



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

August 2012

Das Potenzial der erneuerbaren Energien bei der Elektrizitätsproduktion

**Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung nach Artikel 28b Absatz 2
des Energiegesetzes**



Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung.....	3
1.1	Ausgangslage.....	3
1.2	Gegenstand und Begriffsdefinition	3
1.3	Inhaltsübersicht	4
2.	Potenzial der erneuerbaren Energien bei der Elektrizitätsproduktion	5
2.1	Erschlossenes Potenzial	5
2.2	Zukünftiges Potenzial	8
2.2.1	Photovoltaik.....	9
2.2.2	Windenergie	10
2.2.3	Biomasse.....	10
2.2.4	KVA	11
2.2.5	Geothermie.....	11
2.2.6	Wasserkraft	11
3.	Schlussfolgerungen.....	13
4.	Literatur	14
5.	Anhang.....	15



1. Einführung

1.1 Ausgangslage

2010 hat das Parlament den maximalen Zuschlag auf die Übertragungskosten der Hochspannungsnetze von anfänglich 0,6 Rappen/kWh auf 1,0 Rappen/kWh per 1. Januar 2013 erhöht (Art. 15b und Art. 28b EnG). Mit diesem Zuschlag wird unter anderem die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) finanziert. Zusammen mit der Erhöhung des Netzzuschlags erhielt der Bundesrat den Auftrag, der Bundesversammlung bis 30. Juni 2012 einen Bericht zu unterbreiten. Der Bericht soll einen Überblick über das erschlossene und das zukünftige Potenzial der einzelnen Teilbereiche der Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien vermitteln (Art. 28b Abs. 2 EnG). Mit dem vorliegenden Bericht wird dieser Auftrag erfüllt.

1.2 Gegenstand und Begriffsdefinition

Im Zentrum des Berichts steht die Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien. Dazu gehören Wasserkraft, Sonnenenergie, Windenergie, Biomasse (Holz, Biogas, Abwasserreinigungsanlagen ARA), Geothermie und erneuerbare Abfallbestandteile.

Unter dem erschlossenen Potenzial wird im vorliegenden Bericht die effektiv produzierte Elektrizität verstanden. Zu deren Beschreibung wird auf die vom Bundesamt für Energie (BFE) publizierten Daten der schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien zurückgegriffen.

Für die Einschätzung der zukünftigen Anteile der erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion gilt es, den Begriff Potenzial genauer zu definieren. Folgende Definition ist den Energieperspektiven 2035 entnommen.¹

- Das *theoretische Potenzial* bezieht sich auf das gesamte physikalische Angebot eines Energieträgers im betrachteten Untersuchungsgebiet ohne Berücksichtigung der tatsächlichen nutzungsbedingten Einschränkungen.
- Das *technische Potenzial* ist der Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist. Da das technische Potenzial technologieabhängig ist, ändert sich das Potenzial über die Zeit hinweg.
- Das *erwartete Potenzial* ist der Anteil des technischen Potenzials, das die Kriterien „ökologisch“, „wirtschaftlich“ und „sozial akzeptiert“ erfüllt:
 - Ökologisch ist das Potenzial, wenn es zu keiner zusätzlichen dauerhaften und irreversiblen Beeinträchtigung des Lebensraums in Bezug auf Diversität und Wechselwirkungen sowohl zwischen den Lebewesen als auch zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt kommt.
 - Wirtschaftlich ist das Potenzial, wenn die Gesamtkosten für die Energieumwandlung einer Energiequelle in der gleichen Bandbreite liegen wie die Kosten konkurrierender Systeme. Die Bestimmung des wirtschaftlichen Potenzials ist von Annahmen und schwankenden Einflussparametern abhängig (z.B. Zinssatz, Abschreibungsdauer, Preisentwicklungen etc.).
 - Die soziale Akzeptanz berücksichtigt die positive oder negative Haltung von Individuen oder Gruppen gegenüber einem Energieträger, die nicht ökologisch oder wirtschaftlich begründet sind (z.B. Landschaftschutz).

Das erwartete Potenzial berücksichtigt Einschränkungen und Hindernisse, die dem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Wege stehen können. Deshalb wird der Begriff erwartetes Potenzial für die Beschreibung des zukünftigen Potenzials der Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien verwendet.

¹ vgl. dazu BFE (2007): Die Energieperspektiven 2035 – Band 5. Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebots, S. 53-55.



1.3 Inhaltsübersicht

Der Bericht ist in zwei Kapitel gegliedert. Im ersten Kapitel wird das erschlossene Potenzial der erneuerbaren Energien für die Elektrizitätsproduktion beleuchtet. Grundlage dazu sind die zur Verfügung stehenden Daten aus der schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien, die das BFE jährlich publiziert.

Im Rahmen der Überarbeitung der Energieperspektiven 2035 werden auch die technischen und erwarteten Potenziale überprüft und angepasst. Diese Arbeiten sind Bestandteil der Energiestrategie 2050. Das zweite Kapitel stützt sich auf die ersten Resultate dieser Arbeiten, die im Mai 2011 veröffentlicht wurden.

Auf konkrete Empfehlungen zur Erschliessung und Förderung des Potenzials wird im vorliegenden Bericht bewusst verzichtet. Diese sind Bestandteil der laufenden Arbeiten im Rahmen der Energiestrategie 2050 und werden in der dazugehörigen Vernehmlassungsvorlage vorgestellt.



