

Zukünftiger Energieverbrauch zwischen Umweltschutz und Reboundeffekten

Vortrag am 21.09.2011 beim
4. LEW-Hochschultag Energie 2011
SGL Arena Augsburg

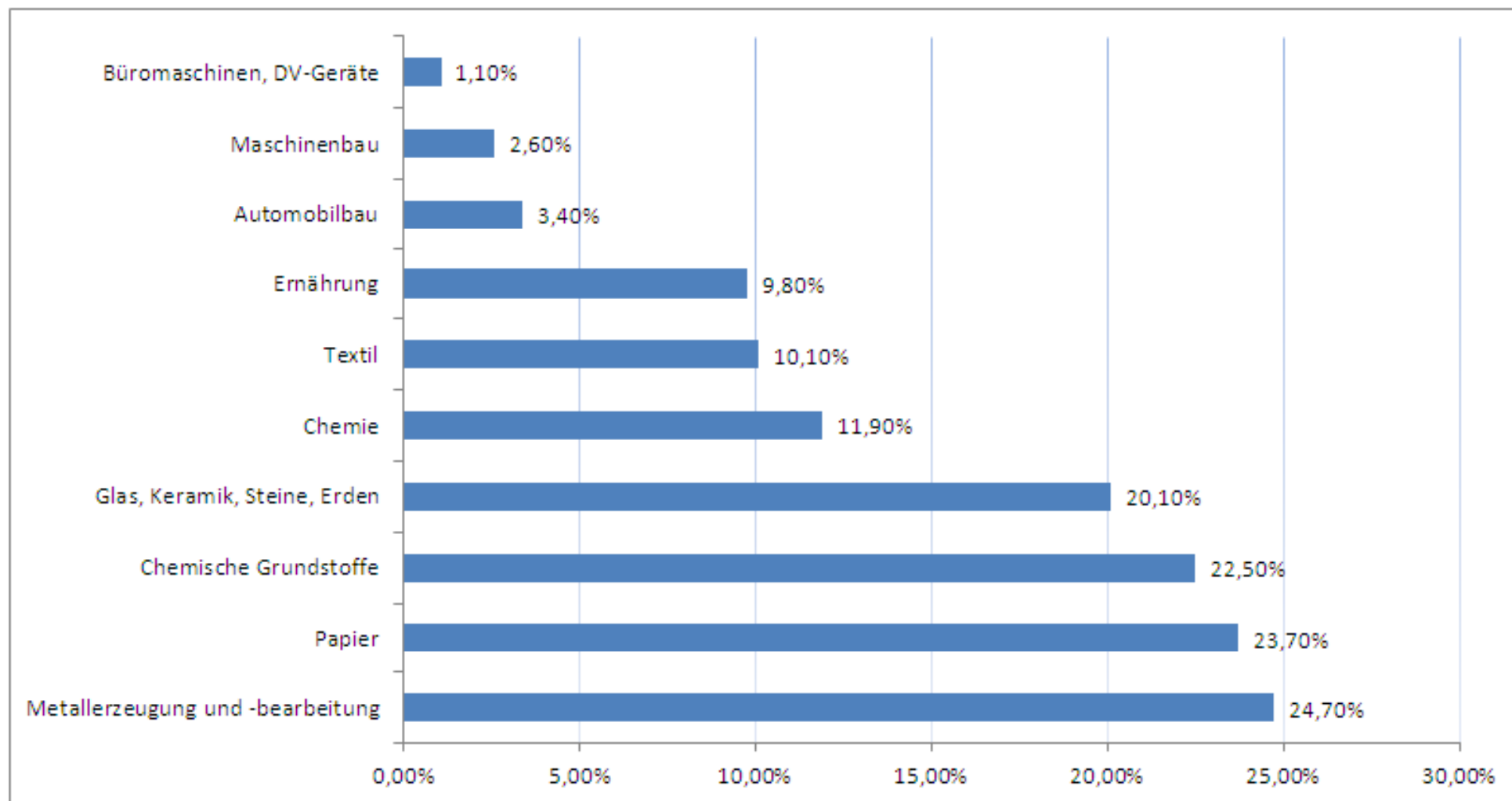
Dr. Tim Mennel

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim

Energie – Lebenselixier der Volkswirtschaft



Anteil Energiekosten an Bruttowertschöpfung



Quelle: Statista (2011)

Anteil Stromkosten an privaten Konsumausgaben

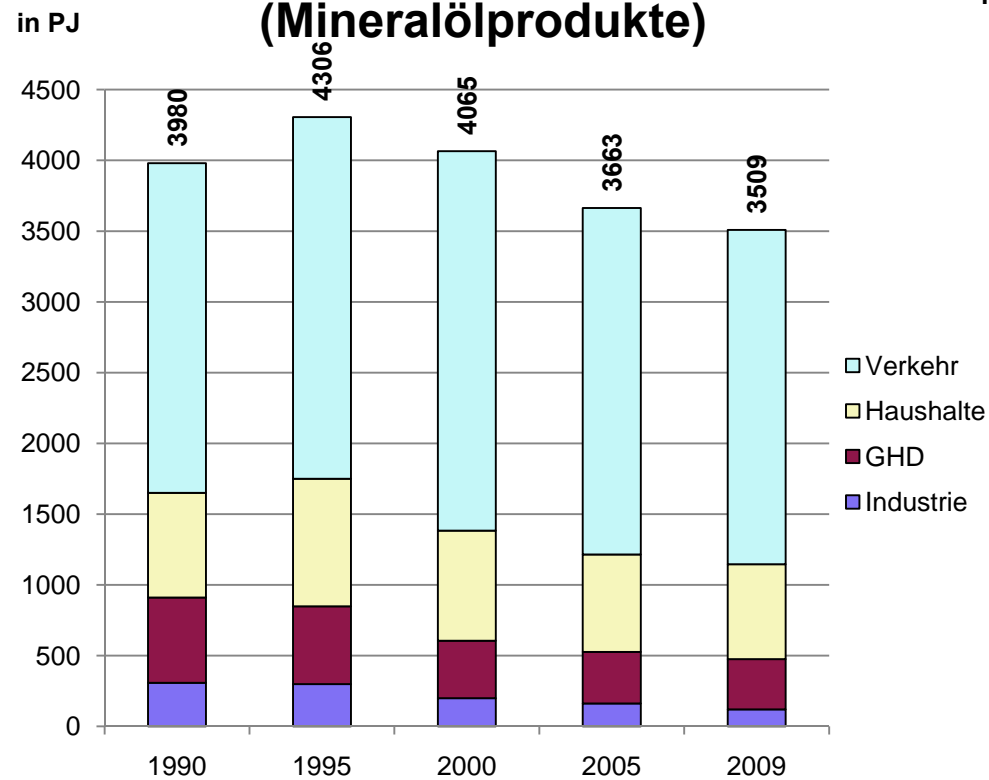
•Ausgabenanteil Strom in Abhängigkeit von Konsumausgaben (Deutschland)



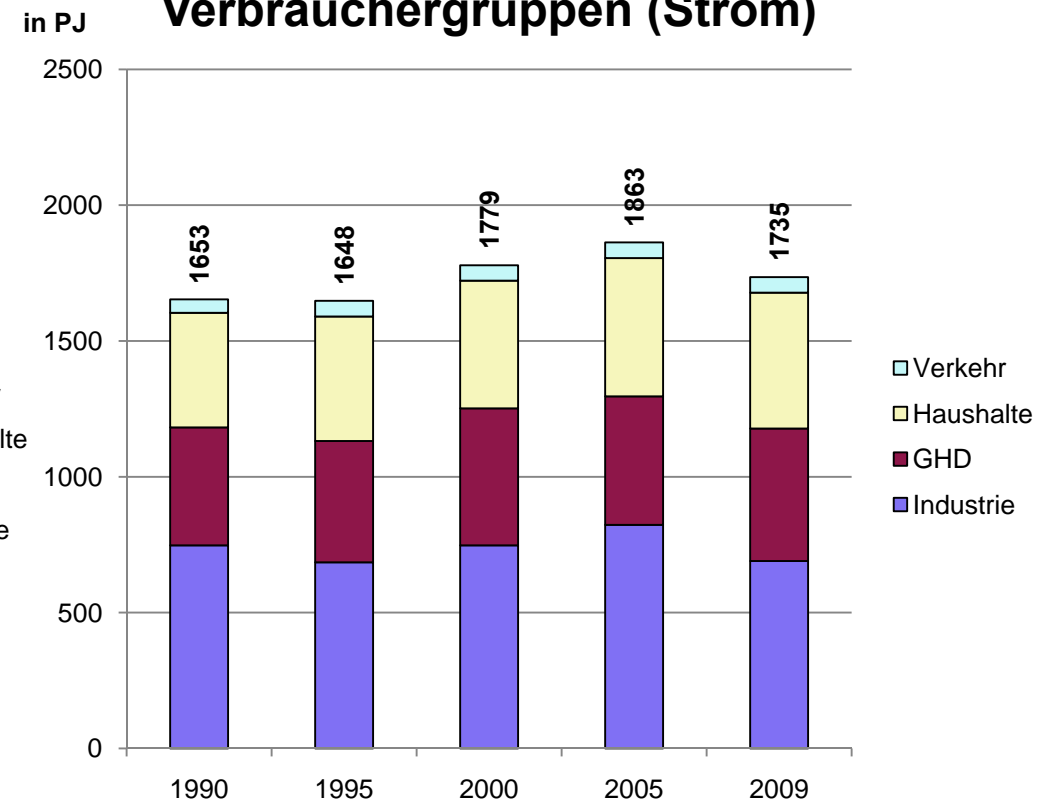
Quelle: EVS 2003, Regressionsschätzung des ZEW.

Entwicklung des Energieverbrauchs

Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen (Mineralölprodukte)

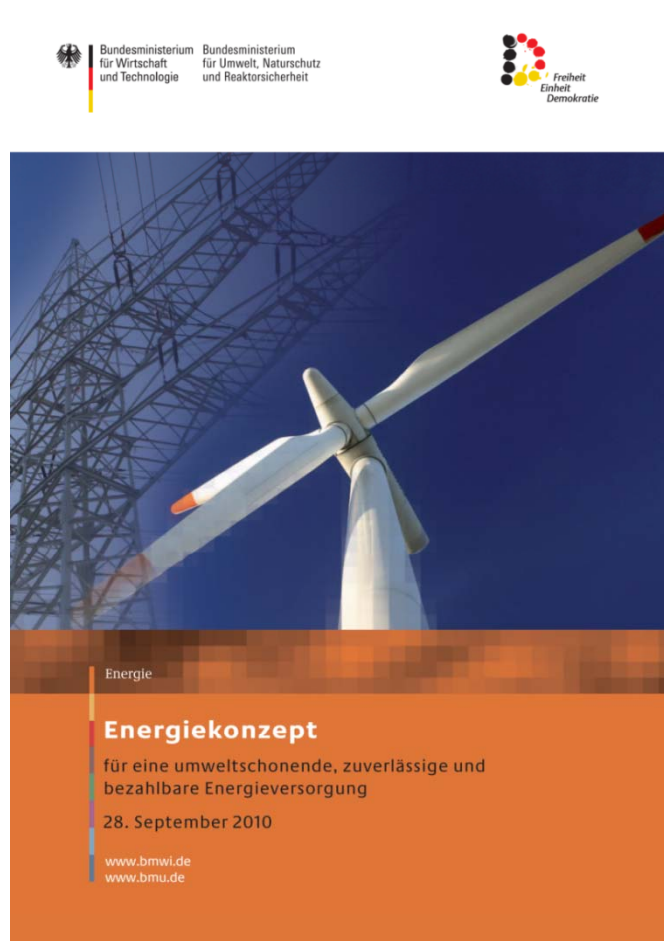


Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen (Strom)



Quelle: BMWI (2010)

Energiekonzept 2010



„Deutschland soll in Zukunft bei wettbewerbsfähigen Energiepreisen und hohem Wohlstandsniveau eine der **energieeffizientesten** und umweltschonendsten **Volkswirtschaften** der Welt werden.

