

Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
AKE 6: Energieszenarien und intelligente Energiesysteme

Energieszenarien für Deutschland und das Energiekonzept der Bundesregierung

J.-Fr. Hake, D. Martinsen, T. Pesch

IEK-STE: Forschungszentrum Jülich
Institut für Energie- und Klimaforschung, Systemforschung und Technologische Entwicklung

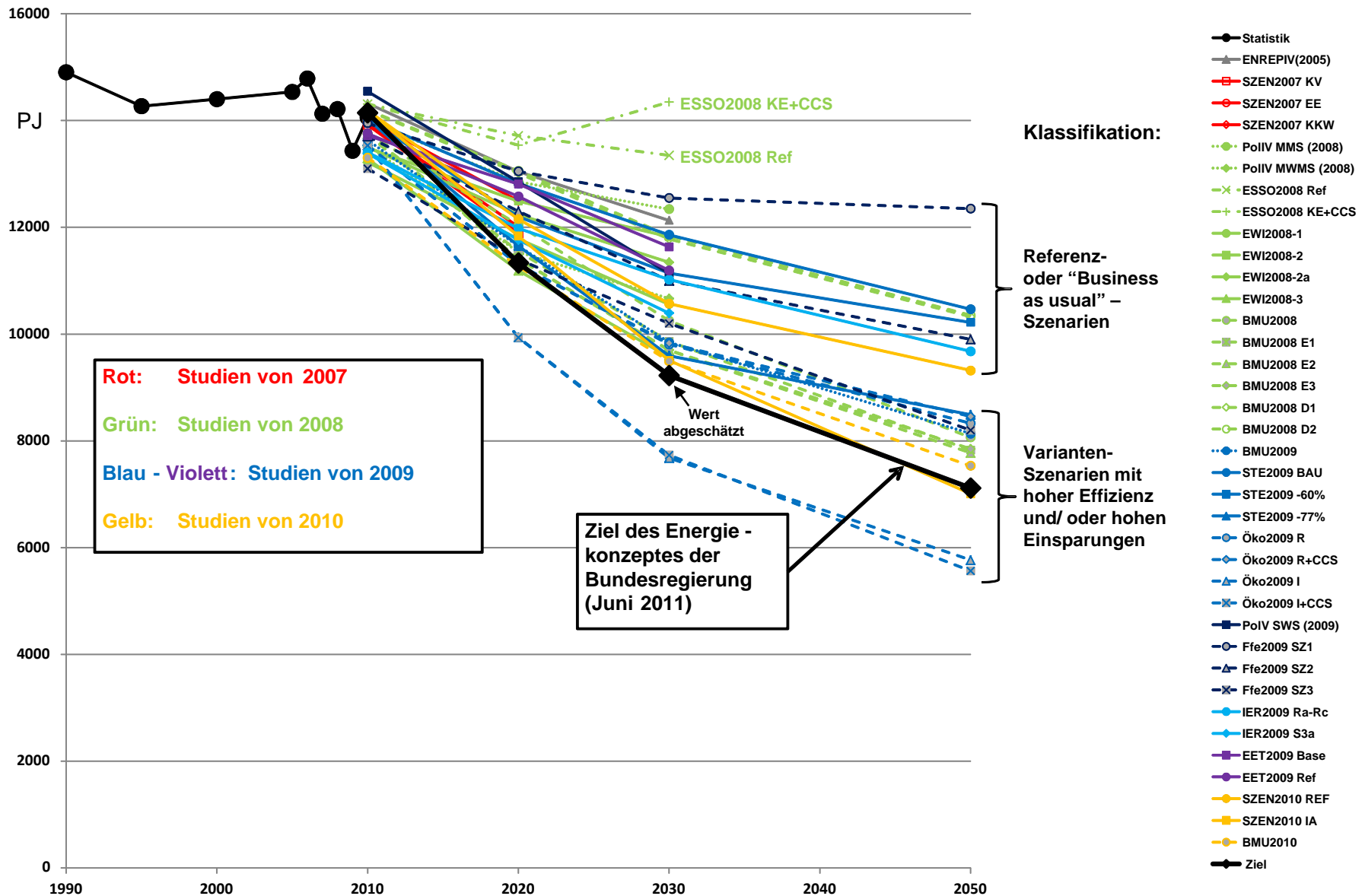
- Übersicht über Energieszenarien für Deutschland
- Analyse der Auswirkungen des deutschen Energiekonzepts mit IKARUS-LP
- Kosteneffiziente Szenarien für Deutschland (IKARUS-LP)
- Kostenvergleich
- Zusammenfassung & Ausblick

- Übersicht über Energieszenarien für Deutschland
- Analyse der Auswirkungen des deutschen Energiekonzepts mit IKARUS-LP
- Kosteneffiziente Szenarien für Deutschland (IKARUS-LP)
- Kostenvergleich
- Zusammenfassung & Ausblick

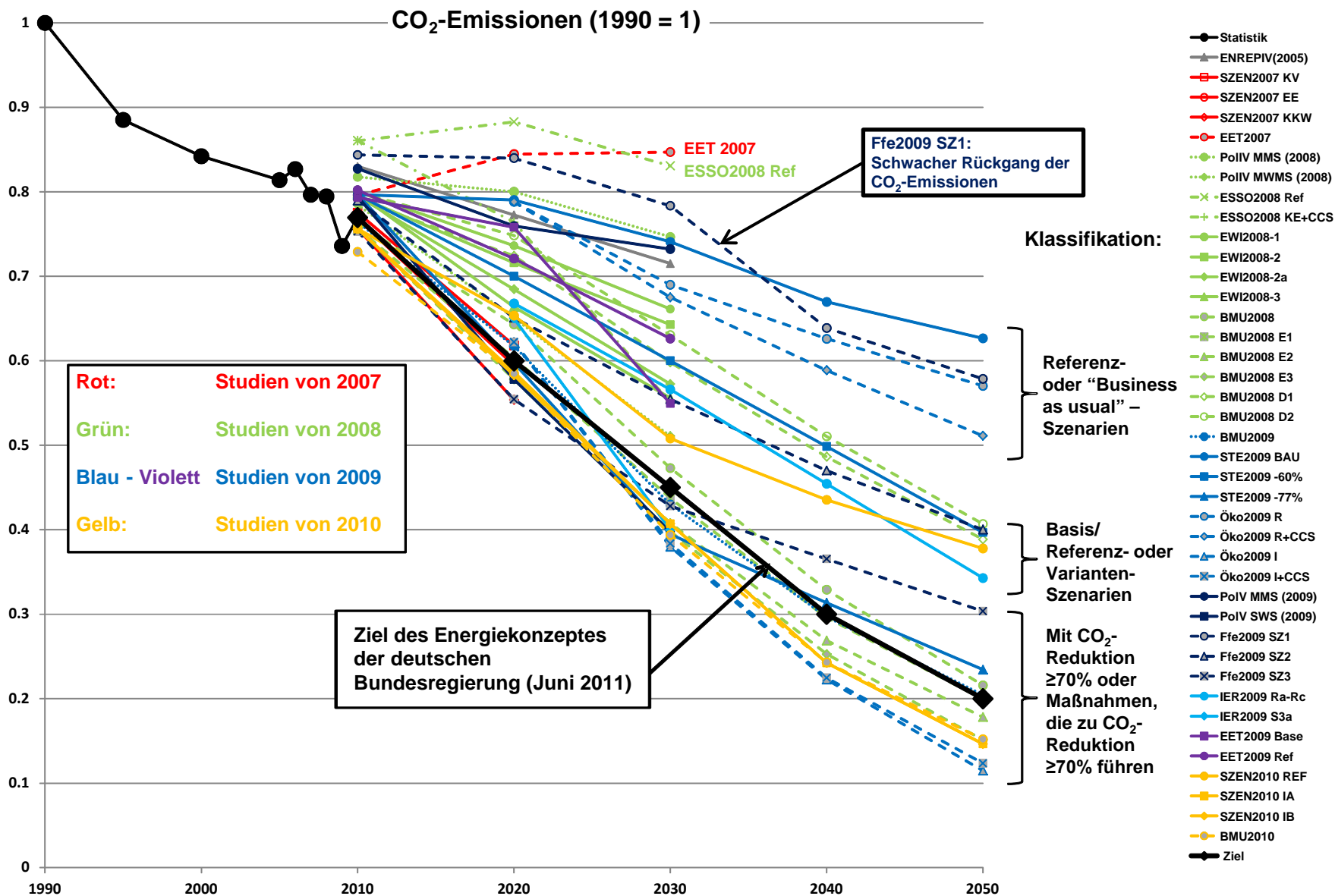
Aktuelle Studien mit Energiebezug für Deutschland

The collage features several key documents:

