



# Energieperspektiven 2035/2050 Dritter Werkstattbericht

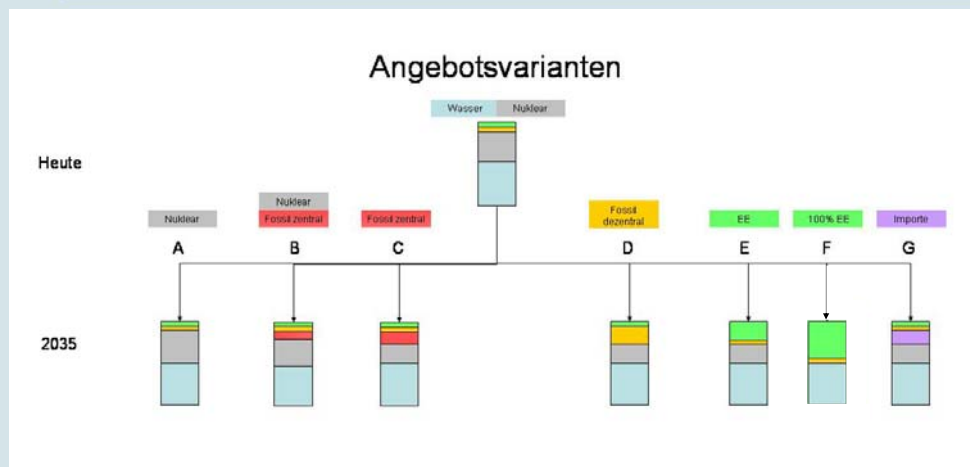
1. Endenergienachfrage Szenarien III und IV

2. Elektrizitätsangebot Szenario III

Forum, 26. April 2006



## Überblick über die Varianten der Lückenschliessung in den Szenarien I-IV (Zeithorizont 2035)



Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

2

In drei Varianten zur Schliessung einer Angebotslücke stehen von Grossanlagen im Vordergrund:

- A Nuklear (Kernkraftwerke werden durch Kernkraftwerke ersetzt)
- B Nuklear-fossil (Übergangsstrategie mit GuD-Kraftwerken, danach neue/s Kernkraftwerk/e)
- C Fossil-zentral (Kernkraftwerke werden durch GuD-Kraftwerke ersetzt)

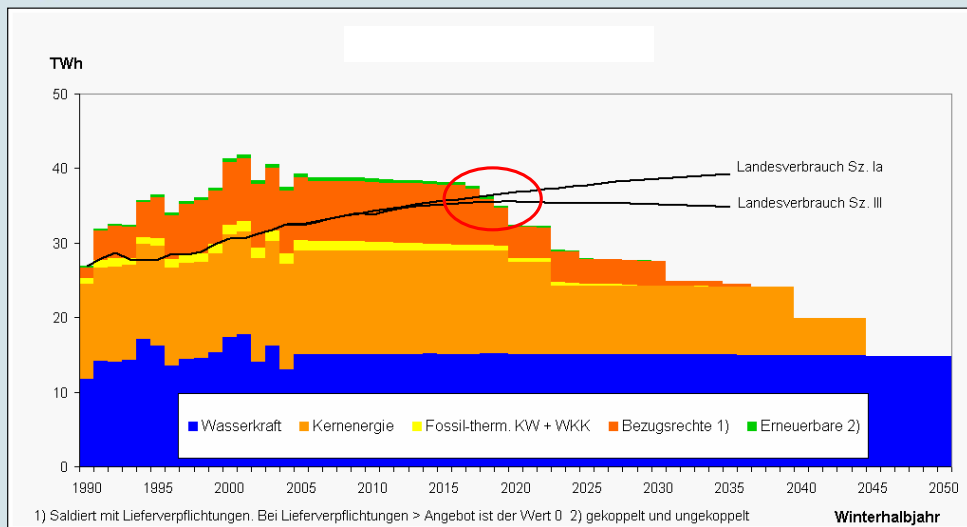
In drei Varianten steht die dezentrale Erzeugung im Vordergrund:

- D Fossil-dezentral (Kernkraftwerke werden vor allem durch fossil-dezentrale Einheiten ersetzt)
- E Erneuerbare Energie (Kernkraftwerke werden vor allem durch erneuerbare Energien ersetzt)
- F 100% erneuerbare Energien (Schrittweiser Ausstieg aus der Kernenergie bis 2035)

Als Variante G wird die Lückendeckung mit Importen untersucht.



## Szenario III: Hypothetische Lücke-Winter



Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

3

Die Figur zeigt die „Lücke“ Winter bei einer im Szenario II reduzierten Nachfrage. Die „Lücke“ tritt nicht später ein als im Szenario I, ist aber wesentlich kleiner.

Im folgenden wird dargestellt, wie die „Lücke“ unter den Voraussetzungen des Szenarios III geschlossen werden kann.

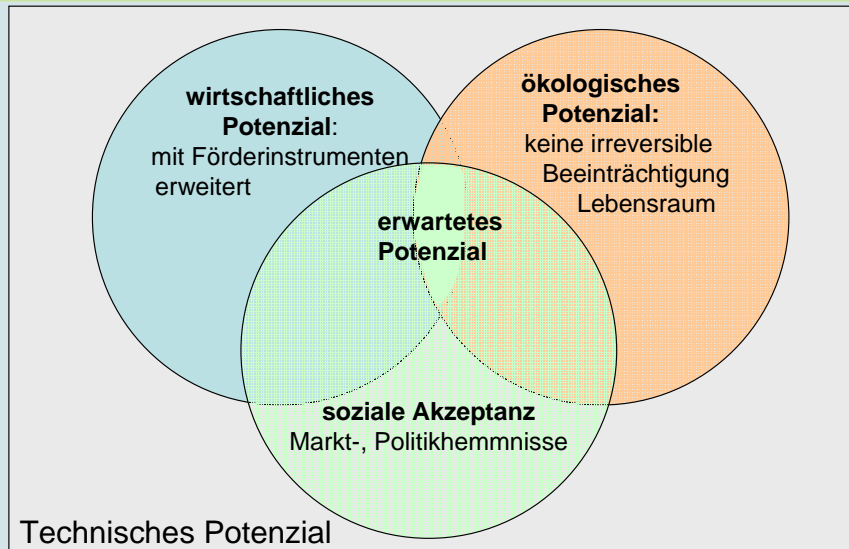
Für alle Angebotsvarianten gilt:

- Lenkungsabgaben und Vorschriften führen zur Reduktion der Stromnachfrage und Umstrukturierungen innerhalb des Stromsektors;
- „Neue Prioritäten“ führen dazu, dass die Potenziale der EE verstärkt genutzt werden und auch ein Zubau von grösseren neuen Wasserkraftwerken erfolgt (Variante „positiv“ der Studie Elektrowatt-Ekono: Ausbaupotenzial der Wasserkraft; 2004);
- Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt. Wegen der unterschiedlichen (technischen) Lebensdauer der verschiedenen Stromproduktionsanlagen ergibt sich nach 2035 unterschiedlich rasch ein Ersatzbedarf für weitere Anlagen. Der Ausblick auf 2050 zeigt, dass sich nach 2035 die „Lücke“ erneut öffnet (die „Vision 2050“ ist noch in Arbeit).

Die Untersuchung der Lückenschliessung vorwiegend durch Elektrizitätsimport ist noch in Arbeit (Angebotsvariante G). Im Szenario III wird dabei der Import von „grünem Strom“, insbesondere Windstrom, im Vordergrund stehen.



## Szenario III: Potenzialbegriffe



Quelle: Plot/Gutzwiller, 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

4

Die „Potenziale“ der neuen Techniken und Energieträger können sehr unterschiedlich definiert werden. In den Energiebilanzen der BFE-Szenarien werden die „erwarteten Potenziale“ d.h. die unter den Voraussetzungen der Szenarien jeweils zu erwartenden Versorgungsbeiträge ausgewiesen.

### Potenzialdefinitionen

**Theoretisches Potenzial:** Das gesamte physikalische Angebot eines Energieträgers im betrachteten Untersuchungsgebiet ohne nutzungsbedingten Beschränkungen.

**Technisches Potenzial:** Anteil des theoretischen Potenzials, das unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist.

**Ökologisches Potenzial:** Potenzial, das zu keiner zusätzlichen, dauernden (das heisst irreversiblen) Beeinträchtigung des Lebensraumes in Bezug auf Diversität und Wechselwirkungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt führt. Aus dieser Definition geht insbesondere hervor, dass die Definition den heutigen Zustand als Referenzzustand betrachtet und Ökologie keine Landschaftsästhetik beinhaltet.

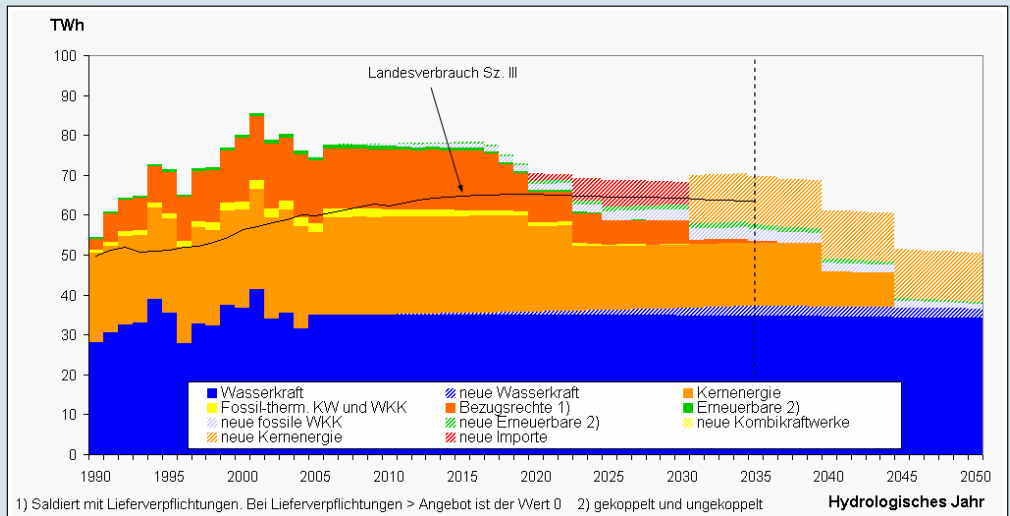
**Wirtschaftliches und „erweitert wirtschaftliches“ Potenzial:** Das wirtschaftliche Potenzial ist die Teilmenge des technischen Potenziales das man erhält, wenn die Gesamtkosten für die Energieumwandlung einer Energiequellen in der Bandbreite der Kosten konkurrierender Systeme liegen. Das erweitert wirtschaftliche Potenzial ist stark abhängig von Grössen wie Zinssatz und Abschreibungsdauer der Investitionen sowie den Preisen v.a. für die konkurrierenden fossilen Energieträger.

**Erwartetes Potenzial:** Die Schnittmenge des ökologischen und erweitert wirtschaftlichen Potenzials. In der Regel wird nicht die ganze Schnittmenge realisiert, da eine weitere, Komponente in die Betrachtung einfliesst, die als soziale Akzeptanz (zum Beispiel bezüglich Landschaftsschutz) bezeichnet wird. Auch Markthemmnisse (andere Investitions- und Konsumpräferenzen, Kosten der Informationsbeschaffung usw.) oder Wirkungseinbussen der Politikinstrumente sind Einschränkungen.



## Szenario III: Elektrizitätsangebot (1)

Angebotsvariante A: Lückenschliessung mit neuen Importen und Kernenergie - Jahr



Bem.: Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

5

Die folgenden Figuren zeigen die Situation jeweils im ganzen (hydrologischen) Jahr und im Winterhalbjahr.

