

# energy [r]evolution

EINE NACHHALTIGE ENERGIEVERSORGUNG FÜR DIE SCHWEIZ



**GWEC**  
GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL

**EREC**  
EUROPEAN RENEWABLE  
ENERGY COUNCIL

**GREENPEACE**

# Zusammenfassung

«ERKENNTNISSE GEWINNEN WIR NICHT, WENN WIR UNS AUF ALTEN EINGEFAHRENE PFADE BEWEGEN. ERKENNTNISSE GEWINNEN WIR, WENN WIR UNS DEM NEUEN, DEM UNBEKANNTEN STELLEN.» (DORIS LEUTHARD, 2013)

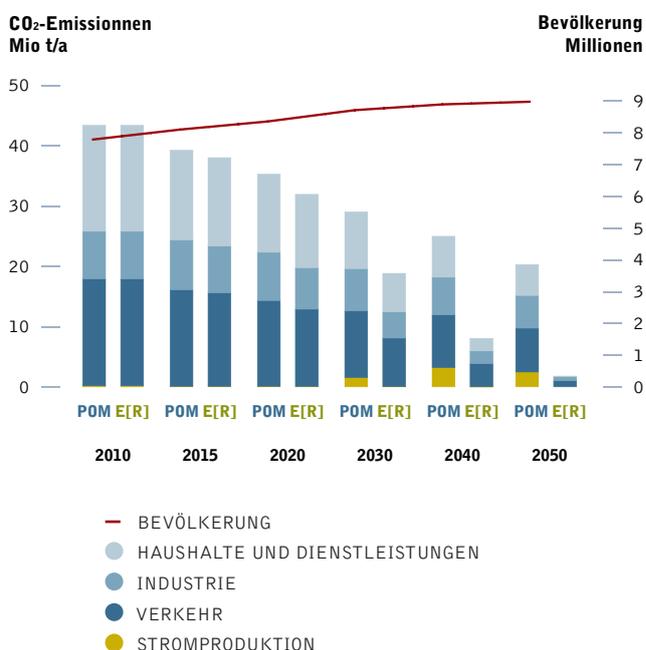


**bild** MONTAGE DER DAMALS GRÖSSTEN PHOTOVOLTAIK AUF-DACH-ABLAGE IN WOHLLEN AG MIT FREIWILLIGEN VON GREENPEACE.

Die Schweizer Energieversorgung ist im Umbruch. Mit den nun beginnenden politischen Beratungen zur Energiestrategie 2050 werden die Gesetzestexte neu geschrieben. Die Messlatte für Zielsetzungen, Rahmenbedingungen und Massnahmen bilden Szenarien, von denen es in der Schweiz schon eine ganze Reihe gibt. Doch keines der bisherigen Schweizer Energieszenarien war ambitioniert genug, um das weltweit anerkannte Klimaschutzziel von maximal 2°C globaler Erwärmung erreichen zu können.

Mit dem Greenpeace-Gesamtenergieszenario «Energy [R]evolution» E[R], das von **unabhängigen Experten** der Systemanalyse-Gruppe am Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) erarbeitet wurde, füllen wir diese Lücke und zeigen, dass eine sichere, **atomstrom- und nahezu CO<sub>2</sub>-freie Energieversorgung** möglich und erschwinglich ist. Im E[R]-Szenario haben die Atomkraftwerke eine Laufzeitbeschränkung von 40 Jahren. Die drei ältesten Reaktoren der Schweiz müssen aus sicherheitstechnischen Gründen sofort vom Netz und 2024 wird mit Leibstadt das letzte AKW abgestellt. **Gleichzeitig sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit -96% gegenüber 1990 deutlich stärker als im Referenzszenario des Bundes «Politische Massnahmen» (POM).**

**Abbildung 0.1: Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren**





Die Schweizer Energy [R]evolution ist eingebettet in ein gesamteuropäisches und ein globales Szenario.<sup>7</sup> Damit zeigen wir lokal wie auch global, auf welche Weise eine Energieversorgung mit kleinstmöglichen Atom- und Klimarisiken aufgebaut werden kann, und zwar ohne die Exploration zusätzlicher fossiler Quellen wie zum Beispiel bei den gefährlichen Ölbohrungen im sensiblen Ökosystem der Arktis.

