

Energieperspektiven Schweiz 2035 des BFE

## Zielszenarien III E und IV E: Was geht wie und unter welchen Voraussetzungen?

Workshop SSES

Dr. Almut Kirchner

Prognos AG  
Bern, 16. 01. 2010

### Agenda/Inhaltsübersicht

Projektanlage Energieperspektiven Schweiz

Was: Szenarien III und IV, Var. E

Wie: technische Annahmen

Was: Ergebnisse: Energieträger, Kraftwerkspark, Emissionen

Unter welchen Voraussetzungen, Kostenfragen

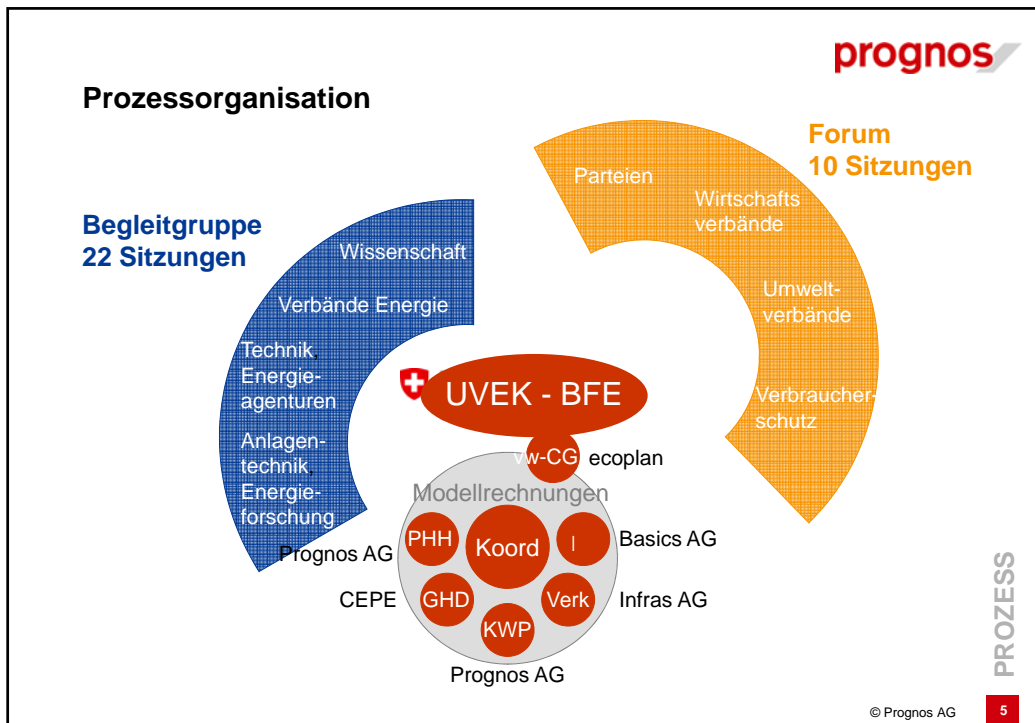
Interpretation

## Energieperspektiven: Was und warum?

- › Langfristige Entwicklung und Entwicklungsmöglichkeiten des Energiesystems
- › Beurteilungsgrundlagen für
  - Sicherheit, Versorgungssicherheit, Verfügbarkeit
  - Wirtschaftlichkeit, volkswirtschaftliche Auswirkungen
  - Umweltauswirkungen
  - Generationengerechtigkeit, Nachhaltigkeit
- › Notwendigkeiten, Möglichkeiten, Grenzen staatlicher Interventionen
- › **Differenzen zwischen der voraussichtlichen Stromnachfrage und der Entwicklung des heimischen Kraftwerksparks**
- › Umgang mit den Zielkonflikten
- › Grundlage für Energiestrategie des Bundes

## Energieperspektiven: Arbeitsprogramm und Methodik

- › Szenarien mit Zeithorizont bis 2035 („Vision“ bis 2050)
- › Modellgestützt: sektorale Bottom-up-Modelle (Energiesystemmodelle)
  - Private Haushalte, Gewerbe Handel Dienstleistungen, Industrie, Verkehr
  - **Kraftwerkspark**
- › Szenariendefinition, Sensitivitäten
- › Auswertungen nach verschiedenen Kriterien:
  - Energieträgermix
  - Umweltwirkungen
  - Versorgungssicherheit, Abhängigkeit
- › Politische Massnahmen und Instrumente
- › Laufzeit: ca. 3.5 Jahre



- prognos**
- ## Die Teams
- › **Basics AG**  
Dr. Walter Baumgartner  
Orsolya Ebert
  - › **CEPE**  
Dr. Bernard Aebischer  
Giacomo Catenazzi
  - › **Ecoplan**  
André Müller  
Dr. Frank Vöhringer
  - › **Infrass AG**  
Mario Keller
  - › **Prognos AG**  
Peter Hofer (PHH)  
Vincent Rits (Elektrizität)  
Dr. Almut Kirchner (Koordination und Elektrizität)
  - › **BFE**  
Martin Renggli (Leitung)  
Dr. Felix Andrist  
Dr. Michel Piot  
Thomas Volken
- © Prognos AG **6**
- Projektteams

## Vorrede „Szenarienlogik“ (grob)

- › explorative Szenarien: A  $\Rightarrow$  B, „was passiert, wenn...“
  - Vorgabe politische und technische Entwicklung
  - Ergebnis Energieverbrauch, Energiemix, Kosten, „Verwerfungen“ etc.
- › Zielszenarien: A  $\Leftarrow$  B, „Was **muss** passieren, damit...“
  - Vorgabe energetische oder klimatische Ziele
  - Ergebnis Massnahmenkataloge, technologische Leitplanken, politische Strategienotwendigkeiten
- › Energieperspektiven: Erst der Szenarienfächer im Ganzen liefert das vollständige Bild und vollständige Aussagen

## Szenariendefinition

### Grundszenarien

- › **I** „Energiepolitik weiter wie bisher“ (Referenzentwicklung)
- › **II** „Verstärkte Zusammenarbeit“
- › **III** „Neue Prioritäten“
- › **IV** „Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft“

### Elektrizitätsangebot

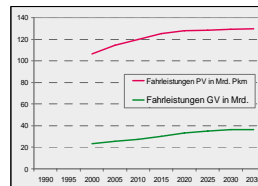
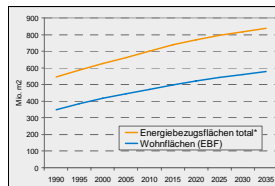
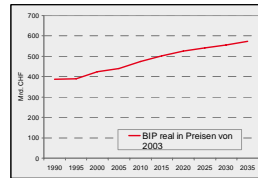
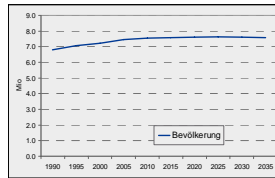
- › A Kernkraft
- › C Erdgas-Kombikraftwerke
- › D Dezentral - fossil
- › **E Regenerativ**
- › G Importe
- › Mischungen

### Sensitivitäten

- › BIP hoch
- › Preise hoch
- › Klima wärmer
- › KKW-Laufzeiten

### Szenario IV: Rahmendaten

- › Bevölkerung: + 5 % (2000 – 2035)
- › BIP real + 35 %
- › EBF total + 33 %
- › Personenverkehr + 22 %
- › Güterverkehr + 57 %



### Angebotsvarianten

|        | Var A   | Var B                    | Var C          | Var D            | Var E | Var C&E             | Var D&E               | Var G   |
|--------|---------|--------------------------|----------------|------------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|
|        | Nuklear | Fossil Zentral + Nuklear | Fossil Zentral | Fossil Dezentral | EE    | Fossil Zentral + EE | Fossil Dezentral + EE | Importe |
| Sz I   | ›       | ›                        | ›              |                  |       |                     |                       | ›       |
| Sz II  | ›       | ›                        | ›              |                  |       |                     |                       | ›       |
| Sz III | ›       |                          | ›              | ›                | ›     | ›                   | ›                     | ›       |
| Sz IV  | ›       |                          | ›              | ›                | ›     |                     | ›                     | ›       |

Angebotsvarianten

## Szenarienanlage I

### I – „weiter wie bisher“

- › EnergieSchweiz 45 Mio p.a.
- › Kantonale Globalmittel 40 Mio. p.a. Regenerative und Effizienz
- › Initiativen von Energiedienstleistungsunternehmen
- › „15-Räppler“
- › Ordnungsrecht im Baubereich
- › EnergieEtikette auf Elektrogeräten, evtl. Fahrzeugen
- › Vereinbarungen mit den Autoimporteuren  
Effizienzverbesserungen der Neuwagenflotte
- › „Historisch“: Ib mit CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffen

## Szenarienanlage II

### II – „Verstärkte Zusammenarbeit“

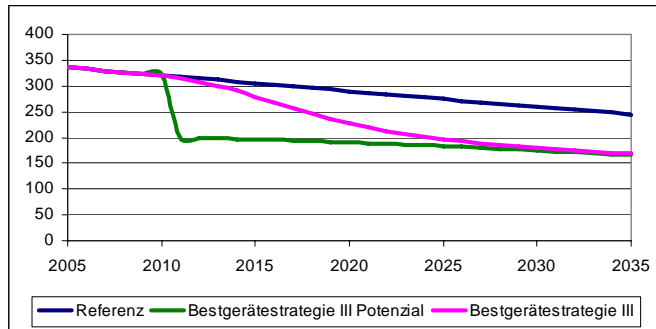
- › CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen, 35 CHF/t (ca. 9 Rp / l Heizöl EL)
- › Zielvereinbarungen Wirtschaft (mit „Drohkulisse“)
- › Kooperation zwischen Branchen und Verbänden (z.B. Energiewirtschaft mit Banken)
- › Least cost planning
- › Stärkere Agenturarbeit, Transaktionsinstrumente
- › „Klimarappen“ – 70 Mio. CHF/a für Brennstoffeffizienz
- › „Stromrappen“ – 50 Mio CHF/a für Stromeffizienz
- › 330 Mio. CHF p.a. für neuen Regenerativ-Strom (Netzumlage, bis 0.6 Rp/kWh)