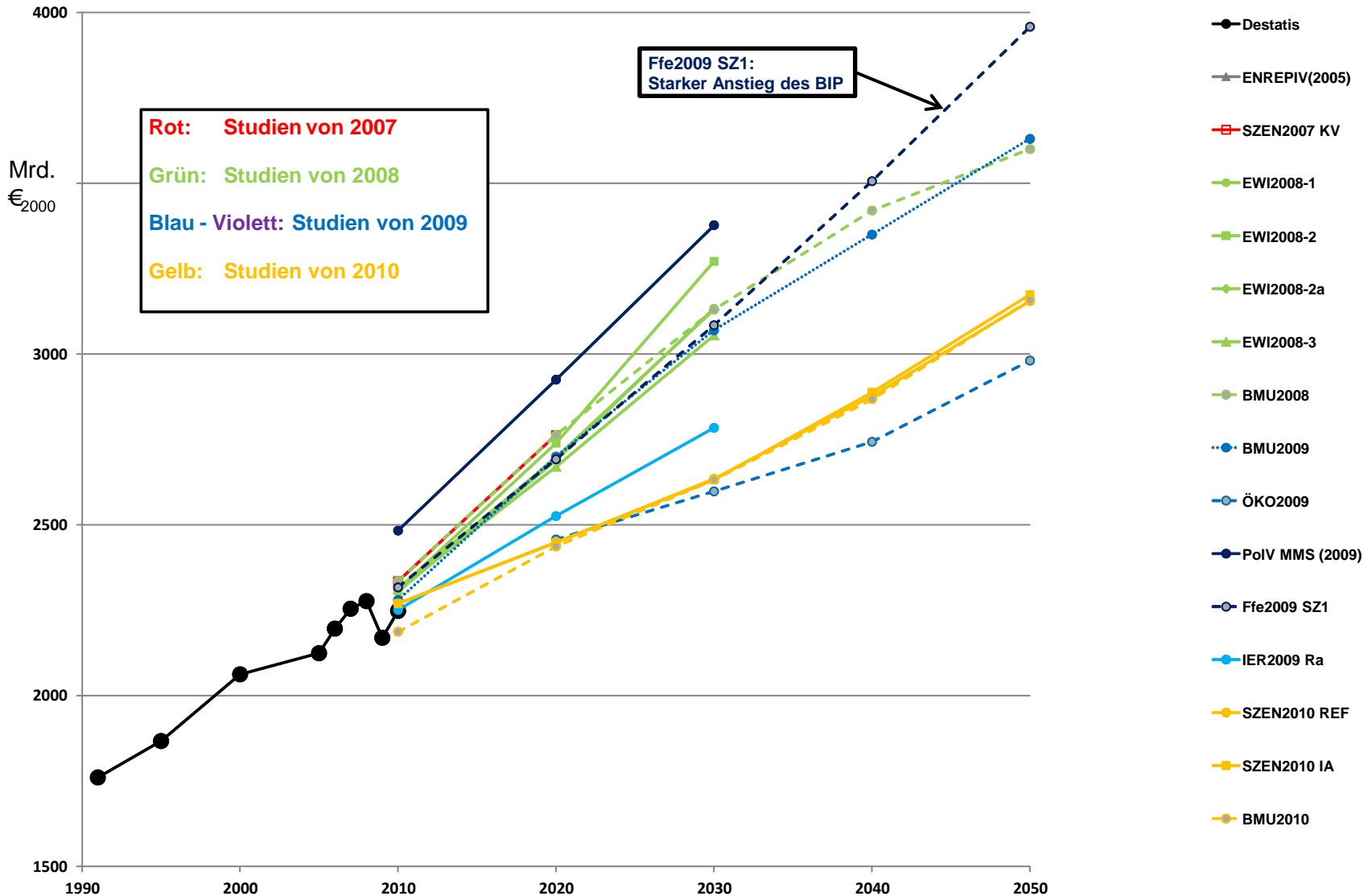
- Energiekonzept 2050:** A vision for a sustainable energy concept based on energy efficiency and 100% renewable energy. Published by Fraunhofer IEE, IZES, ZAE Bayern, and ZSW.
- Future Climate Engineering Solutions:** A joint report by 13 engineering associations calling for a framework for joint technology development to achieve GHG reductions in the transport sector.
- EU energy trends to 2030:** A report by the Umwelt Bundes Amt showing energy trends from 2010 to 2030, with a target of 100% renewable energy.
- Politikszenerarien für den Klimaschutz IV Szenarien bis 2030:** Policy scenarios for climate protection, published by the Umwelt Bundes Amt.
- Energieprognose:** Focus on energy supply and climate protection goals.
- Energiezukunft 2050:** Part 1 - Methodology and current status, published by FFE.
- Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland:** Long-term scenarios and strategies for the expansion of renewable energy in Germany.
- Shell LKW-Studie:** Trends and perspectives for truck traffic until 2030.
- 100 Energieziel:** 100% Strom aus erneuerbaren Energien.
- Vom Ziel her denken:** Thinking from the goal.
- Politikszenerarien Klimaschutz V - auf Strukturwandel und Treibhausgas-Emissionen zum Jahr 2030:** Policy scenarios for climate protection V - on structural change and greenhouse gas emissions by 2030.



Projektionen der CO₂-Emissionen in Deutschland



Projektionen der BIP-Entwicklung in Deutschland



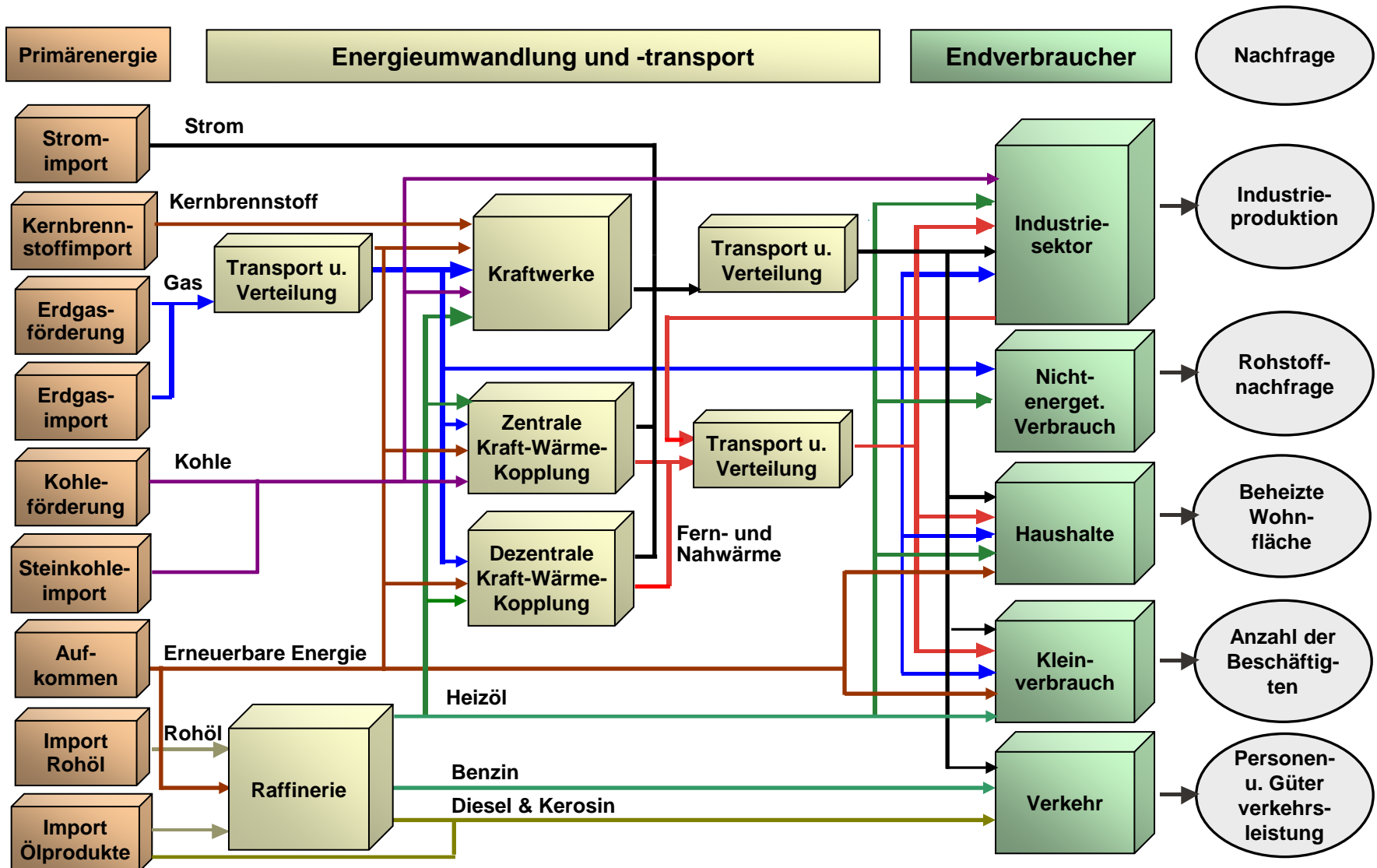
Bewertungsmatrix	ENREPIV	SZEN2007	EET2007	PoIV	PRIMES2008	ESSO2008	EWI2008	BMU2008	ShellPKW	BMU2009	STE2009	ÖKO2009	Esso2009	PoIV	FfE2009	IWES2009	IER2009	ShellKW	FVEE2010	UBA2010	EET2009	SZEN2010	BMU2010	SRU2011
Technische Maßnahmen	X	○	X	○	-	X	X	○	○	○	○	○	X	○	○	●	○	X	X	○	X	X	○	X
Politische Maßnahmen	X	X	○	●	○	-	○	X	X	X	X	X	-	●	X	-	○	X	X	X	●	○	-	●
Nachhaltigkeitskonzept	-	-	X	-	-	C	-	X	X	X	-	C	-	-	-	-	X	-	H	H	-	-	H	H
Nachhaltigkeitsbewertung	Z	-	Z	C	○	-	Z	X	X	X	-	○	-	C	X	-	P	-	H	H	Z	P	H	H

