



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Energieperspektiven 2035 des BFE

Fokus Energieeffizienz und Grundannahmen



Lukas Gutzwiller

Programmleiter Energiewirtschaftliche Grundlagen



Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Szenarien
2. Annahmen zur Rahmenentwicklung
3. Nachfrageentwicklung und Beitrag der erneuerbaren Energien
4. Energieeffizienz in Gebäuden, Verkehr und Industrie
5. Varianten der Stromversorgung
6. Schlussfolgerungen



Vier Fragen

1. Auswirkungen der Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklungen, technischer Fortschritte, Verkehrsperspektiven, hoher Erdölpreise?
 2. Auswirkungen der aktuellen Politikvorschläge (über 2010 hinaus): CO₂-Abgabe, Klimarappen, „grüne Massnahmen“ im Stromversorgungsgesetz?
 3. Energie-Ziele (Post-EnergieSchweiz) und CO₂-Ziele (Post-Kyoto)?
 4. Schliessung der Stromlücke im Hinblick auf Ausserbetriebnahme der bestehenden Kernkraftwerke?
- Methode: Wenn – Dann – Analysen; keine Prognosen, Begleitgruppe
 - 21. Februar 2007: Entscheidungsgrundlage für Energiestrategie des Bundesrats



Vier Elemente

1. Rahmenentwicklungen

Demografisch-wirtschaftlicher Rahmen, Klimaerwärmung, Verkehr usw. (BfS, seco, ARE, ETH)



Sensitivitätsanalysen
Höchstpreisszenario

2. Massnahmen-Szenarien

Anpassung der Vorschriften an technischen Fortschritt

Weiterentwicklung der aktuellen Politikdiskussion



Szenario I
Weiter wie bisher



Szenario II
Verstärkte
Zusammenarbeit

3. Ziel-Szenarien

Ziele: Reduktion CO₂, Endverbrauch pro Kopf und Anteile EE;

Ziele: Reduktion CO₂, Endverbrauch pro Kopf und Anteile EE; Innovationen, Änderung der Mengenkompontenten;



Szenario III
Neue Prioritäten



Szenario IV
Weg zur 2000-Watt-
Gesellschaft

4. Sechs Varianten zur Schliessung der Stromlücke



Typologie der energiepolitischen Massnahmen

Freiwillige Massnahmen

- Vereinbarungen mit Verbänden
- Information / Motivation
- Klimarappen

Gesetzliche Massnahmen

Ökonomische Instrumente

- Befreiung Mineralölsteuer für Biotreibstoffe
- Energielenkungsabgaben
- Einspeisevergütung erneuerbarer Strom

Vorschriften

- Informationsvorschriften: Energieetikette
- Gebäudeenergieausweis
- Verbrauchsvorschriften: SIA-Normen

Technologieförderung und Innovation

- Effizienzverbesserung
- neue Technologien



Übersicht massnahmenorientierte Szenarien I und II

- **Szenario I:** „Weiter wie bisher“
 - Vollzug der bereits in Kraft gesetzten Instrumente
 - moderate Anpassung an den technischen Fortschritt
 - ohne CO₂-Abgabe
- **Szenario II:** „Verstärkte Zusammenarbeit“
 - Klimarappen, Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien im Rahmen StromVG
 - Verschärfung von Vorschriften für Gebäude, Fahrzeuge und Geräte
 - Förderprogramme und CO₂-Abgabe auf Brennstoffen von CHF 35/t CO₂
 - Differenzierung der Mineralölsteuer für Biotreibstoffe
 - Differenzierung der Automobilsteuer auf Fahrzeugen „Bonus-Malus“



Übersicht zielorientierte Szenarien III und IV

- **Szenario III:** „Neue Prioritäten“ (international abgestimmt)
 - haushaltsneutrale Energielenkungsabgabe (Verdoppelung der Endenergiepreise)
 - Anforderungen für Neubauten und Sanierungen
 - Vorschriften für Geräte (Best-Praxis Strategie)
 - Quoten für Biotreibstoffe

- **Szenario IV:** „Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft“ (international abgestimmt)
 - haushaltsneutrale Energielenkungsabgabe
 - weitere Verschärfung der Anforderungen und Vorschriften für Gebäude, Geräte, Biotreibstoffe
 - es werden aber keine spekulativen Techniken unterstellt
 - setzt gewisse Strukturveränderungen voraus



zielorientierte Szenarien III und IV

Zu überprüfende Ziele	Szenario III Neue Prioritäten	Szenario IV Weg zur 2000-Watt- Gesellschaft (1 t CO2 p.c. bis 2100)
CO2 Reduktion bez. auf 2000	-20%	-35%
Endenergieverbrauch pro Kopf	-20%	-35%
Anteil erneuerbare Wärme	20%	30%
Anteil erneuerbare Treibstoffe	5%	10%
Anteil erneuerbare Elektrizität	10%	20%



Endenergiepreise für Haushalte im Jahr 2035

	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Heizöl extra leicht (Rp./l)	50.6	57.5	101.2	136.1
Erdgas (Rp./kWh)	7.2	7.7	14.4	17.7
Elektrizität (Rp./kWh)	18.2	18.2	27.3	37.5
Benzin (Rp./l)	140.4	140.4	280.7	311.6



Ordnungsrechtliche Massnahmen zu Energieeffizienz in Szenarien III und IV

- Anforderungen an Neubauten und Sanierungen der Wohngebäude werden im Jahr 2011 verschärft; die Vorgaben über den spezifischen Energieverbrauch (MJ/m²a) betragen 60-70 Prozent der heutigen Durchschnittswerte. In den Folgejahren werden die Anforderungen moderat weiter verschärft.
- Vorschriften für Geräte: die schlechter als „B“ klassierten Geräte werden ab 2011 vom Markt genommen, die Anforderungen an die energieeffizienten Klassen werden regelmässig verschärft. Empfehlung SIA 380/4 wird Vorschrift.
- Zulassungsvorschriften für Motorfahrzeuge und Absenkung des spezifischen Verbrauchs.

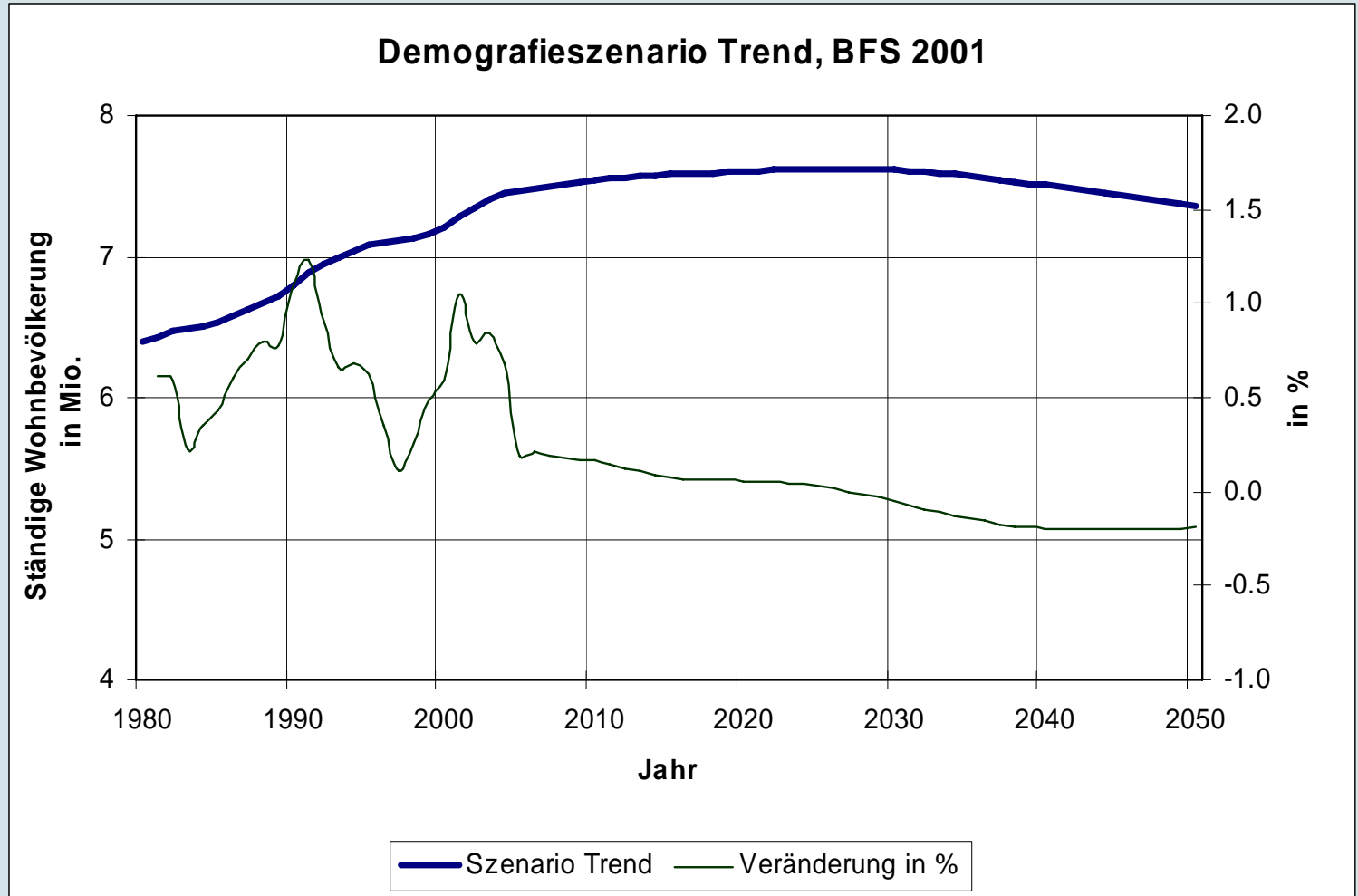


Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Szenarien
- 2. Annahmen zur Rahmenentwicklung**
3. Nachfrageentwicklung und Beitrag der erneuerbaren Energien
4. Energieeffizienz in Gebäuden, Verkehr und Industrie
5. Varianten der Stromversorgung
6. Schlussfolgerungen



Erster Treiber: Bevölkerungswachstum (BfS)



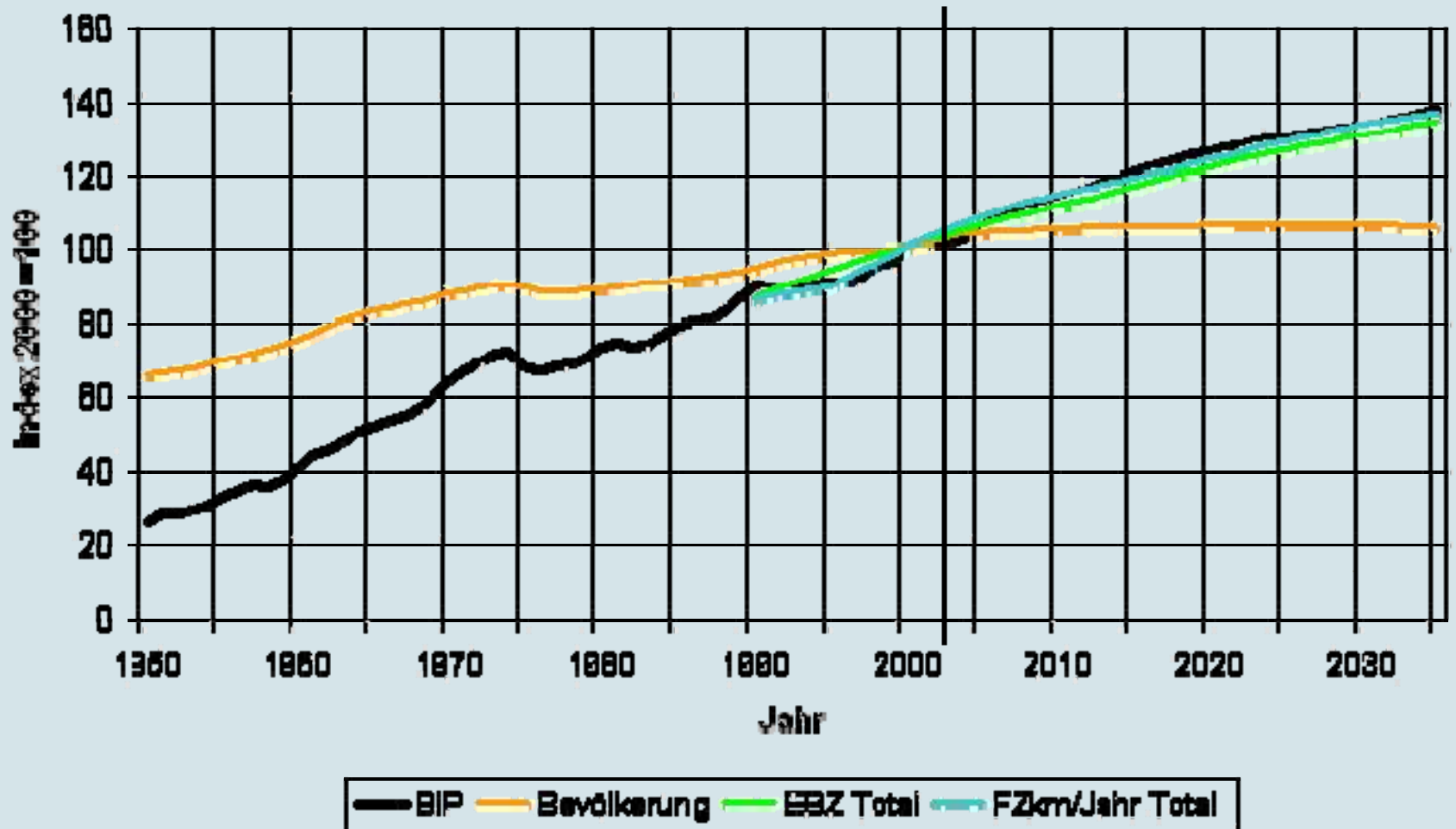


Zweiter Treiber: Wirtschaftswachstum (seco)

