



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Schlussbericht 28. Januar 2013

Volkswirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz

rütter+partner
sozioökonomische forschung + beratung

Ernst **Basler+Partner** AG

 **Fraunhofer**
ISI

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm EWG
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Rütter+Partner
Weingartenstrasse 5
CH-8803 Rüschlikon
www.ruetter.ch

Ernst Basler + Partner AG
Zollikerstrasse 65
CH-8702 Zollikon
www.ebp.ch

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
Breslauer Strasse 48
DE-76139 Karlsruhe
www.isi.fraunhofer.de

Autoren:

Carsten Nathani, Rütter+Partner (Projektleitung)
Katrin Bernath, Ernst Basler + Partner (stv. Projektleitung)
Christian Schmid, Rütter+Partner
Andreas Rieser, Rütter+Partner
Heinz Rütter, Rütter+Partner
Nana von Felten, Ernst Basler + Partner
Rainer Walz, Fraunhofer ISI
Frank Marscheider-Weidemann, Fraunhofer ISI

Begleitgruppe:

Nicole Mathys, Bundesamt für Energie (Leitung)
Lukas Gutzwiller, Bundesamt für Energie
Robert Hauser, Zürcher Kantonalbank
Patrick Hofstetter, WWF
Patrick Marty, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz
Urs Näf, Economiesuisse
Ulrich Nyffenegger, Energiefachstelle, Kanton Bern
Frank Rutschmann, Bundesamt für Energie
Mathias Spicher, Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO)
Christian Schaffner, Bundesamt für Energie
Thomas Zwald, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

BFE-Bereichsleiter Nicole Mathys / **BFE-Programmleiter** Nicole Mathys
BFE-Vertrags- und Projektnummer: SI/500485-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	5
Zusammenfassung	7
Résumé	15
1. Einleitung	23
2. Methodisches Vorgehen	27
2.1 Systemgrenzen	27
2.1.1 Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien	27
2.1.2 Abgrenzung der Branche „Erneuerbare Energien“	30
2.2 Methodisches Vorgehen im Überblick	31
2.2.1 Bestimmung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien	31
2.2.2 Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020	36
2.3 Nachfrageseitiger Ansatz: Vorgehen und Datenquellen	37
2.3.1 Leistung und Produktion	37
2.3.2 Kosten und Kostenstrukturen	38
2.4 Unternehmensbefragung	41
2.4.1 Identifizierung der Unternehmen	42
2.4.2 Vorgehen bei der Befragung	43
2.4.3 Rücklauf	44
2.4.4 Hochrechnung	45
2.5 Impact-Modell zur Berechnung der indirekten wirtschaftlichen Bedeutung	46
2.6 Indikatoren zur Wettbewerbsfähigkeit	48
2.7 Szenarien bis 2020	51
2.7.1 Ausrichtung der Szenarien	51
2.7.2 Annahmen zur erneuerbaren Energieproduktion in der Schweiz	52
2.7.3 Annahmen zur Entwicklung der Exporte	53
2.7.4 Entwicklung der Technologien und Kosten bis 2020	55
2.7.5 Berechnung der Förderkosten	56
3. Aktuelle wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien	61
3.1 Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	61
3.1.1 Erneuerbare Energieerzeugung 2000-2010	61
3.1.2 Entwicklung des Anlagenzubaus	63
3.1.3 Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien	69
3.2 Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien	73
3.2.1 Direkte wirtschaftliche Bedeutung 2010	73
3.2.2 Indirekte und gesamte wirtschaftliche Bedeutung 2010	78
3.2.3 Wirtschaftliche Bedeutung im Jahr 2000	80
3.3 Ausgewählte Ergebnisse der Unternehmensbefragung	86
3.4 Indikatoren zur Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbare-Energien-Branche	93
3.4.1 Ergebnisse für die erneuerbaren Energien insgesamt	93
3.4.2 Ergebnisse für einzelne Technologien	96

3.4.3	Hinweise zur technologischen Leistungsfähigkeit bei komplementären Technologielinien	98
3.4.4	Zwischenfazit	101
3.5	Bedeutung erneuerbarer Energien für den Schweizer Finanzmarkt	102
3.5.1	Finanzierung von Projekten und Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien	102
3.5.2	Erneuerbare Energie als Anlageform	104
3.5.3	Ausblick	112
4.	Wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020	113
4.1	Entwicklung der erneuerbaren Energieerzeugung und der Exporte	113
4.1.1	Erneuerbare Energieerzeugung in der Schweiz	113
4.1.2	Globale erneuerbare Energieerzeugung und Exporte der Schweizer EE-Branche	117
4.2	Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien	122
4.2.1	Ausbauszenario	122
4.2.2	Baseline-Szenario	128
4.2.3	Indirekte Effekte und gesamte wirtschaftliche Bedeutung	129
4.2.4	Vergleich mit der vergangenen Entwicklung	130
4.3	Förderkosten	133
5.	Diskussion der Ergebnisse und Fazit	137
Anhang		143
A1:	Tabellenanhang	143
A2:	Expertenliste	152

Abstract

Die vorliegende Studie untersucht die volkswirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien (EE) in der Schweiz. Im Jahr 2010 haben Unternehmen der Querschnittsbranche „Erneuerbare Energien“ eine Bruttowertschöpfung von gut 4.8 Mia. CHF erzielt (ca. 0.9% des BIP der Schweiz). Diese Leistung wurde von rund 22'800 Beschäftigten erbracht (0.6% der Gesamtbeschäftigung). Unter Einbezug der vorgelagerten Zulieferbranchen sind rund 1.5% des BIP und 1.2% der Beschäftigten an der Nutzung erneuerbarer Energien beteiligt. Die Exporte von Gütern und Dienstleistungen zur Nutzung erneuerbarer Energien beliefen sich auf rund 3.2 Mia. CHF. Seit dem Jahr 2000 ist die EE-Branche mit mehr als 4% pro Jahr überdurchschnittlich stark gewachsen. Ihre potenzielle Entwicklung bis 2020 wurde in zwei Szenarien untersucht. Im Ausbauszenario, das zusätzliche politische Massnahmen unterstellt, würde die direkte Wertschöpfung der EE-Branche auf 6.4 Mia. CHF (+33%) steigen, die direkte Beschäftigung auf rund 29'200 Vollzeitstellen (+28%, jeweils Bruttoeffekte). Im konservativen Baseline-Szenario würde das Wachstum schwächer ausfallen, jedoch immer noch etwas stärker als für die gesamte Volkswirtschaft prognostiziert.

La présente étude analyse l'importance économique des énergies renouvelables (EnR) en Suisse. En 2010, les entreprises de la branche transversale des énergies renouvelables ont réalisé une valeur ajoutée brute de plus de 4,8 milliards de francs (environ 0,9 % du PIB de la Suisse). Ce résultat est l'œuvre de quelque 22 800 employés (0,6 % de l'emploi total). En tenant compte des effets indirects, près de 1,5 % du PIB et 1,2 % des employés relèvent de l'exploitation des énergies renouvelables. Les exportations de biens et services en lien avec l'exploitation des énergies renouvelables ont atteint 3,2 milliards de francs. Depuis 2000, la branche EnR a connu une croissance plus forte que la moyenne (plus de 4 % par an). La présente étude a analysé son évolution potentielle jusqu'en 2020 selon deux scénarios. Dans le scénario d'extension, qui table sur des mesures politiques additionnelles, la valeur ajoutée du secteur EnR passerait à 6,4 milliards de francs (+33 %), tandis que l'emploi représenterait quelque 29 200 postes à plein temps (+28 %, effets bruts resp.). Dans le scénario de base conservateur, la croissance serait plus modeste, mais toujours légèrement plus forte que pour l'ensemble de l'économie d'après les prévisions.

This study analyses the economic relevance of renewable energy (RE) in Switzerland. In 2010 the enterprises in the renewable energy sector generated a gross value added of 4.8 bn CHF (equalling 0.9% of Swiss GDP). Employment in this sector approximated 22.800 fulltime jobs (0.6% of total Swiss employment). Including supply chain companies, 1.5% of Swiss GDP and 1.2% of total employment can be related to the use of renewable energy. Exports of renewable energy related goods and services equalled 3.2 bn CHF. Since 2000 the Swiss RE sector has experienced an above-average annual growth of more than 4%. Its potential development until the year 2020 was studied with two scenarios. In the policy scenario, that assumes additional policy measures for RE promotion, direct value added of the RE sector would amount to 6.4 bn CHF (+33%), direct employment would increase to 29.200 fulltime jobs (+28%, gross effects resp.). In the more conservative baseline scenario, growth would be much weaker, but still slightly stronger than anticipated for the average economy.

Zusammenfassung

Die „*Erneuerbare-Energien-Branche*“ (EE-Branche) kann als eine *Querschnittsbranche* betrachtet werden, die alle wirtschaftlichen Aktivitäten zusammenfasst, die direkt mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden sind. In der vorliegenden Studie wurde die wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz ermittelt, insbesondere ihr Beitrag zum Bruttoinlandprodukt, zur Beschäftigung und zu den Exporten. Neben der *direkten wirtschaftlichen Bedeutung* wurden auch die *indirekten Effekte* ermittelt, welche die EE-Branche bei anderen Unternehmen auslöst. Um die wirtschaftliche Bedeutung zu untersuchen, wurden zum einen die Ausgaben zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz bestimmt. Zum anderen wurden die Unternehmen, die im Bereich erneuerbare Energien tätig sind, schriftlich zu ihren wirtschaftlichen Aktivitäten befragt. Die Ergebnisse beider Arbeitsschritte wurden zur Bestimmung der direkten wirtschaftlichen Bedeutung zusammengeführt. Die indirekten Effekte wurden mit einem volkswirtschaftlichen Impact-Modell geschätzt.

Nutzung erneuerbarer Energien 2000 bis 2010

Erneuerbare Energien decken heute schweizweit rund 54% des Elektrizitätsverbrauchs und 15% der Wärmenachfrage. Im Jahr 2010 wurden *rund 36 TWh Elektrizität* und *gut 13 TWh Nutzwärme* aus erneuerbaren Energien produziert. Die wichtigste erneuerbare Energiequelle für die Elektrizitätsproduktion in der Schweiz ist mit gut 96% die Wasserkraft. Diese ist aber grossen jährlichen Produktionsschwankungen ausgesetzt. So ist die erneuerbare Elektrizitätsproduktion im Zeitraum von 2000 bis 2010 um rund 1% gesunken. Die Elektrizitätsproduktion aus weiteren erneuerbaren Quellen hat zwischen 2000 und 2010 um rund 67% oder 0.55 TWh zugenommen. Die genutzte Wärme aus erneuerbaren Energien ist von 2000 bis 2010 um 50% oder 4.4 TWh gestiegen. Holz ist hier der wichtigste Energieträger. Den grössten Anstieg verzeichneten die Wärmepumpen, die heute schon fast ein Viertel der erneuerbaren Wärmeproduktion ausmachen.

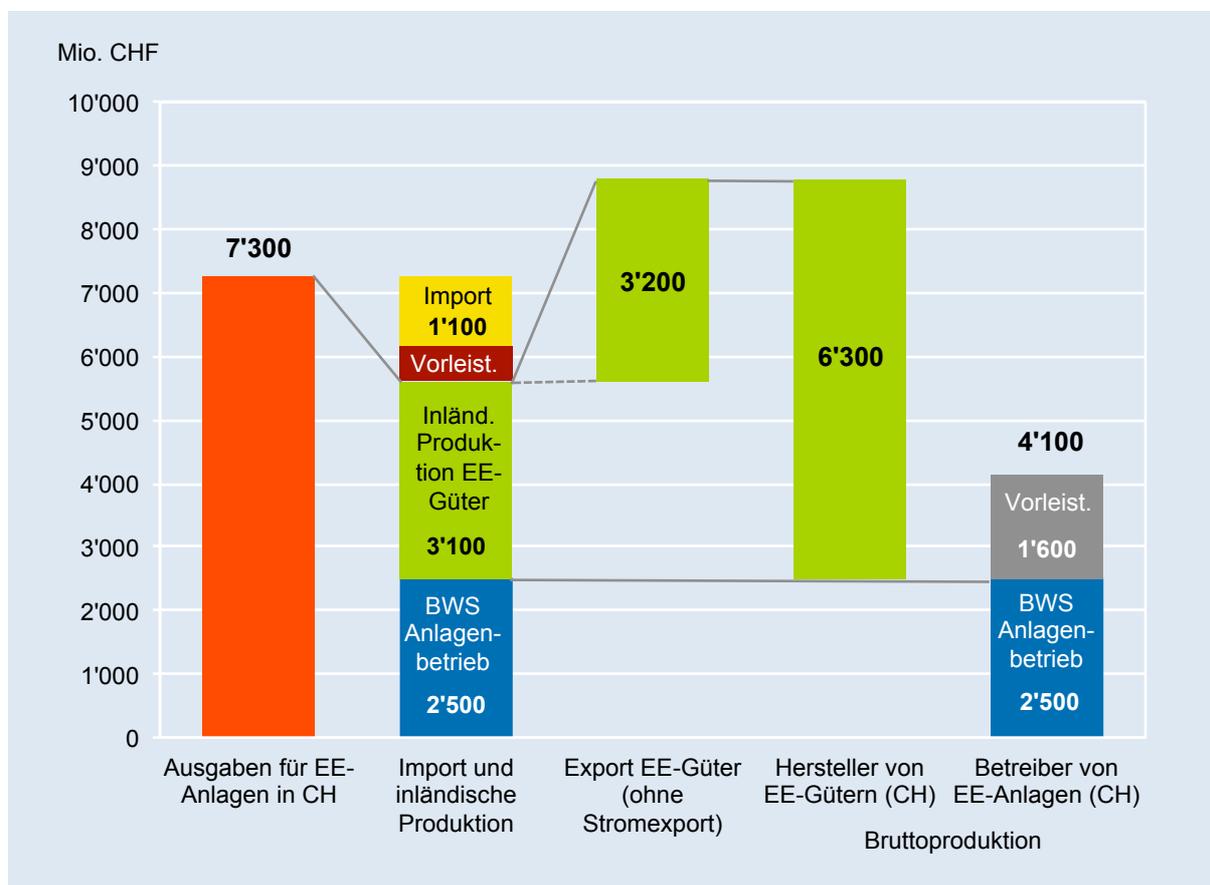
Von den Ausgaben für EE-Anlagen zur Produktion der EE-Branche

Die wirtschaftlichen Aktivitäten der EE-Branche werden durch den Bau und Betrieb von Anlagen im Inland sowie durch die Auslandsnachfrage ausgelöst. In der Schweiz betragen die *gesamten Ausgaben für den Bau und den Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien* im Jahr 2010 gut 7.3 Mia. CHF. Davon entfielen knapp 3 Mia. CHF auf den Bau neuer und den Ersatz bestehender Anlagen. Für den Betrieb der Anlagen, insbesondere der Wasserkraftwerke, wurden knapp 3.8 Mia. CHF ausgegeben. Hinzu kamen rund 500 Mio. CHF für Holz, das in Holzfeuerungen und -heizungen eingesetzt wird.

Abbildung Z-1 zeigt, wie man von den Ausgaben für EE-Anlagen in der Schweiz zur gesamten Produktion der EE-Branche in der Schweiz gelangt. Vom Total der Ausgaben für EE-Anlagen ist ein Teil *direkte Wertschöpfung bei den Anlagenbetreibern* (rund 2.5 Mia. CHF). Der verbleibende Betrag umfasst Güter und Dienstleistungen, die für den Bau und Betrieb der Anlagen benötigt werden. Der überwiegende Teil dieser Güter (rund 3.1 Mia. CHF) wird von der *Schweizer EE-Branche* bereitgestellt. Ein kleiner Teil stammt ebenfalls aus dem Inland, besteht jedoch aus *Vorleistungen* aus der übrigen Volkswirtschaft, wie z.B. Bank- und Ver-

sicherungsdienstleistungen. Der Rest wird aus dem Ausland *importiert* (rund 1.1 Mia. CHF). Aus dem Ausland stammen zum Beispiel die im Jahr 2010 installierten Windenergieanlagen und ein Grossteil der im Inland verwendeten Solarmodule. Andererseits stellen Schweizer Unternehmen Produkte für EE-Anlagen im Ausland her und exportieren diese. Im Jahr 2010 belief sich der Wert der Exporte auf 3.2 Mia. CHF. Die Produktion für den Inlandsabsatz und die Exporte ergeben zusammen die gesamte Produktion von Gütern und Dienstleistungen für die Nutzung erneuerbarer Energien (6.3 Mia. CHF). Exporte und Güter für den Inlandsmarkt machen demnach je die Hälfte der Produktion aus. Die Bruttowertschöpfung der Betreiber von EE-Anlagen ergibt sich als Summe ihrer Bruttowertschöpfung und den bezogenen Vorleistungen (4.1 Mia. CHF). Die gesamte EE-Branche, die sich aus den Anlagenbetreibern und den Herstellern von EE-Gütern zusammensetzt, kommt somit auf eine Bruttowertschöpfung von rund 10.4 Mia. CHF.

Abbildung Z-1: Zusammenhang zwischen Ausgaben für EE-Anlagen und Produktion der Schweizer EE-Branche, 2010



Quelle: Berechnung Rütter+Partner

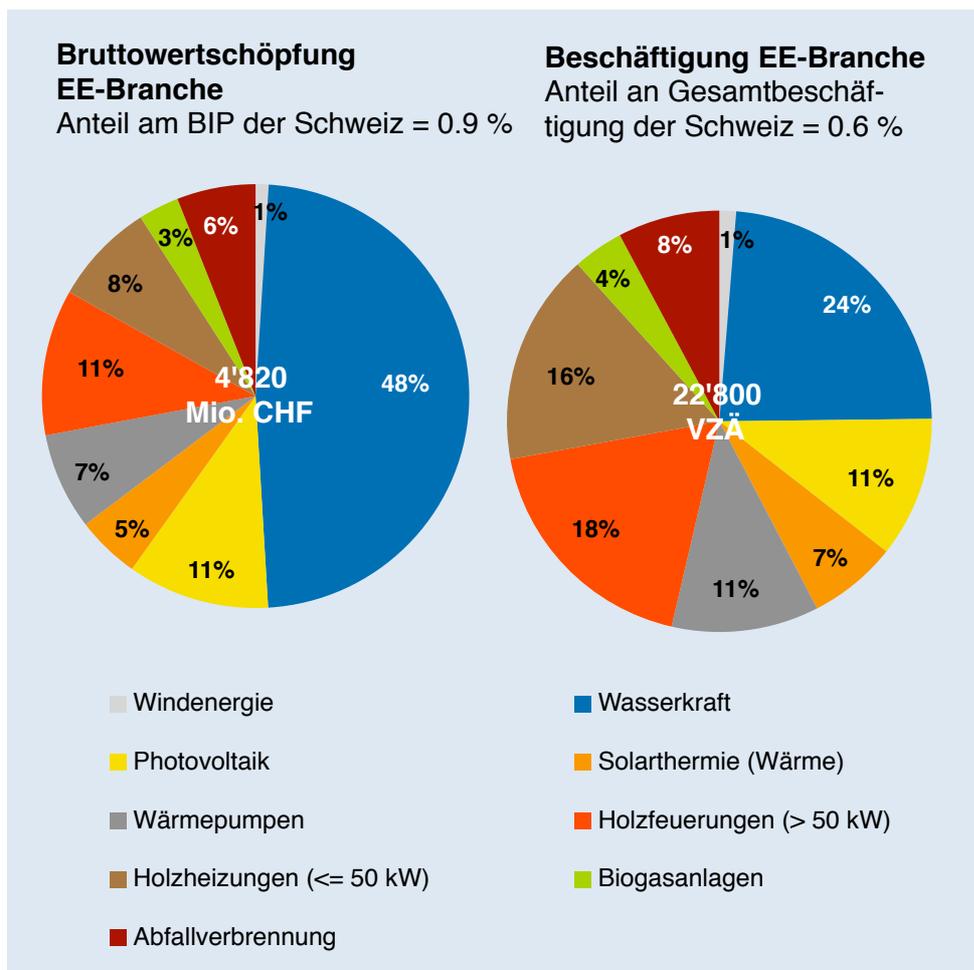
Anmerkung: Export bezieht sich auf Güter und Dienstleistungen für EE-Anlagen, der Export von Strom aus erneuerbaren Quellen ist darin nicht enthalten; Werte sind gerundet.

Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der Schweizer EE-Branche 2010

Die Schweizer EE-Branche erzielte im Jahr 2010 eine direkte *Bruttowertschöpfung* von 4.8 Mia. CHF (Abb. Z-2). Diese Leistung wurde von 22'800 *Beschäftigten* (VZÄ) erbracht. Damit beträgt der *Anteil der Branche am Bruttoinlandsprodukt (BIP)* der Schweiz rund 0.9%. Ihre wirtschaftliche Bedeutung entspricht damit ungefähr derjenigen des Druck- und Verlagsgewerbes und liegt rund 10% unter derjenigen

der Landwirtschaft (5.4 Mia. CHF). Hinsichtlich der Beschäftigung ist sie mit einem Anteil von knapp 0.6% an der Gesamtbeschäftigung der Schweiz vergleichbar mit der Elektronikindustrie und dem Immobilienwesen. Die unterschiedliche Bedeutung bei Wertschöpfung und Beschäftigung zeigt, dass die EE-Branche im Vergleich mit der Gesamtwirtschaft eine überdurchschnittlich hohe *Arbeitsproduktivität* hat. Dies ist vor allem auf die kapitalintensive Wasserkraft zurückzuführen.

Abbildung Z-2: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technikfeldern, 2010



Quelle: Berechnungen Rütter+Partner, BFS (2011a), BFS (2011d)

Anmerkung: Werte sind gerundet.

Die *EE-Branche überschneidet sich zum Teil mit der Branche „Strom-, Gas- und Wasserversorgung“*, insbesondere bei der Nutzung der Wasserkraft und anderer Stromerzeugungsanlagen. Daher ist ein Vergleich dieser beiden Branchen interessant: Bei der Bruttowertschöpfung ist die EE-Branche knapp halb so gross wie die Strom-, Gas- und Wasserversorgung. Hinsichtlich Beschäftigung haben beide Branchen eine vergleichbare Bedeutung.

Die *Bruttowertschöpfung* der EE-Branche wird durch die Nutzung der Wasserkraft dominiert, die rund die Hälfte ausmacht (Abb. Z-2). Danach folgen die Holzfeuerungen und die PV-Anlagen mit je 11% der Wertschöpfung. Während bei den Holzfeuerungen die Ausgaben für Bau und Betrieb der inländischen Anlagen im Vordergrund stehen, ist die Wertschöpfung des PV-Sektors stark durch den Export bestimmt – insbesondere von Ausrüstern, die ausländische Solarzellen-Hersteller mit Investitionsgütern beliefern sowie Herstellern von Wechselrichtern und Solar-

modulen. Diese exportorientierten Unternehmen konnten in der Vergangenheit am internationalen Boom der Solarenergie teilhaben. Eine etwas geringere Bedeutung für die Wertschöpfung der EE-Branche haben die Wärmepumpen und die Holzheizungen, die stärker binnenorientiert sind.

Bei der *Beschäftigung* ist die Nutzung der Wasserkraft auch der grösste Treiber; ihr Anteil ist mit rund einem Viertel aber nur halb so gross wie derjenige an der Wertschöpfung der EE-Branche. Bei Holzfeuerungen und -heizungen sowie Wärmepumpen spielen neben den Herstellern vor allem Installationsbetriebe und die Forstwirtschaft als Holzlieferant eine wichtige Rolle für die Zahl der Arbeitsplätze.

Die direkte wirtschaftliche Bedeutung der EE-Branche ist massgebend für den Vergleich mit anderen Branchen oder der gesamten Volkswirtschaft. Die indirekten Effekte zeigen zusätzlich, wie die Branche mit den übrigen Branchen der Schweiz verflochten ist. Werden *direkte und indirekte Effekte* addiert, so beträgt die durch die EE-Branche ausgelöste Wertschöpfung rund 8 Mia. CHF oder 1.5% des BIP (Tab. Z-1). Zur direkten Wertschöpfung kommen so rund zwei Drittel indirekt hinzu. Bei der Beschäftigung ist der Anteil der indirekten Effekte deutlich grösser. Insgesamt sind rund 46'000 *Vollzeitäquivalente* bzw. rund 1.2% der Gesamtbeschäftigung mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden.

Tabelle Z-1: Direkte und indirekt ausgelöste Bruttowertschöpfung und Beschäftigung der Schweizer Erneuerbare-Energien-Branche, 2010

	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF	Anzahl Beschäftigte In VZÄ
Direkte Bedeutung	4'817	22'810
Indirekte Bedeutung	3'189	23'390
Total	8'005	46'200
<i>Anteil an Gesamtwirtschaft</i>	1.5%	1.2%

Quelle: Berechnungen Rütter+Partner

Im *europäischen Vergleich* liegt die Schweiz hinsichtlich der durch erneuerbare Energien induzierten Beschäftigung in der Spitzengruppe, zusammen mit den skandinavischen Ländern sowie Deutschland und Österreich.

Zwei Szenarien zur Nutzung erneuerbarer Energien bis 2020

Um die *zukünftige wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien* für die Schweiz zu schätzen, wurden *zwei Szenarien* mit unterschiedlichen energiepolitischen Strategien betrachtet. Die Szenarien unterscheiden sich bezüglich der Elektrizitäts- und Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien in der Schweiz sowie der Exporte von Schweizer Unternehmen ins Ausland. Letztere sind wiederum abhängig von der globalen Entwicklung der erneuerbaren Energien und der Entwicklung der Weltmarktanteile Schweizer Unternehmen.

Die Szenarien stützen sich für nationale Entwicklungen auf die Energieperspektiven 2050 des Bundesamtes für Energie (Stand September 2012) und für globale Trends auf den World Energy Outlook der Internationalen Energieagentur. Das *Baseline-Szenario* orientiert sich an den beschlossenen und in Kraft gesetzten energiepolitischen Massnahmen. Der nationale Zubau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien entspricht dem Szenario „Weiter wie bisher“ der Energieperspektiven. Das *Ausbau-Szenario* orientiert sich an der Variante „Politisches Massnahmenpaket“ der Energieperspektiven und der Stromangebotsvariante C&E,

bei der ein Ausbaupfad bei den Erneuerbaren Energien in Kombination mit Gaskombikraftwerken und dezentraler Wärme-Kraft-Kopplung verfolgt wird.

Die jährliche *Wärmenutzung* aus erneuerbaren Energien steigt von 2010 bis 2020 um 4.4 TWh (33%) im Baseline-Szenario bzw. 4.7 TWh (35%) im Ausbau-Szenario. Die grösste absolute Steigerung ist in beiden Szenarien bei den Wärmepumpen zu verzeichnen. Für die *Elektrizität* aus erneuerbaren Energien wird von einer Steigerung der Jahresproduktion von 2010 bis 2020 um 2.1 TWh (6%) im Baseline-Szenario bzw. 4 TWh (11%) im Ausbau-Szenario ausgegangen. Den mit Abstand grössten absoluten Zubau verzeichnet in beiden Szenarien die Wasserkraft.

Entwicklung der wirtschaftlichen Bedeutung

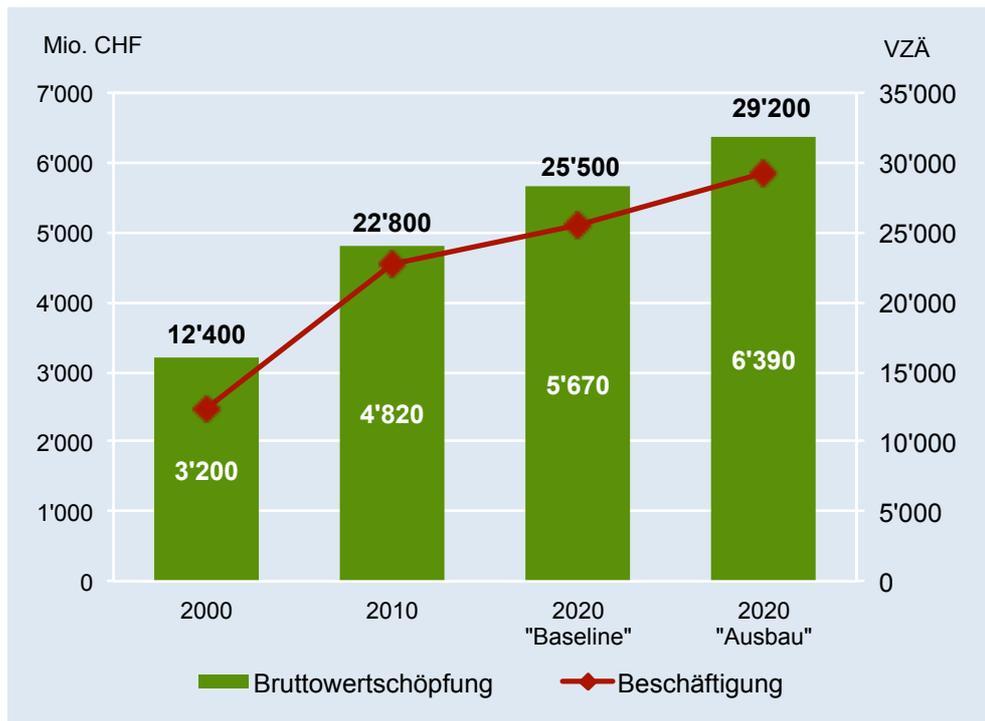
Zwischen 2000 und 2010 ist die wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien im Vergleich zur Gesamtwirtschaft überdurchschnittlich stark gewachsen. Die Bruttowertschöpfung stieg von rund 3.2 Mia. CHF auf 4.8 Mia. CHF (+50%), die Zahl der Beschäftigten von 12'400 auf knapp 22'800 (+75%, Abb. Z-3). Der wesentliche Treiber für dieses Wachstum war der Export, der mit mehr als 12% pro Jahr deutlich stärker zunahm als die inländischen Ausgaben, die ein Wachstum von knapp 5% pro Jahr aufwiesen (Abb. Z-4).

Im *Ausbau-Szenario* nehmen Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche von 2010 bis 2020 absolut betrachtet in ähnlichem Umfang zu wie zwischen 2000 und 2010. Die Wertschöpfung steigt bis 2020 auf 6.4 Mia. CHF oder 1.1.% des Schweizer BIP, die Beschäftigung auf gut 29'000 Vollzeitstellen oder 0.7% der gesamten Beschäftigung in der Schweiz (Abb. Z-3). Die jährlichen Wachstumsraten sind mit 2.9% für die Wertschöpfung und 2.5% für die Beschäftigung kleiner als in der vorhergehenden Dekade (Abb. Z-4). Sie liegen jedoch deutlich über den für die Gesamtwirtschaft erwarteten Wachstumsraten. Die erneuerbaren Energien leisten also zukünftig einen *überdurchschnittlichen Beitrag* zum Wirtschaftswachstum. Auch hier sind die Exporte ein wichtiger Wachstumstreiber, allerdings nicht in gleichem Umfang wie in den zehn Jahren zuvor. Bezieht man die indirekten Effekte mit ein, so erhöht sich die mit erneuerbaren Energien verbundene Bruttowertschöpfung um rund zwei Drittel auf knapp 10.6 Mia. CHF. Die Beschäftigung verdoppelt sich auf gut 57'000 Vollzeitstellen.

Im *Baseline-Szenario*, das aus heutiger Sicht von konservativen Annahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien ausgeht, fällt das Wachstum bis 2020 kleiner aus. Sowohl der inländische Ausbau erneuerbarer Energien als auch die Exporte sind im Vergleich zum Ausbau-Szenario schwächer. Die Wertschöpfung nimmt auf knapp 5.7 Mia. CHF zu, die Beschäftigung auf rund 25'500 Vollzeitstellen. Hinzu kommen indirekte Effekte, die im Baseline-Szenario in einem ähnlichen Verhältnis zu den direkten Effekten stehen wie im Ausbauszenario.