[...] So muss beispielsweise **im Strombereich** der Ausbau der erneuerbaren Energien zusammen mit der **Steigerung der Energieeffizienz**, dem Ausbau der Stromnetze und dem Bau neuer Speicher angegangen werden. Auch **im Gebäudebereich** hat insbesondere der Einsatz von **Effizienzmaßnahmen** ein enormes Potential.“

EU Gipfel 2007: Klimaziele für 2020



- Verringerung der Treibhausgasemission um 20% (30%)
- Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch auf 20%
- **Steigerung der Energieeffizienz um 20%**
- Erhöhung des Biokraftstoffanteils auf 10%

Energieeffizienz – Schlagwort der Politik



„Energieeffizienz ist der Schlüssel zu einer nachhaltigen Energiepolitik. Hier liegen die größten Potenziale, um Versorgungs-sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umwelt-verträglichkeit in Einklang zu bringen.“

Angela Merkel, 2006



„Energieeffizienz plus Kostensenkung gleich Klimaschutz plus Arbeitsplätze!“

Jürgen Trittin, 2001

Energieeffizienz – Schlagwort der Politik



„Addiction to oil is a matter of national security concerns. After all, today we get about 60 percent of our oil from foreign countries.[...] If we want to become less dependent on oil, let's provide incentives for consumers to use less energy.“

George W. Bush, 2006

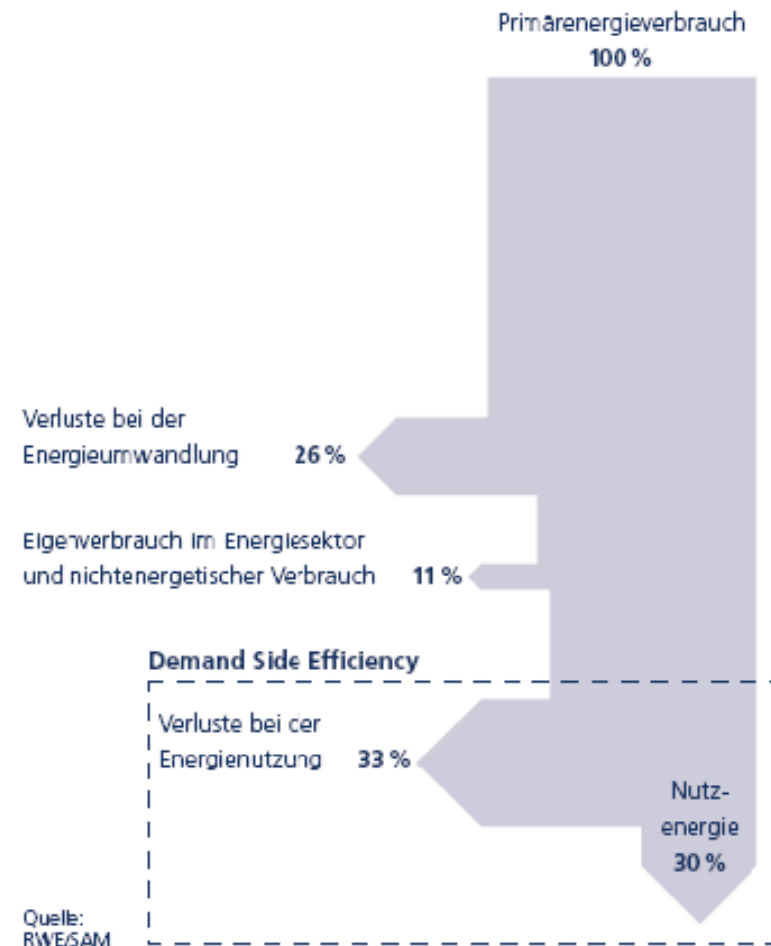


„Deploy the Cheapest, Cleanest, Fastest Energy Source - Energy Efficiency.“

Barack H. Obama, 2008

Technische Definition von Energieeffizienz

Die **technische Energieeffizienz** beschreibt das Verhältnis von Primärenergieverbrauch zur Nutzenergie eines technischen Prozesses. Der Quotient wird auch als **Wirkungsgrad** bezeichnet.



Ökonomische Definition(en) von Energieeffizienz

Die **ökonomische Energieeffizienz** bezeichnet das Verhältnis einer ökonomischen Aktivität zur eingesetzten Energie. Das reziproke Verhältnis nennt man **Energieintensität**.

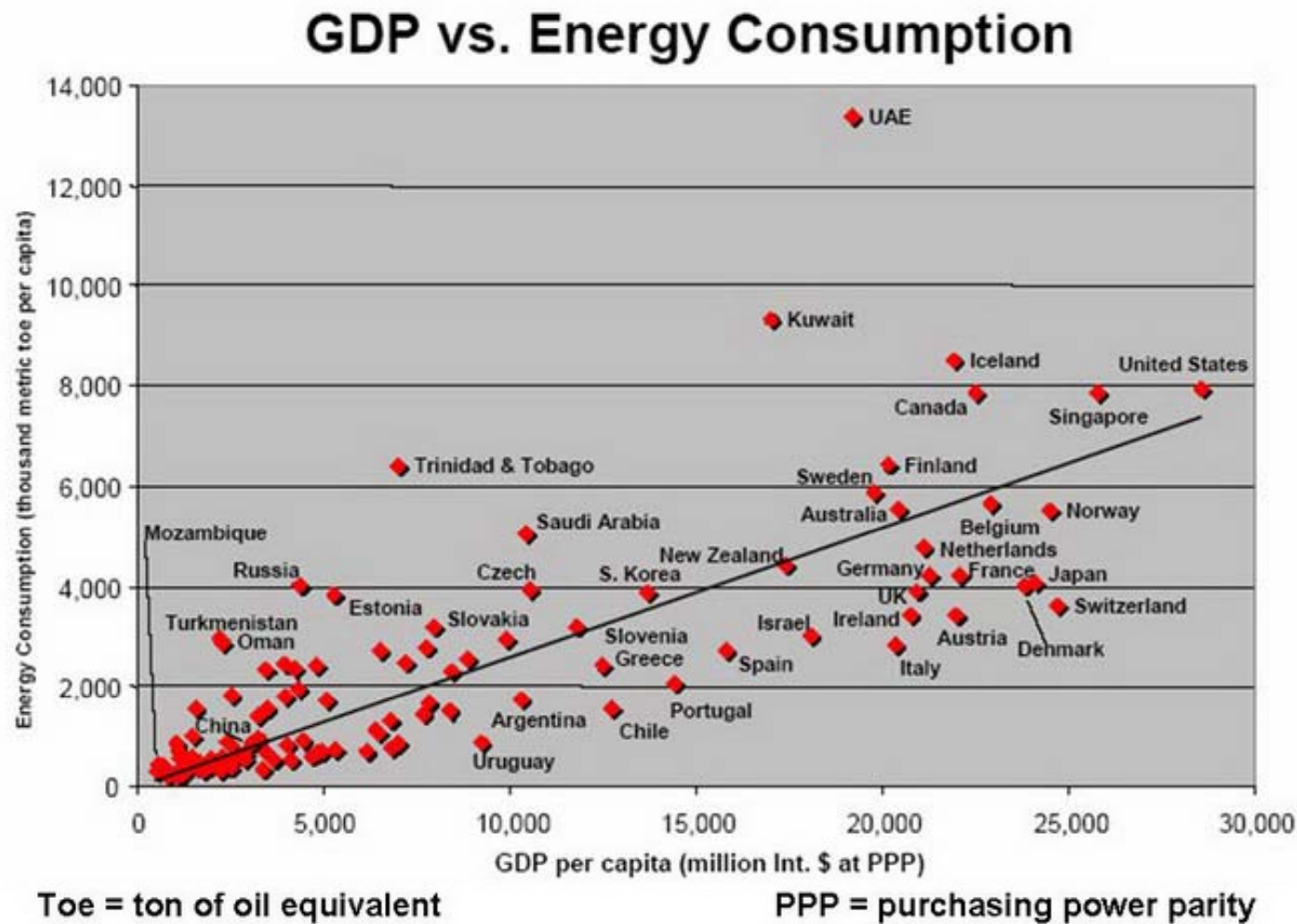
$$\text{Energieeffizienz} = \frac{\text{Aktivität}}{\text{Energieverbrauch}}$$

$$\text{Energieintensität} = \frac{\text{Energieverbrauch}}{\text{Aktivität}}$$

Beispiele für Aktivitäten:

- Bruttoinlandsprodukt (makroökonomische Energieeffizienz)
- Raumbeheizung, Personenkilometer, Aluminiumproduktion ...

Unterschiede makroökonomischer Energieeffizienz

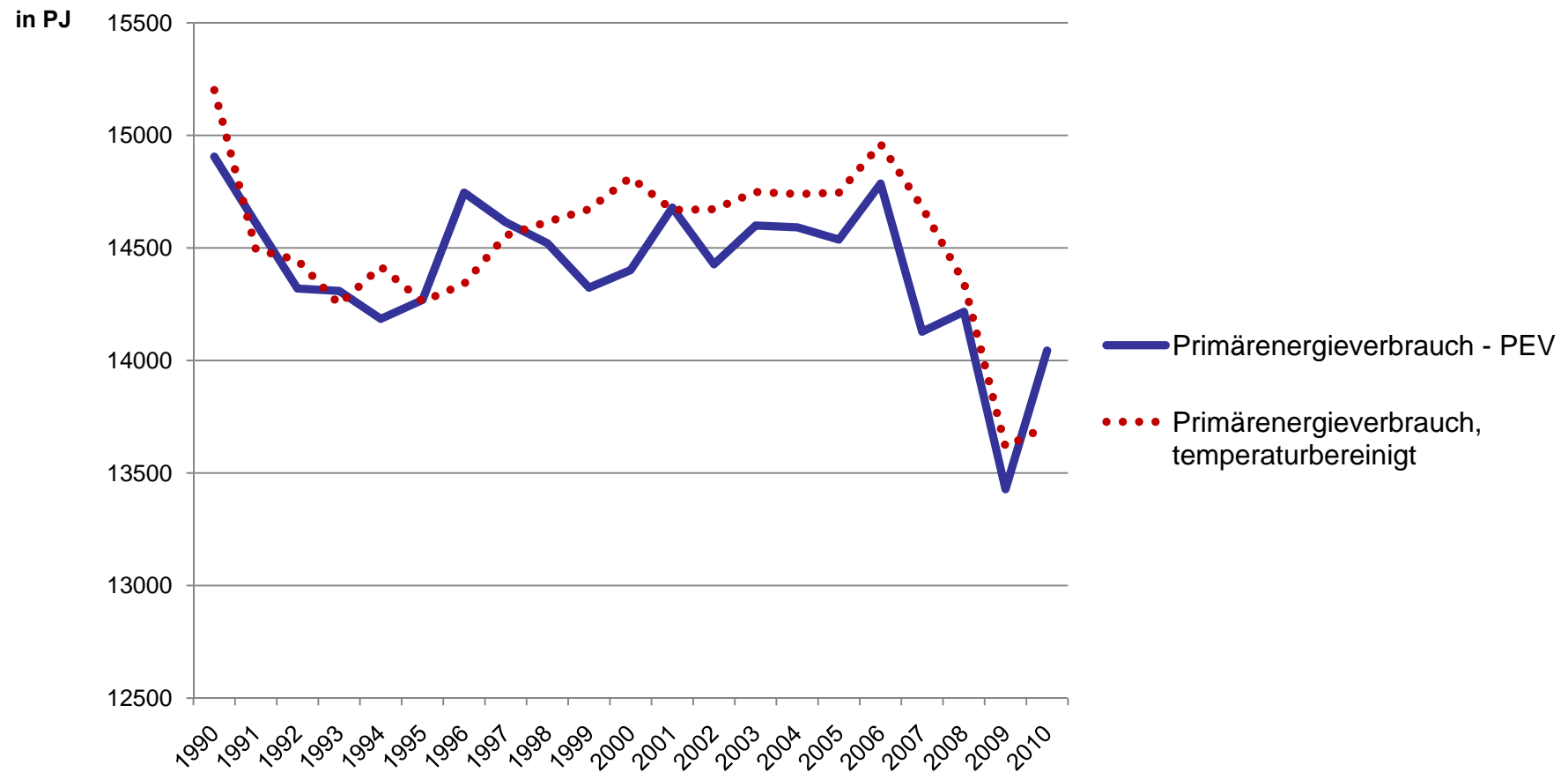


Energieverbrauchsziele des Energiekonzepts 2010

- Senkung des Primärenergieverbrauchs bis 2020 gegenüber 2008 um 20% und bis 2050 um 50 %
- Ziel erfordert pro Jahr eine Steigerung der Energieproduktivität um durchschnittlich 2,1 % bezogen auf den Endenergieverbrauch
- Verminderung des Stromverbrauchs bis 2020 gegenüber 2008 in einer Größenordnung von 10 % und bis 2050 von 25 %
- Verdopplung der Sanierungsrate für Gebäude von jährlich weniger als 1 % auf 2 % des gesamten Gebäudebestands
- Rückgang des Endenergieverbrauchs im Verkehrsbereich bis 2020 um rund 10 % und bis 2050 um rund 40 % gegenüber 2005

