

STROMEFFIZIENZ UND ERNEUERBARE ENERGIE – WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVE ZU GROSSKRAFTWERKEN

Zusammenfassung des Schlussberichts
Zürich, 7. Mai 2010

INFRAS



TNC CONSULTING AG
SEESTRASSE 141
8703 ERLBACH
t +41 44 991 55 77
f +41 44 991 55 78

WWW.TNC.CH

INFRAS

BINZSTRASSE 23
POSTFACH
CH-8045 ZÜRICH
t +41 44 205 95 95
f +41 44 205 95 99
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

IMPRESSUM

AUFTRAGGEBER

WWF Schweiz; Greenpeace Schweiz; SES – Schweizerische Energiestiftung; Pro Natura
Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
Service de l'énergie, Département du territoire, Etat de Genève

UNTERSTÜTZT DURCH

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz), Stromsparfonds
Energie Wasser Bern (ewb), Ökofonds

AUFTRAGNEHMER

INFRAS, Binzstrasse 23, Postfach, 8045 Zürich, www.infras.ch
TNC Consulting AG, Seestrasse 141, 8703 Erlenbach, www.tnc.ch

AUTOREN

Bernhard Oettli, Stephan Hammer, Fabia Moret, Rolf Iten (INFRAS)
Thomas Nordmann (TNC)

BEGLEITGRUPPE

Martin Bretscher, ewb
Markus Diacon, Amt für Umwelt und Energie Kanton Basel-Stadt
Kurt Egger, EnergieSchweiz für Gemeinden
Myriam Garbely, Service de l'énergie, Etat de Genève
Patrick Hofstetter und Ulrike Saul, WWF Schweiz
Beat Jans, Pro Natura
Annette Reiber, Greenpeace Schweiz
Sabine von Stockar, SES
Marcel Wickart, ewz

Für den Inhalt der Studie sind die Auftragnehmenden verantwortlich.

ZUSAMMENFASSUNG

EINLEITUNG

Ausgangslage

Die grossen Verbundunternehmen der schweizerischen Strombranche gehen davon aus, dass im Jahr 2035 in der Schweiz zwischen 25 und 30 TWh des nachgefragten Stroms fehlen werden. Die in swisselectric¹ organisierten Unternehmen haben im März 2007 angekündigt, bis zum Jahr 2035 rund 30 Mia. CHF zur Sicherstellung der Stromversorgung zu investieren (vgl. swisselectric 2007). Vorgesehen sind Investitionen in Kernkraftwerke, erneuerbare Energien, Gaskombikraftwerke, Netzausbauten und Pumpspeicherkraftwerke.

Die Umweltorganisationen (WWF Schweiz, Greenpeace Schweiz, Schweizerische Energienstiftung SES, Pro Natura) sowie die Kantone Basel-Stadt und Genf möchten in Zusammenarbeit mit dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) und Energie Wasser Bern (ewb) der Strategie von swisselectric eine Strategie gegenüber stellen, die auf Investitionen in Grosskraftwerke verzichtet und auf die Ausschöpfung der dezentralen Potenziale in den Bereichen Stromeffizienz und erneuerbare Energien abzielt.

Ziel

Ziel der Studie ist der Vergleich der energetischen und der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Investitionsstrategie der Stromverbundunternehmen (Szenario „Grosskraftwerke“) mit einer Strategie, die auf Investitionen in Stromeffizienzmassnahmen und erneuerbare Energien setzt („Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien“). Ergänzend sind die mit beiden Szenarien verbundenen Umweltauswirkungen und Risiken zu beurteilen. Bei der Höhe der durch die Investitionen zu erreichenden Stromproduktion bzw. Stromeinsparungen stützt sich vorliegende Studie auf die Annahme von swisselectric, dass im Jahr 2035 in der Schweiz zwischen 25 und 30 TWh des benötigten Stroms fehlen werden.

Im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien werden zwei Varianten betrachtet:

- › In Variante 1 sollen die Investitionen in erneuerbare Energien zur Stromproduktion ausschliesslich im Inland erfolgen.

1 swisselectric ist eine Organisation der schweizerischen Stromverbundunternehmen, bestehend aus den Mitgliedern Alpiq, Axpo, BKW, CKW und EGL.

- › In Variante 2 soll Elektrizität aus erneuerbaren Energien, die an ausländischen Standorten ein grösseres technisches Ertragspotenzial haben oder zu geringeren Kosten erzeugt werden kann, aus dem Ausland bezogen werden.