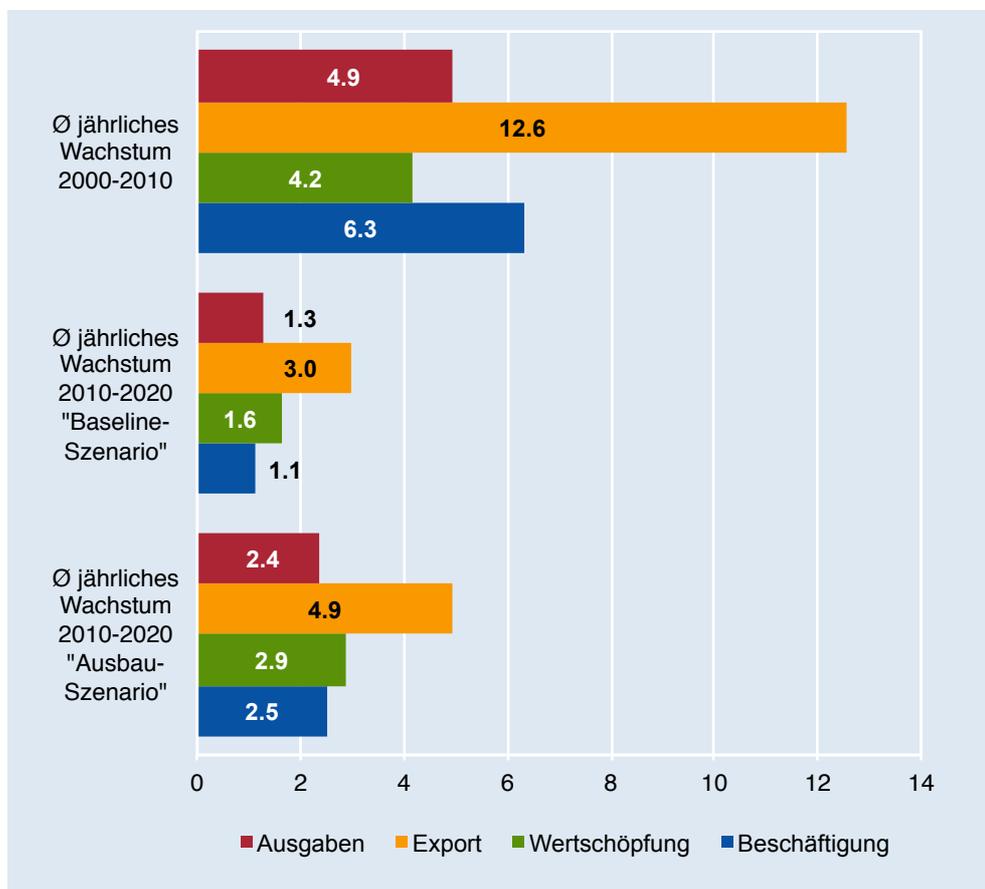
Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen die sog. Bruttoeffekte. Sie sind nicht als Nettowirkungen einer Förderung erneuerbarer Energien zu verstehen. Dazu wären zusätzlich die negativen Effekte aus der Verdrängung konventioneller Energien und gesamtwirtschaftliche Kreislauf- und Innovationseffekte zu berücksichtigen.

Abbildung Z-3: Entwicklung von Bruttowertschöpfung und Beschäftigung durch erneuerbare Energien, 2000 - 2020



Quelle: Berechnung Rütter+Partner; Werte sind gerundet

Abbildung Z-4: Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2020



Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Förderkosten in den Szenarien 2020

Der Ausbau erneuerbarer Energien wird durch *politische Instrumente* gefördert. Bei der Elektrizitätsproduktion ist die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) ein wichtiges Instrument auf nationaler Ebene. Die Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien wird durch kantonale Programme gefördert, welche durch Globalbeiträge des Bundes ergänzt werden. In der vorliegenden Studie werden für die Berechnung der Kosten energiepolitischer Massnahmen nur die reinen Förderkosten berücksichtigt, nicht aber die Vollzugskosten.

Für das Baseline-Szenario werden die Förderkosten im Jahr 2020 auf rund 250 bis 320 Mio. CHF geschätzt, für das Ausbau-Szenario auf rund 480 bis 600 Mio. CHF. Im Vergleich zum Jahr 2010 steigen die Förderkosten für die erneuerbare Elektrizitätsproduktion in beiden Szenarien. Für die Wärmeproduktion hingegen liegen die Förderkosten im Baseline-Szenario tiefer als 2010, im Ausbau-Szenario sind sie in der gleichen Grössenordnung wie 2010.

Fazit

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die erneuerbaren Energien in der Schweiz eine nicht zu vernachlässigende wirtschaftliche Bedeutung haben. Viele Unternehmen sind in den mit erneuerbaren Energien verbundenen Wertschöpfungsketten aktiv. Neben dem Betrieb von Anlagen, insbesondere von Wasserkraftanlagen und Holzenergieanlagen, stellen Unternehmen eine Vielzahl von Gütern und Dienstleistungen für die Nutzung erneuerbarer Energien bereit. Dabei haben der Inlandsmarkt und der Auslandsmarkt ungefähr die gleiche Bedeutung. Wichtige Bereiche im Inlandsmarkt sind die Wasserkraft sowie Wärmepumpen und die Biomasse. Bei den Exporten haben die Photovoltaik und die Wasserkraft eine grosse Bedeutung. Schweizer Unternehmen konnten trotz eines kleinen Heimmarktes vom weltweiten Boom bei der Nutzung der Sonnenenergie profitieren. Für die Exporte spielen neben den Herstellern von EE-Anlagen die Zulieferer von Komponenten und die PV-Ausrüster, d.h. Hersteller von Investitionsgütern für die PV-Industrie, eine wichtige Rolle.

Für die zukünftige Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche ist sowohl die Entwicklung des Binnenmarkts als auch die des Weltmarkts entscheidend. Die Marktentwicklungen hängen auch von energiepolitischen Entscheidungen auf nationaler und globaler Ebene ab. Aufgrund der verschiedenen wirtschaftlichen und politischen Einflussflussfaktoren sind Aussagen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien und deren wirtschaftlicher Bedeutung mit Unsicherheiten verbunden. Die hier berechneten Szenarien zeigen daher mögliche Entwicklungen auf.

Die vorliegende Studie schafft Transparenz zur Erneuerbare-Energien-Branche und liefert Grundlagen zur Schätzung der Wirkungen verschiedener Einflussfaktoren. Der methodische Ansatz, der nachfrage- und angebotsseitige Informationen verbindet, kann auch dazu eingesetzt werden, die künftige Entwicklung der EE-Branche und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung im Sinne eines Branchen-Monitorings zu verfolgen und zu analysieren.

Résumé

La *branche des énergies renouvelables (branche EnR)* peut être considéré comme un *secteur transversal* qui réunit toutes les activités économiques en lien direct avec l'exploitation des énergies renouvelables. La présente étude a évalué l'importance économique des énergies renouvelables en Suisse, en particulier leur contribution au produit intérieur brut, à l'emploi et aux exportations. En sus de l'*importance économique directe*, elle a aussi calculé les *effets indirects* que le secteur ER engendre dans d'autres entreprises. Pour analyser l'importance économique, elle a, d'une part, déterminé les dépenses liées à l'exploitation des énergies renouvelables en Suisse. D'autre part, les entreprises actives dans ce domaine ont fait l'objet d'une enquête écrite sur leurs activités économiques. Enfin, l'étude a réuni les résultats de ces deux étapes afin d'établir l'importance économique directe et d'estimer les effets indirects à l'aide d'un modèle d'impact économique.

Exploitation des énergies renouvelables de 2000 à 2010

Dans l'ensemble de la Suisse, les énergies renouvelables couvrent aujourd'hui près de 54 % de la consommation d'électricité et 15 % de la demande de chaleur. En 2010, *quelque 36 TWh d'électricité* et *13 TWh de chaleur utile* ont été produits à partir d'énergies renouvelables. La force hydraulique constitue la principale source d'énergie renouvelable pour la production d'électricité en Suisse (96 %), mais elle est soumise à d'importantes fluctuations de production annuelles. Ainsi, la production d'électricité d'origine renouvelable a diminué d'environ 1 % entre 2000 et 2010. La production d'électricité à partir d'autres sources renouvelables a quant à elle augmenté de près de 67 % ou 0,55 TWh pendant la même période. L'utilisation de chaleur d'origine renouvelable a crû de 50 % ou 4,4 TWh de 2000 à 2010. Le bois est le principal agent énergétique en l'espèce. Les pompes à chaleur, qui représentent aujourd'hui près du quart de la production de chaleur d'origine renouvelable, ont enregistré la plus forte hausse.

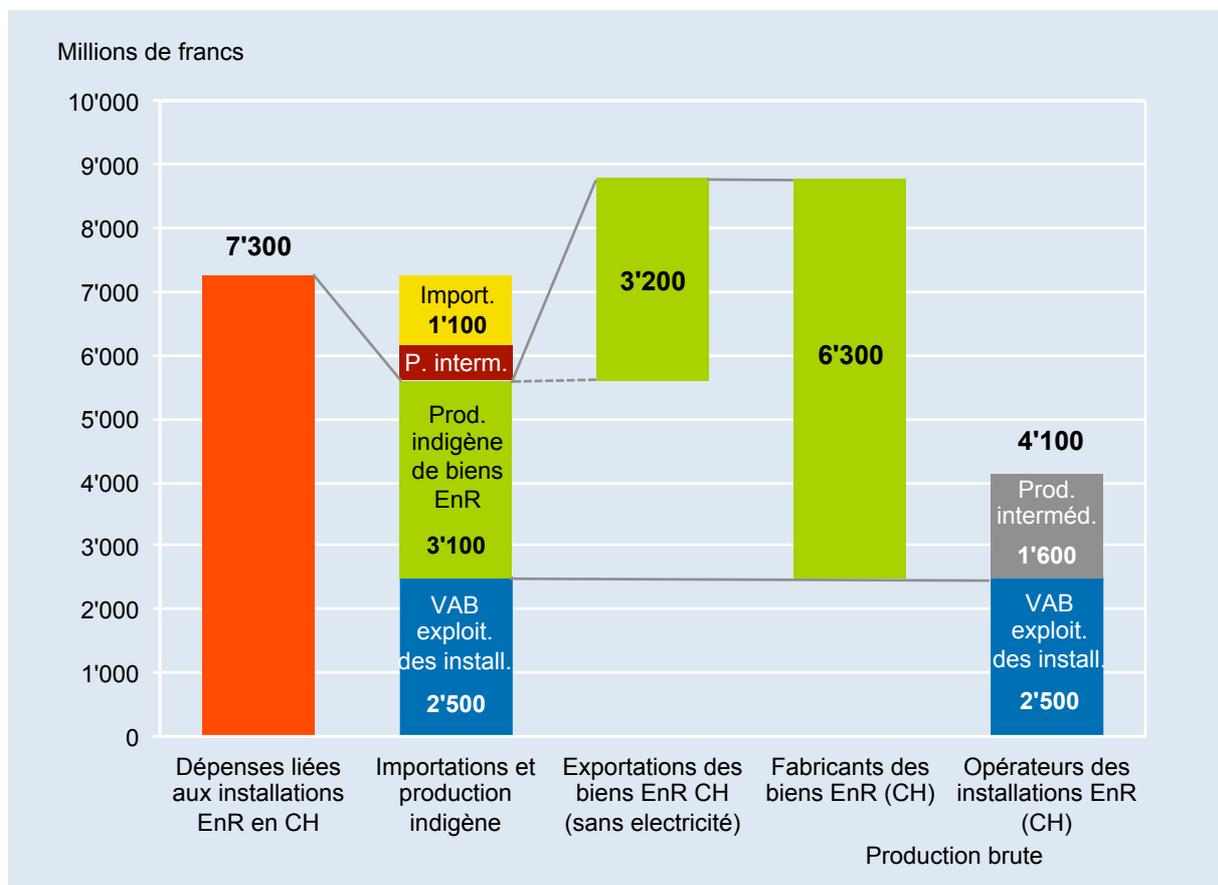
Des dépenses liées aux installations EnR à la production du secteur EnR

Les activités économiques du secteur EnR découlent de la construction et de l'exploitation d'installations à l'intérieur du pays ainsi que de la demande étrangère. En Suisse, l'ensemble des *dépenses liées à la construction et à l'exploitation des installations permettant d'utiliser les énergies renouvelables* se sont élevées à plus de 7,3 milliards de francs en 2010, dont 3 milliards pour la construction de nouvelles installations et le remplacement des installations existantes. 3,8 milliards de francs sont dépensés pour l'exploitation des installations, en particulier des centrales hydrauliques, et près de 500 millions de francs pour le bois utilisé dans les installations de chauffage au bois.

La figure R-1 montre le rapport entre les dépenses liées aux installations EnR et la production globale de la branche EnR en Suisse. Une partie des dépenses liées aux installations EnR est la *valeur ajoutée directe chez les exploitants d'installations* (près de 2,5 milliards de francs). Le reste comprend les biens et services nécessaires à la construction et à l'exploitation des installations. La majorité de ces biens (quelque 3 milliards de francs) sont fournis par la *branche EnR suisse*. Une petite partie provient aussi de Suisse, mais de *prestations*

intermédiaires du reste de l'économie, à l'instar des services bancaires et d'assurance. Le reste est *importé* de l'étranger (environ 1 milliard de francs). Les éoliennes installées en 2010 et la plupart des modules solaires utilisés en Suisse, par exemple, proviennent de l'étranger. D'autre part, des entreprises suisses fabriquent des produits destinés aux installations EnR à l'étranger et les exportent. En 2010, la valeur des exportations s'est chiffrée à 3,2 milliards de francs. Ensemble, la production pour la vente sur le marché intérieur et les exportations correspondent à la production globale de biens et services liés à l'exploitation des énergies renouvelables (6,3 milliards de francs). Les exportations et les biens destinés au marché intérieur représentent par conséquent la moitié de la production chacun.

Figure R-1: Rapport entre les dépenses liées aux installations EnR et la production du secteur EnR suisse, 2010



Source: Estimation Rütter+Partner

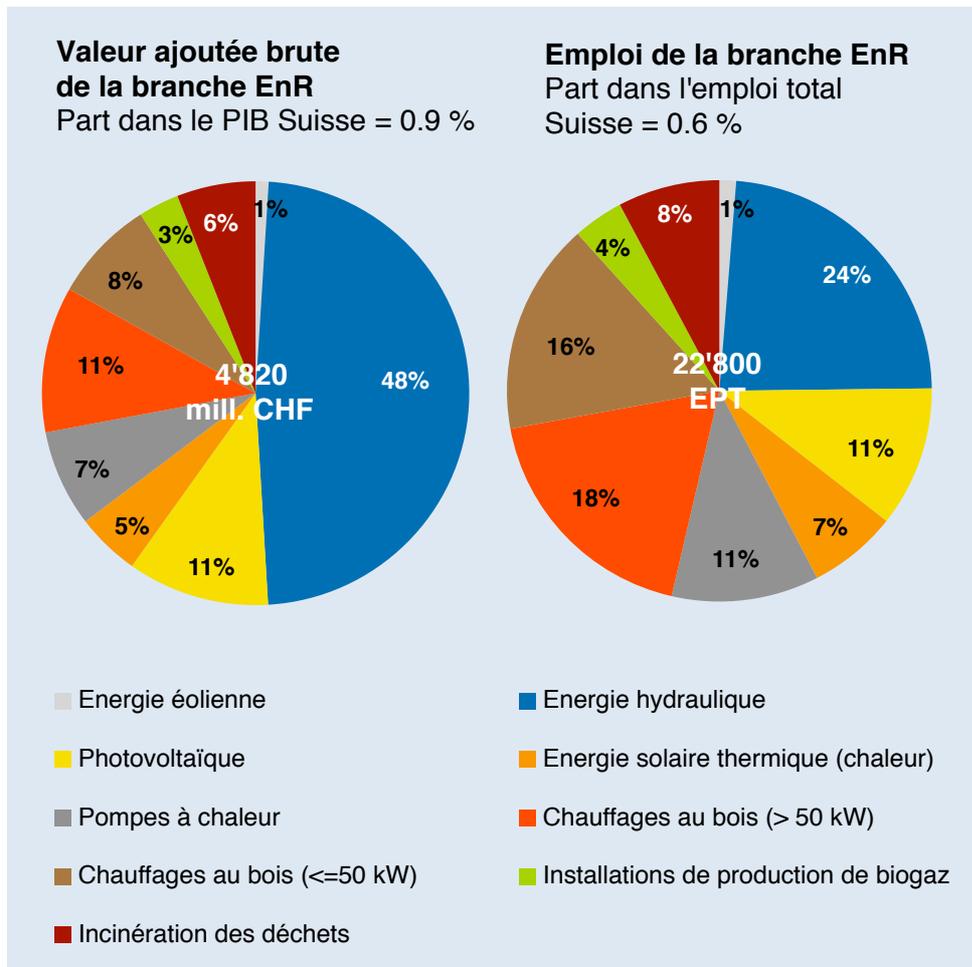
Remarque: Les exportations se réfèrent aux biens et services destinés aux installations EnR, l'exportation de courant d'origine renouvelable n'est pas comprise dans l'estimation; les valeurs sont arrondies.

Valeur ajoutée brute et emploi dans le secteur EnR suisse en 2010

En 2010, la branche EnR suisse a réalisé une *valeur ajoutée brute* directe de 4,8 milliards de francs (fig. R-2). Ce résultat est l'œuvre de 22 800 employés (EPT). La *part du secteur dans le produit intérieur brut (PIB)* de la Suisse s'élève à près de 0,9 %. Son importance économique correspond ainsi à peu près à celle de l'industrie de l'imprimerie et de l'édition ; elle représente environ 10 % de moins que l'agriculture (5,4 milliards de francs). En termes d'emploi, le secteur est

comparable à l'industrie électronique et au secteur immobilier, avec une part de 0,6 % dans l'emploi total en Suisse. La disparité entre valeur ajoutée et emploi montre que la branche EnR a une *productivité du travail* supérieure à la moyenne par rapport à l'ensemble de l'économie, principalement en raison de l'énergie hydraulique à forte intensité de capital.

Figure R-2: Valeur ajoutée brute directe et emploi dans la branche EnR de la Suisse, selon la technologie, 2010



Source: Estimations Rütter+Partner, OFS (2011a), OFS (2011d)

Remarque: Les valeurs sont arrondies.

La *branche EnR se recoupe* en partie avec celui de l'approvisionnement en électricité, gaz et eau, en particulier pour l'exploitation de l'énergie hydraulique et d'autres installations de production d'électricité. Aussi est-il intéressant de comparer ces deux secteurs: pour ce qui est de la valeur ajoutée brute, la branche EnR représente à peine la moitié de celui de l'approvisionnement en électricité, gaz et eau. En matière d'emploi, les deux secteurs revêtent une importance comparable.

La *valeur ajoutée brute* de la branche EnR est dominée par l'exploitation de l'énergie hydraulique, qui en représente près de la moitié. Suivent les chauffages au bois et les installations photovoltaïques avec 11 % de la valeur ajoutée chacun. Tandis que pour les chauffages au bois, les dépenses liées à la construction et à l'exploitation des installations en Suisse figurent au premier plan, la valeur ajoutée du secteur photovoltaïque est fortement marquée par les exportations, notamment en raison des fournisseurs qui livrent des biens d'investissement aux fabricants

étrangers de cellules photovoltaïques ainsi que des producteurs d'onduleurs et de modules solaires. Par le passé, ces entreprises orientées vers l'exportation ont pu participer à l'essor international de l'énergie solaire. Les pompes à chaleur et les chauffages au bois, plus fortement tributaires du marché intérieur, contribuent plus modestement à la valeur ajoutée de la branche EnR.

L'exploitation de l'énergie hydraulique est le plus grand pourvoyeur d'*emplois*; mais avec près d'un quart, sa part ne représente que la moitié de sa part dans la valeur ajoutée de la branche EnR. Pour les chauffages au bois et les pompes à chaleur, les entreprises d'installation et la sylviculture en tant que fournisseur de bois jouent un rôle important pour le nombre de places de travail en sus des fabricants.

L'importance économique directe de la branche EnR est déterminante pour la comparaison avec d'autres secteurs ou avec l'ensemble de l'économie. Les effets indirects montrent par ailleurs que le secteur a des liens étroits avec les autres branches économiques de la Suisse. Si l'on additionne les *effets directs et indirects*, la valeur ajoutée créée par la branche EnR s'élève à près de 8 milliards de francs ou 1,5 % du PIB (tableau R-1). Deux tiers environ se joignent ainsi indirectement à la valeur ajoutée directe. Pour l'emploi, la part des effets indirects est nettement plus élevée. Dans l'ensemble, près de 46 000 *équivalents plein temps* ou 1,2 % de l'emploi total sont impliqués dans l'exploitation des énergies renouvelables.

Tableau R-1: Valeur ajoutée brute et emplois générée directement et indirectement par la branche suisse des énergies renouvelables, 2010

	Valeur ajoutée brute en millions de francs	Nombre d'employés en EPT
Importance directe	4 817	22 810
Importance indirecte	3 189	23 390
Total	8 005	46 200
<i>Part dans l'économie globale</i>	1.5%	1.2%

Source: Estimations Rütter+Partner

En *comparaison européenne*, la Suisse figure dans le groupe de tête avec les pays scandinaves, l'Allemagne et l'Autriche pour ce qui est de l'emploi induit par les énergies renouvelables.

Deux scénarios sur l'exploitation des énergies renouvelables jusqu'en 2020

Afin d'évaluer l'*importance économique future des énergies renouvelables* pour la Suisse, la présente étude a pris en compte *deux scénarios* portant sur des stratégies de politique énergétique différentes. Les scénarios se distinguent en termes de production d'électricité et de chaleur d'origine renouvelable en Suisse de même que d'exportations des entreprises suisses à l'étranger, qui dépendent de l'évolution globale des énergies renouvelables et des parts des entreprises suisses sur le marché mondial.

Pour les évolutions à l'échelle nationale, les scénarios s'appuient sur les Perspectives énergétiques 2050 de l'Office fédéral de l'énergie (état : septembre 2012) et, pour les tendances globales, sur les Perspectives énergétiques mondiales, ou « World Energy Outlook », de l'Agence internationale de l'énergie. Le *scénario de base* se fonde sur les mesures de politique énergétique arrêtées et mises en œuvre. Le développement d'installations visant à exploiter les énergies renouvelables à l'échelle nationale correspond au scénario « Poursuite de la

politique actuelle » des Perspectives énergétiques. Le *scénario d'extension* se base sur la variante « Paquet de mesures politiques » des Perspectives énergétiques et la variante d'offre d'électricité C&E. Il combine la promotion d'énergies renouvelables avec des centrales à gaz à cycle combiné et du couplage chaleur-force.

L'*exploitation annuelle de la chaleur* d'origine renouvelable augmente de 4,4 TWh (33 %) de 2010 à 2020 dans le scénario de base et de 4,7 TWh (35 %) dans le scénario d'extension. En chiffres absolus, les deux scénarios enregistrent la plus forte hausse pour les pompes à chaleur. Pour l'*électricité* d'origine renouvelable, le scénario de base table sur une augmentation de la production annuelle de 2,1 TWh (6 %) entre 2010 et 2020 et le scénario d'extension sur une hausse de 4 TWh (11 %). Dans les deux scénarios, l'énergie hydraulique connaît de loin le développement le plus important.

Evolution de l'importance économique

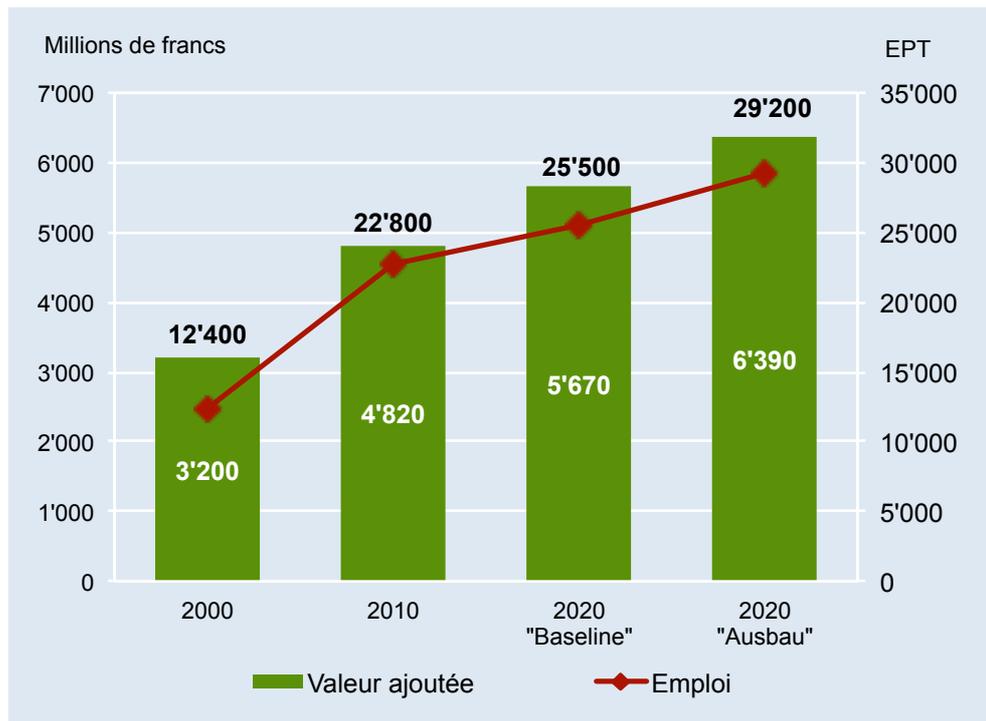
Entre 2000 et 2010, l'importance économique des énergies renouvelables a augmenté plus fortement que la moyenne par rapport à l'ensemble de l'économie. La valeur ajoutée brute est passée de près de 3,2 milliards à 4,8 milliards de francs (+50 %), le nombre d'employés de 12 400 à 22 800 (+75 %, fig. R-3). Le moteur de cette croissance n'est autre que l'exportation qui, avec plus de 12 % par an, a bien plus fortement augmenté que les dépenses intérieures, qui présentent une croissance d'à peine 5 % par an (fig. R-4).

Dans le *scénario d'extension*, la valeur ajoutée brute et l'emploi dans la branche EnR de 2010 à 2020 connaissent, en chiffres absolus, une croissance similaire à celle des années 2000 à 2010. D'ici à 2020, la valeur ajoutée augmente à 6,4 milliards de francs ou 1,1 % du PIB de la Suisse, l'emploi à 29 000 postes à plein temps ou 0,7 % de l'emploi total en Suisse (fig. R-3). Les taux de croissance annuels sont plus faibles qu'au cours de la décennie écoulée avec 2,9 % pour la valeur ajoutée et 2,5 % pour l'emploi (fig. R-4). Ils sont néanmoins supérieurs aux taux de croissance escomptés pour l'économie suisse. Les énergies renouvelables fourniront ainsi une *contribution* à la croissance économique *supérieure à la moyenne*. Ici aussi, les exportations sont un moteur important de la croissance, quoique plus dans la même mesure qu'il y a dix ans. Si l'on tient compte des effets indirects, la valeur ajoutée brute en lien avec les énergies renouvelables augmente de quelque deux tiers pour atteindre 10,6 milliards de francs. L'emploi double, passant à 57 000 personnes.

Dans le *scénario de base*, qui table aujourd'hui sur des hypothèses conservatrices concernant le développement des énergies renouvelables, la croissance du secteur EnR jusqu'en 2020 est nettement plus modeste. Tant le développement des énergies renouvelables en Suisse que les exportations sont clairement plus faibles par rapport au scénario d'extension. La valeur ajoutée augmente à 5,7 milliards de francs, l'emploi à 25 500 postes à plein temps. S'ajoutent les effets indirects qui, dans le scénario de base, sont similaires aux effets directs, comme dans le scénario d'extension.

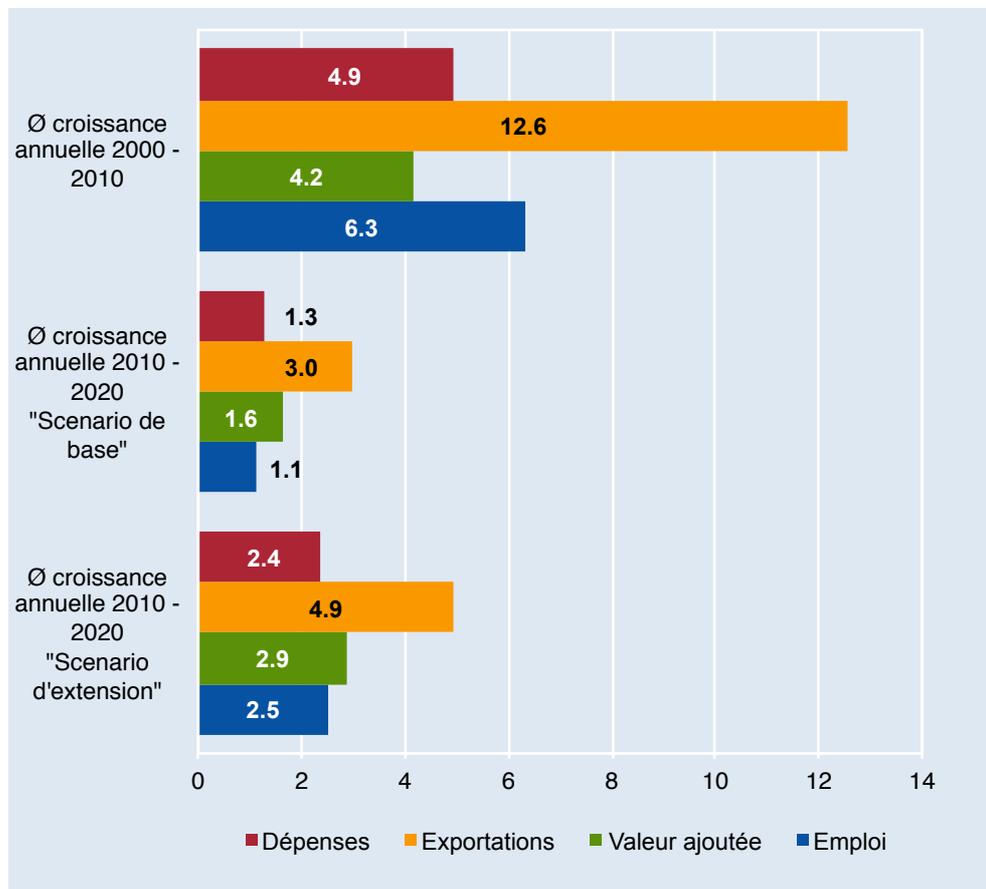
Les résultats montrent des effets bruts. Ils ne représentent pas des effets nets d'une promotion des énergies renouvelables. Cela demanderait des analyses des effets négatifs résultants du déplacement d'énergies conventionnelles et des effets macro-économiques et d'innovation.

Figure R-3: Evolution de la valeur ajoutée brute et de l'emploi lié aux énergies renouvelables, 2000–2020



Source: Estimation Rütter+Partner; les valeurs sont arrondies

Figure R-4: Croissance de l'importance économique entre 2000 et 2020



Source: Estimation Rütter+Partner

Montant de l'aide financière dans les scénarios 2020

Le développement des énergies renouvelables est soutenu par des *instruments politiques*. Pour la production d'électricité, la rétribution du courant injecté à prix coûtant (RPC) est un instrument important à l'échelon national. La production de chaleur d'origine renouvelable est encouragée par des programmes cantonaux, complétés par des contributions globales de la Confédération. La présente étude tient compte le montant de l'aide financière pur pour déterminer les coûts des mesures de politique énergétique, et non les frais d'exécution.

Le scénario de base estime les frais de subvention entre 250 à 320 millions de francs en 2020, le scénario d'extension entre 480 à 600 millions de francs. Par rapport à 2010, les frais de subvention liés à la production d'électricité d'origine renouvelable augmentent dans les deux scénarios. Pour la production de chaleur, par contre, ils sont moins élevés qu'en 2010 dans le scénario de base et comparables dans le scénario d'extension.

Conclusions

La présente étude montre que les énergies renouvelables en Suisse revêtent une importance économique non négligeable. Nombre d'entreprises sont actives dans les chaînes de création de valeur en lien avec les énergies renouvelables. Outre l'exploitation des installations, en particulier liées à l'énergie hydraulique et à l'énergie-bois, les entreprises fournissent de nombreux biens et services permettant d'exploiter les énergies renouvelables. Le marché intérieur et le marché extérieur ont à peu près la même importance en l'espèce. L'énergie hydraulique, les pompes à chaleur et la biomasse sont des domaines importants sur le marché intérieur, tandis que le photovoltaïque et la force hydraulique jouent un rôle important dans les exportations. En dépit de la petite taille du marché intérieur, les entreprises suisses ont pu bénéficier de la croissance mondiale pour l'exploitation de l'énergie solaire. Pour les exportations, tant les fabricants d'installations EnR que les sous-traitants de composants et les fournisseurs d'installations photovoltaïques, c'est-à-dire les fabricants de biens d'investissement destinés à l'industrie photovoltaïque, jouent un rôle prépondérant.

L'évolution future du secteur des énergies renouvelables dépendra à la fois du développement du marché intérieur et de celui du marché mondial. L'évolution du marché est aussi fonction des décisions de politique énergétique à l'échelle nationale et mondiale. Au vu des différents facteurs d'influence économique et politique, toute assertion relative au développement des énergies renouvelables et à leur importance économique est chargée d'incertitudes. Les scénarios précités montrent de possibles évolutions.

La présente étude crée de la transparence dans le secteur des énergies renouvelables et fournit des bases pour estimer les effets des différents facteurs d'influence. L'approche méthodologique qui réunit des informations relevant de la demande et de l'offre peut aussi servir à suivre et à analyser l'évolution future du secteur ER et de son importance économique au sens d'un monitoring de la branche.

1. Einleitung

Hintergrund

Der Ausbau der erneuerbaren Energien stellt eine der vier Säulen der Energiepolitik des Bundes dar. Im Energiegesetz ist das Ziel festgehalten, die Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien bis 2030 gegenüber dem Stand vom Jahr 2000 um mindestens 5'400 GWh zu erhöhen (was rund 10 Prozent der Jahresproduktion 2003 entspricht). Zurzeit stammen knapp 60 Prozent der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen. Die grosse Mehrheit davon wird in Wasserkraftwerken produziert. Der Anteil der Erneuerbaren am Endenergieverbrauch liegt in der Schweiz bei knapp 20 Prozent (BFE 2011b). Dieser Wert liegt etwas über dem globalen Durchschnitt von 16 Prozent (REN21 2011).