Der Umbau der Energieversorgung ist für Greenpeace nicht nur eine sorgfältige Szenariorechnung, sondern auch eine Aufforderung, den ständig wachsenden Hunger nach Energie und den unbedachten Umgang mit den Ressourcen unseres Planeten zu hinterfragen. Deswegen zeigen wir als weiteren Vergleich eine **Szenario-Variante «Suffizienz»**. Darin wird der Einfluss einer Stabilisierung der Wohnflächen und der Verkehrsleistungen auf dem Niveau von 2010 ausgewiesen. Bezüglich der CO<sub>2</sub>-Absenkung tragen Suffizienzbemühungen dazu bei, dass in der Summe der Jahre 2010–2050 rund 40 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen zusätzlich eingespart werden.

### Energienachfrage: Dank Effizienz deutlich weniger

Wie in den meisten Energieszenarien geht die Energienachfrage im E[R]-Szenario insgesamt zurück, weil es unter anderem davon ausgeht, dass die riesigen Effizienzpotenziale erschlossen werden. Die Entwicklung ist deutlich ambitionierter als im Referenzszenario POM des Bundes. Sie liegt aber recht nahe beim ambitioniertesten Bundesszenario NEP («Neue Energiepolitik»), das wie die E[R] ein Zielszenario ist.

In der **Szenario-Variante «Suffizienz»** geht der Endenergiebedarf bis 2050 im Vergleich zur E[R] um zusätzliche 11% auf rund 400 PJ/a zurück. Die Elektrizitätsnachfrage sinkt um weitere 8,6 PJ/a und der Wärmebedarf um weitere 60 PJ/a oder 26% bis 2050. Die Stabilisierung der Verkehrsleistungen auf dem Niveau von 2010 hat einen zusätzlichen Verbrauchsrückgang von 5% oder 5 PJ/a im Jahr 2050 zur Folge. Der Rückgang ist hier so gering, weil die Verkehrsleistungen schon im Standardszenario fast auf dem Niveau von 2010 stabilisiert werden. Eine Stabilisierung der Verkehrsleistungen zum Beispiel beim Umfang des Jahres 2000 hätte eine fast dreifach höhere Wirkung.

**Tabelle 0.1: Entwicklung der Endenergienachfrage**

SZENARIO		2010	2020		2050		2050		% (2050/2010)	
		BASIS	POM	E[R]	POM	E[R]	POM	E[R]	POM	E[R]
Endenergienachfrage gesamt	PJ/a	859	779	740	649	552	575	447	70%	52%
<i>Haushalte und Dienstleistungen</i>		441	391	375	334	286	298	244	68%	55%
<i>Industrie</i>		165	334	158	141	123	127	103	77%	62%
<i>Verkehr</i>		253	224	207	174	143	150	100	59%	40%
Endenergie Elektrizität*	PJ/a	215	212	212	212	210	223	215	103%	100%
<i>Haushalte und Dienstleistungen</i>		134	135	126	131	116	138	113	103%	84%
<i>Industrie</i>		69	66	65	57	55	54	48	78%	70%
<i>Verkehr</i>		11	14	19	24	39	32	54	291%	490%
Endenergie Wärme**	PJ/a	402	385	339	316	238	259	186	64%	53%
<i>Haushalte und Dienstleistungen</i>		307	257	249	203	170	161	131	52%	43%
<i>Industrie</i>		96	98	91	84	68	73	55	76%	57%