**Ergebnis: Wie weit kommt man mit verstärkter Ausschöpfung betriebswirtschaftlich rentabler Massnahmen?**

### Szenarienanlage III

#### III – „Neue Prioritäten“

- › **Zielszenario:** - 20 % EEV p.c. bis 2035, -20 % CO<sub>2</sub> bis 2035, Ziele für Anteil Regenerative an Wärme, Treibstoff, Strom
- › Methode:
  - **Best practice** in allen Bereichen – Schnelle, aber stetige Diffusion
  - Reduktion Umsetzungshemmnisse – „Potenzialvariante“
  - Weiterentwicklung der „best practice“-Technologien

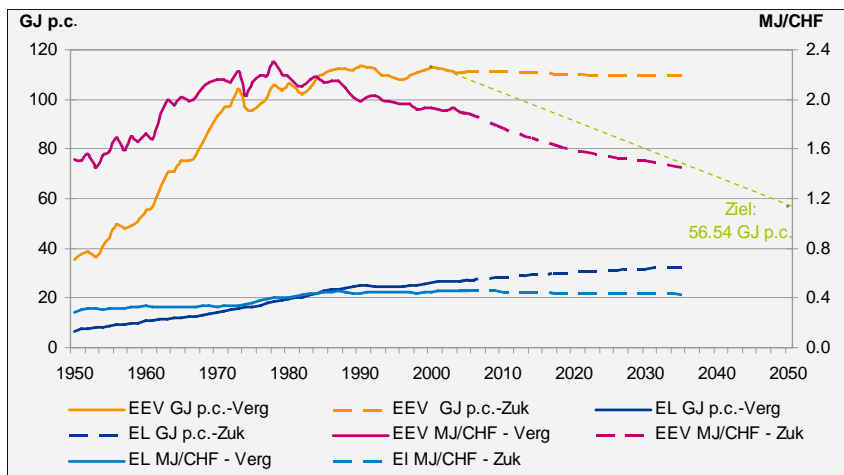


© Prognos AG

Szenarienanlage

13

### Vergangenheit II



© Prognos AG

VERGANGENHEIT

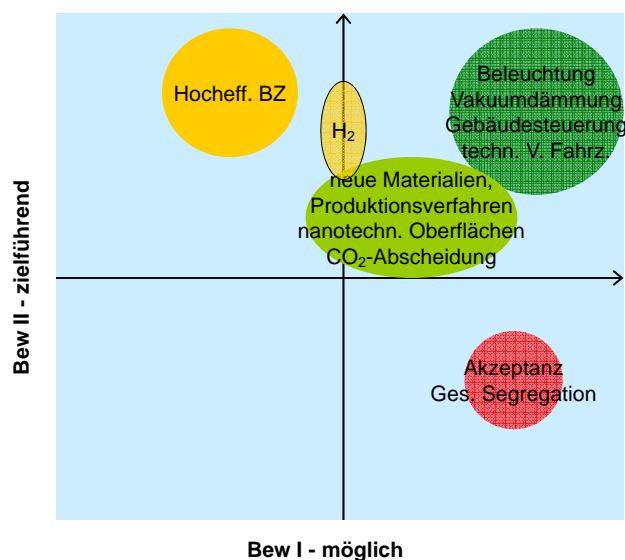
14

## Szenarienanlage IV (Was und Wie)

### IV – „Wege zur 2000-Watt-Gesellschaft“

- › **Zielszenario**, ambitioniert: -35 % EEV p.c. bis 2035, -35 % CO<sub>2</sub> bis 2035, Anteile Regenerative an Wärme, Strom, Treibstoffen
- › III (und III Potenzialvariante) hat **Grenzen** gezeigt
  - **Best practice** in allen Bereichen
  - Schnelle, aber stetige Diffusion
  - Reduktion Umsetzungshemmnisse
  - „Potenzialvariante“
  - Weiterentwicklung der „best practice“-Technologien
- › Technologieentwicklung: Beiträge der neuen **Schlüsseltechnologien**
  - Information und Kommunikation – Messen/Steuern/Regeln
  - Mikrosystemtechnologie
  - Biotechnologie
  - Nanotechnologie
- › Methode: Thesenentwicklung mit IASA, Kompakt-Delphi mit Experten

## Ergebnisse Technologie-Delphi: Positionierung in der Wahrscheinlichkeits- / Zielfläche (Wie)



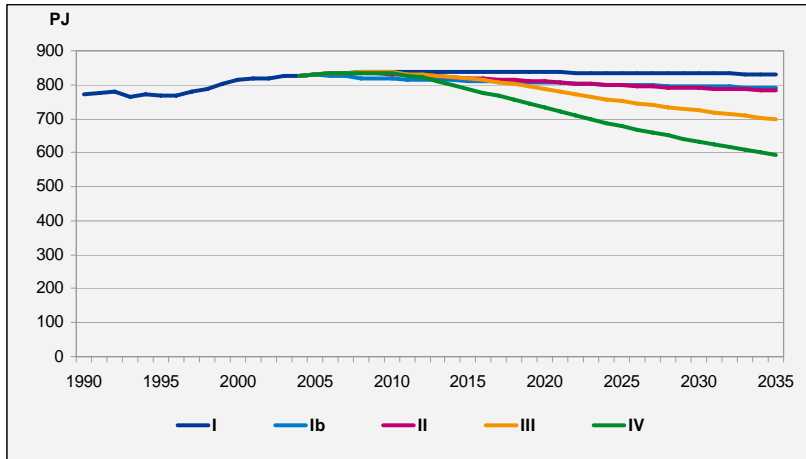
## Szenarienanlage IV – Technologie (Wie)

- › Beispiele für angenommene Technologieentwicklungen und Umsetzungen
  - Gebäude: jede Sanierung ist energetisch, Weiterentwicklung von HLWD
  - Tageslichtnutzung, intelligente Fensterbeschichtungen
  - Neue Gebäude bis auf Passivhausstandard ab ca. 2025
  - Geräte: Hocheffiziente Kühlschränke, z.T. Magnetkühlung mit Superdämmung
  - Warmwasseranschluss für Waschmaschinen, GWM durchwegs
  - Beleuchtungseffizienz drastisch erhöht (LED, OLED ...) – 80 %
  - Supereffiziente Motoren und Pumpen, konsequent eingesetzt
  - Ersatz konventioneller Verfahren durch biologische und katalytische
  - Ersatz von Materialien durch energieeffizientere
  - Drastisch steigende Energieeffizienz von Anzeigegeräten und Konvergenz auf Ebene IKT und Medien
  - Prozesssteuerung auf allen Ebenen
  - Fahrzeuge...

## Szenario IV – sonstige Voraussetzungen (Was und Wie)

- › Geringfügige Veränderungen im Verhältnis Wohnen / Arbeiten
- › Weniger Pendelverkehre als in der Referenz
- › Leicht weniger Güterverkehre (nachhaltigere Produkte, stärker regionalisierte Kreisläufe) als in der Referenz
- › Stärkere Durchdringung aller Bereiche mit IT als in der Referenz

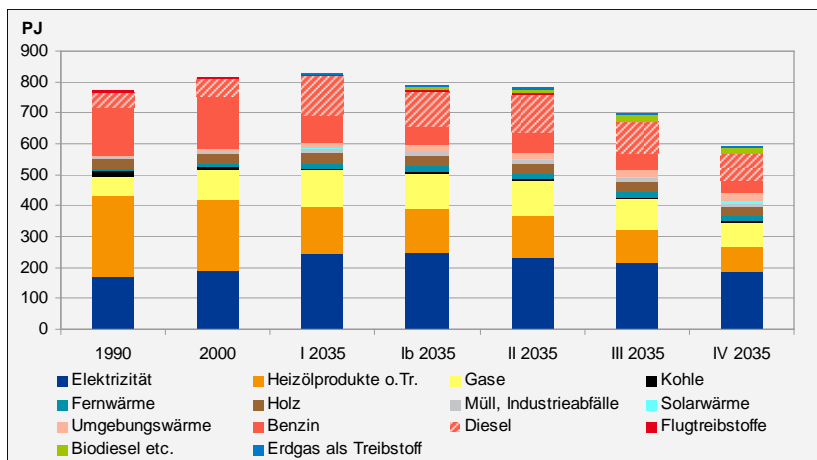
**Ergebnis: Was**  
**Szenariensynopse Endenergienachfrage**