Die Energieperspektiven zeigen zusätzliche Potenziale der einheimischen, erneuerbaren Energien für den Strom- und Wärmebereich (Prognos 2012a). Angesichts der Neuausrichtung der Energiepolitik seit dem Frühjahr 2011 steigt der Bedarf, den Strom- wie auch den Wärmeverbrauch durch einen vermehrten Einsatz von Energieträgern aus erneuerbaren Quellen zu decken. Diese Ziele wurden durch die Energiestrategie 2050 des Bundesrates (2012) bekräftigt. Weitere Treiber für diese Entwicklung sind klimapolitische Ziele sowie die Sicherstellung der Energieversorgung und die Reduktion der Auslandabhängigkeit.

Ein wichtiges Förderinstrument für die erneuerbare Stromproduktion ist die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV). Finanziert durch einen Zuschlag auf jede verbrauchte Kilowattstunde stehen jährlich bis zu 500 Millionen Franken für die Abgeltung der Differenz zwischen Marktpreis und Vergütung für den in KEV-Anlagen produzierten Strom zur Verfügung. Auch die Kantone leisten mit ihren Förderprogrammen einen weiteren wichtigen Beitrag zur Förderung von erneuerbaren Energien. 2010 wurden 62 Millionen Franken für die direkte Förderung von erneuerbaren Energien aufgewendet, wobei Holz, Solarenergie und Umweltwärme im Vordergrund stehen (EnergieSchweiz 2011).

Mit der Förderung erneuerbarer Energien (EE) wird in der Volkswirtschaft ein Strukturwandel angestossen, der eine Verlagerung von der Nutzung konventioneller Energien hin zu erneuerbaren Energien mit sich bringt. Zudem handelt es sich bei den erneuerbaren Energien um einen Sektor, der gegenwärtig und künftig global hohe Wachstumsraten erzielen dürfte, mit entsprechenden Exportpotenzialen für die heimische Wirtschaft.

Die absehbare stärkere Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz und weltweit bieten Wachstumschancen für Unternehmen, die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien betreiben oder Produkte herstellen und vertreiben, die für den Bau oder Betrieb dieser Anlagen benötigt werden. Zudem profitieren Zulieferunternehmen in den diversen Wertschöpfungsketten, die mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden sind.

Die Bedeutung dieser Unternehmen für die Volkswirtschaft der Schweiz ist unklar. In den offiziellen Unternehmensstatistiken lassen sie sich nicht identifizieren, da diese zu wenig differenziert sind. Die im EE-Bereich tätigen Unternehmen finden sich in zahlreichen Wirtschaftszweigen wie der Energiewirtschaft, dem Maschinenbau, Elektrotechnik, der Bauwirtschaft oder den Ingenieurdienstleistungen. Um besser einzuschätzen, wie Schweizer Unternehmen heute in die Nutzung erneuerbarer Energien involviert sind und wie sie in Zukunft von einem Ausbau erneuerba-

rer Energien profitieren könnten, besteht in Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit ein grosses Interesse an fundierten Informationen über die Bedeutung der erneuerbaren Energien für die Schweizer Volkswirtschaft und ihr künftiges Entwicklungspotenzial bei verstärkter Förderung im In- und Ausland.

Zielsetzung

Zur Untersuchung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien hat das Bundesamt für Energie (BFE) eine Studie ausgeschrieben, die vom Konsortium Rütter+Partner, Ernst Basler + Partner und Fraunhofer ISI durchgeführt wird. Mit der Studie werden folgende *Hauptziele* verfolgt:

- Die Bedeutung der Nutzung erneuerbarer Energien seit dem Jahr 2000 für die Schweizer Volkswirtschaft wird anhand von relevanten Grössen wie Bruttowertschöpfung und Beschäftigung aufgezeigt. Dabei werden sowohl direkte Effekte in den Unternehmen, die im engeren Sinn an der Nutzung erneuerbarer Energien beteiligt sind, als auch indirekte Effekte bei Zulieferern und Ausrüstern berücksichtigt (Bruttoeffekte). Zudem wird die Bedeutung des Schweizer Finanzmarkts für die Finanzierung erneuerbarer Energien beleuchtet.
- Um das zukünftige Entwicklungs- und Exportpotenzial Schweizer Unternehmen im globalen EE-Sektor beurteilen zu können, wird die technologische Wettbewerbsfähigkeit dieser Unternehmen anhand geeigneter Indikatoren untersucht.
- Die zu erwartende volkswirtschaftliche Bedeutung der Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2020 wird ermittelt. Daneben werden auch die energiepolitischen Kosten einer verstärkten Förderung erneuerbarer Energien ausgewiesen.

Neben diesen Punkten umfasst die volkswirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien weitere Aspekte wie den Beitrag zur Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern und somit zur Verbesserung der Versorgungssicherheit oder die Verringerung der mit der Energieversorgung verbundenen externen Kosten. Diese positiven Effekte werden in der vorliegenden Studie ausgeklammert.

Im Fokus der Studie stehen die Unternehmen, die im Bereich erneuerbare Energien tätig sind. Die mögliche Verdrängung von Unternehmen im Bereich der konventionellen Energienutzung durch die Förderung erneuerbarer Energien ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Für die Bestimmung derartiger Nettoeffekte sind gesamtwirtschaftliche Modellrechnungen nötig. Eine fundierte Studie zur Erneuerbare-Energien-Branche und zu Bruttoeffekten liefert jedoch auch wichtige Grundlagen für die Analyse der Nettoeffekte.

Gemäss Projektausschreibung des BFE beschränkt sich die Studie auf die Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien. Treibstoffe auf Basis erneuerbarer Energien werden ausgeklammert.

Mit der Studie soll eine fundierte Grundlage zur Einschätzung der kurz- und langfristigen volkswirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz erarbeitet werden. Zudem wird die Basis für ein Monitoring dieses Sektors gelegt, mit dem die Wirkungen der politischen Massnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien verfolgt werden können. Schliesslich bietet sie Hinweise zur Stellung Schweizer Unternehmen im Markt für erneuerbare Energien und liefert Grundlagen für eine gezielte Standort- und Innovationspolitik.

Zum Stellenwert der Szenarien

Die Studie wurde in einem sehr dynamischen energiepolitischen Umfeld erstellt. Die ursprünglich in den Szenarien verwendeten Grundlagen zur Energiestrategie von Mai 2011 wurden laufend weiter entwickelt. Im September 2012 wurden die überarbeiteten Szenarien (Prognos 2012a, 2012b) publiziert, welche die Grundlage für die Berechnung der vorliegenden Szenarien bilden. Die hier berechneten Szenarien bilden mögliche Entwicklungen der volkswirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien in Abhängigkeit unterschiedlicher Zubauraten in der Schweiz und weltweit.

Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht ist wie folgt aufgebaut:

In Kapitel 2 wird das methodische Vorgehen erläutert. Kapitel 3 befasst sich mit der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz für den Zeitraum 2000 bis 2010. Darin ist auch eine Analyse der Wettbewerbsindikatoren Schweizer Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien enthalten (Kap. 3.4) und eine Übersicht über die Bedeutung erneuerbarer Energien für den Schweizer Finanzmarkt (Kap. 3.5). In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Szenarienrechnungen für das Jahr 2020 dargestellt. Der Bericht schliesst mit einer Diskussion der Ergebnisse und einem Fazit.

2. Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel erläutern wir die Abgrenzung der Erneuerbare-Energien-Branche von der übrigen Volkswirtschaft und geben einen Überblick über das methodische Vorgehen zur Erfassung ihrer wirtschaftlichen Bedeutung. Anschliessend werden die einzelnen Elemente des methodischen Vorgehens näher erläutert.

2.1 Systemgrenzen

Die Nutzung erneuerbarer Energien führt grundsätzlich bei Planung, beim Bau und beim Betrieb der entsprechenden Anlagen (z.B. Wärmepumpen, Photovoltaikanlagen oder Holz-Heizkraftwerken) zu wirtschaftlichen Aktivitäten mit den damit verbundenen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten. Diese stossen ihrerseits Aktivitäten in der übrigen Volkswirtschaft (z.B. bei Zulieferunternehmen) an, die wir ebenfalls in die Analyse der ökonomischen Bedeutung einbeziehen.

Bei der Erfassung der wirtschaftlichen Bedeutung unterscheiden wir zwischen der Erneuerbare-Energien-Branche (EE-Branche) im engeren Sinn und indirekten Effekten in der übrigen Volkswirtschaft. Zur EE-Branche zählen wir alle Unternehmen, die massgeblich und in charakteristischer Weise an der Nutzung erneuerbarer Energien beteiligt sind. Es handelt sich dabei um eine sogenannte Querschnittsbranche, die sich quer über die klassischen Wirtschaftszweige spannt, ähnlich wie die Umweltschutzbranche oder die Tourismuswirtschaft.

Die Systemgrenzen der EE-Branche für die vorliegende Studie ergeben sich durch die einbezogenen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien, die damit verbundenen Wertschöpfungsketten und die beteiligten Unternehmenstypen.

2.1.1 Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien

Wir berücksichtigen alle erneuerbaren Energieträger, die zur Erzeugung von Strom oder Wärme genutzt werden, nicht jedoch Treibstoffe auf der Basis erneuerbarer Energien (Biofuels). Die folgenden Technologien werden einbezogen:

- Wasserkraftanlagen,
- Windkraftanlagen,
- Photovoltaik-Anlagen,
- die solarthermische Stromerzeugung,
- die Nutzung der Wellen- und Meereskraft,
- Solarkollektoren,
- Wärmepumpen,
- Tiefengeothermie,
- alle relevanten Technologien zur Nutzung holzartiger und feuchter Biomasse und
- die Verbrennung des biogenen Anteils im Abfall.

Neben den heute eingesetzten Technologien werden auch die im Jahr 2020 voraussichtlich eingesetzten Technologien einbezogen.

Bei den meisten Technologien können die ermittelten wirtschaftlichen Effekte vollständig der Nutzung erneuerbarer Energien zugerechnet werden. Ausnahmen sind die Abfallverbrennung und die Wasserkraft.

Die *Abfallverbrennung* umfasst die Kehrichtverbrennungsanlagen und Industrieferuerungen, in denen erneuerbare Abfälle energetisch genutzt werden (Feuerungen für erneuerbare Abfälle). In beiden Fällen werden die wirtschaftlichen Effekte mit dem Anteil des biogenen Abfalls verrechnet. Bei Kehrichtverbrennungsanlagen beträgt dieser Anteil gemäss den Statistiken des BFE 50 Prozent. Bei den Feuerungen für erneuerbare Abfälle schwanken die Anteile je nach Abfallart. Zudem steht bei den Kehrichtverbrennungsanlagen die Funktion der Abfallentsorgung im Vordergrund. Bei der Berechnung der wirtschaftlichen Bedeutung gehen wir daher nicht von Gesamtkosten, sondern nur von den Zusatzkosten für die Strom- und Fernwärmeerzeugung in KVA aus.

Wasserkraftwerke lassen sich einerseits in Laufkraftwerke und in Speicherkraftwerke unterteilen. Unter den Speicherkraftwerken sind die reinen Umwälzwerke und die Pumpspeicherkraftwerke gesondert zu behandeln. Diese dienen ganz oder zum Teil dazu, Strom zu speichern, indem der Strom dazu verwendet wird, Wasser aus einem tiefliegenden Reservoir in ein höherliegendes Reservoir hochzupumpen. Zu einem späteren Zeitpunkt kann das abfliessende Wasser wieder zur Stromerzeugung genutzt werden. Da der gespeicherte Strom auch aus nicht erneuerbaren Quellen stammen kann, wird diese Speicherfunktion nicht als Nutzung erneuerbarer Energien angesehen. Daher bleiben reine Umwälzwerke in dieser Studie unberücksichtigt. Als „Erneuerbare-Energien-Anteil“ (EE-Anteil) dient bei Pumpspeicherkraftwerken der Anteil der Nettostromerzeugung an der Bruttostromerzeugung. In Anlehnung an eine Studie für das BFE (Zsak 2008) sind zur Berechnung der Nettostromerzeugung rund 80% des Pumpstrombedarfs vom erzeugten Strom abzuziehen. Mit diesem Anteil werden die wirtschaftlichen Effekte des Baus oder Betriebs von Pumpspeicherkraftwerken einbezogen.

Ausserdem unterscheiden wir zwischen *Klein- und Grosswasserkraftanlagen*. In der Kategorie der Kleinwasserkraftwerke sind Anlagen mit einer installierten Leistung bis 10 Megawatt zusammengefasst. In der Wasserkraftstatistik des BFE sind allerdings nur Wasserkraftwerke ab 300 Kilowatt installierter Leistung erfasst (BFE, 2011g); die sogenannten Kleinstkraftwerke fehlen. Ihr Anteil ist – bezogen auf die gesamte Stromerzeugung aus Wasserkraft – jedoch gering und für aggregierte Schätzungen vernachlässigbar.¹

In Anlehnung an die Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien (BFE 2010a) unterscheiden wir bei den Analysen die in Tabelle 1 aufgeführten Technologien. Für die Darstellung der Resultate fassen wir die einzelnen Technologien gemäss den in der letzten Spalte aufgeführten Kategorien zusammen.

Hinsichtlich der Systemgrenzen sind folgende Bemerkungen zu ergänzen:

- Die Strom- und Fernwärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien wird generell nur bis zum Punkt der Netzeinspeisung einbezogen. Die weitere Verteilung von Strom und Wärme gehört nicht zu den erneuerbaren Energien.
- Biogene Abfälle werden ab ihrem Einsatz in der EE-Anlage berücksichtigt. Die vorhergehende Sammlung und Aufbereitung zählen wir nicht zum Bereich der erneuerbaren Energien, da diese auch bei einer alternativen Verwendung anfallen würden und deshalb der Abfallwirtschaft zugeordnet werden.

¹ Die Produktion der Kleinstwasserkraftwerke (< 300 kW installierte Leistung) wird auf weniger als 300

Tabelle 1: Gliederung nach Energieträgern und Technologien

Energie-träger	Technologie	Energie-typ ²	Kategorien zur Darstellung der Resultate
Wasserkraft	Laufwasser – Grosswasserkraftwerk	E	Grosswasserkraftwerke
	Speicher – Grosswasserkraftwerk	E	
	Laufwasser – Kleinwasserkraftwerk	E	Kleinwasserkraftwerke
	Speicher – Kleinwasserkraftwerk	E	
Windenergie	Windkraftanlagen	E	Windkraftanlagen
Sonnen-energie	Photovoltaikanlagen	E	Photovoltaikanlagen
	Röhren- und Flachkollektoren	W	Solarthermische Anlagen
	Unverglaste Kollektoren	W	
	Kollektoren für die Heutrocknung	W	
Umwelt-wärme	Wärmepumpen (und direkte Nutzung)	W	Wärmepumpen und direkte Nutzung
	Tiefe Geothermie (tiefe Aquifernutzung)	E / W	
Biomasse: Holz	Holz-Wärmekraftkopplungsanlagen mit Holzschnitzeln, Waldholz	E / W	Holz-WKK-Anlagen und Feuerungen für Holzabfälle
	Feuerungen mit Holzanteilen	E / W	
	Automatische Feuerungen mit Holzschnitzeln, Waldholz	W	Holzfeuerungen > 50 kW
	Automatische Feuerungen mit Pellets	W	
	Gebäudeheizungen mit Stückholz	W	Holzheizungen <= 50 kW
	Gebäudeheizungen mit Holzschnitzeln	W	
	Gebäudeheizungen mit Pellets	W	
	Einzelraumheizungen mit Stückholz	W	
	Einzelraumheizungen mit Pellets	W	
Biomasse: Gas	Biogasanlagen Landwirtschaft	E / W / G	Biogasanlagen
	Biogasanlagen Gewerbe/Industrie	E / W / G	
	Klärgasanlagen	E / W	
	Deponiegasanlagen	E / W	
	Biogasanlagen Industrieabwässer	E / W	
Biomasse: Abfall	Kehrichtverbrennungsanlagen	E / W	KVA und Feuerungen für erneuerbare Abfälle
	Feuerungen für erneuerbare Abfälle	E / W	

Quelle: EBP, basierend auf der Statistik der erneuerbaren Energien (BFE 2011b)

² E = Elektrizität, W = Wärme, G = Gas

- Die Tiefengeothermie ist in der Schweiz noch nicht sehr relevant. Es gibt eine Anlage mit direkter Nutzung von Geothermie ohne Wärmepumpe (Tiefe Aquifernutzung). In der vorliegenden Studie wird sie mit den Wärmepumpen zusammengefasst.
- Bei *Biogasanlagen* in der Landwirtschaft sind Anlagen mit Brennern (ohne Wärmekraftkopplung) inbegriffen, diese haben aber eine sinkende Bedeutung.
- Bei landwirtschaftlichen und industriellen *Biogasanlagen* wurde die *Gaseinspeisung* separat berücksichtigt (Biogas für Tankstellen und Einspeisung ins Erdgasnetz, keine Strom- und Wärmeproduktion). Diese ist insbesondere bei gewerblich-industriellen Anlagen in den vergangenen Jahren deutlich gestiegen.
- Unter den Holzenergieanlagen werden die offenen Cheminees nicht für die Ermittlung der wirtschaftlichen Bedeutung berücksichtigt, da ihr energetischer Wirkungsgrad gemäss Holzenergiestatistik mit 0% anzusetzen ist.

Die oben genannten Kategorien beschränken sich auf die in der Schweiz zum Einsatz kommenden Technologien. Daneben sind Schweizer Unternehmen – in geringerem Umfang – auch in den Wertschöpfungsketten von im Ausland eingesetzten Technologien aktiv, wie z.B. solarthermischen Kraftwerken. Die damit verbundenen wirtschaftlichen Effekte werden in dieser Studie ebenfalls berücksichtigt. Die Wellen- und Meereskraft wird nicht berücksichtigt, da sie in der Schweiz nicht genutzt wird, keine Unternehmen identifiziert werden konnten, die in diesem Bereich tätig sind und die Technologie auch global bis 2020 von marginaler Bedeutung ist.

2.1.2 Abgrenzung der Branche „Erneuerbare Energien“

Bevor eine Anlage zur Nutzung erneuerbarer Energien betriebsbereit ist, muss sie entwickelt, projektiert, genehmigt und finanziert werden, die entsprechenden technischen Komponenten sind zu fertigen und zum Betriebsort zu transportieren, wo die Anlage schliesslich aufgebaut und in Betrieb genommen wird. In der Betriebsphase wird einerseits direkt Wertschöpfung und Beschäftigung generiert. Andererseits werden Energieträger benötigt (insb. Biomasse), andere Hilfs- und Betriebsstoffe oder Instandhaltungsleistungen bezogen. An der Nutzung erneuerbarer Energien ist also eine Vielzahl verschiedener Unternehmenstypen beteiligt. Zudem zeichnet sich jede Technologie durch spezifische Wertschöpfungsketten aus.

Zur Erneuerbare-Energien-Branche zählen wir analog zu vergleichbaren international durchgeführten Studien (z.B. Ragwitz et al. 2009, Lehr et al. 2011) einerseits die *Betreiber von EE-Anlagen* und andererseits die *Anbieter von spezifischen Gütern und Dienstleistungen* für Planung, Bau und Betrieb der Anlagen. Wir beziehen dabei nicht nur Hersteller von Endprodukten oder fertigen Anlagen ein, sondern auch *Zulieferer*, die für die Nutzung erneuerbarer Energien spezifische Vorprodukte herstellen oder *Ausrüster*, die spezielle Fertigungsanlagen für Hersteller produzieren. Ziel ist dabei, auch solche Unternehmen zu erfassen, für die die erneuerbaren Energien einen wichtigen Absatzmarkt darstellen, und die von einer dynamischen Marktentwicklung profitieren würden (z.B. auf PV- und Windenergieanlagen spezialisierte Kabelhersteller). Je weiter man der Zulieferkette folgt, desto weniger charakteristisch für die EE-Branche werden die erzeugten Güter (z.B. Stahl für Heizkessel, Beton für Staudämme). Die Grenze zwischen Aktivitäten bzw. Unternehmen, die in die EE-Branche einbezogen und denen, die ausgeschlossen werden, ist daher für jede EE-Technologie individuell festzulegen. Die ausgeschlossenen Aktivitäten sind jedoch Teil der indirekten Effekte, die von der EE-Branche in der übrigen Volkswirtschaft ausgelöst werden.

Insgesamt beziehen wir die folgenden Unternehmenstypen in die EE-Branche ein:

- *Betreiber* von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Betreiber von Wasserkraftanlagen, Holzheizkraftwerken oder Windenergieanlagen),
- *Hersteller* von (End-)Produkten für die Nutzung erneuerbarer Energien (z.B. Hersteller von Wasserkraftturbinen, Photovoltaik-Modulen oder Wärmepumpen),
- *Hersteller von Rohstoffen*, insb. Biomasse (z.B. Forstwirtschaft, holzverarbeitende Industrie, Pellethersteller)
- *Ausrüster*, d.h. Hersteller von Maschinen und Anlagen für die Herstellung von Endprodukten (z.B. Fertigungsstrassen zur Herstellung von Solarzellen oder PV-Modulen),
- *Zulieferer*, d.h. Hersteller von spezifischen Vorprodukten für Betreiber, Hersteller oder Ausrüster (z.B. Hersteller von Kabeln für PV- oder Windkraftanlagen)
- *Dienstleister*, z.B. Planungs- und Ingenieurbüros, andere Anbieter von technischen Dienstleistungen, aber keine allgemeinen Dienstleister wie Rechtsanwälte, Unternehmensberatungen oder Wirtschaftsprüfer³.
- *Installateure*, insbesondere von Heizungsanlagen oder PV-Anlagen,
- *andere Unternehmen der Bauwirtschaft* (z.B. Unternehmen, die Druckrohre für Wasserkraftanlagen verlegen),
- *Handels- und Vertriebsunternehmen*, d.h. Gross- und Detailhandelsunternehmen, die Endprodukte und (in geringerem Umfang) Vorprodukte vertreiben.

2.2 Methodisches Vorgehen im Überblick

Das Projekt besteht aus zwei Phasen:

- Bestimmung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien mit Bezugsjahr 2010 und ihrer Entwicklung seit dem Jahr 2000,
- Schätzung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020.

Dieses Kapitel stellt das methodische Vorgehen im Überblick vor. Abbildung 1 enthält eine schematische Darstellung des methodischen Vorgehens.

2.2.1 Bestimmung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien

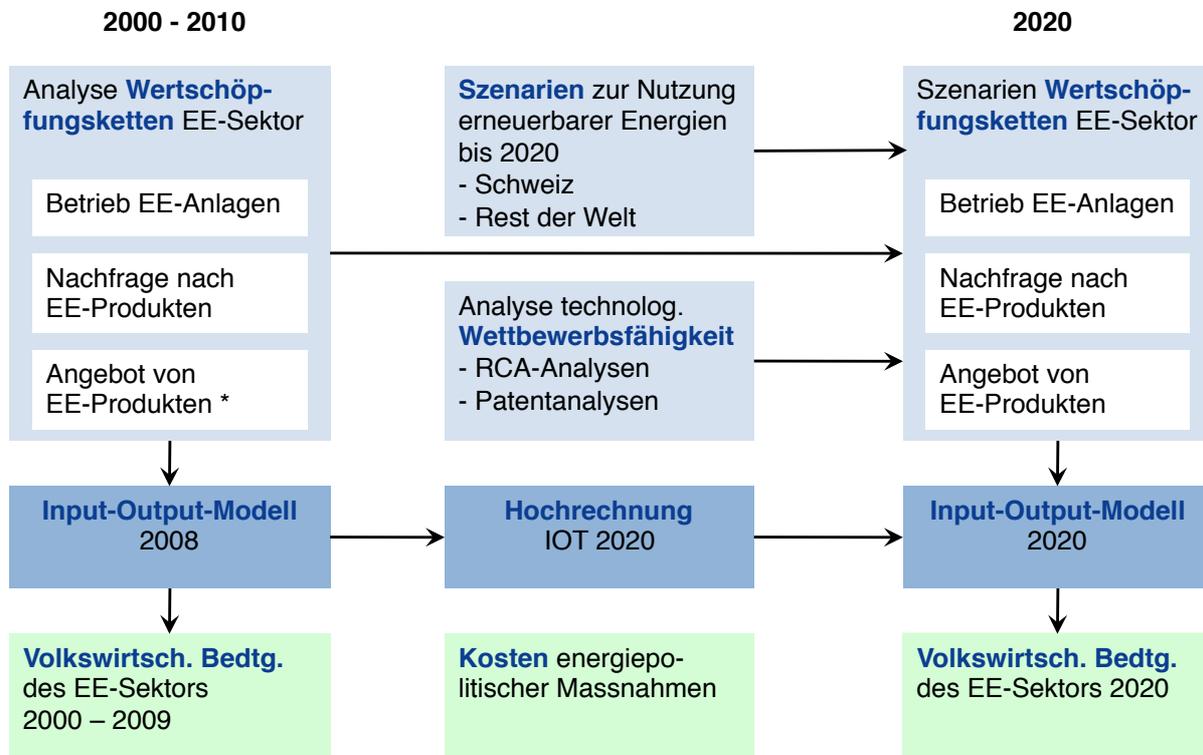
In methodischer Hinsicht haben sich vor allem zwei Ansätze zur Analyse von Querschnittsbranchen etabliert, ein nachfrage- und ein angebotsorientierter Ansatz. Sie wurden bisher zur Erfassung verschiedener sich im öffentlichen Interesse befindlichen Querschnittsbranchen eingesetzt, wie z.B. die Tourismuswirtschaft oder der Umweltschutzsektor (vgl. z.B. OECD 1999, Sprenger et al. 2003). Die diese Ansätze lassen sich auch zur Erfassung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien anwenden.

Bei der Bestimmung der direkten wirtschaftlichen Bedeutung geht der *nachfrage-seitige Ansatz* von den monetären Ausgaben für den Bau von neuen EE-Anlagen

³ In dieser Systematik werden auch Banken und andere Finanzierungsinstitutionen bzw. Versicherungen nicht als Teil der Erneuerbare-Energien-Branche im engen Sinn gezählt, sondern bei den indirekten Effekten. Ihre Rolle im Zusammenhang mit der Finanzierung erneuerbarer Energien wurde aber in einer separaten Vertiefung analysiert (vgl. Kapitel 3.5).

in der Schweiz, den Ersatz bestehender Anlagen und ihren Betrieb aus. Dazu sind für die einbezogenen Technologien einerseits Daten zur installierten Leistung und zur Energieerzeugung aus den offiziellen Statistiken verfügbar.

Abbildung 1: Das methodische Vorgehen im Überblick



* inkl. Finanzmarkt

Quelle: Eigene Darstellung

Andererseits werden die spezifischen Bau- und Betriebskosten der Anlagen ermittelt. Über die Bestimmung der Betriebskosten und ihrer wertschöpfungsrelevanten Komponenten können zum einen die Bruttowertschöpfung und die Anzahl Beschäftigten bei den Anlagenbetreibern direkt berechnet werden. Zum anderen werden die übrigen Investitions- und Betriebsausgaben so auf Kostenkomponenten aufgeteilt, dass die damit verbundene Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen und deren Lieferbranchen identifiziert werden können (deshalb der Begriff „nachfrageseitiger Ansatz“). Sodann ist der Anteil der inländischen Produktion an der Güternachfrage durch Abzug der Importe zu schätzen. Schliesslich können Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in den inländischen Lieferbranchen mittels durchschnittlicher branchenspezifischer Kennzahlen bestimmt werden.

Der *angebotsorientierte Ansatz* setzt hingegen bei den Unternehmen an, die Güter oder Dienstleistungen für Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien anbieten, z.B. Planungsbüros, Hersteller von Maschinen und deren Komponenten oder Installateure. Da die Unternehmen der EE-Branche in verschiedenen Wirtschaftszweigen statistisch erfasst sind, müssen sie in einem ersten Schritt identifiziert werden. Dies ist über einschlägige Verbands- und Branchenverzeichnisse, Messekataloge und ähnliche Informationsquellen möglich. Es lassen sich jedoch nur solche Unternehmen erfassen, die sich selbst als in diesem Bereich tätige Unternehmen bemerkbar machen. Mittels einer Unternehmensbefragung werden dann die benötigten Daten zu Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung direkt erfragt. Im Vergleich zum nachfrageseitigen Ansatz sind damit präzi-

sere Ergebnisse zu den direkten Effekten möglich. Zudem können auf diesem Weg die Exporte der Unternehmen für EE-Anlagen im Ausland ermittelt werden. Eine Erfassung der Exporte über die Aussenhandelsstatistik ist nämlich nur für einen kleinen Teil der Produkte im Bereich erneuerbare Energien möglich.

Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile. Durch eine Kombination lassen sich die Stärken der beiden Ansätze ergänzen und die Schwächen ausgleichen. Wichtig ist dabei eine saubere Abstimmung, um Überschneidungen und Doppelzählungen zu vermeiden. Einen kombinierten nachfrage- und angebotsorientierten Ansatz verfolgen wir auch in der vorliegenden Studie.

Die Bestimmung der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung in der ersten Projektphase zielt vor allem auf die wirtschaftlichen Kerngrössen wie die Bruttowertschöpfung (als Beitrag zum BIP der Schweiz) und die Beschäftigung in der EE-Branche. Daneben geht es aber auch um Grössen wie die Exporttätigkeit der Unternehmen oder die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten.

In einem Zusatzmodul wird die *Bedeutung von EE-Projekten für den Schweizer Finanzmarkt* unter Berücksichtigung der folgenden beiden Aspekte untersucht: Einerseits gewähren Finanzinstitute Kredite für die Finanzierung von Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion. Andererseits können erneuerbare Energien eine Rolle spielen bei Produkten für Geldanlagen, wie beispielsweise nach Umweltkriterien zusammengesetzte Aktienfonds. Diese beiden Aspekte werden anhand von Dokumentenanalysen und Experteninterviews analysiert.

Um die künftige Partizipation der Schweizer EE-Branche an der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien abzuschätzen, analysieren wir zudem ausgewählte *Indikatoren zur Wettbewerbsfähigkeit* der Unternehmen in der EE-Branche.

Zielgrössen der Untersuchung / Begriffe

Bei der Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung geht es um verschiedene Zielgrössen, die im Folgenden kurz erläutert werden. Grundsätzlich orientieren wir uns an den Konventionen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, damit die erzielten Ergebnisse mit denen anderer Branchen oder anderer Länder vergleichbar sind.

Die *Bruttoproduktion* ist eine Grösse aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, die für die meisten Branchen ungefähr dem Umsatz entspricht. Bei einigen Branchen gelten spezifische Definitionen der Bruttoproduktion.⁴

Die *Bruttowertschöpfung* ist aus volkswirtschaftlicher Sicht eine wichtige Grösse zur Bestimmung der wirtschaftlichen Leistung eines Unternehmens oder einer Branche. Sie entspricht weitgehend dem Beitrag zum gesamtwirtschaftlichen Bruttoinlandsprodukt (BIP)⁵. Zur Berechnung der Bruttowertschöpfung werden die Vorleistungen, die ein Unternehmen von anderen Unternehmen bezieht, von der Bruttoproduktion abgezogen.

Die *Beschäftigung* wird als Anzahl Beschäftigte in Vollzeitäquivalenten (VZÄ) angegeben. Dazu werden die Teilzeitbeschäftigten gemäss ihres Arbeitspensums in Vollzeitäquivalente umgerechnet.

⁴ Bei der Berechnung der Bruttoproduktion wird der Umsatz z.B. um Vorratsveränderungen von Halb- und Fertigfabrikaten, die Produktion für eigene Zwecke oder den Aufwand für Handelsware bereinigt. Bei bestimmten Branchen wie z.B. dem Gross- und Detailhandel, Banken oder Versicherungen gibt es spezifische Vorgaben für die Berechnung der Bruttoproduktion.

⁵ Bei der Berechnung des BIP werden die Nettogütersteuern zum Total der Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftszweige der Volkswirtschaft addiert.

Die *Arbeitsproduktivität* gibt die pro Vollzeitäquivalent erwirtschaftete Bruttowertschöpfung an. Zwischen den Branchen in einer Volkswirtschaft bestehen grosse Unterschiede bei der Arbeitsproduktivität. Zum Teil sind diese Differenzen auf die unterschiedliche Kapitalintensität der Branchen zurückzuführen. Das Wachstum der Arbeitsproduktivität ist eine wichtige Determinante für das allgemeine Wirtschaftswachstum.

Die *Qualifikation der Beschäftigten* orientiert sich am höchsten Bildungsabschluss der Beschäftigten. Wir unterscheiden die folgenden Kategorien:

- Hochschulausbildung, umfasst den Hoch- und Fachhochschulabschluss,
- höhere Berufsausbildung,
- abgeschlossene Berufslehre,
- in beruflicher Ausbildung (Lehrlinge) und
- ohne berufliche Ausbildung.