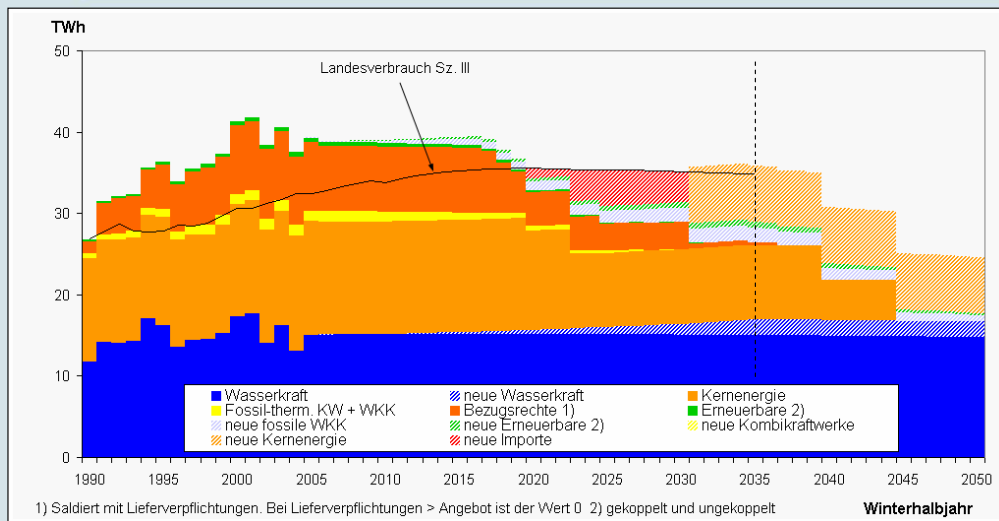
**Angebotsvariante A:** Lückenschliessung mit neuen Importen und Kernenergie.

Unterstellt wird insbesondere, dass ein neues KKW akzeptiert wird und zwischen 2020 – 2030 neue Importe (oder KKW-Beteiligungen) möglich sind.



## Szenario III: Elektrizitätsangebot (2)

Angebotsvariante A: Lückenschliessung mit neuen Importen und Kernenergie - Winter



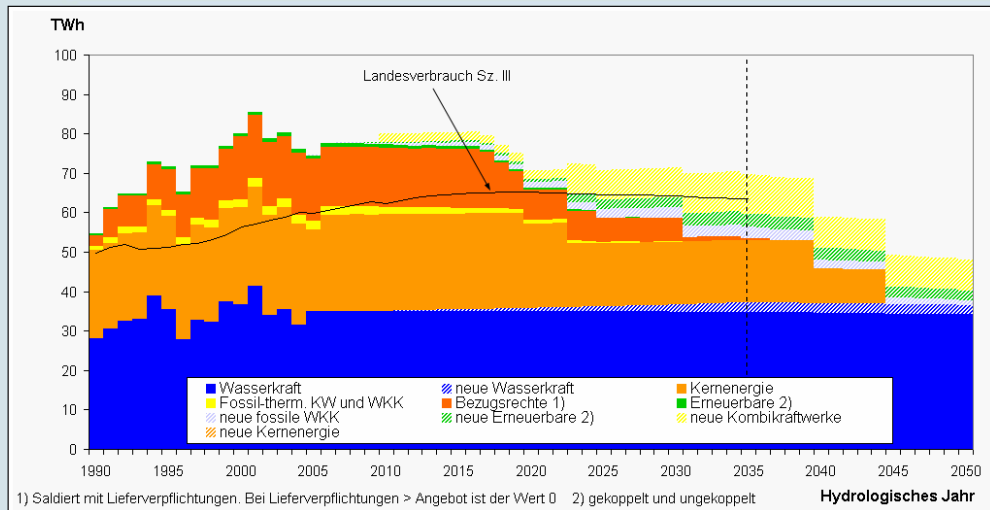
Bem.: Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006



### Szenario III: Elektrizitätsangebot (3)

Angebotsvariante C: Lückenschliessung mit fossil-thermischen zentralen Anlagen - Jahr



Bem.: Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

7

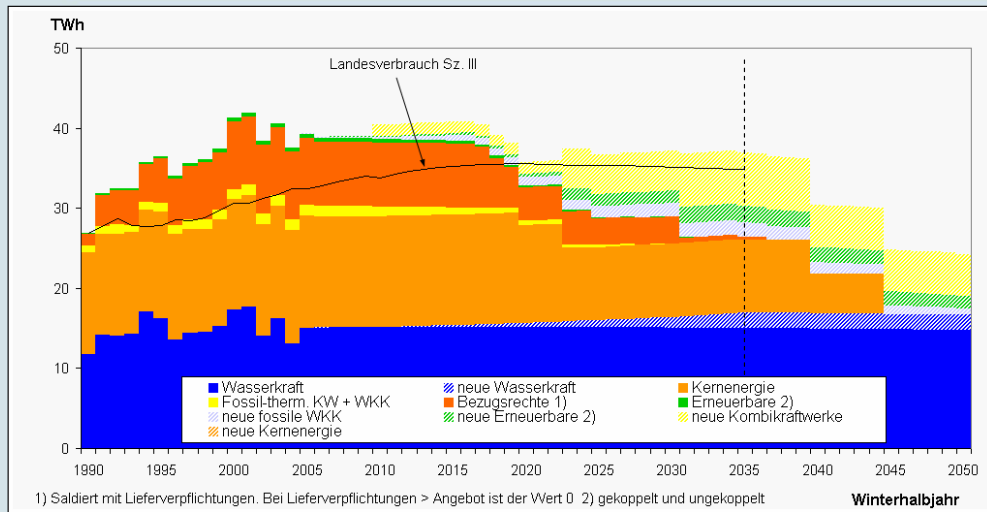
#### Angebotsvariante C: Lückenschliessung mit fossil-thermischen zentralen Anlagen

- Als Zielbeitrag wird in Szenario III von einer Zufeuerung von Holzgas (20%) in den erdgasbefeuelten Kombikraftwerken ausgegangen - diese Technik ist innovativ, aber nicht spekulativ. Das Holzgas wird der Energieerzeugung und den Kosten der Erneuerbaren zugerechnet;
- Im Szenario III – Angebotsvariante C werden drei Holz-Erdgas-Kombi-Blöcke (je 550 MW) sukzessive zugebaut.