Jahrzehnt	2000-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2000-2040
BIP Trend Wachstum (in %)	1.4	1.0	0.5	0.7	0.9
BIP Hoch Wachstum (in %)	1.9	1.5	1.0	1.3	1.4

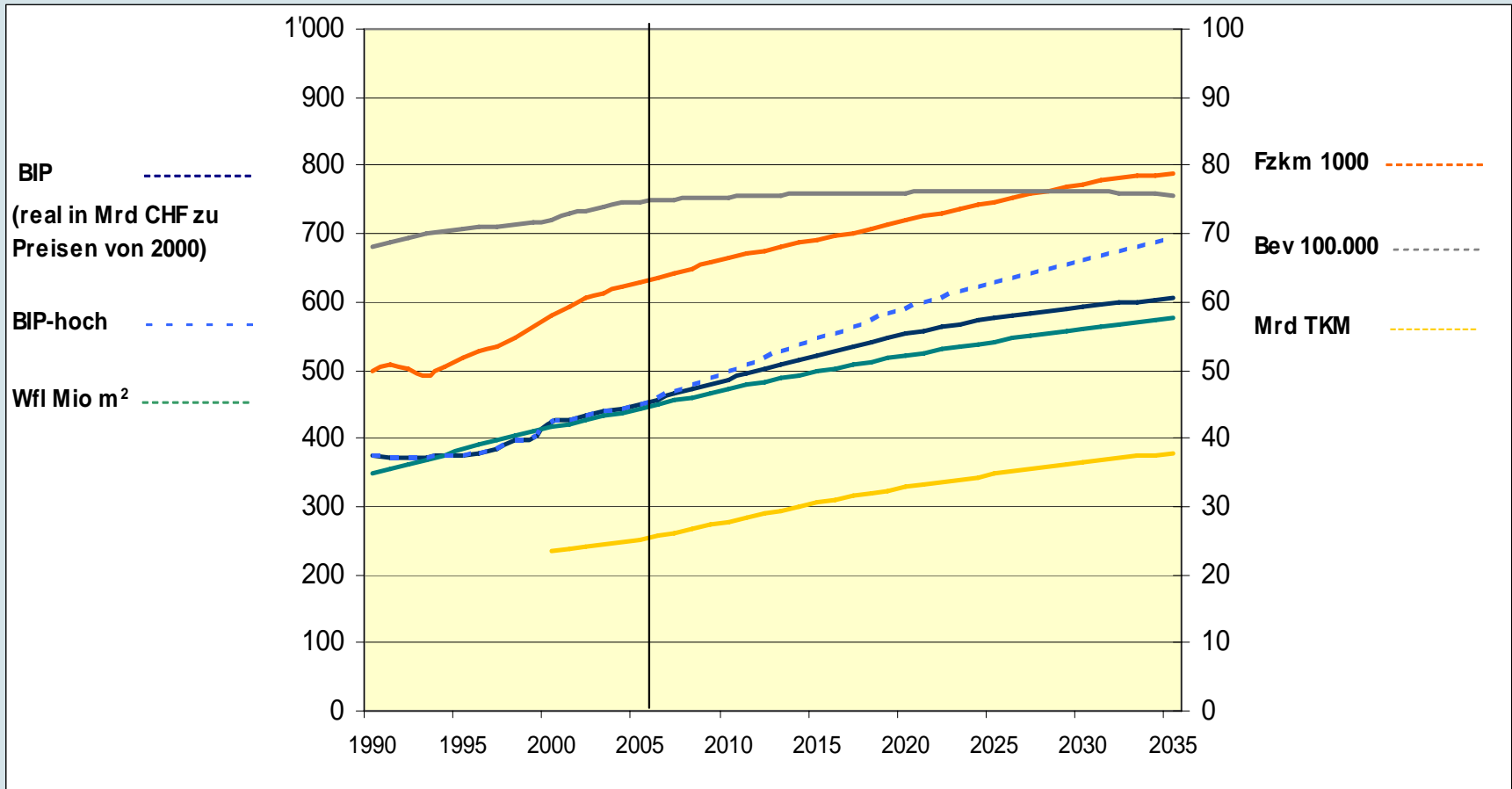


Übersicht über ausgewählte Rahmendaten



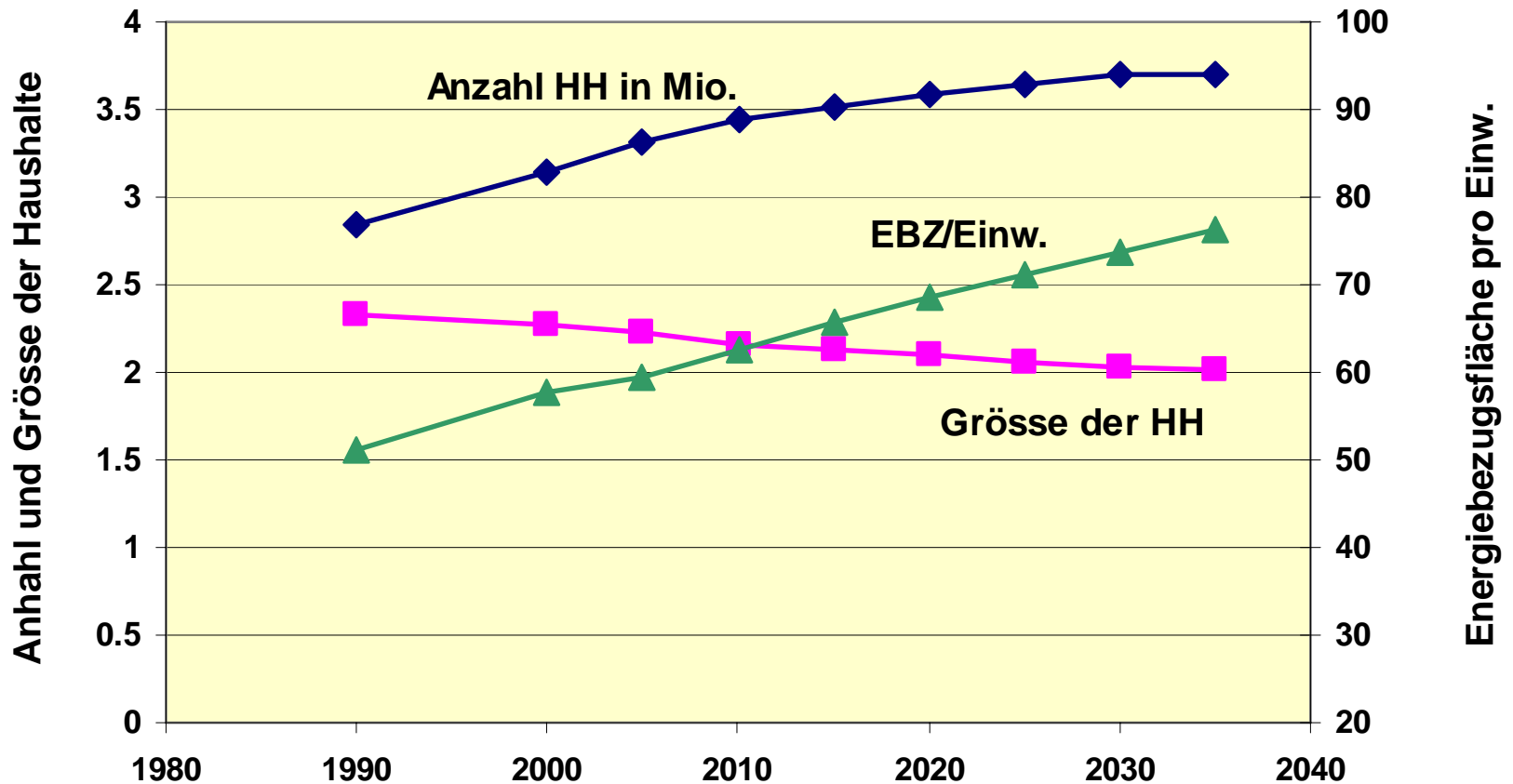


Übersicht über ausgewählte Rahmendaten (Szenarien I – III)





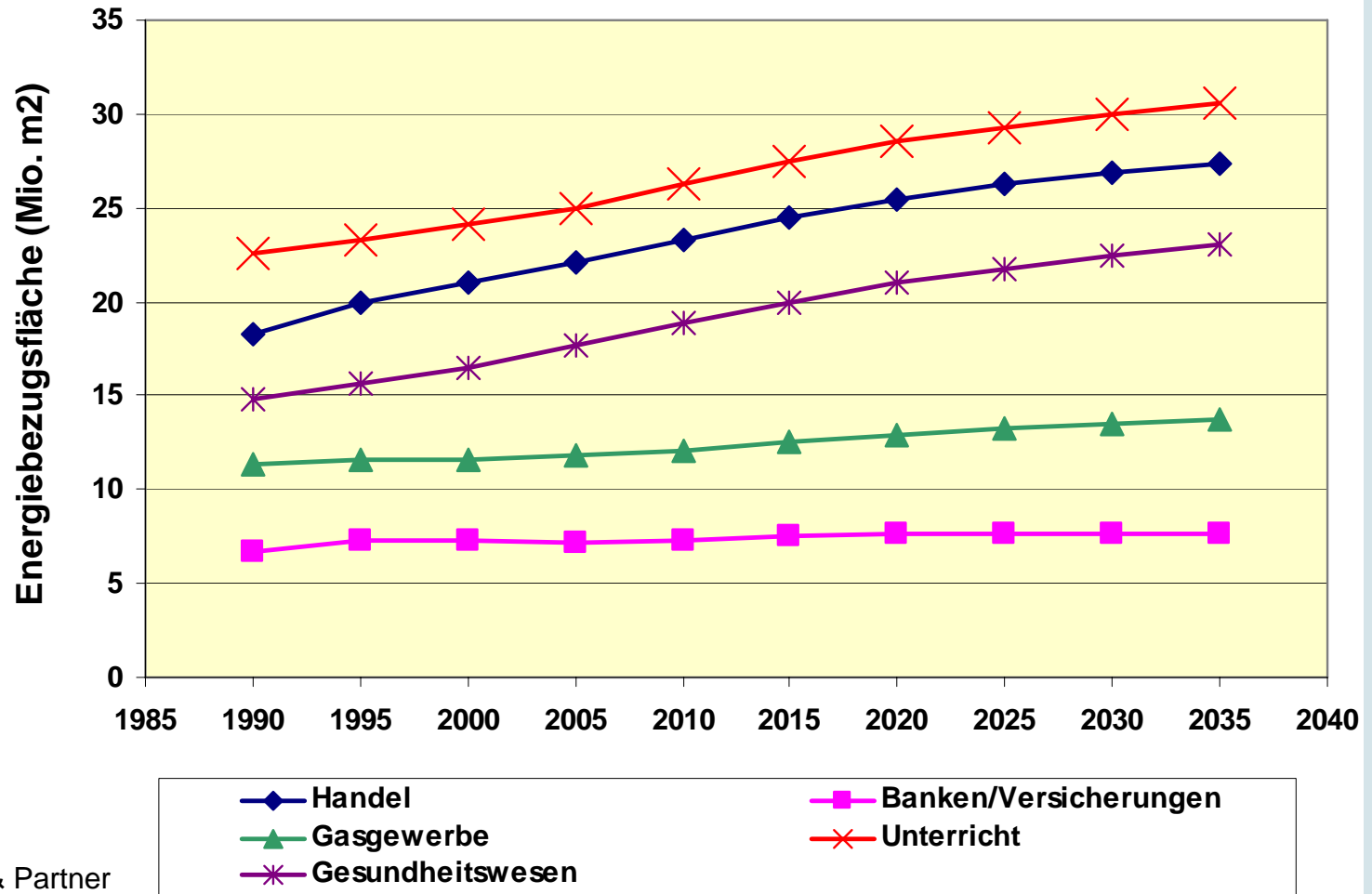
Private Haushalte: Entwicklung der Anzahl und Grösse, Energiebezugsfläche pro Einwohner