- Komplexere methodische Ausarbeitung
- Einfache methodische Ausarbeitung
- X Berücksichtigt, aber nicht methodisch ausgearbeitet
- Nicht berücksichtigt

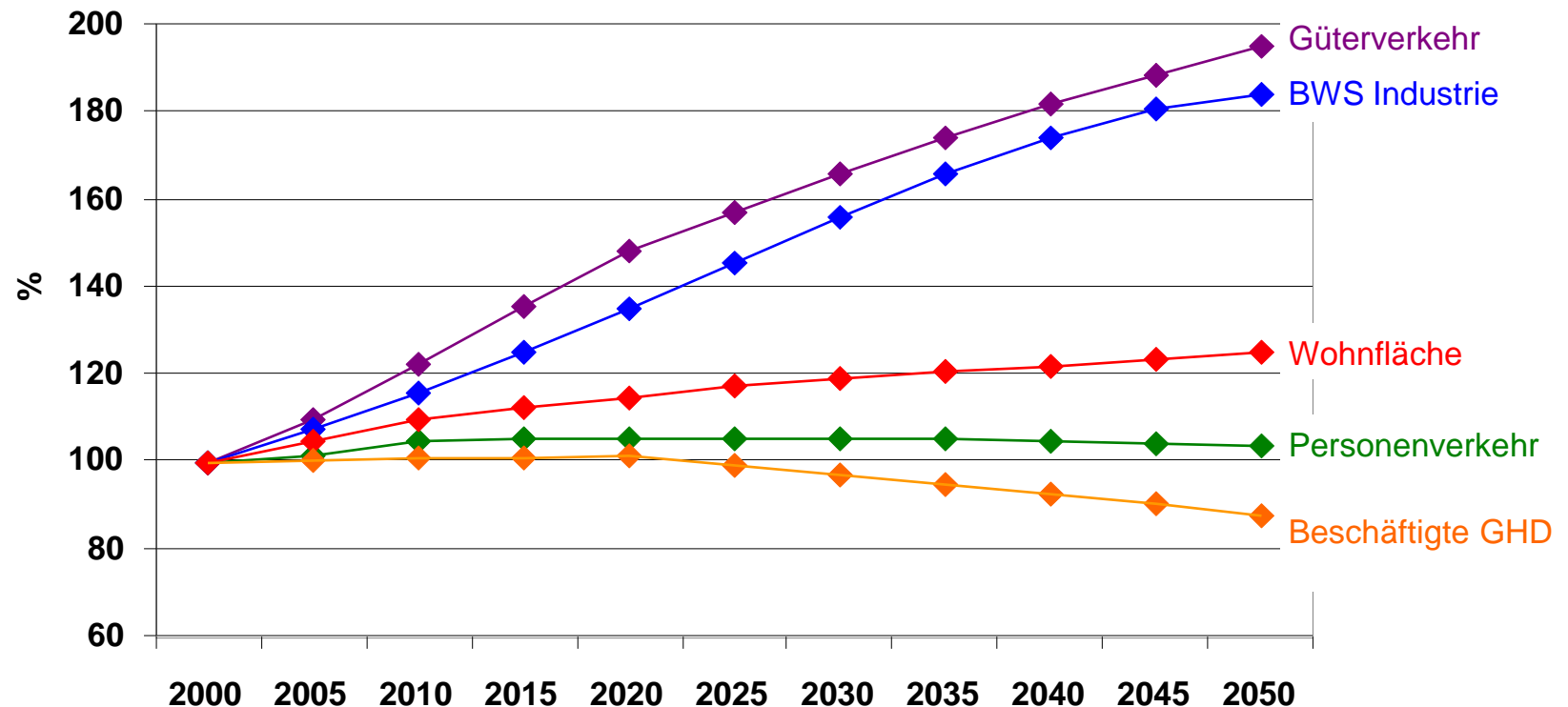
- C: NH reduziert auf Klimaschutz
- H: NH gleichgesetzt mit 100% EE
- Z: Energiewirtschaftliches Zieldreieck
- P: Politisch definierte NH-Ziele

- Übersicht über Energieszenarien für Deutschland
- **Analyse der Auswirkungen des deutschen Energiekonzepts mit IKARUS-LP**
- Kosteneffiziente Szenarien für Deutschland (IKARUS-LP)
- Kostenvergleich
- Zusammenfassung & Ausblick

- **Ausstieg** aus der Kernenergie (bis Ende 2022)
- **Reduktion der THG Emissionen um 40% bis 2020, 55% 2030 und mind. 80% bis 2050** verglichen mit den Emissionen von 1990
- Primärenergieverbrauch, **PEV um die Hälfte reduziert** bis 2050
- Bruttostromverbrauch reduziert um 10% bis 2020 (25% bis 2050)
- **Raumwärmebedarf reduziert um 20% bis 2020**
- Anteil der Erneuerbaren, **EE an PEV mind. 30% bis 2030**
- Anteil der **EE in Stromerzeugung 50% bis 2030** (80% bis 2050)
- Anteil EE am EEV des Transportsektors 10% bis 2020, **6 Mio. E-PKW bis 2030** (1 Mio. E-PKW bis 2020)



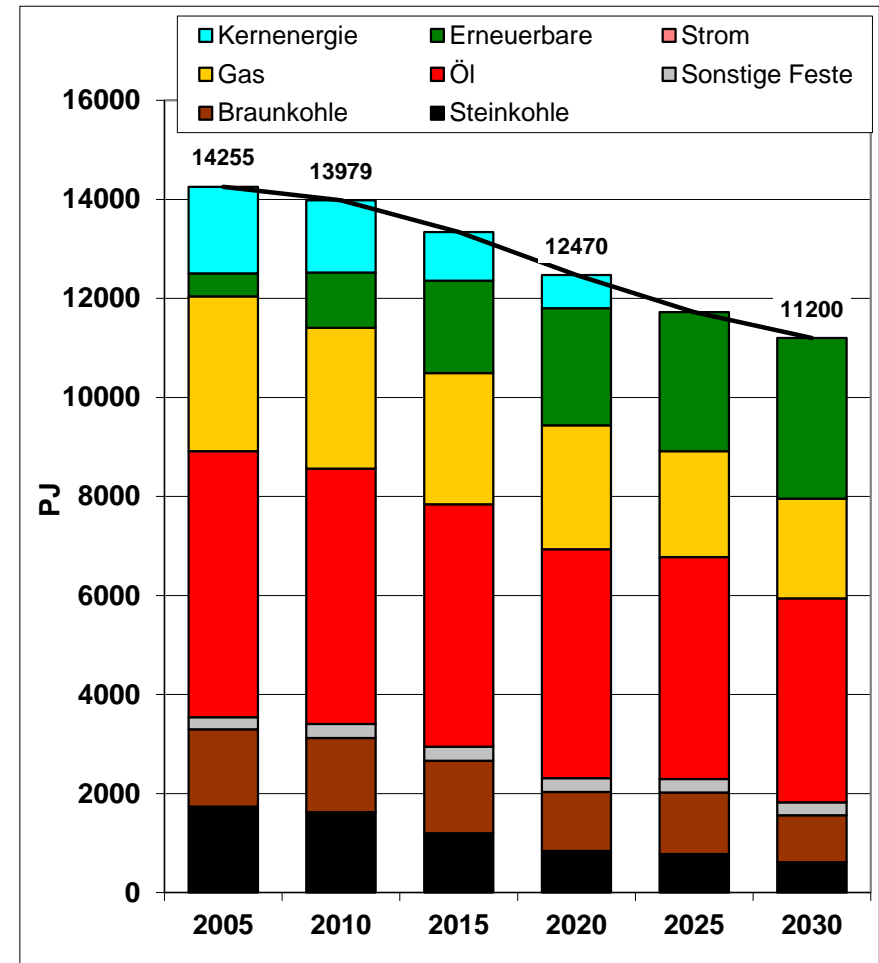
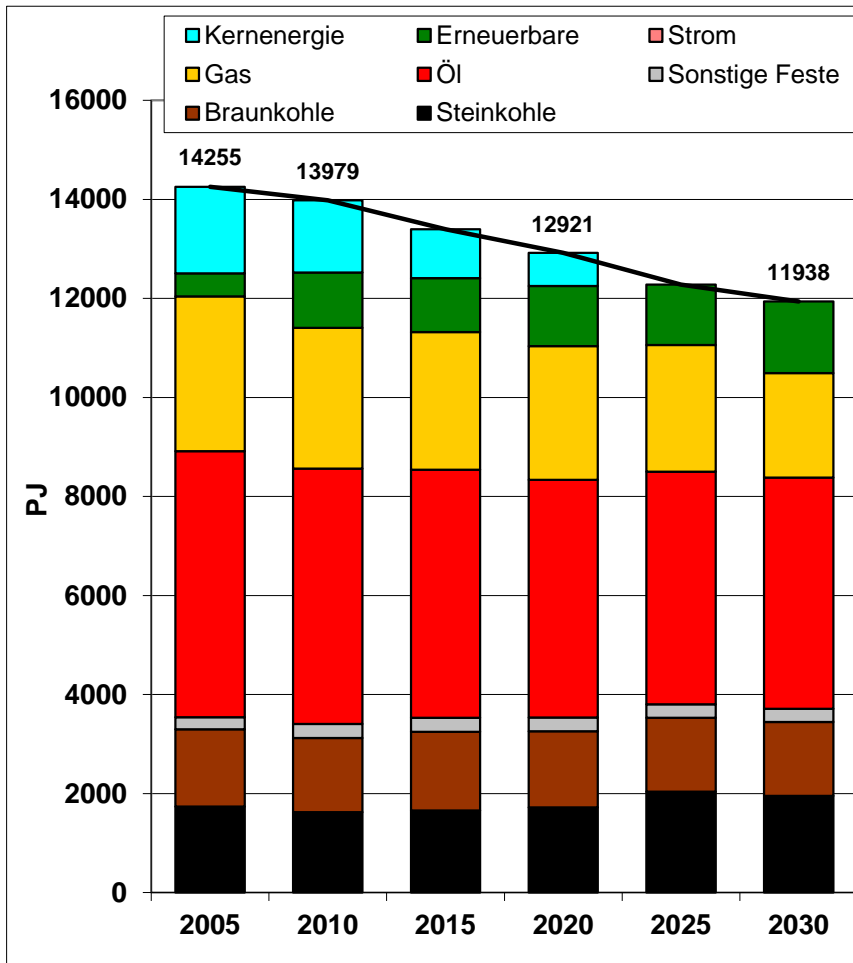
- BIP Wachstum: 1,4 %/a
- Bevölkerung: abnehmend auf ca. 80 Millionen in 2030 (76 Mio. bis 2050)
- Rohölpreis: steigt bis auf 135 \$/bbl in 2030 (200 \$/bbl in 2050)
- Atomausstiegsbeschluss vom Juni 2011
- Entwicklung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen



- **BAU:** „Business as usual“ ohne CO₂-Minderungsvorgabe und erweiterte Maßnahmen
- **EK:** Energiekonzept der Bundesregierung ohne eine zusätzliche CO₂-Minderungsvorgabe
- **EK (+CCS):** Energiekonzept der Bundesregierung inklusive CO₂-Minderungsvorgabe, CCS-Option verfügbar ab 2020
- **EK (-CCS):** Energiekonzept der Bundesregierung inklusive CO₂-Minderungsvorgabe, CCS-Option nicht verfügbar
- **OPT (+CCS):** BAU + CO₂-Minderungsvorgabe, d.h. das Modell wählt das kostengünstigste Maßnahmen/ Technologie-Portfolio zur CO₂-Minderung (mit CCS-Option ab 2020)
- **OPT (-CCS):** wie OPT nur ohne CCS-Option

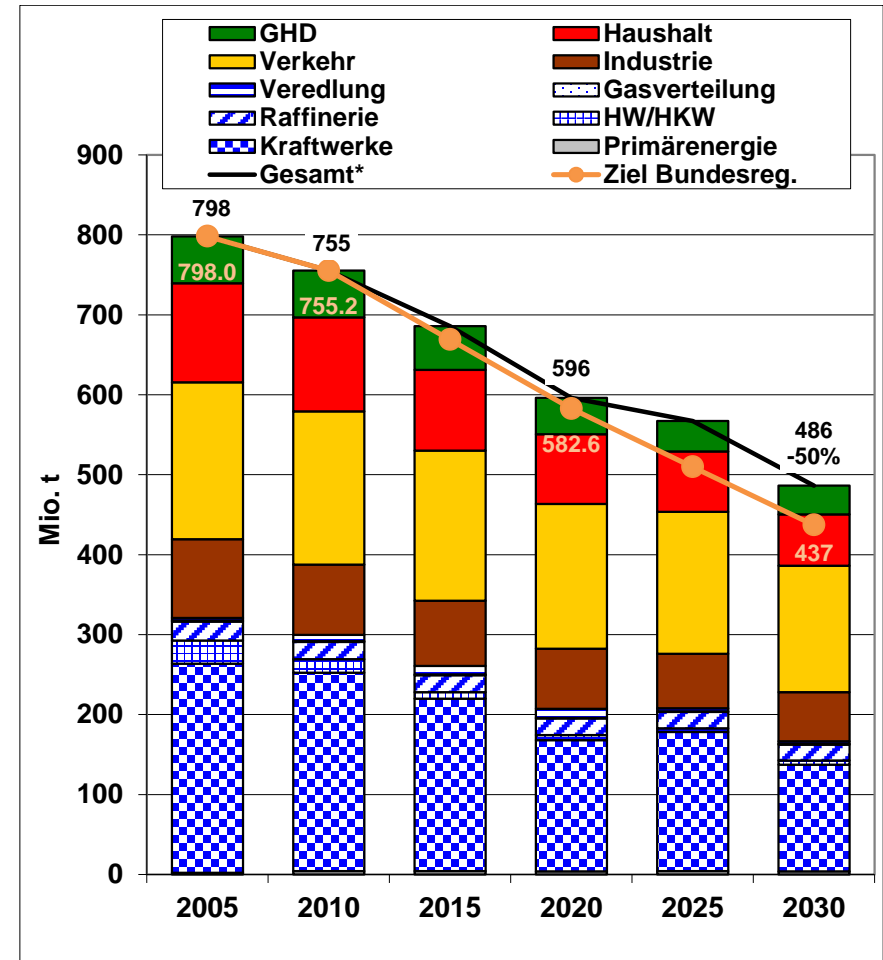
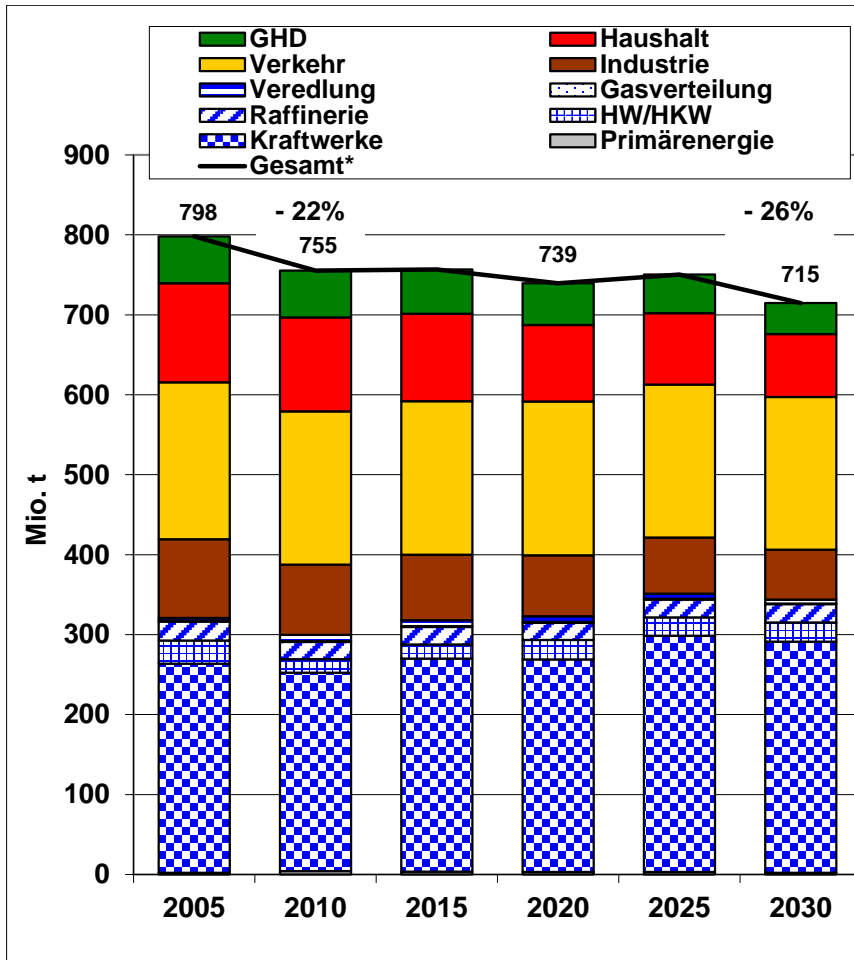
BAU: „Business as usual“

EK: Energiekonzept (ohne CO₂-Minderungsvorgabe)