2. Potenzial der erneuerbaren Energien bei der Elektrizitätsproduktion

2.1 Erschlossenes Potenzial

In der vom BFE publizierten schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien werden die Daten zu den erneuerbaren Energien aus verschiedensten Quellen und Teilstatistiken zusammengetragen, ausgewertet und kommentiert. Die Statistik enthält Informationen zum Energieverbrauch und zur Energieproduktion, aufgeschlüsselt nach Technologien. Die Ausführungen in diesem Bericht basieren auf den in dieser Statistik enthaltenen Zahlen.²

Seit 1990 hat sich die Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien je nach Energieträger unterschiedlich entwickelt (vgl. Abbildung 2). Die teilweise starken Schwankungen bei der Produktion aus Wasserkraft erklären sich durch die unterschiedlichen hydrologischen Verhältnisse. So kann sie jährlich um 4 TWh schwanken. Trotz der Schwankungen kann in der Tendenz eine leichte Produktionszunahme festgestellt werden. Produzierten Wasserkraftwerke 1990 30'675 GWh_{el}, waren es 2011 33'795 GWh_{el}.

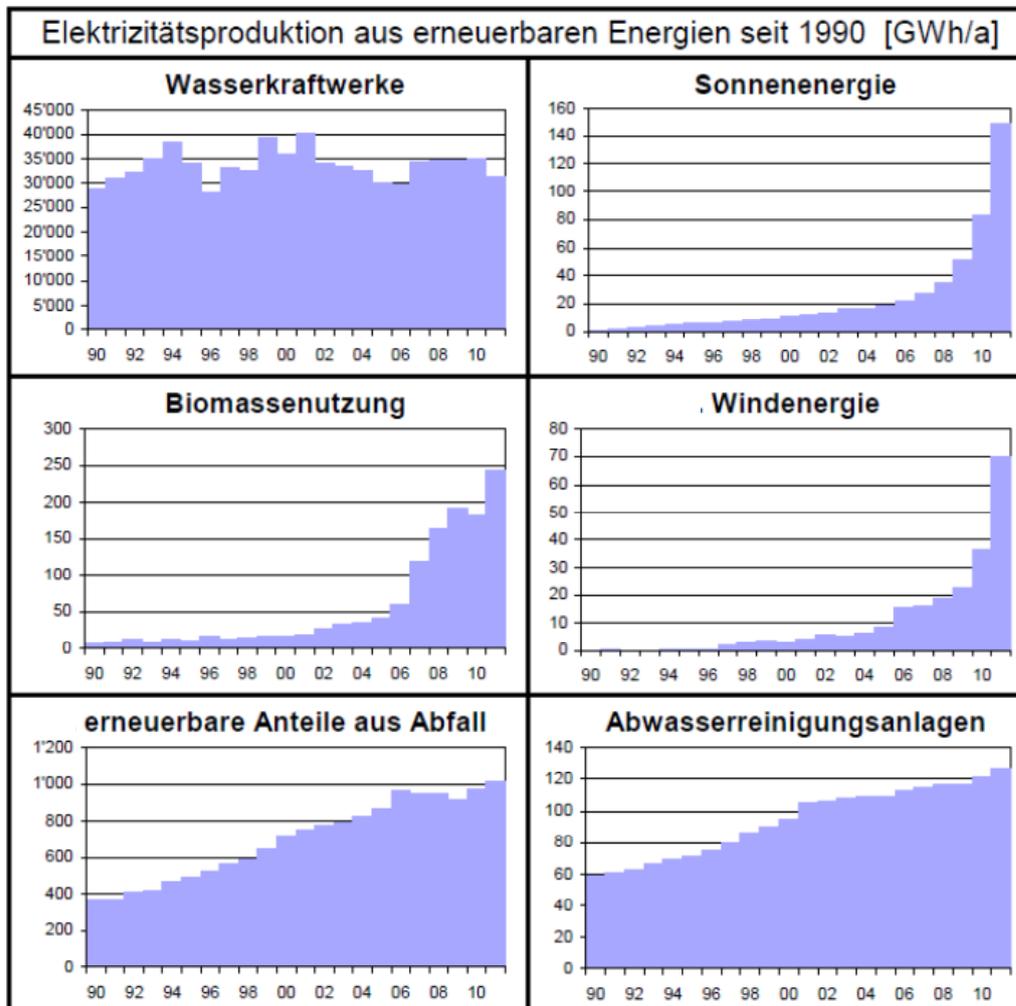


Abb. 1: Entwicklung der Elektrizitätsproduktion seit 1990 nach Technologien³

² vgl. dazu BFE 2012

³ BFE 2012a: S. 7



Am stärksten zugenommen hat seit 1990 die Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Abfallbestandteilen (1990: 372 GWh_{el}, 2011: 1'012 GWh_{el}). Dazu gehören Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA), Biogas aus Gewerbe und Industrie, Feuerungen für erneuerbare Abfälle und Deponiegas. Eine ähnliche Entwicklung, wenn auch auf viel tieferem Niveau, zeigt sich bei der Elektrizitätsproduktion aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA). Ihr Anteil an der Elektrizitätsproduktion hat sich in den letzten 20 Jahren verdoppelt (1990: 59 GWh_{el}, 2011: 127 GWh_{el}). Die Nutzung von Biomasse (automatische Feuerungen aus Holz, Feuerungen mit Holzanteilen und Biogas aus Landwirtschaft) war bis 2006 kaum relevant. Seither hat die Elektrizitätsproduktion aus diesem Energieträger deutlich zugenommen (1990: 7 GWh_{el}, 2011: 244 GWh_{el}). Auch die Produktion aus Sonnen- (1990: 1 GWh_{el}, 2011: 149 GWh_{el}) und Windenergie (1990: 0 GWh_{el}, 2011: 70 GWh_{el}) hat erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Im Vergleich mit den anderen erneuerbaren Technologien ist ihr erschlossenes Potenzial allerdings noch bescheiden.