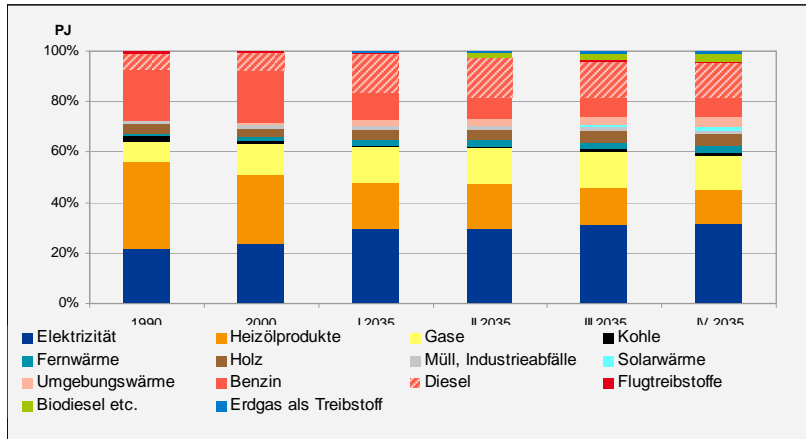
+ 1.9 %  
-2.9 %  
-14.1 %  
-27.1 %

SZENARIENSYNOPSE

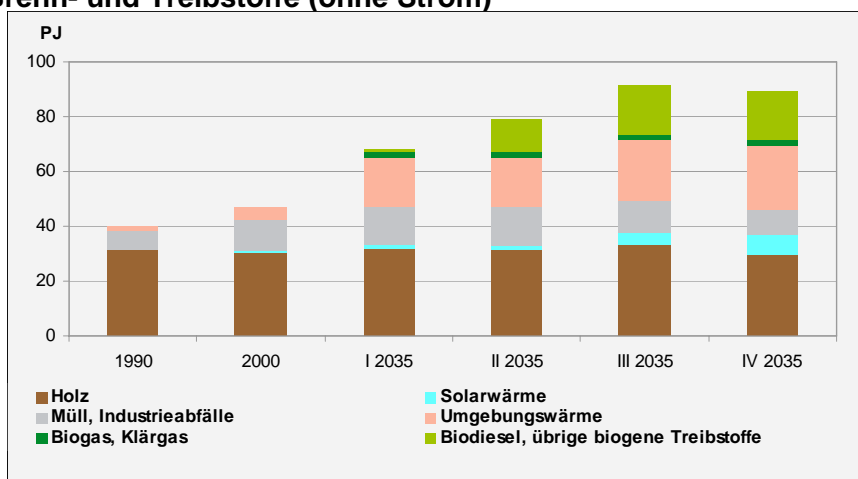
**Ergebnis: Was**  
**Szenariensynopse: Energieträgermix**



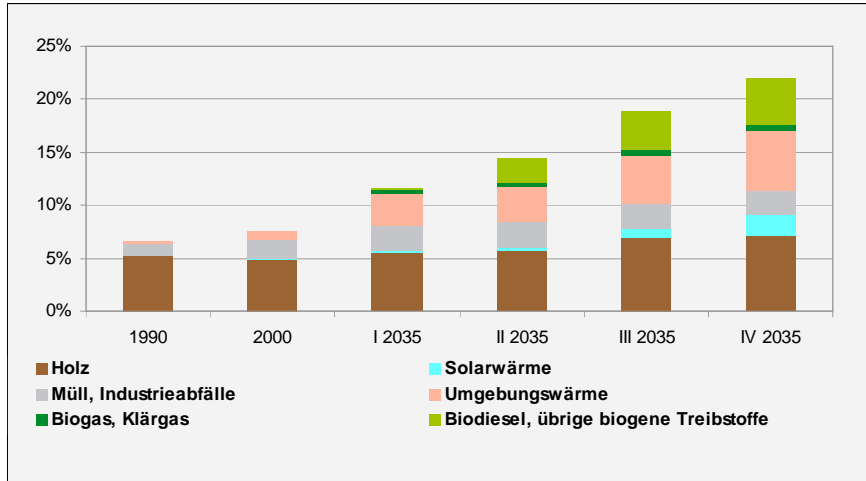
**Ergebnis: Was**  
**Szenariensynopse: Energieträgermix in Anteilen**



**Struktur der erneuerbaren Energieträger**  
**Brenn- und Treibstoffe (ohne Strom)**

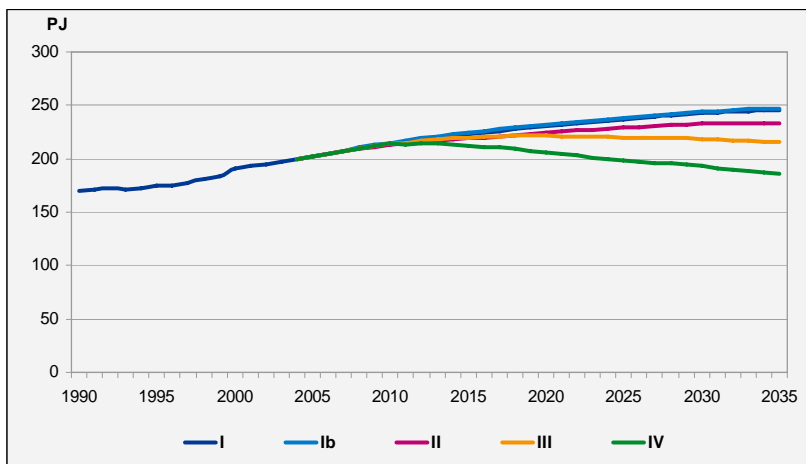


### Anteil der erneuerbaren Energieträger an den Brenn- und Treibstoffen



SZENARIENSYNOPSE

### Szenariensynopse Elektrizitätsnachfrage



+29.1 %  
+22.5 %  
+ 13.4 %  
-2.1 %

SZENARIENSYNOPSE

## Stromlücke / Leistungsdefizit

### Definition:

- › Entwicklung des bestehenden Kraftwerksparks ohne Neubauten (Arbeit / Leistung)
- › Exogene Elektrizitätsnachfrage (Arbeit / Leistung)

-> Stromlücke / Leistungsdefizit

### Aufgaben:

- › Versorgungssicherheit (1): Arbeitsnachfrage decken
- › Versorgungssicherheit (2): Leistung bei klimatologischen Extremsituationen und Ausfall Kraftwerke bereitstellen

## Entwicklung des bestehenden Kraftwerksparks

### Annahmen:

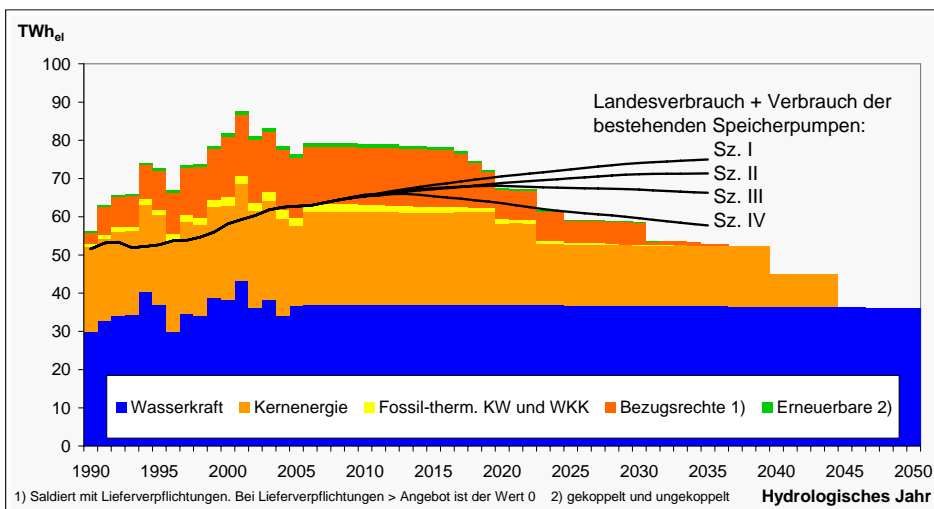
- › Absterben des bestehendes Parks: keine Neubauten
- › Heute schon bekannten bzw. im Bau befindlichen Leistungszuwächse im vorhandenen Park berücksichtigt
- › nur die vertraglich fixierten Bezugsrechte (und Lieferverpflichtungen) berücksichtigt
- › Statistik bis 2003 (teilweise bis 2005)

## Lebensdauer der Kernkraftwerke

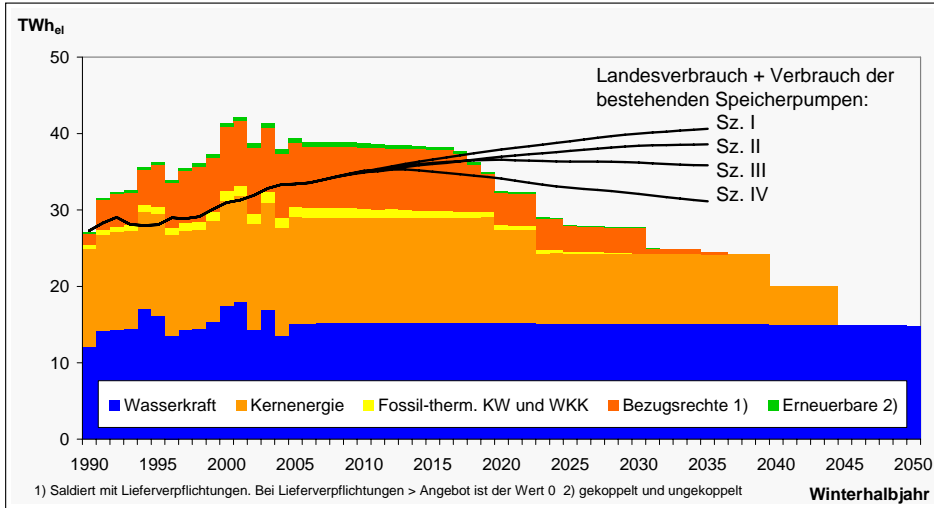
- › Variation der Laufzeiten der Kernkraftwerke:
  - KKW 40 Jahre (alle)
  - KKW 50/60 Jahre (Beznau und Mühleberg 50 Jahre, Gösgen und Leibstadt 60 Jahre) **(Ref.)**
  - KKW 60 Jahre
  