Ermittlung der direkten wirtschaftlichen Bedeutung

Die direkte wirtschaftliche Bedeutung bezieht sich auf die EE-Branche in der oben erläuterten Abgrenzung. Zur ihrer Ermittlung werden die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt (vgl. auch Abbildung 2):

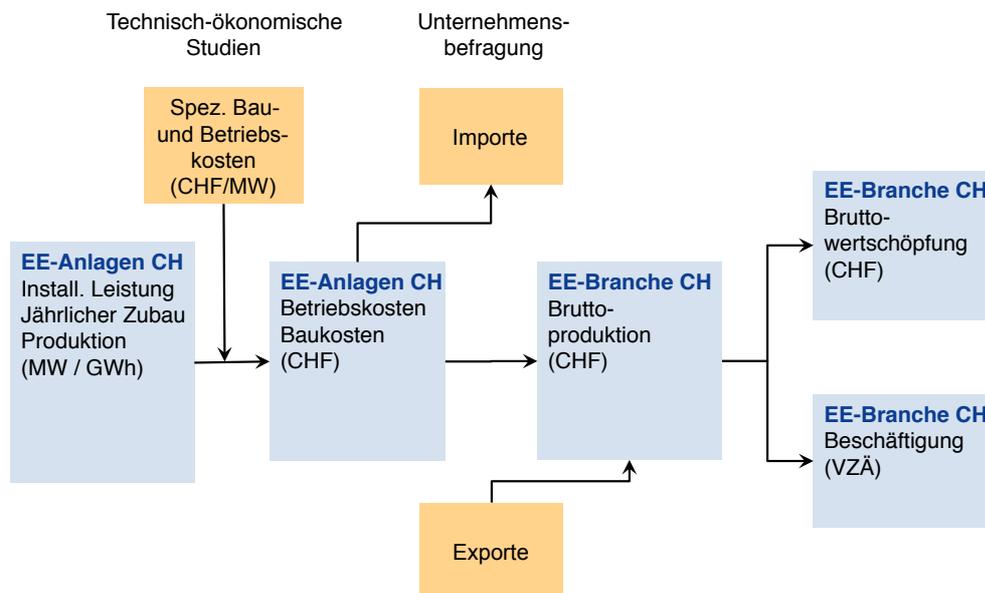
- *Nachfrageseite:*
 - Ermittlung der Daten zur installierten Leistung und der Strom- und Wärme-
produktion für die einzelnen Technologien sowie die spezifischen Investitions-,
Betriebs- und Brennstoffkosten, jeweils für die Jahre 1999 bis 2010,
 - Berechnung der Ausgaben für Erneuerungs- und Ersatzinvestitionen sowie
für den Betrieb der EE-Anlagen in der Schweiz,
 - Aufteilung der Ausgaben auf Kostenkomponenten und Lieferbranchen;
- *Angebotsseite:* Identifizierung von Unternehmen der EE-Branche mit Schwerpunkt bei den Herstellern, Zulieferern und Ausrüstern sowie anderen grösseren oder exportorientierten Unternehmen; Durchführung einer Unternehmensbefragung zur Erhebung der benötigten wirtschaftlichen Kenndaten.
- *Abgleich der nachfrage- und angebotsseitigen Informationen:* Ausgangspunkt sind die Ausgaben für Bau und Betrieb von EE-Anlagen in der Schweiz. Mit den Informationen aus der Unternehmensbefragung wird die Produktion Schweizer Unternehmen der EE-Branche für den Inlandsmarkt sowie für den Export bestimmt. Daraus ergeben sich auch die Importanteile an den Ausgaben für Schweizer EE-Anlagen. Zur Bestimmung von Teilen der Importe und Exporte wird ausserdem die Aussenhandelsstatistik herangezogen. Lagen keine Daten vor, wurden die Importanteile aus der Schweizerischen IOT abgeleitet. Das Ergebnis des Abgleichs sind die direkte Produktion in der EE-Branche der Schweiz und der Export nach Technologien und Wertschöpfungsschritten. Die direkte Wertschöpfung und Beschäftigung wird überwiegend mit branchendurchschnittlichen Kennzahlen zu Wertschöpfungsanteilen und Beschäftigungsintensitäten aus dem Impact-Modell ermittelt. Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung werden in die Berechnungen integriert, soweit repräsentative Unternehmensangaben für die jeweiligen Wertschöpfungsschritte vorliegen (z.B. für die Hersteller und Ausrüster in der Photovoltaik)⁶. Ausserdem werden sie zur Plausibilisierung der branchendurchschnittlichen Kennzahlen herange-

⁶ viele Unternehmen haben in der Befragung keine vollständigen Angaben zu ihrer Wertschöpfung gemacht, in der Regel aus Datenschutzgründen

zogen. Mit diesen Schritten liegen die direkte Wertschöpfung und Beschäftigung nach Technologien und Wertschöpfungsschritten vor.

Mit diesem Ansatz, der sowohl Daten der Nachfrageseite als auch der Angebotsseite einbezieht und diese aufeinander abstimmt, ist eine fundierte Erfassung der EE-Branche der Schweiz möglich. Mit der Unternehmensbefragung können zudem weitere Informationen erfragt werden, die nicht direkt für den Abgleich benötigt werden, wie Organisationsstruktur und Tätigkeitsfelder der Unternehmen, die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten, ihre F&E-Tätigkeit oder Absatzmärkte. Damit entsteht ein plastischeres Bild der EE-Branche, als es allein mit dem nachfrageseitigen Ansatz möglich wäre.

Abbildung 2: Abstimmung von angebots- und nachfrageseitigem Ansatz



Quelle: Eigene Darstellung

Für die Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung im Jahr 2000 liegen nachfrageseitige Daten zu den EE-Anlagen in der Schweiz vor, nicht jedoch die angebotsseitigen Informationen aus der Unternehmensbefragung, insbesondere zu Exporten der Unternehmen. Für Importe und Exporte liegen zum Teil Daten aus der Aussenhandelsstatistik vor. Die übrigen Exporte werden aus den Werten für 2010 rückgerechnet, indem ein paralleler Verlauf zur Entwicklung des Weltmarkts unterstellt wird. Bei der Berechnung der Beschäftigung fließen ausserdem Daten zur Entwicklung der Arbeitsproduktivität in den beteiligten Branchen zwischen 2000 und 2010 ein.

Ermittlung der indirekten wirtschaftlichen Bedeutung

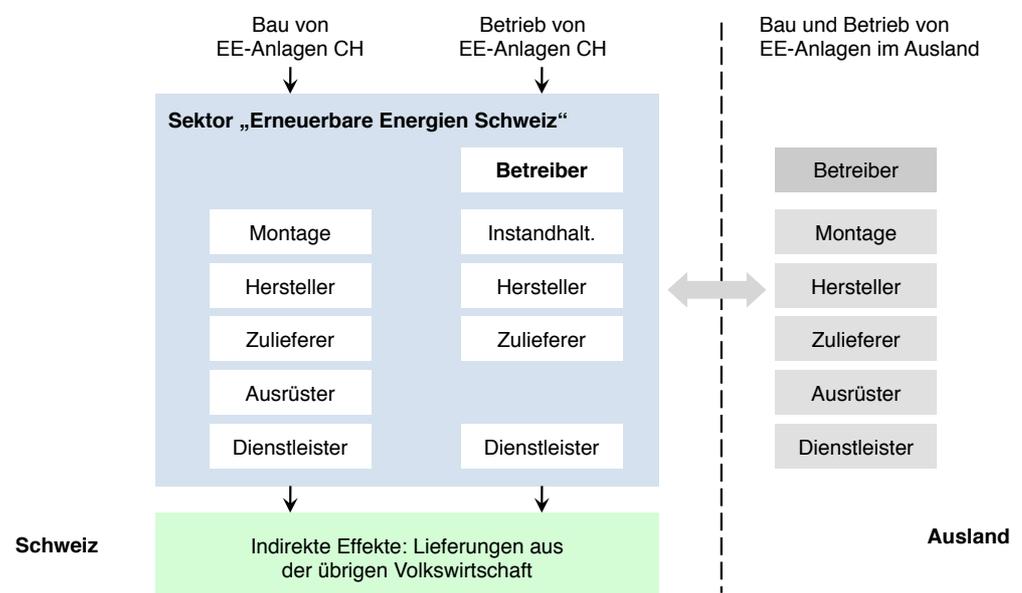
Mit ihren Aktivitäten lösen die Unternehmen der EE-Branche ihrerseits Produktion in anderen Branchen der Volkswirtschaft aus, da sie eine Vielzahl von Gütern und Dienstleistungen von Zulieferern benötigen. Diese benötigen wiederum Güter von ihren Zulieferern usw., so dass effektiv ganze Zulieferketten von der EE-Branche abhängig sind. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Zulieferbranchen wird als indirekt bezeichnet. Die direkte wirtschaftliche Bedeutung der EE-Branche ist massgebend für den Vergleich mit anderen Branchen oder der Schweiz insgesamt. Die indirekten Effekte zeigen zusätzlich, wie die Branche mit der übrigen Volkswirtschaft verflochten ist.

Zur Abschätzung der indirekten Effekte, die die Unternehmen der EE-Branche in der übrigen Volkswirtschaft auslösen, wird ein volkswirtschaftliches Impact-Modell eingesetzt, das zur Gruppe der Input-Output-Modelle gehört. Es bildet die Lieferverflechtungen zwischen den Wirtschaftsbranchen sowie zwischen Branchen und den privaten Haushalten, dem Ausland oder der sonstigen Endnachfrage vollständig ab. Dadurch erlaubt es, die Summe der Wirtschaftsaktivitäten in den Zulieferketten der EE-Branche modellmässig abzuschätzen. Einkommenseffekte, d.h. Effekte, die durch den Konsum der Beschäftigten in der EE-Branche und in den Zulieferunternehmen in der Volkswirtschaft ausgelöst werden, werden in dieser Studie nicht betrachtet.

Bei der Berechnung der indirekten Effekte ist zu beachten, dass bereits zwischen den Unternehmen innerhalb der EE-Branche Lieferbeziehungen bestehen können. Dies wird bei der Berechnung der indirekten wirtschaftlichen Bedeutung berücksichtigt, indem bei derartigen Zulieferunternehmen nur die für den Export bestimmte Produktion einbezogen wird. Damit sind Doppelzählungen zwischen direkten und den mit dem Input-Output-Modell generierten indirekten Effekten ausgeschlossen.

Die folgende Abbildung skizziert die erläuterten Zusammenhänge. Sie zeigt, wie einerseits vom Bau und Betrieb von Anlagen eine Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen in der Branche „Erneuerbare Energien“ ausgeht. Diese löst mit ihren wirtschaftlichen Aktivitäten indirekte Effekte in der übrigen Volkswirtschaft aus. Andererseits steht die EE-Branche über Importe und Exporte mit dem Ausland in Beziehung. In den Abschnitten 2.3 bis 2.6 werden die einzelnen Elemente näher erläutert.

Abbildung 3: Einbettung der EE-Branche in die Volkswirtschaft



Quelle: Eigene Darstellung

2.2.2 Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020

Das Vorgehen zur Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020 baut auf den Ergebnissen der Ist-Analyse auf. Die folgenden Elemente kommen hinzu:

- Mittels Szenarien zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz und Annahmen zur Entwicklung der spezifischen Technologiekosten wird die Entwicklung der inländischen Ausgaben erfasst. Nach Abzug der Importe ergibt sich daraus die inländische Produktion für den Inlandsmarkt.
- Zur Abschätzung der Exportpotenziale der Schweizer EE-Branche werden Szenarien zur Entwicklung der weltweiten Nutzung erneuerbarer Energien analysiert. Dies erlaubt, die globale Nachfrage nach EE-Gütern zu schätzen. Die möglichen Exporte werden mit Annahmen zur Entwicklung des Weltmarktanteils Schweizer Unternehmen in den verschiedenen Technikfeldern unterlegt. Dazu können die Ergebnisse der Unternehmensbefragung und der Analyse der Wettbewerbsindikatoren herangezogen werden.
- Mit den oben genannten Arbeitsschritten wird die direkte wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020 ermittelt. Zur Berechnung der indirekten Effekte kommt wiederum das Impact-Modell zum Einsatz. Um den bis zum Jahr 2020 zu erwartenden Strukturwandel (insbesondere das unterschiedliche Wachstum der Branchen, steigende Arbeitsproduktivitäten und der zunehmende Aussenhandel) abzubilden, wird eine Input-Output-Tabelle für das Jahr 2020 geschätzt und als Basis für die Modellrechnungen verwendet.

2.3 Nachfrageseitiger Ansatz: Vorgehen und Datenquellen

Zur Erhebung der Nachfrage nach Produkten und Leistungen von Unternehmen im Sektor erneuerbare Energien wurden die Werte für die Jahre 2000 bis 2010 erfasst. Massgebend für die Berechnung der wirtschaftlichen Bedeutung sind die installierte Leistung oder die Produktion von Energie (Elektrizität und Wärme) aus erneuerbaren Quellen sowie Investitions- und Betriebskosten.

2.3.1 Leistung und Produktion

Die installierte Leistung und Produktion von Energie aus erneuerbaren Quellen wird anhand der folgenden Kenngrössen erfasst:

- Leistung: Installierte Kapazität (in Kilowatt, kW)
- Produktion: Jährliche Stromproduktion, genutzte Wärme oder eingespeiste Gasmenge (in Gigawattstunden, GWh)

Aus der Veränderung der installierten Leistung wird der jährliche Zubau berechnet, der die Erweiterungsinvestitionen erfasst, nicht jedoch die periodisch stattfindenden Ersatzinvestitionen. Letztere werden mit einer Modellrechnung abgeschätzt, in der das durchschnittliche Wachstum des Anlagenbestandes und die durchschnittliche Lebensdauer der Anlagen wichtige Parameter sind.

Die Daten zur installierten Leistung und Produktion sind in erster Linie der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien (BFE 2010a, 2011b) entnommen. In dieser Statistik sind Daten zur erneuerbaren Energienutzung aus verschiedenen Quellen und Teilstatistiken zusammengetragen. Ergänzend dazu haben wir Zahlen anhand der Produktion bzw. der installierten Leistung berechnet und weitere Datenquellen ausgewertet:

- Wasserkraftstatistik Schweiz des BFE (2011g): Daten zu Leistung und Produktion für Lauf- und Speicherkraftwerke (ohne Kleinstwasserkraftwerke < 300 kW installierte Leistung)
- Markterhebung Solarenergie (BFE 2010b): Daten zu Leistung für Photovoltaik, Röhren- und Flachkollektoren, unverglaste Kollektoren und Kollektoren für die Heutrocknung
- Schweizerische Holzenergiestatistik (BFE 2011c): Daten zu Leistung und Produktion für Holz-Wärmekraftkopplungsanlagen, Feuerungen mit Holzanteilen, Automatische Feuerungen mit Holzschnitzeln, Automatische Feuerungen mit Pellets, Einzelraum- und Gebäudeheizungen (Zusammenfassung von Kategorien)
- Datenbank Biogasanlagen Schweiz des BFE (2011f): Daten zur Leistung von Biogasanlagen in der Landwirtschaft, in Gewerbe und Industrie und für Industrieabwässer. Die Daten 2010 sind eine Hochrechnung aus der Produktion und Anzahl Betriebsstunden gemäss Statistik BFE (2010a)
- Teilstatistik Feuerungen und Motoren für erneuerbare Abfälle (BFE 2011d, 2011e): Feuerungen mit Holzanteilen, Feuerungen für erneuerbare Abfälle
- Daten des Bundesamtes für Umwelt zur Feuerungsleistung sowie zur Energiegewinnung der KVA im Abfallwirtschaftsbericht 2008 (BAFU 2008)

Bei den *Wärmepumpen* wird nur die Produktion der erneuerbaren Wärme ausgewiesen, d.h. Wärmeproduktion abzüglich Verbrauch Antriebsenergie. Die ausgewiesene Leistung bezieht sich auf die installierte Heizleistung. Die Wärmeleistung von Biogas wurde nicht einbezogen, da die Daten in keiner Statistik vollständig erfasst werden und die Zahlen für die weitere Analyse nicht ausschlaggebend sind. In den Statistiken werden zu Feuerungen für erneuerbare Abfälle nur die auf erneuerbare Anteile bezogenen Leistungen und Produktionsmengen ausgewiesen (BFE 2011b, 2011d, 2011e). Bei den KVA wird zusätzlich die Feuerungsleistung zur Berechnung der Kosten verwendet.

Grundsätzlich ist die Datengrundlage auf nationaler Ebene gut. Viele Teilstatistiken basieren auf der Erhebung aller Anlagen (z.B. Windenergie, Wasserkraft, KVA). Für die Teilstatistiken zu Technologien mit vielen dezentralen Anlagen, wie Wärmepumpen, Solarenergie und Holzenergie, wurden Erhebungskonzepte für die Teilstatistiken über Jahre hinweg entwickelt und optimiert. Bei Vergleichen zwischen verschiedenen Erhebungen ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Aufteilung der Technologien in verschiedenen Studien und Datengrundlagen unterschiedlich gehandhabt wird.

2.3.2 Kosten und Kostenstrukturen

Weitere zentrale Kenngrößen für die nachfrageseitigen Analysen sind die Kosten und Kostenstrukturen für die einzelnen EE-Technologien. Dazu wurden ebenfalls Werte für die Jahre 2000-2010 ermittelt.

Eine grosse Herausforderung bei der Ermittlung von Kosten und Kostenstrukturen besteht darin, dass es innerhalb der einzelnen Technologien grosse Bandbreiten gibt. Die Kosten sind von individuellen Charakteristika jeder einzelnen Anlage abhängig, von der Anlagengrösse bis zu den Bedingungen für die Aufnahme von Fremdkapital. Für die vorliegende Studie wurden Durchschnittswerte ermittelt, welche die Situation der in der Schweiz installierten Anlagen möglichst gut abdecken. Dabei wurden die folgenden Grössen erfasst:

- spezifische Investitionskosten (bezogen auf die Leistung oder Produktion)
- spezifische jährliche Betriebskosten (bezogen auf die Leistung oder Produktion)
- spezifische jährliche Brennstoffkosten bei Holzenergie (bezogen auf die Produktion).

Die Kostendaten wurden aus zahlreichen Quellen zusammengetragen. Angaben aus der Literatur wurden ergänzt durch Erfahrungswerte aus Machbarkeitsanalysen und Projektentwicklungen. Dabei stützten wir uns in erster Linie auf Schweizer Daten. Ein Vergleich mit Studien aus anderen Ländern zeigte, dass Kostendaten nicht direkt auf die Schweiz übertragbar sind. Die teilweise grossen Unterschiede sind nicht nur durch die unterschiedliche Kaufkraft, sondern auch durch unterschiedliche Marktstrukturen und politische Rahmenbedingungen zu erklären.

Eine Auswahl wichtiger Datenquellen mit Angaben zu verschiedenen Technologien:

- Road Map erneuerbare Energien (SATW 2006): Investitionskosten sowie Betriebs- und Gestehungskosten für das Jahr 2003 und Prognose für 2070
- Energieperspektiven (BFE 2011a): Kosten und Rahmenbedingungen der Technologien zur Stromproduktion in der Schweiz
- Jahresberichte von Energieversorgungsunternehmen: Informationen zu Leistung, Produktion und Kosten neuer Anlagen
- Heizungen im Kosten- und Umweltvergleich (WWF 2009): Detaillierte Berechnungsgrundlagen für die Heizkosten in Ein- und Mehrfamilienhäusern

Darüber hinaus wurden zahlreiche technologiespezifische Unterlagen ausgewertet (EBP 2011b). Die für einzelne Jahre im Zeitraum von 2000 bis 2010 ermittelten Kosten wurden anschliessend auf die übrigen Jahre extrapoliert

Die Aufstellung in Tabelle 2 zeigt die Investitionskosten und die jährlichen Betriebskosten für die Jahre 2000 und 2010.

Die Betriebskosten enthalten dabei keine Kapitalkosten oder Brennstoffkosten. Bei den Kleinwasserkraftwerken ist ausserdem der Wasserzins zu berücksichtigen. Die Werte beziehen sich jeweils auf die installierte elektrische Leistung bzw. thermische Leistung (Franken pro Kilowatt). Für die KVA beziehen sie sich auf die installierte Feuerungsleistung.

Bei Wasserkraftwerken ist die Festlegung spezifischer Investitionskosten besonders schwierig, da die Anlagen je nach lokalen Bedingungen sehr individuell ausgelegt werden. Darüber hinaus spielt in der Schweiz die Erneuerung von Teilanlagen nach Ablauf ihrer jeweiligen Betriebsdauer eine grössere Rolle als der komplette Neubau von Kraftwerken. Die Wasserkraftstatistik des BFE erlaubt eine Grobklassifizierung der seit dem Jahr 2000 in Betrieb genommenen Anlagen in vier Klassen zwischen Neubau und Ersatz von Turbinen und Generatoren. Für die vier Klassen und die vier betrachteten Kraftwerkstypen wurden unterschiedliche spezifische Kosten angesetzt (Tab. 3). Die Eckwerte für diese Kostendaten wurden verschiedenen Studien entnommen, unter anderem einer für die BFE-Energieperspektiven durchgeführten Studie zum Stromangebot in der Schweiz (Prognos 2007).

Zusätzlich wurden für die meisten grossen Kraftwerksprojekte der letzten zehn Jahre Kostenangaben aus der Fachzeitschrift „Wasser Energie Luft“, und projektbezogenen Informationen im Internet recherchiert und einbezogen. Trotz dieses differenzierten Vorgehens ist die Schätzung der Investitionsausgaben für Wasserkraftanlagen mit gewissen Unsicherheiten verbunden.

Tabelle 2: Spezifische Investitions- und Betriebskosten (zu Preisen von 2010)

Technologie	Investitionskosten		Betriebskosten	
	2000	2010	2000	2010
	CHF/kW _{el}	CHF/kW _{el}	CHF/kW _{el} *a	CHF/kW _{el} *a
Grosswasserkraftwerke	siehe Erläuterungen unten			
Kleinwasserkraftwerke	siehe Erläuterungen unten		150	150
Windkraftanlagen	2'380	2'500	90	90
Photovoltaikanlagen	11'880	6'000	70	70
Holz-WKK-Anlagen	8'000	8'000	500	500
Biogasanlagen				
Landwirtschaftliche BGA	7'130	12'000	950	1'500
Gewerblich-industrielle BGA	28'500	21'000	2'000	2'000
Klär- und Deponiegas, Industrieabwasser	6'000	6'000	400	400
Solarthermische Anlagen				
Röhren- und Flachkollektoren	4'750	3'800	40	40
Unverglaste Kollektoren; Kollekt. für Heutrocknung	1'000	1'000	10	10
Wärmepumpen	3'000	3'000	100	100
Holzheizungen ≤ 50 kW	1'190	1'400	45	45
Holzfeuerungen > 50 kW	1'310	1'200	90	90
Feuerungen für erneuerbare Abfälle (mit/ohne Holzabfälle)	1'310	1'200	90	90
KVA ¹⁾	450 - 900		90	90
¹⁾ Kosten beziehen sich auf die installierte Feuerungsleistung.				

Quelle: Darstellung EBP, R+P

Anmerkung: Betriebskosten ohne Kapitalkosten oder Brennstoffkosten, für Kleinwasserkraftwerke ohne Wasserzins

Tabelle 3: Unterstellte spezifische Investitionskosten für Wasserkraftanlagen

Kraftwerkstyp	Neubau	Umbau	Umbau „light“	Ersatz Ausrüstung
	CHF/kW	CHF/kW	CHF/kW	CHF/kW
Kleinwasserkraftwerke	8000	6000	4500	3000
Laufwasserkraftwerke	5700	5000	3500	2000
Speicherkraftwerke	6400	3100	2300	1500
Pumpspeicherkraftwerke		1500		

Quelle: Prognos (2007), Filippini et al. (2001), eigene Annahmen

Die Kosten für den Betrieb von Grosswasserkraftanlagen wurden auf der Basis einer Studie des CEPE ermittelt, in der die Kostenstrukturen mehrerer Kraftwerkstypen empirisch erfasst wurden (Banfi et al. 2004). Die Betriebskosten der Kleinwasserkraftwerke wurden herausgerechnet. Als Betriebskosten der Grosswasserkraftwerke wird für Laufwasserkraftanlagen ein Wert von 150 CHF/kW und für Speicheranlagen ein Wert von 130 CHF/kW unterstellt (jeweils inkl. Kapitalkosten und Wasserzins).

Bei Anlagen, die sowohl Strom als auch Wärme produzieren, werden die Kosten jeweils anhand der installierten elektrischen Leistung berechnet. Einzig bei Feuerungen für erneuerbare Abfälle beziehen sich die Berechnungen auf die installierte Feuerungsleistung.

Bei Kehrlichtverbrennungsanlagen variiert die Auslegung der Energiegewinnung ebenfalls stark zwischen reiner Stromerzeugung und weitgehender Wärmeerzeugung mit entsprechend unterschiedlichen Kosten. Die Kosten wurden für zwei Anlagengruppen gebildet, KVA mit überwiegender Stromerzeugung und KVA mit Strom- und Wärmeerzeugung. Die Kostendaten beziehen sich dabei im Unterschied zu den übrigen wärmegeführten Anlagen auf die thermische (Input-)Leistung der KVA. Sie wurden aus Kostenangaben zu Fallbeispielen in Dettli et al. (2004) geschätzt.

Die in Tabelle 3 genannten Betriebskosten werden unter anderem dazu verwendet, die Bruttowertschöpfung und die Beschäftigung der Anlagenbetreiber zu bestimmen. Die Beschäftigung wird aus den Personalkosten berechnet, wobei branchenspezifische Durchschnittskosten pro Vollzeitbeschäftigten unterstellt werden. Die Bruttowertschöpfung umfasst neben den Personalkosten vor allem die Abschreibungen und sonstigen Kapitalkosten (Fremdkapitalzinsen, Eigenkapitalrendite). Die Kapitalkosten wurden mit einem Zinssatz von 5% auf den Investitionskosten des Anlagenbestandes geschätzt.

Kostenstrukturen

In einem nächsten Schritt wurden die Kostenkomponenten erfasst. Dazu wurden die Investitions- und Betriebskosten der einzelnen Technologien in Komponenten aufgeteilt (z.B. Planung, Anlagentechnik, Installation, Versicherungen) und anschliessend Kostenanteile für diese Komponenten hergeleitet. Die Kostenkomponenten stellen ein Bindeglied zu den angebotsseitigen Daten dar. Sie sind daher auf die in der Unternehmensbefragung unterschiedenen Unternehmenstypen abgestimmt.

Die Angaben zu den Kostenstrukturen basieren auf Vorarbeiten im EU-Projekt EmployRES, in dem Daten aus verschiedenen Studien zusammengetragen und verglichen wurden und an dem Rütter+Partner und das Fraunhofer ISI massgeblich beteiligt waren (Ragwitz et al. 2009). Diese Daten wurden anhand von Praxiswerten und Literaturangaben (EBP 2011b) zu in der Schweiz realisierten Projekten auf die Schweizer Verhältnisse angepasst und in Experteninterviews validiert (vgl. Anhang Tabelle A-21).

2.4 Unternehmensbefragung

Das Ziel der Befragung war es, die Hersteller, Zulieferer und Ausrüster im Bereich erneuerbare Energien möglichst vollständig zu erfassen, um ausgehend von den Ausgaben für EE-Anlagen die Produktion der Schweizer EE-Branche zu bestimmen. Ausserdem erlaubte die Befragung, spezifische Kenndaten der Unternehmen zu erfassen.

2.4.1 Identifizierung der Unternehmen

In die Unternehmensbefragung wurden Unternehmen in der Schweiz einbezogen, die Güter oder Dienstleistungen für *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen* zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz und im Ausland anbieten. Die Unterscheidung von Unternehmen wurde gemäss der Einteilung in Typen (Kapitel 2.1.2) vorgenommen. Hersteller, Zulieferer und Ausrüster wurden möglichst vollständig einbezogen. Bei den Dienstleistern und Bauunternehmen wurde der Fokus auf grosse Unternehmen und wichtige Exporteure gelegt (Tab. 4).

Zusätzlich wurden Daten aus laufenden *Vertiefungsstudien* für die Kantone Aargau, Bern, Schaffhausen und Thurgau einbezogen. In den für diese Studien durchgeführten Unternehmensbefragungen wurde der Kreis der Befragten auf alle identifizierten Unternehmen erweitert, d.h. auch kleinere Unternehmen sowie Vertriebsunternehmen, Dienstleister und Installateure einbezogen. Nicht berücksichtigt wurden Betreiber von Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion sowie die Rohstofflieferanten, wie z.B. aus der Wald- und Holzwirtschaft. Diese Unternehmertypen sind über den nachfrageseitigen Ansatz gut abgedeckt.

Tabelle 4: Kreis der einbezogenen Unternehmen

Unternehmertypen	in Befragung einbezogen		
	ja	teilweise	nein
Hersteller	x		
Zulieferer	x		
Ausrüster	x		
Dienstleistungen		x	
Installation/Montage		x	
Bauwirtschaft		x	
Handel und Vertrieb		x	
Betreiber			x
Rohstofflieferanten			x

Quelle: Darstellung Rütter+Partner

Zur Identifizierung der Unternehmen wurde eine Vielzahl von Datenquellen ausgewertet und die Firmen nach den oben genannten Kriterien ausgewählt. Die wichtigsten Datenquellen werden in der folgenden Aufstellung kurz beschrieben:

- Marktführer Kleinwasserkraftwerke: Der Interessenverband Schweizerischer Kleinkraftwerk-Besitzer führt eine Liste mit Unternehmen in den Bereichen Ausrüstung, Dienstleistungen, Bauleistungen für Kleinwasserkraftwerke (ISKB 2010). Im Bereich von Stauanlagen tätige Firmen sind auf der Website des Schweizerischen Talsperrenkomitees aufgeführt.⁷
- Branchenverzeichnis Windenergie: Suisse Eole, die Vereinigung zur Förderung der Windenergie in der Schweiz, stellt ein Online-B Branchenverzeichnis zur Verfügung.⁸
- Die Solarprofis®: Im Anbieterverzeichnis "Die Solarprofis" sind von Swissolar geprüfte Unternehmen aufgeführt.⁹

⁷ http://www.swissdams.ch/Links/default_d.asp

⁸ www.wind-data.ch/branche

⁹ <http://www.swissolar.ch/de/waerme-von-der-sonne/die-solarprofissuprsup/>

- SSES-Firmenmitglieder: In der Schweizerischen Vereinigung für Sonnenenergie SSES sind Fachleute in den Bereichen Planung/Anlagenbau, Photovoltaik/Strom, Produkte/Handel, Dienstleistungen/Diverse.¹⁰
- GEOTHERMIE.CH: Die Schweizerische Vereinigung für Geothermie führt ein Online-Verzeichnis mit Firmen, die Leistungen vom Konzept bis zur Ausführung in verschiedenen Tätigkeitsbereichen anbieten.¹¹
- Adressen FWS: Weitere Hinweise zu Unternehmen, die im Bereich der Umweltwärme tätig sind, liefert das Adressverzeichnis der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS.¹²
- Holzenergie Marktplatz: Auf der Website von Holzenergie Schweiz präsentieren sich verschiedene Firmen, die Produkte und Dienstleistungen für Wohnraumheizungen anbieten.¹³ In einer ausführlicheren Liste sind bewährte Firmen der Holzenergie-Branche aufgeführt (Holzenergie Schweiz 2009/2010).
- Herstellerverzeichnis Biogas: Die Informationsstelle BiomassEnergie führte bis 2010 ein Verzeichnis von Planern und Herstellern von Biogasanlagen (BiomassEnergie 2010).
- Firmenliste VBSA: Der Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen VBSA führt eine Online-Liste mit Unternehmen, die schweizerische Abfallbehandlungsanlagen beliefern.¹⁴
- Messeverzeichnisse, Inserate und weitere Quellen: Weiter wurden diverse Verzeichnisse von Messen zu erneuerbaren Energien im In- und Ausland ausgewertet, wie beispielsweise von der energissima, einer etablierten Messe für erneuerbare Energien in der Schweiz. Auch Inserate in der Fachpresse wurden berücksichtigt und schliesslich einige Unternehmen anhand von Online-Recherchen identifiziert.¹⁵ Zudem erfolgte ein Abgleich mit einer Liste von Unternehmen im Bereich Erneuerbare Energien, die für eine Dissertation erstellt wurde (Hürzeler 2012).

Ergänzend zur Dokumentenanalyse wurde eine erste Fassung der Firmenliste an Experten der jeweiligen Fachverbände gesandt, um Hinweise auf fehlende sowie für den Schweizer Markt besonders wichtige Firmen zu erhalten.

Für die kantonalen Vertiefungsstudien wurden, wo vorhanden, zusätzliche Informationen ausgewertet, z.B. kantonale Mitgliederlisten von Verbänden. Die im Rahmen der kantonalen Untersuchungen angeschriebenen Firmen wurden für die nationalen Analysen ebenfalls einbezogen.

