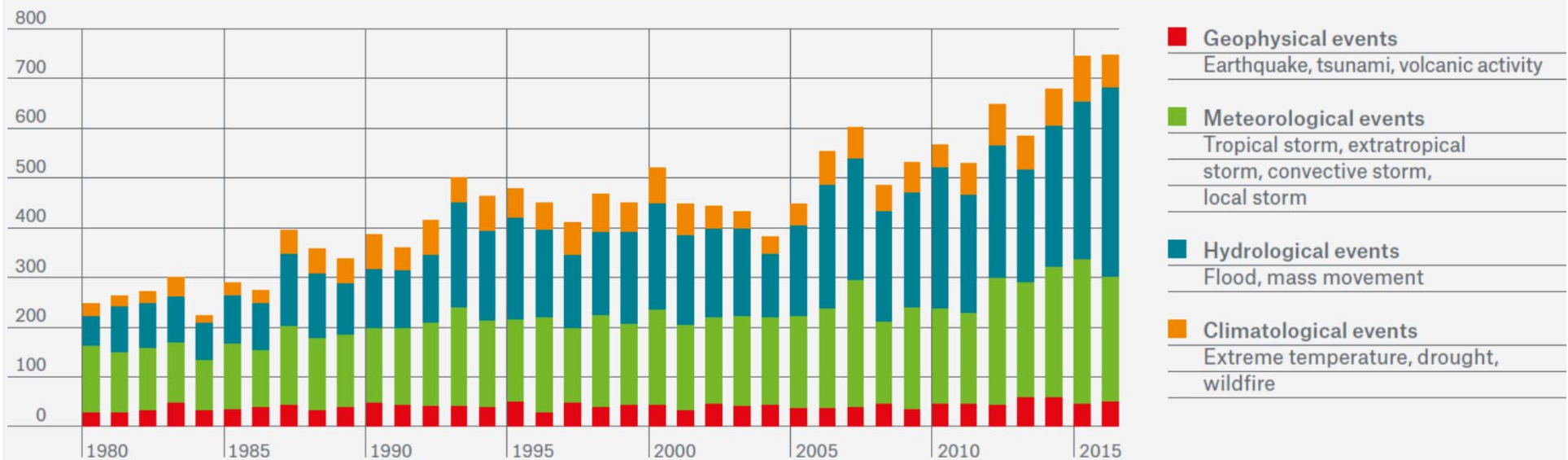


Quelle: Energien für das neue Jahrtausend, Studie von RAG und STEAG, 2002

Anstieg des Meeresspiegels um rund 20 cm in den letzten 150 Jahren

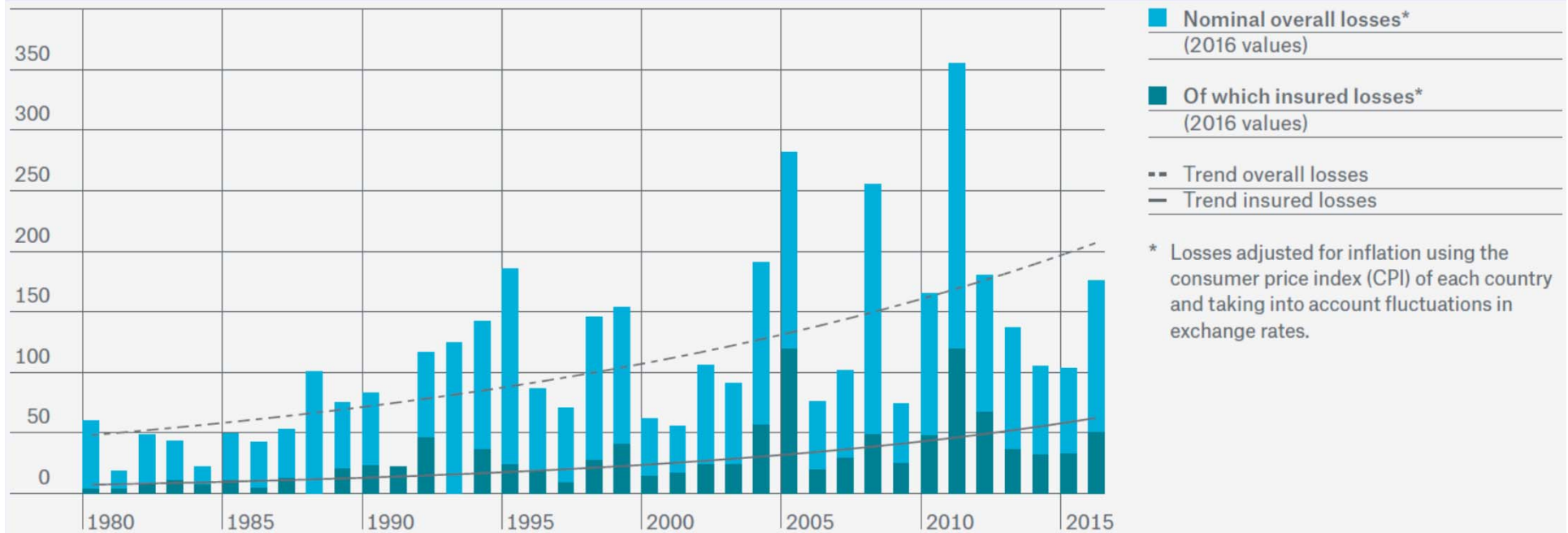


Weltweite Zunahme großer Naturkatastrophen durch den Klimawandel



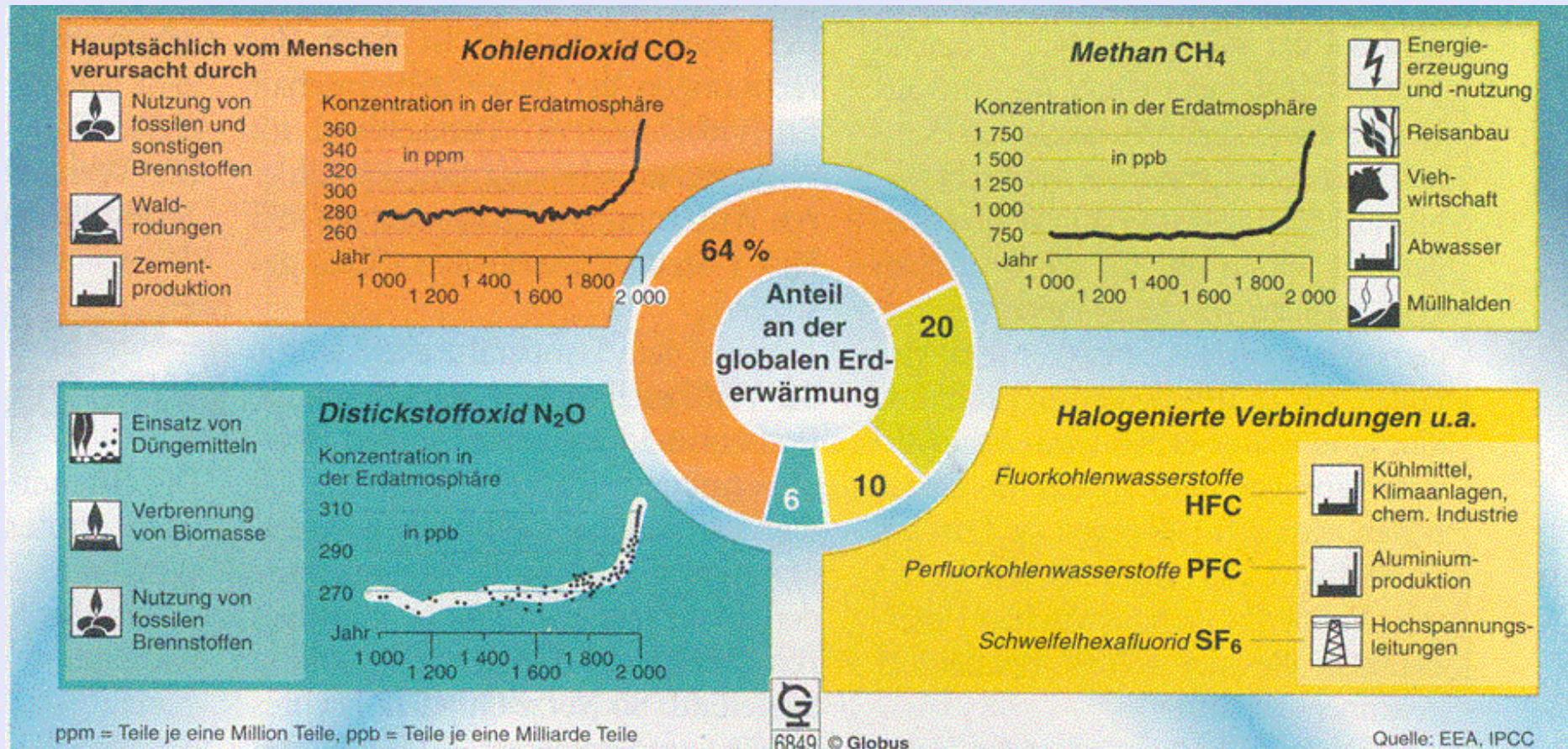
Quelle: Münchener Rück AG, 2017

Die volkswirtschaftlichen Schäden durch große Naturkatastrophen betragen weltweit zurzeit rund 200 Mrd. US \$ pro Jahr