- › Voraussichtliches Jahr des Betriebsendes der Kernkraftwerke, nach Sensitivitätsvariante:

| Jeweils Laufzeit bis Ende des Jahres: | KKW 40 Jahre (Ausstieg) | KKW 50/60 Jahre (Referenz) | KKW 60 Jahre (Verlängerung) |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Beznau I (365 MW <sub>el</sub> )      | 2009                    | 2019                       | 2029                        |
| Beznau II (365 MW <sub>el</sub> )     | 2012                    | 2022                       | 2032                        |
| Mühleberg (355 MW <sub>el</sub> )     | 2012                    | 2022                       | 2032                        |
| Gösgen (970 MW <sub>el</sub> )        | 2019                    | 2039                       | 2039                        |
| Leibstadt (1165 MW <sub>el</sub> )    | 2024                    | 2044                       | 2044                        |

## Entwicklung des bestehenden Kraftwerksparks & Nachfrage



### Entwicklung des bestehenden Kraftwerksparks & Nachfrage



Stromlicke

### Übersicht wichtigste Ergebnisse Elektrizität: durchschnittliche reale Stromgestehungskosten (Zubau) (Rp./kWh<sub>el</sub>)

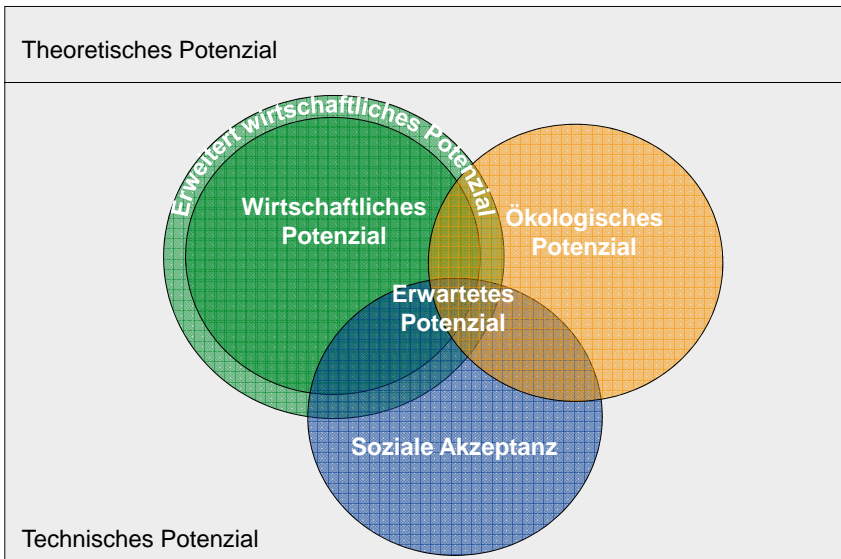
- › Nur Zubau monetär bewertet
- › Realzinssatz 2.5 %
- › Gesamtwirtschaftliche Betrachtung
- › diskontiert

|   | Var. A    | Var. B                     | Var. C         | Var. D           | Var. E               | Var. C&E            | Var. D&E              | Var. G   | Lücke in 2035 in TWh |      |
|---|-----------|----------------------------|----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------|----------------------|------|
|   | Nuklear * | Nuklear und fossil-zentral | Fossil-zentral | Fossil-dezentral | Erneuerbare Energien | Fossil-zentral + EE | Fossil-dezentral + EE | Import * | Jahr                 | Wi   |
| I „Weiter wie bisher“   | 3.9       | 4.2                        | 4.4            |                  |                      |                     |                       | 4.4      | 22.3                 | 16.1 |
| II „Verstärkte Zusammenarbeit“<br>330 Mio. CHF/a für neue Erneuerbare | 4.4       | 4.7                        | 5.0            |                  |                      |                     |                       | 5.1      | 18.6                 | 14.1 |
| III „Neue Prioritäten“  | 4.4       |                            | 5.1 **         | 8.1              | 7.2                  | 6.1 **              | 7.9                   | 4.8      | 13.5                 | 11.3 |
| IV „Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft“                                   | 4.3       |                            | 4.7            | 7.5              | 7.0                  |                     | 7.4                   | 4.8      | 5.0                  | 6.6  |

Allg.: Exporterlöse sind abgezogen, Zuschlag für CO<sub>2</sub>-Kosten (inländische Kraftwerke). Alle Kosten ab Klemme Kraftwerke  
 \* Importe in Varianten A und G ohne zusätzliche Kosten für Netze im Ausland, mit Zuschlag für CO<sub>2</sub>-Kosten (ausländische Kraftwerke)  
 \*\* mit Holzgaszuführung in Erdgaskraftwerken, ausser Chavalon

Ergebnisse: Kosten

## Potenzialbegriffe



Quelle: BFE/Piot, 2006, eigene Darstellung

## Potenziale

### Probleme mit Potenzialangaben:

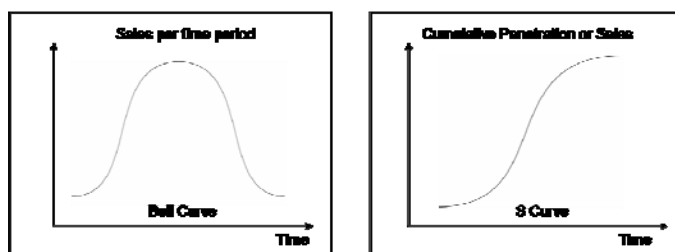
- › Unklare Definitionen
  - › Manchmal grosse Brandbreite der Angaben
  - › Meistens nur Angaben für ein oder wenige Stützjahr(e), und sehr häufig keine Aussage über den (Aussschöpfungs)Pfad
  - › Häufig zu optimistisch (z.B. Performance / Kosten)
  - › Soziale Faktoren häufig nicht berücksichtigt (Siehe Schaeffer, 1998 und Geels & Smit, 2000):
    - existing or future role of the (new) technologies in society (generation, substitution)
    - anticipate on social and cultural changes
    - > „the speed of societal embedding of new technology”
- >> Aufgabe: Potenzialangaben vergleichbar machen + operationalisierbar machen!  
 (“Schätzungen Prognos”)

## Potenziale ELCH Schweiz 2035/2050

Umgang mit Potenzialangaben für die Energieperspektiven (Stromangebot):

- › Welche Art von Potenzial? – theoretisch, technisch, ökonomisch, realisierbar
- › Anpassung der Potenziale auf „Erwartete realisierbare Potenziale /Produktion“ unter Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen der Szenarien - vor allem auch die sozialen Aspekte berücksichtigen
- › Erstellen Ausschöpfungspfade (z.B. ausgehend von Rogers, 1962): (Potenzialvariation: Geschwindigkeit, Maximum der Ausschöpfung)

Potenziale



© Prognos AG

33

## Potenziale ELCH Schweiz 2035/2050: EE

- › Wir greifen i.a. auf aktuelle Studien zurück, die im Auftrag des BFE für die Energieperspektiven erstellt wurden. Die dort angegebenen Potenziale sind auch i.a. unter bestimmten proprietären Szenarienvoraussetzungen abgeleitet.

| Technologiegruppe     | Studie  | Bemerkung   |
|-----------------------|---|---|
| Wasserkraft           | Electrowatt-Ekono, 2004                       | Welcher Teil der Potenziale werden in welchem Szenario ausgeschöpft? (wird die Technologie z.B. gefördert?) |
| KVA (~ 50% EE-Anteil) | ECH, 2005<br>Ecoconcept, 2004<br>Infras, 2004 | Welcher Teil der Potenziale werden in welchem Szenario ausgeschöpft? (wird die Technologie z.B. gefördert?) |
| ARA                   | ECH, 2005<br>Infras, 2004                     | Welcher Teil der Potenziale werden in welchem Szenario ausgeschöpft?  |
| Biogas                | ECH, 2005<br>Infras, 2004                     | Infras Studie geben Brennstoffpotenziale. Keine Ausschöpfungspfade, wenige Angaben zur Stromerzeugung.      |
| Biomasse (Holz)       | ECH, 2005<br>Infras, 2004                     | Idem wie Biogas   |
| Wind                  | BFE/BUWAL/ARE, 2004; PSI, 2005                | Keine Betrachtung der sozialen Akzeptanz. Keine Ausschöpfungspfade.   |
| Photovoltaik          | PSI, 2005                                     | Welcher Teil der Potenziale werden in welchem Szenario ausgeschöpft? (wird die Technologie z.B. gefördert?) |
| Geothermie            | PSI, 2005                                     | Technische Potenziale. Welcher Teil der Potenziale werden in welchem Szenario ausgeschöpft?                 |

© Prognos AG

34

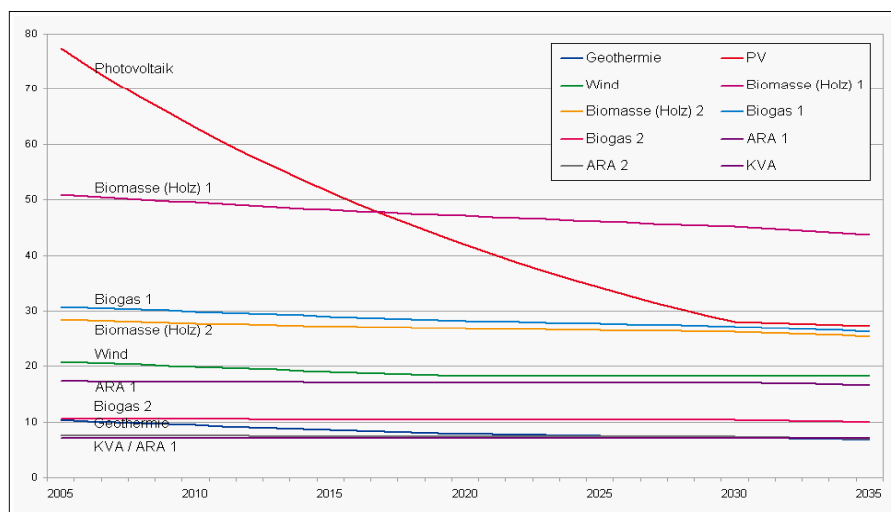
## Erneuerbare Energien

- › Technisches Potenzial der EE >> Deckungslücke Jahr  
 -> Herausforderung liegt vor allem in der Deckung im Winterhalbjahr  
 -> im Szenario III kein (grosser) „Trendbruch des Denkens“!!
  