Methodik

Der Szenarienvergleich wurde anhand zweier quantitativer Modelle sowie ergänzender qualitativer Informationen durchgeführt. Die eingesetzten Methoden lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- › Die Abschätzung der zusätzlichen Stromproduktion und der Stromeinsparung sowie der Kosten (Investitionen und Wirtschaftlichkeit) erfolgte bei beiden Szenarien im Vergleich zur selben Referenzentwicklung. Als Referenzentwicklung wurde die von swisselectric angenommene Entwicklung der Stromnachfrage und des Stromangebots verwendet. Die Referenzentwicklung geht von einer Zunahme der Stromnachfrage von 60 TWh im Jahr 2005 auf 77 TWh im Jahr 2035 und von einer Reduktion des Stromangebots (ohne die geplanten Investitionen) von 60 TWh im Jahr 2005 auf 47 TWh aus. Auf der Nachfrageseite sind die erwartete Zunahme des Stromverbrauchs aufgrund des Bevölkerungswachstums, von zusätzlichem Bedarf (z.B. im Bereich Lüftung, Klimatisierung und Kälte) und von Substitutionseffekten (v.a. zusätzliche Wärmepumpen, Ausbau des öffentlichen Verkehrs und Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs) sowie die erwartete Verbrauchsreduktion aufgrund der beschlossenen Politikmassnahmen berücksichtigt.
- › Die Potenziale und die Kosten der beiden Szenarien wurden anhand von technologie- bzw. anwendungsbasierten Simulationsmodellen mit dem so genannten „Szenarienrechner“ berechnet. Die Investitionspläne der beiden Varianten des Szenarios Stromeffizienz und erneuerbare Energien wurden im Szenarienrechner so ausgestaltet, dass im Jahr 2035 die gleiche jährliche Strommenge erreicht wird, wie die aus den geplanten Investitionen resultierende jährliche Stromproduktion im Szenario Grosskraftwerke. Der Szenarienrechner liefert die Investitionen je Szenario sowie die energetischen Wirkungen und die Wirtschaftlichkeit aus volkswirtschaftlicher Sicht anhand der Nettobarwerte² dieser Investitionen.
- › Die Auswirkungen der beiden Szenarien auf die inländische Wertschöpfung und die Beschäftigung wurden anhand eines partialanalytischen Beschäftigungsschätzmodells beurteilt. Die Abschätzung der zu erwartenden Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte er-

² Der Nettobarwert beinhaltet die Differenz zwischen der Summe der Barwerte aller Einnahmen abzüglich der Summe der Barwerte aller Ausgaben. Der Nettobarwert wird über die Nutzungsdauer bzw. die Lebensdauer einer Investition berechnet. Der Nettobarwert ermöglicht die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Investition.

folgte im Vergleich zu einer hypothetischen Situation in welcher der fehlende Strom importiert wird.

- › Die für den Vergleich erforderlichen Grundlagendaten und qualitativen Informationen wurden im Rahmen einer Dokumentenanalyse und anhand von 18 Experteninterviews erhoben.

Folgende Abgrenzungen wurden vorgenommen:

- › Bei den Stromeffizienzmassnahmen wurden nur Investitionen in technische Verbesserungen auf der Nachfrageseite berücksichtigt. Massnahmen auf der Angebotsseite (Stromübertragung und -verteilung) und Änderungen des Benutzerverhaltens wurden in den Modellrechnungen nicht abgebildet.
- › Als „Potenzial“ wurden im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien die mit verstärkten Anstrengungen realisierbaren Effizienzgewinne und der machbare Ausbau der erneuerbaren Energien zum jeweiligen Zeitpunkt berücksichtigt. Dieses Potenzial liegt in der Regel zwischen dem technischen und dem wirtschaftlichen Potenzial einer Technologie bzw. Anwendung.
- › Die Betrachtung der energetischen Auswirkungen beschränkt sich auf eine Jahresbetrachtung. Eine differenzierte Analyse nach Sommer-/Winter- und Tag-/Nacht-Verbrauch wäre mit erheblichen Unsicherheiten verbunden (z.B. betreffend Einfluss des Klimawandels auf die Nachfrage) und hätte den Rahmen der Studie gesprengt. Zudem gehen wir von einem intakten Austausch über die Grenze im Tagesgang und die volle Nutzung der einheimischen Speicherkapazitäten im Jahresgang aus.
- › Die Verfügbarkeit der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien (Produktionsschwankungen aufgrund meteorologischer Einflüsse) und deren Folgen für die Sicherstellung der Stromversorgung wurde nicht vertieft analysiert. Wir sind jedoch überzeugt, dass die mit der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien verbundenen Herausforderungen betreffend Verfügbarkeit und Netzintegration durch die verstärkte Nutzung von Pumpspeicherkraftwerken zur Systemoptimierung und technische Massnahmen (u.a. gezielter Netzausbau, erhöhte Regelreserve, intelligente Netze im Sinn des „Smart Grid“-Konzepts, Kombination verschiedener Kraftwerke) lösbar sind.
- › Da bei der Höhe der effektiven Investitionen in den Netzausbau bei beiden Szenarien grosse Unsicherheiten bestehen, werden diese Investitionen im Szenarienvergleich nicht berücksichtigt. Wir gehen jedoch davon aus, dass die Investitionen in den Netzausbau im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien im Vergleich zum Szenario Grosskraftwerke geringer sind.