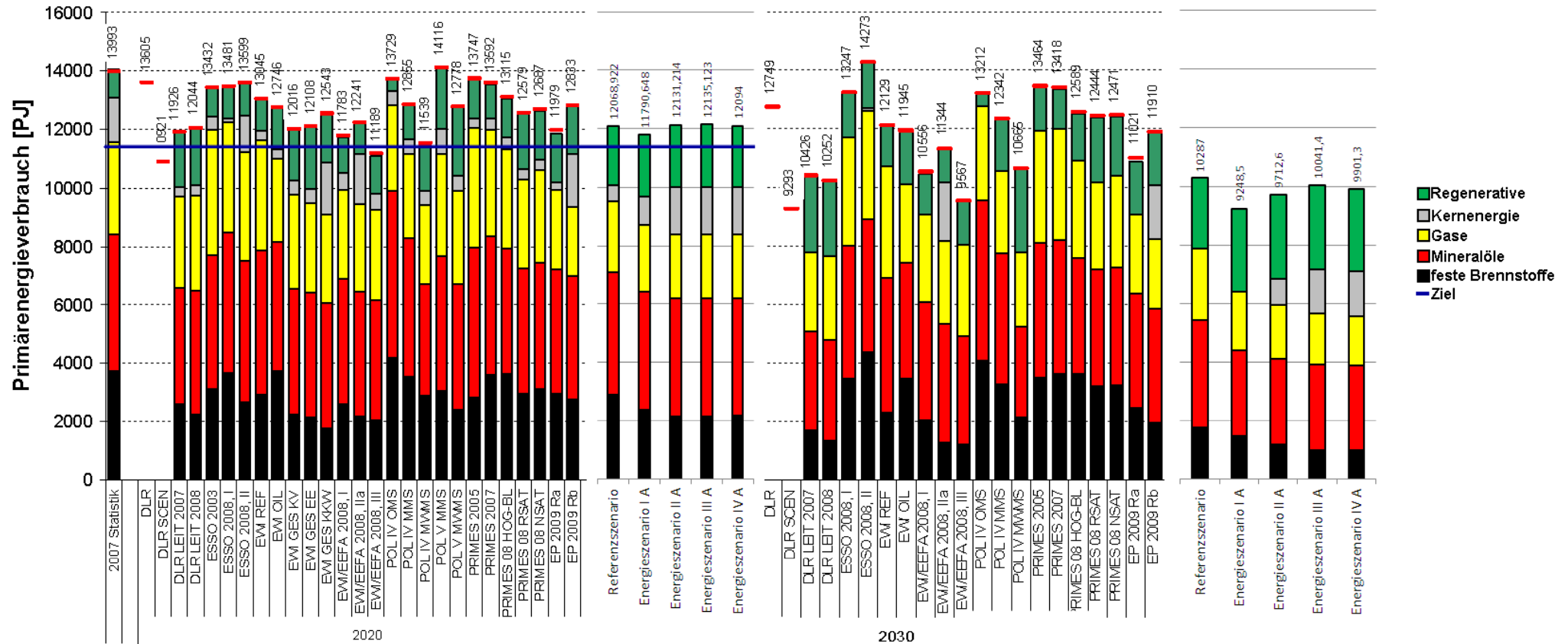
Primärenergieverbrauch - Entwicklung

Primärenergieverbrauch in Deutschland



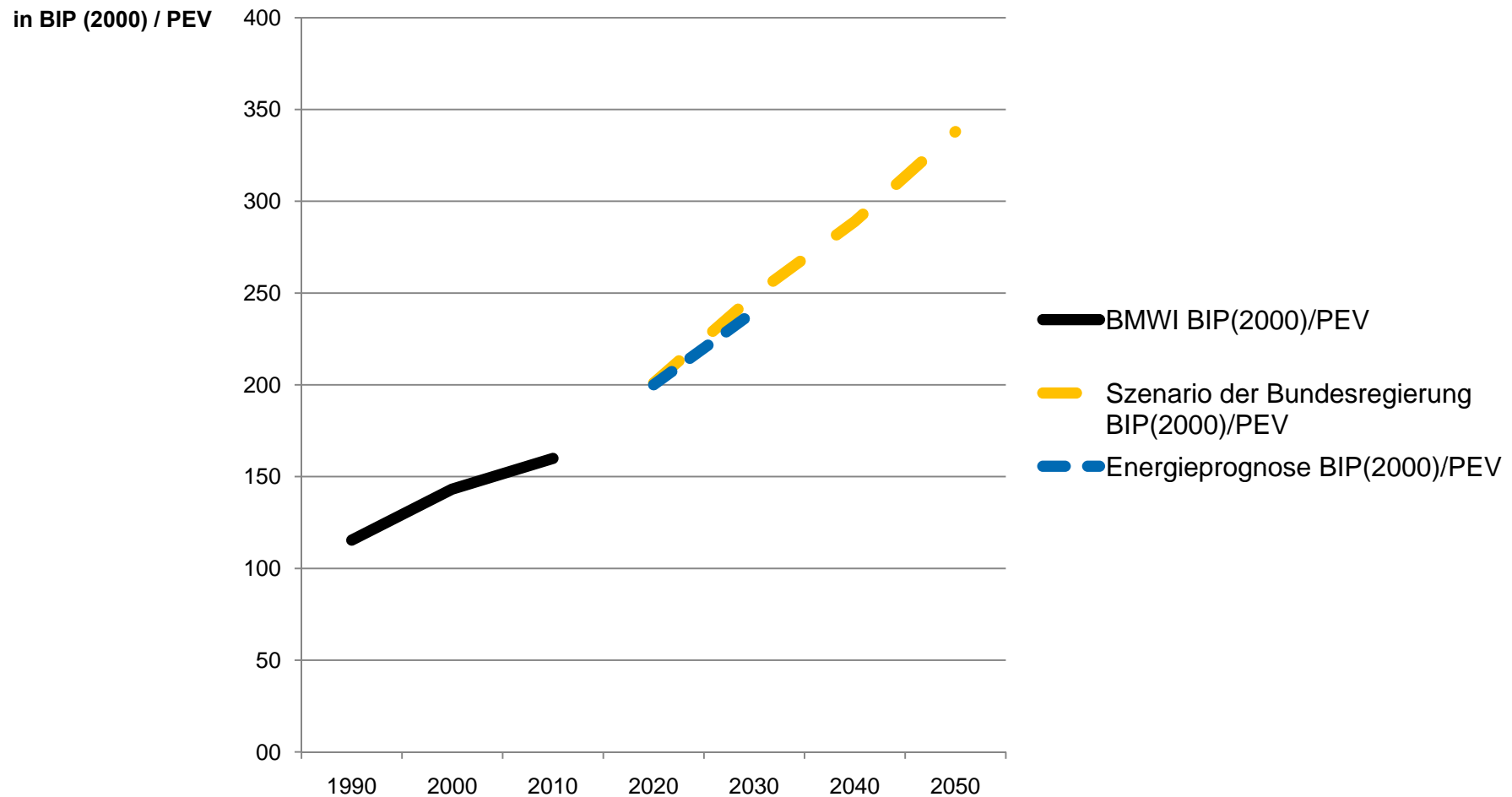
Quelle: BMWI (2011)

Primärenergieverbrauch - Prognose



Quelle: ZEW (2009)

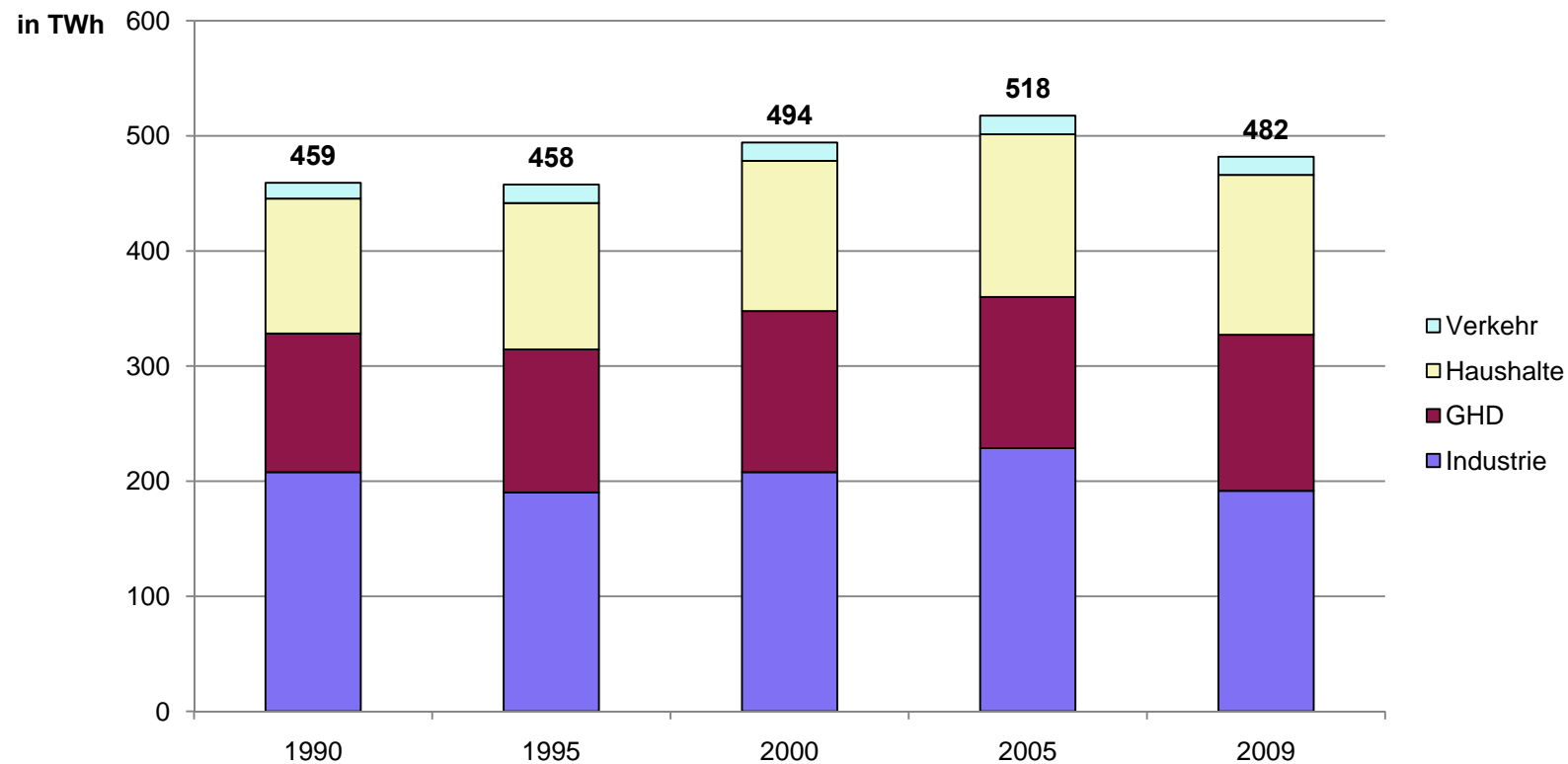
Energieproduktivität – Entwicklung und Prognose