- › Einsatz neuer Technologien: Geothermie? Brennstoffzellen?
- › Biomasse: Wärme, Strom oder Treibstoffe?
- › Grenzen der Marktdurchdringung (Wachstumspotenziale)?
  
- › Prioritäten? -> Angestrebt wird ein Mix, um die Lücke in 2035 mit EE zu decken
 

|                  |         |        |               |
|------------------|---------|--------|---------------|
| 1. Wasserkraft   | 2. KVA  | 3. ARA | 4. Biogas     |
| 5. Biomasse Holz | 6. Wind | 7. PV  | 8. Geothermie |

 berücksichtigen: Mix, Kosten, Fristigkeiten
  
- › Keine eindeutige Lösung(en)

## Erneuerbare Energien – Vollkosten (ab Klemme; volkswirtschaftlich) in Rp/kWh<sub>el</sub>



Bem.: Zubau = Ersatz (v.a. bei bestehenden KVA) + Ausbau  
 (Ausser Wasserkraft: Zubau = Ausbau)

## Erneuerbare Energien – Chancen und Hemmnisse

| Technologiegruppe        | Chancen und Hemmnisse *   |
|--------------------------|---|
| Wasserkraft              | Grosses Potenzial (aber auch mehrheitlich Sommerproduktion)   |
| KVA (~ 50% EE-Anteil)    | Erhöhung Stromwirkungsgrad (BFE, 2005), aber begrenztes Potenzial (Abfallmengen)  |
| ARA                      | Begrenztes ökologisches Brennstoffpotenzial gem. Infrass, 2004; ECH, 2005   |
| Biogas + Biomasse (Holz) | Grosses ökologisches Brennstoffpotenzial (Infrass, 2004), jedoch Frage der Verteilung auf Wärme, Strom oder Treibstoffe. Stösst man auf logistische (technische) Grenzen? |
| Wind                     | - Erprobte Technologie in EU<br>- Akzeptanz- und Landschaftsschutzprobleme im Sz. III?<br>- Keine Grundlast, stochastischer Anfall (Reservekap. benötigt)                 |
| Photovoltaik             | - Vor allem Sommerproduktion<br>- Keine Grundlast, stochastischer Anfall  |
| Geothermie               | - Grosses Potenzial (PSI, 2005) falls die Technologie ausgereift ist<br>- Grundlast   |

\* Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## Erneuerbare Energien – „Technische (realisierbare)“ Potenziale (keine eindeutige Begriffsdefinition in der Literatur)

| Potenzial <sup>1)</sup> in GWh/a | 2035            | Bemerkung/Quelle  |
|----------------------------------|-----------------|---|
| Wasserkraft (total)              | 41'600          | Electrowatt Ekono, 2004; PSI, 2005; Berechnungen Prognos (max. Ausbaupotenzial 7'600 GWh/a) |
| KVA (~ 50% EE-Anteil)            | 1'671           | Erhöhung Stromwirkungsgrad (BFE, 2005)  |
| ARA                              | 450             | Erhöhung Stromwirkungsgrad Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrass, 2004               |
| Biogas                           | 2'300           | Gem. BFE, 2005 nach Infrass, 2004 und nach Aufteilung auf Wärme, Strom und Treibstoffe      |
| Biomasse (Holz)                  | 1'700           | Gem. BFE, 2005 nach Infrass, 2004 und nach Aufteilung auf Wärme, Strom und Treibstoffe      |
| Wind                             | 1'500 - 4'000   | Ausschöpfung ausgewählte Standorte ECH + Stand-Alone-Anlagen (Technisch-ökologisch)         |
| Photovoltaik                     | 9'400-16'700    | Gem. PSI, 2005  |
| Geothermie                       | Landesverbrauch | Gem. BFE, 2006; PSI, 2005   |
| Total                            | Max. 68'500     | Ohne Geothermie   |

1) Unter bestimmten Rahmenbedingungen max. mögliche realisierbare Potenziale. Manchmal schon ökologisch und ökonomisch beschränkte Potenziale.

## Erneuerbare Energien – Mögliche Verteilung zur Deckung der Lücke in Szenario III - P

| Zubau <sup>1)</sup> in GWh/a              | 2010         | 2020         | 2035          | Bemerkung/Quelle  |
|---|--------------|--------------|---------------|---|
| Wasserkraft<br>(Ausbau ohne Ertüchtigung) | 400          | 1'900        | 6'700         | Electrowatt Ekono, 2004; PSI, 2005; Schätzungen Prognos |
| KVA (~ 50% EE-Anteil)                     | 150          | 1'000        | 1'671         | Erhöhung Stromwirkungsgrad (BFE, 2005)                  |
| ARA                                       | 135          | 300          | 450           | Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrac, 2004       |
| Biogas                                    | 110          | 800          | 2'300         | Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrac, 2004       |
| Biomasse (Holz)                           | 95           | 650          | 1'700         | Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrac, 2004       |
| Wind                                      | 50           | 1'333        | 4'000         | Ausschöpfung ausgewählte Standorte ECH + Stand-Alone    |
| Photovoltaik                              | 40           | 175          | 1020          | Gem. PSI, 2005 (Obergrenze Szenario C „moderat“)        |
| Geothermie                                | 20           | 225          | 2'000         | Deckung der Lücke (Berechnungen Prognos)                |
| <b>Total</b>                              | <b>1'000</b> | <b>6'383</b> | <b>19'840</b> |   |

1) Zubau = Ersatz (v.a. bei bestehenden KVA) + Neubau  
(Ausser Wasserkraft: Zubau = Ausbau)

© Prognos AG

39

Ergebnisse

## Erneuerbare Energien – Mögliche Verteilung zur Deckung der Lücke in Szenario III - Ausschöpfung

| Zubau <sup>1)</sup> in GWh/a              | 2010       | 2020        | 2035          | Bemerkung/Quelle  |
|---|------------|-------------|---------------|---|
| Wasserkraft<br>(Ausbau ohne Ertüchtigung) | 100        | 1'100       | 4'700         | Elektrowatt Ekono, 2004; PSI, 2005; Schätzungen Prognos                                     |
| KVA (~ 50% EE-Anteil)                     | 150        | 1'000       | 1'671         | Erhöhung Stromwirkungsgrad (BFE, 2005)  |
| ARA                                       | 135        | 300         | 450           | Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrac, 2004   |
| Biogas                                    | 110        | 750         | 1'550         | Gem. Infrac, 2004 (ökonomisches Stromproduktion Potenzial); ECH, 2005; Schätzungen Prognos; |
| Biomasse (Holz)                           | 50         | 200         | 500           | Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrac, 2004   |
| Wind                                      | 50         | 400         | 1'500         | Nach Horbaty, 2004 in PSI, 2005   |
| Photovoltaik                              | 40         | 120         | 730           | Gem. PSI, 2005 (Untergrenze Szenario C „moderat“)   |
| Geothermie                                | 20         | 200         | 1'000         | Schätzungen Prognos   |
| <b>Total</b>                              | <b>655</b> | <b>4070</b> | <b>12'100</b> |   |

1) Zubau = Ersatz (v.a. bei bestehenden KVA) + Neubau  
(Ausser Wasserkraft: Zubau = Ausbau)

© Prognos AG

40

Ergebnisse

## Erneuerbare Energien bis 2035

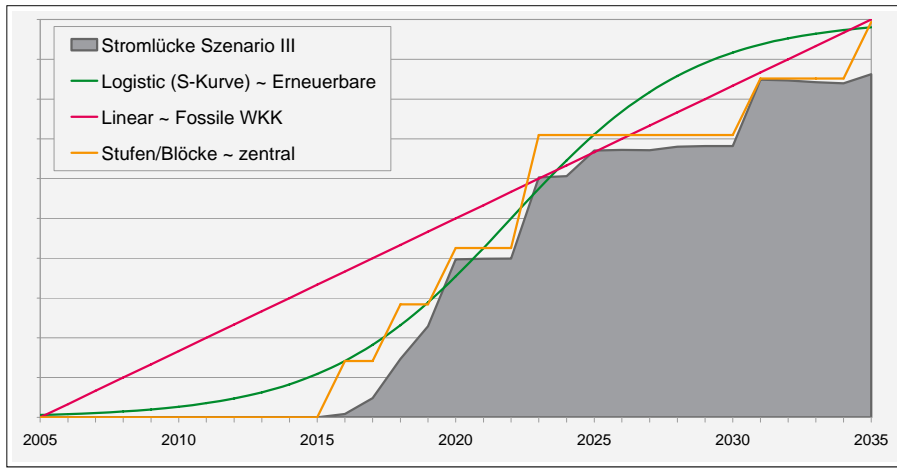
- › Problem der Deckung der Winterlücke durch EE
- › Wasserkraft, Sonnenenergie = v.a. Sommerproduktion
- › Begrenzte Potenziale der ARA, KVA
- › Ausschöpfung der technischen Potenziale stösst an Grenzen durch Rahmenbedingung Sz III: Kein (grosser) Trendbruch (des sozialen Denkens). Grenzen der Marktdurchdringung (Wachstumspotenziale)?
- › Was ist „realistisch“ max. ausschöpfbar in Szenario III? (also im Grenzen der Rahmendaten)
- › **(Rest)Beiträge müssen von Biogas/Biomasse und Geothermie kommen!**

## Erneuerbare Energien nach 2035

- › Realisierbare Potenziale teilweise ausgeschöpft
- › Wasserkraft: Rückgang der Produktion durch Restwassermengen
- › Zusätzliche Lücke (Stilllegung KKG, KKL) muss gedeckt werden durch Geothermie (ggf. PV)!!