› Da der Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken heute vor allem für den Stromhandel („europäische Perspektive“) relevant ist und nicht primär der Sicherstellung der Stromversorgung und dem Ausgleich von Lastspitzen dient, werden die entsprechenden Investitionen im Szenarienvergleich nicht berücksichtigt. Bei einem forcierten Ausbau der erneuerbaren Energien könnten Pumpspeicherkraftwerke zukünftig jedoch eine wichtige Integrationsfunktion im Stromversorgungssystem wahrnehmen.

SZENARIEN

Szenario Grosskraftwerke

Gemäss aktualisiertem Investitionsplan sieht swisselectric vor, Investitionen in zwei Kernkraftwerke (à 1'600 MW), erneuerbare Energien (v.a. Kleinwasserkraftwerke und Biomasseanlagen), ein Gaskombikraftwerk sowie Netzausbauten und drei Pumpspeicherkraftwerke zu tätigen.³ Damit kann im Jahr 2035 eine Strommenge von 30 TWh erzeugt werden (vgl. Figur 1). Die Investitionskosten dürften sich nach unseren Berechnungen auf insgesamt 44 Mia. CHF belaufen (vgl. Tabelle 1). Ohne Berücksichtigung von Investitionen in Netzausbauten und Pumpspeicherkraftwerke betragen die Investitionen 39 Mia. CHF.

| SZENARIO GROSSKRAFTWERKE: INVESTITIONSPLAN³ | | |
|--|---------------------------|---|
| Investitionen bis 2035 in | Volumen in CHF | Energiezuwachs im Jahr 2035 |
| Erneuerbare Energien (v.a. Kleinwasserkraftwerke und Biomasseanlagen) | 11 Mia. CHF ¹⁾ | 5 TWh |
| 2 Kernkraftwerke (à 1'600 MW) | 27 Mia. CHF ²⁾ | 24 TWh ¹⁾ |
| 1 Gaskombikraftwerk | 1 Mia. CHF ¹⁾ | 1 TWh ¹⁾ |
| Netzausbauten | 2 Mia. CHF | -- |
| 3 Pumpspeicherkraftwerke | 3 Mia. CHF | Ausgleich Leistungslücke bei Nachfragespitzen |
| Total | 44 Mia. CHF | 30 TWh |

¹⁾ Berechnungen INFRAS

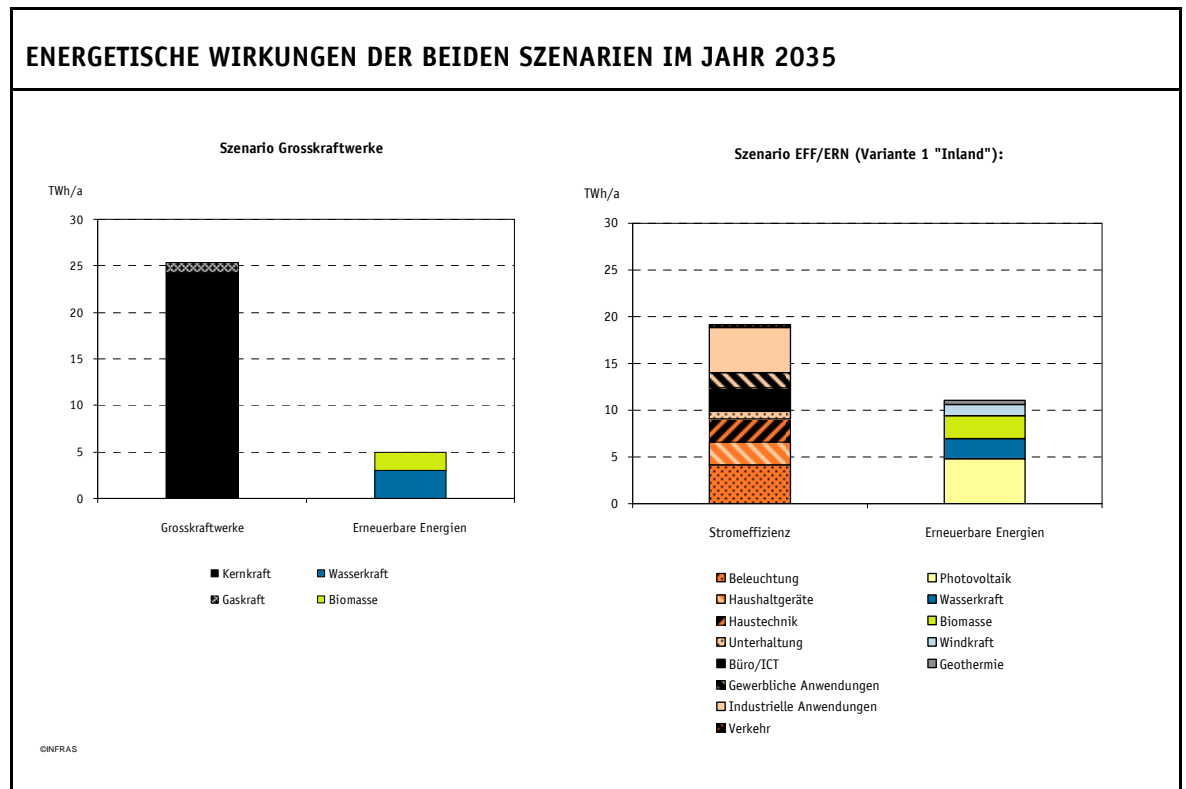
²⁾ Aufgrund der neueren Literatur sind die von swisselectric angenommenen Investitionskosten von 10 bis 12 Mia. CHF für zwei Kernkraftwerke (vgl. swisselectric 2007) zu tief angesetzt. Nach unseren Berechnungen betragen die entsprechenden Investitionskosten rund 27 Mia. CHF (Annahme Gestehungskosten für KKW: 8.7 Rp. kWh; gestützt auf Prognos 2009, Schneider et al. 2009, Lovins et al. 2008, The Keystone Center 2007).