•Quellen: ZEW (2009), EWI (2010), BMWI (2011)

Stromverbrauch – Entwicklung in Deutschland

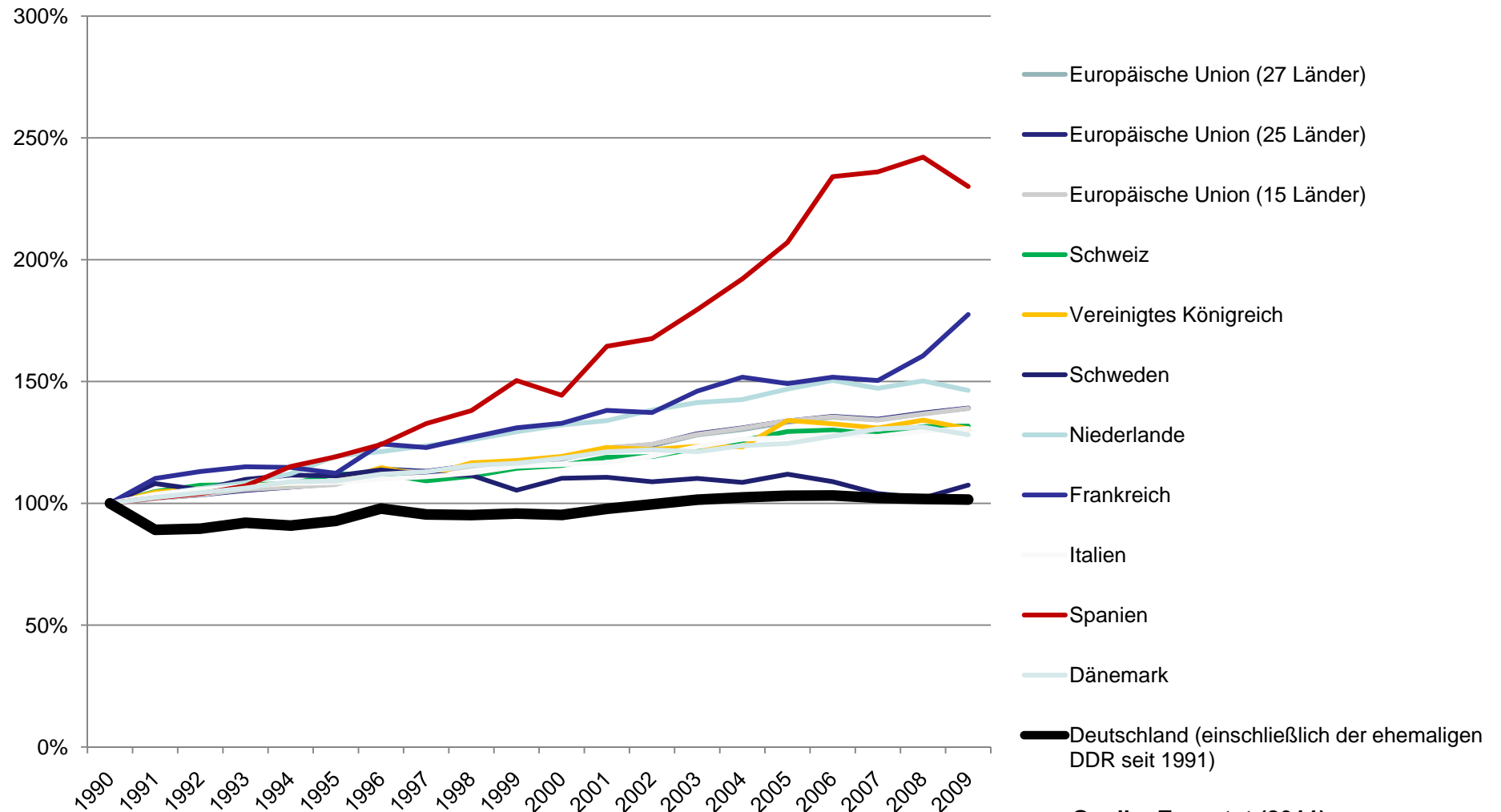
Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen (Strom)



Quelle: BMWI (2010)

Stromverbrauch – Entwicklung HH in der EU

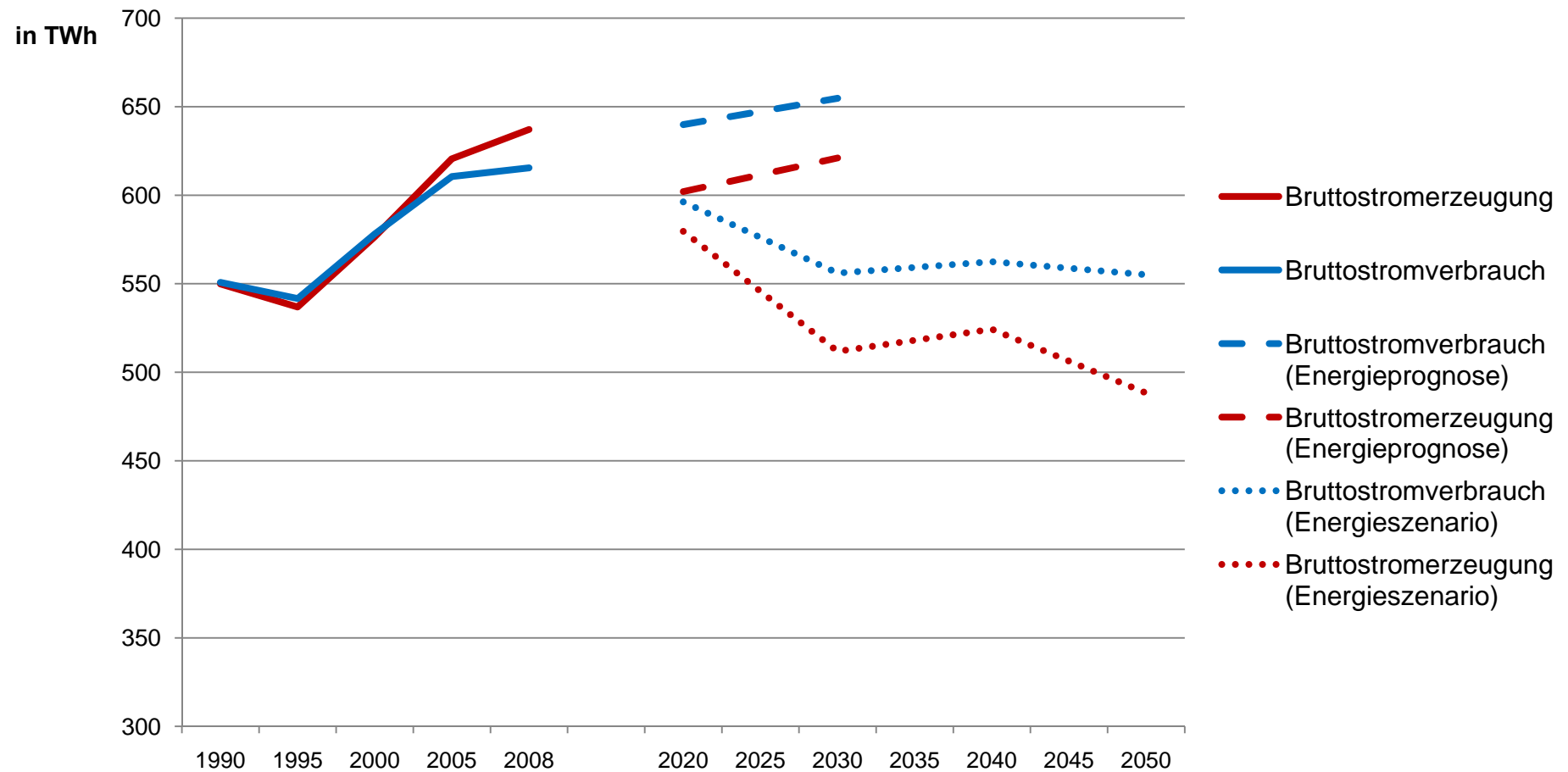
Stromverbrauch privater Haushalte in %



Quelle: Eurostat (2011)

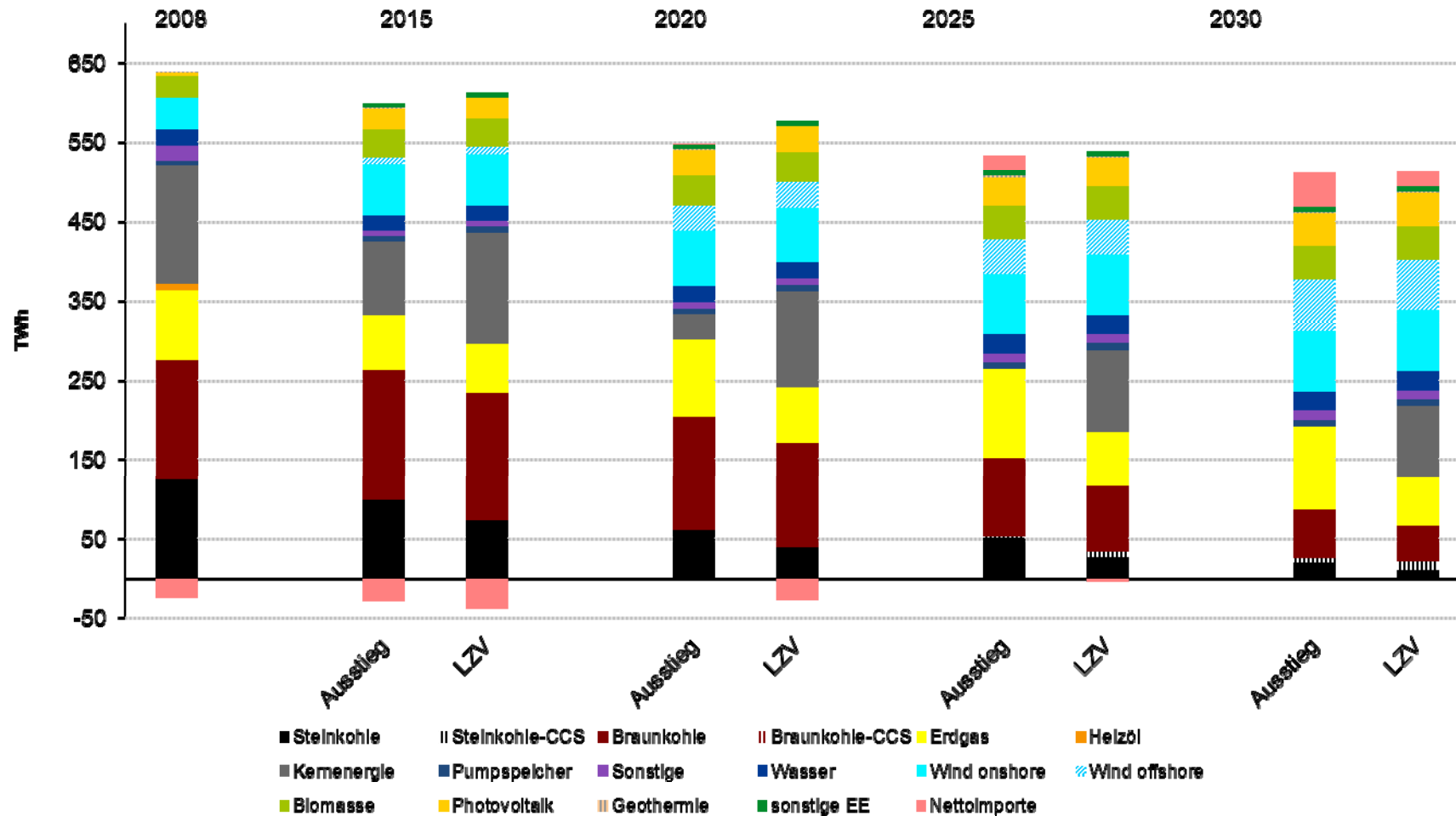
Bruttostromverbrauch - Prognose

Bruttostromverbrauch und Bruttostromerzeugung



•Quellen: ZEW (2009), EWI (2010), BMWI (2011), Statista (2011)

Bruttostromerzeugung (Szenario Energiewende)



Quelle: EWI (2011)

Werden die **Energiesparziele** erreicht werden?