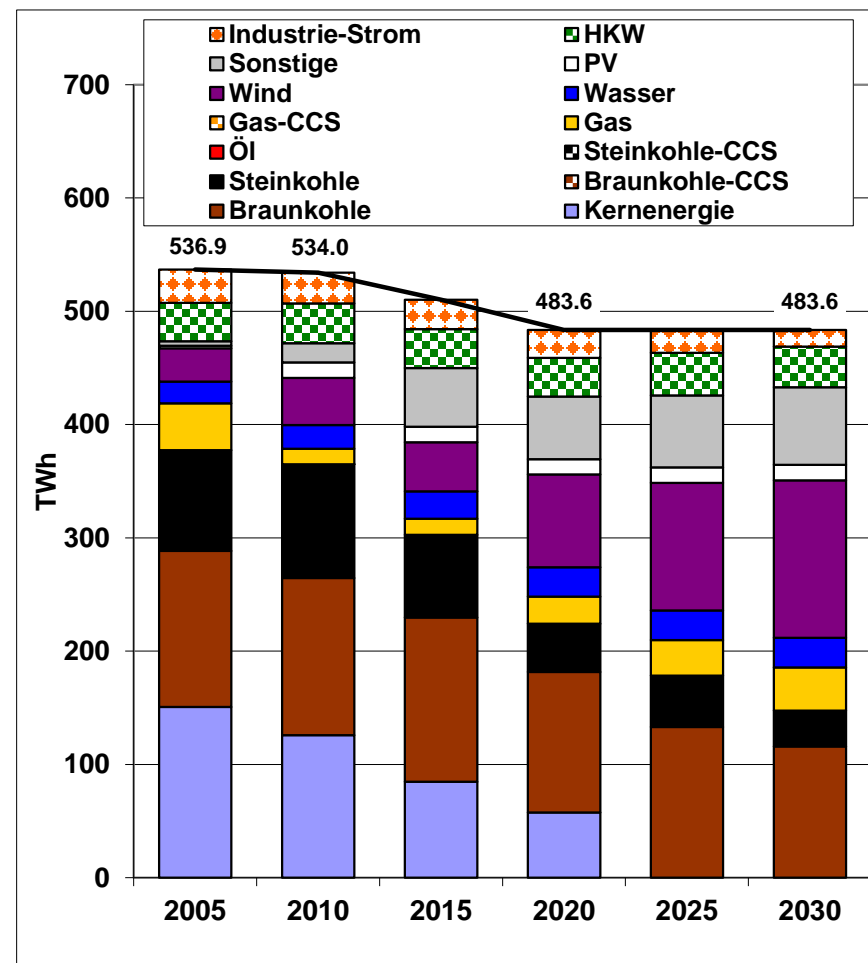
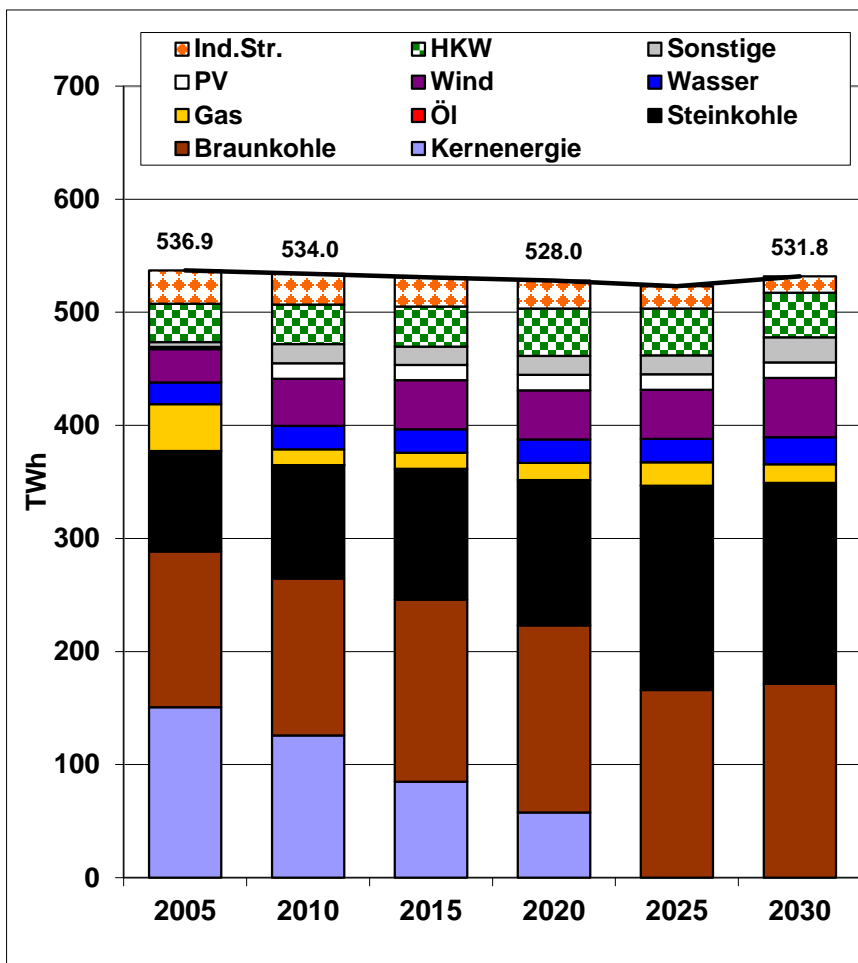
BAU: „Business as usual“

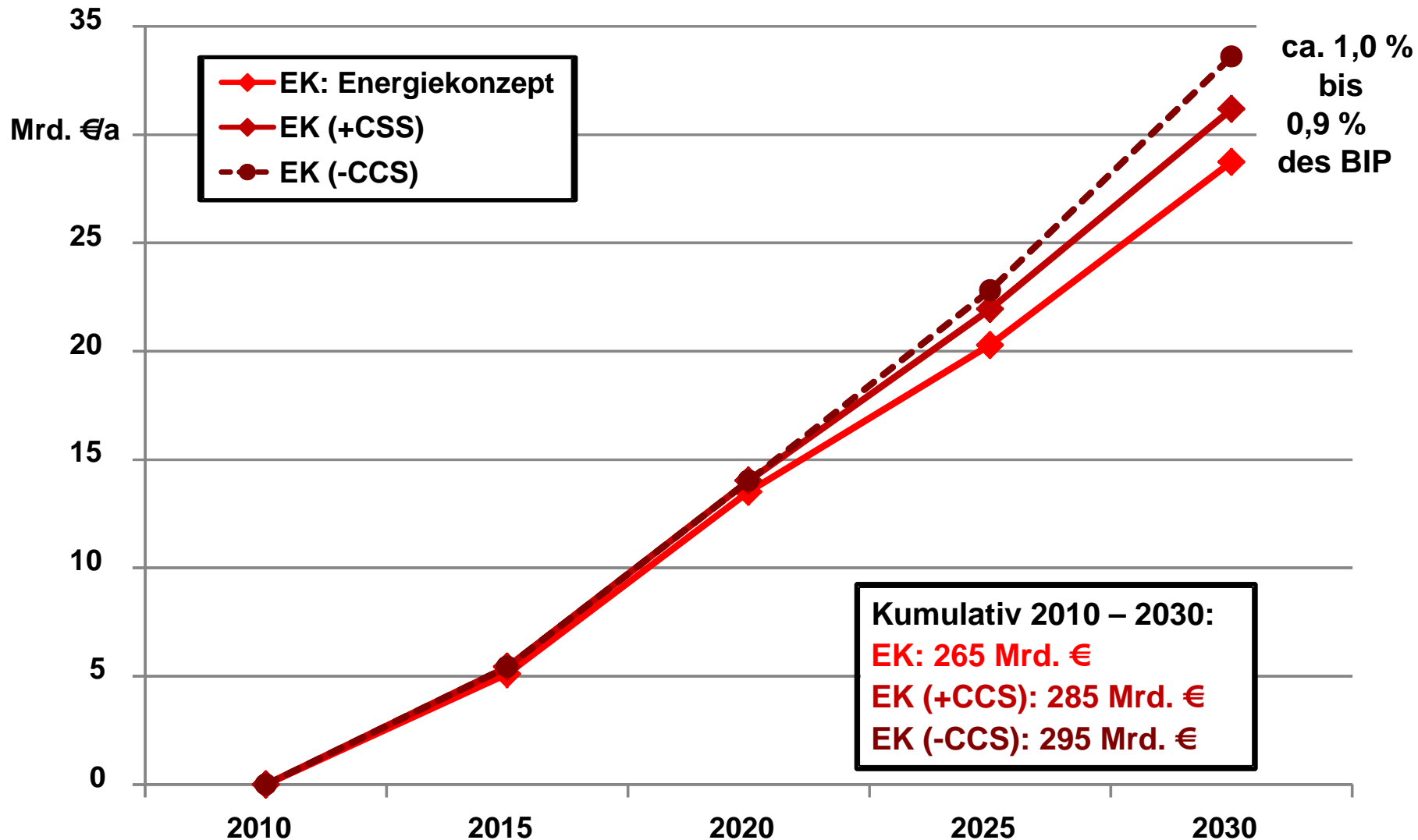
EK: Energiekonzept (ohne CO₂-Minderungsvorgabe)



BAU: „Business as usual“

EK: Energiekonzept (ohne CO₂-Minderungsvorgabe)





- Übersicht über Energieszenarien für Deutschland
- Analyse der Auswirkungen des deutschen Energiekonzepts mit IKARUS-LP
- **Kosteneffiziente Szenarien für Deutschland (IKARUS-LP)**
- Kostenvergleich
- Zusammenfassung & Ausblick