## Szenario III: Elektrizitätsangebot (4)

Angebotsvariante C: Lückenschliessung mit fossil-thermischen zentralen Anlagen - Winter



Bem.: Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

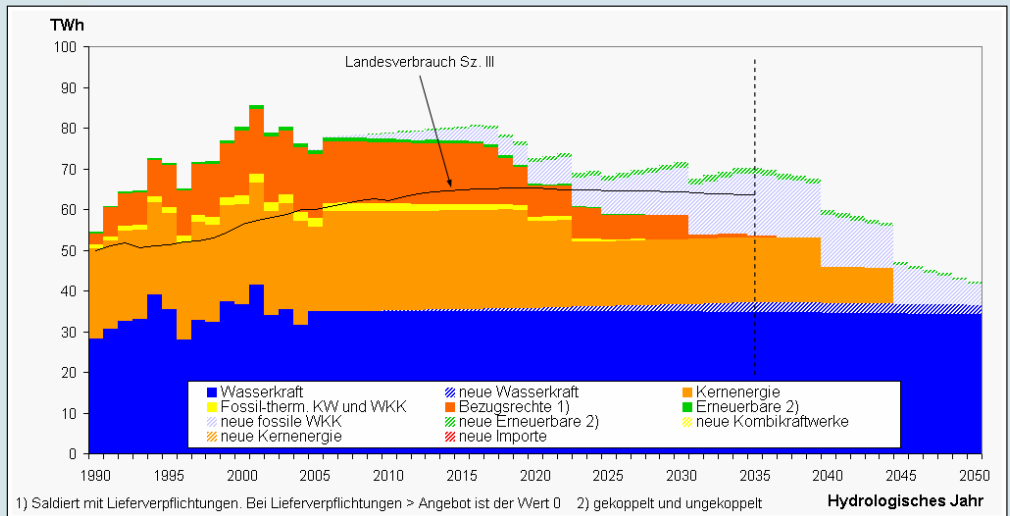
8





## Szenario III: Elektrizitätsangebot (5)

Angebotsvariante D: Lückenschliessung mit fossil-thermischen dezentralen Anlagen - Jahr



Bem.: Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

9

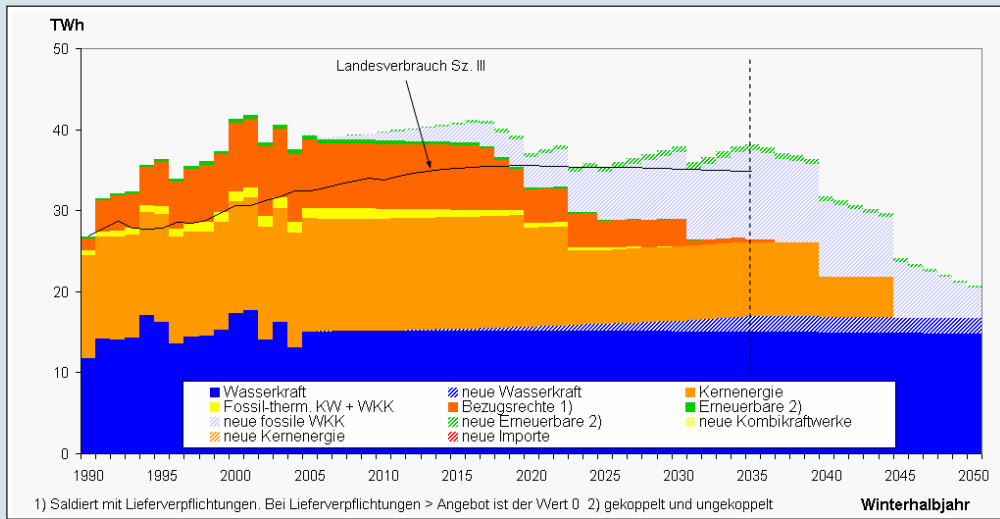
### Angebotsvariante D: Lückenschliessung mit dezentralen fossilthermischen Anlagen

Wie weit kommen wir mit Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) (als Übergang zu dezentraler Versorgung mit EE)? Stranded Investments (durch Berücksichtigung der Erneuerungszyklen) werden vermieden. Zum Einsatz gelangt gute, konventionelle Technik. Die Auslegung der WKK erfolgt mit der Wärmenachfrage als begrenzenden Faktor (Leistung und Arbeit).



## Szenario III: Elektrizitätsangebot (6)

Angebotsvariante D: Lückenschliessung mit fossil-thermischen dezentralen Anlagen - Winter