These: Effizienzziele für 2020 unglaublich

- **Primärenergieverbrauch – Reduktion oberhalb von 20%**
- **Strom – bestenfalls stagnierender Verbrauch**

Begründung der These

- **Neue Strombedarfe**
- **Keine dramatische Preisentwicklung**
- **Keine stringente Energieeffizienzpolitik**
- **Reboundeffekte**

Neue Strombedarfe

zum Beispiel durch...

- bis 2020: 1 Millionen Elektro-fahrzeuge – Bedarf bis zu 6 TWh/a



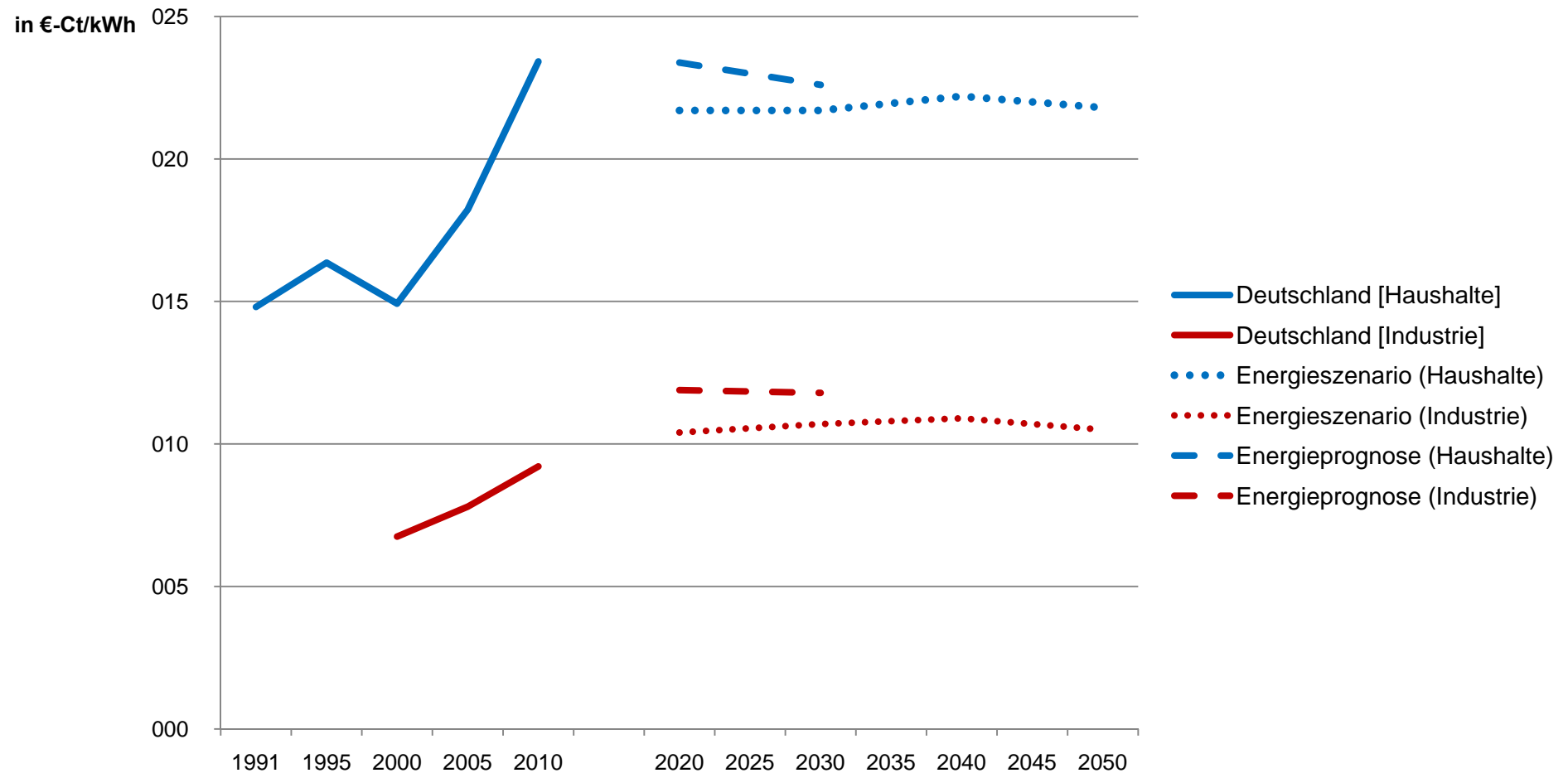
- Förderung von Wärmepumpen durch das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (2009)

- Zunahme der Haushalte von 40,3 (2010) auf 41,5 (2020) und 42,0 (2030) (laut EP 2009)



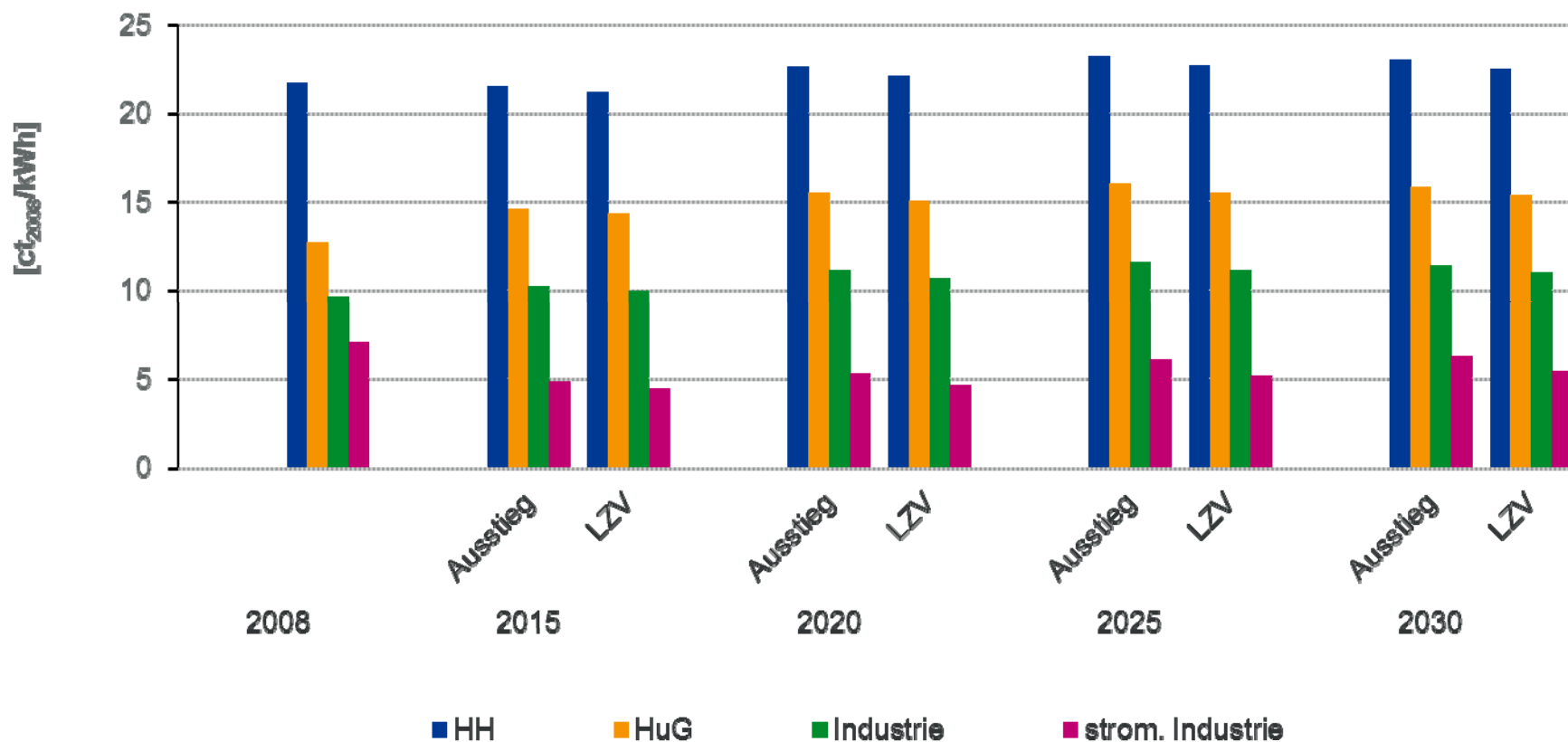
Preisprognose - Strom

Preisprognose - Strom



Quellen: ZEW (2009). EWI (2010), BMWI (2011)

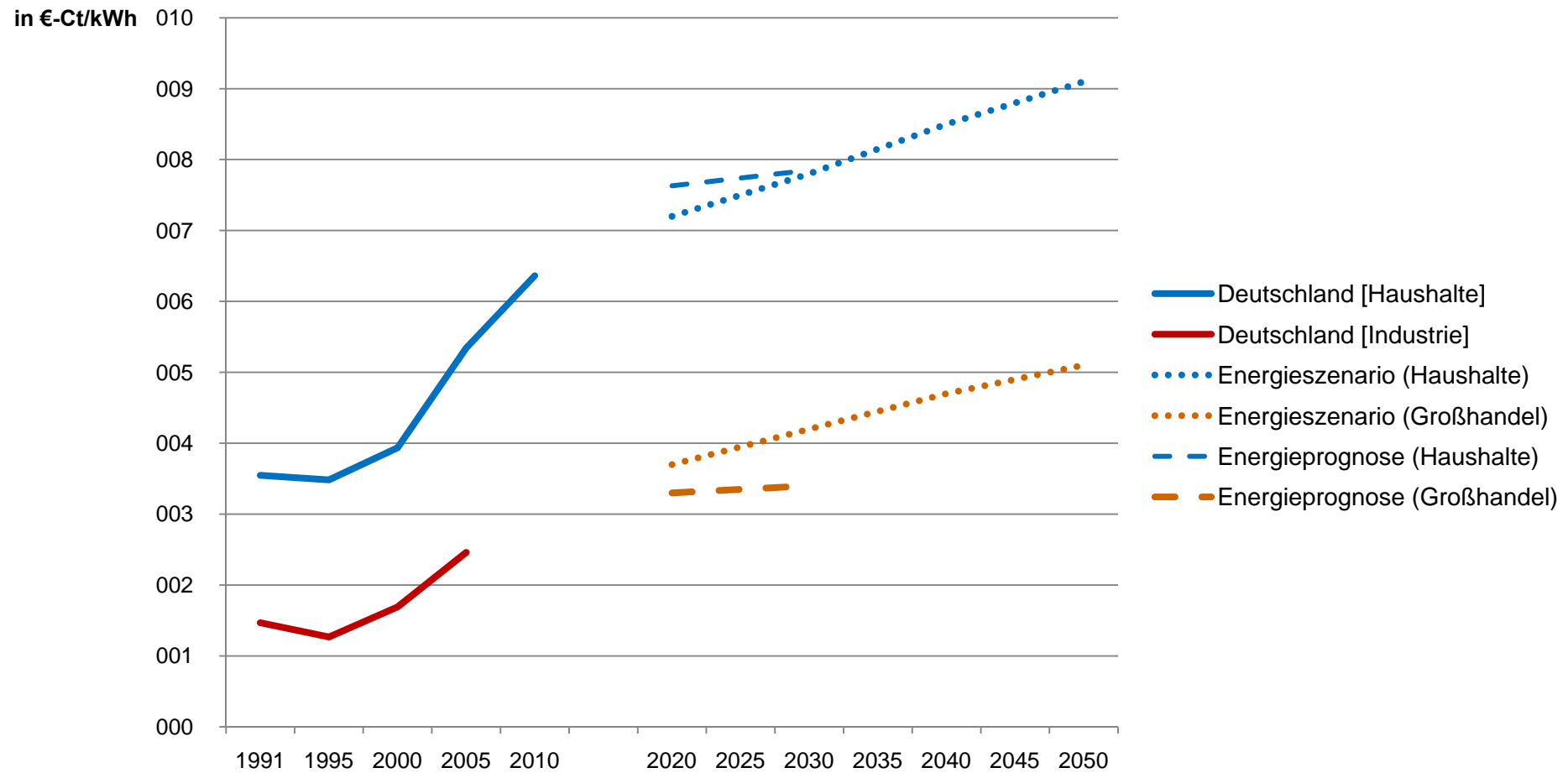
Strompreisentwicklung (Szenario Energiewende)



Quelle: EWI (2011)

Preisprognose - Gas

Preisprognose - Gas



Quellen: ZEW (2009), EWI (2010), BMWI (2011)

Zusammenhang Preise und Verbrauch

Messung des Zusammenhang allgemein:

Preiselastizität misst Reaktion der Verkaufsmenge auf Preisänderung

$$\eta_{Q,P} = \frac{\frac{(Q_2 - Q_1)}{Q_1}}{\frac{(P_2 - P_1)}{P_1}}$$

Diskrete Preiselastizität

$$\eta_{x,p} = \frac{\frac{\frac{\partial x}{x}}{\frac{\partial p}{p}}}{p} = \frac{\partial x}{\partial p} \cdot \frac{p}{x}$$

Kontinuierliche Preiselastizität

Strom- und Gaspreiselastizitäten

Strompreiselastizität Haushalte (Niederlande):
Boonekamp (2005): zwischen -0,1 und -0,6

d.h.