Ein detaillierter Blick auf die Entwicklung seit 2000 zeigt, dass im Bereich der erneuerbaren Abfallbestandteile vor allem die KVA Ton angehend sind. Bereits im Jahr 2000 lieferten sie 634 GWh_{el}. Seit 2006 bewegt sich ihr Anteil an der Elektrizitätsproduktion um 900 GWh_{el}.

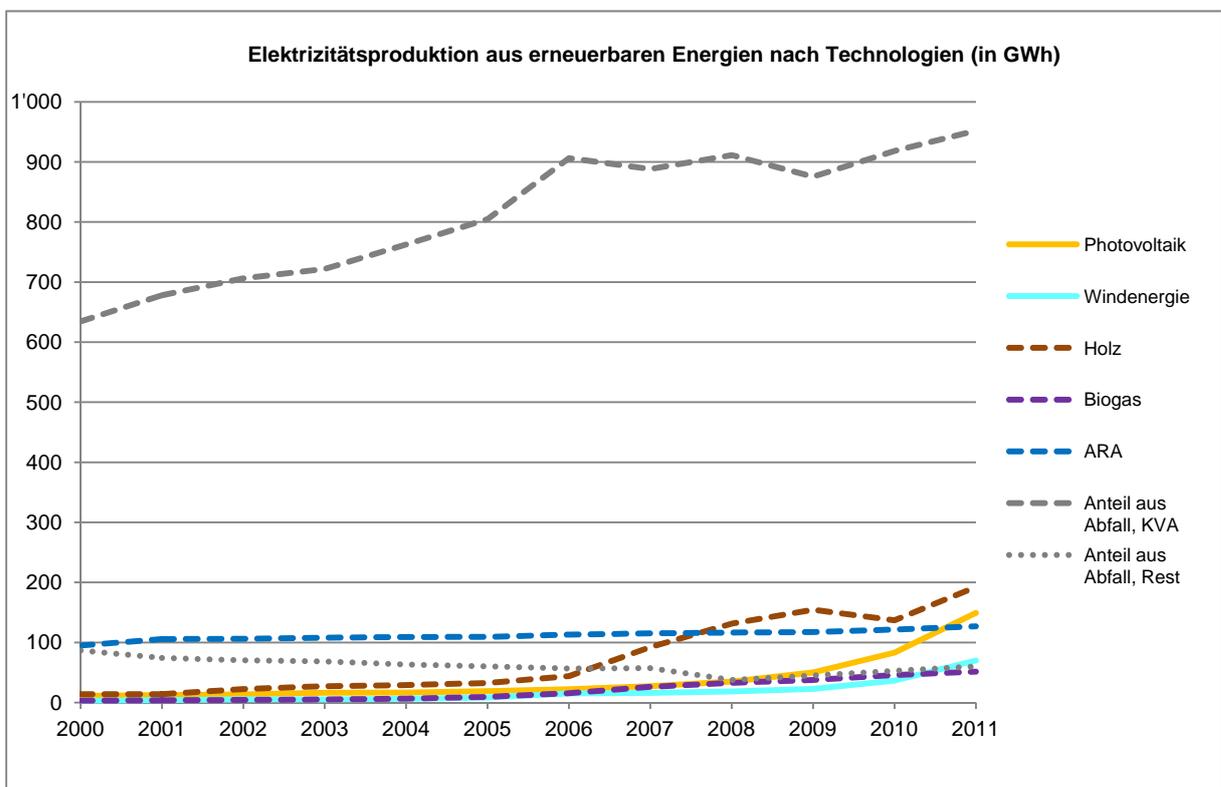


Abb. 2: Entwicklung in den Bereichen der neuen erneuerbaren Energien im Zeitraum von 2000 bis 2011⁴

Bei der Biomasse ist vor allem der Energieträger Holz der treibende Faktor. Innert elf Jahren konnte er seinen Anteil an der Elektrizitätsproduktion stark erhöhen (2000: 14 GWh_{el}, 2006: 44 GWh_{el}, 2011: 192 GWh_{el}). Auch die Produktion aus landwirtschaftlichem Biogas konnte seit 2006 gesteigert werden. 2011 wurde 15mal mehr Strom aus Biogas produziert als noch 2000 (2000: 3 GWh_{el}, 2006: 16 GWh_{el}, 2010: 51 GWh_{el}).

Die Produktion aus Sonnen- und Windenergie zeigt seit 2006 ebenfalls eine deutlich höhere Steigerung als in den Jahren davor (Sonne 2000: 11 GWh_{el}, 2006: 22 GWh_{el}, 2011: 149 GWh_{el} / Wind 2000: 3 GWh_{el}, 2006: 15 GWh_{el}, 2011: 70 GWh_{el}).

⁴ BFE 2012a



Tab. 1: Anteile einzelner Technologien in GWh_{el} an der Elektrizitätsproduktion, 2006-2011⁵

Technologie	2006	2007	2008	2009*	2010	2011
Photovoltaik	22.4	27.4	34.9	50.4	83.3	149.1
Windenergie	15.3	16.0	18.5	22.6	36.6	70.1
Biogas Landwirtschaft	15.5	26.2	32.8	37.4	45.8	51.3
KVA	906.0	888.2	911.3	875.4	918.2	951.9

* Einführungsjahr KEV

Bei beiden Technologien fällt vor allem die deutliche Erhöhung der Stromproduktion von 2010 bis 2011 auf. Für den höheren Anteil der Produktion aus Photovoltaik sind verschiedene Faktoren verantwortlich. Zum einen wurde Mitte 2011 ein Zubaukontingent von 50 MW Leistung freigegeben, was gut 1'800 Anlagen entspricht. Damit war das Kontingent rund neunmal grösser als die bisherigen jährlichen Zubaukontingente. Zum anderen haben auch kantonale umgesetzte Förderprogramme zu einem Ausbau von Photovoltaikanlagen geführt. Die Steigerung der Stromproduktion aus Windenergie erklärt sich mit dem Ausbau des Windparks in Mont Crosin. Seit September 2010 sind dort acht neue und somit insgesamt 16 Windkraftanlagen in Betrieb.