\*inkl. Elektrizität für Wärmepumpen und Direktheizungen

\*\*ohne Elektrizität

## Energieversorgung: Dezentral erneuerbar und versorgungssicher

Das vorgegebene Klimaziel ist einer der Gründe, warum die Elektrizitätsversorgung im E[R]-Szenario eine zentrale Rolle spielt. Die Verbreitung von Wärmepumpen und Elektromotoren sowie die elektrische Herstellung von Wasserstoff, der anstelle von fossilen Energieträgern in energieintensiver Industrie und im Schwerverkehr benötigt wird, machen die Elektrizität zum wichtigsten Energieträger. Dass der Elektrizitätsverbrauch dennoch stabil bleibt, ist der konsequenten Erschliessung des riesigen, heute praktisch ungenutzten Effizienzpotenzials zu verdanken.

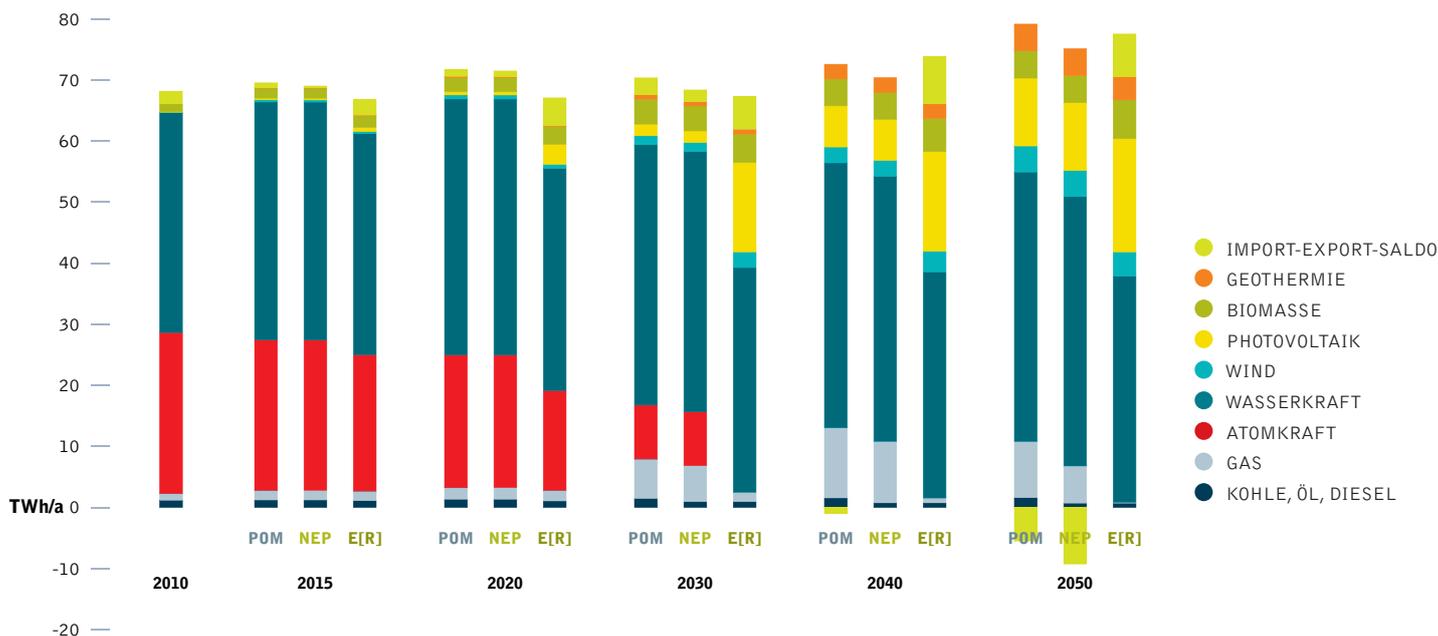
Die **Elektrizitätsproduktion** der E[R] basiert auf dem von den grossen Umweltorganisationen der Schweiz gemeinsam vorgeschlagenen «100PRO»-Strommix<sup>8</sup>, einem möglichst natur- und landschaftsschonenden Mix erneuerbarer Energien. Der