2.4.2 Vorgehen bei der Befragung

Die Befragung erfolgte *schriftlich* mittels eines *Fragebogens* (vgl. Anhang A3). Anhand von 23 strukturierten Fragen wurden Daten der Unternehmen in den folgenden Bereichen erfragt:

- Unternehmenstyp und Tätigkeitsfeld (EE-Technikfelder)

¹⁰ <http://www.sses.ch/169.html>

¹¹ <http://www.geothermie.ch/index.php?p=firmenverzeichnis>

¹² <http://www.fws.ch/member.php>

¹³ www.holzenergie.ch/marktplatz

¹⁴ <http://www.vbsa.ch/htm/lieferanten.htm>

¹⁵ z.B. über die Lieferanten-Suchmaschine „wer liefert was“, www.wlw.ch

- Anzahl Beschäftigte im Unternehmen und im Bereich erneuerbare Energien, Qualifikationsstruktur der Beschäftigten
- Umsatz des Unternehmen, davon bei Handelsware, Umsatz im Bereich erneuerbare Energien, Aufteilung des Umsatzes auf EE-Technikfelder und auf Absatzregionen, Export von EE-Produkten
- Aufwendungen für Handelsware und Vorleistungen, Bruttowertschöpfung
- Aufwendungen für Forschung und Entwicklung
- Entwicklung der Anzahl Beschäftigte, des Umsatzes und der Exporte.

Die Befragung erfolgte *in zwei Runden*. Nach dem Versenden des Fragebogens erhielten jene Unternehmen, welche innerhalb eines Monats nicht geantwortet hatten, nochmals einen Fragebogen mit einem Erinnerungsbrief zugesandt. Fehlende oder unplausible Angaben wurden anschliessend zum Teil durch telefonische Rückfragen ergänzt beziehungsweise bereinigt. Bei relevanten Unternehmen mit fehlenden Angaben wurden zusätzliche Recherchen getätigt, um die zentralen Kennzahlen zu ermitteln bzw. zu schätzen.

2.4.3 Rücklauf

Insgesamt wurden 685 *Unternehmen* angeschrieben (Tab. 5). Davon wiesen einige Unternehmen entweder eine ungültige Adresse auf, waren als Betreiber einer EE-Anlage oder nicht im Bereich erneuerbare Energien tätig. Von den 573 verbleibenden Unternehmen haben 301 Unternehmen an der Befragung teilgenommen. Dies entspricht einer *Rücklaufquote* von 53% - angesichts des umfangreichen Fragebogens ein sehr guter Wert. Bezogen auf die Zahl der Beschäftigten beträgt die Rücklaufquote sogar 80%.

Tabelle 5: Anzahl angeschriebene Unternehmen und Rücklaufquote

	Anzahl Unternehmen
Angeschriebene Unternehmen	685
davon gültige	573
Anzahl retournierte gültige Fragebögen	301
Rücklaufquote	53%

Quelle: Rütter+Partner

Tabelle 6 zeigt die Anzahl der in die Befragung einbezogenen Unternehmen nach Unternehmenstypen und Grössenklassen, die Zahl der Beschäftigten sowie die Rücklaufquoten nach der Anzahl Unternehmen und Beschäftigten. Die Rücklaufquoten für die Anzahl Unternehmen liegen je nach Unternehmenstyp zwischen 44% und 62%.

Tabelle 6: Anzahl Unternehmen und Rücklaufquoten

Unternehmenstypen	Grössenklassen (GK)*				Total Unternehmen		Beschäftigte	
	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	Anz. Unt.	Rücklauf	Anzahl	Rücklaufquote
	Anz. Unt.	Anz. Unt.	Anz. Unt.	Anz. Unt.	Anz. Unt.	Rücklauf	Anzahl	Rücklaufquote
Hersteller	46	42	19	8	115	44%	16'714	87%
Zulieferer	13	16	11	9	49	53%	12'470	90%
Ausrüster	2	2	2	5	11	55%	2'700	63%
Dienstleistungen	86	48	22	1	157	47%	4'013	60%
Montage / Installation	68	85	22	4	179	62%	6'788	82%
Handel und Vertrieb	29	20	9	4	62	53%	4'070	52%
Total	244	213	85	31	573		46'755	
Rücklaufquote	41%	55%	69%	74%		53%		80%

* GK1 = 1-9 Beschäftigte; GK2 = 10-49 Beschäftigte; GK3 = 50-249 Beschäftigte; GK4 = mehr als 250 Beschäftigte

Quelle: Rütter+Partner

Der Anteil der Beschäftigten, welche durch die Umfrage erfasst wurden, an allen Beschäftigten der Branche bewegt sich zwischen 52% und 90%. Dies kann als gute Grundlage für die Hochrechnung nach Unternehmenstypen und Grössenklassen bezeichnet werden.

2.4.4 Hochrechnung

Basis für die *Hochrechnung der Kennzahlen* waren die Unternehmenstypen und die Grössenklassen nach Beschäftigten. Für Unternehmen, welche nicht erfasst werden konnten, wurden Recherchen in Unternehmensdatenbanken (insbesondere Teledata, moneyhouse und TOP 2010¹⁶) vorgenommen, um die Zuordnung zu einem Unternehmenstyp und die Zahl der Beschäftigten zu ermitteln. Auf diese Weise konnte ein *vollständiges Mengengerüst* nach Typen und Grössenklassen der Beschäftigten für die Hochrechnung erstellt werden.

Die *Hochrechnung der Befragungsergebnisse* erfolgte schrittweise durch Verkettung der sich aus der Befragung ergebenden Kennzahlen. Ausgehend von der im Mengengerüst bekannten Zahl der Beschäftigten konnten so die Werte für die Anzahl Vollzeitäquivalente, Umsatz, Bruttoproduktionswert, Export etc. berechnet werden. Die Unternehmen wurden jeweils nur mit ihrem Umsatzanteil im Bereich erneuerbare Energien einbezogen. Zum Teil mussten diese Anteile geschätzt werden. *Untypische Unternehmen* wie z.B. Konzerne mit breitem Tätigkeitsspektrum, wurden so weit wie möglich durch zusätzliche Recherchen separat und ausserhalb der Hochrechnung erfasst.

¹⁶ Teledata ist eine Unternehmensdatenbank der Orell Füssli Wirtschaftsinformationen (www.ofwi.ch); moneyhouse: www.moneyhouse.ch; TOP 2010 ist eine Ausgabe der jährlich erscheinende Liste der grössten Schweizer Unternehmen, die von der Handelszeitung herausgegeben wird (www.handelszeitung.ch/unternehmen).

2.5 Impact-Modell zur Berechnung der indirekten wirtschaftlichen Bedeutung

Die Ermittlung der ökonomischen Bedeutung umfasst einerseits die direkte Bedeutung der Erneuerbare-Energien-Branche (vgl. Abschnitt 2.2.1). Andererseits betrachten wir auch indirekte Effekte, die die EE-Branche bei ihren Zulieferern auslöst. Ausgangspunkt zur Berechnung der indirekten Effekte sind die Vorleistungs- und Investitionsgüter¹⁷, welche die Erneuerbare-Energien-Branche von Branchen der übrigen Volkswirtschaft bezieht.¹⁸ Die Herstellung dieser Güter löst über weitere Zulieferketten eine Multiplikatorwirkung in der Volkswirtschaft aus.

Diese Multiplikatorwirkungen werden üblicherweise mit einem volkswirtschaftlichen Input-Output-Modell¹⁹ ermittelt (vgl. z.B. Holub/Schnabl 1994 oder Miller/Blair 2009). In der vorliegenden Studie wurde das von Rütter+Partner entwickelte Input-Output-Modell IMPACT_CH verwendet.

Ein solches Modell bildet die Lieferverflechtungen zwischen den Branchen einer Volkswirtschaft ab und die Lieferungen der Branchen an die Endnachfrage (private Haushalte, Staat, Investitionen und Export). Die wesentliche Datengrundlage bildet eine sogenannte Input-Output-Tabelle. Neben den Lieferverflechtungen enthält sie Informationen zur Bruttowertschöpfung der Branchen und zum Import und Export der von den Branchen hergestellten Gütern. Ein Input-Output-Modell versetzt in die Lage, die von einer bestimmten Güternachfrage ausgehenden indirekten Effekte über alle Stufen der Lieferkette hinweg zu bestimmen. Die *Importe*, welche durch die Vorleistungsbezüge entlang der Lieferketten ausgelöst werden, können ebenfalls mit dem Impact-Modell ermittelt werden.

Das Modell IMPACT_CH beruht auf der aktuellen *schweizerischen Input-Output-Tabelle* für das Jahr 2008 (Nathani et al., 2011). In der hier verwendeten Version werden 52 Branchen und Gütergruppen unterschieden. Darüber hinaus enthält das Modell Daten zur Zahl der Beschäftigten je Branche. Der Investitionsgüterbedarf der Branchen wird im Modell über ihre Kapitalintensität geschätzt. Während die Nachfrage nach Investitionsgütern in der Realität nicht kontinuierlich, sondern oft sprunghaft verläuft, unterstellen wir eine kontinuierliche Nachfrage nach Investitionsgütern in Abhängigkeit von der Bruttoproduktion einer Branche.

Die Berechnung der indirekten Effekte der EE-Branche umfasst die folgenden Schritte:

- Ausgangspunkt ist die Nachfrage der Erneuerbare-Energien-Branche nach Vorleistungs- und Investitionsgütern. Diese ergibt sich bei der oben erläuterten Bestimmung von direkter Bruttoproduktion und Wertschöpfung.
- Mit dem Input-Output-Modell lässt sich dann die Gesamtproduktion bestimmen, die in allen Branchen der Volkswirtschaft entsteht, um diese Güternachfrage zu decken. Über branchenspezifische Kennziffern werden dann Bruttowertschöpfung und vollzeitäquivalente Beschäftigung in allen Branchen berechnet. Zudem ergeben sich die ausgelösten Güterimporte aus dem Ausland.

Als Ergebnis der Berechnung resultieren für jede im Modell abgebildete Branche:

- Bruttoproduktion,

¹⁷ Vorleistungen sind Waren und Dienstleistungen (ohne Investitionsgüter), die ein Unternehmen von anderen Unternehmen für die eigene Leistungserstellung bezieht.

¹⁸ Die Abgrenzung der EE-Branche zu übrigen Branchen der Volkswirtschaft wird bereits im Abschnitt 2.1 erläutert.

¹⁹ der technische Terminus lautet :offenes statisches Input-Output-Modell

- Bruttowertschöpfung und
- Beschäftigung (in Vollzeitäquivalenten VZÄ).

Die den Modellrechnungen zugrunde liegenden volkswirtschaftlichen Daten spiegeln den Stand vor der Revision der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung durch das Bundesamt für Statistik Mitte 2012 wider. Infolge der Revision ist das BIP der Schweiz um rund 4% gestiegen. Aus Gründen der Konsistenz wird im vorliegenden Bericht das BIP der Schweiz mit Stand vor der Revision zu Vergleichszwecken verwendet.

Für die Berechnung der Effekte im Jahr 2000 werden vereinfachend konstante Produktionsfunktionen unterstellt, die Änderung der Arbeitsproduktivität als wichtiger Einflussfaktor für den Beschäftigungseffekt jedoch einbezogen.

Hochrechnung der IOT auf das Jahr 2020

Für den Zeitraum zwischen 2010 und 2020 ist zu erwarten, dass sich der Strukturwandel innerhalb der Schweizer Volkswirtschaft fortsetzt. Um die indirekten Effekte im Jahr 2020 realistisch berechnen zu können, sind die Parameter des Impact-Modells an diese Entwicklung anzupassen. Die wesentlichen zu erwartenden strukturellen Veränderungen betreffen das differenzierte Wachstum der Wirtschaftsbranchen, die unterschiedlich starke Steigerung der Arbeitsproduktivitäten in den einzelnen Branchen sowie die weiter überdurchschnittlich zunehmenden Importe und Exporte. Diese Veränderungen wirken sich auch auf die Wertschöpfungsketten aus, die die EE-Branche mit der übrigen Volkswirtschaft verbinden.

Um den Strukturwandel bis 2020 im Impact-Modell abzubilden, wird die Input-Output-Tabelle auf das Jahr 2020 hochgerechnet. Ausserdem werden die sektoralen Arbeitsproduktivitäten fortgeschrieben.

Die Hochrechnung der IOT orientiert sich an den für Bundeskanzlei und BFS erarbeiteten Branchenszenarien bis 2030 (Ecoplan 2011). In dieser Arbeit wurden mit dem rekursiv-dynamischen Gleichgewichtsmodell SwissAGE zwei Szenarien zur Entwicklung der Schweizer Volkswirtschaft berechnet: ein Basisszenario und ein Szenario mit höherer Einwanderung. Für die Hochrechnung der IOT gehen wir vom Basisszenario aus. Die folgenden Daten zur Entwicklung bis zum Jahr 2020 wurden dem Bericht und weiteren von Ecoplan zur Verfügung gestellten Daten entnommen:

- Wachstumsraten für Bruttoproduktion, Bruttowertschöpfung und Beschäftigung bzw. für die Arbeitsproduktivität in 20 Branchen,
- Wachstumsraten für die Güter der Endnachfrage (private Haushalte, Staat, Investitionen und Exporte) sowie für Güterimporte, wiederum für 20 Gütergruppen.

Mit diesen Eckdaten und der Verflechtungsstruktur von 2008 wurde zunächst eine auf 20 Branchen aggregierte IOT für das Jahr 2020 geschätzt, wobei der gängige RAS-Algorithmus (Bacharach, 1965) zur Erstellung einer ausgeglichenen Tabelle verwendet wurde. Die aggregierte IOT wurde anschliessend mit dem TRAS-Algorithmus (Gilchrist, St. Louis 2004) und unter Verwendung der Daten aus der IOT 2008 weiter auf 52 Branchen disaggregiert. Der TRAS-Algorithmus ist eine Weiterentwicklung des RAS-Verfahrens und sorgt für eine konsistente IOT 2020, die gleichzeitig die für das Jahr 2020 festgelegten Eckwerte einhält und sich möglichst wenig von der Wirtschaftsstruktur 2008 entfernt. Mit diesem Vorgehen ist die Erstellung einer IOT möglich, die ein plausibles Abbild der Schweizer Wirtschaftsstruktur im Jahr 2020 liefert.

2.6 Indikatoren zur Wettbewerbsfähigkeit

Die Analyse der Wettbewerbsfähigkeit geht von der Erkenntnis aus, dass der Wettbewerb bei höherwertigen Gütern und bei Spitzentechnologien wie Erneuerbare-Energien-Technologien sehr stark durch Qualitätsmerkmale bedingt ist. Damit wird die Wissensbasis einer Volkswirtschaft, aber auch ihre Fähigkeit, Wissen in Produkte umzusetzen und diese international zu vermarkten, zu wichtigen Voraussetzungen des künftigen wirtschaftlichen Erfolgs. Diese Fähigkeiten sind allerdings nicht direkt messbar. Damit wird es erforderlich, Indikatoren zu finden, die sie zumindest annäherungsweise beschreiben. Im Rahmen der Innovationsforschung hat sich eine Systematik durchgesetzt, die Indikatoren aus den verschiedenen Teilbereichen des Innovationsprozesses herausgreift (vgl. Grupp 1997; Smith 2005; Freeman/Soete 2009). In Anlehnung an diese Vorgehensweise werden in diesem Bericht zum einen Patente als F&E-Ertrags- oder intermediäre Indikatoren herangezogen. Sie gelten zugleich als Frühindikator für die zukünftige technische Entwicklung. Zum anderen werden aussenhandelsbezogene Indikatoren erstellt, die zu den Fortschritts- oder Output-Indikatoren gehören. Sie zielen stärker auf die Anwendung und die Diffusion der Technologien auf F&E-intensiven Gütermärkten ab.

Methodisch wird an einen produktionswirtschaftlichen Ansatz angeknüpft, bei dem die relevanten Produktgruppen und Technologielinien berücksichtigt werden, die ihrer Art nach den erneuerbaren Energien dienen könnten bzw. sich auf ein ähnlich gelagertes technologisches Wissen beziehen. Bei diesem Potenzialansatz steht also nicht die (bereits) tatsächlich realisierte Anwendung für erneuerbare Energien im Vordergrund, sondern die technologische Leistungsfähigkeit, die ihrer Art nach für die erneuerbare Energiegewinnung mobilisiert werden könnte.

In empirischen Untersuchungen besteht immer das Problem, die für das Erkenntnisinteresse geeigneten Datenbasen auszuwählen. Diese Studie knüpft an die Vorgehensweise an, die in den Untersuchungen von Walz et al. (2008 und 2009) im nationalen und internationalen Kontext entwickelt und erprobt wurde:

- Die Patentrecherchen knüpfen vorrangig bei den Patentanmeldungen über das PCT-Verfahren²⁰ an, mit dem Anmeldungen bei der WIPO (World Intellectual Property Organisation) hinterlegt werden können. Da dieses Anmeldeverfahren erst in jüngerer Zeit an Beliebtheit gewonnen hat und da es auch weitere Möglichkeiten für internationale Anmeldungen von Patenten gibt, werden zusätzlich Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt hinzugerechnet, wobei Doppelzählungen von identischen Erfindungsmeldungen ausgeschlossen werden. Damit wird eine Methode zur Abbildung der internationalen Patente herangezogen, die nicht auf einzelne Märkte wie Europa abzielt, sondern einen stärker transnationalen Charakter aufweist (vgl. Frietsch/Schmoch 2010). Die Anmeldungen wurden entsprechend dem Wohnort der Erfinder den Ländern zugeordnet, was erfahrungsgemäss die Verzerrungen minimiert. Als Beobachtungszeitraum wurde die Entwicklung seit 1991 betrachtet. Das letzte Jahr, für das belastbare Beobachtungen vorliegen, ist 2009. Damit wurde der Beobachtungszeitraum gegenüber der Cleantech-Schweiz Studie (Ostertag et al. 2011) um zwei Jahre ausgedehnt.

²⁰ PCT = Patent Cooperation Treaty. Dies ist ein internationaler Vertrag, wonach Anmelder über ein vereinfachtes Verfahren einen Anmeldeprozess starten können, der (im Allgemeinen) auf mehrere ausländische Patentämter und damit internationale Märkte ausgerichtet ist. Für nähere Informationen siehe bspw. <http://www.wipo.int/treaties/en/registration/pct/>.

- Bei den Aussenhandelsdaten wird die Datenbank „UN-COMTRADE“ herangezogen, die nicht auf den Handel mit OECD-Ländern beschränkt ist, sondern den gesamten Welthandel erfasst. Zudem wurde die Klassifikation der Technologien entsprechend dem „Harmonized System“ (HS) 2002 aufgebaut. Diese Daten beziehen sich auf Zeiträume bis 2009, d.h. es erfolgt ebenfalls eine Ausdehnung des aktuellen Rands gegenüber der Clean-Tech Schweiz Studie. Gegenüber den bei Legler et al. 2006 und 2007 verwendeten, bei früheren internationalen Vergleichen üblichen Klassifikationen (Standard International Trade Classification (SITC)) erlaubt diese Vorgehensweise eine tiefere und daher zielgenauere Disaggregation. Dennoch sind auch bei dieser Aussenhandelsklassifikation zahlreiche Limitationen in der Technologieschärfe zu beachten. Zur Interpretation der Daten sollte berücksichtigt werden, dass mit den Daten nur der Welthandel, nicht das Weltmarktvolumen abgebildet wird. Erneuerbare Technologien, die im Inland produziert und im Inland genutzt werden, werden durch den Welthandel nicht erfasst.

Die zeitliche Entwicklung der Patentaktivitäten in den betrachteten Handlungsfeldern mit den zugehörigen Produktgruppen und der Vergleich mit der allgemeinen Patentdynamik erlaubt es, die Entwicklung der Innovationsdynamik des betrachteten Handlungsfeldes einzuschätzen. Für den internationalen Ländervergleich werden sowohl bei den Patentanmeldungen als auch beim Aussenhandel die Anteile der betrachteten Länder an der weltweiten Aktivität verwendet:

- Es werden die internationalen Patentanmeldungen recherchiert und die Anteile der Schweiz und des Rests der Welt hieran berechnet. Für jedes Land i und jedes Kompetenzfeld j (d. h. Handlungsfeld, Produktgruppe oder Technologielinie) ergeben sich die Patentanteile in Prozent nach folgender Formel:

$$PA_{ij} = 100 * (p_{ij} / \sum_i p_{ij})$$

- Im Bereich des Aussenhandels werden die Welthandelsanteile gebildet, d. h. die Anteile der Ausfuhren (a) der jeweiligen Länder am Welthandel. Analog zum Patentanteil ergeben sich hier die prozentualen Anteile der einzelnen Länder i am Welthandel entsprechend der Formel:

$$WHA_{ij} = 100 * (a_{ij} / \sum_i a_{ij})$$

Sowohl die Patentanteile als auch die Welthandelsanteile werden durch die Grösse und das allgemeine Entwicklungsmuster des Landes beeinflusst. Zusätzlich ist es daher üblich, Spezialisierungskennziffern zu bilden. Sie geben an, welchen Stellenwert die besonders interessierenden Technologien und Waren im Verhältnis zum Durchschnitt aller Technologien und Waren innerhalb des betrachteten Landes aufweisen. Positive Spezialisierungskennziffern zeigen an, dass die Kompetenzen des Landes in diesem Bereich relativ zum Durchschnitt aller Technologien und Güter überdurchschnittlich gut sind. Diese Spezialisierungskennziffern werden sowohl für die Patente als auch den Aussenhandel gebildet. Sie werden jeweils so genormt, dass die Indikatoren zwischen - 100 (extrem ungünstige Spezialisierung) und + 100 (extrem hohe Spezialisierung) liegen, wobei ein Wert von 0 einer durchschnittlichen Spezialisierung entspricht. Dadurch wird eine Beurteilung der Aktivitäten verschiedener Länder und insbesondere in verschiedenen Handlungsfeldern möglich, die unabhängig von Grösseneffekten ist.²¹

- Bei den Patenten wird der relative Patentanteil (RPA) berechnet, indem der Patentanteil des betrachteten Landes beim jeweiligen Kompetenzfeld in Relati-

²¹ Zur Methode vgl. Grupp (1997). Die Normierung zwischen - 100 und + 100 wird durch Verwendung des tangens hyperbolicus und anschließender Multiplikation mit dem Faktor 100 erreicht.

on zu den Patentanteilen des Landes bei allen Feldern gesetzt wird. Für jedes Land i und jedes Kompetenzfeld j wird der RPA nach folgender Formel berechnet:

$$RPA_{ij} = 100 \cdot \tanh \ln \left[\left(\frac{p_{ij}}{\sum_i p_{ij}} \right) / \left(\frac{\sum_j p_{ij}}{\sum_j p_{ij}} \right) \right]$$

Ist der Patentanteil für das Kompetenzfeld überdurchschnittlich hoch, dann nimmt der RPA einen positiven Wert an. Dies bedeutet, dass innerhalb des betreffenden Landes überproportional viel im Kompetenzfeld patentiert wird und daher – verglichen mit den anderen Feldern – überdurchschnittliche nationale Kenntnisse bestehen. Das jeweilige Kompetenzfeld nimmt also in dem Profil des Landes eine herausgehobene Stellung ein – und zwar gemessen an den weltweiten Aktivitäten.

- Der Relative Welthandelsanteil (RWA) entspricht von der Logik her dem RPA und wird analog für jedes Land i und jede Produktgruppe j nach folgender Formel berechnet:

$$RWA_{ij} = 100 \cdot \tanh \ln \left[\left(\frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}} \right) / \left(\frac{\sum_j a_{ij}}{\sum_j a_{ij}} \right) \right]$$

- Der offenbarte komparative Vorteil (Revealed Comparative Advantage (RCA)) ist ein weiterer Aussenhandelsindikator. Er berücksichtigt üblicherweise neben den Ausfuhren (a) auch die Einfuhren (e) und gibt an, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation eines Landes beim betrachteten Kompetenzfeld von der Ausfuhr-Einfuhr-Relation des Landes bei allen Industriewaren abweicht. Für jedes Land i und jedes Kompetenzfeld j wird der RCA nach folgender Formel berechnet²²:

$$RCA_{ij} = 100 \cdot \tanh \ln \left[\left(\frac{a_{ij}}{e_{ij}} \right) / \left(\frac{\sum_i a_{ij}}{\sum_i e_{ij}} \right) \right]$$

Positive Vorzeichen beim RWA und RCA weisen auf komparative Vorteile, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Kompetenzfelder im jeweiligen Land hin. Der RCA ist allerdings dann schwierig zu interpretieren, wenn Sonderfaktoren auf die Einfuhren einwirken, die nicht die eigentliche Leistungsfähigkeit betreffen. Beispiele hierfür sind ein Importsog aufgrund eines plötzlichen, über die inländischen Kapazitäten hinausgehenden Nachfrageschubs oder extrem geringe Einfuhren aufgrund schwacher Marktdynamik insgesamt.

Die Analysen werden zum einen für die EE-Technologien insgesamt durchgeführt. In der vorliegenden Studie werden Wärmepumpen – im Gegensatz zur Cleantech-Schweiz Studie – ebenfalls unter den Erneuerbaren Energietechnologien mit erfasst. Speziell für die Analyse des Aussenhandels gilt, dass Teile von für Geothermie-Anlagen relevanten Technologien auch Bezüge zu den Wärmepumpen aufweisen. Gleichzeitig lassen sich Technologien zur Nutzung der Geothermie und der Verwendung von Biomasse in der Aussenhandelsstatistik nur sehr unvollständig von anderen Technologien abgrenzen. Der Einbezug der Klassifikationen für Geothermie in den Außenhandel würde zwar die Technologiebreite erhöhen, die Trennschärfe aber verringern. Daher wurde auf einen Einbezug der sehr breit definierten Geothermie verzichtet, zumal Teilbereiche bereits durch den Einbezug der Wärmepumpen mitberücksichtigt sind.

²² Der Begriff des RCA wird in der Literatur uneinheitlich verwendet. In der älteren Literatur wird er in Anlehnung an Balassa (1965) nur auf die Exporte bezogen, und entspricht damit vom Gegenstandsreich dem RWA. Gleichzeitig wurde in der älteren Literatur oftmals auf eine Logarithmierung des Indexes verzichtet. Damit liegen die Werte zwischen 0 und unendlich, wobei ein Wert von 1 eine durchschnittliche Spezialisierung anzeigt. Da dieser Index unsymmetrisch ist, kommt es zu Schwierigkeiten insbesondere bei ökonomischen Untersuchungen. Die in der neueren Literatur gebräuchliche Definition des RCA-Index bezieht sich üblicherweise auf Exporte und Importe und überführt den Index durch Logarithmierung in eine symmetrische Form, bei dem der Wert 0 eine durchschnittliche Spezialisierung anzeigt (vgl. Grupp 1997 sowie Siebert und Lorz 2006).

In Ergänzung bisheriger Analysen, wie sie z. B. im Rahmen der Clean-Tech Schweiz Studie durchgeführt wurden, erfolgt zur Ergänzung der Analyse der Wissensbasis auch ein zusätzlicher Blick auf die Publikationsstärke der Schweiz im Bereich der erneuerbaren Energien. Zum anderen werden einzelne Technologielinien sowohl hinsichtlich Patenten als auch Aussenhandelsentwicklung disaggregiert analysiert. Folgende Technologielinien werden entsprechend diesem Muster untersucht:

- Photovoltaik,
- Solarthermie (Wärme),
- Wasserkraft und
- Windturbinen

Für die Technologielinie Wärmepumpen, Geothermie und Verwendung von Biomasse können die Analysen auch bei den Patenten nicht entsprechend disaggregiert werden. Hier ist die statistisch abgrenzbare Grundgesamtheit bei den Patenten zu gering, um Aussagen mit vergleichbarer Belastbarkeit wie bei den anderen Technologielinien abzuleiten.

Zusätzlich werden Ergebnisse zu den Patentanmeldungen bei der Ausrüsterindustrie für die Photovoltaik sowie der Leistungselektronik vorgestellt, die insbesondere für die Photovoltaik und die Windkraft relevant ist. Diese neu abgegrenzten Technologiebereiche waren in der Clean-Tech-Schweiz Studie unberücksichtigt geblieben. Allerdings ist es aus methodischen Gründen hier nur möglich, die Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt zu verfolgen.

2.7 Szenarien bis 2020

Um die zukünftige wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien abzuschätzen, werden zwei Szenarien betrachtet. Ihr Vergleich soll zudem die Auswirkungen von zwei unterschiedlichen energiepolitischen Strategien aufzeigen. Eine zentrale Anforderung an die Szenarien ist, dass sie mit anderen Arbeiten des BFE vergleichbar sind. Sie sollen sich auf breit anerkannte Grundlagen abstützen. Für die nationalen Entwicklungen ziehen wir die Energieperspektiven (Prognos 2012a, 2012b) heran und für globale Trends den World Energy Outlook der Internationalen Energieagentur (IEA 2011a).

2.7.1 Ausrichtung der Szenarien

Die generelle Ausrichtung der beiden Szenarien lässt sich wie folgt charakterisieren:

- **Szenario 1 «Baseline»:** Dieses Szenario orientiert sich am Szenario „Weiter wie bisher“ (gemäss Prognos 2012a), das von den bereits beschlossenen und in Kraft gesetzten Instrumenten ausgeht. Es dient als Referenz zur Beurteilung der Wirkung von neuen energiepolitischen Massnahmen.
- **Szenario 2 «Ausbau»:** Analog zum Szenario «Politisches Massnahmenpaket» der Energieperspektiven wird hier unterstellt, dass bestehende energiepolitische Instrumente ausgebaut und neue Instrumente eingeführt werden, mit welchen die Schweiz ab 2015 eine ambitionierte Energiepolitik verfolgt.

Die Szenarien unterscheiden sich bezüglich Produktion von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien in der Schweiz sowie bezüglich Exporten von Schweizer Unternehmen. Letztere sind wiederum abhängig von der globalen Entwicklung der Produktion von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien wie auch von Weltmarktanteilen der Schweizer Unternehmen. Bei weiteren Parametern werden in beiden Szenarien identische Entwicklungen bis 2020 unterstellt (z.B. spezifische Investitions- und Betriebskosten, vgl. Kap. 2.7.4). Mögliche Skalen- und Lerneffekte bei einem deutlich verstärkten Zubau wurden nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den beiden Szenarien wurde untersucht, welche Veränderungen sich ergeben, wenn aus den Energieperspektiven das Szenario „Neue Energiepolitik“ berücksichtigt wird. Die Unterschiede zum Ausbau-Szenario sind bis 2020 aber gering.

2.7.2 Annahmen zur erneuerbaren Energieproduktion in der Schweiz

Grundlage für die Herleitung der Strom- und Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien sind die Energieperspektiven. Diese unterscheiden zwei Politik-Szenarien und mehrere Stromangebotsvarianten.

In der vorliegenden Studie werden die Szenarien für die erneuerbare *Wärmenutzung* aus den Energieperspektiven übernommen:

- Szenario 1 «Baseline» entspricht dem Szenario «Weiter wie bisher»
- Szenario 2 «Ausbau» entspricht dem Szenario «Politisches Massnahmenpaket»

Die Entwicklung der *Elektrizitätsproduktion* aus erneuerbaren Energien orientiert sich an den Stromangebotsvarianten, die in den Energieperspektiven dargestellt sind (Prognos 2012b: 19ff).

- Szenario 1 «Baseline» entspricht der Stromangebotsvariante C. Diese geht davon aus, dass erneuerbare Energien im Rahmen der heutigen Förderung zugebaut werden und in erster Linie zentrale Erdgas-Kombikraftwerke zugebaut werden.
- Szenario 2 «Ausbau» entspricht der Stromangebotsvariante C&E.²³ Diese unterstellt einen Ausbau der neuen erneuerbaren Energien und der Wasserkraft gemäss Erkenntnissen zu optimistisch-realistischen Potenzialen sowie eine verstärkte Förderung gegenüber den aktuellen Bestimmungen der KEV. Der verbleibende Bedarf soll mit Strom aus Gaskombikraftwerken und dezentraler Wärme-Kraft-Kopplung gedeckt werden.

Der Vergleich der Daten aus den Energieperspektiven mit den Daten dieser Studie, die sich auf die EE-Statistik (BFE 2011b) abstützt, zeigt unterschiedliche Abgrenzungen und Kategorien der einzelnen Energieträger bzw. Technologien. Die Werte aus den Energieperspektiven werden für die vorliegende Studie so weit wie möglich direkt aus den Energieperspektiven übernommen. Dort wo die Kategorien nicht übereinstimmen, sind weitere Annahmen und Hochrechnungen notwendig:

- Bei der *Wasserkraft* ist in den Energieperspektiven nicht aufgeführt, wie sich der Zubau auf Gross- und Kleinwasserkraft sowie auf Lauf- und Speicherkraftwerke verteilt. Anhand der Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasser-

²³ Die Werte für erneuerbare Energien sind in den Stromangebotsvarianten C&E und E identisch.

kraftnutzung bis 2050 (BFE 2011h) und Expertenschätzungen²⁴ wird der Zubau bis 2020 in der vorliegenden Studie wie folgt aufgeteilt: 40% entfällt auf die Kleinwasserkraft (nur Laufkraftwerke) und 60% auf die Grosswasserkraft (je zur Hälfte auf Lauf- bzw. Speicherkraftwerke).²⁵

- Bei der *Solarthermie* werden die Werte für verglaste Kollektoren aus den Energieperspektiven übernommen. Für unverglaste Kollektoren und Kollektoren für Heutrocknung wird eine konstante Produktion bzw. Leistung unterstellt.
- Bei der *tiefen Geothermie* wird eine konstante Wärmeproduktion angenommen (2020 wie 2010). In den Energieperspektiven ist diese Kategorie nur bei der Elektrizitätsproduktion ausgewiesen, es gibt keine Angaben zur Wärmeproduktion.
- Bei *Holz* wird das Total der Wärmeproduktion aus den Energieperspektiven von Endenergie in Nutzenergie mit dem Faktor 65% umgerechnet²⁶. Die Aufteilung auf die Kategorien erfolgt gemäss Holzenergiestatistik (BFE 2011c). Der Zubau wird auf alle Kategorien gemäss den heutigen Anteilen umgelegt, einzig bei den Stückholzheizungen wird von einem linearen Rückgang ausgegangen.
- Zu den *Feuerungen für erneuerbare Abfälle* gibt es keine Angaben in den Energieperspektiven, es wird eine zu den Kehrichtverbrennungsanlagen parallele Entwicklung unterstellt.