Quelle: Prognos



Dienstleistungssektor: Entwicklung der Energiebezugsfläche in den Branchen

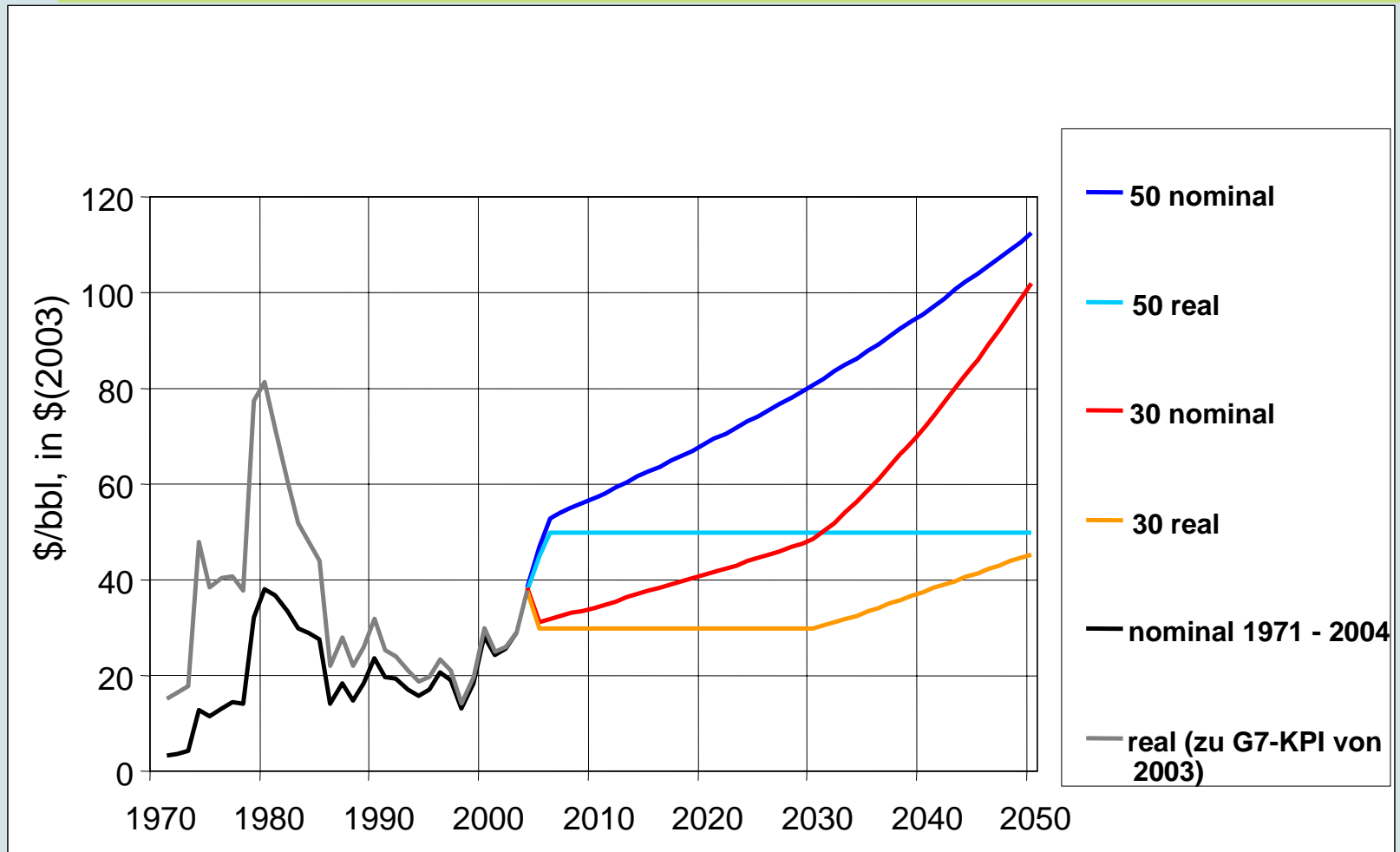


Quelle: Wüest & Partner



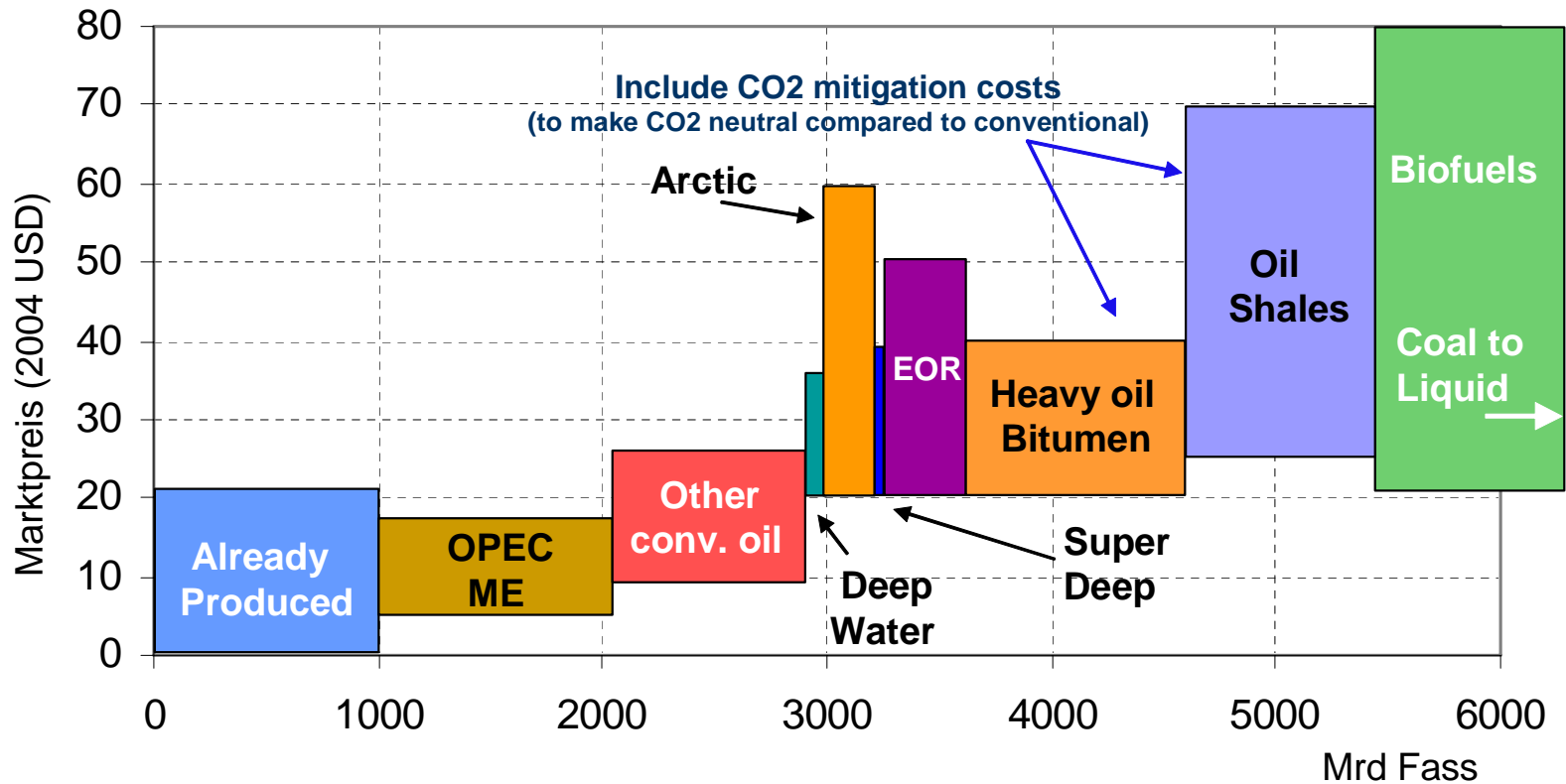
Entwicklung der Weltmarktpreise für Erdöl

Sensitivitäten „Trend“ und „Hoch“





Ressourcenverfügbarkeit Öl entsprechend IEA





Annahmen über Technologieentwicklungen Szenario IV (heute vorhanden aber noch nicht wettbewerbsfähig)

- Vakuumwärmedämmungen und steuerbare Fensterbeschichtungen;
- Mess- und Regeleinrichtungen zur Optimierung des Wärme- und Elektrizitätsbedarfs der Gebäude;
- Beleuchtung aufgrund LED-Technik und Lichtlenksystemen;
- Leichtbauweisen für Fahrzeuge durch neue Verbundwerkstoffe;
- Optimierung der Reifen, des Fahrzeugdesigns und der Antriebssysteme;
- Optimierte Verkehrsflüsse durch vernetzte Informationssysteme;
- Industrie: Steigerung der Energieeffizienz durch Verwendung der Biotechnologie (Biokatalysatoren zur Reduktion von Prozesstemperaturen und -drücken); Nanotechnologie (schmutzabweisende Oberflächen für Wärmetauscher, Reibungsminimierung);
- Zunehmende Verwendung neuer Produkte, wie zum Beispiel elektronisches Papier.

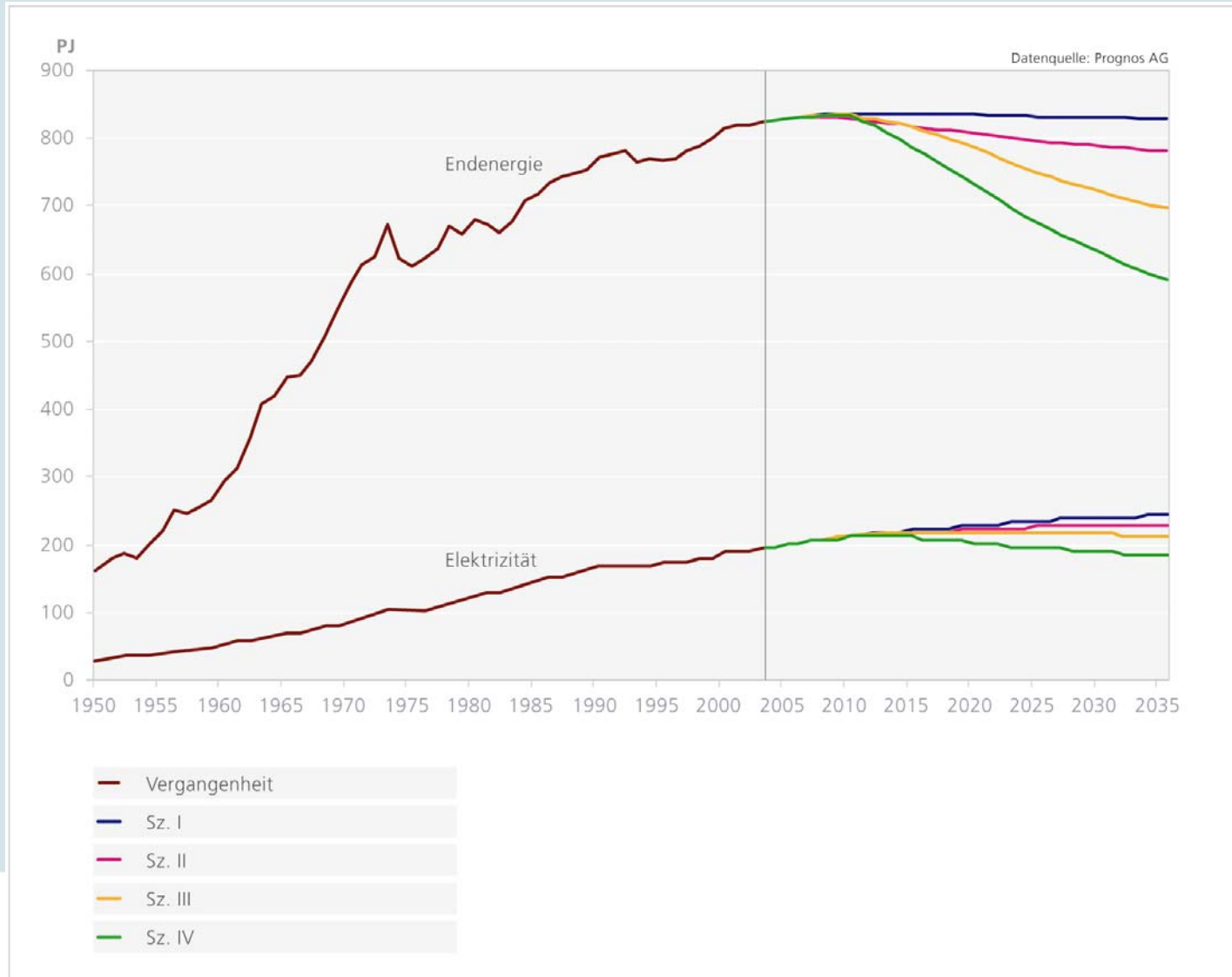


Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Szenarien
2. Annahmen zur Rahmenentwicklung
- 3. Nachfrageentwicklung und Beitrag der erneuerbaren Energien**
4. Energieeffizienz in Gebäuden, Verkehr und Industrie
5. Varianten der Stromversorgung
6. Schlussfolgerungen