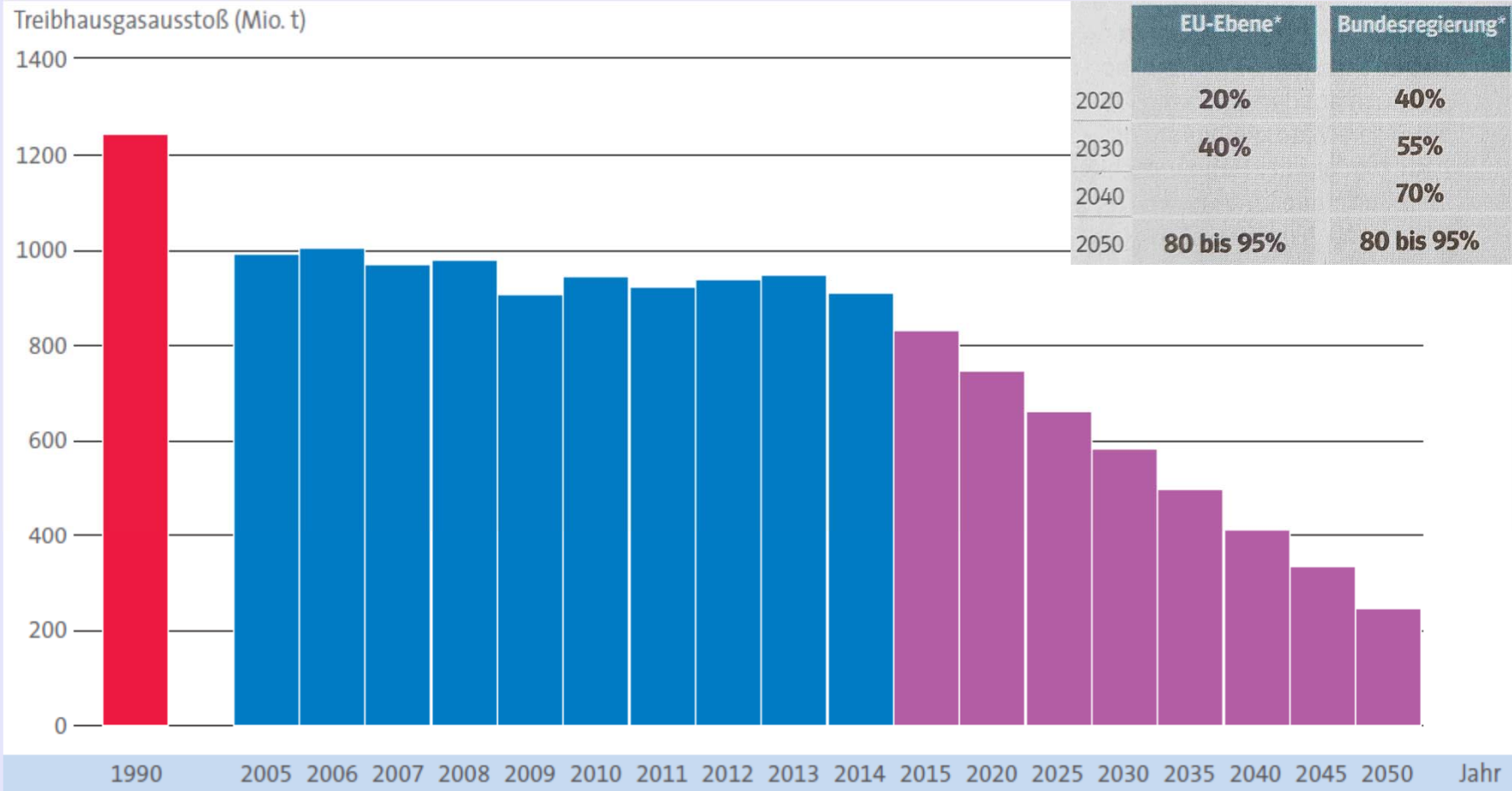
Quelle: Münchener Rück AG, 2017

Kohlendioxid hat den größten Anteil am Treibhauseffekt



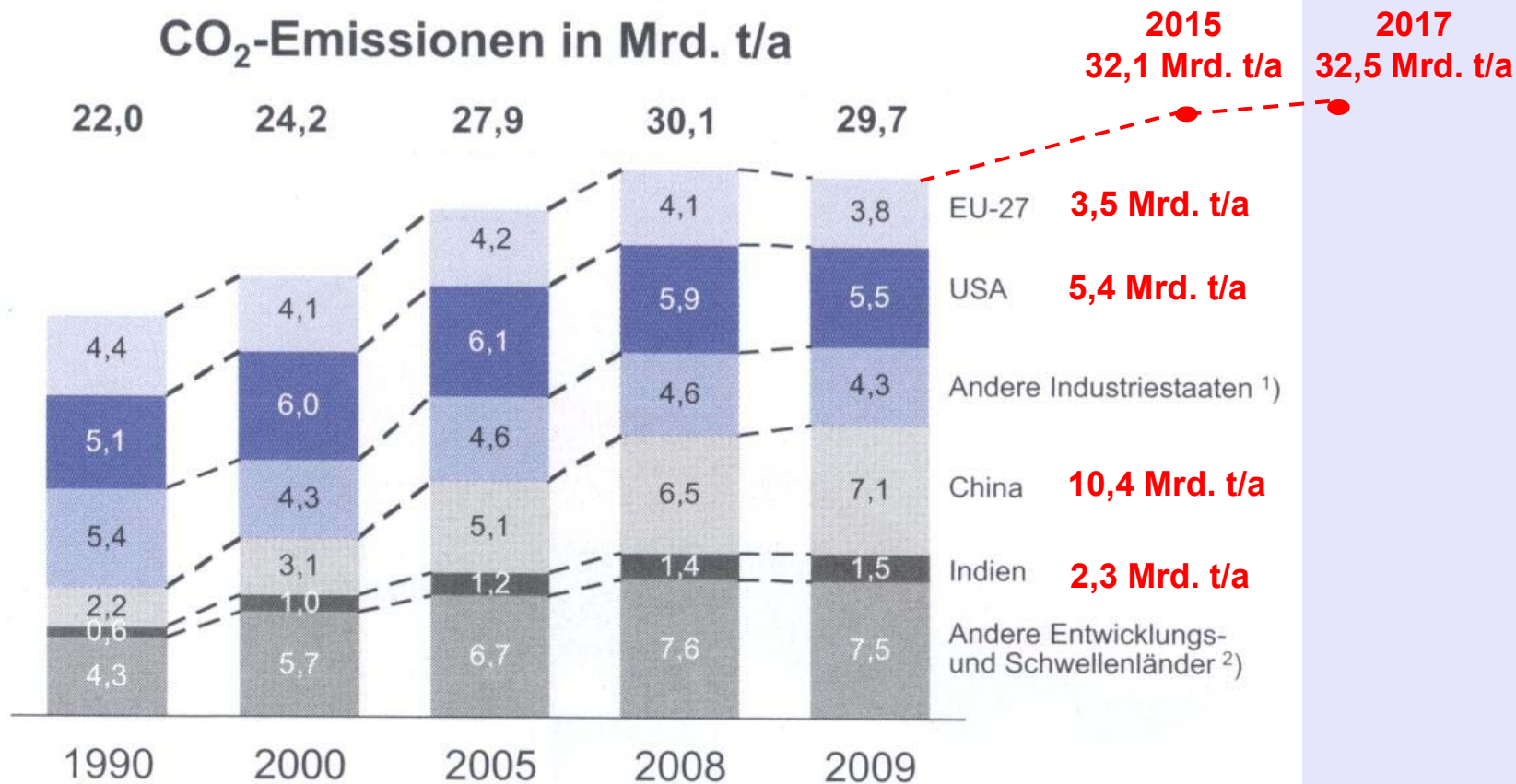
Verlauf der Treibhausgasemissionen in Deutschland