### Dezentral vs. Zentral, Auslegungszeitpunkte

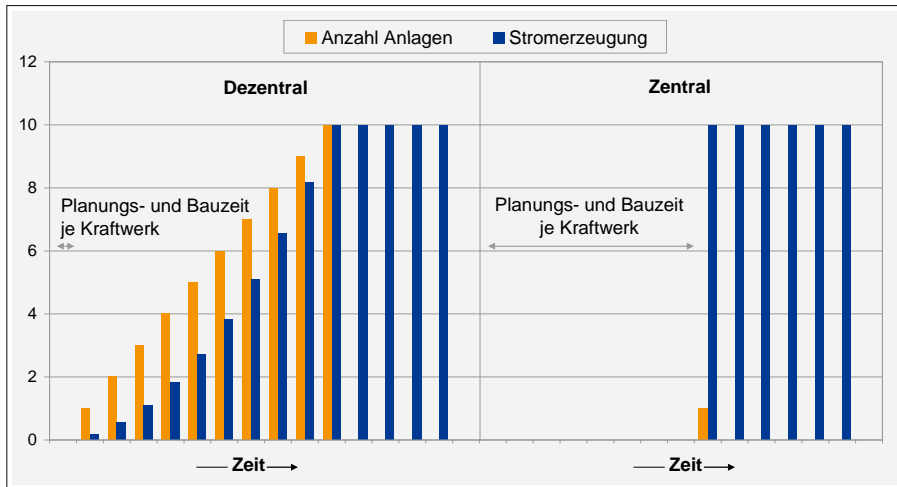
> Kritische Zeitpunkte: 2023-2025



Auslegungsprinzipien

### Dezentral vs. Zentral, zeitliche Entwicklung

> Entscheidungen müssen frühzeitig getroffen werden



Ergebnisse

## Erneuerbare Energien

### Voraussetzung für Szenario III:

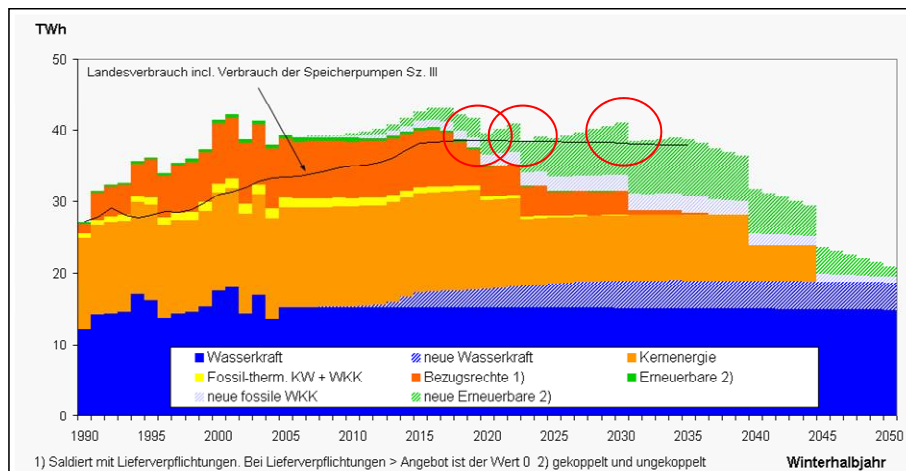
- › Klimaschutz prioritär gegenüber „Ökologie“
- › Gegenläufige Effekte bei den Kosten:
  - Optimistische Lernkurven
  - Günstigste Standorte / Potenziale werden zuerst ausgeschöpft – später werden Lernkurveneffekte wieder kompensiert (z.B. Wind)

### Benötigt zur Deckung der Lücke:

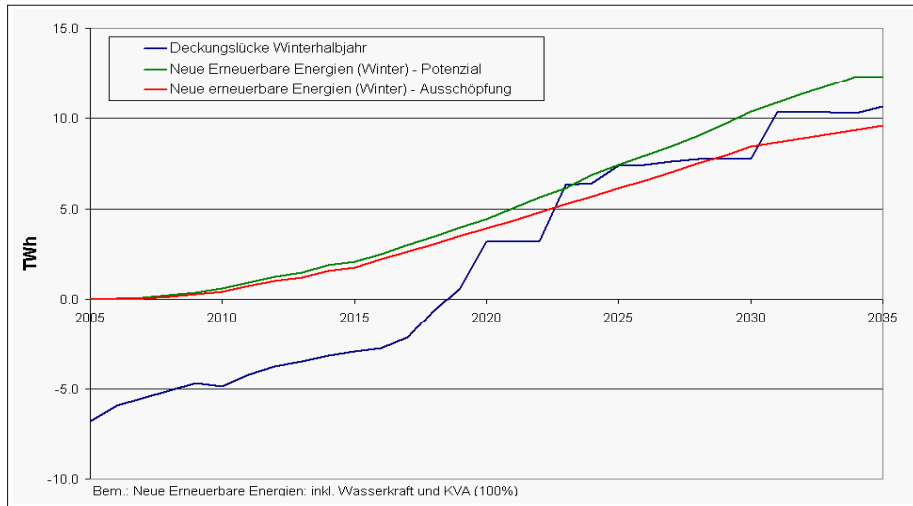
- › Grosswasserkraft
- › Geothermie

Ergebnisse

## Sz III Var E



### Szenario III – Vergleich „Potenzial“ und „Ausschöpfung“



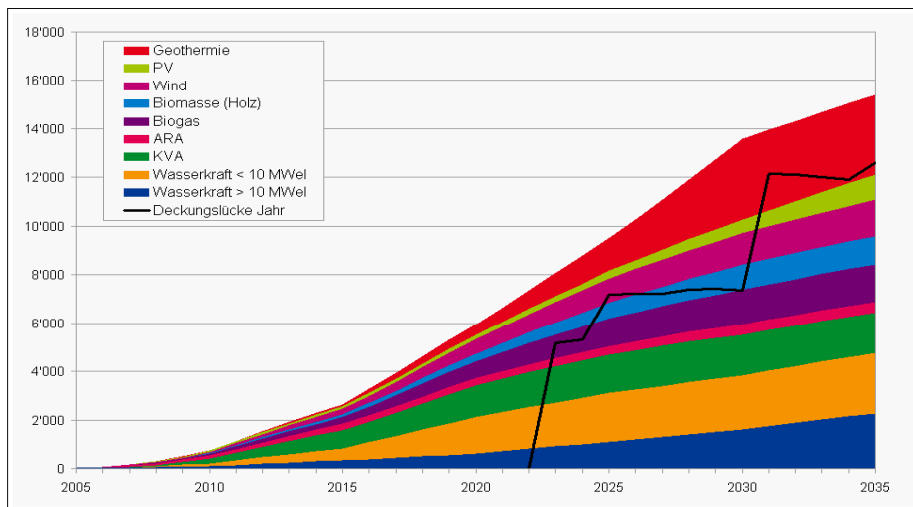
Bem.: restliche Lücke wird durch den autonomen WKK-Zubau (fossil) gedeckt

Prognos 2006  
© Prognos AG

Ergebnisse

47

### Erneuerbare Energien – Mögliche Verteilung zur Deckung der Lücke in Szenario III (in GWh)



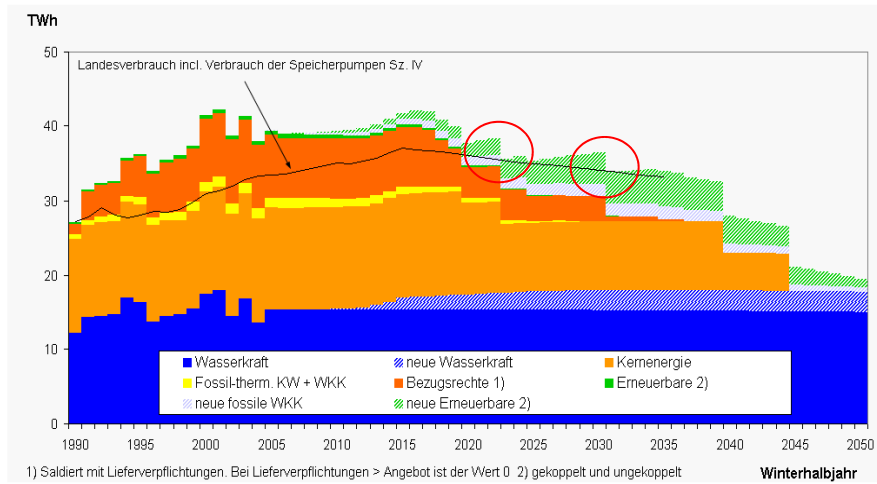
Bem.: Zubau = Ersatz (v.a. bei bestehenden KVA) + Ausbau  
(Ausser Wasserkraft: Zubau = Ausbau)