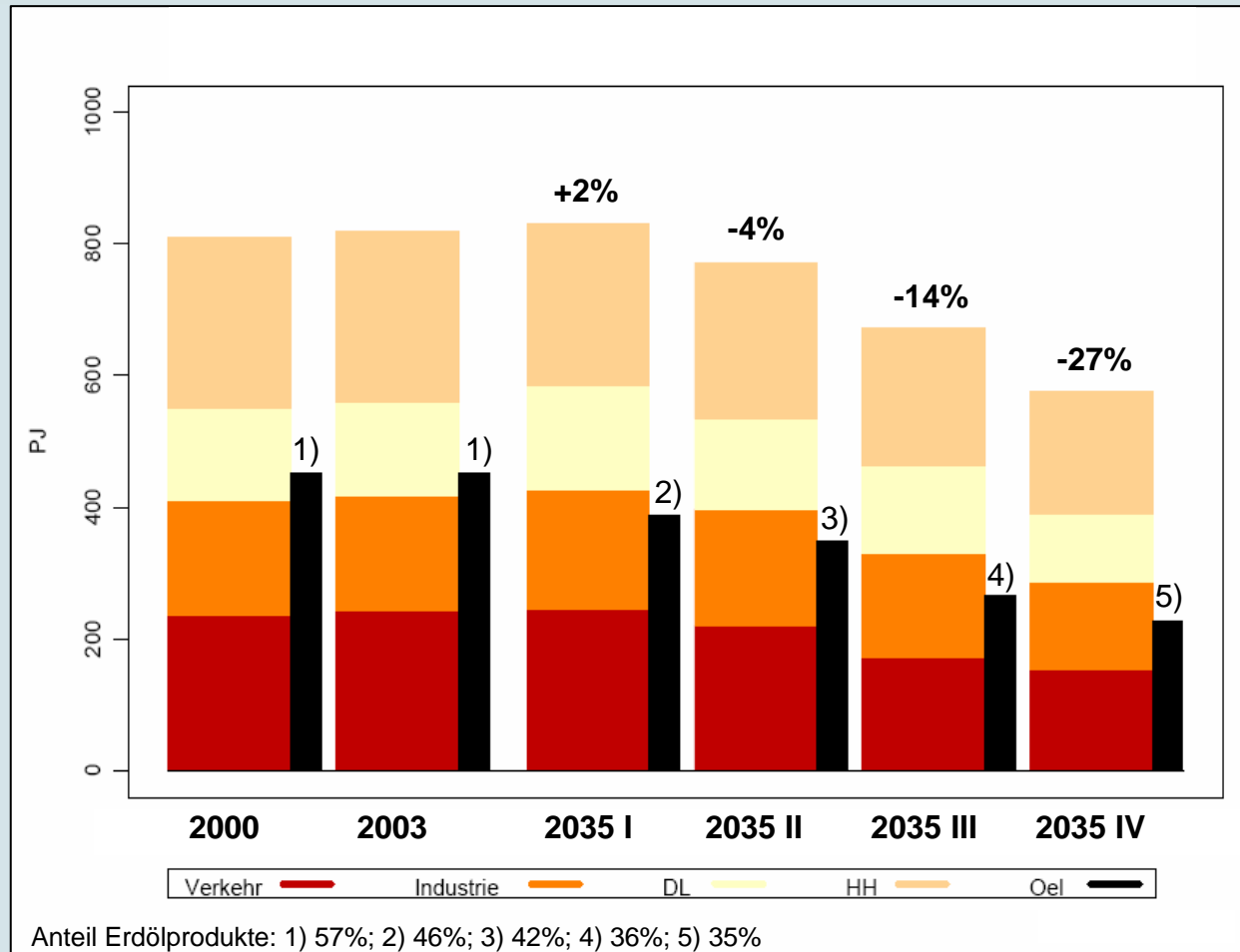


Gesamte Energie- und Elektrizitätsnachfrage Szenarien I bis IV





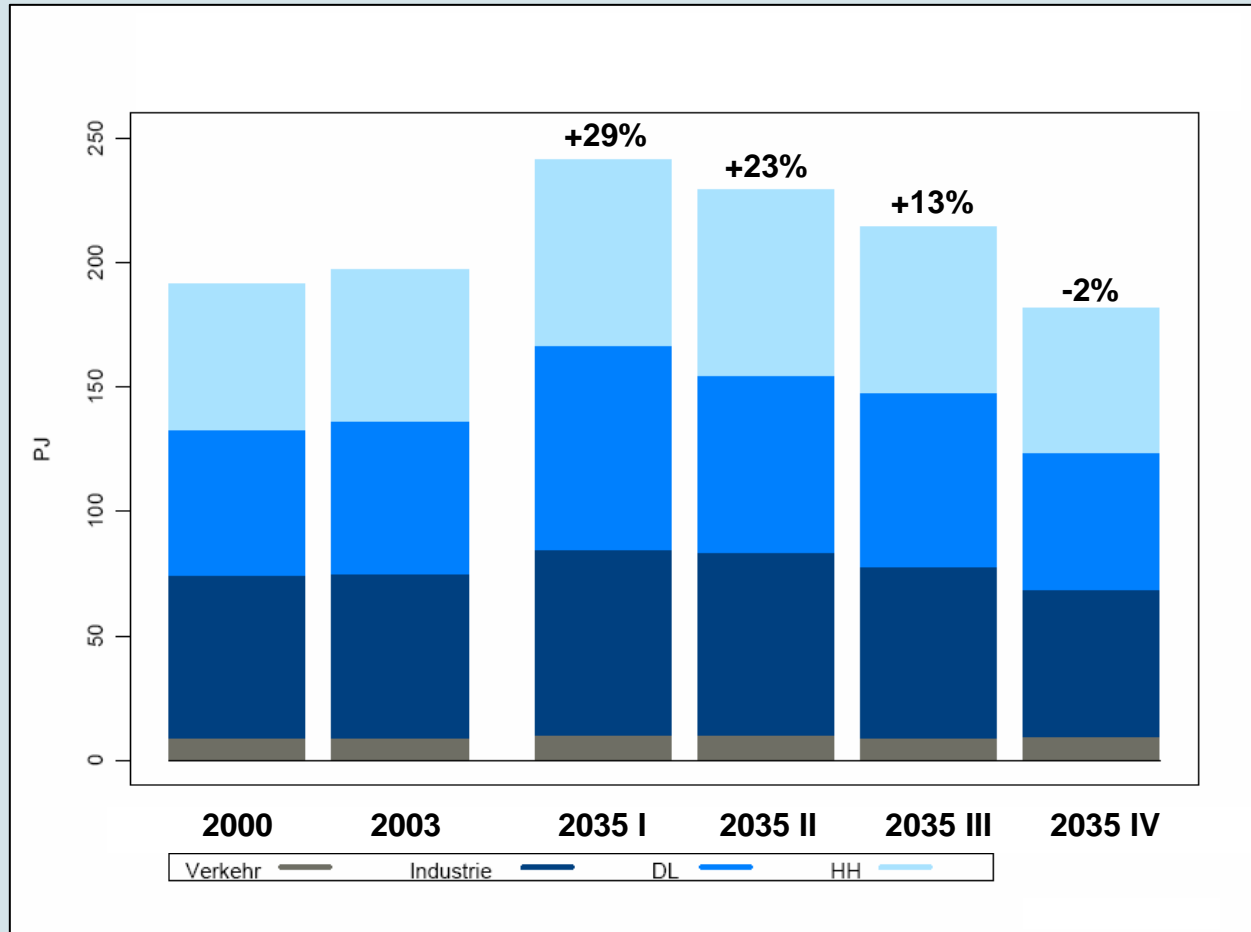
Gesamter Endenergieverbrauch Szenarien I bis IV Rahmenentwicklung Trend, Δ 2035/2000





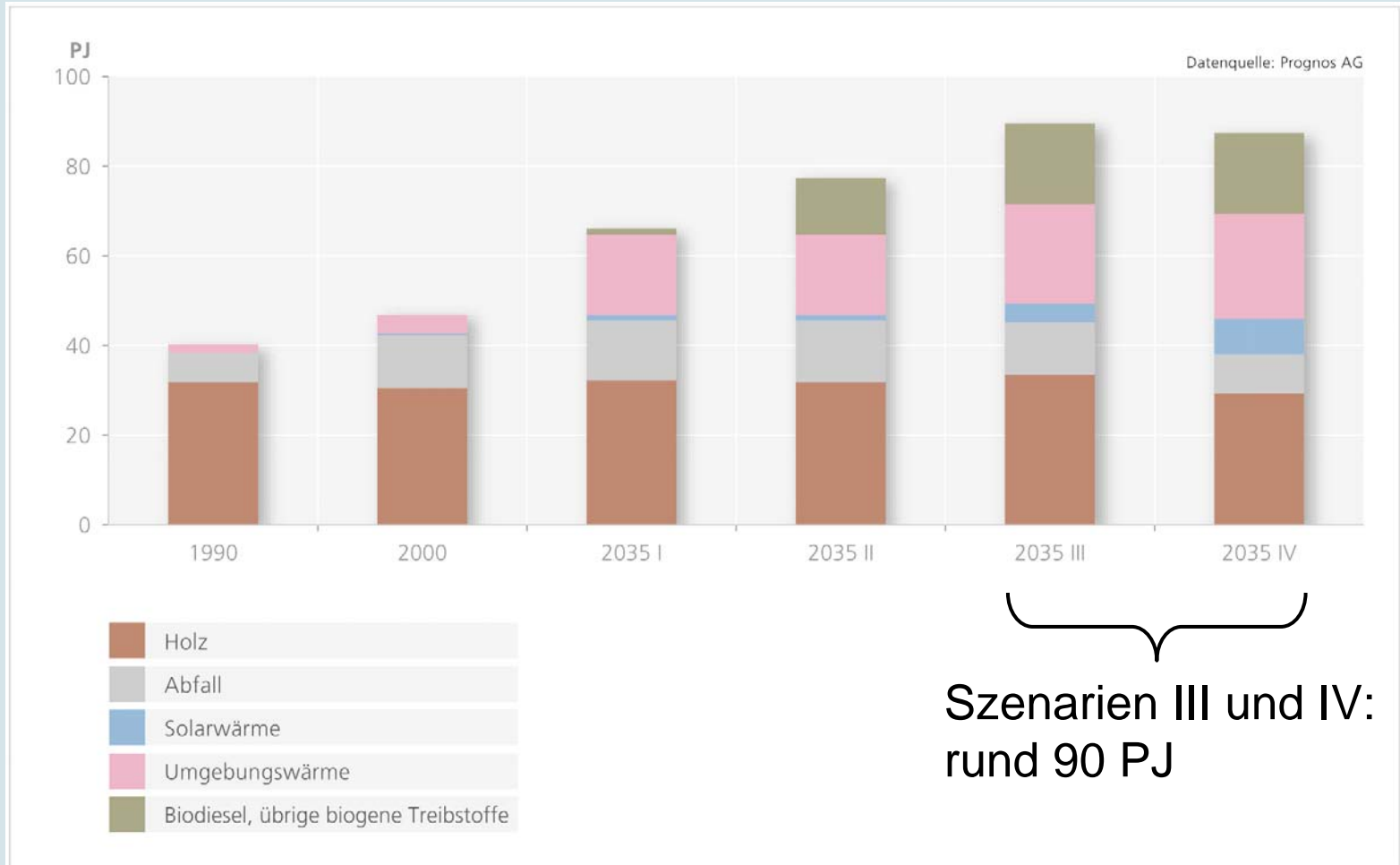
Elektrizitätsverbrauch Szenarien I bis IV