Strompreiserhöhung um 10% führt zu Nachfragerückgang von 1 bis 6 %

Gaspreiselastizität:
Rehdanz (2007): zwischen -0,44 und -0,63

d.h.

Gaspreiserhöhung um 10 % führt zu Nachfragerückgang von 4,4 bis 6,3%

**Preiselastizitäten kurzfristig –
dennoch: starker preisbedingter Nachfragerückgang
bei Haushalten unwahrscheinlich**

Energieeffizienzgesetzgebung in der EU

EU Richtlinie 2006/32/EC

- Richtlinie zur Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen
- Zwischen 2006 und 2015: Steigerung der Gesamt-EE um 9% in jedem Mitgliedsstaat
- Sektoren: Wohnen, Industrie, Verkehr
 - Ausgenommen: alle Sektoren, die direkt am EU ETS teilnehmen,
- Einführung von Energieeffizienzstandards
- regelmäßige Energieeffizienzaktionspläne (EEAP)

Energieeffizienzgesetzgebung in Deutschland

Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) vom 12.11.2010

- Einführung einer Bundbehörde für Energieeffizienz
- Zentrale Erfassung des Energieverbrauchs
- Obligatorische Energieaudits von Unternehmen
- EVUs müssen Listen mit Energiedienstleistungsunternehmen zur Verfügung stellen, deren Rahmenbedingungen verbessert wurden
- *KEIN betriebliches Energiemanagement mit Einsparobligationen*

Energieeffizienzgesetze in anderen Ländern

USA

Seit 1975 *Energy Policy and Conservation Act (EPCA)*

Demand Side Management (DSM)

Italien

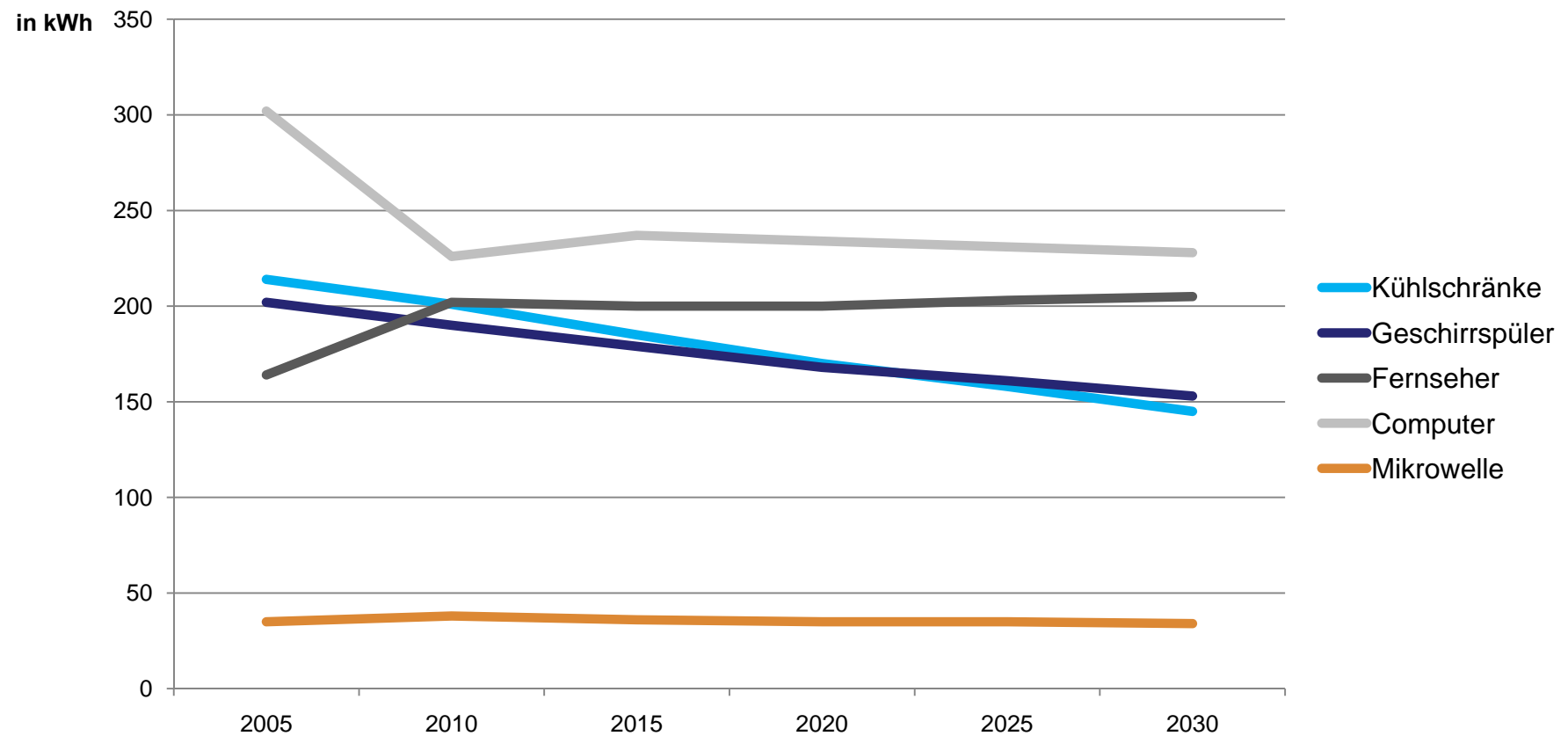
Seit 2001 Verordnungen: *Decreti Ministeriali per la promozione dell'efficienza energetica negli usi finali* – Weiße Zertifikate

Großbritannien

Seit 2001 *Energy Efficiency Obligation* – verbindliche Energiesparziele

Prognose Effizienzentwicklung Haushaltsgeräte

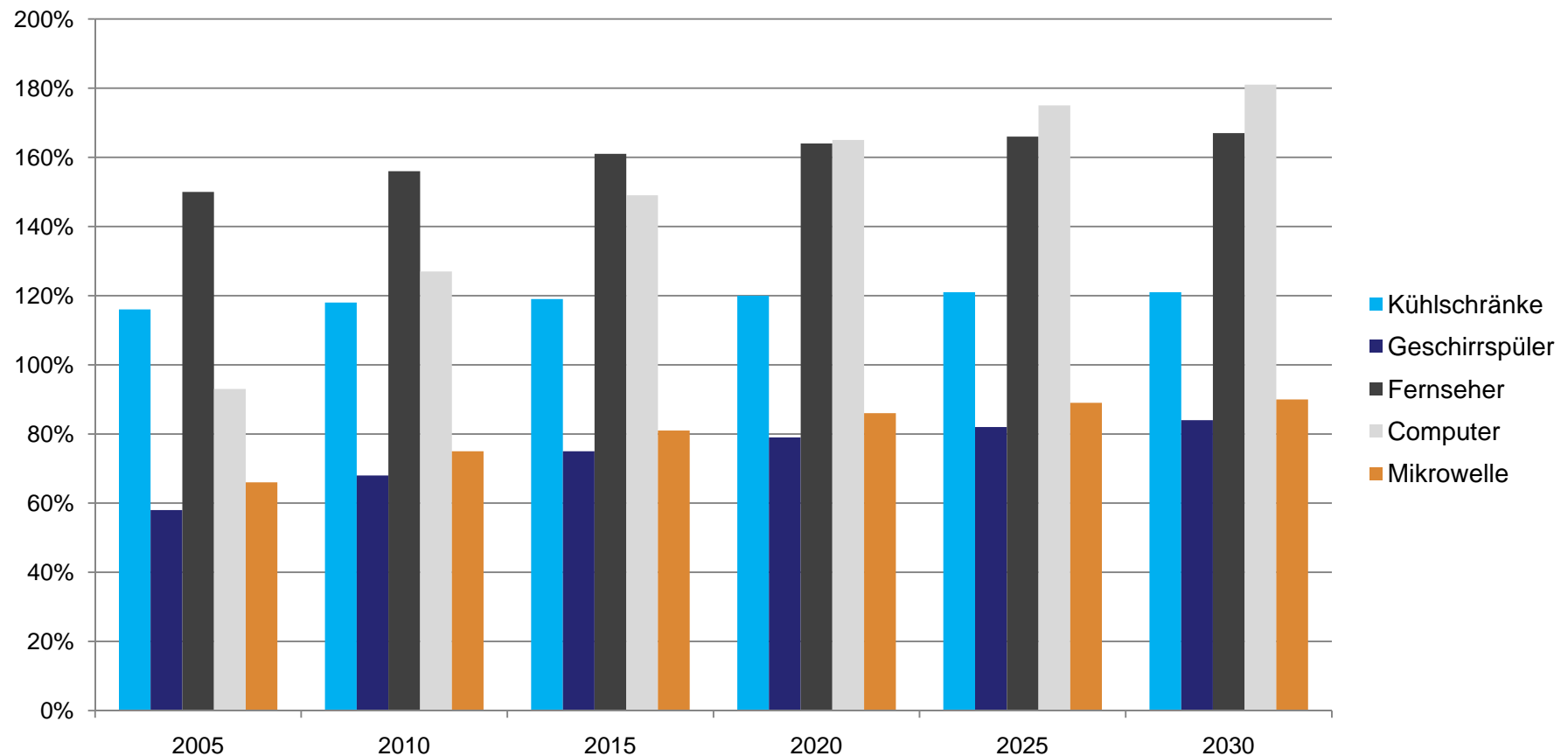
Verbrauch pro Jahr und Gerät



Quelle: ZEW (2009)