2.7.3 Annahmen zur Entwicklung der Exporte

Die Exporte der Schweizer EE-Branche im Jahr 2010 wurden anhand der Unternehmensbefragung berechnet. Für das Jahr 2020 ist dies nicht möglich, deshalb wird die Veränderung des globalen Marktvolumens der erneuerbaren Energien analysiert. Die Entwicklung der Exporte von Schweizer Unternehmen schätzen wir aus

- dem Wachstum der Nutzung erneuerbarer Energien in den Referenzmärkten, in denen die Unternehmen tätig sind,
- der Entwicklung der spezifischen Kosten für die einzelnen Technologien und
- dem Ausschöpfungsgrad, der anzeigt, wie stark die Unternehmen das Wachstum in den Referenzmärkten ausschöpfen können, d.h. ob sie proportional, überproportional oder unterproportional mitwachsen.

Wachstum in den Referenzmärkten

Grundlage für die Herleitung der globalen Entwicklung ist der aktuelle World Energy Outlook der internationalen Energieagentur (IEA 2011). Die in der vorliegenden Studie betrachteten Szenarien zur Nutzung erneuerbarer Energien weltweit werden wie folgt festgelegt:

- Szenario 1 «Baseline» entspricht dem „New Policies Scenario“. Dieses Szenario geht von den politischen Plänen und Massnahmen aus, die bis Mitte 2011 festgelegt wurden – d.h. nach dem Reaktorunglück von Fukushima beschlossene Massnahmen sind bereits berücksichtigt. Wie bei den Berechnungen für

²⁴ Expertenauskunft Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband SWV, Dezember 2011

²⁵ Bei der Wasserkraft zeigen die Energieperspektiven und die EE-Statistik unterschiedliche Werte für das Jahr 2010 (nach Abzug der Pumpspeicherenergie), was durch den unterschiedlichen Bezug auf das hydrologische Jahr bzw. Kalenderjahr zu erklären ist. Die vorliegende Studie stützt sich für die Jahre 2000-2010 auf die EE-Statistik, leitet den Zubau bis 2020 aber anhand der Energieperspektiven her.

²⁶ Durchschnittlicher Wert der Umwandlungsverluste von 35% gemäss Holzenergiestatistik (BFE 2011c)

die Energieperspektiven wird dieses Szenario als Referenz betrachtet und nicht das im World Energy Outlook definierte Referenzszenario „Current Policies Scenario“.

- Szenario 2 «Ausbau» entspricht dem „450 Szenario“. Dieses orientiert sich an dem Ziel, dass die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre 450 ppm nicht überschreiten darf. Gemäss Klimamodellen könnte damit die durchschnittliche globale Erwärmung auf maximal 2 Grad Celsius begrenzt werden.

Die Daten der IEA sind nicht nach allen in der vorliegenden Studie berücksichtigten Kategorien aufgeschlüsselt. Bei der Stromproduktion sind die erneuerbaren Energieträger in die Kategorien Wasserkraft, Biomasse und Abfälle, Wind, Geothermie, Sonnenenergie (Photovoltaik), Solarthermie (Concentrated Solar Power) und Wellenkraft aufgeteilt. Bei der Wärme gibt es nur zwei Kategorien mit erneuerbaren Energieträgern, nämlich Biomasse und Abfälle sowie andere erneuerbare Energien. Die erste Kategorie umfasst somit Holz, Biogas und Abfälle, die zweite Solarthermie und Umweltwärme. Die Entwicklungen in diesen Kategorien des World Energy Outlook wurden auf die in der vorliegenden Studie verwendete Unterteilung gemäss EE-Statistik übertragen.

In der Unternehmensbefragung wurden die Absatzmärkte der Unternehmen erfragt. Daraus lassen sich für die verschiedenen Technologien die Referenzmärkte für die Bestimmung des Exportpotenzials der Unternehmen ableiten. Dabei unterscheiden wir zwischen eher dynamischen Technologien einerseits und eher etablierten Technologien andererseits.

- Dynamische Technologien sind durch einen eher tiefen Anlagenbestand und hohe Wachstumsraten gekennzeichnet (Photovoltaik, solarthermische Stromerzeugung, Wellen- und Gezeitenenergie sowie Tiefengeothermie). Hier sind die Neuinvestitionen und somit der jährliche Zubau in den Referenzmärkten entscheidend für das Marktpotenzial. Ersatzinvestitionen spielen in der aktuellen Phase nur eine untergeordnete Rolle. Dementsprechend wird die Entwicklung des jährlichen Zubaus der installierten Leistung als Indikator für die Entwicklung des Marktpotenzials verwendet.
- Etablierte Technologien zeichnen sich durch einen hohen Anlagenbestand und ein moderates Wachstum aus (Wasserkraft und die Nutzung von Biomasse). Hier sind neben den Neuinvestitionen auch die Ersatzinvestitionen in Anlagenkapazitäten wichtig. In diesem Fall orientiert sich das Marktpotenzial an der insgesamt installierten Leistung.
- Für die Windenergie, die in den nächsten zehn Jahren zwar weiter stark wachsen soll, bei der Reinvestitionen jedoch eine zunehmend wichtige Rolle spielen (Stichwort Repowering), wird ein gemischter Indikator gebildet, der zu 70% den Zubau und zu 30% die installierte Leistung enthält.

Für die Schätzung der Exporte im Jahr 2020 gehen wir vom Wachstum der gewählten Indikatoren in den jeweiligen Referenzmärkten aus. Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung zeigen, dass für die stromerzeugenden Technologien eher der globale Markt als Referenzmarkt relevant ist, während für die wärmeerzeugenden Technologien eher der europäische Raum als Referenzmarkt plausibel erscheint.

Entwicklung der spezifischen Kosten

Ein weiterer Faktor bei der Ermittlung des Marktpotenzials ist neben dem physischen Wachstum des Anlagenbestandes die Entwicklung der spezifischen Kosten.

Für einige Technologien, insbesondere die Photovoltaik und die Windenergie, ist weiterhin mit sinkenden spezifischen Kosten zu rechnen. Grundsätzlich unterstellen wir weltweit und in der Schweiz die gleiche Kostenentwicklung. Die Annahmen zur Kostenentwicklung sind unten in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

Für die Exporte im Bereich der Photovoltaik ist zu beachten, dass die Kostendegression vor allem die Solarzellen und -module betrifft und weniger die übrigen Komponenten von PV-Anlagen. Mehrere mittelgrosse Schweizer Unternehmen sind im letztgenannten Bereich tätig (z.B. Hersteller von Wechselrichtern oder Kabel(-verbindungen) und sollten daher weniger stark von der zukünftigen Kostendegression betroffen sein als Hersteller von Solarzellen und -modulen. Wir unterstellen daher für den Durchschnitt der Schweizer PV-Unternehmen eine spezifische Kostenreduktion um 40% anstelle der sich aus Tabelle 7 für PV-Anlagen insgesamt ergebenden 60%.

Ausschöpfungsgrad des Marktpotenzials

Der dritte relevante Faktor für die Schätzung der Exportentwicklung ist der Grad, zu dem die Schweizer Unternehmen das Wachstum in ihren Referenzmärkten ausschöpfen können. Zu seiner Einschätzung liefern die Ergebnisse der Unternehmensbefragung, die Analyse der Indikatoren zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit sowie Expertenmeinungen die nötigen Hinweise. Die zum Ausschöpfungsgrad getroffenen Annahmen sind in Kapitel 4 aufgeführt.

2.7.4 Entwicklung der Technologien und Kosten bis 2020

Für die Schätzung der wirtschaftlichen Effekte erneuerbarer Energien im Jahr 2020 ist neben den Produktionsmengen die Kostenentwicklung von Bedeutung. Die Entwicklung der Investitionskosten hängt stark davon ab, wie ausgereift eine Technologie ist bzw. welche Lern- und Skaleneffekte realisiert werden können.

Bei den einzelnen Technologien sind bis 2020 die folgenden Entwicklungen zu erwarten (BFE 2007a und 2007b, ETHZ 2011, Prognos 2011, SATW 2006):

- Die Technologien zur Nutzung der *Windenergie* sind schon ziemlich weit ausgereift. Die Lernkurve ist somit in den letzten Jahren abgeflacht, vor allem bei Onshore-Technologien. Mit Effizienzerhöhungen (steigender Wirkungsgrad) und mit Weiterentwicklungen bei den Materialien (insbesondere Verbundmaterialien) können aber weiterhin Kostensenkungen erzielt werden. Bis 2020 werden Reduktionen von 20% bei den spezifischen Investitionskosten pro Einheit installierter Leistung erwartet (Lern- und Skaleneffekte). Gegenläufige Effekte sind die steigenden Rohstoffpreise (SATW 2006, BFE 2007).
- Bei der *Wasserkraft* werden Technologien insbesondere bei der Kleinwasserkraft weiterentwickelt. Dazu gehören neue Kraftwerktypen wie Wirbelkraftwerke. Fortschritte sind bezüglich der Minimierung negativer ökologischer Auswirkungen zu erwarten (z.B. Fischgängigkeit)²⁷. Durch Lerneffekte und technische Entwicklungen sind leichte Kostensenkungen möglich – diesen stehen aber steigende Rohstoffkosten (z.B. für Stahl) und Lohnkosten sowie erhöhte ökologische Anforderungen gegenüber. Kostensteigernd wirkt, dass gute Standorte zuerst genutzt werden. Bei der Grosswasserkraft werden bis 2020 mit grosser Wahrscheinlichkeit nur bestehende Anlagen ausgebaut. Die Kosten der Was-

²⁷ Gemäss Expertenauskunft Programmleitung Kleinwasserkraft (Mai 2011)

serkraft werden in den nächsten 40 Jahren als konstant angenommen (ETHZ 2011).

- Die *Photovoltaik* ist die Technologie mit dem grössten Entwicklungspotenzial. Die Modulpreise sind in den letzten Jahren dank Skaleneffekten und Technologiefortschritten stark gesunken. Insbesondere bei kristallinen Technologien sind die Kosten stark gesunken und eine weitere Reduktion der Modulkosten wird erwartet. Ein grosser Teil der Kostensenkung ist auf Einsparungen beim Materialeinsatz zurückzuführen (Heup 2011).
- Bei der *tiefen Geothermie* sind Prognosen sehr unsicher. Es gibt bisher nur wenige Anlagen und es sind noch grosse technische Entwicklungen notwendig. Die Stromproduktion in grösserem Umfang ist nur durch petrothermale Systeme möglich. Hier besteht noch ein grösserer Wissensbedarf als bei den hydrothermalen Systemen. Für eine breite Einführung müssen aber die Kraftwerke vergrössert und diverse Instrumente für die Fernerkundung und Fernsteuerung verbessert werden (Rybach 2011).
- Bei *Biogasanlagen* steigt die Bedeutung kleinerer landwirtschaftlicher Anlagen, die vorwiegend Hofdünger vergären, aufgrund einer zunehmenden Konkurrenz um Co-Substrate. Bei den industriellen Anlagen sind neue Systeme in Entwicklung. Technologien zur Steigerung der Gaserträge befinden sich noch im Pilotstadium, die tatsächliche Entwicklung ist noch unsicher. Bei Klärgasanlagen werden keine bedeutenden Entwicklungen erwartet. So wird davon ausgegangen, dass die Kosten für Biogasanlagen bis 2020 nur wenig sinken werden.
- Bei *Holzfeuerungen und Holzheizungen* sowie bei *Holz-WKK-Anlagen* sind bis 2020 keine bedeutenden technischen Entwicklungen zu erwarten. Die Holzvergasung als neue Technologie ist noch nicht marktreif, Kostensenkungen werden aber u.a. durch Skaleneffekte erwartet. Der Anteil der Pellets- und Holz-schnitzelheizungen wird tendenziell steigen, der Einsatz von Stückholz sinken.
- Die *Solarthermie* unterscheidet verglaste Kollektoren (Flach- und Röhrenkollektoren), unverglaste Kollektoren (z.B. für Schwimmbäder) und Kollektoren für die Heutrocknung. Bei den verglasten Kollektoren wird von einer konstanten Kostenentwicklung ausgegangen, da steigende Rohstoffkosten (insbesondere Kupfer) die Kostensenkungen durch eine verbesserte Effizienz wettmachen dürften. Bei den unverglasten Kollektoren sowie bei Kollektoren für die Heutrocknung werden bezüglich Technologie und Kosten kaum Veränderungen erwartet.
- Die Investitionskosten von *Wärmepumpen* konnten in den 1990er-Jahren durch Lerneffekte deutlich gesenkt werden. Seither sind die Kosten mehr oder weniger konstant und es sind keine grösseren Veränderungen zu erwarten, auch wenn noch ein Potenzial für Effizienzsteigerung durch Verbesserungen des Wirkungsgrades gegeben ist. Aufgrund der zukünftig höheren Strompreise werden aber die Betriebskosten steigen.

Entsprechend diesen Entwicklungen wurden bei der Berechnung der Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien die in Tabellen 7 und 8 aufgeführten Investitions- und Betriebskosten unterstellt.

2.7.5 Berechnung der Förderkosten

Der Ausbau erneuerbarer Energien wird durch politische Massnahmen gefördert. Bei der Elektrizitätsproduktion ist die kostendeckende Einspeisevergütung ein wichtiges Instrument auf nationaler Ebene. Diese wird über einen Zuschlag auf die Übertragungskosten finanziert, der auf die Endverbraucher überwältzt wird (Art. 15b

EnG). Die Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien wird durch kantonale Programme gefördert. Die kantonalen Fördermittel werden ergänzt durch Globalbeiträge des Bundes (Art. 15 EnG).²⁸

Bei der Berechnung der Kosten energiepolitischer Massnahmen werden in der vorliegenden Studie nur die reinen Förderkosten berücksichtigt, nicht aber die Vollzugskosten. Die Förderkosten werden für die beiden Szenarien „Baseline“ und „Ausbau“ ausgewiesen.

Tabelle 7: Spezifische Investitions- und Betriebskosten von Anlagen zur Stromerzeugung 2010 und 2020 (in Preisen von 2010)

Technologie	Investitionskosten CHF/kW _{el}		Betriebskosten CHF/kW _{el}	
	2010	2020	2010	2020
Kleinwasserkraftwerke (Lauf- und Speicherkraft)	8'000	8'000	150	150
Wind	2'500	2'000	90	80
Photovoltaik	6'000	2'500	70	50
Tiefe Geothermie	Keine Daten	10'000	Keine Daten	250
Holz-WKK-Anlagen	8'000	7'200	500	500
Automatische Feuerungen mit Holzanteilen	1'200	1'200	90	90
Biogasanlagen: Landwirtschaft	12'000	11'200	1'500	1'500
Biogasanlagen: Gewerblich-industrielle	21'000	19'600	2'000	2'000
Biogasanlagen: Klär- und Deponiegas, Industrieabwässer	6'000	6'000	400	400

Quelle: Zusammenstellung EBP

Tabelle 8: Spezifische Investitions- und Betriebskosten von Anlagen zur Wärmeerzeugung 2010 und 2020

Technologie	Investitionskosten CHF/kW _{el}		Betriebskosten CHF/kW _{el}	
	2010	2020	2010	2020
Sonnenenergie: Kollektoren (verglast, Flach- und Röhrenkollektoren)	3'800	3'800	40	40
Sonnenenergie: Kollektoren (unverglast) und für Heutrocknung	1'000	1'000	10	10
Umweltwärme: Wärmepumpen	3'000	3'000	100	110
Holz: Einzelraum- und Gebäudeheizungen (bis 50 kW)	1'400	1'400	45	45
Holz: Automatische Feuerungen	1'200	1'200	90	90

Quelle: Zusammenstellung EBP

²⁸ Von 2000 bis 2009 standen Globalbeiträge gemäss Artikel 13 EnG zur Verfügung. Seit 2010 erfolgt die Finanzierung der Globalbeiträge aus der CO₂-Teilzweckbindung (Art. 10, Absatz 1^{bis} CO₂-Gesetz).

Die Schätzungen zu den Förderkosten für die erneuerbare Wärmeproduktion basieren auf der Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme (EnergieSchweiz 2011). Die zentralen Inputgrößen der Berechnungen werden hier kurz erläutert:

- Der *jährliche Zubau* der erneuerbaren Wärmeproduktion wird aus der Steigerung der Produktion in den Jahren 2010 bis 2020 abgeleitet (vgl. Kap. 2.7). Dabei wird von einem linearen Zubau ausgegangen, d.h. die jährliche Steigerung entspricht dem Durchschnitt des gesamten Zubaus bis 2020.
- Der *Förderbeitrag* (CHF pro kWh) wird aus den Wirkungsfaktoren abgeleitet. Diese Wirkungsfaktoren geben die Wirkung pro eingesetzten Franken an (kWh pro CHF) und werden aus der Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme abgeleitet (EnergieSchweiz 2011, 2012).
- Der *Förderanteil* beschreibt, welcher Anteil der zusätzlichen Wärmeproduktion mit finanziellen Beiträgen unterstützt wird. Dieser Anteil wird anhand von Expertenschätzungen sowie Daten zu kantonalen Förderprogrammen und der nationalen EE-Statistik (BFE 2011b) hergeleitet. Der Förderanteil ist davon abhängig, in welchem Ausmass der Ausbau erneuerbarer Energien über verschärfte Vorschriften erreicht werden soll. So führen beispielsweise Vorgaben zum Anteil erneuerbarer Energien bei der Warmwassererzeugung dazu, dass ein kleinerer Anteil der solarthermischen Anlagen gefördert wird.

Die beiden Szenarien unterscheiden sich dadurch, dass die erneuerbaren Energien in Szenario 2 stärker gefördert werden. Diese Differenzierung wird in den vorliegenden Berechnungen anhand des Förderanteils berücksichtigt: Für Szenario 2 wird jeweils ein höherer Förderanteil unterstellt als für Szenario 1. Der in Szenario 1 unterstellte Förderanteil liegt etwas tiefer als aktuelle kantonale Erfahrungswerte. Dies ist in Übereinstimmung damit, dass der in Szenario 1 unterstellte jährliche Zubau tiefer ist als der aktuelle Zubau. In Szenario 2 wird mit den höheren Förderanteilen davon ausgegangen, dass ein Teil des verstärkten Ausbaus über finanzielle Anreize erreicht wird. Die Unsicherheit der Schätzungen wird über eine Bandbreite des jeweiligen Förderanteils abgebildet. Die Details zu den Annahmen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 9: Grundlagen für die Berechnung der Förderkosten Wärme

	Szenario 1 „Baseline“			Szenario 2 „Ausbau“		
	Zubau bis 2020 GWh/a	Förderbeitrag CHF/kWh	Förderanteil	Zubau bis 2020 GWh/a	Förderbeitrag CHF/kWh	Förderanteil
Holzfeuerungen (> 50 kW)	41	0.004	40-60%	39	0.004	40-60%
Solarthermische Anlagen	75	0.028	20-30%	77	0.028	50-70%
Wärmepumpen	293	0.017	5-10%	301	0.017	10-20%

Quelle: Berechnungen EBP, basierend auf BFE (2011a), EnergieSchweiz (2011, 2012)

Die Kosten für die Förderung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien werden basierend auf Analysen von EBP (2011a) zur Weiterentwicklung der KEV hergeleitet. Die Förderkosten und die Auswirkungen auf den Strompreis (KEV-Zuschlag) hängen von Annahmen zur Entwicklung wichtiger Inputgrößen ab:

- Der *jährliche Zubau* der erneuerbaren Stromproduktion wird aus der Steigerung der Produktion in den Jahren 2010 bis 2020 abgeleitet (vgl. Kap. 2.7). Wie bei

der Wärme wird auch bei der Elektrizität von einem linearen Zubau ausgegangen.

- Die *Vergütungssätze* (CHF pro kWh) geben an, zu welchem Tarif der in KEV-Anlagen produzierte Strom vergütet wird. Für die Anlagen, die bis 2010 bereits in Betrieb waren, wird der durchschnittliche Vergütungssatz pro Technologie dem Geschäftsbericht der Stiftung KEV entnommen (Stiftung KEV, undatiert). Die Annahmen zur Entwicklung bis 2020 basieren auf der Energieverordnung.²⁹
- Der *Marktpreis* gibt an, welcher Teil der Vergütung gedeckt ist über den Verkauf der geförderten Stromproduktion. Je höher der Marktpreis, desto geringer sind die Förderkosten. Der Einfluss des Marktpreises auf die Förderkosten wird in Sensitivitätsanalysen aufgezeigt.

In Szenario 1 wird von den heutigen Förderbedingungen mit einem maximalen KEV-Zuschlag von 0.9 Rappen pro Kilowattstunde ausgegangen. Beim verstärkten Ausbau in Szenario 2 gelten die gleichen Förderbedingungen, der Zuschlag auf den Strompreis ist jedoch nicht begrenzt. In beiden Szenarien wird davon ausgegangen, dass die gesamte Produktion durch die KEV vergütet wird. Im Gegenzug werden keine anderen Förderbeiträge berücksichtigt, z.B. keine Investitionsbeiträge auf kantonaler Ebene. Da die Investitionsbeiträge nur einen Teil der Gesamtkosten decken und ein Teil der Anlagen über andere Quellen finanziert werden (z.B. Ökostrombörsen), werden die Förderkosten mit diesem Vorgehen eher überschätzt.

²⁹ Energieverordnung (EnV) vom 7. Dezember 1998 (Stand am 1. Oktober 2012). Anhänge 1.1 bis 1.5

3. Aktuelle wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien

3.1 Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Die nachfrageseitige Berechnung der wirtschaftlichen Bedeutung der erneuerbaren Energien beruht auf Daten zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Im folgenden Abschnitt wird die *Entwicklung der installierten Leistung* und der *Strom- und Wärmeproduktion* aufgezeigt. Anschliessend wird für die einzelnen Technologien dargestellt, wie sich der *jährliche Zubau von 2000 bis 2010* entwickelt hat. Schliesslich werden die Daten zur Leistung und Produktion mit Kostendaten verknüpft und so die *Entwicklung des Ausgabevolumens* hergeleitet.

3.1.1 Erneuerbare Energieerzeugung 2000-2010

Die erneuerbare *Strom- und Wärmeproduktion* ist in den Jahren 2000 bis 2010 insgesamt um 9% oder gut 4 TWh gestiegen. Dabei hat die erneuerbare Wärmeproduktion um 50% zugenommen, während die Stromproduktion im Vergleich zum Jahr 2000 um 1% gesunken ist. Dies liegt am grossen Anteil der Wasserkraft, bei der die jährlichen Produktionsschwankungen sehr gross sind. Insgesamt belief sich die erneuerbare Stromproduktion im Jahr 2010 auf 36.4 TWh und die erneuerbare Wärmeproduktion im Jahre 2010 auf 13.3 TWh.

Stromproduktion

Die Stromproduktion verringerte sich zwischen 2000 und 2010 wie erwähnt um 1% von 36.7 auf 36.4 TWh (Abb. 4). Der überaus grösste Anteil wurde mit Wasserkraft produziert: 97.7% im Jahr 2000 und 96.2% im Jahr 2010. Die Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen ohne Wasserkraft stieg um 67% von rund 0.85 TWh auf knapp 1.4 TWh.

Den grössten *Anteil an der Stromproduktion* haben nach der Wasserkraft die erneuerbaren Abfälle, gefolgt von Biogasanlagen (inkl. Klärgasanlagen). Deren Anteil ist trotz einer gesteigerten Produktion gesunken, da andere Energieträger stärker zugelegt haben (Abb. 5). So sind die Anteile der Holz-Wärmekraftkopplung, der Photovoltaik und der Windenergie in den vergangenen zehn Jahren deutlich gestiegen.

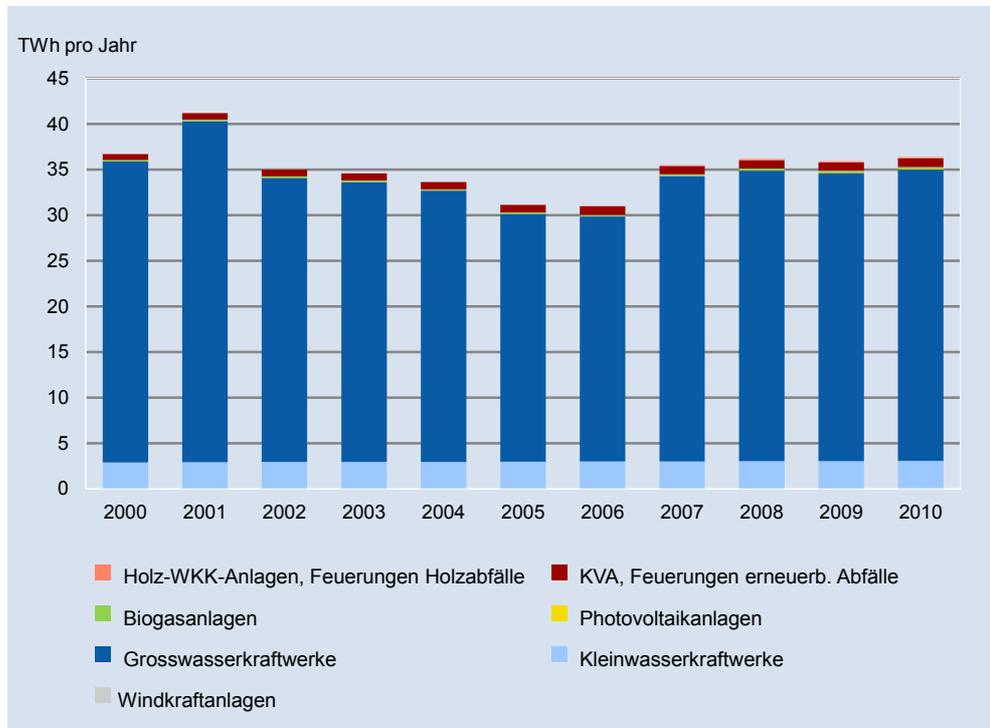
Wärmeproduktion

Die genutzte *Wärme* aus erneuerbaren Energiequellen ist von 2000 bis 2010 um 50%, von 8.9 TWh auf 13.3 TWh, gestiegen (Abb. 6). Den grössten Anstieg verzeichnen die Wärmepumpen, die heute schon fast ein Viertel an der erneuerbaren Wärmeproduktion ausmachen.

Die *Verteilung auf einzelne Energieträger* ist ausgeglichener als bei der Elektrizität (Abb. 7): Der grösste Anteil entfällt auf Holzenergieanlagen. Der Anteil der Holzheizungen (Gebäude- und Einzelraumheizungen) ist jedoch deutlich gesunken,

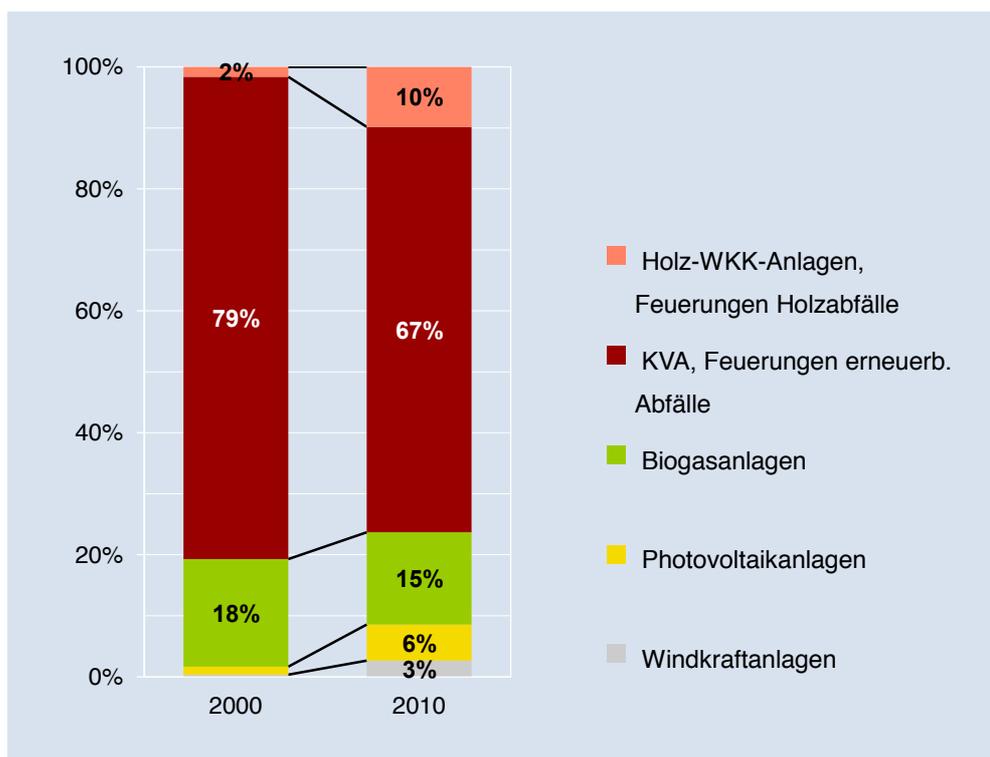
während die Bedeutung grösserer Anlagen (automatische Holzfeuerungen und WKK-Anlagen) gestiegen ist. Biomasse spielt bei der Wärmeproduktion eine grosse Rolle; 2010 wurden fast 10 TWh Wärme aus Biomasse produziert.

Abbildung 4: Erneuerbare Stromproduktion, 2000-2010 (in TWh/a)



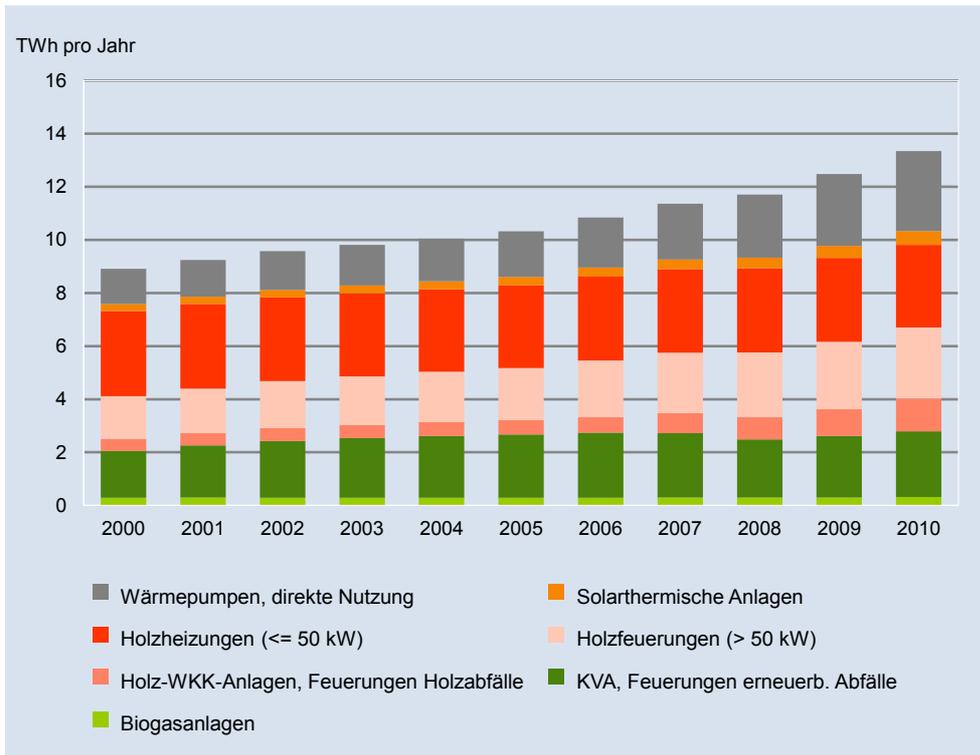
Quelle: Daten BFE (2011b-g), Zusammenstellung EBP

Abbildung 5: Anteile der Energieträger an der Stromproduktion aus EE (ohne Wasserkraft), 2000 und 2010



Quelle: Daten BFE (2011b-f), Zusammenstellung EBP

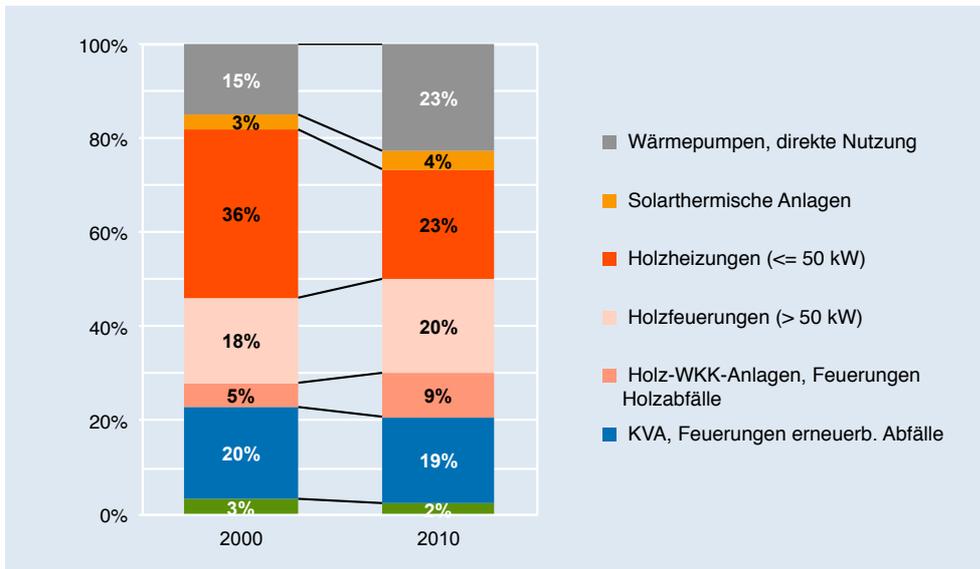
Abbildung 6: Genutzte erneuerbare Wärmeproduktion, 2000-2010 (in TWh/a)



Quelle: Daten BFE (2011b-f), Zusammenstellung EBP

Ergänzend zu den obigen Abbildungen sind die Daten zur *installierten Leistung* und Produktion pro Jahr und Technologie *im Anhang* dokumentiert. Die Entwicklung bei den einzelnen Energieträgern wird im Folgenden detaillierter aufgezeigt.