Rahmenentwicklung Trend, Δ 2035/2000



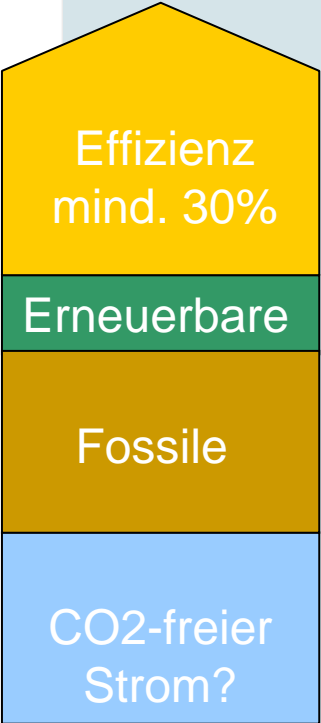
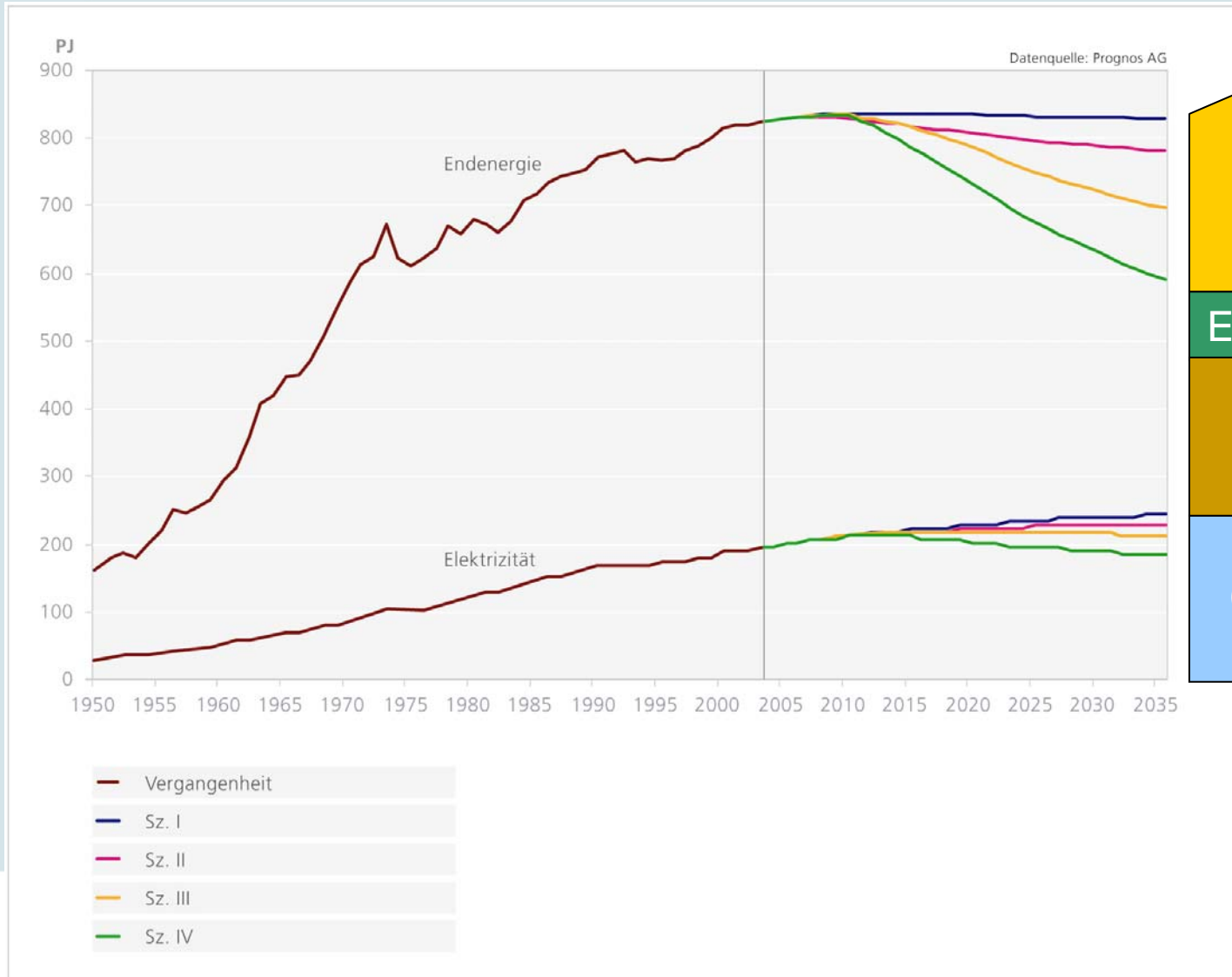


Erwartete Potenziale der Brenn- und Treibstoffe aus erneuerbaren Energien (Bestand und Ausbau)





Bedeutung der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien



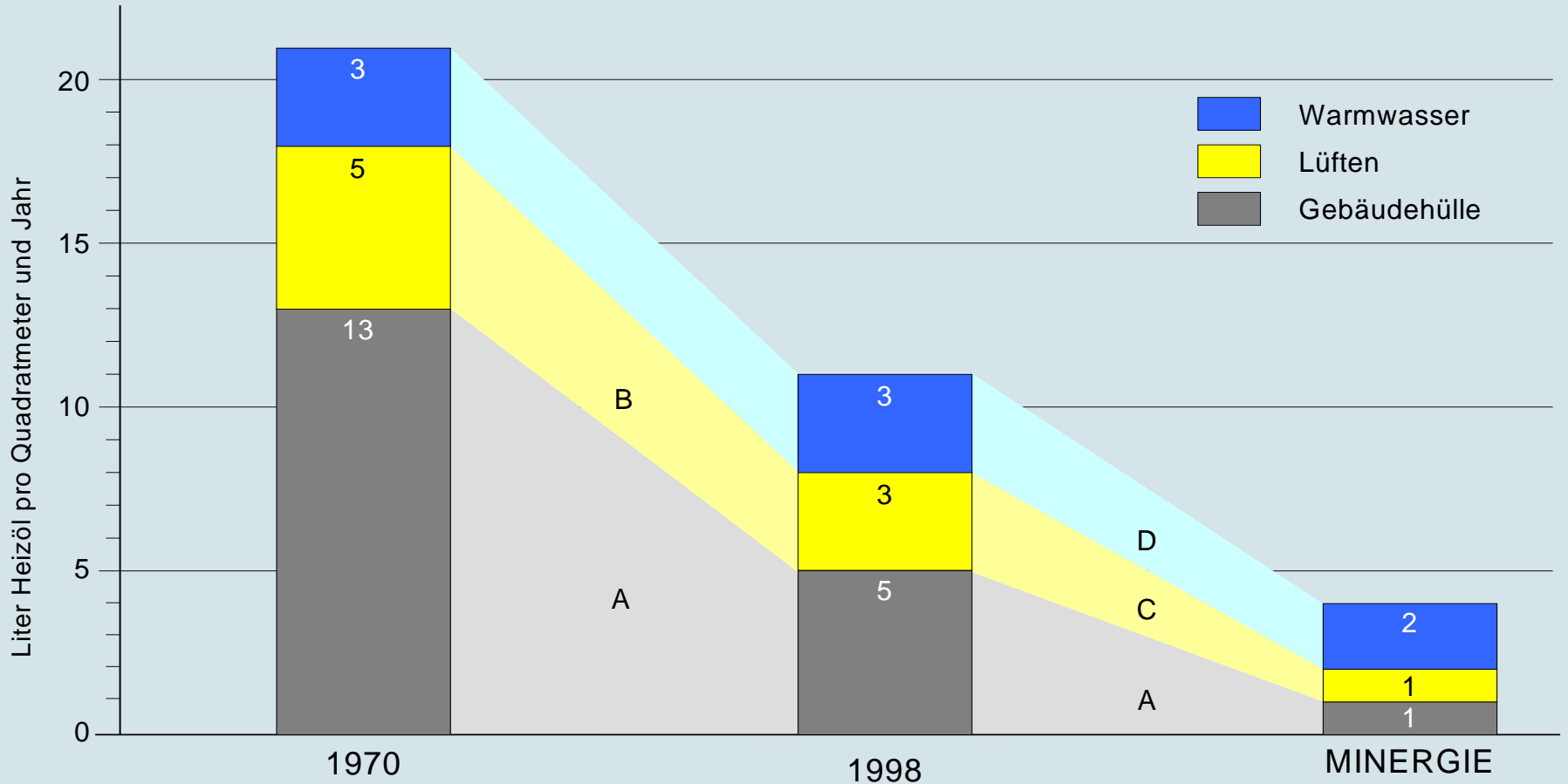


Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Szenarien
2. Annahmen zur Rahmenentwicklung
3. Nachfrageentwicklung und Beitrag der erneuerbaren Energien
- 4. Energieeffizienz in Gebäuden, Verkehr und Industrie**
5. Varianten der Stromversorgung
6. Schlussfolgerungen

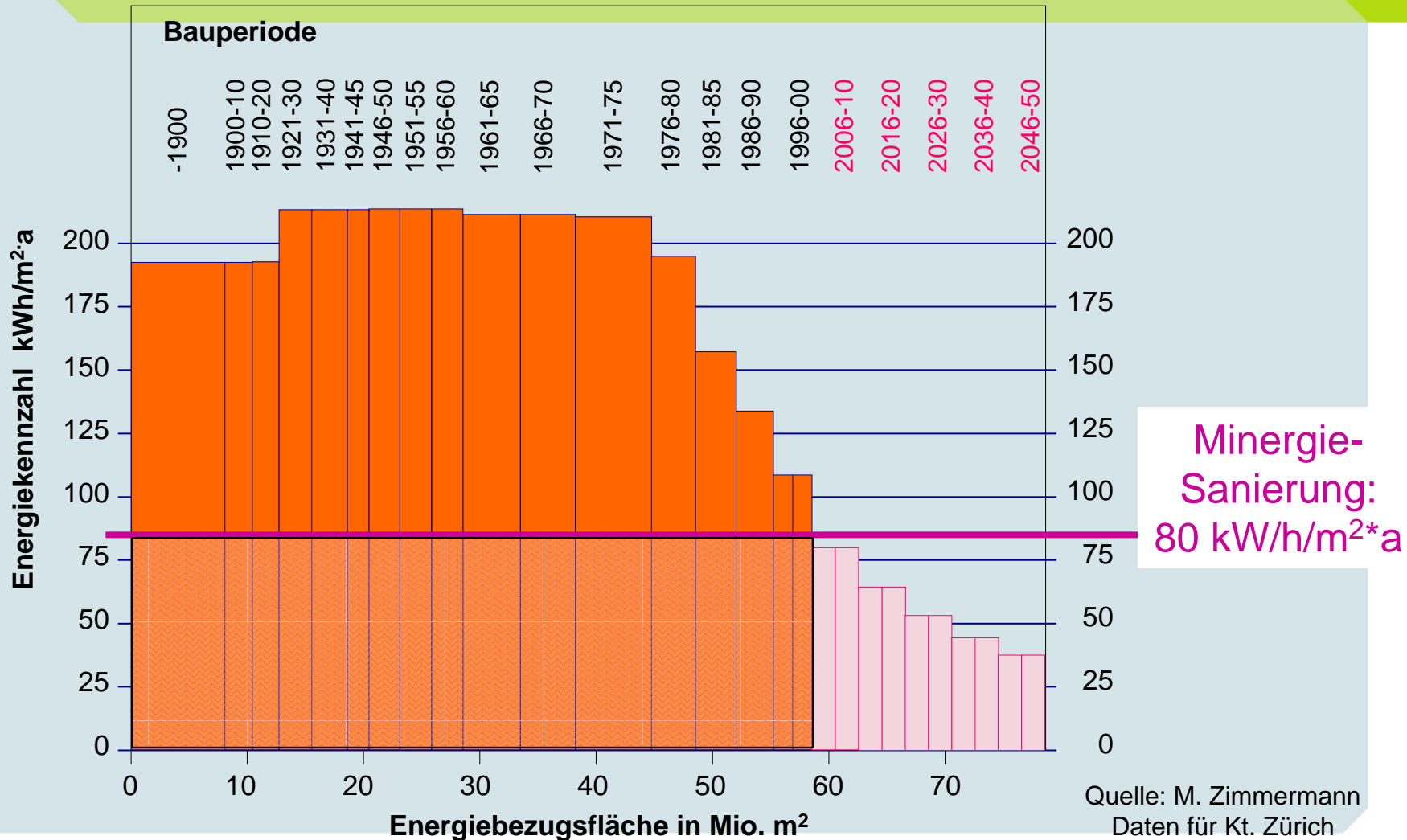


Entwicklung Energieverbrauch der Gebäude dank SIA-Normen



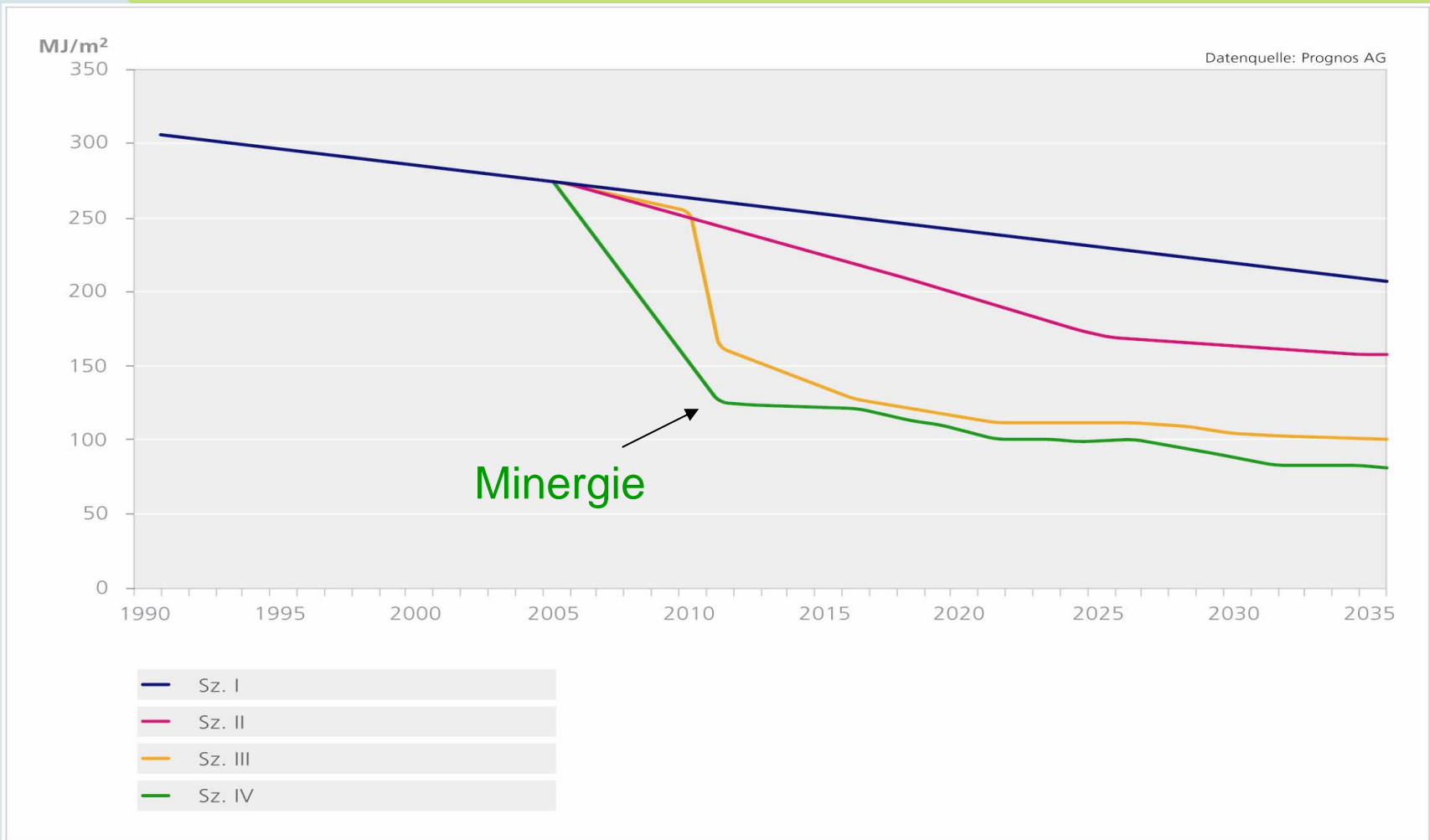


Einfluss der Baunormen: eine Reduktion auf einen Drittel ist möglich (Beispiel Kt. ZH)