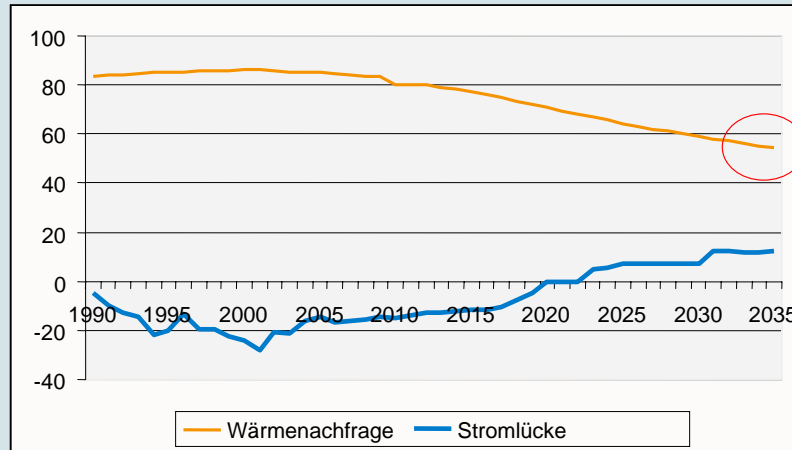


Bem.: Das Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006



## Exkurs WKK (1): Gegenläufiger Trend Wärmenachfrage und Stromlücke



Zielpunkt

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

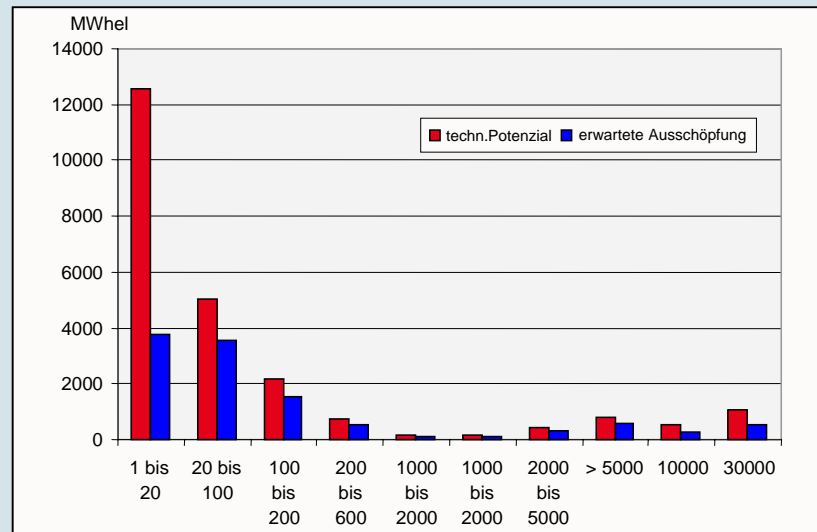
11

- Die Figur zeigt die gegenläufige Entwicklung der Wärmenachfrage und der Stromlücke;
- Die Wärmenachfrage sinkt auch objektbezogen, was kleinere WKK-Leistungsklassen erfordert.



## Exkurs WKK (2)

Technisches Potenzial und max. erwartetes Potenzial in Sz. III bis 2035  
nach elektrischen Leistungsklassen (Jahr)



Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

12

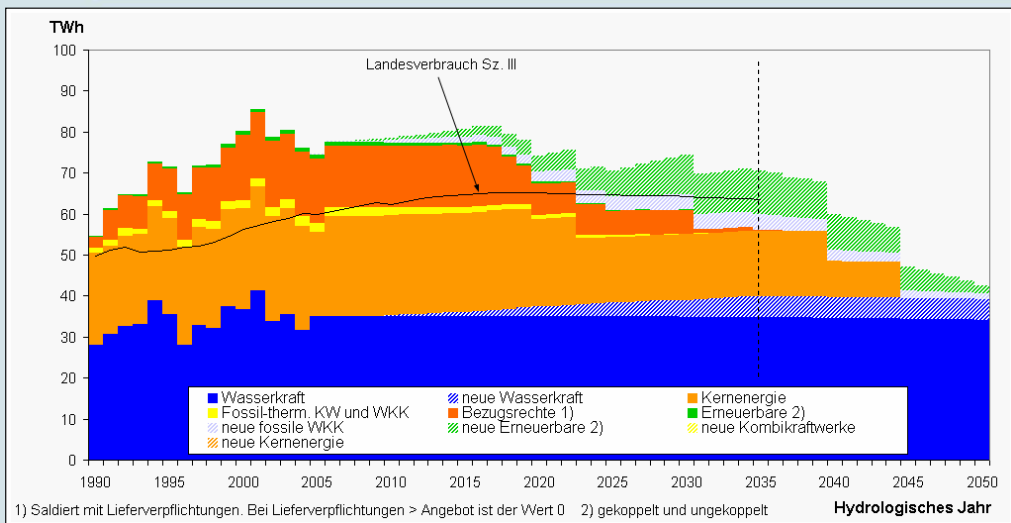
## Basisdaten der in Angebotsvariante D berücksichtigen WKK-Technik

Gruppe	Wärmehöchstlast (kW <sub>th</sub> )	WKK-Anteil an Wärme- höchstlast	Thermische Leistung pro WKK-Anlage (kW <sub>th</sub> )	Elektrische Leistung pro WKK-anlage (kW <sub>el</sub> )	Strom- kennzahl	Volllast- stunden (h/a)
BHKW 1	7 bis 100	0.6	2 bis 35	1 bis 20	0.50	3750
BHKW 2	125 bis 675	0.6	35 bis 200	20 bis 100	0.55	3750
BHKW 3/Mikrogasturb.	500 bis 1000	0.6	150 bis 300	100 bis 200	0.60	4100
BHKW 4/Mikrogasturb.	1000 bis 2500	0.6	300 bis 900	200 bis 600	0.65	4300
BHKW 5	3125 bis 6250	0.6	1250 bis 2500	1000 bis 2000	0.70	4500
Gasturbine	3125 bis 6250	0.4	1250 bis 2500	1000 bis 2000	0.80	3000
Gasturbine/Kombi- KW	5555 bis 14000	0.4	2500 bis 6250	2000 bis 5000	0.80	6000
Kombikraftwerk	15625	0.4	6250	> 5000	0.80	5000
Kleines Fernwärmenetz	29412	0.34	10000	10000	1.00	5670
Grosses Fernwärmenetz	65789	0.38	25000	30000	1.20	5800



## Szenario III: Elektrizitätsangebot (7)

Angebotsvariante E: Lückenschliessung mit erneuerbaren Energie - Jahr



1) Saldiert mit Lieferverpflichtungen. Bei Lieferverpflichtungen > Angebot ist der Wert 0 2) gekoppelt und ungekoppelt  
Bem.: Der Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt. Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

13

### Angebotsvariante E: Lückenschliessung mit erneuerbaren Energien

Prioritäten: Angestrebt wird ein Mix, um die Lücke in 2035 mit EE möglichst "kostengünstig" zu schliessen

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

Wie im Szenario II ergibt sich keine eindeutige Lösung (eine unterschiedliche Abfolge des Zubaus ist denkbar).