Ziel (2016): mind. - 80 % bis 2050 im Vergleich zu 1990



Quelle: CO₂-Vermeidung, ASUE, 2016

Weltweite energiebedingte CO₂-Emissionen von 1990 bis 2017



¹⁾ Annex-I-Staaten ²⁾ Nicht-Annex-I-Staaten Quelle: H.-J. Ziesing, ET 09/2010

Quelle: Spiegel Online, 13.11.2017

Quelle: BWK Bd. 62 (2010) Nr. 11

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

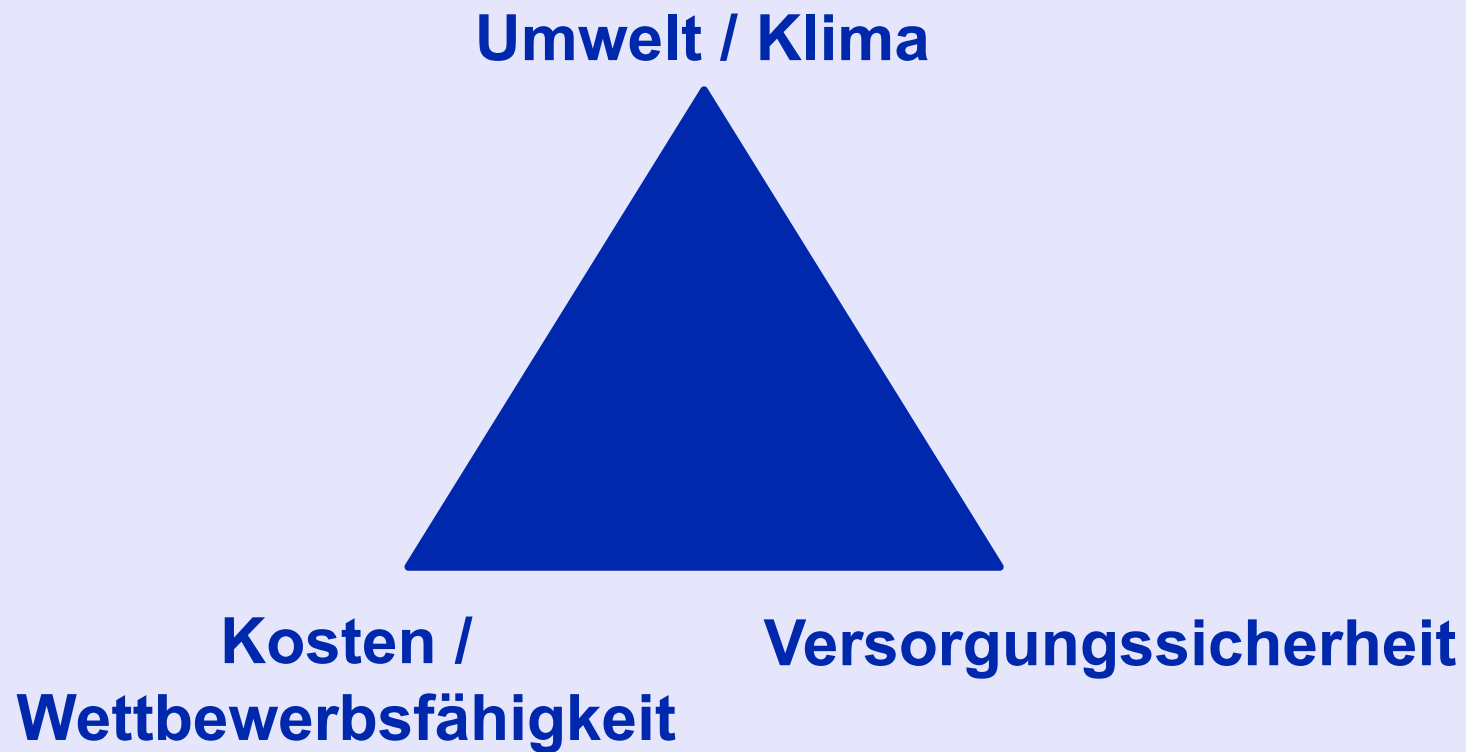
Verwendung nur für Lehrzwecke an der FH Südwestfalen



Strategien zur Verminderung der Treibhausgasemissionen

- Verminderung des Nutzenergieverbrauches (Nutzerverhalten)
- Erhöhung der Effizienz von Energiewandlung und -anwendung (Ingenieure)
- Vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien (vor allem Wind und Sonne)
- Verstärkter Einsatz kohlenstoffarmer Energierohstoffe (weg von Kohle, hin zu Erdgas)

Nur ein gut ausbalancierter Klimaschutz ist nachhaltig





Anteile der erneuerbaren Energien in Deutschland 2019

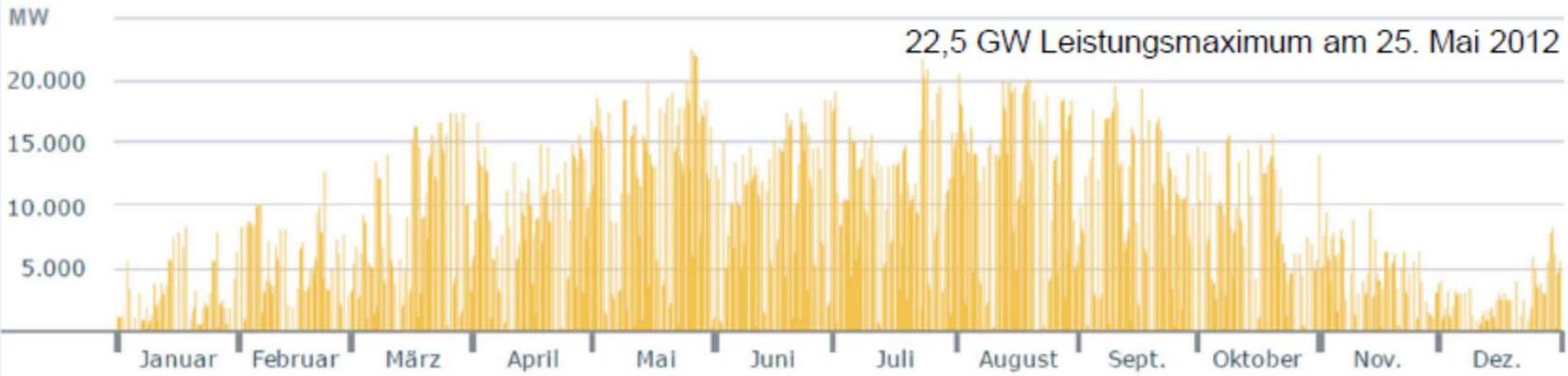
- Strom: rund 40 %
- Wärme und Kälte: rund 14 %
- Verkehr: rund 5 %

Die Kosten des Stroms aus erneuerbaren Energien erreichen mittlerweile ein wettbewerbsfähiges Niveau

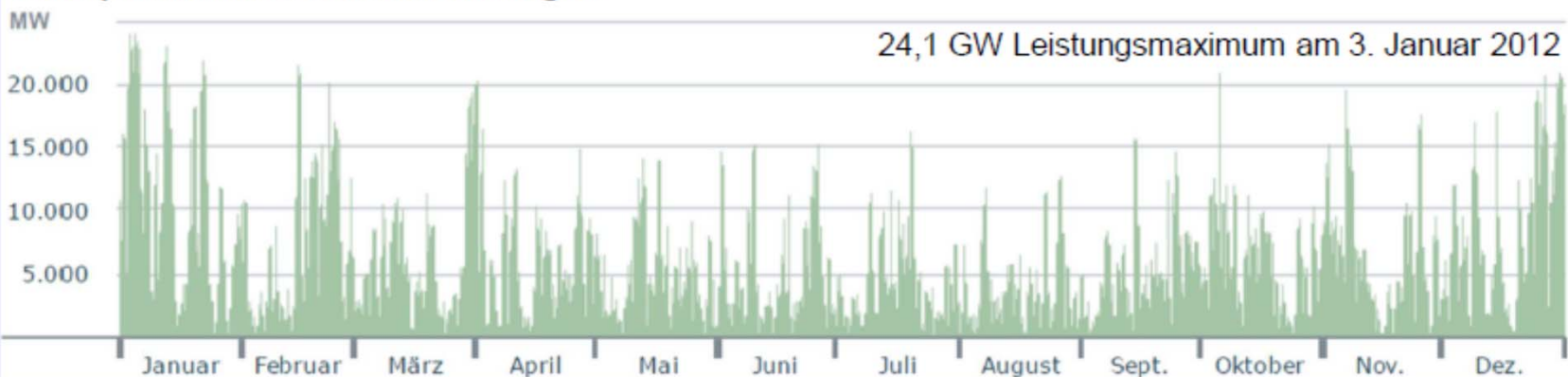
Kraftwerkstyp	Elektr. Leistung (MW)	Elektr. Wirkungsgrad (%)	Spez. Investition (€/kW)	Äquival. Volllaststunden (h/a)	Nutzungsdauer (a)	Kapitalkosten (ct/kWh-el)	Brennstoffkosten (ct/kWh-H _i)	CO ₂ -Kosten (35 €/t CO ₂) (ct/kWh-el)	Kosten f. Betrieb u. Wartung (ct/kWh-el)	Stromerzeugungskosten 1. J. (ct/kWh)
GUD-Kraftwerk (Erdgas)	580	61	850	2000 - 7500	25	0,7 - 2,7	2,0	1,1	0,5	5,7 - 7,6
Dampfkraftwerk (Steinkohle)	800	46	1600	2000 - 7500	30	1,2 - 4,6	1,0	2,6	1,0	7,0 - 10,4
Wind Onshore	5		1000	1800	20	4,1			1,0	5,1
Wind Offshore	10		3300	4400	20	5,5			3,0	8,5
Photovoltaik										
Deutschland	0,005	(35 m ²)	1300	900	25	9,2			2,0	11,2
Deutschland	0,5		1100	900	25	7,8			1,0	8,8
Südspanien	0,5		1100	1600	25	4,4			1,0	5,4
Solarthermisches Kraftwerk mit Speicher										
Südspanien Parabol.-KW	50		8000	3700	30	12,5			6,0	18,5
Marokko Noor 1 Par.-KW	160		4000	3500	30	6,6			5,0	11,6
Isreal Ashalim Turm-KW	121		4132	3500	30	6,8			5,0	11,8