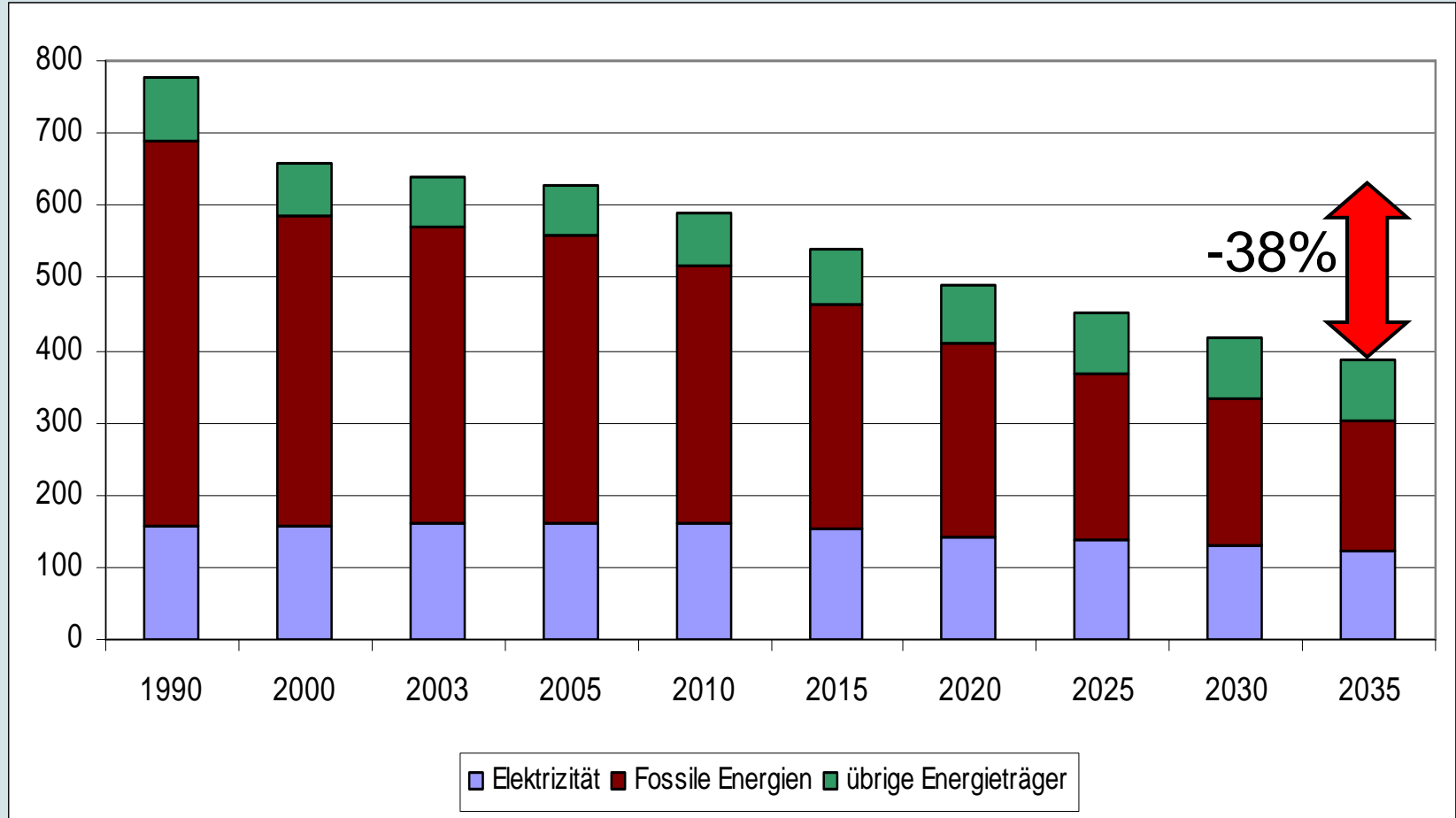


Spezifischer Heizwärmebedarf der jährlich neu erstellten Mehrfamilienhäuser





Energieeffizienz gemessen als Energieverbrauch pro Energiebezugsfläche im Szenario III (MJ/m²*a)





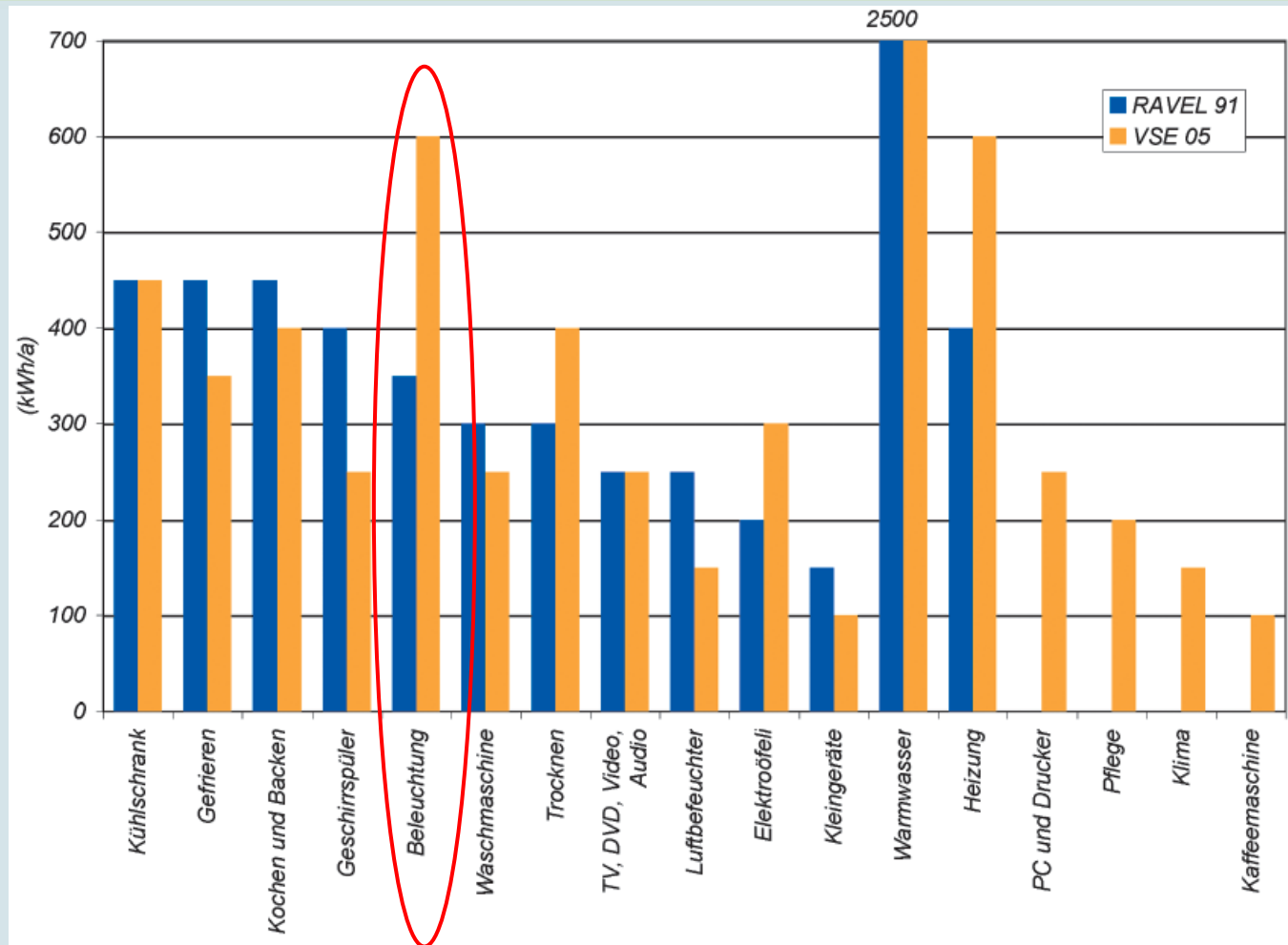
Elektrizität: Verbrauchsanteile und Einsparpotenziale in Prozent

	Verbrauchsanteil	Sparpotenzial
Beleuchtung (Wohnung und Wirtschaft)	13.1	40-60
Haushalte (Kochen, Waschen etc.)	13.8	20-40
Büro/IT	3.5	30
Heizung, Warmwasser	11.3	20-70
Hautechnik (Lüftung, Klima)	8.0	30-60
Gewerbliche Anwendungen	4.3	30
Bahnen	5.2	10
Industrie-Motoren	27.0	25