Die 2006 einsetzende Zunahme der Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern hängt mit den damals laufenden Revisionsarbeiten am Energiegesetz (EnG) und an der Energieverordnung (EnV) zusammen. Diese setzten positive Anreize zur Förderung von erneuerbaren Energien. Ab 1. Mai 2008 konnten Anlagen für die KEV angemeldet werden. Die KEV selbst trat am 1. Januar 2009 in Kraft. Die grosse Nachfrage nach der KEV führte bereits 2009 zur Ausschöpfung der zur Verfügung stehenden Mittel. Das BFE musste deshalb im Februar 2009 einen Bescheidstopp veranlassen. Swissgrid führte daraufhin eine Warteliste für Neuanmeldungen ein, was dazu führte, dass eine Vielzahl von Projekten nicht umgesetzt wurde. Davon besonders betroffen sind Photovoltaik-Projekte.⁶

Tab. 2: Angemeldete Energiemengen (in GWh_{el}) und Projekte in der KEV, Stand 1.1.2012⁷

Technologie	in Betrieb		Fortschritts- meldung erfolgt		pos. Bescheid ausgestellt		Warteliste	
	in GWh _{el}	Anz. Projekte	in GWh _{el}	Anz. Projekte	in GWh _{el}	Anz. Projekte	in GWh _{el}	Anz. Projekte
Biomasse	632	180	479	23	246	40	473	170
Geothermie	0	0	0	0	0	4	12	4
Photovoltaik	31	3'829	2	134	32	1'213	255	11'992
Kleinwasserkraft	417	254	32	19	1'420	368	646	348
Windenergie	45	14	0.001	3	1'658	360	1'689	473

Hinzu kommt, dass die Realisierung der angemeldeten Anlagen mehr Zeit als ursprünglich geplant in Anspruch nimmt. Ursache für die zeitliche Verzögerung sind die oftmals langwierigen Bewilligungsverfahren und Einsprachen. Einzig im Bereich Photovoltaik können die freigegebenen Projekte in den geplanten Zeiträumen realisiert werden.

⁵ BFE 2012a

⁶ Ab 2013 stehen pro Jahr rund 500 Millionen Franken aus dem EnG-Fonds zur Förderung der erneuerbaren Energien zur Verfügung. Die Verteilung der Mittel nach Technologien wird mittels einer so genannten *Deckelbewirtschaftung* geregelt (Art. 7a Absatz 4 EnG). Demnach erhält jede Technologie bis zu einem vorgegebenen Maximum Mittel (Teildeckel) aus dem zur Verfügung stehenden Total (Gesamdeckel).

⁷ Die Angaben stammen aus der KEV-Datenbank von Swissgrid.



Diese Probleme der KEV sowie bei den Bewilligungsverfahren sind erkannt. Im Rahmen der Energiestrategie 2050 werden Lösungsvorschläge zur Optimierung des Einspeisevergütungssystems in Bezug auf die Vergütungssätze sowie auf den Vollzug erarbeitet. Zudem werden Massnahmen wie eine gemeinsame Planung der Kantone bezüglich des Baus von Anlagen zur Stromproduktion aus erneuerbaren Energien geprüft. Diese Massnahmen werden in der Vernehmlassungsvorlage zur Energiestrategie 2050 im Detail vorgestellt.

2.2 Zukünftiges Potenzial

Das BFE erarbeitet seit Mitte der 1970er-Jahre zusammen mit externen Fachleuten periodisch Energieperspektiven. Diese zeigen die Optionen für die Planung einer langfristigen und nachhaltigen Energiepolitik auf. Im Rahmen der Erarbeitung der Energieperspektiven werden verschiedene energiewirtschaftliche Modelle erstellt, die als Grundlage für mögliche Energieszenarien dienen. Dabei werden sowohl die Entwicklung der Energienachfrage als auch die Potenziale der verschiedenen Energieträger resp. das Energieangebot abgeschätzt.

Die zugrunde liegenden Modellannahmen sowie die technischen Potenziale werden jeweils vom BFE zusammen mit Technologiespezialistinnen und -spezialisten im Rahmen der Arbeiten überprüft und aktualisiert.⁸ Als zukünftiges Potenzial wird das in den Energieperspektiven beschriebene erwartete Ausbaupotenzial verstanden. In den Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates vom Mai 2011 wird folgendes Ausbauziel erwartet:

Tab. 3: Erwartetes Ausbaupotenzial in GWh_{el}/a

Potenzial	Technisch	Erwartet in 2050	Zubaubedarf ab 2009
Photovoltaik	15'000-18'000	10'415	10'397
Windenergie	n.a.	4'012	4000
Biomasse (Holzgas)	nicht verwendet	0	0
Geothermie	n.a.	4'378	4'378
Biomasse (Holz)	1'700	1'139	1'105
Biogas	2'300	1'447	1'430
ARA	n.a.	407	300
KVA (50% EE Anteil)	1'675	1'727	998
Deponiegas	n.a.	29	0

Ein Vergleich der Ausbaupotenziale nach Technologien zeigt folgendes Bild: Das grösste Potenzial für die Elektrizitätsproduktion hat die Sonnenenergie. Für 2020 wird mit einem Anteil von 535 GWh_{el} gerechnet, der sich bis 2035 auf 2'929 GWh_{el} und bis 2050 auf 10'397 GWh_{el} erhöhen kann. Auch für Windenergie wird von einem guten Ausbaupotenzial ausgegangen. 2020 kann sie 584 GWh_{el} produzieren. Dieser Anteil kann bis 2035 auf 1'492 GWh_{el} und bis 2050 gar auf 4'000 GWh_{el} erhöht werden. Bei der Geothermie liegt das Potenzial 2020 bei 276 GWh_{el}. Dieses kann 2035 auf 1'084 GWh_{el} und 2050 auf 4'378 GWh_{el} gesteigert werden. Bei Holz und Biogas wird bis 2035 mit einem weiteren Ausbau gerechnet. So wird Holz 2020 471 GWh_{el}, ab 2035 1'105 GWh_{el} liefern. Für den Anteil des Biogases an der Elektrizitätsproduktion wird für 2020 mit 605 GWh_{el} gerechnet, um dann bis 2035 nochmals auf 1'430 GWh_{el} gesteigert zu werden.