Tabelle 1 Quellen: swisselectric 2007; Angaben von swisselectric/Axpo vom 11. August 2009, Berechnungen INFRAS.

³ Der aktualisierte Investitionsplan von swisselectric basiert auf der Medienmitteilung vom 22. März 2007 (swisselectric 2007) sowie ergänzenden Angaben von swisselectric und Axpo (Gespräch vom 11. August 2009). Die Ergänzungen und Präzisierungen von swisselectric und Axpo (Gespräch vom 11. August 2009) entsprechen jedoch nicht einer vom swisselectric-Vorstand verabschiedeten offiziellen Position des Verbands.

Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien

Figur 1 stellt dem Szenario Grosskraftwerke ein alternatives Szenario gegenüber, das auf die Ausschöpfung der Stromeffizienzpotenziale und die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien abzielt.



Figur 1

Im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien wird die Zielgrösse einer Stromeinsparung und -produktion von 30 TWh im Jahr 2035 zu knapp zwei Dritteln (19 TWh) durch die Ausschöpfung der Einsparpotenziale von Effizienzmassnahmen und zu etwas mehr als einem Drittel (11 TWh) durch die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien erreicht (vgl. Figur 1):

› Bei der Stromeffizienz wird das bis 2035 bestehende Einsparpotenzial der betrachteten Technologien bzw. Anwendungen zu einem grossen Teil ausgeschöpft.⁴ Zur Zielerreichung

⁴ Das Effizienzpotenzial des sog. „Betriebs ohne Nutzen“ von 9 TWh wird im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien bis 2035 zu rund einem Drittel ausgeschöpft. Unter „Betrieb ohne Nutzen“ (BoN) werden mehr oder weniger voll laufende Geräte und Systeme verstanden, die ihre Hauptfunktion erfüllen und dabei Energie verbrauchen, für die aber örtlich und zeitlich kein effektiver Nutzen vorhanden ist (vgl. Brunner et al. 2009). Zusätzliche Effizienzpotenziale bestehen bei den Effizienzmassnahmen auf der Angebotsseite (v.a. durch intelligente Netze nach dem „Smart Grid“-Konzept) und die Beeinflussung des Nutzungs- und Benutzerverhaltens.

tragen vor allem die Massnahmen bei industriellen Anwendungen und bei der Beleuchtung bei.

- › Bei den erneuerbaren Energien unterscheiden sich die beiden untersuchten Varianten:
 - › Variante 1 sieht ausschliesslich Investitionen in erneuerbare Energien im Inland vor. Die bedeutendsten Zielbeiträge stammen von der Photovoltaik und der Biomasse. Die Wasserkraft, die Windenergie und die Geothermie leisten einen vergleichsweise geringen Beitrag zur zusätzlichen Stromproduktion aus erneuerbaren Energien.
 - › Variante 2 sieht vor, dass knapp zwei Drittel des Stroms aus erneuerbaren Energien, die im Ausland ein grösseres Ertragspotenzial haben oder zu geringeren Kosten erzeugt werden können, importiert wird (Windenergie und solarthermische Kraftwerke). Im Inland konzentriert sich die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien auf die Biomasse und die Wasserkraft.

Die Investitionen bis 2035 betragen im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien 65 Mia. CHF (Variante 1) bzw. 57 Mia. CHF (Variante 2).⁵ Davon werden 41 Mia. CHF in Stromeffizienzmassnahmen und 24 Mia. CHF (Variante 1) bzw. 16 Mia. CHF (Variante 2) in erneuerbaren Energien investiert.