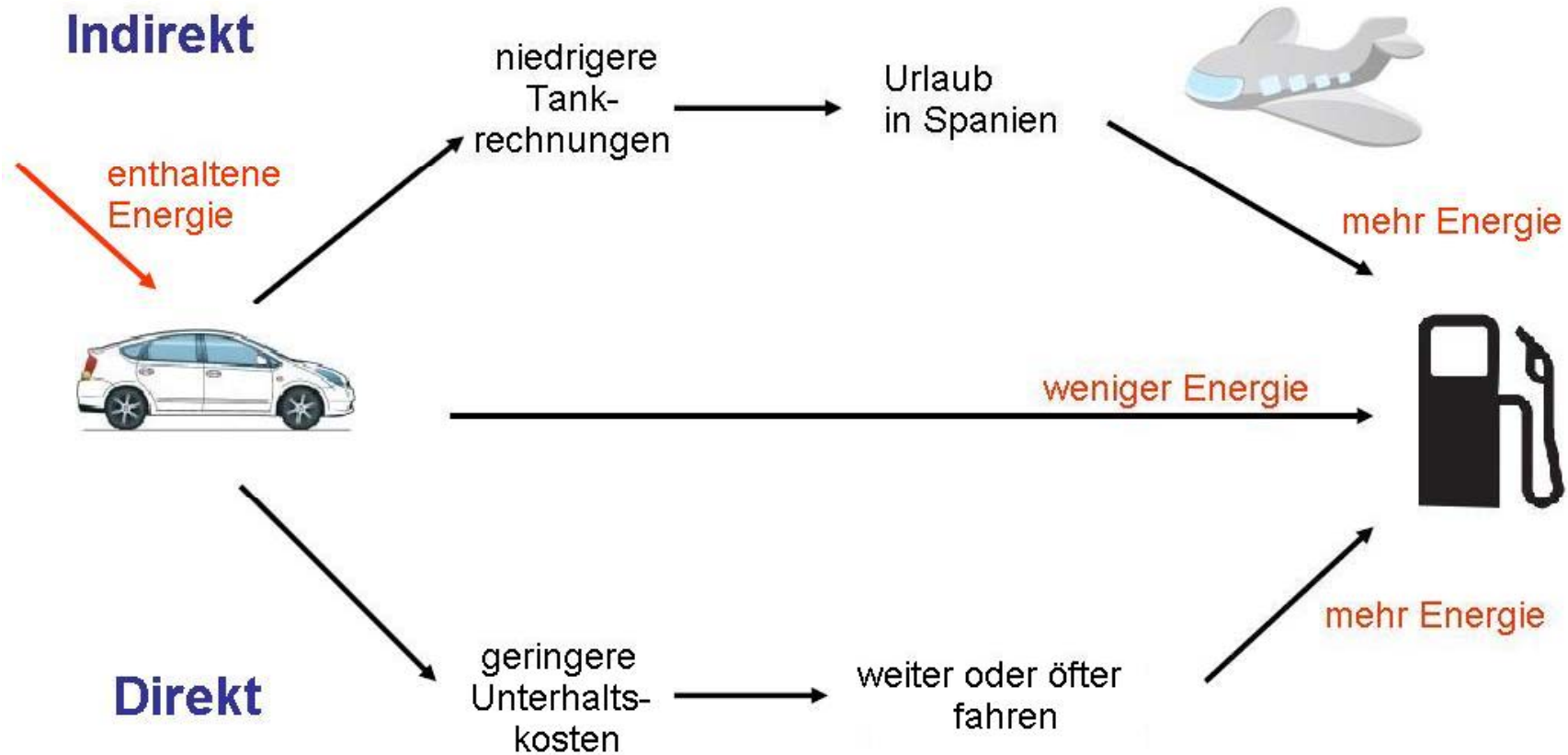
Prognose Ausstattung Haushaltsgeräte

Bestand an verschiedenen Haushaltsgeräten pro Haushalt



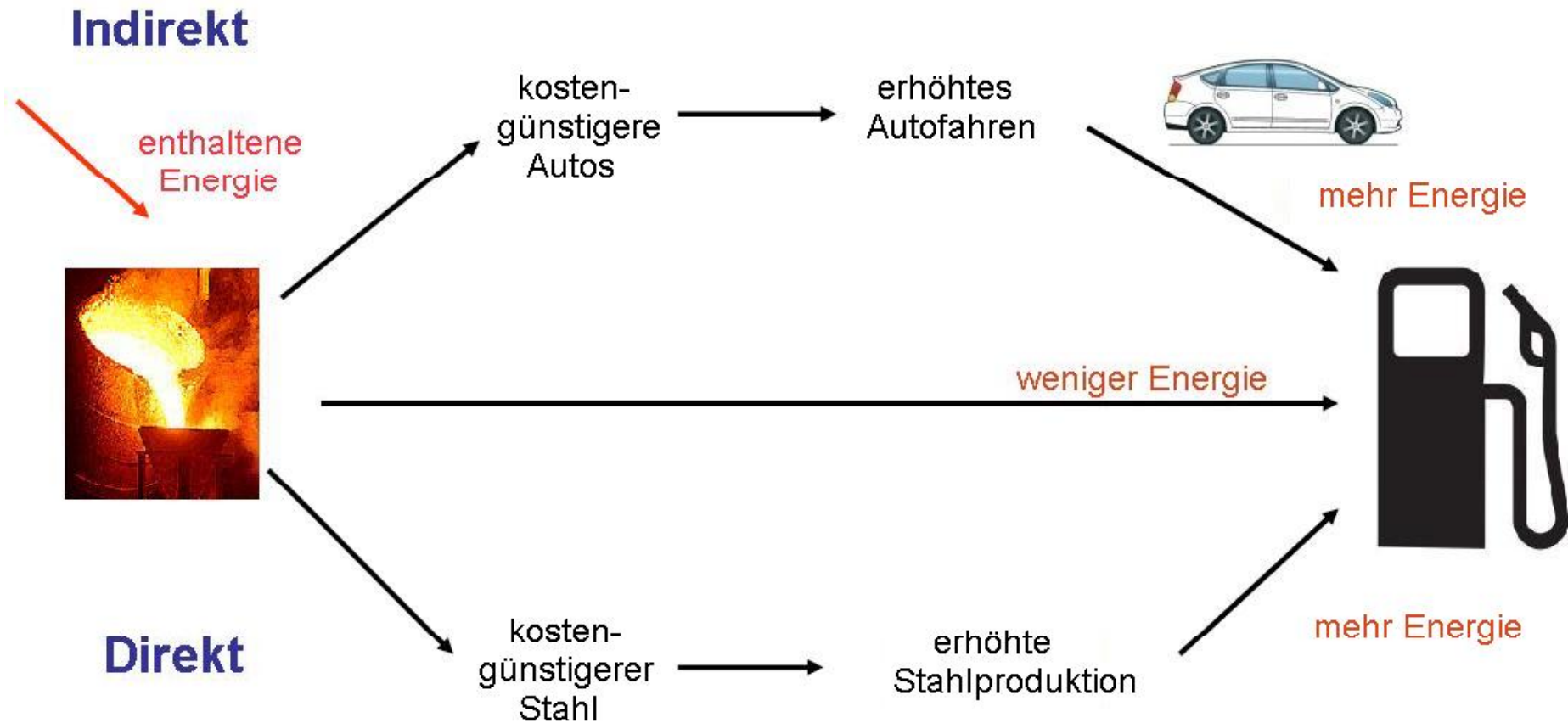
Quelle: ZEW (2009)

Der Reboundeffekt (Haushalte)



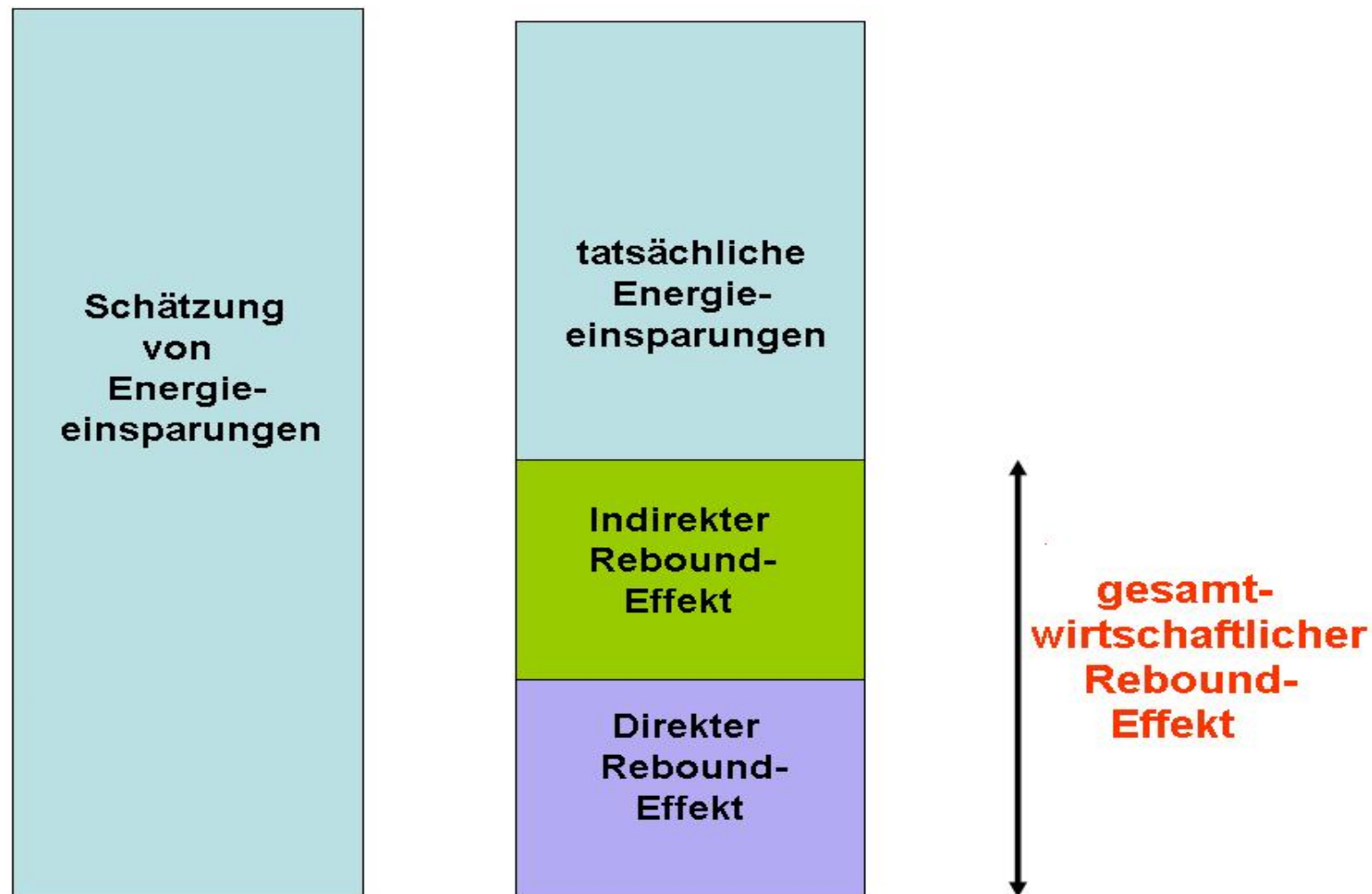
Quelle: UKERC (2007)

Der Reboundeffekt (Industrie)



Quelle: UKERC (2007)