⁸ BFE 2011

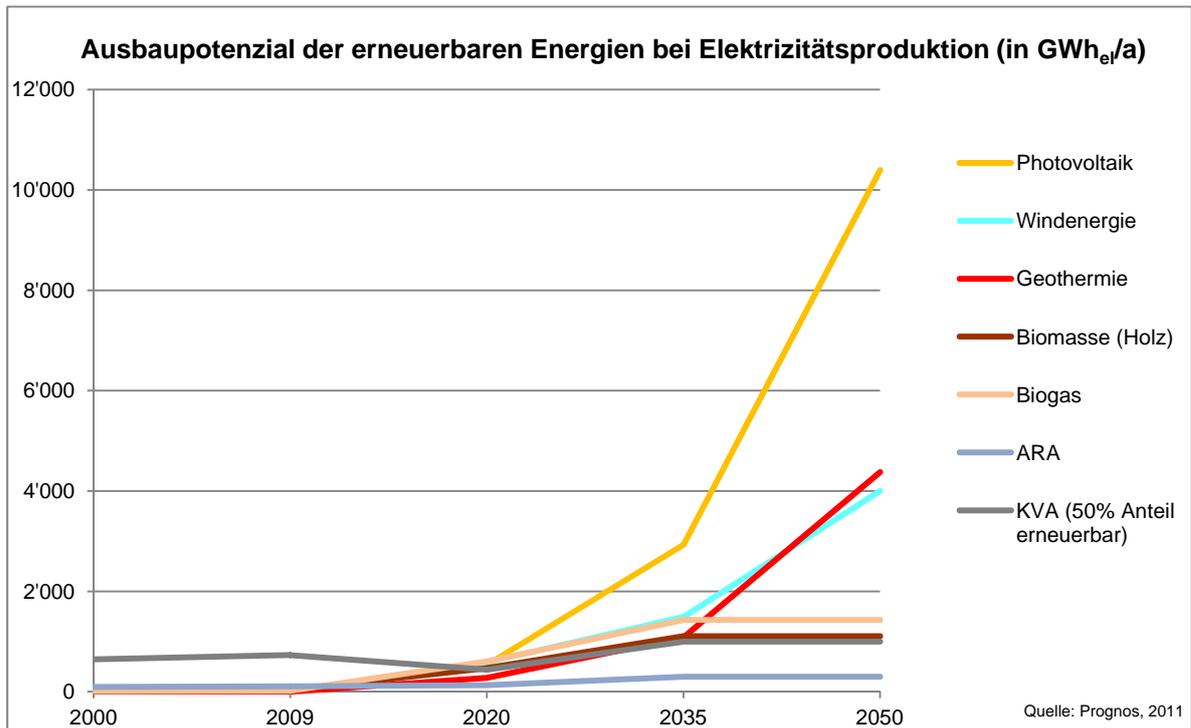


Abb. 3: Ausbaupotenzial der erneuerbaren Elektrizitätsproduktion nach Technologie⁹

Das erwartete Ausbaupotenzial der erneuerbaren Stromproduktion ist bedeutend, wird aber durch wirtschaftliche, ökologische, gesellschaftliche und raumplanerische Hemmnisse begrenzt. So ist der Betrieb von erneuerbaren Stromproduktionsanlagen in vielen Fällen unwirtschaftlich, da die Gestehungskosten höher sind als der Preis des durchschnittlichen Energiemixes in der Schweiz. Viele Anlagebetreiber sind deshalb auf die KEV angewiesen. Zudem stellen auch erneuerbare Stromproduktionsanlagen Eingriffe in die Landschaft und die Natur dar, was Widerstände bei der betroffenen Bevölkerung und den Interessensverbänden auslöst. In vielen Fällen haben Kantone und Gemeinden noch keine Gebietsausscheidungen gemacht, welche die für die Nutzung von erneuerbaren Energien geeigneten Gebiete speziell bezeichnen. Dies führt dazu, dass jeder neue Standort von neuem bezüglich Schutz und Nutzen beurteilt werden muss. Das wirkt sich auf die Komplexität und die Dauer von Bewilligungsverfahren negativ aus. Dazu kommen technologiespezifischen Faktoren und Hemmnisse (vgl. Kapitel 2.2.1 bis 2.2.5).