Die Versorgungssicherheit muss trotz fluktuierender Stromproduktion aus Sonne und Wind gewährleistet sein

Stromproduktion mit Photovoltaikanlagen



Stromproduktion mit Windkraftanlagen



Quelle: Siemens AG, 2013



Die fluktuierende Stromerzeugung erfordert Maßnahmen, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten

- **Weiträumiger Ausbau der Stromnetze von Skandinavien bis zum Mittelmeer**
- **Bau von Stromspeichern**
- **Power-to-Gas: Erzeugung v. Wasserstoff / Methan aus Strom**
- **Power-to-Heat: Erzeugung von Wärme aus Strom**
- **Bau von flexiblen Gas-Kraftwerken**
- **Ein- und Ausspeicherung von Strom bei Elektrofahrzeugen**
- **Demand Side Management: Steuerung des Stromverbrauchs in Abhängigkeit von der Stromerzeugung**

Pumpspeicherkraftwerk Herdecke (153 MW, 590 MWh, Wirkungsgrad 78 %, Anfahrzeit 60 s)



Quelle: RWE

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

Verwendung nur für Lehrzwecke an der FH Südwestfalen

Die neuen HL-Klasse-Gasturbinen von Siemens erreichen in GUD-Kraftwerken elektrische Wirkungsgrade bis zu 65 %



Derived from proven H-class design
450,000 operating hours with 99,5% reliability

Capacity of gas turbine
8000HL 50Hz = 453 MW
9000HL 50Hz = 545 MW
9000HL 60Hz = 374 MW

Large blade 4

Innovative coatings for blades

Advanced combustion system for higher firing temperatures
Verbr.-Temp. > 1600 °C

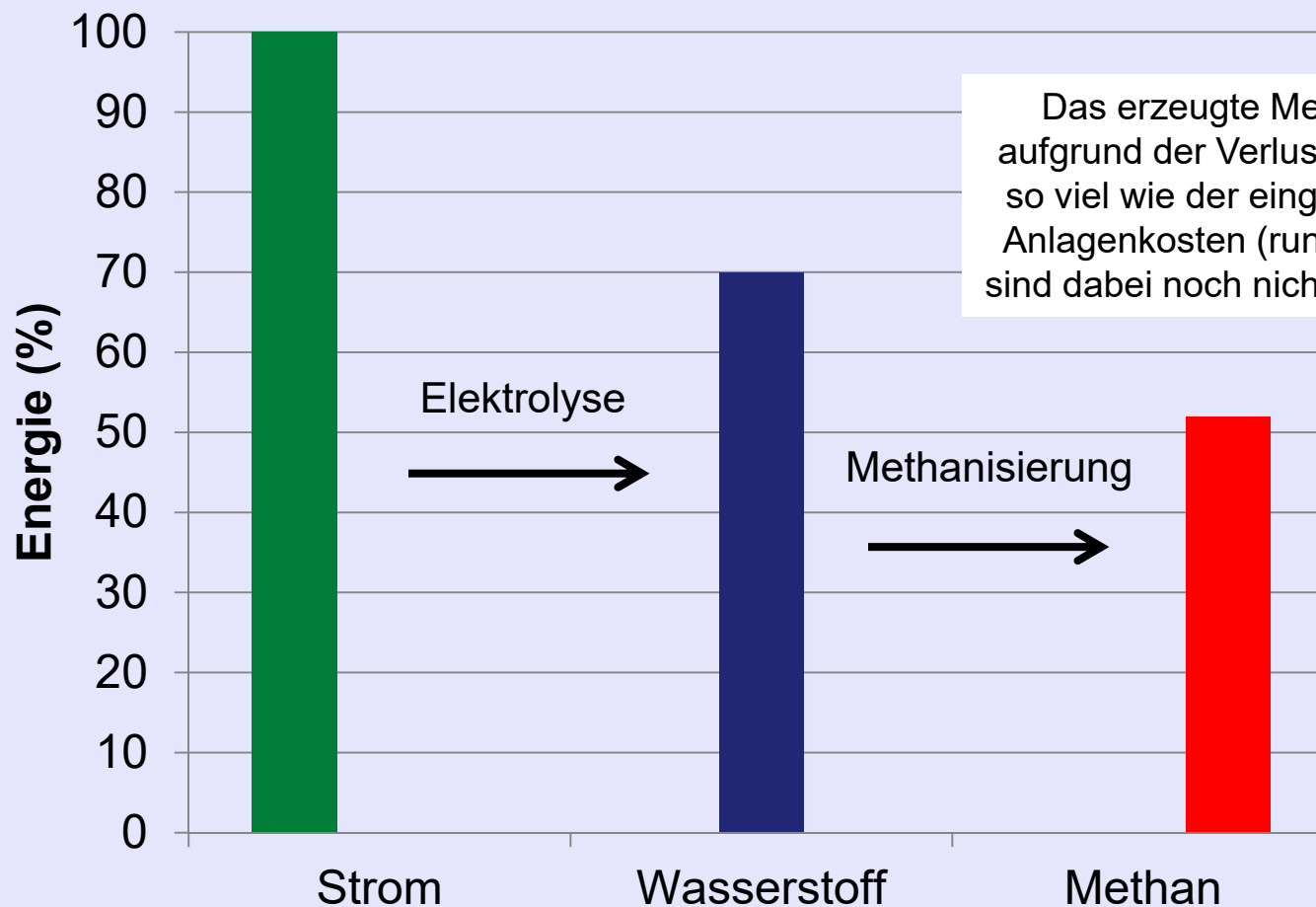
Optimized sealing

3D-Design of blades and vanes

Ultra-efficient internal cooling features for blades and vanes

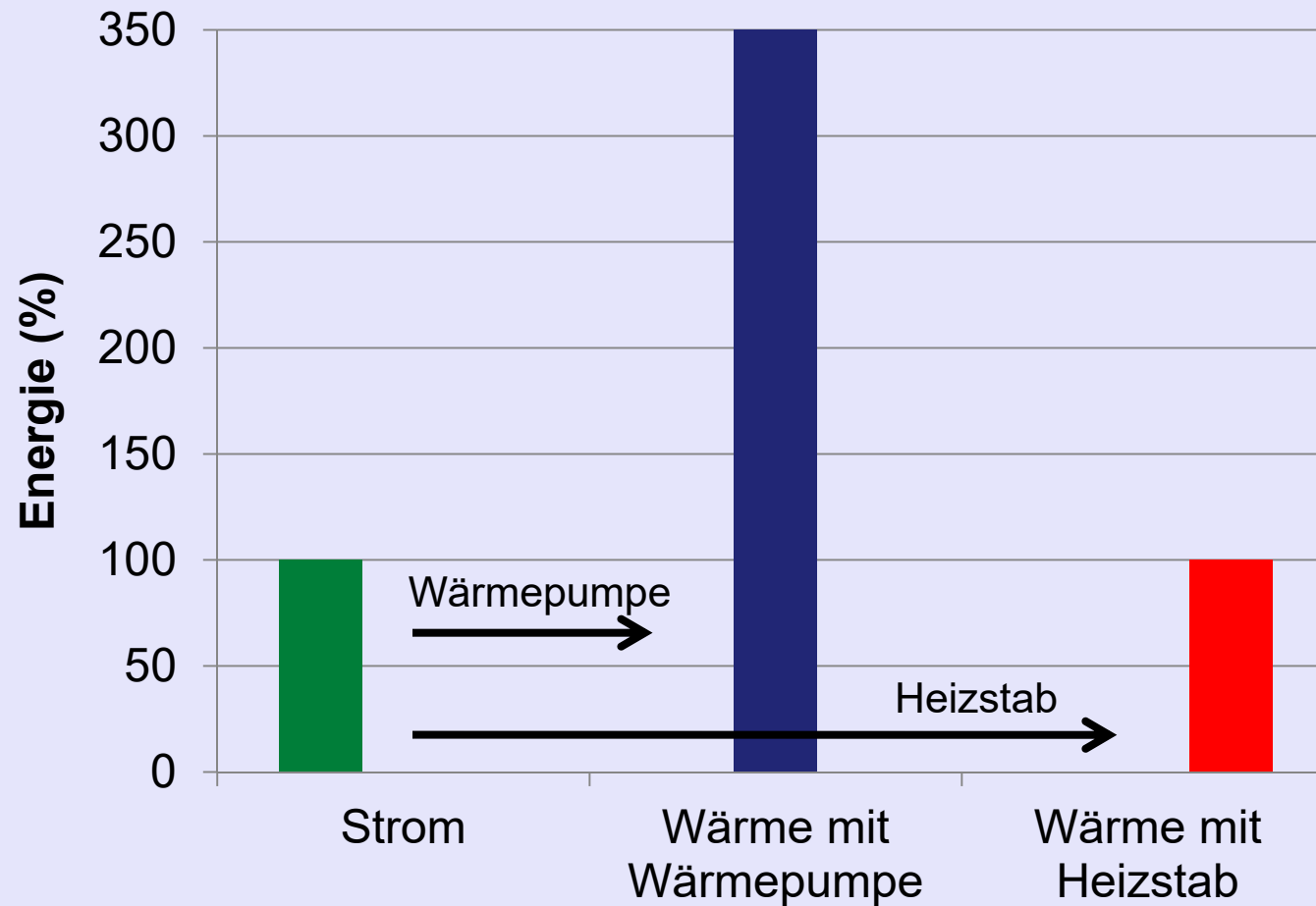
> 63% efficiency in CCPP mode
with a clear roadmap to 65%