schnelle Ausstieg aus der Atomenergie, der schnelle Zuwachs der Photovoltaik, der Verzicht auf Erdgas, die Zulassung von geringen Netto-Importen und der Verzicht auf einen starken Ausbau der Wasserkraft fallen im Szenariovergleich besonders auf. Die Nutzung von Biomasse und Wind basiert auf ökologischen Potenzialen und einem 400-Windkraftanlagen-Vorschlag der Umweltschutzorganisationen.<sup>9</sup> Die Nutzung der Geothermie ist dieselbe wie in den Bundesszenarien.

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion steigt von 56,7% im Jahr 2010 auf über 95% im Jahr 2025 und auf rund 98% im Jahr 2050. Die Stromnachfrage wird schon 2030 zu 100% mit erneuerbaren Energien gedeckt.

**Stundengenaue Modellierungen** mit realen Wetterdaten zeigen, dass der vorgeschlagene E[R]-Strommix die Versorgung im Sommer und im Winter rund um die Uhr sicherstellen kann.

**Abbildung 0.4: Entwicklung der Stromproduktion – die beiden Bundesszenarien POM und NEP (beide Angebotsvariante C&E<sup>10</sup>) im Vergleich mit dem E[R]-Szenario**



quelle EIGENE BERECHNUNGEN UND PROGNOSE 2012, ANHANG III, S. 31 UND 43.

### referenz

<sup>8</sup> [WWW.UMWELTALLIANZ.CH/STROMZUKUNFT](http://www.umweltallianz.ch/stromzukunft)

<sup>9</sup> VGL. FAKTENBLATT WINDENERGIE:

[HTTP://WWW.UMWELTALLIANZ.CH/FILEADMIN/USER\\_UPLOAD/STROMMIX/FAKTENBLATT\\_WINDENERGIE.PDF](http://www.umweltallianz.ch/fileadmin/user_upload/strommix/faktenblatt_windenergie.pdf)

<sup>10</sup> IN DEN SZENARIEN DES BUNDES WERDEN VERSCHIEDENE STROMANGEBOTS-VARIANTEN UNTERSUCHT. C STEHT FÜR «FOSSIL ZENTRAL» UND E FÜR «ERNEUERBARE ENERGIEN».



Die Stundensimulationen zeigen, dass im Sommer ohne zusätzliche Speicher nicht verwertbare Stromüberschüsse anfallen, selbst wenn die Pumpspeicherleistung auf 5 GW ausgebaut wird.<sup>11</sup> Ohne weitere Speicher müssten die Pumpspeicherwerke im Sommer am Tag mit voller Leistung Solarstrom aufnehmen und diesen in der Nacht wieder verkaufen, weil sonst die Unterbecken nach wenigen Tagen leer sind. Damit es nicht so weit kommt, schlagen wir eine Alternative vor. Für rund 2–4 GW Überschussleistung kommen Speicher zum Einsatz, die tagsüber anfallende Strommengen für Nicht-Strom-Anwendungen verfügbar machen oder längere Zeit speichern. Im E[R]-Szenario wird mit den Überschüssen im Elektrolyseverfahren **Wasserstoff produziert (Power to Gas)**.<sup>12</sup> Dieser Wasserstoff, der in synthetisches Methan weiterverarbeitet werden kann, wird nur zu einem geringen Anteil rückverstromt, weil er aufgrund der Klimaziele dort gebraucht wird, wo eine Substitution von fossilen Energieträgern mit Elektrizität nur begrenzt möglich ist, wie zum Beispiel im Schwerverkehr und in der energieintensive Industrie.<sup>13</sup>