Die Herausforderung liegt vor allem in der Lückenschliessung im Winterhalbjahr (Leistungsbedarf); im Szenario III wird kein Trendbruch über die beschleunigte Entwicklung hinaus unterstellt.

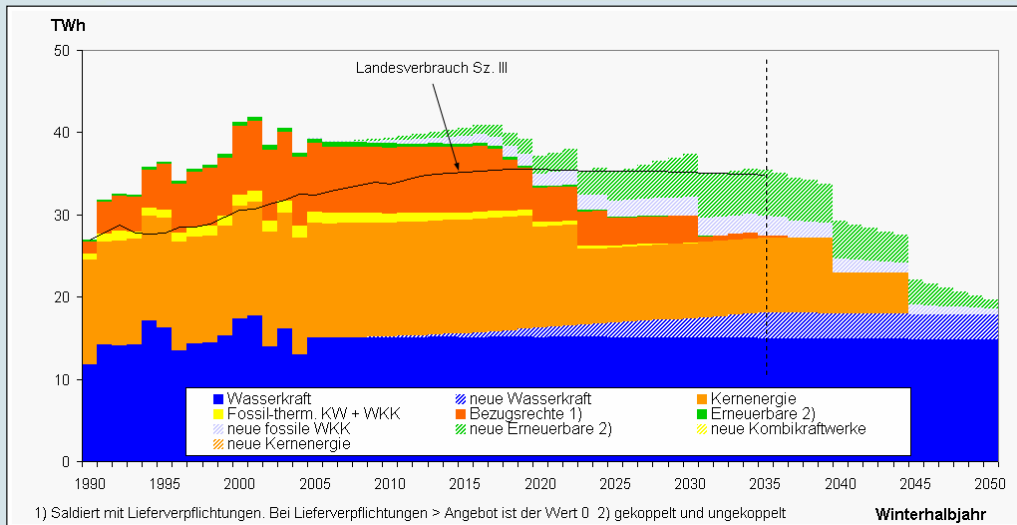
Abzuwägende Fragen sind:

- „Einsatz“ neuer Techniken: Geothermie oder hocheffiziente Brennstoffzellen? (heute noch eher spekulativ);
- Biomasse: Nutzungskonkurrenz Wärme-Strom-Treibstoffe;
- Möglichkeiten und Grenzen der Marktdurchdringung.



## Szenario III: Elektrizitätsangebot (8)

Angebotsvariante E: Lückenschliessung mit erneuerbaren Energie - Winter



Bem.: Das Landesverbrauch wird nur bis 2035 berücksichtigt. Für die von 2004 bis 2035 erstellten Produktionskapazitäten wird kein Ersatz nach 2035 unterstellt.

Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

14

## Übersicht über den Zubau EE (Jahr)

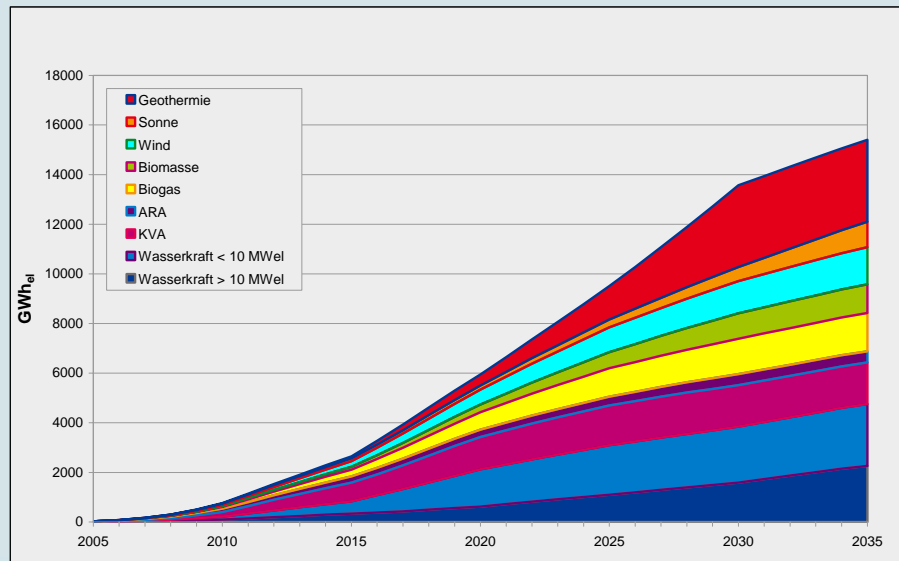
Zubau <sup>1)</sup> in GWh/a	2010	2020	2035	Bemerkung/Quelle
Wasserkraft (Ausbau ohne Ertüchtigung) <sup>2)</sup>	100	1100	4700	Elektrowatt Ekono, 2004 (Pos. Entwicklung ); PSI, 2005; Schätzungen Prognos
KVA (~ 50% EE-Anteil)	150	1300	1671	Erhöhung Stromwirkungsgrad (BFE, 2005)
ARA	135	300	450	Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos, Infrac, 2004
Biogas	110	750	1550	Gem. Infrac, 2004 (ökonomisches Stromproduktion Potenzial); ECH, 2005; Schätzungen Prognos;
Biomasse (Holz)	25	310	1150	Gem. ECH, 2005; Schätzungen Prognos; Infrac, 2004
Wind	50	600	1500	Viel mehr als ECH, Nach Horbaty, 2004 in PSI, 2005
Photovoltaik	40	175	1020	Gem. PSI, 2005 (Obergrenze Szenario C „moderat“)
Geothermie	20	450	3300	Schätzungen Prognos (zur Deckung der Lücke)
<b>Total</b>	<b>630</b>	<b>4985</b>	<b>15341</b>	

1) Zubau = Ersatz (bestehender Anlagen) + Ausbau (neue Anlagen z.B. Biomasse, PV usw. und Ertüchtigung bestehender Anlagen)