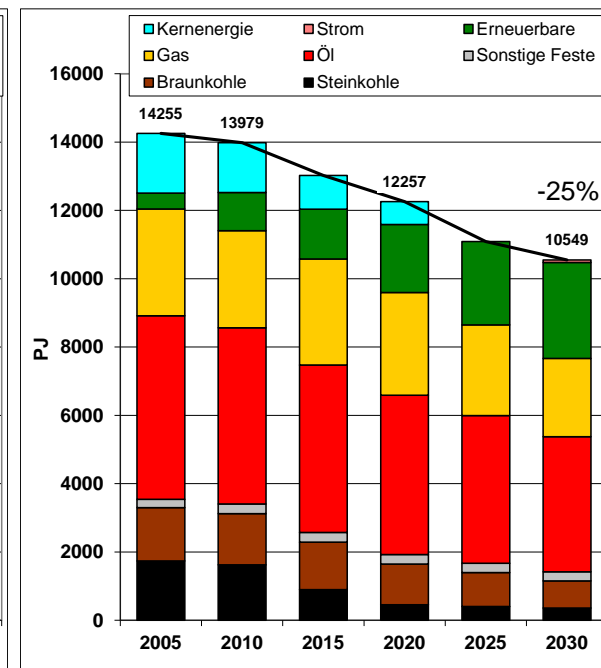
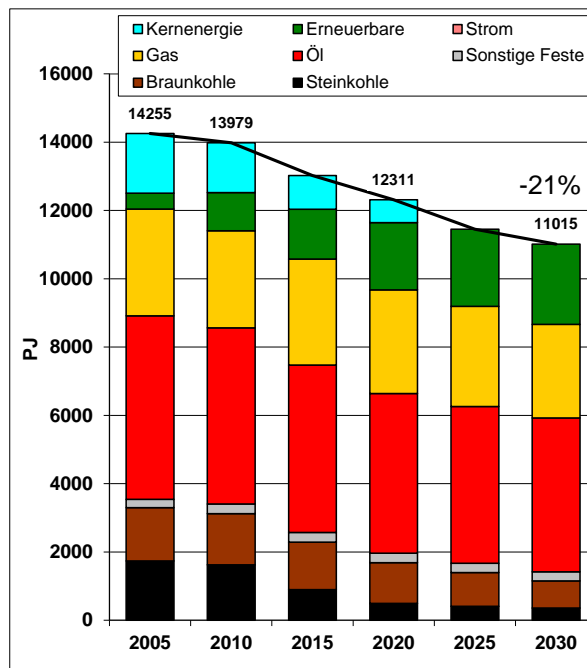
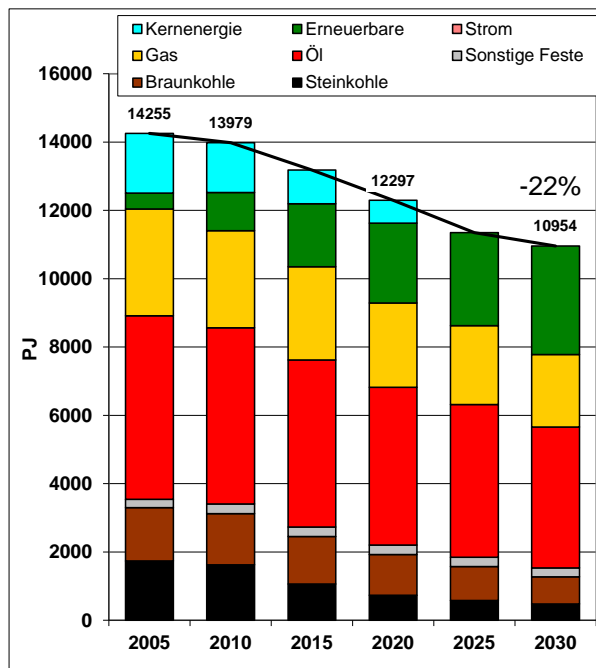
- BAU: „Business as usual“ ohne CO₂-Minderungsvorgabe und erweiterte Maßnahmen
- EK: Energiekonzept der Bundesregierung ohne eine zusätzliche CO₂-Minderungsvorgabe
- **EK (+CCS):** Energiekonzept der Bundesregierung inklusive CO₂-Minderungsvorgabe, CCS-Option verfügbar ab 2020
- EK (-CCS): Energiekonzept der Bundesregierung inklusive CO₂-Minderungsvorgabe, CCS-Option nicht verfügbar
- **OPT (+CCS):** BAU + CO₂-Minderungsvorgabe, d.h. das Modell wählt das kostengünstigste Maßnahmen/ Technologie-Portfolio zur CO₂-Minderung (mit CCS-Option)
- **OPT (-CCS):** wie OPT nur ohne CCS-Option

Mit CO₂-Minderungsvorgabe (-55% bis 2030 vgl. 1990)

EK (+CCS)

OPT (+CCS)

OPT (-CCS)



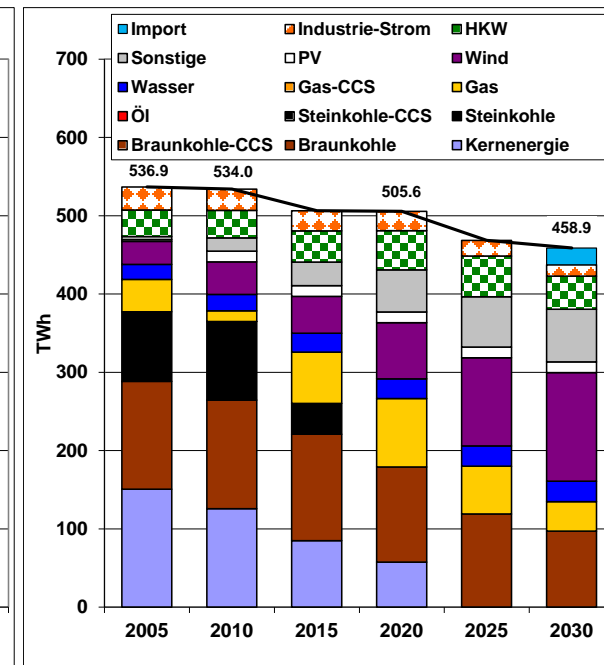
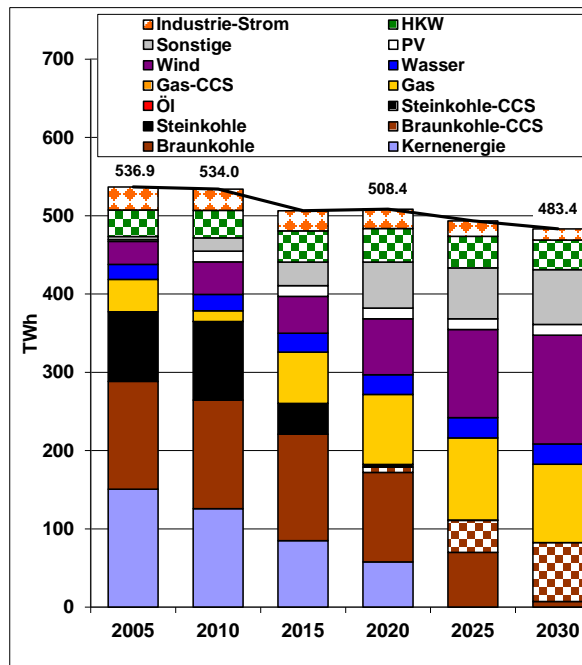
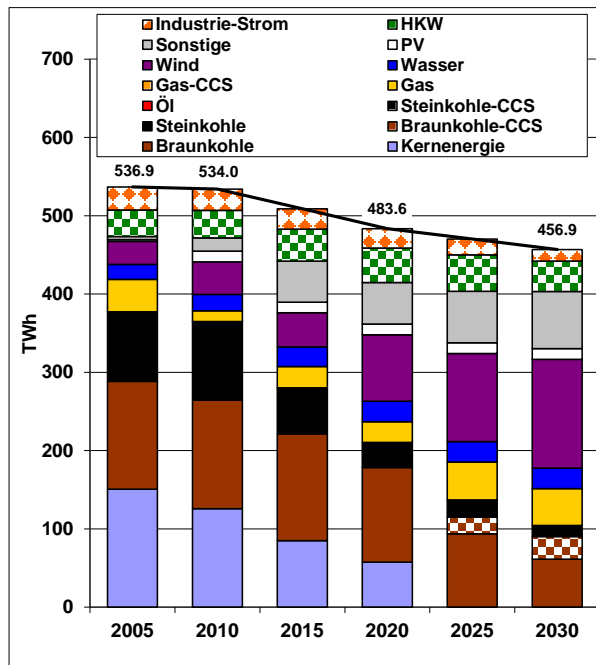
EK(+CCS) vs. OPT(+CCS) vs. OPT(-CCS): Nettostromerzeugung

Mit CO₂-Minderungsvorgabe (-55% bis 2030 vgl. 1990)

EK (+CCS)

OPT (+CCS)

OPT (-CCS)