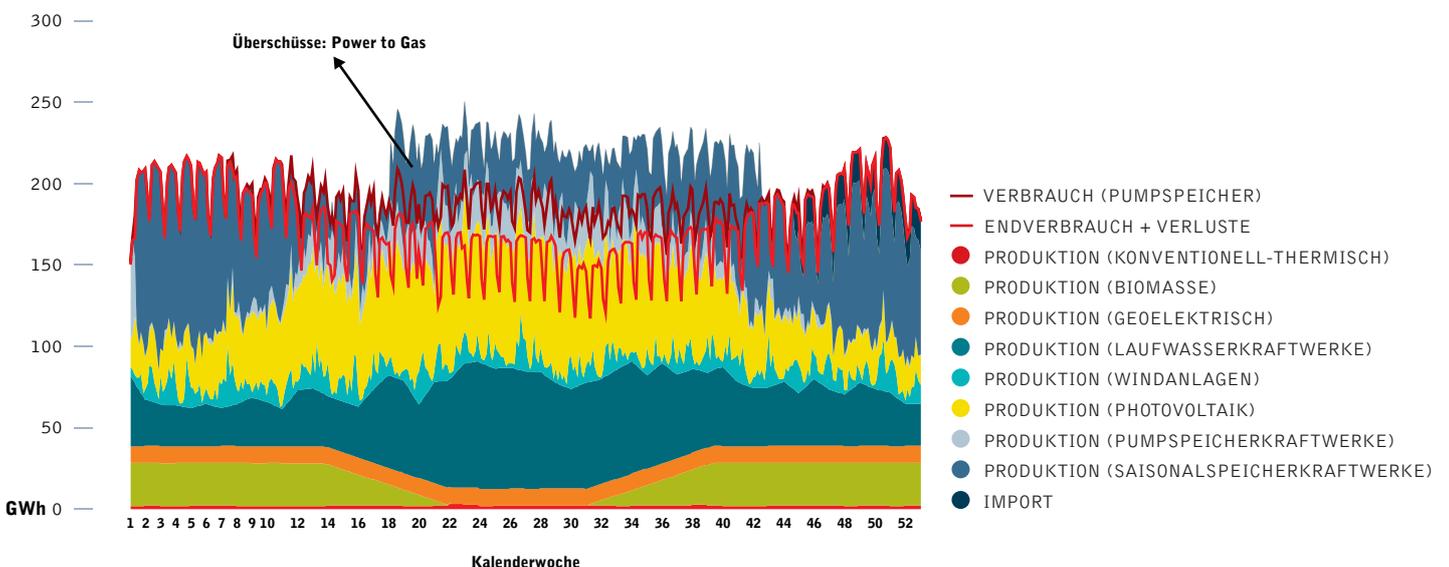
Die **Wärmeversorgung**, die heute zu knapp 75% auf fossilen Energien beruht, muss für das Erreichen der Klimaziele fossilfrei werden. Erneuerbare Energien (inkl. des Erneuerbaren-Anteils der im Wärmebereich eingesetzten Elektrizität) decken 2010 rund 21% des Wärmebedarfs in der Schweiz, wobei einheimisches Holz den grössten Beitrag leistet. Im E[R]-Szenario wird der Wärmebedarf stark verringert, zugleich steigt der Erneuerbaren-Anteil auf 44% im Jahr 2025, auf 66% im Jahr 2035 und auf 97% im Jahr 2050. Die Nutzung von Erdwärme (53%) und Solarthermie (17%) spielt die Hauptrolle: 2050 decken sie zusammen rund 70% des verbleibenden Wärmebedarfs. Dafür ist der Ausbau von regionalen Fernwärmenetzen und Grossspeichern wichtig. Beim Ausbau der

Fernwärmenetze sind Effizienzanstrengungen bei Gebäuden von Beginn weg zu berücksichtigen, da sie den Wärmebedarf verringern und damit die Dimensionierung der Fernwärmenetze beeinflussen. Der verbleibende nicht erneuerbare Anteil stammt zum Teil aus der Abfallverwertung und zum Teil aus einem kleinen Rest fossiler Energien.