Power-to-Gas: Bei der Erzeugung von Methan aus Strom geht rund die Hälfte der Energie verloren

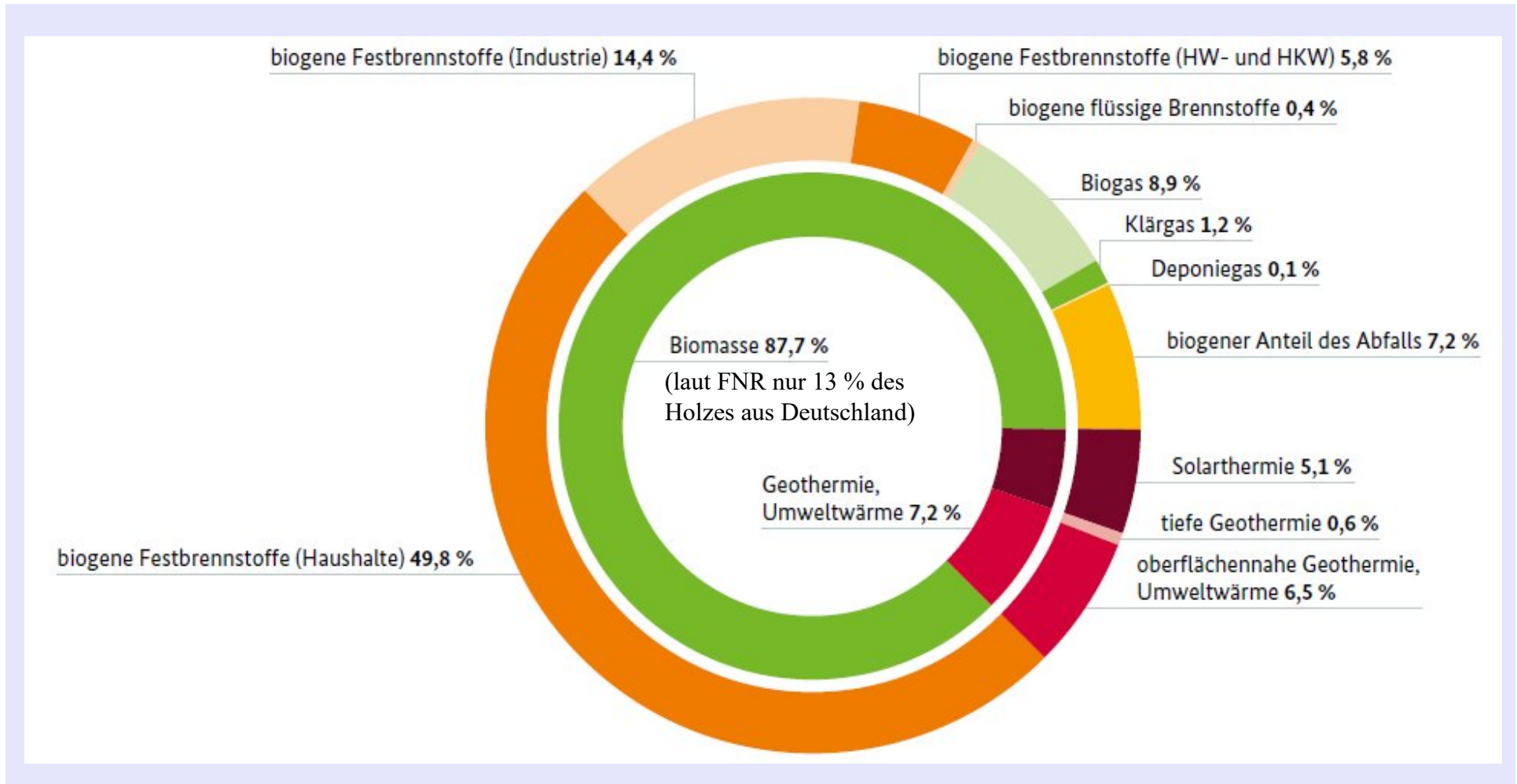


Das erzeugte Methan kostet aufgrund der Verluste rund doppelt so viel wie der eingesetzte Strom. Anlagenkosten (rund 1000 €/kW_{el}) sind dabei noch nicht berücksichtigt.

Power-to-Heat: Erzeugung von Wärme aus Strom



Beitrag erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in Deutschland im Jahr 2013 (132,9 Mrd. kWh = 9,0 %)