2.2.1 Photovoltaik

Photovoltaikanlagen sollen gemäss Strategie vor allem auf bereits überbauten Flächen realisiert werden. Studien vom BAFU und der IEA¹⁰ weisen alleine für die Gebäudedächer ein sozial akzeptiertes Potenzial von 15 bis 35 TWh Jahresproduktion aus. Freiflächenanlagen, wie sie in unseren Nachbarländern üblich sind und weitere Infrastrukturanlagen (Lärmschutzeinrichtungen, Überdachungen von Verkehrs- und Parkflächen) sind im Potenzial nicht eingerechnet. Mit den weiterhin stark fallenden Preisen für Photovoltaikanlagen wird es in einigen Jahren zum Standard gehören, eine PV-Anlage auf oder am Gebäude zu installieren. Die heute meistverbreiteten Module mit kristallinen Siliziumzellen (>90% Marktanteil) verwenden keine oder nur unbedeutende Mengen von seltenen Rohstoffen und können weitgehend recycelt werden. Rohstoffengpässe sind nicht zu erwarten. Kritisch für die Entwicklung der Photovoltaik ist der Zubaupfad. Wird zu wenig zugebaut, ergeben sich ungenügende Lernkurveneffekte. Muss dann später (unter Zeitdruck) schneller zugebaut werden, treibt die grosse Nachfrage die Preise in die Höhe. Bei einem zu schnellen Ausbau entstehen

⁹ BFE 2011: S. 37

¹⁰ BAFU 2012 und IEA (2002)



zu viele noch zu teure Anlagen. Ideal wäre eine Zuwachsentwicklung im Gleichschritt mit den umliegenden Ländern, um Ausweicheffekte zu minimieren.

2.2.2 Windenergie

Die Entwicklung der Windenergie in der Schweiz geschieht im Vergleich mit den Nachbarländern (insbesondere Deutschland) mit ca. 20 Jahren Verzögerung. Windenergieanlagen sind in der Schweiz noch weitgehend unbekannt. Eine Mehrheit der Bevölkerung und die für die Planung und Bewilligung zuständigen Behörden haben keine oder nur wenig Erfahrung mit Windenergieanlagen.

Grundsätzliche Fragen zum Nutzen und zu den Auswirkungen von Windenergieanlagen werden heute in der Schweiz noch bei jedem Projekt erneut diskutiert. Zudem ist die Schweiz dicht besiedelt und es leben potenziell mehr Personen im Sichtbereich von Windenergieanlagen als in grossflächigen Ländern. Die gut ausgebauten Mitspracherechte der betroffenen Bevölkerungsgruppen und der einspracheberechtigten Organisationen können Projekte auf Jahre hinaus verzögern oder gar verhindern. Die wichtigsten Diskussionspunkte im Zusammenhang mit dem Bau von Windenergieanlagen sind:

- **Landschaftsschutz:** Moderne Windenergieanlagen sind weit herum sichtbar und stehen im Konflikt mit Landschaftsschutzgebieten. Alleine die Gebiete im Bundesinventar der Landschaften von nationaler Bedeutung (BLN) machen 20 Prozent der Landesfläche aus. Hinzu kommen kantonale Schutzgebiete und Naturpärke.
- **Schutz von Vögeln und Fledermäusen.** Verschiedene Vogel- und Fledermausarten sind unterschiedlich von Windenergieanlagen betroffen. Die Schlagopferzahlen bei Vögeln sind verglichen mit natürlichen Verlusten sehr gering. Die Habitate von gefährdeten Arten sollten von Windenergieanlagen frei gehalten werden oder durch Kompensationsmassnahmen erhalten bleiben.
- **Lärm und Infraschall.** Lärm kann das Wohlbefinden beeinträchtigen. Aus diesem Grund müssen Windenergieanlagen die Vorschriften der Lärmschutzverordnung LSV für Industrieanlagen einhalten. Eine breit angelegte Studie des Gesundheitsamtes des Staates Massachusetts (USA) aus dem Jahr 2012 zeigt, dass unter Einhaltung der Lärmgrenzwerte keine negativen Auswirkungen von Geräuschen von Windenergieanlagen auf die Gesundheit der Anwohnenden nachgewiesen werden können¹¹.
- **Flugsicherheit.** Im Bereich der Landesflughäfen können grosse Windenergieanlagen Probleme bei der Flugleitung (ATC) und bei den Instrumentlandesystemen (ILS) verursachen. Technische Lösungen für diese Probleme existieren bereits und sind im Einsatz, verursachen aber Mehrkosten. Grosse Windenergieanlagen sind zudem Luftfahrthindernisse für die Fliegerei im Bereich von 100 bis 200m über Grund und müssen daher farblich und mit Nachtlichtern gekennzeichnet werden.

2.2.3 Biomasse

Als einheimische Ressource und CO₂-arme Energiequelle leistet Biomasse einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit, zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele der Schweiz sowie zur regionalen Wertschöpfung. Die Flexibilität bei der Bereitstellung von verschiedenen Energieformen (Strom, Wärme, Treibstoff) und die Möglichkeit der Nutzung von Synergien mit anderen Bereichen (z.B. Landwirtschaft, Abfallverwertung) sind weitere Stärken. Die inländischen Potenziale zur energetischen Nutzung sind allerdings beschränkt und die Energiedichte von Biomasse vergleichsweise tief. Biomasseanlagen sind kapitalintensiv und zudem stark abhängig von Substrat- bzw. Brennstoffkosten. Potenziell negative Umweltauswirkungen (z.B. Emissionen) sind weitere Schwächen der Biomasseenergie. Die energetische Nutzung von Biomasse darf weder im Inland noch im Ausland zu direkten oder indi-rekten Verdrängungseffekten zu Lasten der Nahrungsmittelproduktion oder der biologischen Vielfalt führen. In der Schweiz liegt der Selbstversorgungsgrad an Nahrungsmitteln bei rund 56 Prozent¹². Es sollen deshalb in erster Linie biogene Abfälle, Hofdünger und Reststoffe aus der land-

¹¹ MassDEP 2012

¹² BLW 2011



und forstwirtschaftlichen Produktion genutzt werden. Der Anbau von Energiepflanzen im grossen Stil ist in der Schweiz demnach nicht sinnvoll.