Prognos 2006  
© Prognos AG

Ergebnisse

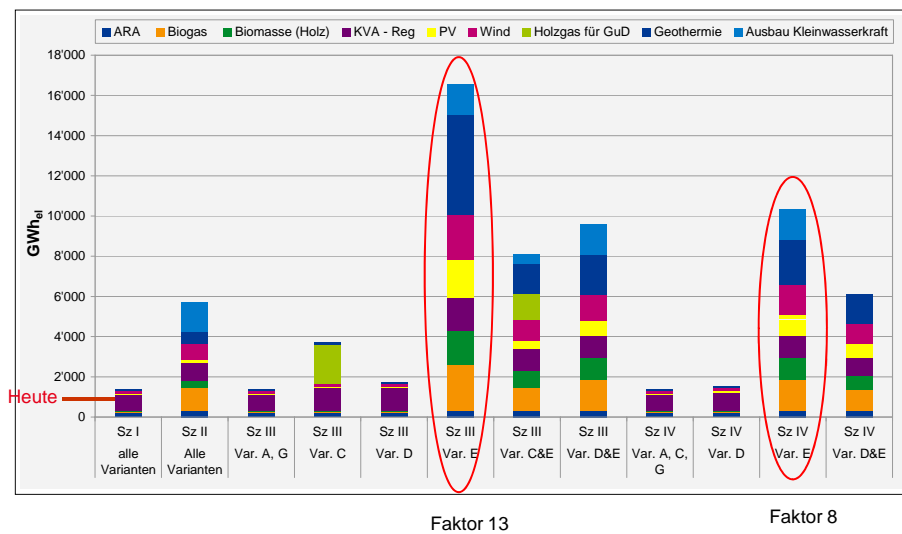
48

### Sz IV Var E Entwicklung Kraftwerkspark Winterhalbjahr – „Erneuerbar“



Ergebnisse Szenario III

### Ergebnisse: Erneuerbare nach Szenarien und Varianten



Ergebnisse

**Übersicht wichtigste Ergebnisse Elektrizität:  
diskontierte vv. Gesamtkosten (Zubau) 2004-2035 (Mrd. Franken)**

|   | Var. A<br>Neue Importe<br>und<br>Kernenergie * | Var. B<br>Fossil-therm<br>Zentral und<br>Kernenergie | Var. C<br>Fossil-therm-<br>zentral | Var. D<br>Fossil-therm-<br>dezentral | Var. E<br>Erneuerbare<br>Energien | Var. C&E<br>Fossil-therm<br>zentral und<br>erneuerbare | Var. D&E<br>Fossil-therm<br>dezentral und<br>erneuerbare | Var. G<br>Neue Importe<br>* | Lücke in 2035<br>in TWh |      |
|---|--|--|------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------|-------------------------|------|
|   |  |  |                                    |                                      |                                   |  |  |                             | Jahr                    | Wi   |
| Sz I „Weiter wie bisher“  | (>) 15.1                                       | 16.5   | 16.8                               | -                                    | -                                 | -  | -  | (>) 16.3                    | 22.3                    | 16.1 |
| Sz II „Verstärkte<br>Zusammenarbeit“<br>330 Mio/a für neue<br>Erneuerbare * | (>) 16.7                                       | 17.6   | 18.0                               | -                                    | -                                 | -  | -  | (>) 17.5                    | 18.6                    | 14.1 |
| Sz III „Neue Prioritäten“   | (>) 13.2                                       | -  | 18.1<br>**                         | 27.7                                 | 20.9                              | 20.1<br>***  | 28.1   | (>) 13.9                    | 13.5                    | 11.3 |
| Sz IV „Weg zur 2000-Watt-<br>Gesellschaft“                                  | (>) 8.7  | -  | 9.5<br>***                         | 16.7                                 | 17.1                              | -  | 17.5   | (>) 9.1                     | 5.0                     | 6.6  |

Allg.: Kosten incl. Abzug der Exporte und CO<sub>2</sub>-Kosten vom Zubau (inland, ohne Netzkosten)  
 \* ohne zusätzliche Kosten für Transport/Netze im Ausland aber incl. CO<sub>2</sub>-Kosten (Gas-Kombikraftwerk-Strom)  
 \*\* mit Holzgas zugefeuetes Erdgas-Kombikraftwerk, ausser Chavalon (357 MW)  
 \*\*\* Kombikraftwerke ohne Sequestrierung

KOSTEN

**Übersicht wichtigste Ergebnisse Elektrizität:  
durchschnittliche reale vv. Stromgestehungskosten (Zubau) (Rp./kWh<sub>el</sub>)**

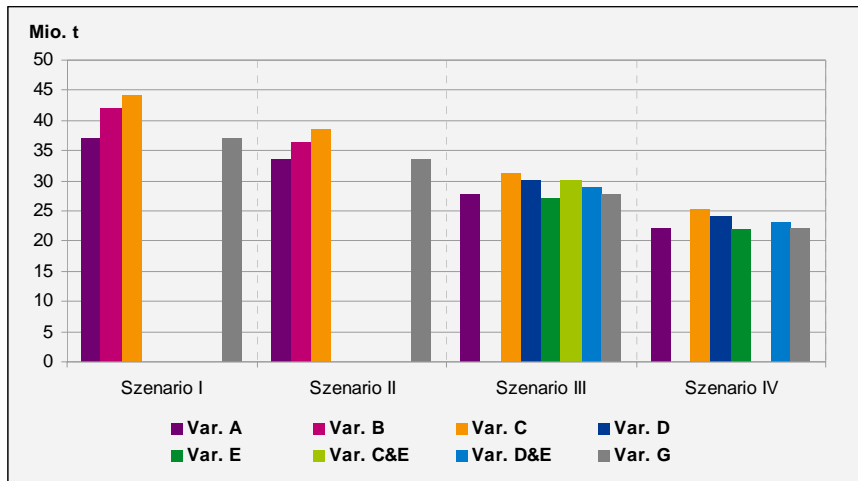
- › Nur Zubau monetär bewertet
- › Realzinssatz 2.5 %
- › Gesamtwirtschaftliche Betrachtung
- › diskontiert

|   | Var. A<br>Nuklear * | Var. B<br>Nuklear und<br>fossil-zentral | Var. C<br>Fossil-<br>zentral | Var. D<br>Fossil-<br>dezentral | Var. E<br>Erneuerbare<br>Energien | Var. C&E<br>Fossil-<br>zentral + EE | Var. D&E<br>Fossil-<br>dezentral +<br>EE | Var. G<br>Import * | Lücke in 2035<br>in TWh |      |
|---|---------------------|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------|-------------------------|------|
|   |                     |   |                              |                                |                                   |                                     |  |                    | Jahr                    | Wi   |
| I „Weiter wie bisher“   | 3.9                 | 4.2                                     | 4.4                          |                                |                                   |                                     |  | 4.4                | 22.3                    | 16.1 |
| II „Verstärkte<br>Zusammenarbeit“<br>330 Mio. CHF/a<br>für neue Erneuerbare | 4.4                 | 4.7                                     | 5.0                          |                                |                                   |                                     |  | 5.1                | 18.6                    | 14.1 |
| III „Neue Prioritäten“  | 4.4                 |   | 5.1 **                       | 8.1                            | 7.2                               | 6.1 **                              | 7.9                                      | 4.8                | 13.5                    | 11.3 |
| IV „Weg zur<br>2000-Watt-Gesellschaft“                                      | 4.3                 |   | 4.7                          | 7.5                            | 7.0                               |                                     | 7.4                                      | 4.8                | 5.0                     | 6.6  |

Allg.: Exporterlöse sind abgezogen, Zuschlag für CO<sub>2</sub>-Kosten (inländische Kraftwerke). Alle Kosten ab Klemme Kraftwerke  
 \* Importe in Varianten A und G ohne zusätzliche Kosten für Netze im Ausland, mit Zuschlag für CO<sub>2</sub>-Kosten (ausländische Kraftwerke)  
 \*\* mit Holzgaszuführung in Erdgaskraftwerken, ausser Chavalon

Ergebnisse: Kosten

## CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Szenarien und Varianten



Ergebnisse: CO<sub>2</sub>-Emissionen

© Prognos AG

53

## Unter welchen Voraussetzungen Instrumente für Szenario IV

- › **Internationale Harmonisierung**
  - globale Klimaschutzkonsense
  - globale Klimaschutzhandlungs- und/oder Handelsregime
- › **Forcierte Technologieentwicklung** in internationaler Arbeitsteilung
- › **Starke Instrumente, z.B.**
  - **Lenkungsabgaben**, revolvierend (wieder zurückverteilt):
  - Verdoppelung der fossilen Endenergiepreise und der Strompreise im Vergleich zu Preisszenario 50 \$  
(136 Rp/l HEL, 38 Rp/kWh Strom, 3.12 SFr / l Benzin)
  - **Ordnungsrecht**, „Sperrklinkeneffekt“
    - Bausektor: Sanierungspflichten, Standards
    - Fahrzeuge: Verbrauchsobergrenzen für Klassen
    - DL: LCP, Kooperationen
- › **Transaktionsinstrumente**: zum grossen Teil über Effizienzmärkte organisierbar
- › Start sofort (ab 2010)