Zur Ausschöpfung der Stromeffizienzpotenziale und der Potenziale bei den erneuerbaren Energien sind folgende Politikmassnahmen erforderlich:

- › Definition von verbindlichen quantitativen Zielen auf nationaler Ebene betreffend Stromverbrauch und Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. Die Ziele leiten sich aus dem im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien beschriebenen Entwicklungspfad ab.
- › Verschärfung und Ausweitung der Vorschriften auf nationaler und kantonaler Ebene, insbesondere der Mindestanforderungen an Geräte, Anlagen, Motoren und Beleuchtung.
- › Einführung einer Stromlenkungsabgabe, die schrittweise bis 2018 mindestens zu einer Verdoppelung der heutigen Strompreise führt. Die Einnahmen der Lenkungsabgabe werden den Haushalten und der Wirtschaft zurückerstattet. Während einer Übergangszeit soll ein Teil der Einnahmen zur Finanzierung der finanziellen Fördermassnahmen verwendet werden. Für stromintensive Betriebe können allenfalls Ausnahmeregelungen vorgesehen werden, um deren internationale Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten.
- › Finanzielle Fördermassnahmen während einer Übergangsphase, insbesondere Weiterentwicklung der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) und Aufstockung der wettbe-

⁵ Ohne Investitionen in allfällige Netzausbauten und Pumpspeicherkraftwerke.

werblichen Ausschreibungen (bzw. eines Stromsparfonds) zur Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs.

- › Ergänzende Massnahmen der öffentlichen Hand, der Energieversorgungsunternehmen (EVU) und der Wirtschaft, insbesondere in den Bereichen Information und Beratung, Aus- und Weiterbildung, Abbau von rechtlichen Hemmnissen, Förderprogramme und vorbildliche Beschaffung.

VERGLEICH DER SZENARIEN

Energetische Auswirkungen und Kosten

Tabelle 2 stellt die Auswirkungen der beiden Szenarien auf die Stromproduktion und die Stromeinsparungen sowie die entsprechenden Kosten dar:

| ENERGETISCHE WIRKUNGEN UND KOSTEN | | | |
|--|---|---|------------------------------------|
| | Szenario Grosskraft- werke | Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien | |
| | | Variante 1 „Inland“ | Variante 2 „Import ERN“ |
| Zusätzliche Stromproduktion und Stromeinsparungen im Jahr 2035 | 30 TWh | 30 TWh | 30 TWh |
| Über den Zeitraum 2006 bis 2035 kumulierte Stromproduktion und Stromeinsparung | 374 TWh | 414 TWh | 412 TWh |
| Investitionen (exkl. Netzausbau und Pumpspeicherkraftwerke) | 39 Mia. CHF | 65 Mia. CHF | 57 Mia. CHF |
| Nettobarwert (Wirtschaftlichkeit) (exkl. Netzausbau und Pumpspeicherkraftwerke) | -9.0 Mia. CHF | 2.8 Mia. CHF | 0.9 Mia. CHF |

Tabelle 2

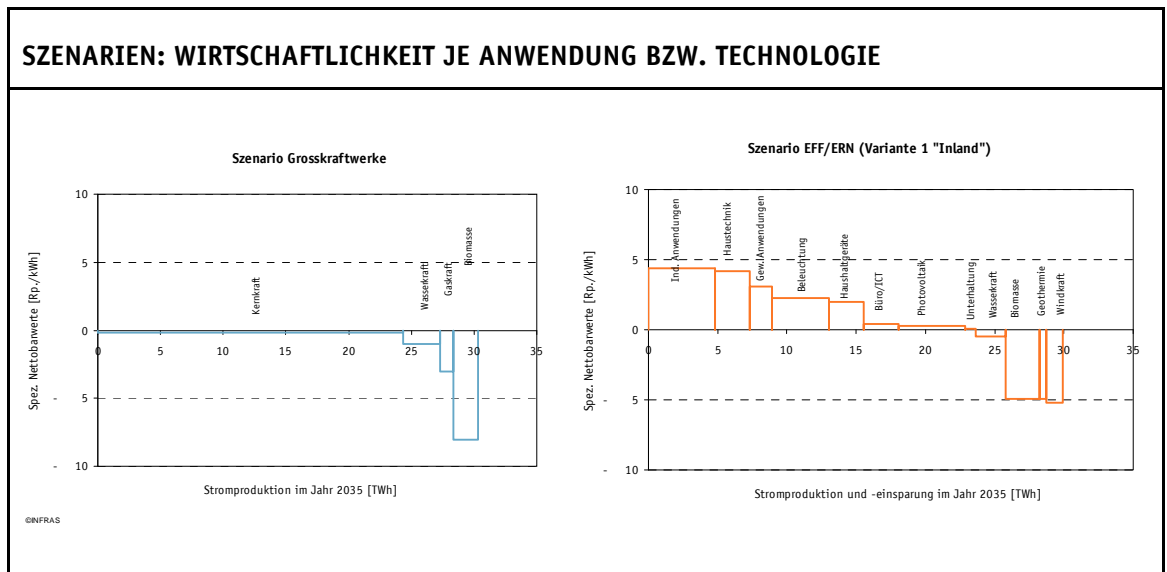
Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- › Während die energetische Wirkung im Jahr 2035 in beiden Szenarien definitionsgemäss gleich hoch ist (30 TWh), erreicht das Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien über den Zeitraum 2006 bis 2035 eine kumulierte energetische Wirkung, die im Jahr 2035 rund 10 Prozent über der Wirkung des Szenarios Grosskraftwerke liegt. Grund dafür ist, dass die Massnahmen im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien rasch umgesetzt und kontinuierlich verstärkt werden. Demgegenüber tragen die im Szenario Grosskraftwerke geplanten Kernkraftwerke erst ab Mitte der Zwanzigerjahre substantiell zur Stromproduktion bei.