Abbildung 7: Anteile der Energieträger an der Wärmeproduktion, 2000 und 2010



Quelle: Daten BFE (2011b-f), Zusammenstellung EBP

3.1.2 Entwicklung des Anlagenzubaus

Für die nachfrageseitige Ermittlung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien spielen die Investitionen eine wichtige Rolle. *Neuinvestitionen* werden

anhand des *Zubaus* berechnet, der im Folgenden für die einzelnen Energieträger dargestellt wird.

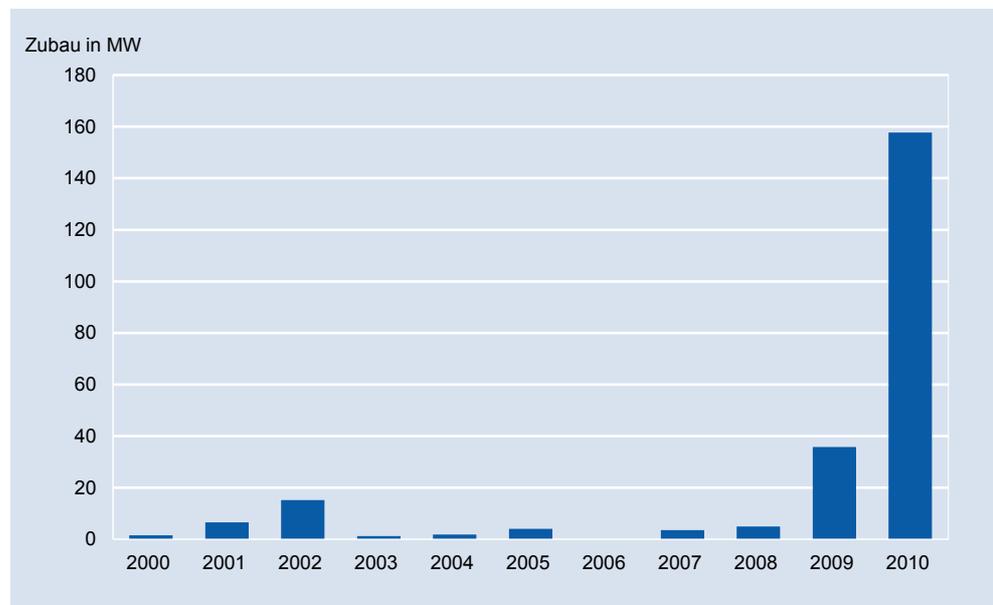
Wasserkraft

Rund 430 Lauf- und 90 Speicherkraftwerke produzieren über die Hälfte der in der Schweiz verbrauchten Elektrizität. Sie weisen zusammen eine elektrische Leistung von 15'300 MW aus und produzieren fast 35'000 GWh elektrische Energie.

Der hohe Zubau zwischen 2009 und 2010 (Abb. 8) bei der Speicher-Grosswasserkraft erklärt sich durch den Ausbau des Umwälzkraftwerkes Tierfehd (Kanton GL) mit einer zugebaute Leistung von 140 MW.³⁰ Bei der Lauf-Kleinwasserkraft wurden in den letzten Jahren einige neue Anlagen gebaut, insbesondere in Bergkantonen. Seit 1991 wurden keine neuen Speicher-Kleinwasserkraftwerke mehr gebaut.

Gemessen am Anteil der Wasserkraft an der gesamten Stromproduktion ist der jährliche Zubau eher gering.

Abbildung 8: Wasserkraft: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)



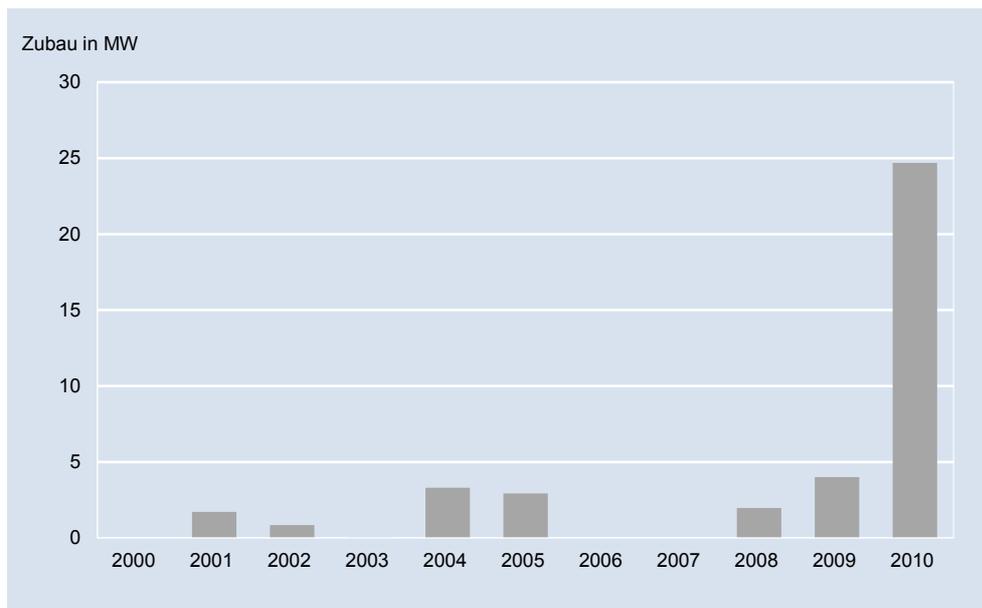
Quelle: Daten BFE (2011g), Zusammenstellung EBP

Windenergie

Die Windkraft weist erst einen sehr kleinen Anteil an der gesamten Stromproduktion der Schweiz auf. Im Jahr 2010 liegt die installierte Leistung bei rund 42 MW mit einer Jahresproduktion von 37 GWh. Im Vergleich zum Jahr 2000 beträgt der Zubau bis 2010 rund 1400%, die Leistung hat also um den Faktor 15 zugenommen. Besonders hoch ist der Zubau von 2009 bis 2010 durch die Inbetriebnahme von neuen Anlagen in den Kantonen Bern und Jura: 2010 sind knapp 25 MW elektrische Nennleistung installiert worden, die Jahresproduktion ist um rund 24 GWh gestiegen (Abb. 9).

³⁰ In der Statistik sind alle Wasserkraftanlagen aufgeführt, d.h. auch reine Umwälzwerke und die gesamte installierte Leistung von Pumpspeicherkraftwerken. Diese werden hier dargestellt, in der Berechnung der wirtschaftlichen Effekte jedoch nicht berücksichtigt (vgl. Abschnitt 2.1).

Abbildung 9: Windenergie: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)

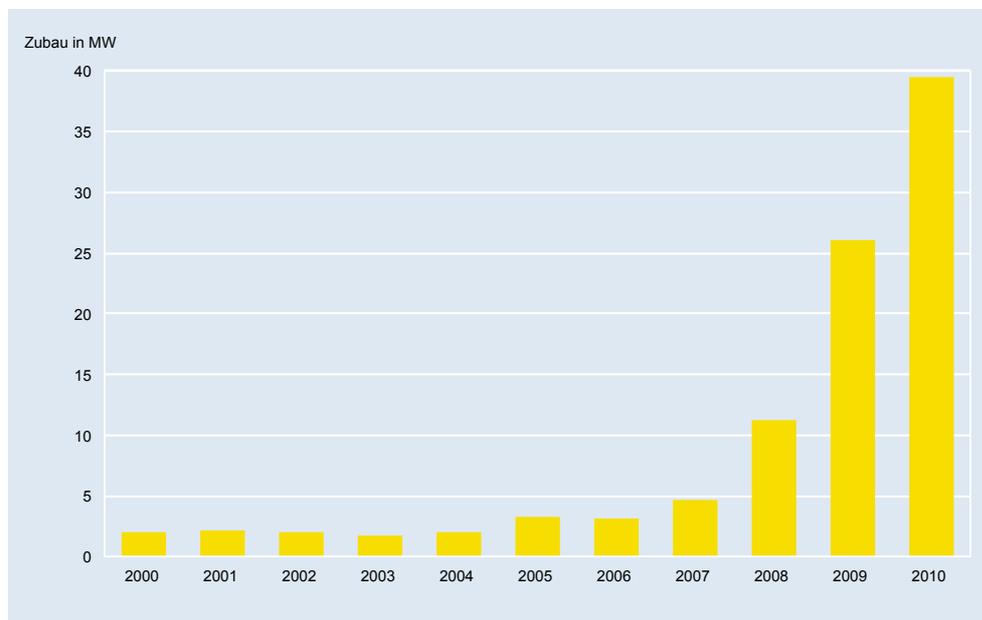


Quelle: Daten BFE (2011b), Zusammenstellung EBP

Sonnenenergie

2010 wurden schweizweit rund 83 GWh Elektrizität (bei rund 110 MWp installierter Nennleistung) und über 500 GWh Wärme (bei rund 950 MW installierter Heizleistung) aus Sonnenenergie produziert.

Abbildung 10: Photovoltaik: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)

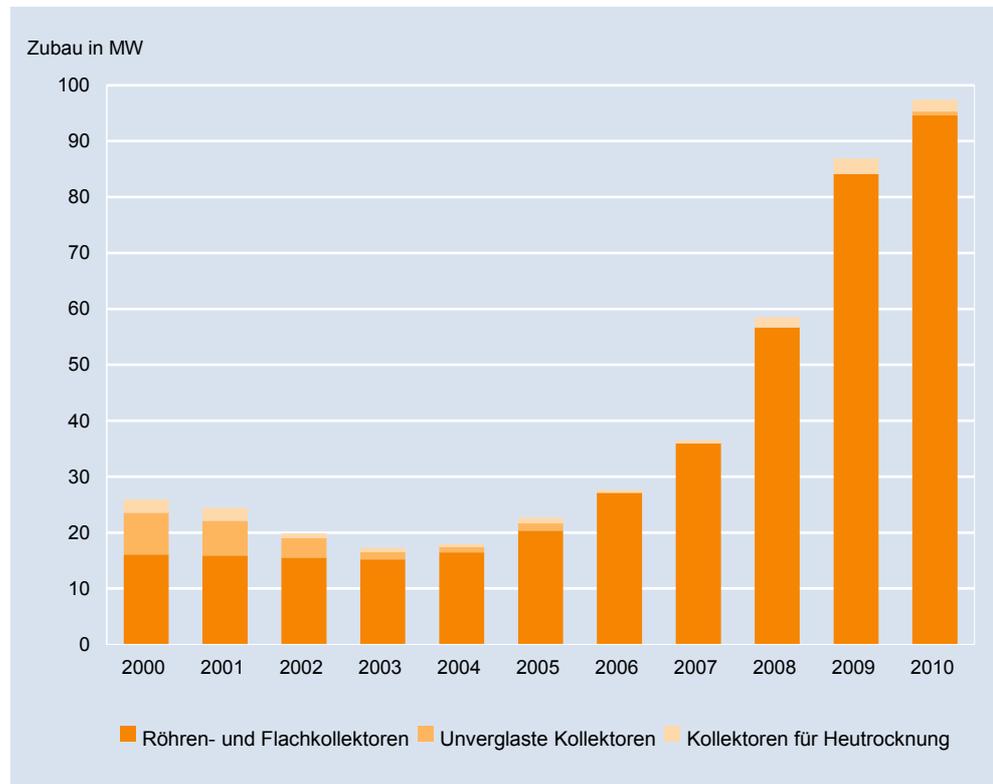


Quelle: Daten BFE (2011b), Zusammenstellung EBP

Die Photovoltaik hat vor allem in den letzten drei Jahren stark zugenommen (Abb. 10). Die Einführung der KEV hat den Bau dieser Anlagen vorangetrieben. Weiter unterstützen einige Kantone die Produktion von Solarstrom mit kantonalen Subventionen oder Elektrizitätsversorgungsunternehmen vergüten den Solarstrom zu Vorzugskonditionen.

Den grössten Zuwachs bei der Nutzung der Sonnenenergie verzeichnen die thermischen Sonnenkollektoren. Der Zubau der verglasten Röhren- und Flachkollektoren hat sich in den letzten Jahren fast verfünffacht (Abb. 11). Unverglaste Kollektoren werden vorwiegend in Schwimmbädern genutzt, Neubauten sind eher selten. Der Anteil der Kollektoren für die Heutrocknung ist in den letzten Jahren konstant geblieben.

Abbildung 11: Solarthermie: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)



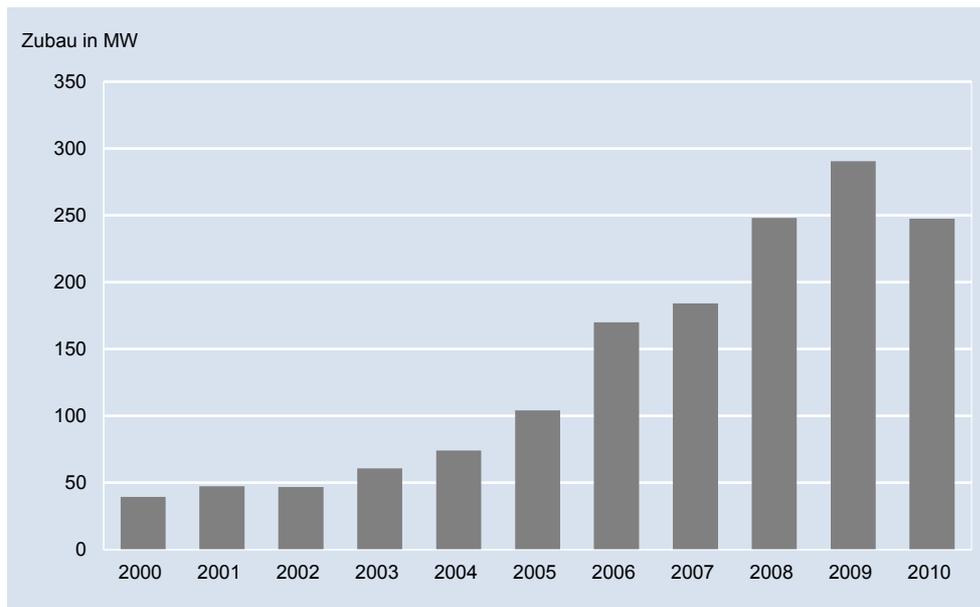
Quelle: Daten BFE (2011b), Zusammenstellung EBP

Umweltwärme

Mit Wärmepumpen wird der Umwelt (Luft, Wasser, Erde) Wärme entzogen und nutzbar gemacht. Der Antrieb benötigt elektrische Energie, im Mittel rund 1 kWh Strom für 1.7 kWh erneuerbare Umweltwärme. Umweltwärme kann auch mit Wärmepumpen genutzt werden, die von Gas- und Dieselmotoren betrieben werden. Viele dieser Anlagen wurden aber wegen hoher Störungsanfälligkeit stillgelegt und ihr Anteil liegt deutlich unter einem Prozent aller Wärmepumpen. Die direkte Nutzung von Umweltwärme ohne Wärmepumpen (tiefe Aquifernutzung) wurde bisher selten realisiert.

Nach der Holzenergie ist die Umweltwärme die am häufigsten genutzte erneuerbare Energiequelle für Wärme. 2010 wurden mit Wärmepumpen bei über 2'500 MW installierter Heizleistung gut 3'000 GWh Wärme produziert.

Durch die seit Jahren sinkenden Kosten ist der Bau von Wärmepumpen sehr populär geworden und verzeichnet die höchsten Zuwachsraten (Abb. 12).

Abbildung 12: Umweltwärme: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)

Quelle: Daten BFE (2011b), Zusammenstellung EBP

Biomasse Elektrizität

Elektrizität wird aus folgenden Biomassequellen produziert: Biogas (Landwirtschaft, Gewerbe & Industrie, Klärgas- und Deponiegasanlagen), Kehrlichtverbrennungsanlagen³¹ (KVA) sowie Holz-Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK) mit Holz-schnitzeln/Waldholz und Feuerungen mit Holzabfällen. Der Anteil der Biomasse an der Stromproduktion ist im Vergleich zu anderen Energiequellen wie Sonne und Wind wie bereits erwähnt relativ gross - nach der Wasserkraft hat diese Kategorie den zweithöchsten Anteil an der gesamtschweizerischen Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. Die drei Technologien produzierten 2010 fast 1'300 GWh Elektrizität bei einer installierten Leistung von rund 300 MW.

Der grösste Zubau bei der Stromproduktion aus Biomasse ist bei Holz-WKK-Anlagen und bei Feuerungen für erneuerbare Abfälle mit Holzanteilen zu verzeichnen (Abb. 13). Bei den KVA wurde die installierte elektrische Leistung insbesondere 2006 und 2010 ausgebaut. Da es sich hierbei um grosse Anlagen handelt, macht sich die Inbetriebnahme einer neuen Anlage mit einem sprunghaften Anstieg der installierten Leistung bemerkbar.

Biomasse Wärme

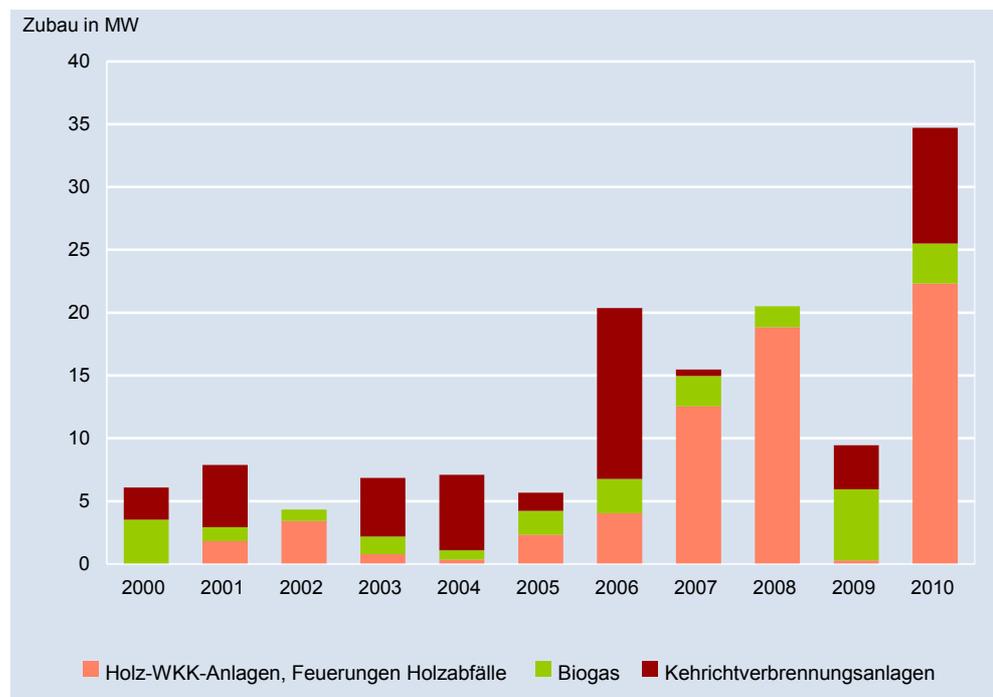
Wärme wird insbesondere aus Holz (inkl. schadstoffbelasteten Holzformen wie Altholz, Restholz, Rinde, Sägemehl) und erneuerbaren Abfällen (Papier, Zellstoffablaugen, Fette, Tiermehl, Tabakstaub, etc.) produziert. Holz ist dabei die wichtigste Quelle. Es wird in Form von Holz-schnitzeln, Waldholz, Pellets oder Stückholz verbrannt. In der folgenden Abbildung zur Entwicklung der installierten Leistung sind die folgenden Anlagekategorien berücksichtigt: Feuerungen mit Holzanteilen, Automatische Feuerungen, Gebäude- und Einzelraumheizungen. Wärmekraftkopp-

³¹ Bei der Produktion wird mit einem Anteil Erneuerbare von 50% gerechnet. Die in der Statistik (BFE 2011b) ausgewiesene installierte Leistung bezieht sich auf die gesamte Leistung. Hier wird der Zubau nur für den erneuerbaren Anteil dargestellt, d.h. 50% des gesamten Zubaus.

lungsanlagen sind hingegen nur in der obigen Darstellung zur installierten elektrischen Leistung berücksichtigt.

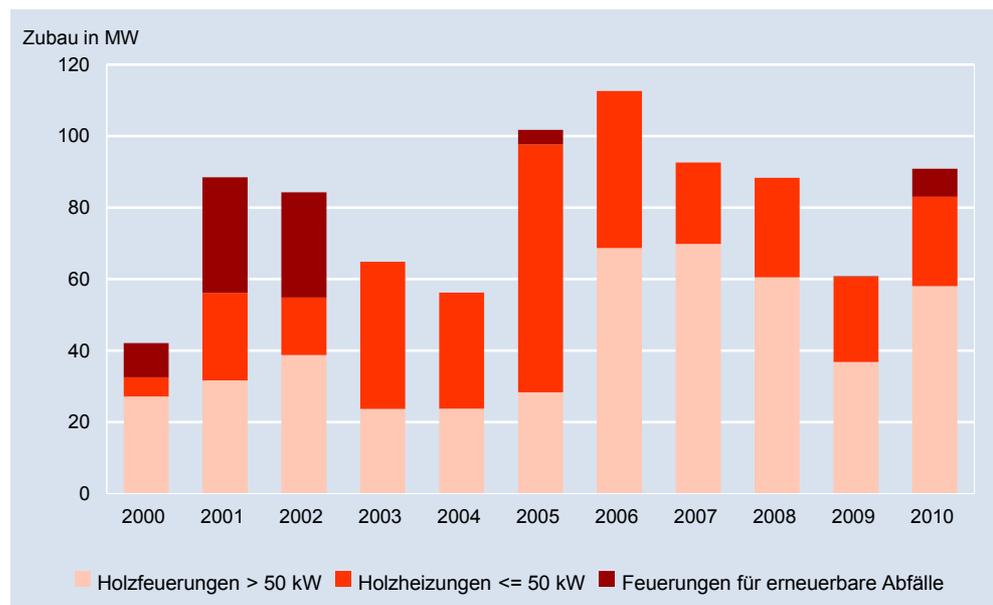
Bei der Wärmeerzeugung aus Biomasse fand in den letzten zehn Jahren ein sehr grosser Zubau statt, insbesondere bei Holzfeuerungen, die seit 2006 klar überwiegen (Abb. 14). Der Zubau bei Feuerungen für erneuerbare Abfälle hingegen ist stark zurückgegangen.

Abbildung 13: Biomasse Elektrizität: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010



Quelle: Daten BFE, Zusammenstellung EBP

Abbildung 14: Biomasse Wärme: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010



Quelle: Daten BFE, Zusammenstellung EBP

3.1.3 Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien

Die Ausgaben für den *Bau und Betrieb von Anlagen zur Strom- und Wärmeproduktion* aus erneuerbaren Quellen berechnen sich anhand der Leistung bzw. Produktion sowie der spezifischen Kosten. Bei Holzenergieanlagen kommen zusätzlich die Brennstoffkosten hinzu.

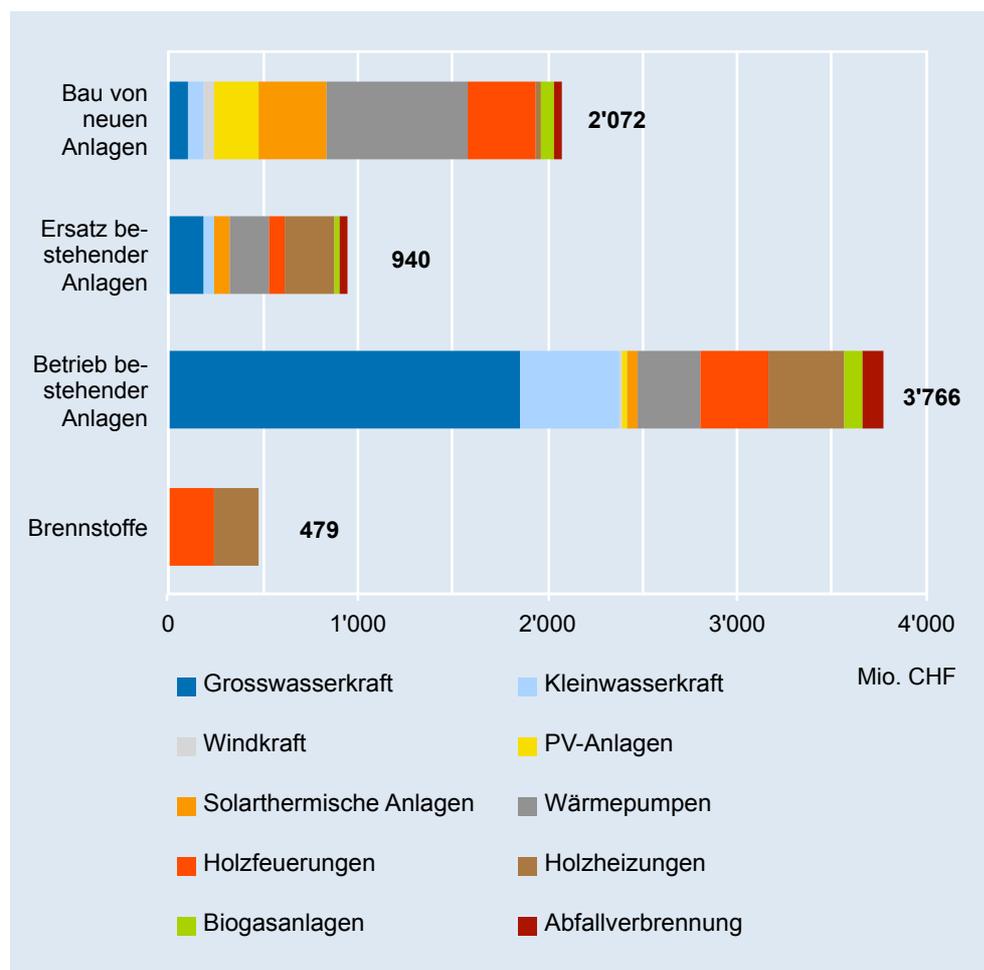
Ausgaben für Bau, Ersatz und Betrieb von Anlagen

Die *Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz* im Jahr 2010 summieren sich auf rund 7.3 Mia. CHF. Sie verteilen sich auf

- *Investitionsausgaben*, die sowohl den Bau neuer Anlagen als auch Ersatzinvestitionen in bestehende Anlagen umfassen
- *Betriebsausgaben*, von denen zusätzlich Brennstoffausgaben unterschieden werden können, die nur bei Holzenergieanlagen anfallen (Abb. 15).

Der *Bau neuer Anlagen* kostete im Jahr 2010 insgesamt gut 2.1 Mia. CHF (29% der Gesamtausgaben), von welchen Wärmepumpen (rund 740 Mio. CHF), solarthermische Anlagen (360 Mio. CHF) und Holzfeuerungen (rund 350 Mio. CHF) die wichtigsten Anlagentypen waren.

Abbildung 15: Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz, 2010



Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Die *Ersatzinvestitionen für bestehende Anlagen* machten 940 Mio. CHF aus (13% der Gesamtausgaben). Den weitaus grössten Anteil an den Gesamtausgaben verzeichneten Holzheizungen (270 Mio. CHF) und Wärmepumpen (217 Mio. CHF), gefolgt von Ausgaben für Grosswasserkraft (189 Mio. CHF) und Holzfeuerungen (je 74 Mio. CHF).

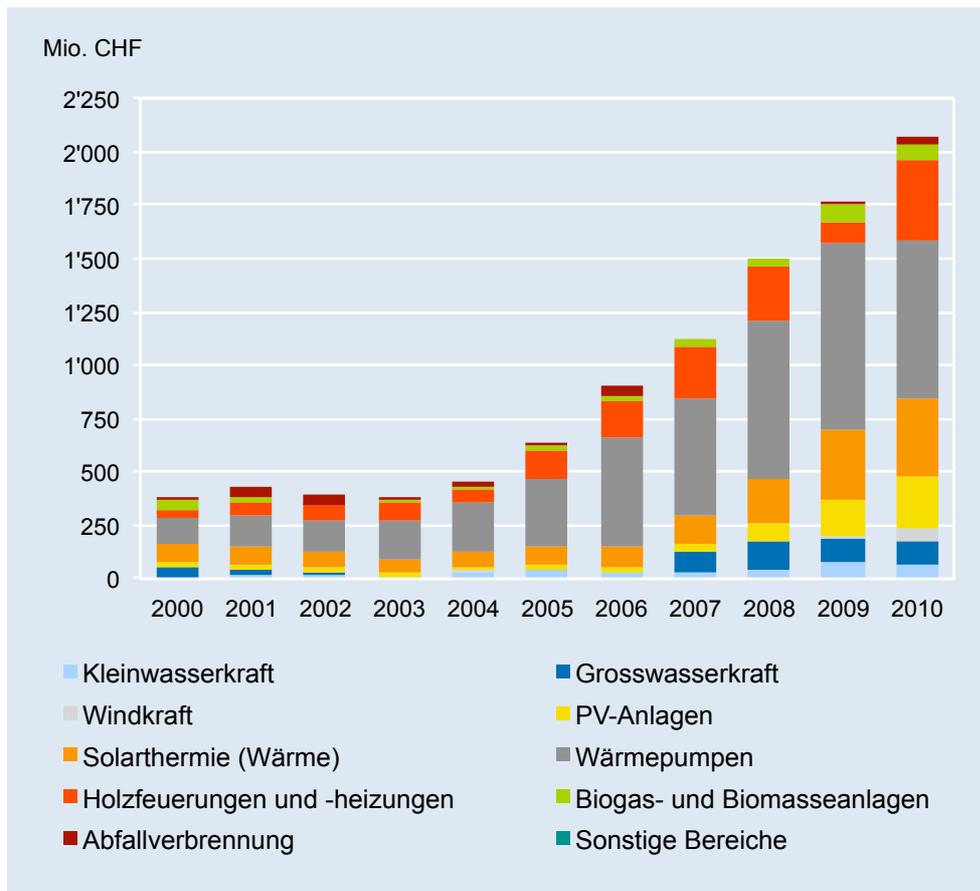
Auf den *Anlagenbetrieb (ohne Brennstoffkosten)* entfallen *rund 50% der Gesamtausgaben* (3.8 Mia. CHF), davon wiederum 63% auf Wasserkraftanlagen. *Eine relevante Grössenordnung* erreichen zudem der Betrieb von Holzheizungen (knapp 400 Mio. CHF) und -feuerungen (knapp 360 Mio. CHF) sowie Wärmepumpen (rund 330 Mio. CHF). Demgegenüber fallen die wartungsarmen PV- und solarthermischen Anlagen sowie die Biogasanlagen und die Abfallverbrennung weniger ins Gewicht.

Brennstoffausgaben fallen nur bei den Holzfeuerungen und -heizungen an. Die Brennstoffausgaben für die beiden Technologien schätzen wir auf je rund 240 Mio. CHF. Eine unsichere Grösse ist dabei der Anteil des Holzes, der nicht über den Markt verkauft wird (z.B. Eigennutzung durch Forstbesitzer oder informelle Abgabe von Holz). Für Stückholz nehmen wir einen Anteil von 50% an, der nicht über den Markt verkauft wird.

Die Neuinvestitionen sind insbesondere bei PV- und solarthermischen Anlagen deutlich grösser als die Betriebsausgaben. Bei der Wasserkraft verhält es sich gerade umgekehrt: Investitionsausgaben machen nur knapp 15% der Gesamtausgaben aus, während 85% Betriebsausgaben sind.