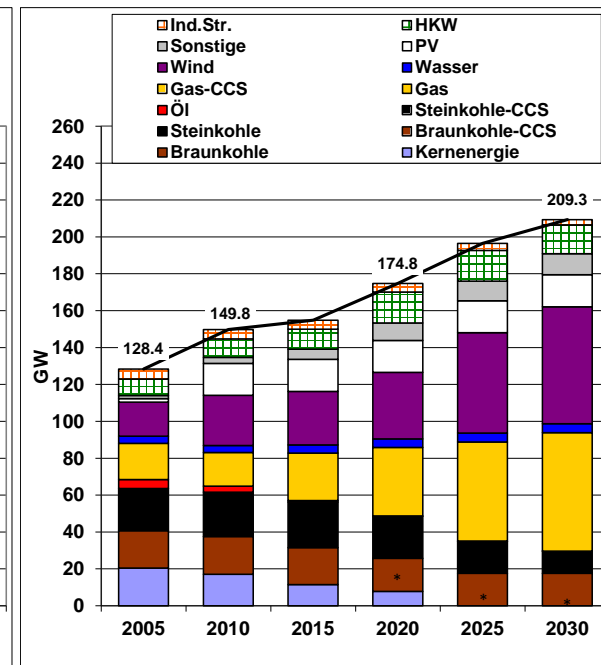
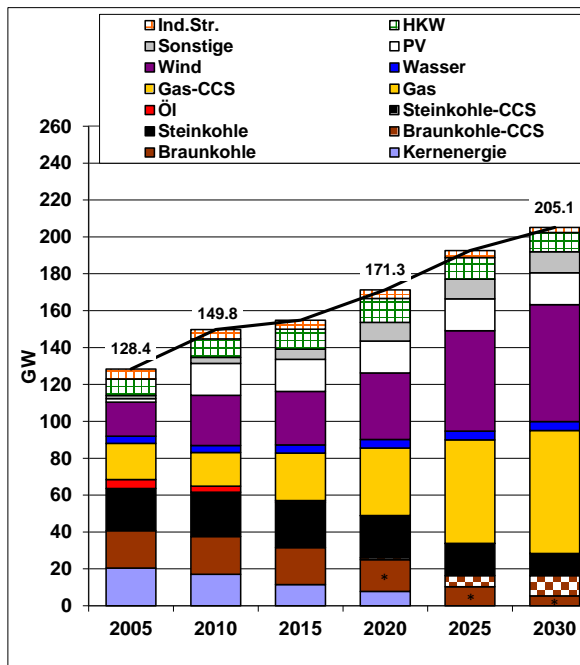
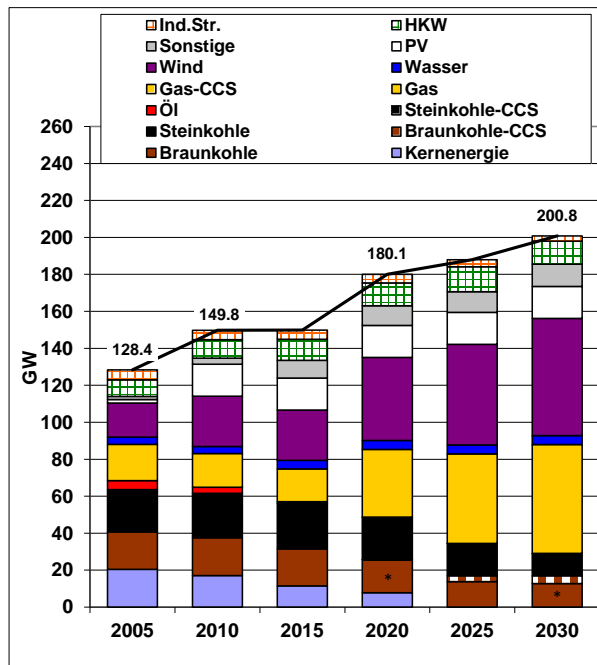
EK(+CCS) vs. OPT(+CCS) vs. OPT(-CCS): Installierte Nettoleistung

Mit CO₂-Minderungsvorgabe (-55% bis 2030 vgl. 1990)

EK (+CCS)

OPT (+CCS)

OPT (-CCS)



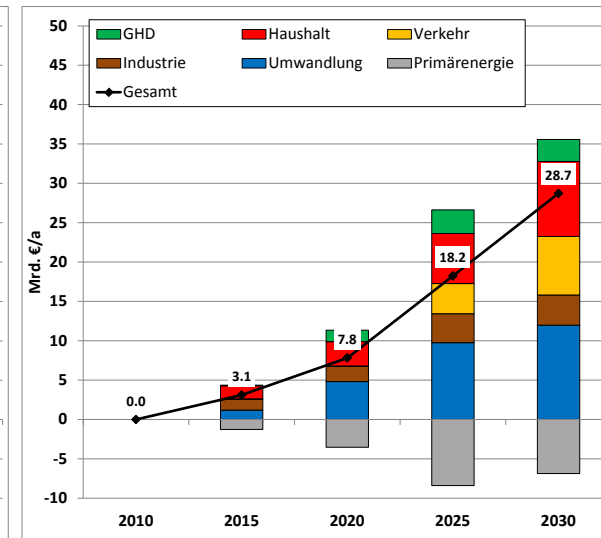
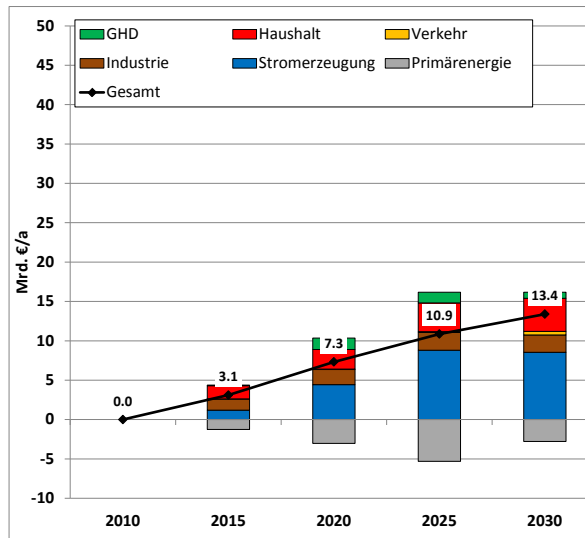
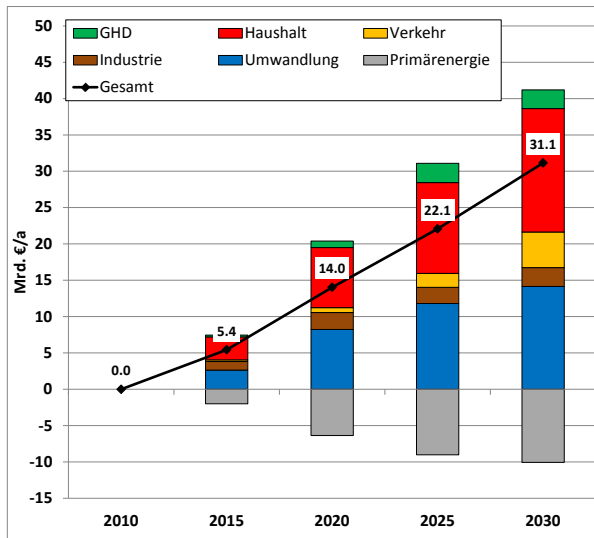
EK(+CCS) vs. OPT(+CCS) vs. OPT(-CCS): Jährliche Mehrkosten im Vergleich zu BAU

Mit CO₂-Minderungsvorgabe (-55% bis 2030 vgl. 1990)

EK (+CCS)

OPT (+CCS)

OPT (-CCS)