2) Ertüchtigung im bestehenden Angebot integriert



## Exkurs Erneuerbare Energien: Entwicklung der Stromzeugung aus EE im Einzelnen



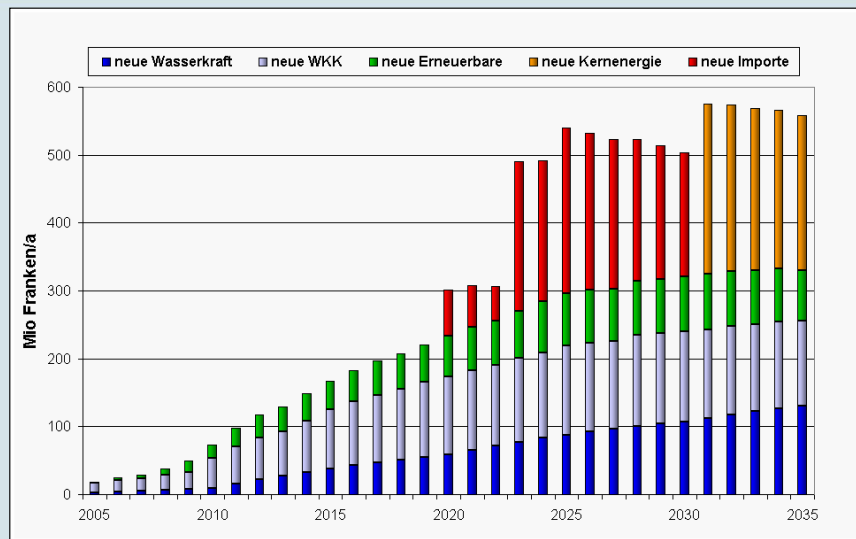
Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

15

Die Figur zeigt die Entwicklung des Zubaus der verschiedenen EE-Techniken und Energieträger. Die vollständige inländische Lückenschliessung ist nur mit 3'300 GWh an geothermischer (Grundlast)-Stromerzeugung realisierbar. Voraussetzung hierfür ist, dass die grosse Tiefengeothermie bis 2020 / 2030 technisch weit genug entwickelt und wettbewerbsfähig ist. Photovoltaik und Windstromerzeugung werden optimistisch eingeschätzt. Die Frage der Leistungsbereitstellung (kW) im Zusammenhang mit volatilen Einspeisungen (inkl. die Möglichkeiten des Windstromimportes) werden in den nächsten Arbeitsschritten untersucht.



## Diskontierte Jahreskosten (1) Variante A „Neue Importe und Kernenergie“



Bem.: ohne CO<sub>2</sub>-Kosten und Abzug Exporte

Prognos 2006

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

16

Die folgenden vier Figuren zeigen die diskontierten Jahreskosten der Lückenschliessung mit den Varianten A, C, D und E. Erfasst werden die Kosten aus volkswirtschaftlichen Sicht, also z.B. bei A inklusive Entsorgung, Stilllegung und Nachrüstung des neuen KKW's.

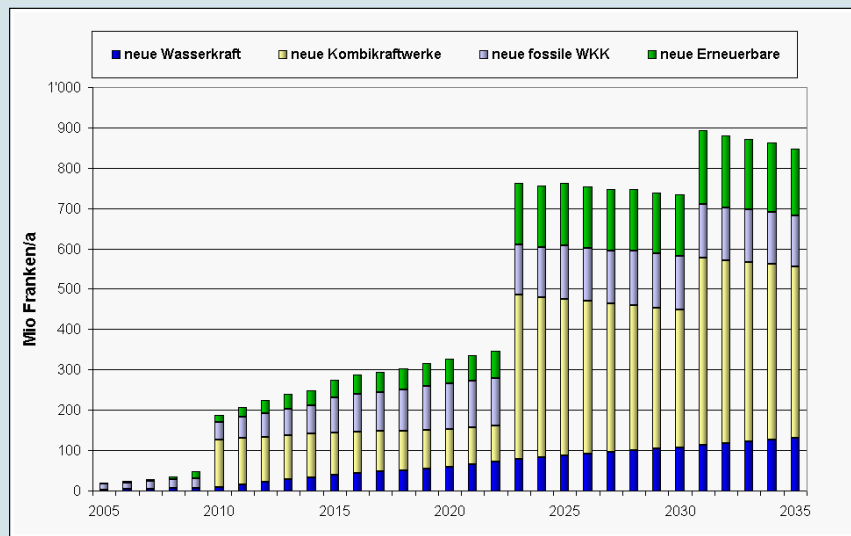
Der (notwendige) CO<sub>2</sub>- Zuschlag und ein Abzug für Exporterlöse sind in den hier vorliegenden provisorischen Ergebnissen noch nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht einbezogen sind Preis- und Versorgungsrisiken.





## Diskontierte Jahreskosten (2)

### Variante C „Fossil Zentral“



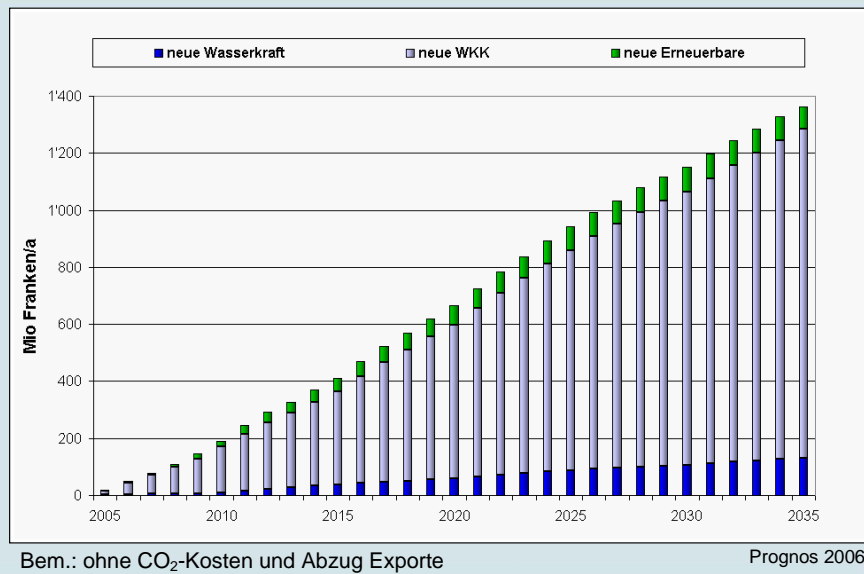
Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