Quelle: SAFE

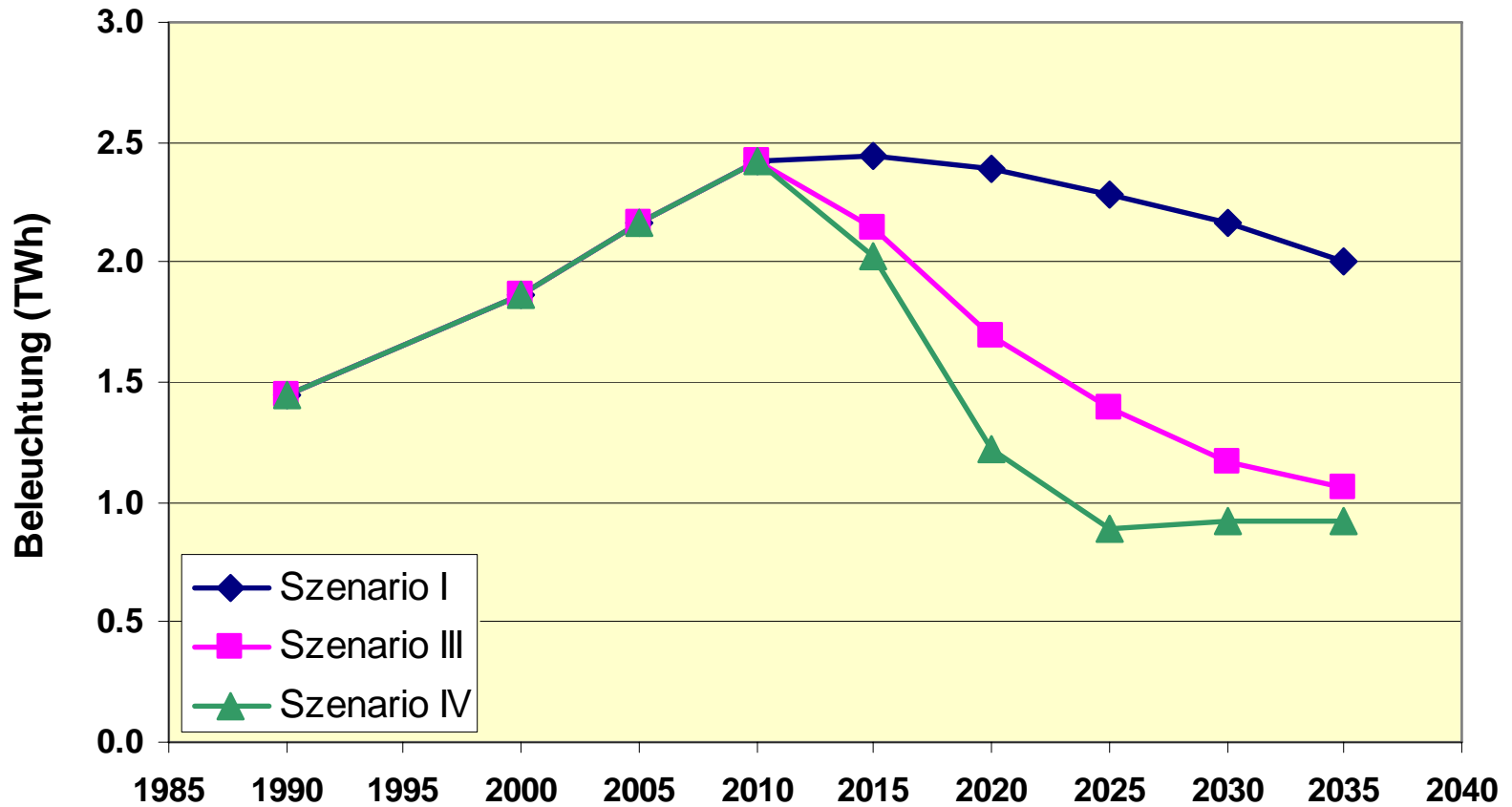


Veränderung des Stromverbrauchs der Haushalte 1991-2005



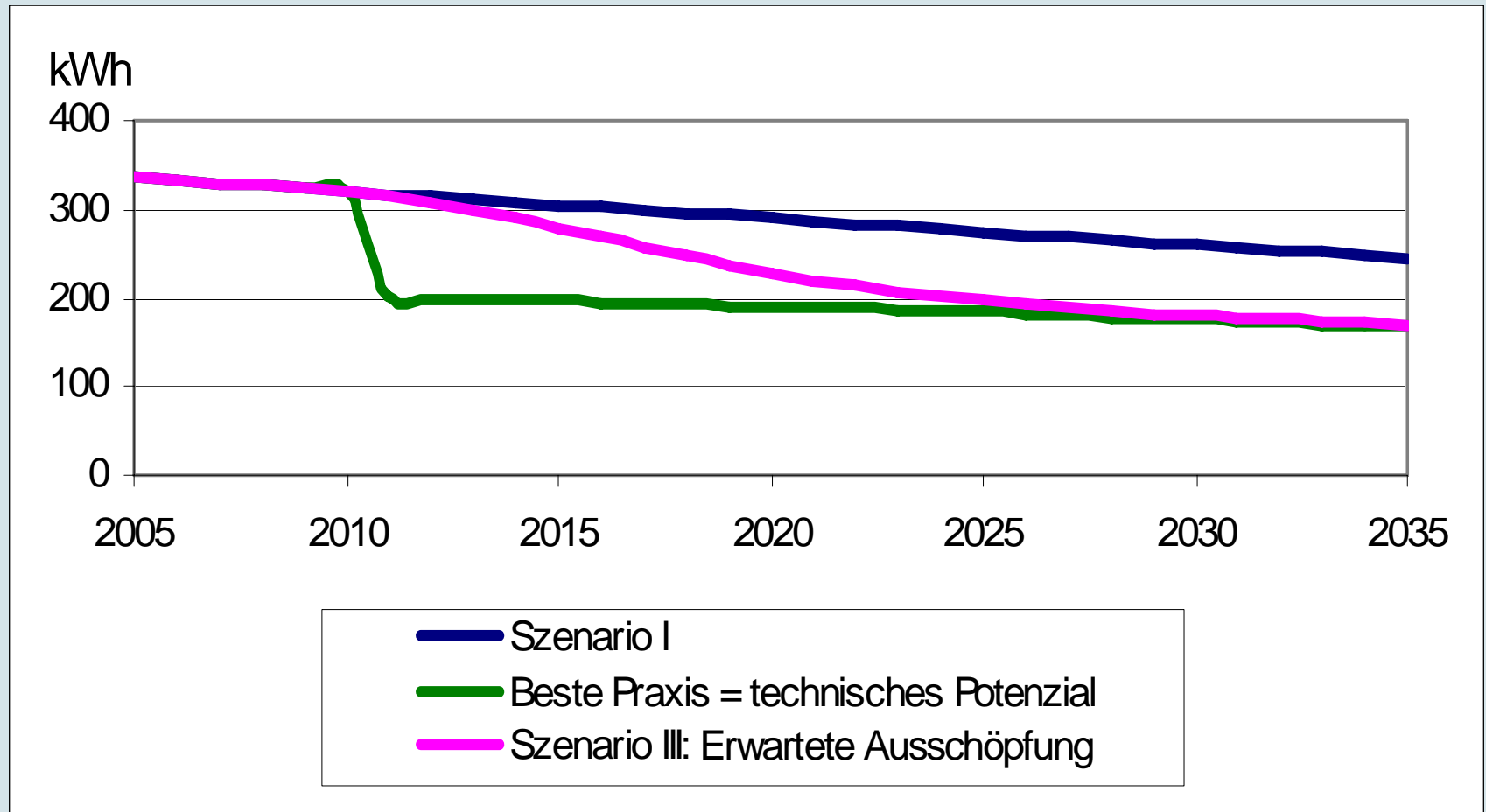


Stromverbrauch aller Haushalte für Beleuchtung





Durchschnittsverbrauch neue Tiefkühlgeräte: Szenarien I und III, technisches Potenzial





Effizienzpotenziale in Bürogebäuden (MJ/m²*a)

Grenzkostenbericht von M. Jakob (www.ewg-bfe.ch)

Energiekennzahlen in MJ/m ² *a	Neubau				Gebäudebestand			
	Standard		Good practice		Ausgangslage		Erneuert	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Interne Lasten (Geräte, ohne Bel.)	40	120	30	60	40	120	30	60
Beleuchtung	60	100	25	40	100	160	40	80
Lüftung (Luftförderung)	25	45	15	25	160	290	15	30
Kühlung	30	110	10	30	20	50	10	30

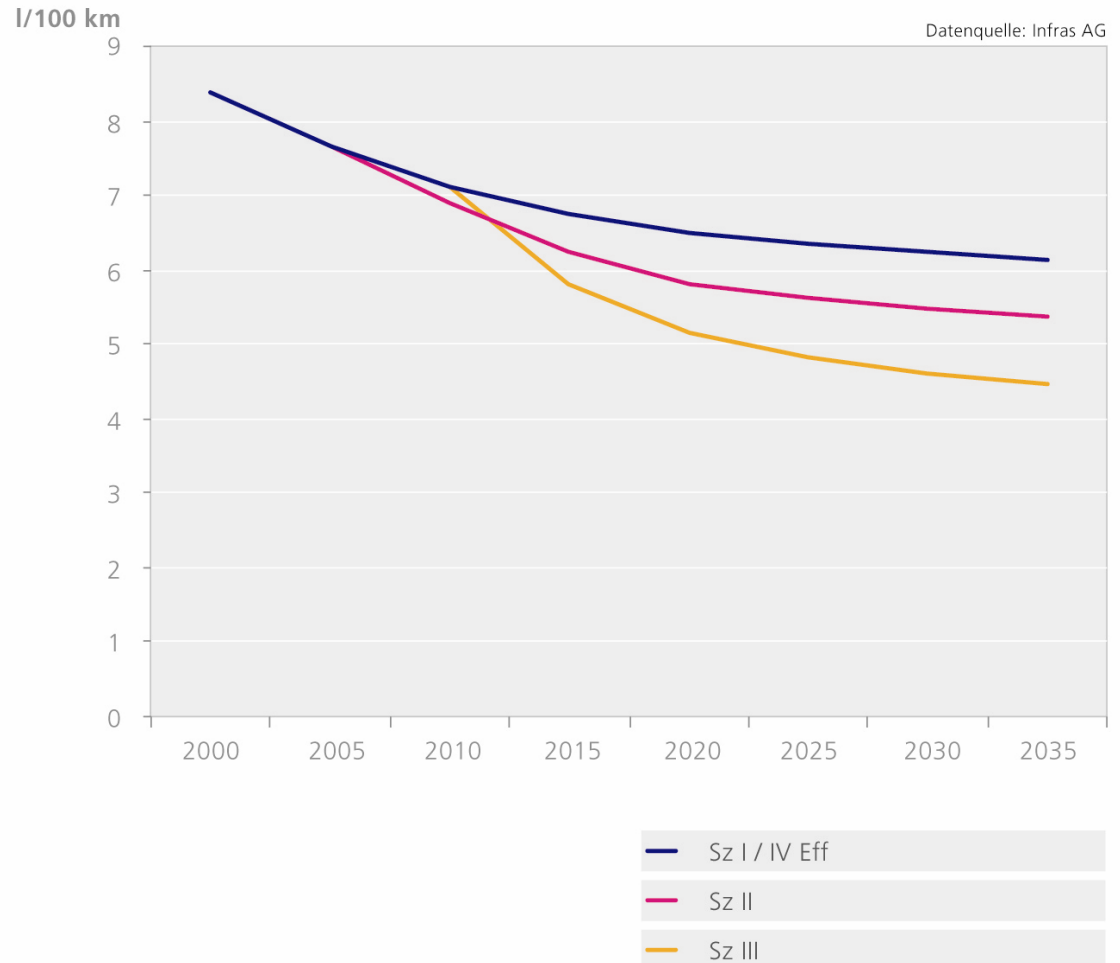


Effizienzmassnahmen im Verkehr

- **Transportaktivitäten: Beeinflussung der Nachfrage (Personen und t-km)**
- **Auslastung**
- **Modal-Split**
- **Spezifischer Verbrauch**
 - **Fahrverhalten**
 - **Fahrzeugtechnologie (Hybrid, Leichtbau, Reifendruck)**
 - **Biotreibstoffe**
- **Instrumente: Lenkungsabgabe, Energieetikette, Bonus-Malus, Kantonale Fhz.-steuern, Road-Pricing, Zulassungsbeschränkung**



Spezifischer Treibstoffverbrauch der jährlich in Verkehr gesetzten Personenwagen in l/100 km





Effizienzpotenziale in der Industrie

- Mit 39% am Endenergiebedarf in der Industrie ist Elektrizität ein wichtiger Energieträger
- Rentable Effizienzpotenzial bei Druckluft- und Kältekompressoren, Ventilatoren sowie Pumpen:
 - 15 Prozent aufgrund effiziente und bessere Regelung/Steuerung
 - 20 Prozent bei den industriellen Pumpen
 - 25 bis 33 Prozent bei Druckluft- und Kältekompressoren, Ventilatoren

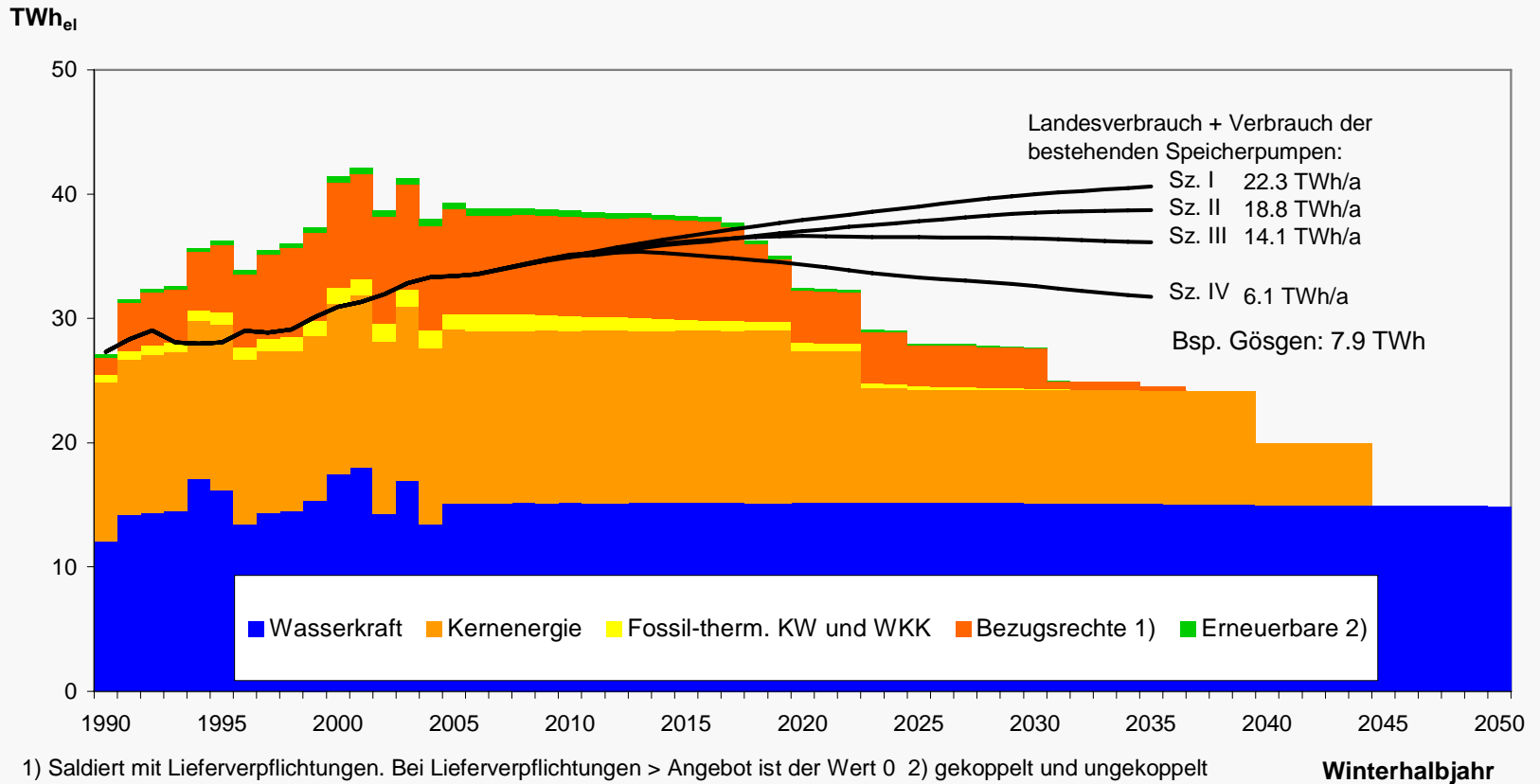


Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Szenarien
2. Annahmen zur Rahmenentwicklung
3. Nachfrageentwicklung und Beitrag der erneuerbaren Energien
4. Energieeffizienz in Gebäuden, Verkehr und Industrie
- 5. Varianten der Stromversorgung**
6. Schlussfolgerungen