Die **Endenergieversorgung des Verkehrs** ist im Jahr 2050 zu 54% vom Strom dominiert. Der Stromverbrauch des Verkehrs wächst von heute 11 PJ/a auf rund 54 PJ/a, was im Jahr 2050 rund 25% des Strombedarfs entspricht. Neben der Stabilisierung der Verkehrsleistungen und der Veränderung der Mobilität in Richtung ressourceneffiziente Fortbewegungsarten (Fuss- und Veloverkehr, elektrifizierte Kleinvehikel und kollektive Verkehrsmittel), bringen hocheffiziente Antriebe mit Hybrid-, Plug-in-Hybrid- und batterieelektrischen Systemen beim motorisierten Individualverkehr mittelfristig erhebliche Effizienzgewinne.

Die Strategie der Energy [R]evolution verschiebt den Anteil der Transportarten zugunsten des öffentlichen Verkehrs, aber dennoch verbleibt der Hauptanteil beim individuellen Strassenverkehr. Dieser ist 2050 noch für 59% des Energieverbrauchs verantwortlich (2010: 76%). Um die Klimaziele trotzdem einhalten zu können, muss sich der Mix an Strassenfahrzeugen stark ändern: Der Anteil von mit Diesel oder Benzin betriebenen Fahrzeugen wird von praktisch 100% im Jahr 2010 auf weniger als 2.5% im Jahr 2050 abnehmen. An ihre Stelle werden Fahrzeuge mit Biogas- oder Biodieselantrieb (17%), reine Elektrofahrzeuge (28%), Fahrzeuge mit Hybridantrieb (39%) und Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb (14%) treten. Statt Wasserstoff kann auch synthetisches Methan zum Einsatz kommen.

**Abbildung 0.3: Stromproduktion im Jahresverlauf 2050 mit dem Strommix des E[R]-Szenarios, gerechnet mit realen Wetterdaten des Jahres 2010 (TAGESAUFLÖSUNG)**



quelle ENERGIEMODELL SCS.

**referenz**

- 11 DAS ENTSPRICHT DEN HEUTE IN BAU UND PLANUNG BEFINDLICHEN WERKEN, DIE VON DEN UMWELTORGANISATIONEN AKZEPTIERT WERDEN.
- 12 WEIL DIE DAFÜR EINGESETZTEN ELEKTROLYSEURE EINEN MÖGLICHT AUSGEGLICHTEN BETRIEB MIT 4000 VOLLASTSTUNDEN BENÖTIGEN, WIRD AUCH EIN TEIL DER IMPORTE DAFÜR VERWENDET.
- 13 IM JAHR 2050 WERDEN 0,7 TWH RÜCKVERSTROMT, WAS 1% DER STROMPRODUKTION ENTSPRICHT.
- 14 IN DER ENERGY [R]EVOLUTION WERDEN NUR NACHHALTIGE BIOMASSE-RESSOURCEN GENUTZT, D.H. PRIMÄR ABFALLBIOMASSE UND ENERGIEHOLZ AUS NACHHALTIG BEWIRTSCHAFTETEN WÄLDERN.

## Umbau der Energieversorgungsstrukturen: Dezentral, vernetzt, realistisch

Die Umsetzung der E[R] braucht **dezentral vernetzte und intelligent gesteuerte Versorgungsstrukturen**. Eine Netzstruktur für die Verbindung von dezentralen erneuerbaren Produktionsanlagen mit smarten Verteilnetzen erlaubt ein zeitnahes Einspeise- und Lastmanagement und unterstützt den Einbezug des Verkehrs. Die CO<sub>2</sub>-intensive Stromproduktion in Europa wird über einen funktionierenden CO<sub>2</sub>-Markt heruntergefahren und Anreize aus dem Strommarkt ermöglichen eine optimale Ausrichtung der erneuerbaren Kapazitäten sowie den optimalen Einsatz von Speichern.