Einschätzung von Energieeinsparungen



Beispiele von Reboundeffekten

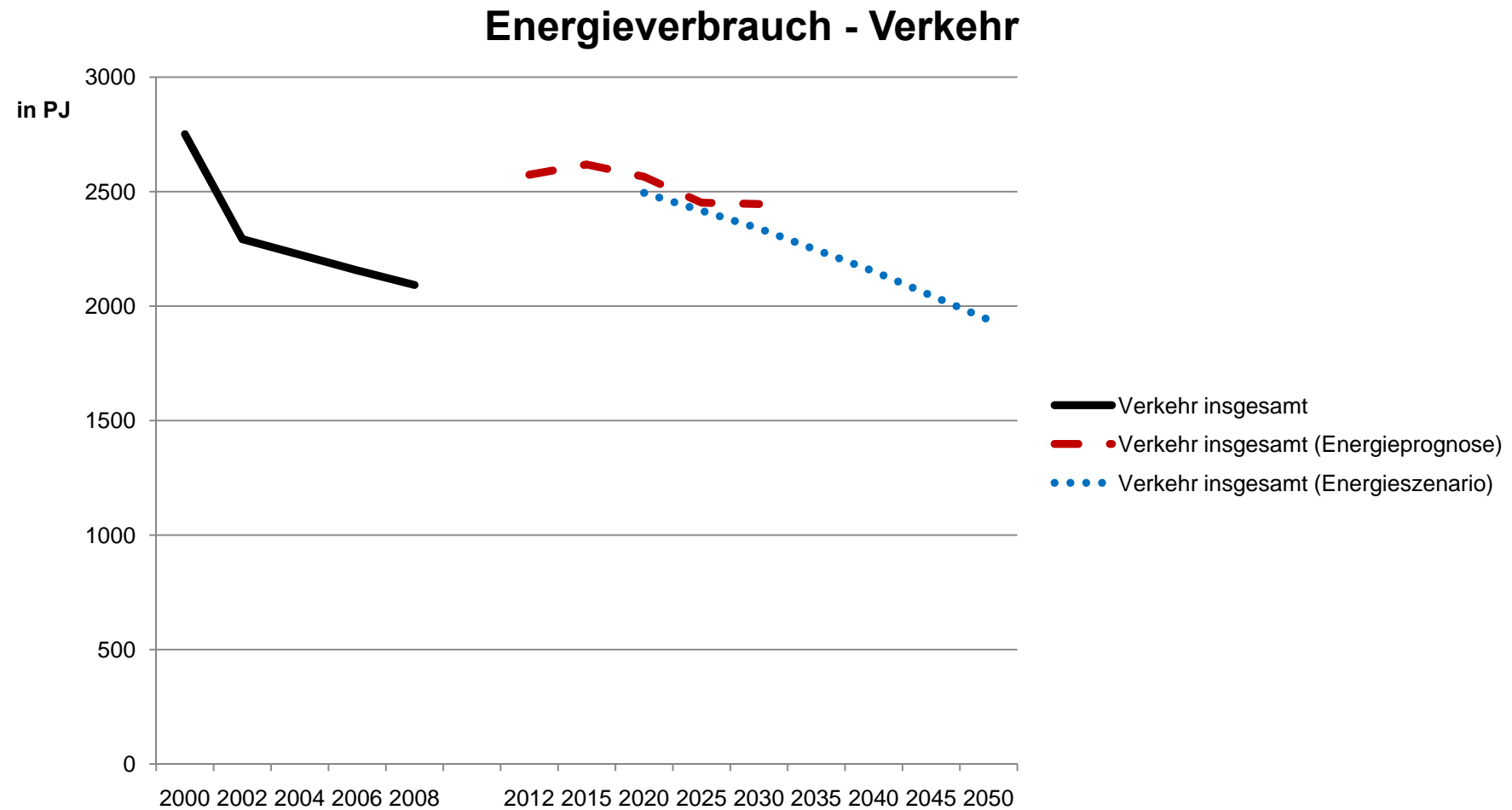
Studie	Inhalt	Reboundeffekt
Khazzoom, 1986	Elektrisch geheizte Räume in Sacramento (Kalifornien)	Langfristig: 65%
Berkhout et al, 2000	Studie zur Wirkung der Energiesteuern in den Niederlanden	0-15%
Haas R., Biermayr P., (2000)	Studie zur Raumwärme in Österreich	20-30%
Davis, 2004	Empirische Befund aus Feldexperimenten mit Frontlader-Waschmaschinen	5.6%
Frondel et al. 2009, 2010	Studie zur individuellen Mobilität, Grundlage: Mobilitätspanel	Bis zu 60%

Fazit

- Energieeffizienzverbesserungen möglich und auch wahrscheinlich
- begrenzter Rückgang des Primärenergiebedarf möglich
- Stromnachfrage eher stagnierend –
aufgrund von Preisstabilität, neuen Nachfragen und Reboundeffekten

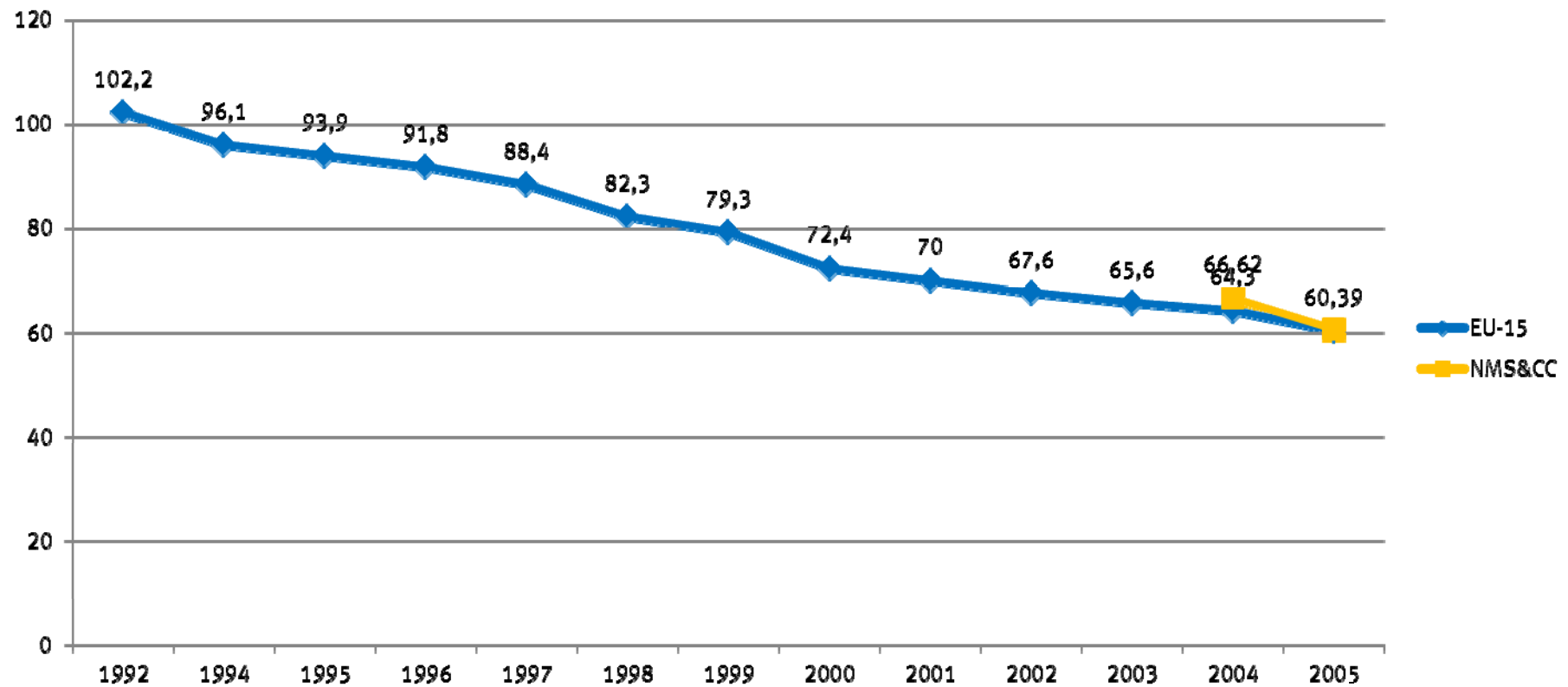
Backup-Folien

Energieverbrauch Verkehr - Entwicklung



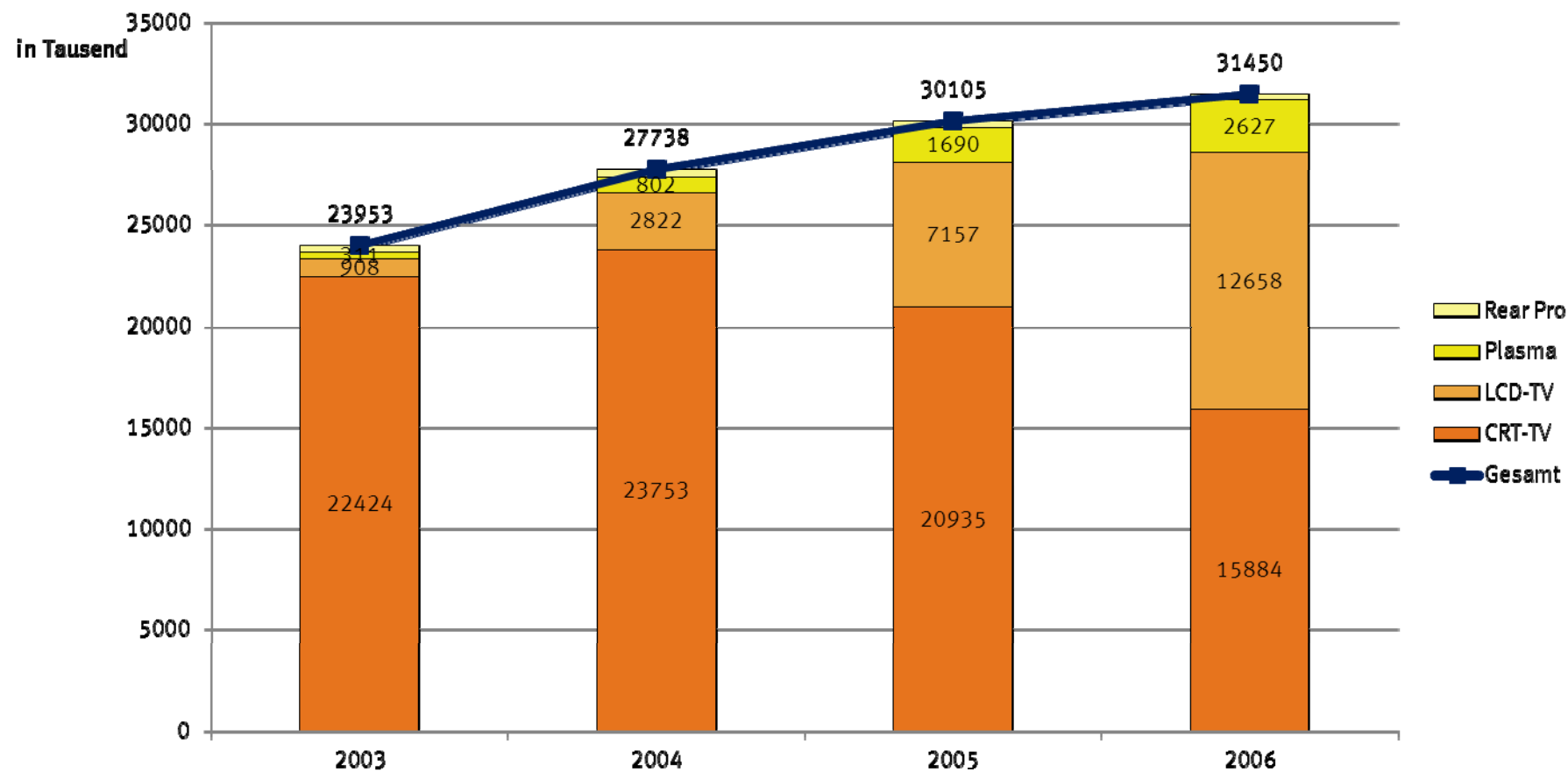
•Quellen: ZEW (2009), EWI (2010), Destatis (2011)

Entwicklung des Energie-Effizienz-Index bei Kühlschränken von 1992 - 2005



Quelle: Bertoldi, Atanasiu (2007)

europaweiter Verkauf an Fernsehern



Quelle: Bertoldi, Atanasiu (2007)

Herleitung Reboundeffekt

Formales Energienachfrageproblem mit Investitionsentscheidung

$$\max_{[\eta, e]} U(\eta, e) := [u(e\eta) - pe] - K(\eta)$$

mit e = Energieeinsatz, η = Geräteeffizienz, $u' > 0$, $u'' < 0$,
 $K(\eta)$ = Investition in Energieeffizienz, $K' > 0$, $K'' < 0$,
 pe = Preis * Energiekonsum

$$w(\eta) := \max_e u(e\eta) - pe \quad \text{Energienachfrageproblem}$$

mit $w(\eta)$ als Überschuss, $w' = u'e$

$$u' = \frac{p}{\eta}$$

Lösung: Marginaler Nutzen = Marginale Kosten

Anstieg der Effizienz führt nicht unbedingt zur Reduktion des Energieverbrauchs, z.B. bei der Nutzenfunktion

$$u'(s) = \sqrt{s} > 0$$

steigt der Stromverbrauch mit der Effizienzsteigerung.

Theorem (Wirl, 1995)

**Elastizität des Grenznutzens muss kleiner sein als -1 ,
um Anstieg des Stromverbrauchs auszuschließen:**

$$-1 > \sigma, \text{ mit } \sigma := u'' s / u'$$