Im Bereich der **Holzenergie** ist ein Zubau für weitere 2 Mio. m³ Energieholz oder ca. 2'000 GWh Nutzenenergie möglich (2010: 4.2 Mio. m³ = 7'300 GWh Wärme, 300 GWh Strom; Energieholzpotezial ca. 6.3 Mio. m³ = ca. 10'000 GWh). Im Bereich **übrige Biomasse** (ohne Holz) gibt es ungenutzte Potenziale in der Landwirtschaft (Ernterückstände, Hofdünger). Bei der energetischen Nutzung von Hofdüngern ist die geringe Energiedichte jedoch eine Herausforderung. Für einen wirtschaftlichen Betrieb benötigen die Anlagen meist energiereiche CO-Substrate, deren Verfügbarkeit nicht immer in ausreichender Menge und in kurzer Distanz gewährleistet ist. Mit zunehmender Anzahl Anlagen treten zudem Fragen der Akzeptanz (Geruchsemissionen) in den Vordergrund. Bewilligungsbehörden reagieren unterschiedlich auf solche Herausforderungen, sodass je nach Kanton die entsprechenden Auflagen auch anders ausfallen.

2.2.4 KVA

In der Schweiz fallen rund 5.5 Millionen Tonnen **Siedlungsabfälle** an. Davon werden 50 Prozent dem Recycling zugeführt; die andere Hälfte wird thermisch in KVA verwertet. In der Kehrrichtverbrennung werden 3.6 Millionen Tonnen Abfälle mit rund 11'500 GWh Energieinhalt verbrannt. Nach dem Eigenverbrauch der KVA von 930 GWh beträgt die Abgabe an Strom rund 1'400 GWh und an Wärme rund 2'800 GWh. Durch den weiteren Ausbau der bewährten Getrenntsammlung können organische Abfälle sowohl stofflich (Kompost, Dünger) als auch energetisch (Biogas, Strom/Wärme) optimal genutzt werden.

2.2.5 Geothermie

Die Erfolgchancen für Projekte zur Stromproduktion aus Tiefengeothermie in der Schweiz liegen heute im tiefen zweistelligen Prozentbereich. Die Explorationskosten (Bohr- und Testkosten) bewegen sich typischerweise im Bereich von mehreren zehn Millionen Franken. Die Kombination dieser beiden Faktoren stellt eine sehr hohe Hürde für Investoren dar.

Eine Senkung des Fündigkeitsrisikos ist mit besserer Kenntnis des Untergrunds und mit grösserer Erfahrung bei der Erschliessung der (natürlichen oder künstlichen) Reservoirs zu erreichen. Die Senkung der Explorationskosten kann in erster Linie durch eine Steigerung der Anzahl ausgeführter Bohrungen erreicht werden. Beide Effekte bedingen eine gegenüber heute stark steigende Anzahl von ausgeführten Geothermieprojekten. Dem stehen aber die eingangs genannten Faktoren entgegen.

Die beim Basler Deep Heat Mining Projekt im Dezember 2006 ausgelösten Erdstösse haben ein grosses Medienecho zu den Risiken der tiefen Geothermie ausgelöst. Demgegenüber steht die sehr hohe Akzeptanz, die das aktuelle Projekt in St.Gallen bei der städtischen Bevölkerung genießt. Erdstösse werden auch im Zusammenhang mit Tunnelbauten, dem Betrieb von Talsperren, etc. ausgelöst. Es bleibt abzuwarten, ob dieses Thema zu einem Hindernis für den Bau von Geothermieanlagen wird.

2.2.6 Wasserkraft

Für die Bestimmung des Ausbaupotenzials der Wasserkraft realisierte das BFE im Rahmen der Arbeiten an der Energiestrategie 2050 zusammen mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), den Kantonen, den Verbänden der Nutz- und Schutzinteressen und der Strombranche eine Potenzialanalyse. Das Ausbaupotenzial wurde dabei anhand von zwei Szenarien geschätzt. Einerseits sollte aufgezeigt werden, in welchem Mass die jährliche Stromproduktion aus einheimischer Wasserkraft bis 2050 unter den heutigen gesetzlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen gesteigert werden kann. Diesem Potenzial „unter heutigen Nutzungsbedingungen“ wurde ein Potenzial „unter optimierten Nutzungsbedingungen“ gegenübergestellt.



Auch beim Potenzial „unter optimierten Nutzungsbedingungen“ wird eine Änderung der heutigen Gesetze zum Umwelt- und Gewässerschutz ausgeschlossen. Es setzt allerdings eine Änderung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen voraus, die einen zusätzlichen Ausbau der Wasserkraft ermöglichen. Konkret bedeutet dies, dass die Notwendigkeit zusätzlicher Stromproduktion aus Wasserkraft in der Gesellschaft breit akzeptiert wäre. Dafür bräuchte es in erster Linie ein klares Bekenntnis des Bundes, der Kantone und Gemeinden zur Nutzung der einheimischen Wasserkraft. Im Rahmen von Interessenabwägungen würde der Wasserkraft grösseres Gewicht beigemessen. Die Studie erbrachte folgende Ausbaupotenziale:

Tab. 4: Total Wasserkraftpotenzial in GWh/a¹³

	Heutige Nutzungsbedingungen	Optimierte Nutzungsbedingungen
Neubauten Grosswasserkraft	770	1'430
Kleinwasserkraft	1'290	1'600
Aus- und Umbauten, Erweiterungen Grosswasserkraft	870	1'530
Auswirkungen GSchG	- 1'400	- 1'400
Total Wasserkraftpotenzial	1'530	3'160

Pro Jahr ergibt sich für die Schweiz bis 2050 ein Ausbaupotenzial der Wasserkraft von **1.53 TWh** bis **3.16 TWh** pro Jahr. In die Abschätzungen einbezogen wurden auch Abschätzungen zu den Auswirkungen des Klimawandels. Aufgrund einer Studie aus dem Jahre 2011 gleichen sich die positiven und negativen Effekte des Klimawandels auf die Nutzung der Wasserkraft in etwa aus.¹⁴ Da in der Energiestrategie 2050 der Wasserkraft eine besondere Bedeutung zukommt und das Potenzial unter optimierten Rahmenbedingungen ohne Änderungen der Umwelt- und Gewässerschutzgesetzgebung realisierbar ist, geht das BFE von einem Ausbaupotenzial von 3.2 TWh pro Jahr bis 2050 aus.