- › Die bis 2035 erforderlichen Investitionen⁶ liegen im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien mit 65 Mia. CHF (Variante 1 „Inland“) bzw. 57 Mia. CHF (Variante 2 „Import erneuerbare Energien“) deutlich höher als die bis 2035 geplanten Investitionen im Szenario Grosskraftwerke.
- › Während die im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien erforderlichen Investitionen mit einem Nettobarwert von 2.8 Mia. CHF (Variante 1 „Inland“) bzw. 0.9 Mia. CHF (Variante 2 „Import erneuerbare Energien“) aus volkswirtschaftlicher Sicht knapp wirtschaftlich sind, führt das Szenario Grosskraftwerke zu einem negativen Nettobarwert von -9.0 Mia. CHF. Die Wirtschaftlichkeit des Szenarios Stromeffizienz und erneuerbare Energien ist auf die Investitionen in die Stromeffizienz zurückzuführen, die mit einem Nettobarwert von 7.6 Mia. CHF (beide Varianten) die negativen Nettobarwerte der Investitionen in erneuerbare Energien von -4.8 Mia. CHF (Variante 1 „Inland“) bzw. -6.7 Mia. CHF (Variante 2 „Import“) kompensieren. Die höhere Wirtschaftlichkeit der Variante 1 („Inland“) im Vergleich zur Variante 2 („Import“) erklärt sich durch die bessere Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik im Inland gegenüber dem Import von Strom aus solarthermischen Anlagen. Gründe dafür sind die Transportkosten des produzierten Stroms in die Schweiz und die höheren Erlöse (Strompreise) der Photovoltaik im Inland dank dezentraler Einspeisung⁷. Demgegenüber sind im Szenario Grosskraftwerke die berechneten Nettobarwerte der Investitionen in die Kernkraftwerke (-2.4 Mia. CHF), das Gaskraftwerk (-1.5 Mia. CHF) und die erneuerbaren Energien (-5.1 Mia. CHF) negativ. Dies bedeutet, dass sich diese Investitionen aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht lohnen.
- › Figur 2 stellt die Wirtschaftlichkeit der in den beiden Szenarien geplanten Investitionen in die verschiedenen Technologien und Effizienzmassnahmen vergleichend dar. Die gute Wirtschaftlichkeit der Stromeffizienzmassnahmen ergibt sich durch die deutlich reduzierten Betriebskosten über die Lebensdauer eines Gerätes oder eines Systems. Bei der Photovoltaik führen die hohe Lernrate (bzw. die deutliche Kostendegression) sowie die vergleichsweise hohen Erlöse dank dezentraler Einspeisung dazu, dass diese Technologie für die Investitionen bis 2035 wirtschaftlich ist.

⁶ Ohne Investitionen in allfällige Netzausbauten und Pumpspeicherkraftwerke.

⁷ Die Berechnung des Ertrags aus dem in dezentralen Photovoltaikanlagen produzierten Strom basiert auf dem Niederspannungstarif (Energiepreis + Netzpreis).



Figur 2

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Annahmen zur Strompreisentwicklung und zu den Gestehungskosten der Kernkraftwerke die Ergebnisse massgeblich beeinflussen:

- › Die Entwicklung des Strompreises (Marktpreise) beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der beiden Szenarien in hohem Masse. Das Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien ist bei einem Strompreisanstieg bis 2035 von 15 Prozent (Variante 1 „Inland“) bzw. 22 Prozent (Variante 2 „Import erneuerbare Energien“) wirtschaftlich. Demgegenüber wird das Szenario Grosskraftwerke erst ab einem Strompreisanstieg von 60 Prozent bis 2035 (ca. 8 Prozent pro 5-Jahresperiode) wirtschaftlich.
- › Werden für die Kernkraftwerke Gestehungskosten von 12 Rp./kWh⁸ (während der voraussichtlichen Bauperiode 2021–2030) anstelle der von uns angenommenen 8.7 Rp./kWh unterstellt, erhöhen sich die Investitionen im Szenario Grosskraftwerke auf 63 Mia. CHF (ohne Netzausbau und Pumpspeicherwerke). Die Wirtschaftlichkeit dieses Szenarios verschlechtert sich drastisch auf einen negativen Nettobarwert von rund -23 Mia. CHF. Das Szenario Grosskraftwerke erweist sich nur dann als wirtschaftlich, wenn die effektiv realisierbaren Gestehungskosten der Kernkraftwerke weniger als 7 Rp./kWh betragen. Dies erscheint jedoch aus heutiger Sicht über den Zeitraum bis 2035 als unrealistisch.

⁸ Gemäss Lovins et al. 2008 und The Keystone Center 2007 liegen die Gestehungskosten neuerer Kernkraftwerke mit grosser Wahrscheinlichkeit im Bereich von 8 bis 11 US Cents/kWh, teilweise noch höher. Die Angaben stützen sich vor allem auf Daten zu bisher in den USA gebauten Kernkraftwerken.

Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

Tabelle 3 zeigt eine Grobschätzung der in den beiden Szenarien aufgrund der Investitionen und des Betriebs der Anlagen und Installationen zu erwartenden Auswirkungen auf die inländische Wertschöpfung und die Beschäftigung. Dabei handelt es sich um Grössenordnungen, die mit einem einfachen partialanalytischen ökonomischen Schätzmodell ermittelt wurden.

| WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE | | | |
|---|----------------------------------|---|---|
| | Szenario Grosskraft- werke | Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien | |
| | | Variante 1 „Inland“ | Variante 2 „Import erneuerbare Energien“ |
| Kumulierte Bruttowertschöpfungseffekte über die Zeitperiode 2006 bis 2035 | 11.0 Mia. CHF | 20.2 Mia. CHF | 13.9 Mia. CHF |
| Kumulierte Beschäftigungseffekte über die Zeitperiode 2006 bis 2035 (in Personenjahren) | 100'000 | 160'000 | 113'500 |
| Durchschnittlicher Beschäftigungseffekt pro Jahr (Vollzeitäquivalente pro Jahr) | 3'300 ¹⁾ | 5'300 | 3'800 |

¹⁾ Theoretischer Wert, weil die Beschäftigungseffekte nicht linear, sondern primär in der Bauphase der Grosskraftwerke anfallen.

Tabelle 3

Insgesamt gehen wir bei allen Szenarien von positiven Wirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung aus. Die Variante 1 („Inland“) des Szenarios Stromeffizienz und erneuerbare Energien erzielt die grösste Wirkung auf die inländische Wertschöpfung und die Beschäftigung. Die Wertschöpfungseffekte in Variante 1 („Inland“) sind im Vergleich zum Szenario Grosskraftwerke knapp doppelt so hoch. Die kumulierte Beschäftigungswirkung der Variante 1 („Inland“) ist mit 160'000 Personenjahren bis 2035 (bzw. durchschnittlich 5'300 Vollzeitäquivalente pro Jahr) 60 Prozent höher als die für das Szenario Grosskraftwerke geschätzte Wirkung. Gegenüber der Variante 2 („Import erneuerbare Energien“) liegt die Beschäftigungswirkung der Variante 1 („Inland“) um gut 40 Prozent höher. Während die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien kontinuierlich anfallen, konzentriert sich die Wirkung im Szenario Grosskraftwerke vor allem auf die Bauphase der Kernkraftwerke.

Die Unterschiede der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte zwischen den Szenarien erklären sich wie folgt:

- › Die Investitionen im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien sind um rund einen Faktor 1,5 höher als im Szenario Grosskraftwerke.
- › Diese Investitionen fliessen in Variante 1 („Inland“) des Szenarios Stromeffizienz und Erneuerbare Energien in Branchen, die insgesamt geringere Importquoten aufweisen im Vergleich zu den Branchen, die von Investitionen in Grosskraftwerke profitieren.
- › Insgesamt resultiert dadurch in Variante 1 („Inland“) des Szenarios Stromeffizienz und erneuerbare Energien im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien ein deutlich höherer Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekt.
- › Die höhere Beschäftigungswirkung der Variante 1 („Inland“) im Vergleich zu Variante 2 („Import erneuerbare Energien“) erklärt sich dabei natürlich durch die höheren Investitionen in erneuerbare Energien im Inland.