Das **Fallbeispiel Deutschland**, wo der Ausbau der Photovoltaik und der Windkraft viel weiter fortgeschritten ist als in der Schweiz, dient einerseits als Lehrbeispiel für das Setzen von Rahmenbedingungen, andererseits können wir von den aktuellen Problemen in Deutschland lernen. Die Kostenfrage erreicht in der Schweiz nie ein ähnliches Ausmass, weil die Preise für die Photovoltaik seit Beginn der deutschen Förderung um mehr als den Faktor 4 gesunken sind und wir mit einem komfortablen Wasserkraftanteil von knapp 60% ins Rennen gehen.

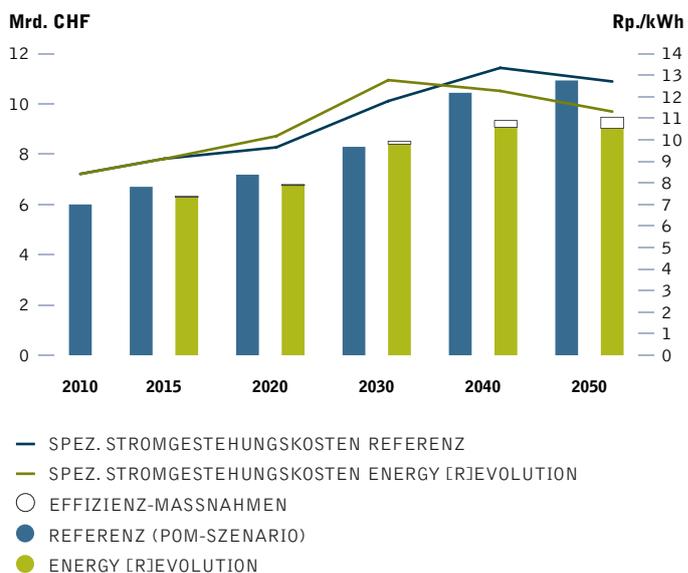
Dass der Umbau der Energieversorgung gelingen kann, zeigt letztlich ein **Szenarienvergleich** von vergangenen E[R]-Szenarien mit solchen der Internationalen Energieagentur (IEA) und der realen Entwicklung: Die Realität hat selbst die kühnsten Ausbauziele der vergangenen E[R]-Szenarien übertroffen, von den konservativen IEA-Schätzungen ganz zu schweigen.

## Wirtschaftlichkeit: Investitionen mit Nutzen und Jobs

Der Umbau der Energieversorgung für die E[R] erfordert Mehrinvestitionen im Vergleich zum Referenzszenario POM. Da erneuerbare Energien Kraftwerke geringe Unterhalts- und Betriebskosten und oft keine Brennstoffkosten ausweisen, sind die jährlichen Kosten der Stromproduktion bei der E[R] tiefer als im Referenzszenario des Bundes. Insgesamt zahlen sich die Mehrinvestitionen daher aus, wie die folgende Abbildung exemplarisch für die Stromproduktion zeigt.

Der verstärkte Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland wird zudem zu neuen Arbeitsplätzen in der Grössenordnung von 11 900 bis 2020 und 6600 Vollzeitäquivalenten im Zeitraum bis 2030. Werden indirekte Jobs sowie jene Jobs hinzugerechnet, die im Energieeffizienzsektor entstehen, können zusätzliche Jobs in der Grössenordnung von 80 000 bis 100 000 bis 2030 führen.