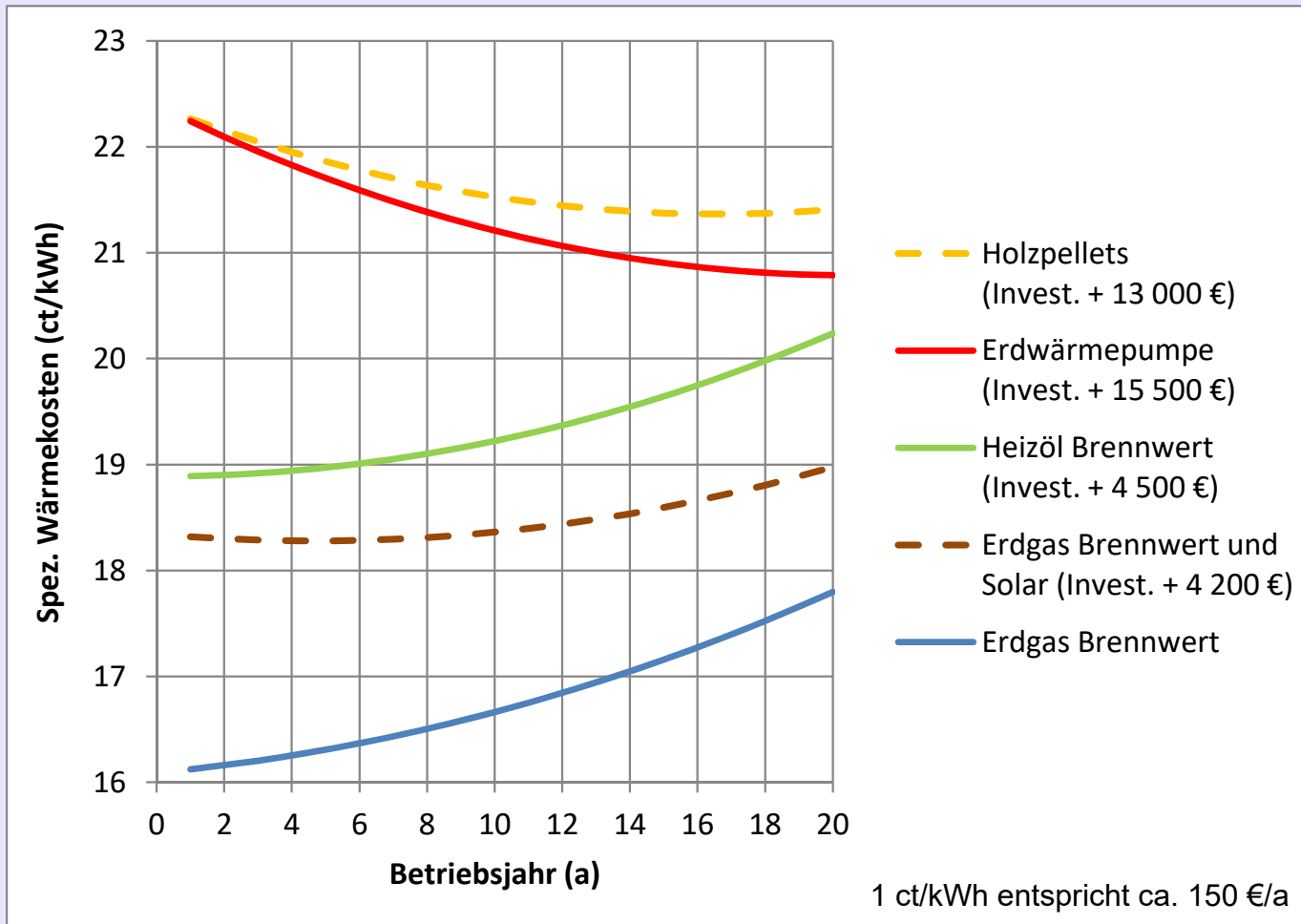


Quelle: BMWI, 2014

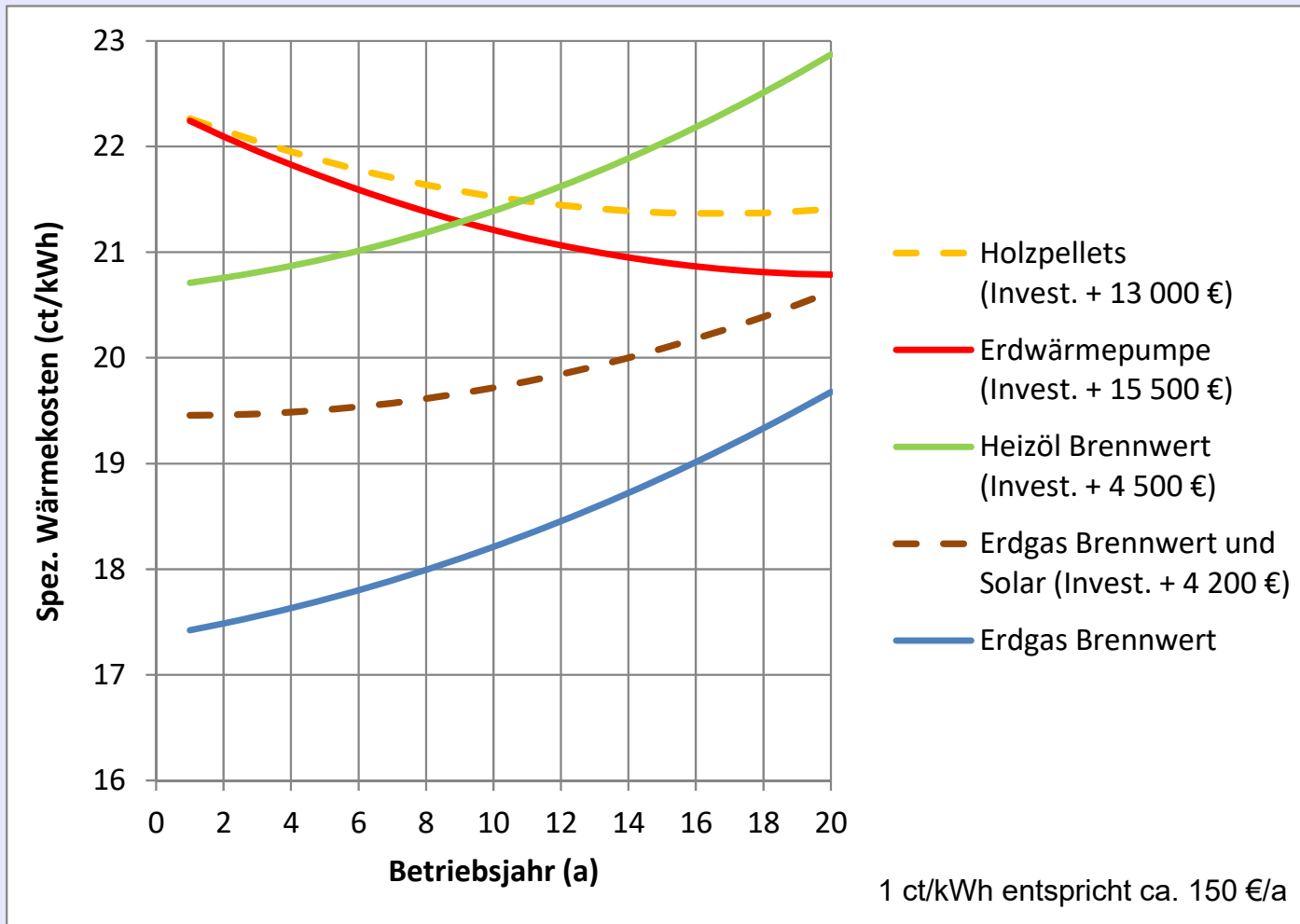
© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

Verwendung nur für Lehrzwecke an der FH Südwestfalen

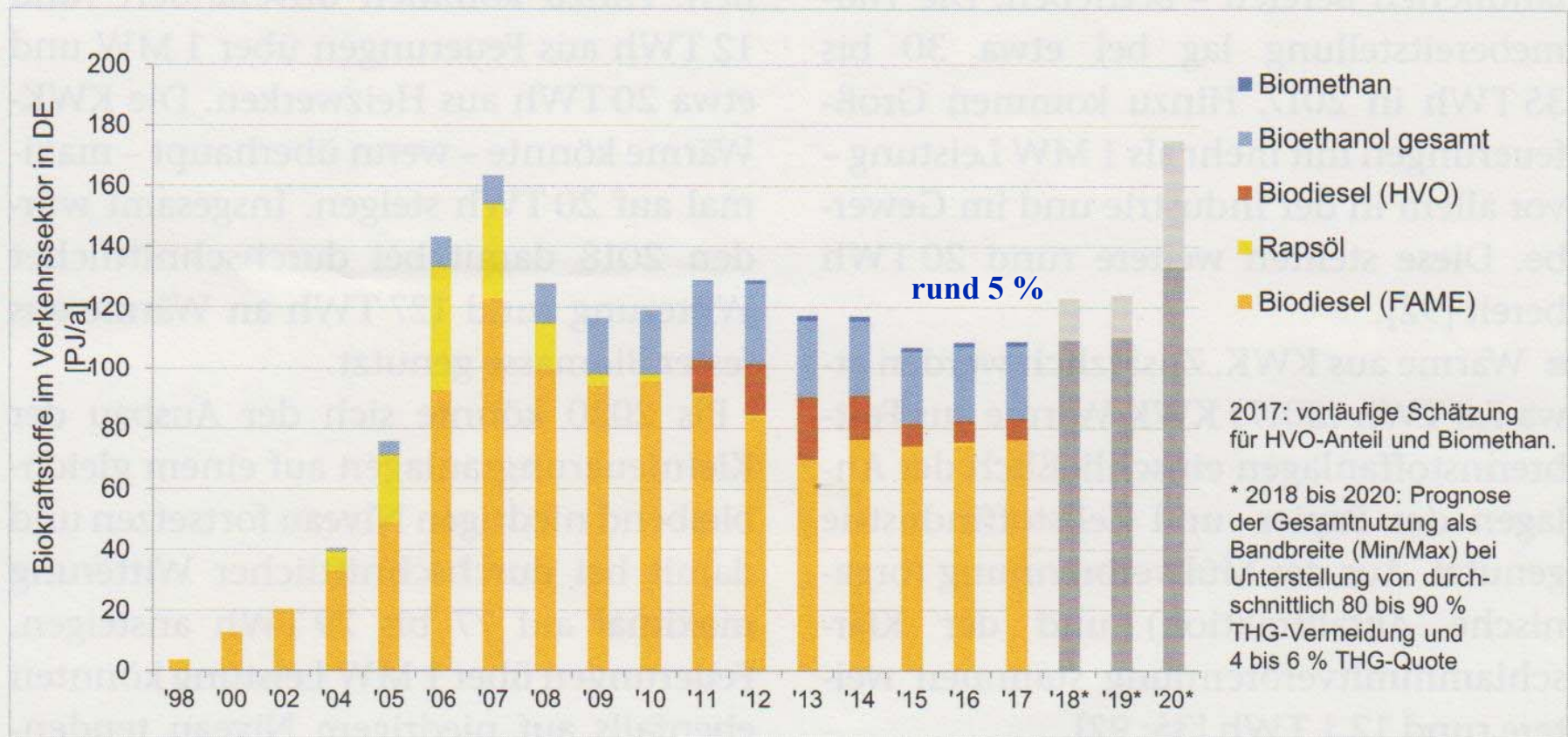
Wärme aus erneuerbaren Energien ist teurer als Wärme aus fossilen Brennstoffen (Bsp. EFH, 35 €/t_{CO2})



Auch bei CO₂-Kosten in Höhe von 100 €/t ist Wärme aus erneuerbaren Energien nicht wettbewerbsfähig



Die Nutzung von Biokraftstoffen in Deutschland stagniert mangels verfügbarer Flächen bei rund 5 %