Das Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien führt gegenüber dem Szenario Grosskraftwerke zu einer kontinuierlichen und nachhaltigen Veränderung der Branchenstruktur, zu stärkeren dynamischen Wirkungen und zu ausgeprägteren regionalwirtschaftlichen Auswirkungen:

- › Profitierende Branchen sind vor allem die Elektronik, Elektrik und Optik, die Beratung und Planung, der Gross- und Detailhandel und das Baugewerbe. Aufgrund der Stromeinsparungen resultiert ein vergleichsweise moderater negativer Effekt im Bereich der konventionellen Stromversorgung. Demgegenüber führt das Szenario Grosskraftwerke während der relativ kurzen Bauzeit der Kernkraftwerke zu einer hohen Wirkung im Baugewerbe und in deutlich verringertem Ausmass in der Branche Beratung/Planung.
- › Die im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien erforderlichen Politikmassnahmen (insbesondere die Stromlenkungsabgabe) führen zu Innovationen bei Stromeffizienztechnologien und -anwendungen sowie bei den erneuerbaren Energien. In Kombination mit den strukturellen Veränderungen entsteht die Möglichkeit, dass sich in diesen Märkten tätige innovative Unternehmen längerfristig in der Schweiz etablieren. Dies dürfte sich positiv auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit dieser Branchen mit entsprechenden Exportchancen auswirken. Demgegenüber schätzen wir die dynamischen Effekte und die entsprechenden Exportchancen des Szenarios Grosskraftwerke als gering ein.
- › Während sich die Förderung der Stromeffizienz und der erneuerbaren Energien dezentral auf alle Regionen der Schweiz auswirkt, profitieren von den zentralistisch ausgerichteten Investitionen in Grosskraftwerke einige wenige Standorte sowie die entsprechenden Zulieferer.

- › Die indirekten volkswirtschaftlichen Wirkungen infolge der steigenden Energiepreise auf die Wohlfahrt und das Wirtschaftswachstum schätzen wir im Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien aufgrund bestehender Studien (vgl. Ecoplan 2007, Bretschger et al. 2010) als gering ein.

Auswirkungen auf die Umwelt und Risiken

Betreffend Umweltauswirkungen und Risiken weist das Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien gegenüber dem Szenario Grosskraftwerke bedeutende Vorteile auf:

- › Das Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien ist im Vergleich zum Szenario Grosskraftwerke auf Stufe Primärenergie weniger ressourcenintensiv. Zudem führt es bis 2035 zu einer kumulierten Reduktion der Treibhausgasemissionen um 33 Mio. t CO_{2-eq} (Variante 1 „Inland“) bzw. 35 Mio. t CO_{2-eq} (Variante 2 „Import erneuerbare Energien“). Demgegenüber nehmen die kumulierten Treibhausgasemissionen des Szenarios Grosskraftwerke um 36 Mio. t CO_{2-eq} zu. Die durchschnittlichen jährlichen Treibhausgasemissionen des Szenarios Grosskraftwerke entsprechen damit etwa 2.5 Prozent der gesamten heutigen Treibhausgasemissionen der Schweiz pro Jahr.
- › Die mit dem Szenario Grosskraftwerke verbundenen Risiken schätzen wir als hoch ein. Die Risiken umfassen finanzielle Risiken (hohes Risiko der Unterschätzung der effektiven Kosten von Kernkraftwerken), politische Risiken (Referendumsabstimmung), Risiken für Mensch (Gesundheit) und Umwelt (Boden, Grundwasser, Binnengewässer, Meere, Luft, Vegetation, Tiere und Biodiversität) und das Proliferationsrisiko. Zudem ist die Endlagerung der radioaktiven Abfälle nach wie vor ungelöst. Demgegenüber erachten wir die mit dem Szenario Stromeffizienz und erneuerbare Energien verbundenen Risiken als vergleichsweise gering. Grösstes Risiko ist der möglicherweise fehlende politische Wille, die erforderlichen Politikmassnahmen rechtzeitig und mit genügender Eingriffstiefe umzusetzen. Bei Variante 2 („Import erneuerbare Energien“) bestehen zusätzliche Unsicherheiten (Verfügbarkeit des Angebots und ausreichende Netzkapazitäten).

FOLGERUNGEN

Investitionen in Stromeffizienz und erneuerbare Energien weisen gegenüber Investitionen in Grosskraftwerke energetische, volkswirtschaftliche und umweltbezogene Vorteile auf. Zudem sind die mit dieser Strategie verbundenen Risiken im Vergleich zu einer Strategie, die auf Grosskraftwerke setzt, deutlich geringer.

Entscheidend für die positive Beurteilung des Szenarios Stromeffizienz und erneuerbare Energien mit Zeithorizont 2035 ist primär das hohe und volkswirtschaftlich attraktive Po-

tenzial der Stromeffizienzmassnahmen. Die erforderlichen Massnahmen zur Ausschöpfung des Stromeffizienzpotenzials sollten möglichst rasch ergriffen werden. Bei den erneuerbaren Energien sollte die Förderung im Inland aufgrund der besseren Wirtschaftlichkeit und der höheren Beschäftigungseffekte dem teilweisen Import von Strom aus erneuerbaren Energien vorgezogen werden.