2030: 1,0% vom BIP

Kumulativ 2010 – 2030:
285 Mrd. €

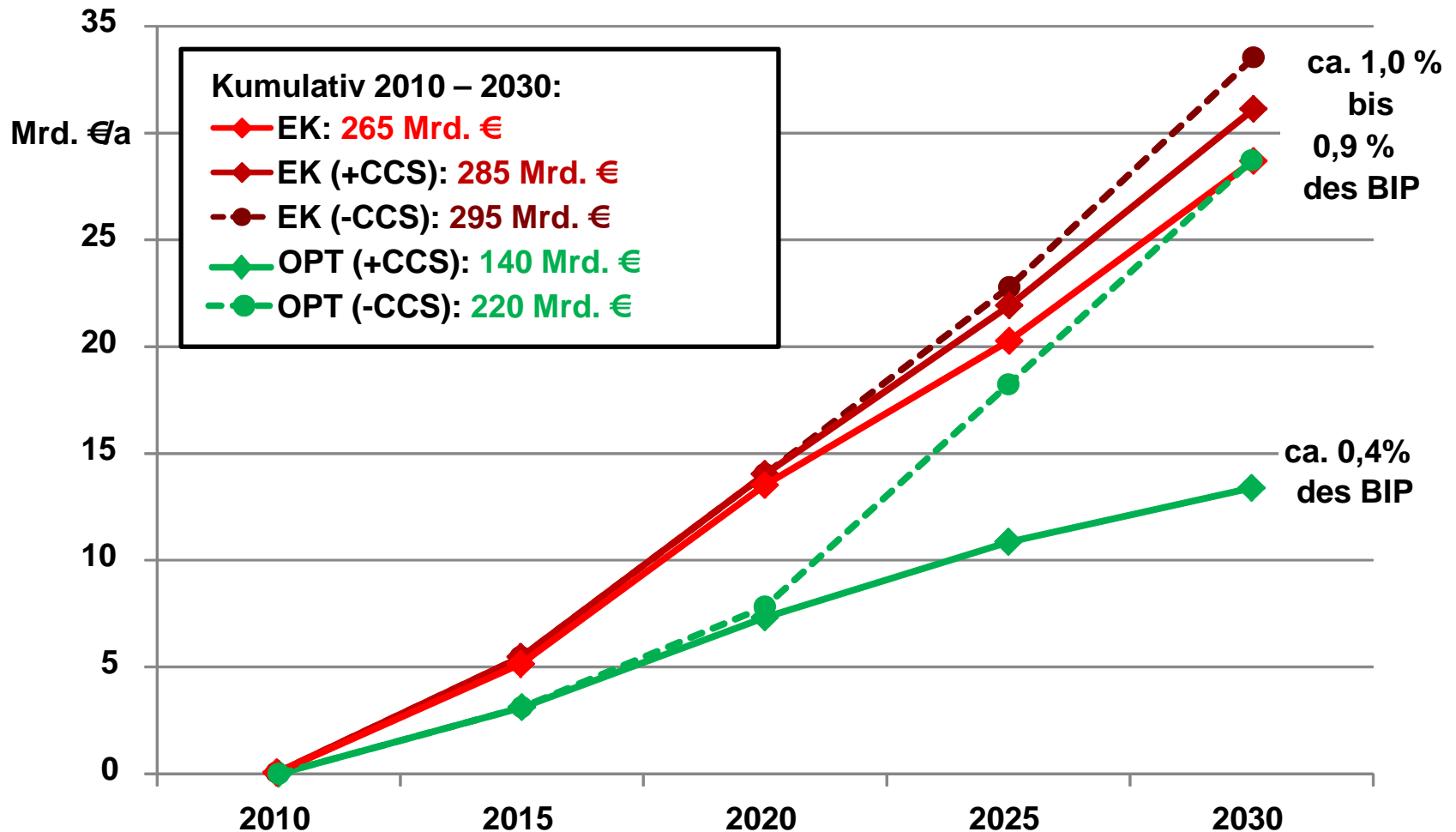
2030: 0,4% vom BIP

Kumulativ 2010 – 2030:
140 Mrd. €

2030: 0,9% vom BIP

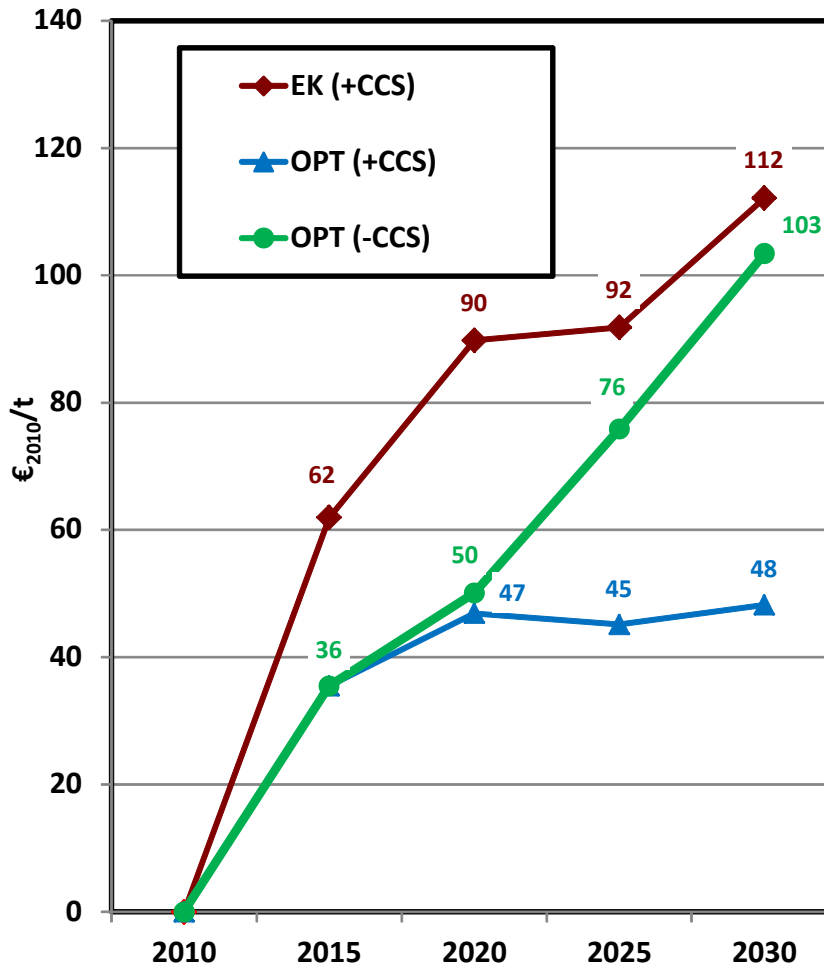
Kumulativ 2010 – 2030:
218 Mrd. €

- Übersicht über Energieszenarien für Deutschland
- Analyse der Auswirkungen des deutschen Energiekonzepts mit IKARUS-LP
- Kosteneffiziente Szenarien für Deutschland (IKARUS-LP)
- **Kostenvergleich**
- Zusammenfassung & Ausblick

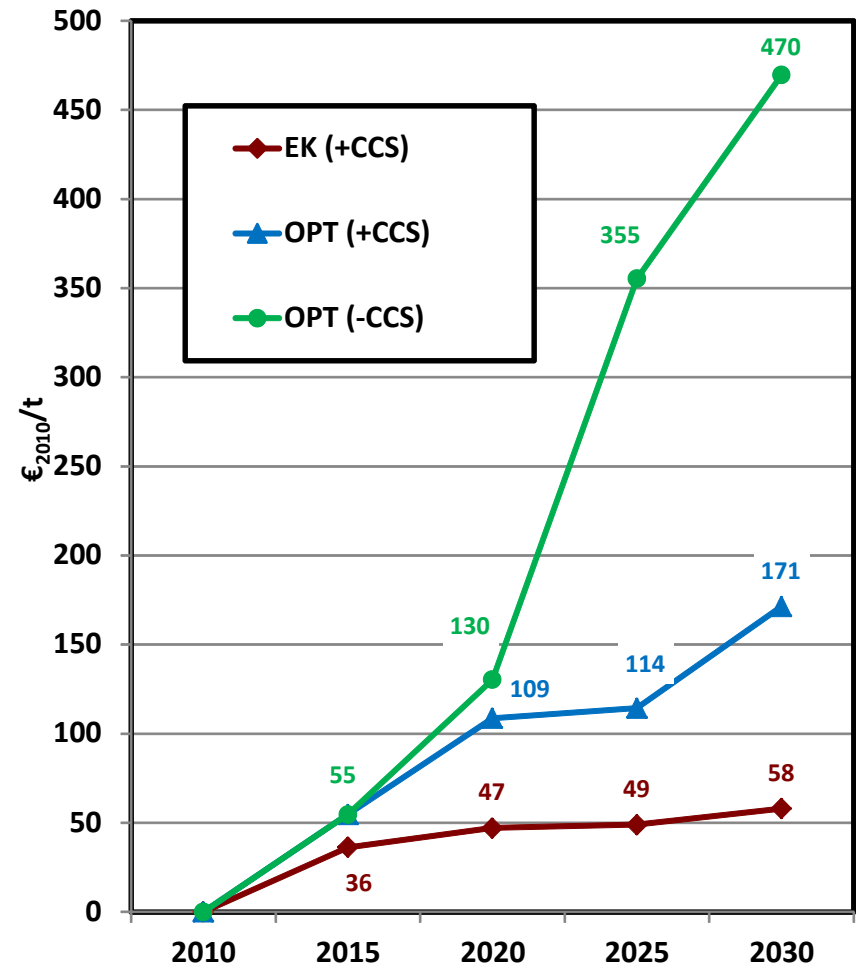


EK: Energiekonzept | OPT: Kostenoptimal

Durchschnittskosten



Marginalkosten



- Übersicht über Energieszenarien für Deutschland
- Analyse der Auswirkungen des deutschen Energiekonzepts mit IKARUS-LP
- Kosteneffiziente Szenarien für Deutschland (IKARUS-LP)
- Kostenvergleich
- **Zusammenfassung & Ausblick**

- Bereits im Referenzszenario (BAU) – autonome Weiterentwicklung – gehen die CO₂-Emissionen bis 2030 leicht zurück, trotz des Ausstieges aus der Kernenergie.
- Mit den Maßnahmen des Energiekonzeptes können die CO₂-Reduktionsziele der Bundesregierung bis 2030 nahezu erreicht werden.
- Im Vergleich zum kostenoptimalen Szenario (mit CCS) sind die Kosten des Energiekonzeptes ca. doppelt so hoch, da relativ teure CO₂-Reduktionsmaßnahmen im Haushalts- und Verkehrssektor kostengünstigeren Vermeidungsoptionen im Umwandlungsbereich (v.a. CCS) vorgezogen werden.
- Ist CCS keine Option, nähern sich die jährlichen Kosten des kostenoptimalen Szenarios mit denen des Energiekonzeptes bis 2030 an.
- Hohe Anteile von Wind/PV in der Stromerzeugung führen im Modell zu sehr hohen Back-up Kapazitäten (vor allem Gas), die sehr geringe Einsatzzeiten aufweisen.

- Bisherige Szenarien widmen sich den politischen Zielen der Nachhaltigkeit nicht in ausreichendem Maße.
- Szenarien werden bisher eher als Prognose verstanden.
- Wichtiger ist es, die Bandbreite möglicher Zukünfte und die Haupttreiber ihrer Entwicklungspfade darzustellen.
- Deswegen ist es Aufgabe zukünftiger Szenarientechniken und -modellierung,
 - Nachhaltigkeit integrativ zu betrachten,
 - die Robustheit von Zielsystemen gegenüber Parametervariationen zu untersuchen,
 - Wechselwirkungen der Einflussgrößen zu benennen,
 - die Beschneidung der Bandbreite möglicher Zukünfte durch getroffene Entscheidungen und Festlegungen zu analysieren und
 - mehr Gewicht auf die Gewinnung von Einsicht, als auf scheinbar konkrete Zahlen zu legen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!