INSTRUMENTE

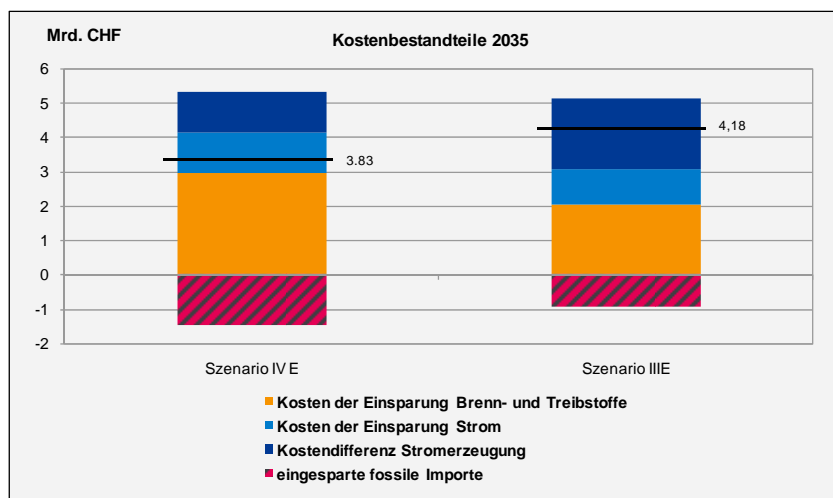
© Prognos AG

54

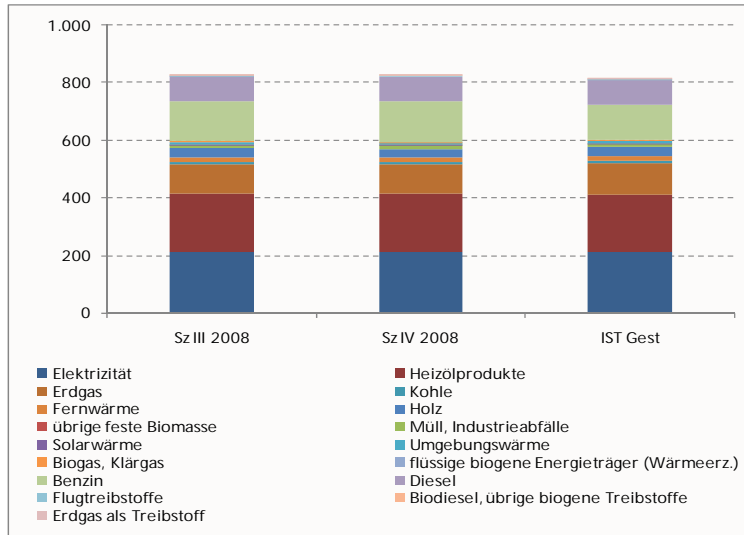
### Unter welchen Voraussetzungen Instrumente und Bedingungen für Szenario III / IV, Var. E

- › Prinzipiell sind auch andere Instrumente (aber mit ähnlicher Eingriffstiefe) denkbar
- › Entwicklung von **Marktmechanismen**, um EE-Stromerzeugung in Marktdynamik einzubinden
- › KEV ist bei solchen Mengen das **ungeeignete Instrument** (Aufhebung des „Deckels“ reicht nicht) – was kommt nach KEV?
- › Ggf. vergrößerte internationale Märkte für EE-Strom
- › Anpassung der **Infrastruktur**: Speicher, Regelernergie, DSM (weitere Kosten), Netzbetrieb, ggf. Importe von EE
- › Grundvoraussetzung: **gesellschaftlicher Konsens** und neue Prioritäten

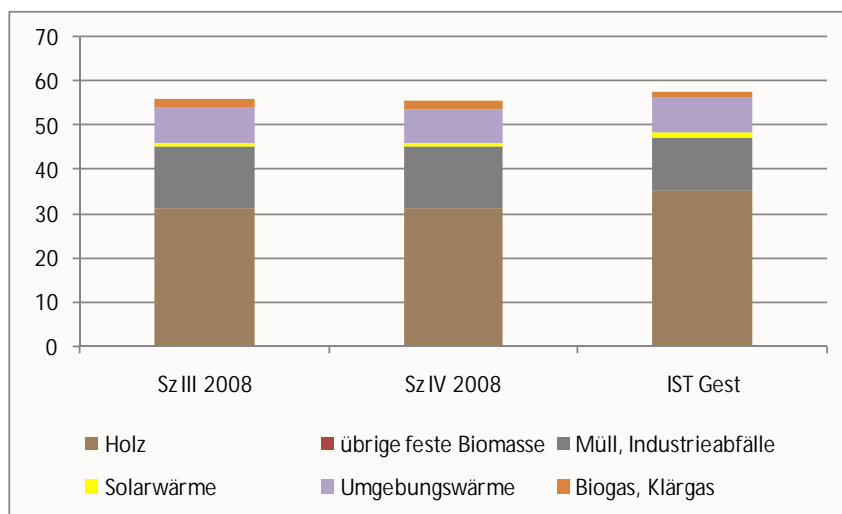
### Investitionen in Effizienz und EE in Sz. III und IV



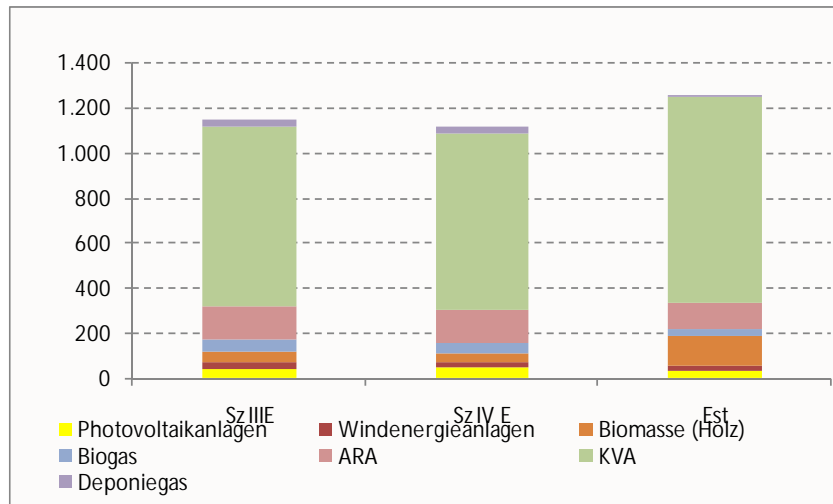
**Exkurs: Szenarien vs. Statistik 2008 - EEV**



**Exkurs: Szenarien - GEST 2008 EE Wärme**



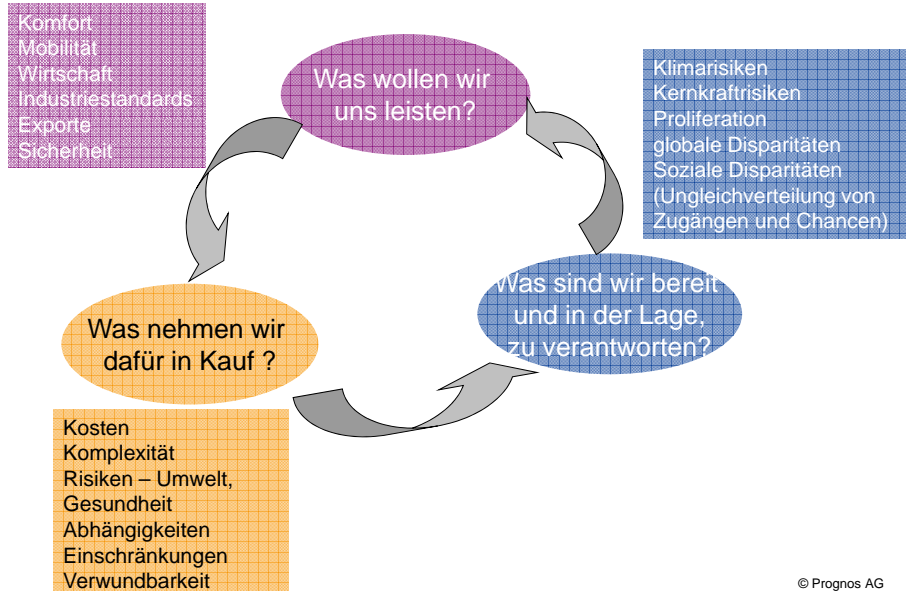
### Exkurs: Szenarien – GEST 2008 EE Strom



### Interpretation und Fazit

- › Die Vermeidung der Stromlücke durch rein erneuerbare Erzeugung von Strom (und Wärme) erscheint technisch und in bezug auf die Umsetzung möglich.  
**Problem: Geothermie ! (Ergänzung 2009)**
- › Sie setzt eine konsequente Effizienzstrategie vor allem im Strombereich voraus (**Lücke muss klein sein!**)
- › Leistungsaspekte: Regelenergie, Infrastruktur, Speicher
- › **Frühzeitig** anfangen, um die „Stufen“ zu kompensieren!
- › **Teurer** als konventionelle Strategien
- › Umsetzung setzt **neue Strategie** mit **hoher Eingriffstiefe** voraus !

## Fazit – die ethische Dimension des Aushandlungsprozesses



## Berichte

### Bände:

- › **1** Synthese
- › **2** Szenarien I bis IV
- › **3** Volkswirtschaftliche Auswirkungen
- › **4** Exkurse
- › **5** Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebotes

### Sektorberichte:

- › Private Haushalte
- › Dienstleistungen
- › Industrie
- › Verkehr

### Sonstige:

- › Energiebilanzen
- › Höchstpreisszenario

[www.energie-perspektiven.ch](http://www.energie-perspektiven.ch)

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

[www.energie-perspektiven.ch](http://www.energie-perspektiven.ch)

### Ihre Ansprechpartner:

**Dr. Almut Kirchner**

Marktfeldleiter Energiepolitik  
Prognos AG

Henric Petri-Strasse 9  
CH-4010 Basel

Telefon +41 - (0)61 - 3273 331  
Telefax +41 - (0)61 - 3273 300  
E-mail [almut.kirchner@prognos.com](mailto:almut.kirchner@prognos.com)  
Web [www.prognos.com](http://www.prognos.com)

**Vincent Rits M.Sc.**

Projektleiter Energiepolitik  
Prognos AG

Henric Petri-Strasse 9  
CH-4010 Basel

Telefon +41 - (0)61 - 3273 329  
Telefax +41 - (0)61 - 3273 300  
E-Mail [vincent.rits@prognos.com](mailto:vincent.rits@prognos.com)  
Web [www.prognos.com](http://www.prognos.com)