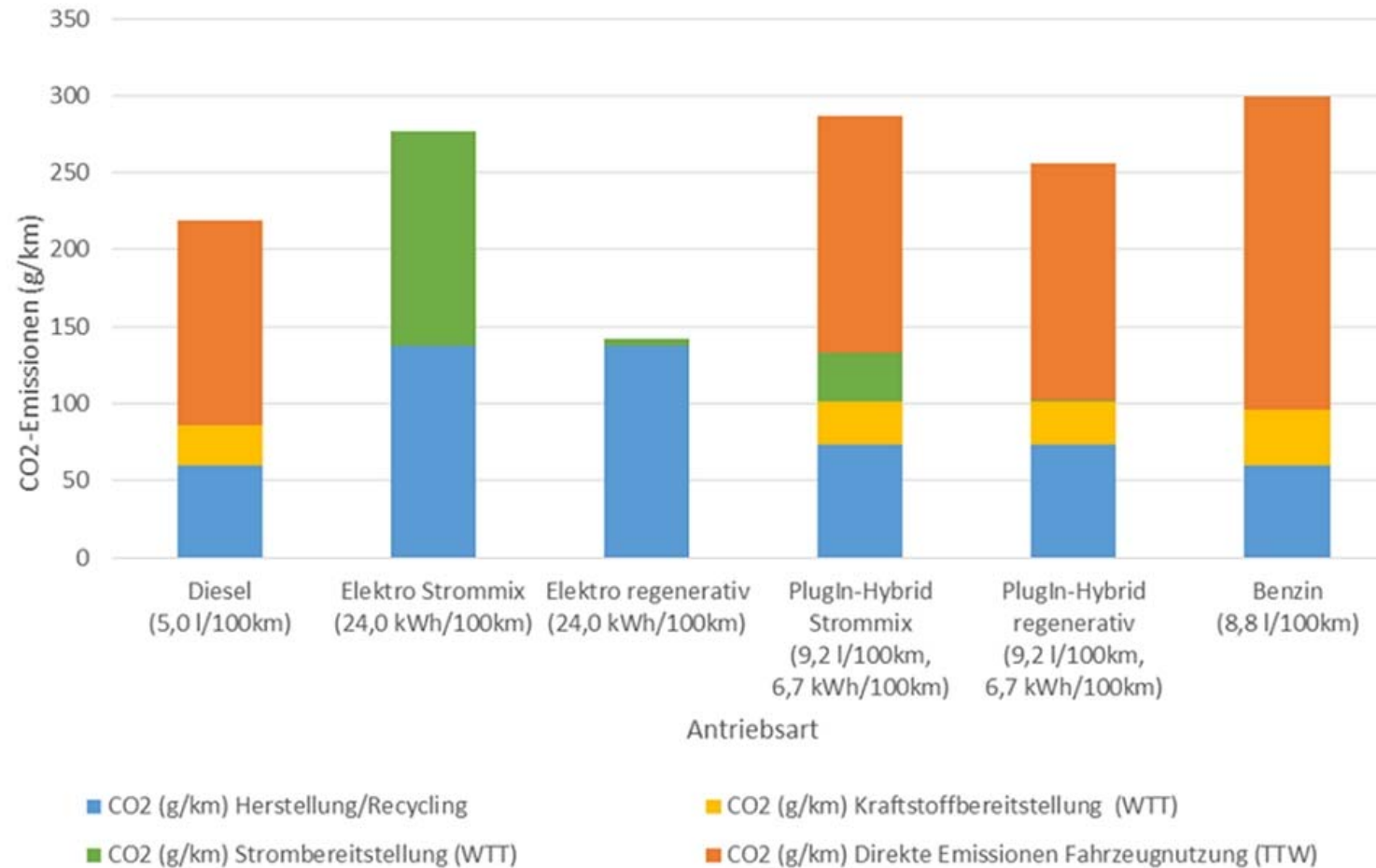
Quelle: BWK Bd. 70 (2018) Nr. 5

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

Verwendung nur für Lehrzwecke an der FH Südwestfalen

Diesel-PKW erreichen zurzeit noch niedrigere CO₂-Emissionen als Elektro-PKW (Bsp. obere Mittelklasse)

(Gesamtleistung: 150.000 km)



Quelle: ADAC, 2018



CO₂-Emissionen von Elektroautos

„Es folgt aus unseren Vergleichsrechnungen für den neuen Tesla Model 3 und den Mercedes C 220 d, dass auch moderne Elektroautos in den nächsten Jahren schwerlich in der Lage sein werden, einen Beitrag zur Minderung der deutschen CO₂-Emissionen zu leisten.“

Quelle: Hans-Werner Sinn et al., Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO₂-Bilanz? ifo Schnelldienst 8/2019