17



## Diskontierte Jahreskosten (3)

### Variante D „Fossil Dezentral“



Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

18



## Diskontierte Jahreskosten (4) Variante E „Erneuerbare Energien“

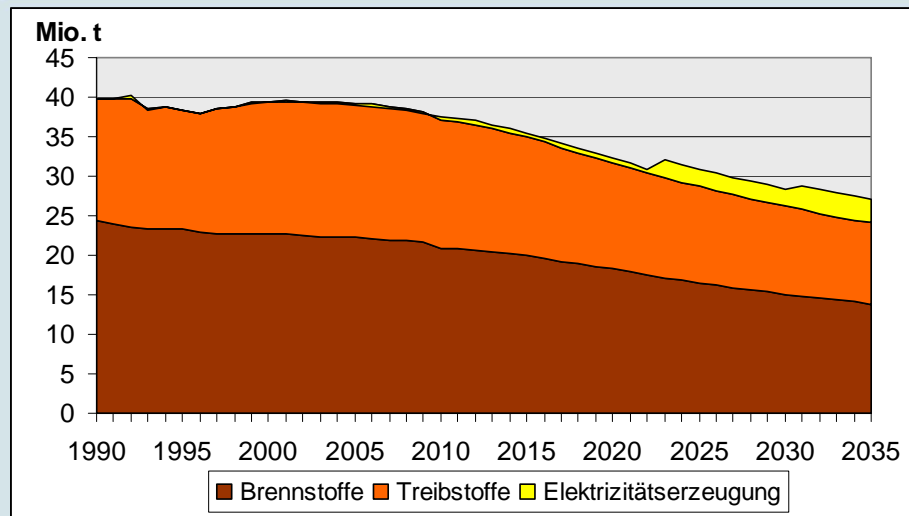


Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

19



## CO<sub>2</sub>-Emissionen (1) Variante C „Fossil Zentral“



$\Delta$  CO<sub>2</sub> (2035/2000): -31.1% (immer noch im Zielkorridor)

Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

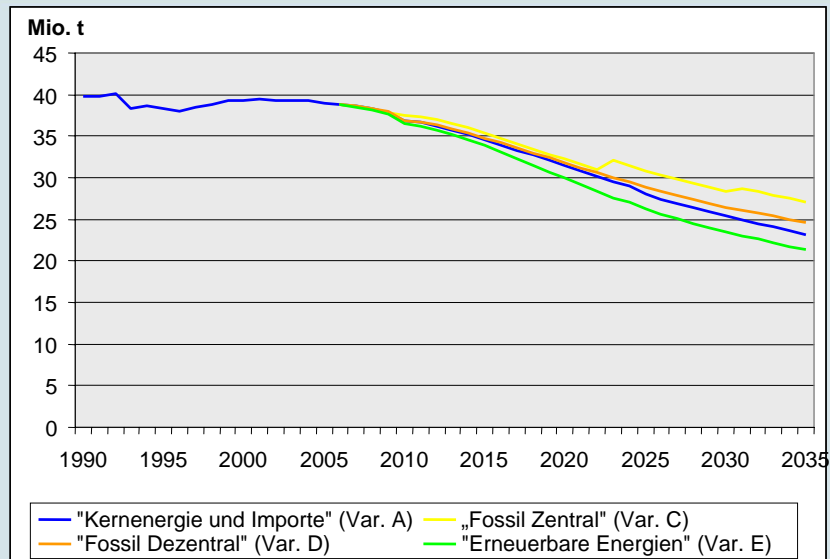
20

Die Figur zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne Abzug für Stromexporte) im Falle der „Extremvariante“ C: Lückenschliessung mit vorwiegend ohne Abwärmenutzung betriebenen, zentralen fossilthermischen Anlagen. Unterstellt wird eine Holzgas-Zuheizung. Im Szenario III sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit dieser Angebotsvariante bis 2035 gegenüber 2000 um rund 31% (bei der Lückenschliessung mit Variante E: Lückenschliessung mit erneuerbarer Energie beträgt die Reduktion 46%; s. nächste Folie).

Die definitiven Wert werden mit der Berücksichtigung des übrigen Umwandlungssektors (z.B. Raffinerien) und der statistischen Differenz ca. 1 Mio t höher liegen. In Abzug gebracht sind hier jedoch die WKK-Wärmegutschriften (Ersatz von Oel- und Gasheizungen durch WKK-Wärme).



## CO<sub>2</sub>-Emissionen (2) Szenario III Variantenvergleich



Energieperspektiven 2035/2050 • Dritter Werkstattbericht, 003771032  
Martin Renggli

21

### CO<sub>2</sub>-Emissionen Szenario III – Varianten vergleiche

	1990	2000	2010	2020	2035
Angebotsvariante A (Nachfrage + Angebot A)	39.7	39.3	36.8	31.5	23.2
Angebotsvariante C (Nachfrage + Angebot C)	39.7	39.3	37.5	32.2	27.1
Angebotsvariante D (Nachfrage + Angebot D)	39.7	39.3	36.9	31.8	24.7
Angebotsvariante E (Nachfrage + Angebot E)	39.7	39.3	36.6	29.9	21.3

- Ohne den übrigen Umwandlungssektor und statistische Differenz  
(endgültige Werte werden ca. 1 Mio t höher liegen)
- Netto-Werte, inkl. Wärmegutschriften bei WKK