**Abbildung 0.4: Entwicklung der jährlichen Kosten der Stromversorgung und der spezifischen Stromerzeugungskosten in den beiden Szenarien POM und E[R]**





## Jetzt die Weichen stellen

Wir können und müssen jetzt die Weichen für ein Energiesystem stellen, das noch vielen Generationen von Nutzen sein wird. Dazu gehören aus unserer Sicht folgende zentrale Elemente:

1. Die Festlegung von **ambitionierten, gerechten und bindenden Klimazielen**: -30% bis -40% bis 2020, -55% bis 2030 und -95% bis 2050 (im vgl. zu 1990) gemäss den neusten Erkenntnissen des Weltklimarats IPCC.
2. Die sicherheitstechnisch begründete **Festlegung von maximalen Laufzeiten für die Atomkraftwerke auf 40 Jahre**. Damit wird auch Planungs- und Investitionssicherheit für den Umbau der Stromversorgung geschaffen.
3. Die **Abschaffung aller direkten und indirekten staatlichen Unterstützungen für konventionelle Energien**. Aus einer erweiterten Perspektive gehören dazu auch die Streichung der Standortvergünstigungen sowie die Einführung von Unternehmensrichtlinien für Schweizer Firmen, die irgendwo auf der Welt am Abbau von Rohstoffen beteiligt sind.
4. Ein **Verbot von Exploration und Förderung fossiler Energien** in der Schweiz.
5. Die Festlegung von ambitionierten **Mindesteffizienz- und Mindest-CO<sub>2</sub>-Standards** für Bauten, Fahrzeuge und Geräte.
6. Die Einführung eines umfassenden, den Zielsetzungen angepassten Abgabensystems: **CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brenn- und Treibstoffe, Strom- oder Energielenkungsabgabe** für die Erschliessung der brachliegenden Effizienzpotenziale. Solche Abgaben sollen in eine ökologische Steuerreform überführt werden.
7. Die Schaffung eines gesetzlichen Rahmens mit **verpflichtenden Effizienzzielen für Energieversorger**, die aktiv zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen müssen.
8. Die **Optimierung der kostendeckenden Einspeisevergütung**: Förderung von Projekten mit hoher Qualität und Aufhebung der Deckelung für Photovoltaikanlagen auf bestehenden Infrastrukturen. Die Schweizer Energiewende soll verwirklicht werden, ohne die bestehende Gewässer-, Natur- und Heimatschutzgesetzgebung aufzuweichen.
9. Die verstärkte **Forschung für die Sicherstellung einer 100% erneuerbaren und klimaschonenden Energieversorgung**. Dabei sollen wichtigen Aspekte des gesellschaftlichen Wandels, der mit dem Umbau der Energieversorgung verbunden ist, einbezogen werden.

Damit wir als Gesellschaft auch im Bereich der Suffizienz Schritte unternehmen können, sind mittelfristig sämtliche Anreize für nicht suffizientes Verhalten zu beseitigen. Als Beispiele seien der kontinuierliche Ausbau von Strassen, grosszügige Neueinzonungen von Bauland auf der grünen Wiese, der deutlich zu billige Flugverkehr und die Überschreitung von Luftschutzgrenzwerten ohne Folgen für die Verursacher genannt.

Mit dem Paket des Bundesrats zur Energiestrategie 2050 liegen viele Massnahmen auf dem Tisch. Viele zeigen in die richtige Richtung, sie genügen aber noch nicht, um die Ziele zu erreichen, und verlangsamen die Energiewende, vorab im Bereich Energieeffizienz und beim Zubau von Solarstromanlagen. Andere Massnahmen schlagen unnötige Konzessionen im Bereich der Wasserkraft und der fossilen Stromerzeugung vor. Beides ist nicht nötig. Eine CO<sub>2</sub>-Abgabenbefreiung für die fossile Stromproduktion würde eine Klimapolitik torpedieren, die das 2-Grad-Erwärmungsziel einhalten will.

Die Verschiebung wichtiger Massnahmen in eine zweite Phase, wie dies der Bundesrat vorschlägt, ist nicht zielführend. Massnahmen, die sofort umgesetzt werden können, sind auch sofort anzugehen, allein schon wegen der Dringlichkeit des Klimaschutzes und der je länger, je höheren Anpassungskosten an den Klimawandel. Die zügige Umsetzung ist volkswirtschaftlich sinnvoll und eine Investition in eine lebenswerte Zukunft.