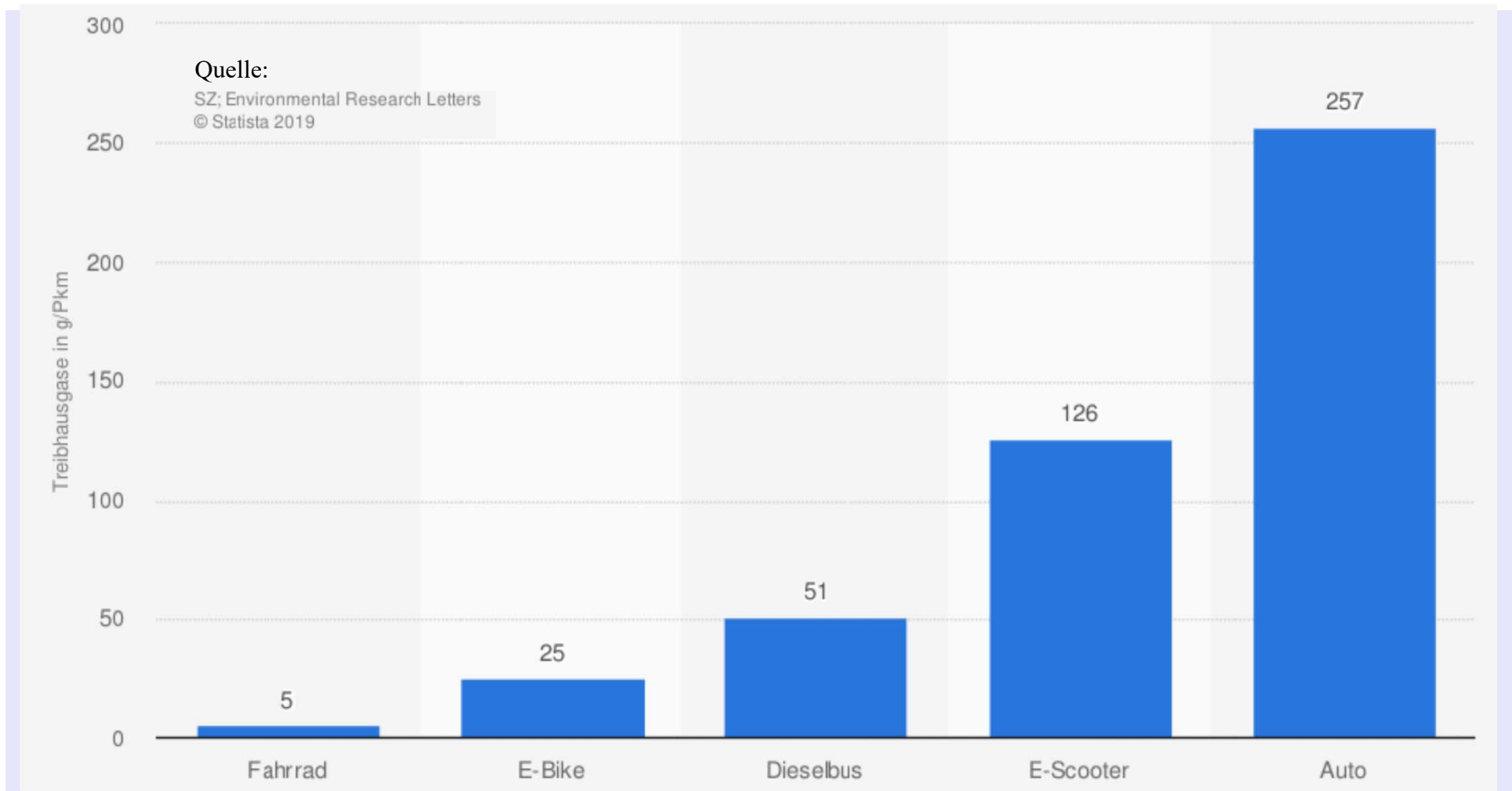


CO₂-Emissionen von Elektroautos

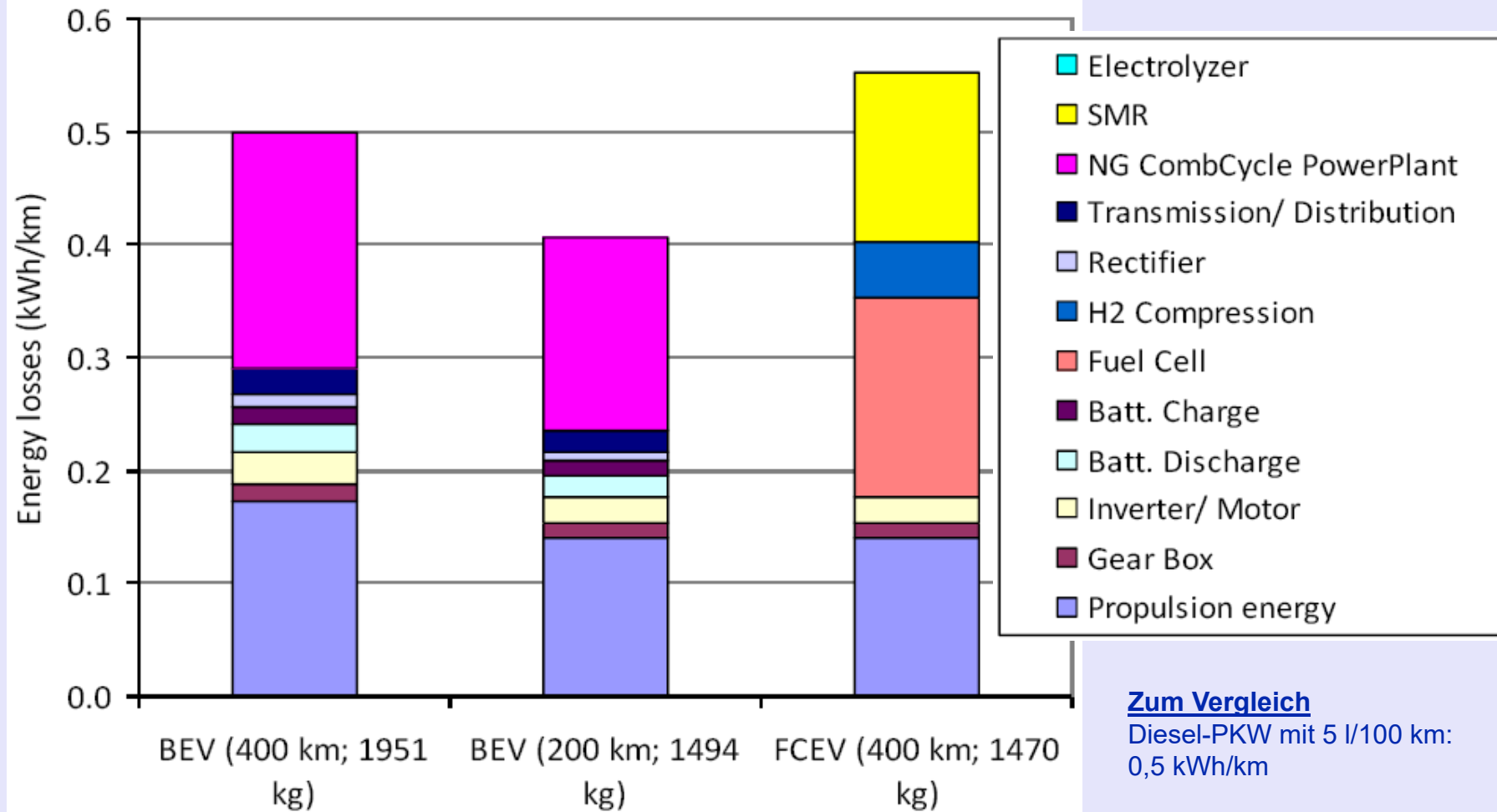
Elektrofahrzeuge werden bis 2030 kaum und bis 2040 auch nur in einer Größenordnung von maximal 10 % zu einer CO₂-Minderung beitragen.

Quelle: Studie des Berliner Klimaforschungsinstituts MCC (Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change) und der Universität Newcastle, 2019

CO₂-Emissionen von E-Scootern in den USA in 2019 (in Gramm pro Personenkilometer)



Elektro-PKW und Brennstoffzellen-PKW haben bei Einsatz von Erdgas als Ausgangsenergie ungefähr den gleichen Energieverbrauch

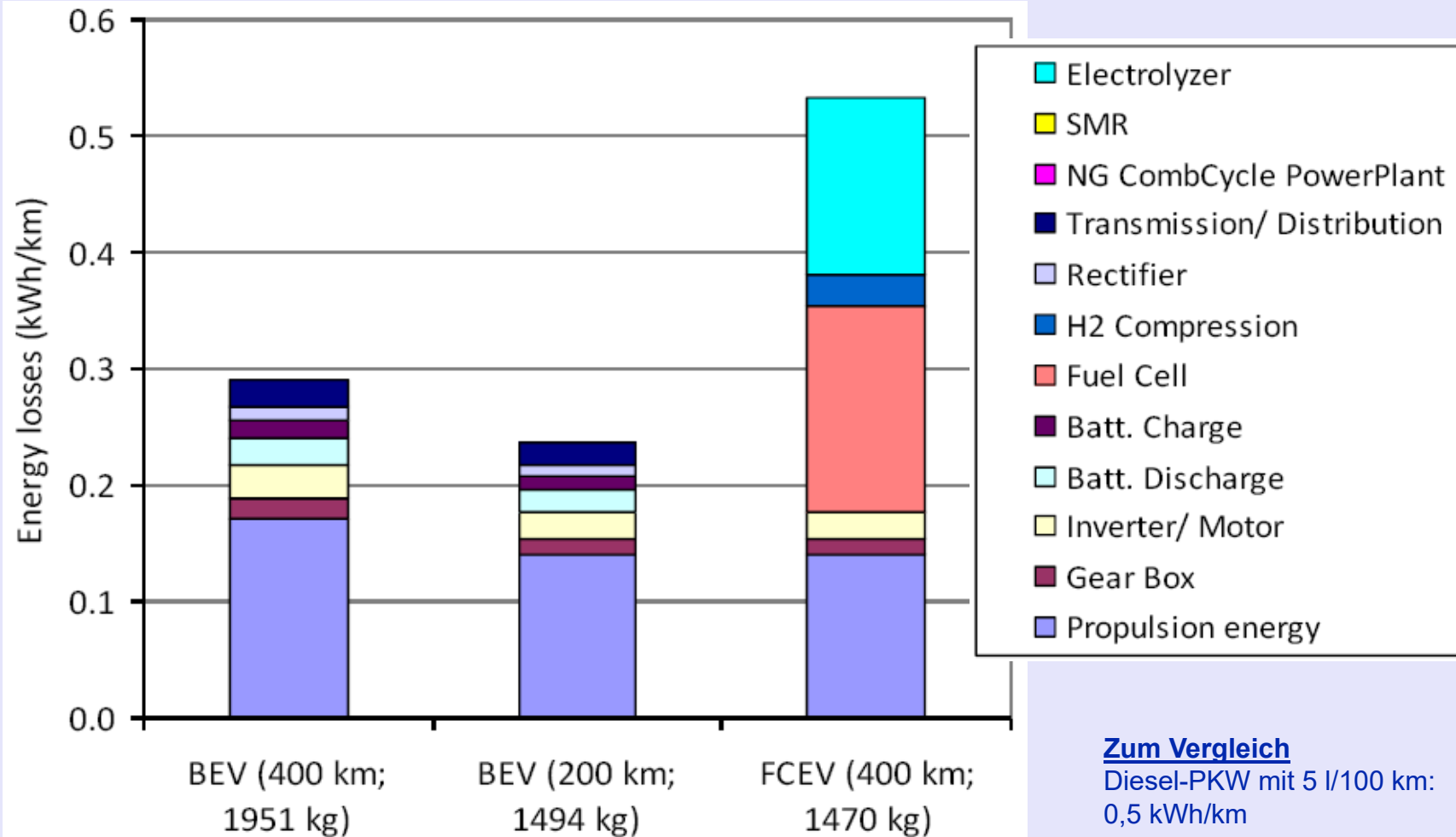


Quelle: LBST, 2010

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

Verwendung nur für Lehrzwecke an der FH Südwestfalen

Bei Strom als Ausgangsenergie sind Elektro-PKW wesentlich effizienter als Brennstoffzellen-PKW



Zum Vergleich
 Diesel-PKW mit 5 l/100 km:
 0,5 kWh/km

Quelle: LBST, 2010

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail

Verwendung nur für Lehrzwecke an der FH Südwestfalen



Fazit 1/2

Es ist eher unwahrscheinlich, dass Deutschland das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 erreicht, da besonders die Umstellung der Bereiche Wärme und Verkehr auf erneuerbare Energien mit erheblichen technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen verbunden ist. Zudem wird die Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Strombereich mit zunehmendem Anteil der Erneuerbaren immer aufwendiger und teurer.



Fazit 2/2

Die Bemühungen zur Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien sind angesichts des Klimawandels notwendig und alternativlos.

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft sollte dabei nicht aus den Augen verloren werden. Darüber hinaus sollte Energie nicht zu einem Luxusgut werden.



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!