¹³ BFE 2012b

¹⁴ Hänggi et al. 2011



3. Schlussfolgerungen

Seit 2006 wurde das Potenzial der erneuerbaren Energien immer besser erschlossen. Dies ist bei allen erneuerbaren Energieträgern, wenn auch in unterschiedlichem Ausmass, festzustellen. Die Aussicht auf Mittel aus der KEV für Anlagen ab Baujahr 1. Januar 2006 führte zu einem stärkeren Ausbau der Elektrizitätsproduktion aus Holz, Biogas, Sonnen- und Windenergie. Seit Inkrafttreten der KEV am 1. Januar 2009 hat sich dieser Trend, vor allem bei der Photovoltaik, fortgesetzt.

Die 2011 realisierten Arbeiten an den Energieperspektiven zeigen, dass Sonnen- und Windenergie, Wasserkraft und Geothermie über ein grosses zukünftiges Potenzial verfügen. Die Erschliessung dieses Potenzials wird aber durch verschiedene Faktoren behindert. Dazu gehört zum einen die Kostendeckelung der KEV, die zu einem Bescheidstopp und einer immer länger werdenden Warteliste führt. Zum anderen wird die Realisierung von Projekten aber auch durch die Bewilligungsverfahren und die teilweise fehlende soziale Akzeptanz beeinträchtigt. Im Rahmen der Energiestrategie 2050 werden verschiedene Massnahmen erarbeitet, um diese Hindernisse abzubauen und das bedeutende Potential der erneuerbaren Energien zur Stromproduktion auch tatsächlich zu erschliessen. Sie sind Bestandteil der Vorlage, die im Herbst 2012 in die Vernehmlassung geschickt wird.



4. Literatur

- BAFU (2012). Energiestrategie 2050, Berechnung der Energiepotenziale für Wind- und Sonnenenergie.
- BFE (2012a). Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2011, Vorabzug.
- BFE (2012b). Wasserkraftpotenzial der Schweiz. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050.
- BFE (2011). Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates.
- BFE (2007). Die Energieperspektiven 2035 – Band 5. Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebots.
- BLW (2011). Agrarbericht 2011.
- Hänggi, Pascal; Weingartner, Rolf; Balmer, Markus (2011). Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz 2021-2050 – Hochrechnung. In: Wasser Energie Luft, 103. Jahrgang, 2011, Heft 4, S. 300-307.
- IEA (2002). Potential for Building Integrated PV, Report IEA-PVPS.
- MassDEP (2012): Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel.



5. Anhang

Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien nach Teilbereichen (in GWh)¹⁵

Technologien	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Wasserkraft	30'675.0	37'851.0	42'261.0	36'513.0	36'445.0	35'117.0	32'759.0	32'557.0	36'373.0	37'559.0	37'136.0	37'450.0	33'795.0
Photovoltaik	1.0	10.9	12.4	13.8	16.4	16.5	18.9	22.4	27.2	34.9	50.4	83.3	149.1
Wind	0.0	3.0	4.0	5.4	5.2	6.3	8.4	15.3	16.0	18.5	22.6	36.6	70.1
Biomasse													
Autom. Feuerungen aus Holz	0.0	3.2	2.7	1.9	2.3	2.2	2.0	2.0	43.8	82.0	105.6	84.4	146.6
Feuerungen mit Holzanteilen	5.7	10.5	11.1	20.4	25.0	26.9	30.6	42.0	48.5	49.4	48.8	52.5	45.6
Biogas Landwirtschaft	1.5	3.2	3.8	4.5	5.3	6.5	9.4	15.5	26.2	32.8	37.5	45.8	51.3
Total Biomasse	7.2	16.9	17.6	26.9	32.6	35.6	42.0	59.5	118.5	164.2	191.8	182.7	243.5
Erneuerbare Anteile aus Abfall													
KVA	318.0	634.4	678.0	706.1	721.7	762.5	804.8	906.2	888.2	911.3	875.4	918.2	951.9
Feuerung f. erneuerbare Abfälle	33.6	35.7	26.8	28.8	30.8	34.4	33.1	31.3	30.6	9.6	8.4	10.2	8.8
Deponiegas	20.4	44.3	39.2	31.8	28.5	19.3	15.2	9.6	6.8	5.3	6.1	4.0	4.1
Biogas Gewerbe/Industrie	0.0	6.7	8.2	9.8	9.2	9.7	11.9	15.7	19.7	22.6	30.5	38.4	47.5
Total Erneuerbare Anteile aus Abfall	372.0	721.1	752.3	776.5	790.2	825.9	865.0	962.8	945.4	948.8	920.4	970.8	1'012.2
Abwasserreinigungsanlagen													
Klärgasanlagen	58.0	92.7	104.0	103.9	105.7	106.9	107.0	110.7	112.9	114.1	114.9	118.7	120.9
Biogas Industrieabwässer	0.6	2.1	1.7	2.2	2.4	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.8	5.9
Total Abwasserreinigungsanlagen	58.6	94.8	105.7	106.1	108.1	109.1	109.3	113.0	115.3	116.5	117.3	121.5	126.8
Total Elektrizitätsproduktion	31'113.8	38'697.6	43'153.0	37'441.6	37'397.5	36'110.4	33'802.6	33'730.0	37'595.5	38'841.9	38'438.5	38'844.9	35'396.7

¹⁵ BFE 2012a