Stromlücke ohne neue Kraftwerke mit Stromnachfrage nach Szenarien I bis IV





Varianten des Elektrizitätsangebotes bis 2035

- A Nuklear:** Der Ausbaubedarf wird ab 2030 vorwiegend durch neue Kernkraftwerke der Generation III gedeckt. Als Übergangslösung sind von 2020-2030 Stromimporte nötig.
- B Nuklear und fossil-zentral:** Bis zur Inbetriebnahme eines neuen Kernkraftwerks werden vorerst Gaskraftwerke zugebaut.
- C Fossil-zentral:** Da Gaskraftwerke im Vergleich zu Kernkraftwerken eine kürzere Planungs- und Bauzeit haben, wird die Lücke mit solchen Anlagen geschlossen.
- D Fossil-dezentral:** Der Ausbaubedarf wird vorwiegend durch erdgasbefeuerte Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen gedeckt.
- E Erneuerbare Energien:** Nebst dem autonomen Ausbau wird schon ab 2020 die Lücke mit erneuerbaren Energien geschlossen.
- F Veränderte Laufzeit:** Es wird eine Verkürzung der Laufzeit der bestehenden Kernkraftwerke auf 40 Jahre unterstellt. Als Alternative wird auch eine Verlängerung der Laufzeiten der Anlagen Beznau I+II und Mühleberg auf 60 Jahre untersucht.
- G Import:** Die Lücke wird vorwiegend mit Stromimporten geschlossen.
- + Verschiedene Mischvarianten**

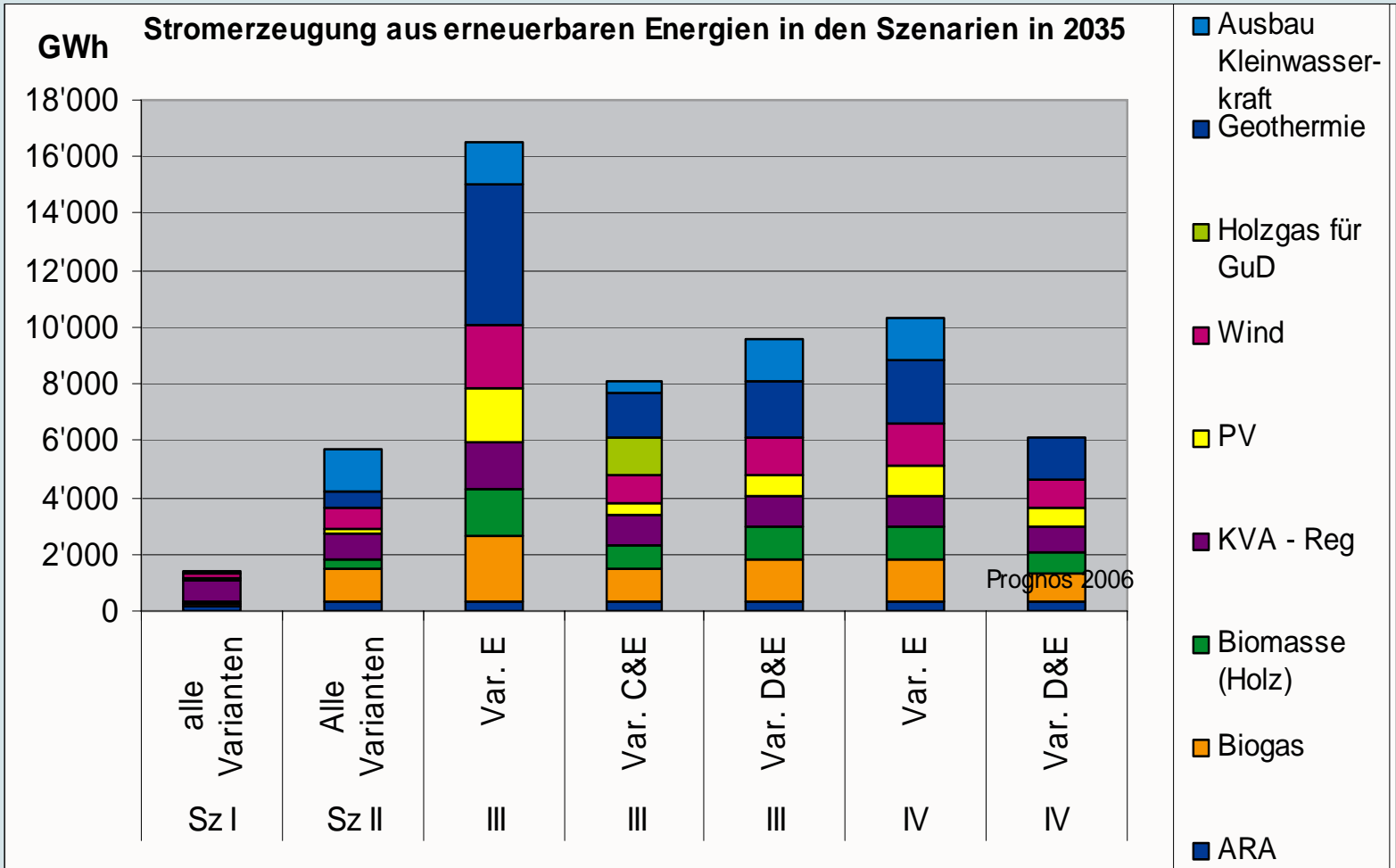


Technische und ökologische Ausbaupotenziale der Elektrizität aus erneuerbaren Energien

Ökologisches Potenzial der Biomasse (bis 2030)	3.2 - 4.2 TWh
Ökologisches Potenzial der Photovoltaik (bis 2100) ¹⁾	9.4- 17.7 TWh
Technisches Potenzial der Wasserkraft bis 2030 (inkl. Grosswasserkraft)	7.6 TWh
Technisches Potenzial der Windenergie (bis 2030)	22 TWh
Ökologisches Potenzial der Windenergie (bis 2030)	1.5 - 4 TWh



Erwartete Potenziale der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien (ohne GWK, 2.6 TWh) nach Szenarien und Angebotsvarianten im Jahr 2035





Szenarien und Varianten zur Schliessung der Stromlücke 2035

Sz.	Var. A	Var. B	Var. C	Var. D	Var. E	Var. C&E	Var. D&E	Var. G	Lücke in 2035 in TWh	
	Nuklear	Fossil-zentral und Nuklear	Fossil-zentral	Fossil-dezentral	EE	Fossil-zentral und EE	Fossil-dezentral und EE	Importe	Jahr	Wi
I	2 KKW	5 GWK 1 KKW	7 GWK	-	-	-	-	20.0 TWh Importe (3'329 MW)	22.3	16.1
II	2 KKW 5.7 TWh EE	3 GWK 1 KKW 5.7 TWh EE	5 GWK 5.7 TWh EE	-	-	-	-	12.7 TWh Importe (21114 MW) 5.7 TWh EE	18.6	14.1
III	1 KKW Importe (1.1 TWh)	-	4 GWK*	17.4 TWh WKK	16.5 TWh EE 2.6 TWh GWK	3 GWK* 8.1 TWh EE	12.1 TWh WKK 9.6 TWh EE	11.5 TWh Importe (1'913 MW)	13.5	11.3
IV	1 KKW	-	3 GWK	11.5 TWh WKK	10.3 TWh EE 1.0 TWh GWK	-	7.6 TWh WKK 6.2 TWh EE	6.6 TWh Importe (1'100 MW)	5	6.6

EE: Photovoltaik, Wind, Geothermie, Holz, Biogas, Klärgas, Abfall (50%) und Wasserkraft bis 10 MW

KKW: Kernkraftwerke zu 1600 MW

GWK: Gaskraftwerke (Chavalon zu 357 MW und weitere Anlagen zu 550 MW)

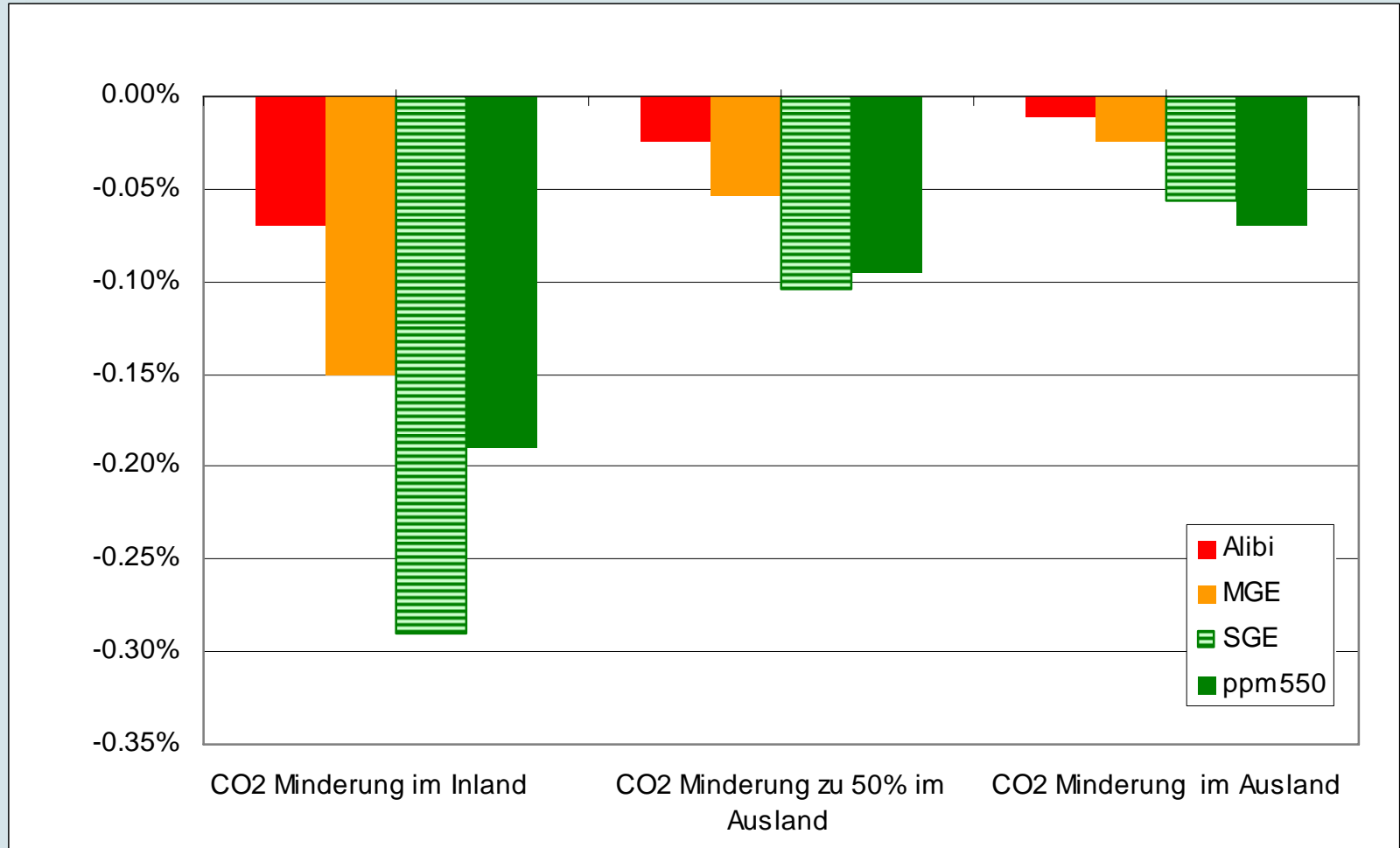
WKK: v.a. erdgasbefeuerte Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen

GWK: Grosswasserkraftwerke (100 bis 1000 MW)

* mit Holzgaszu



Wohlfahrtsverluste der Schweiz in Abhängigkeit der Emissionsminderungen im Ausland (Flexibilität)





Schlussfolgerungen

- Der Endenergieverbrauch kann mit einer aktiven Energiepolitik bis 2035 um rund 30% reduziert werden, trotz Zunahme der Energiedienstleistungen um 40%;
- Eine Steigerung der Energieeffizienz um 30% ist in allen Wirtschaftssektoren möglich.
- Im Szenario IV machen die erneuerbaren Energie im Bereich Raumwärme und Mobilität rund einen Drittel aus;
- Klimaschutz: mit einer Energielenkungsabgabe (Verdoppelung der Endenergiepreise) können EU-kompatible Klimaziele (-20% bis 2020) erreicht werden (Szenario III).