Entwicklung der Ausgaben

Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der jährlichen Ausgaben für den *Ausbau* erneuerbarer Energien in der Schweiz seit 2000 (*Neuinvestitionen*). Sie sind in diesem Zeitraum von rund 380 Mio. CHF auf knapp 2.1 Mia. CHF deutlich gestiegen. Ab 2004 ist ein kontinuierliches Wachstum zu verzeichnen. Besonders stark wachsen die Ausgaben für Wärmepumpen und die Nutzung der Solarenergie (Photovoltaik und Solarthermie). Seit dem Jahr 2008 sind jedoch auch verstärkte Investitionen in die Wasserkraft zu beobachten. Investitionen in Holzenergieanlagen schwanken relativ stark, was auf die unterschiedliche Bedeutung von Grossprojekten hindeutet.

Abbildung 16: Investitionsausgaben für den Ausbau erneuerbarer Energien, 2000-2010

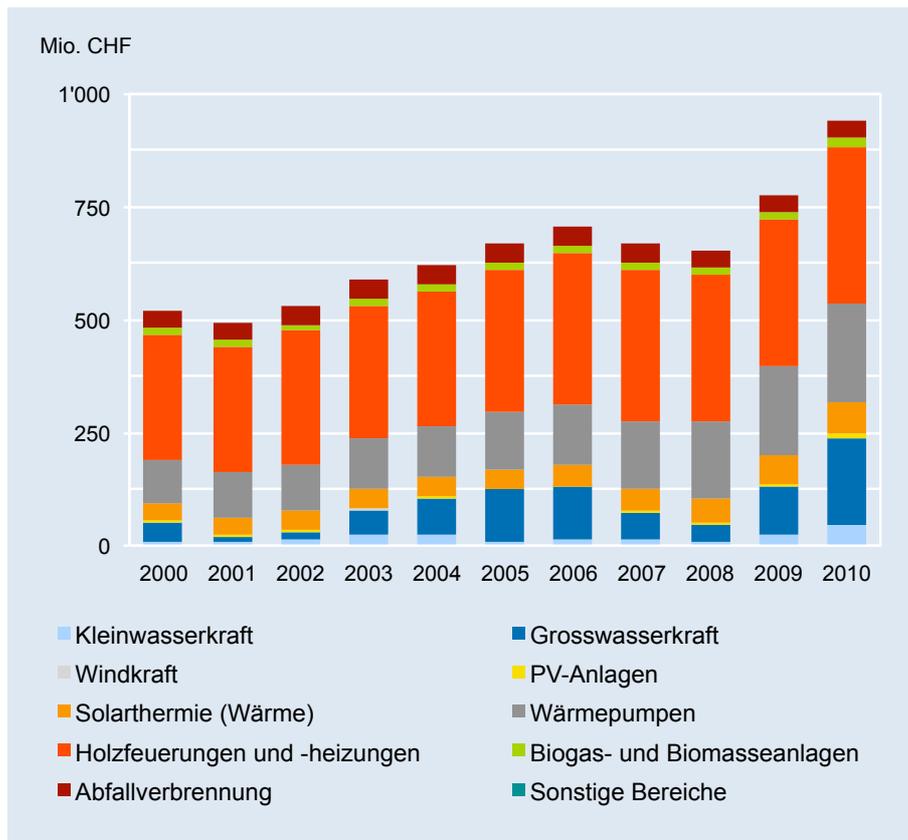
Anmerkung: Werte in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

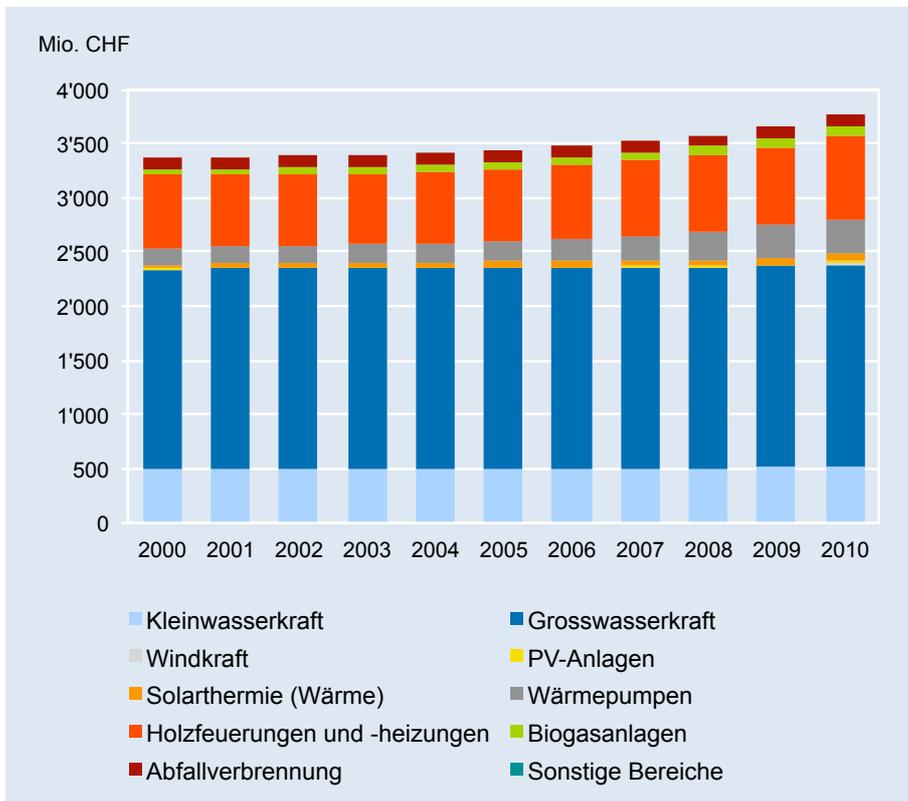
Neben den Neuinvestitionen fallen auch die *Ersatzinvestitionen* ins Gewicht, die jedoch nicht die gleiche Dynamik aufweisen. Zwischen 2000 und 2010 sind sie von jährlich rund 520 auf 940 Mio. CHF gestiegen (Abb. 17). Wichtige Bereiche sind hier die Holzfeuerungen und -heizungen, deren relativer Anteil jedoch abgenommen hat. Insbesondere geht der Bestand an Stückholzheizungen zurück, während Holzschnittel- und Pelletheizungen stark zunehmen. Bei der Wasserkraft sind die Ersatzinvestitionen, die auch die Umbauten bestehender Anlagen beinhalten, durch grosse Schwankungen gekennzeichnet. Die Abbildung zeigt auch, dass die Ersatzinvestitionen bei Wärmepumpen und in geringerem Umfang bei solarthermischen Anlagen gestiegen sind. Relativ konstant sind hingegen die Ersatzinvestitionen bei Abfallverbrennung und Biogasanlagen.

Betriebsausgaben fallen vor allem in kommerziell und mit Personal betriebenen Anlagen an. Sie sind im betrachteten Zeitraum von 3.3 Mia. CHF auf knapp 3.8 Mia. CHF gestiegen (ohne Ausgaben für Brennstoffe, vgl. Abb. 18). Davon macht alleine die Grosswasserkraft rund 50% aus. Weitere wichtige Bereiche sind die

- Holzheizungen und -feuerungen, wo vor allem die Wartungskosten der vielen dezentralen Heizungen ins Gewicht fallen,
- Wärmepumpen, hier insbesondere die Stromkosten sowie
- die Kehrichtverbrennungsanlagen, für die nur die Betriebskosten der Energieerzeugung gezählt werden, und zwar nur zur Hälfte (EE-Anteil der KVA).

Abbildung 17: Ersatzinvestitionen in EE-Anlagen, 2000-2010

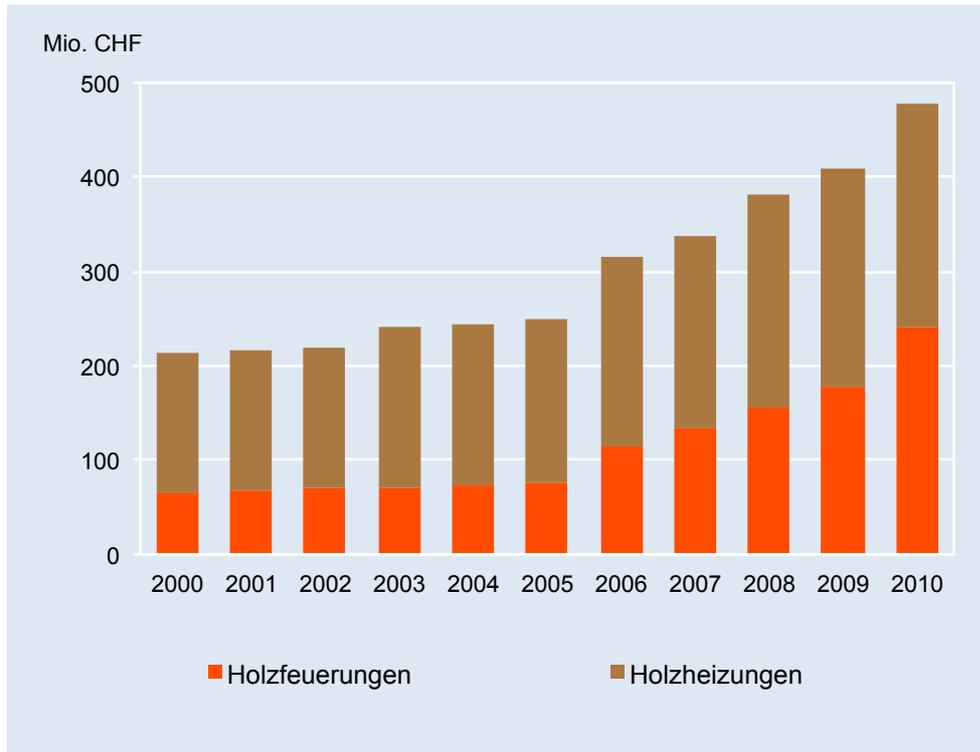
Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner; Werte in Preisen von 2010

Abbildung 18: Betriebsausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010 (ohne Ausgaben für Brennstoffe)

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner; Werte in Preisen von 2010

Die *Brennstoffkosten* für Holzenergieanlagen werden in Abbildung 19 separat ausgewiesen. Diese Kosten sind zwischen 2000 und 2010 von 220 Mio. CHF auf knapp 480 Mio. CHF gestiegen. Seit 2005 ist bei der Holzenergienutzung eine verstärkte Dynamik festzustellen, die sowohl steigende Mengen als auch wachsende reale Preise widerspiegelt. Dabei haben die Ausgaben für Feuerungsanlagen mit mehr als 50 kW stärker zugenommen als diejenigen für kleinere Heizungsanlagen.

Abbildung 19: Brennstoffkosten für den Betrieb von Holzenergieanlagen, 2000-2010



Anmerkung: Werte in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

3.2 Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien

Dieses Kapitel enthält die Resultate aus dem *Zusammenzug von Nachfrage- und Angebotsseite* zur Abbildung der EE-Branche und aus dem Einsatz des *Impact-Modells*. Für das Jahr 2010 werden einerseits die *direkte* Bedeutung und andererseits die *indirekten Effekte* als Ergebnis der Modellrechnungen dargestellt und erläutert.

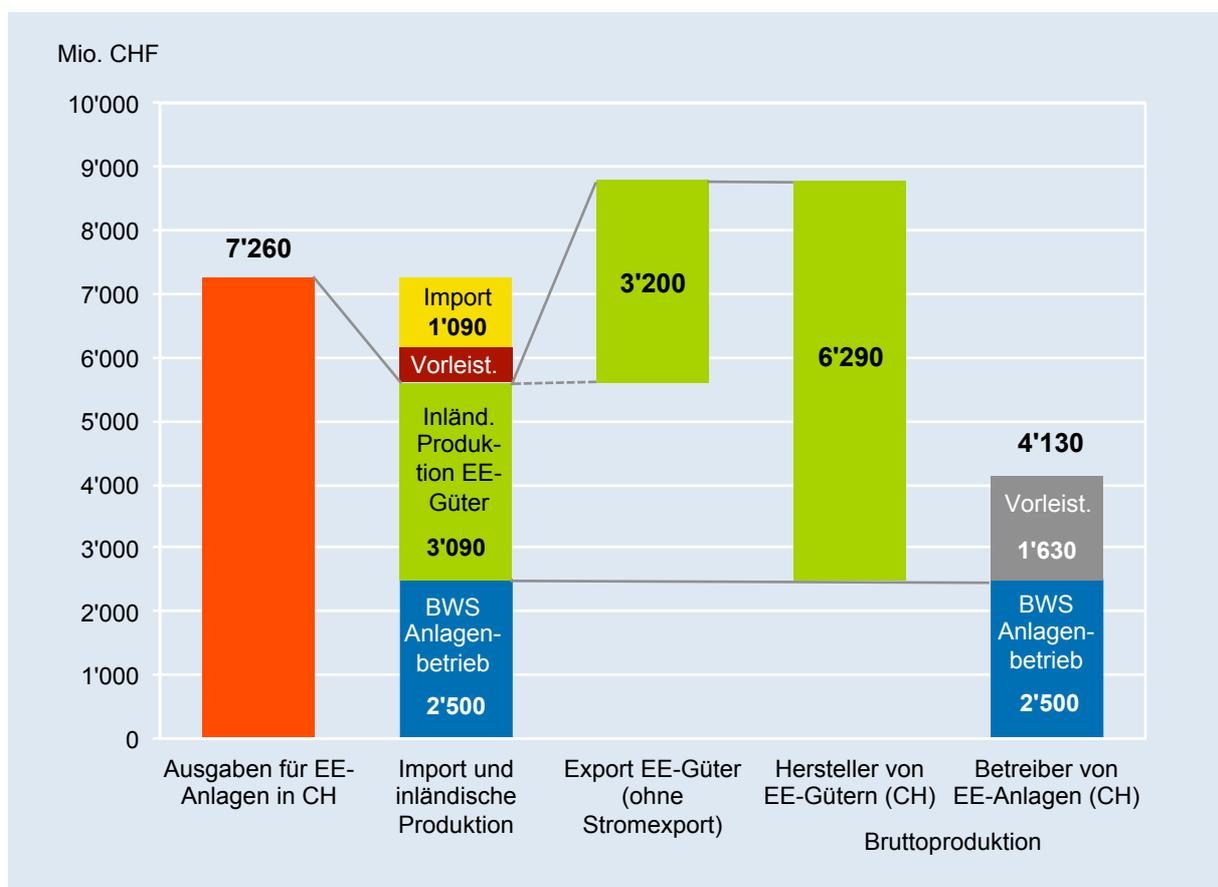
3.2.1 Direkte wirtschaftliche Bedeutung 2010

Von den Ausgaben für EE-Anlagen zur Bruttoproduktion der EE-Branche

Abbildung 20 zeigt, wie man von den im vorhergehenden Kapitel dargestellten Ausgaben für EE-Anlagen in der Schweiz zur gesamten Produktion der EE-Branche in der Schweiz gelangt. Vom Total der Ausgaben für EE-Anlagen (7.3

Mia. CHF in 2010) ist ein Teil *direkte Wertschöpfung bei den Anlagenbetreibern* (rund 2.5 Mia. CHF, insb. Personalkosten und Kapitalkosten). Der verbleibende Betrag umfasst Güter und Dienstleistungen, die für Bau und Betrieb der Anlagen benötigt werden. Der überwiegende Teil dieser Güter (rund 3.1 Mia. CHF) wird von der *Schweizer EE-Branche* bereitgestellt, wie sie in der vorliegenden Studie abgegrenzt ist. Ein kleiner Teil stammt ebenfalls aus dem Inland, besteht jedoch aus *Vorleistungen* aus der übrigen Volkswirtschaft, wie z.B. Bank- und Versicherungsdienstleistungen. Der Rest wird aus dem Ausland *importiert* (rund 1.1 Mia. CHF). Aus dem Ausland stammen zum Beispiel die im Jahr 2010 installierten Windenergieanlagen, ein Grossteil der im Inland verwendeten Solarzellen und -module oder ein Teil der im Inland installierten Holzheizungen und der Wärmepumpen. Andererseits stellen Schweizer Unternehmen Produkte für EE-Anlagen im Ausland her und exportieren diese. In 2010 belief sich der Wert der Exporte auf 3.2 Mia. CHF. Zusammen mit der Produktion für den Inlandsabsatz ergibt sich die gesamte Produktion von Gütern für die Nutzung erneuerbarer Energien (6.3 Mia. CHF). Die Bruttoproduktion der Betreiber von EE-Anlagen ergibt sich aus der Summe von Bruttowertschöpfung und Vorleistungen, insgesamt rund 4.1 Mia. CHF. Die gesamte EE-Branche, die sich aus den Anlagenbetreibern und den Herstellern von EE-Gütern zusammensetzt, kommt somit auf eine Bruttoproduktion von rund 10.4 Mia. CHF. Darin sind jedoch Doppelzählungen enthalten, da ein Teil der EE-Güter von den Anlagenbetreibern als Vorleistung verwendet werden.

Abbildung 20: Zusammenhang zwischen Ausgaben für EE-Anlagen und Produktion der Schweizer EE-Branche, 2010



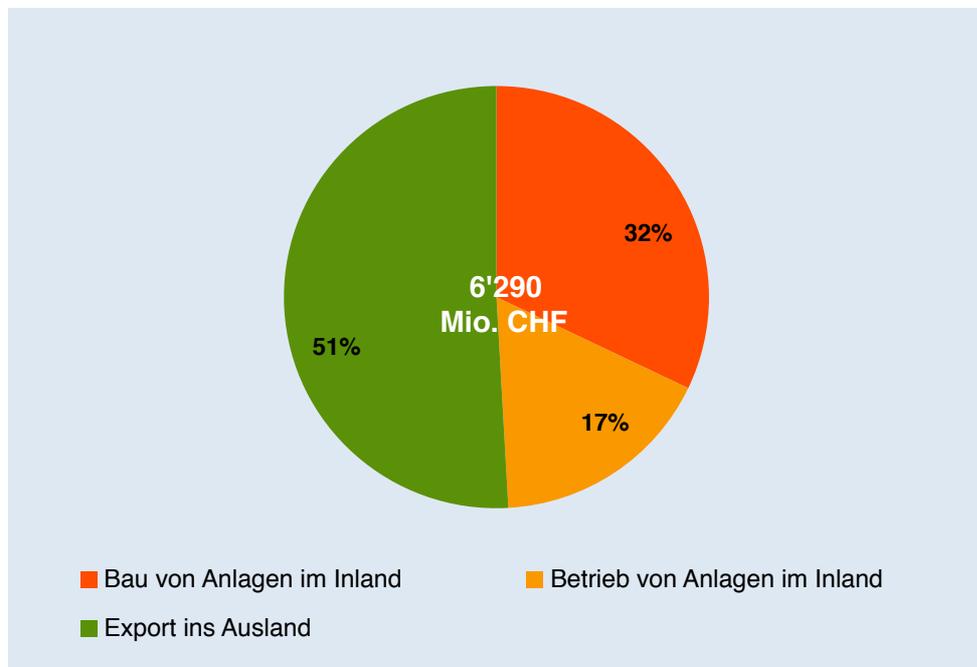
Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Anmerkung: Export bezieht sich auf Produkte für EE-Anlagen, der Export von Strom aus erneuerbaren Quellen ist darin nicht enthalten; Werte sind gerundet

Von den EE-Gütern entfallen 32% auf den Bau von neuen und den Ersatz bestehender Anlagen, 17% auf den Betrieb bestehender Anlagen und 51% auf die Exporte der EE-Branche (Abb. 21).

Bei den Exporten machen Produkte für die Photovoltaik gut die Hälfte aus. Dies ist insofern augenfällig, als die Nutzung der Photovoltaik in der Schweiz erst seit einigen Jahren an Bedeutung gewinnt. Exportiert werden Produkte, die in PV-Anlagen direkt verwendet werden, wie PV-Module oder Wechselrichter. Eine hohe Bedeutung haben aber auch Investitionsgüter für die internationale PV-Industrie, die von Schweizer Ausrüstern beliefert wird. Hinter der Photovoltaik sind die Wasserkraft und die Abfallverbrennung weitere wichtige Exportbereiche. Mit einigem Abstand folgen die Windkraft, die Solarthermie und Biogasanlagen. Wärmepumpen, Holzfeuerungen und Holzheizungen haben eine eher geringe Bedeutung für die Exporte der EE-Branche, insbesondere wenn man sie mit den Ausgaben im Inland für diese Technologien vergleicht.

Abbildung 21: Direkte Bruttoproduktion von EE-Gütern in der Schweiz nach Verwendungszweck, 2010



Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Bruttowertschöpfung und Beschäftigung

Die Schweizer EE-Branche erzielte in 2010 eine direkte *Bruttowertschöpfung* von gut 4.8 Mia. CHF (Tab. 10). Diese Leistung wurde von rund 22'800 *Beschäftigten* erbracht. Damit beträgt der *Anteil der Branche am Bruttoinlandprodukt (BIP)* der Schweiz rund 0.9%. Ihre wirtschaftliche Bedeutung entspricht damit ungefähr derjenigen des Druck- und Verlagsgewerbes (0.9% am BIP) und liegt rund 10% unter der der Landwirtschaft (5.4 Mia. CHF). Hinsichtlich der Beschäftigung ist sie mit einem Anteil von knapp 0.6% vergleichbar mit der Elektronikindustrie und dem Immobilienwesen.

Diese unterschiedliche Bedeutung bei Wertschöpfung und Beschäftigung zeigt, dass die EE-Branche im Vergleich mit der Gesamtwirtschaft eine überdurchschnittlich hohe *Arbeitsproduktivität* aufweist. Sie beträgt über 210'000 CHF pro vollzeitäquivalent Beschäftigten, im Vergleich zu rund 134'000 CHF im gesamtwirtschaftli-

chen Durchschnitt (Wert für 2010). Dies ist jedoch allein auf die kapitalintensive Wasserkraft zurückzuführen. Ohne sie liegt die Produktivität im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Dabei umfasst die EE-Branche sowohl hochproduktive Unternehmen im Maschinenbau oder in der Elektrotechnik als auch arbeitsintensive Bereiche wie das Baugewerbe oder die Forstwirtschaft.

Tabelle 10: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung der EE-Branche, 2010

Branche	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	Arbeitsproduktivität in CHF
Branche Erneuerbare Energien	4'817	22'810	211'076
Gesamtwirtschaft¹⁾	519'533	3'866'720	134'360
Anteil EE-Branche	0.9%	0.6%	

¹⁾ Anzahl Beschäftigte Gesamtwirtschaft geschätzt; Gesamtwirtschaftliche BWS: Stand vor VGR-Revision 2012.

Quelle: BFS (2011b), BFS (2011c), Berechnungen Rütter+Partner

Die *EE-Branche überschneidet* sich zum Teil mit der Branche „*Strom-, Gas- und Wasserversorgung*“, insbesondere bei der Nutzung der Wasserkraft und anderer Stromerzeugungsanlagen. Daher ist ein Vergleich dieser beiden Branchen interessant: Bei der Bruttowertschöpfung ist die EE-Branche knapp halb so gross wie Strom-, Gas- und Wasserversorgung. Hinsichtlich Beschäftigung haben beide Branchen eine vergleichbare Bedeutung. Dies zeigt in erster Linie, dass die Versorgungsbranche, die neben der Stromerzeugung auch die gesamte Versorgungsinfrastruktur betreibt, deutlich kapitalintensiver ist als die EE-Branche.

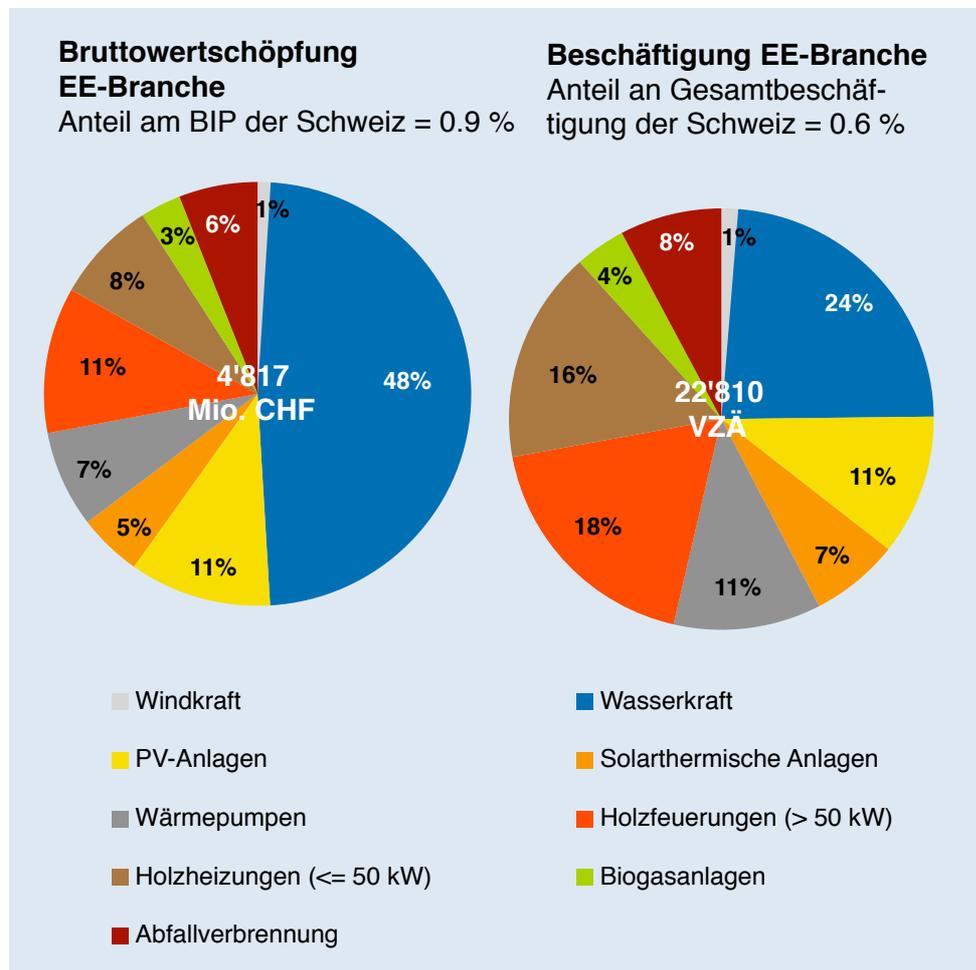
Die folgende Abbildung 22 zeigt, wie sich Wertschöpfung und Beschäftigung auf die *Technikfelder* der EE-Branche verteilen.

Die *Bruttowertschöpfung* wird durch die Nutzung der Wasserkraft dominiert, die rund die Hälfte ausmacht. Danach folgen die Holzfeuerungen und die PV-Anlagen mit je 11% der Wertschöpfung. Während bei den Holzfeuerungen die Ausgaben für Bau und Betrieb der inländischen Anlagen im Vordergrund stehen, ist die Wertschöpfung des PV-Sektors stark durch den Export bedingt, insbesondere von Herstellern von Solarzellen und -modulen sowie Wechselrichtern oder Ausrüstern, die ausländische Solarzellen-Hersteller mit Investitionsgütern beliefern. Diese Unternehmen konnten in der Vergangenheit am internationalen Boom der Solarenergie teilhaben. Eine etwas geringere, aber vergleichbare Bedeutung haben die Wärmepumpen und die Holzheizungen, die wieder stärker binnenorientiert sind.

Bei der *Beschäftigung* ist die Nutzung der Wasserkraft auch der grösste Treiber, ihre Bedeutung ist jedoch mit rund einem Viertel nur halb so gross wie für die Wertschöpfung der Gesamtbranche. Dies verdeutlicht wie bereits erwähnt die überdurchschnittlich hohe Kapitalintensität der Wasserkraftanlagen. Es folgen die Holzfeuerungen und -heizungen mit 18% bzw. 16% am Beschäftigungstotal. Bei den grösseren Holzfeuerungen spielt der Anlagenbetrieb, die Bauwirtschaft und die Forstwirtschaft als Holzversorger eine wichtige Rolle. Bei den kleineren Holzheizungen sind dies ebenfalls die Forstwirtschaft und in stärkerem Umfang die Heizungsinstallateure. Diese haben auch eine hohe Bedeutung bei den Wärmepumpen, insbesondere beim starken Anstieg der Neu- und Ersatzinvestitionen. Relevant sind hier jedoch - trotz hoher Importquoten - auch die Hersteller von Wärmepumpen und Erdsonden. Die Photovoltaik stellt wie bei der Wertschöpfung auch elf

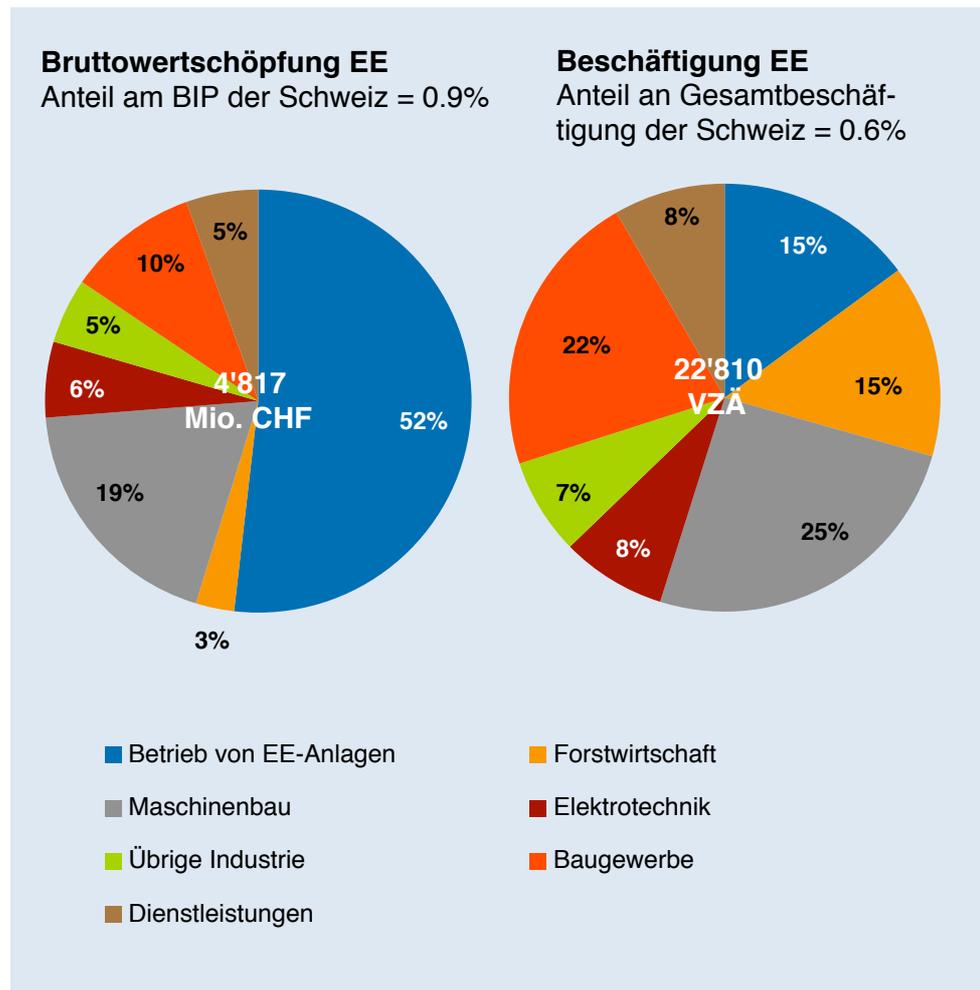
Prozent des Beschäftigungsanteils, gefolgt von den Bereichen Abfallverbrennung, Solarthermie, Biogas und schliesslich der Windkraft.

Abbildung 22: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technikfeldern, 2010



Als Querschnittsbranche setzen sich die Erneuerbaren Energien aus *Teilen verschiedener klassischer Wirtschaftszweige* zusammen. Diese sind in der folgenden Abbildung 23 gruppiert dargestellt. Wir fassen zum einen die eigentlichen Anlagenbetreiber zusammen, auch wenn Betreiber von Wasserkraftanlagen einer anderen Branche angehören als zum Beispiel die Betreiber von Holzfeuerungsanlagen, die zum Teil in der Holzindustrie stehen. Bei der Wertschöpfung machen die Anlagenbetreiber mehr als die Hälfte aus, was wiederum mit den Wasserkraftanlagen zu erklären ist. Ihr Anteil an der Beschäftigung beträgt hingegen nur 15%. Die Industrie, insbesondere Maschinenbau und Elektrotechnik, hat sowohl an der Wertschöpfung als auch an der Beschäftigung einen grossen Anteil. Ihr Anteil an der Beschäftigung ist mit über 40% deutlich grösser als an der Wertschöpfung, wo ihr Anteil knapp 30% beträgt. Auf das Baugewerbe, das in allen Technikfeldern aktiv ist, besonders jedoch bei den Heizungsanlagen, entfallen gut 20% der Beschäftigten. Ihr Anteil an der Wertschöpfung ist nur halb so gross. Einen überproportional hohen Anteil an der Beschäftigung hat mit 14% auch die arbeitsintensive Forstwirtschaft. Der Dienstleistungssektor hat sowohl für die direkte Wertschöpfung als auch für die Beschäftigung eine - im Vergleich zur Gesamtwirtschaft - unterdurchschnittliche Bedeutung.

Abbildung 23: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Wirtschaftszweigen, 2010



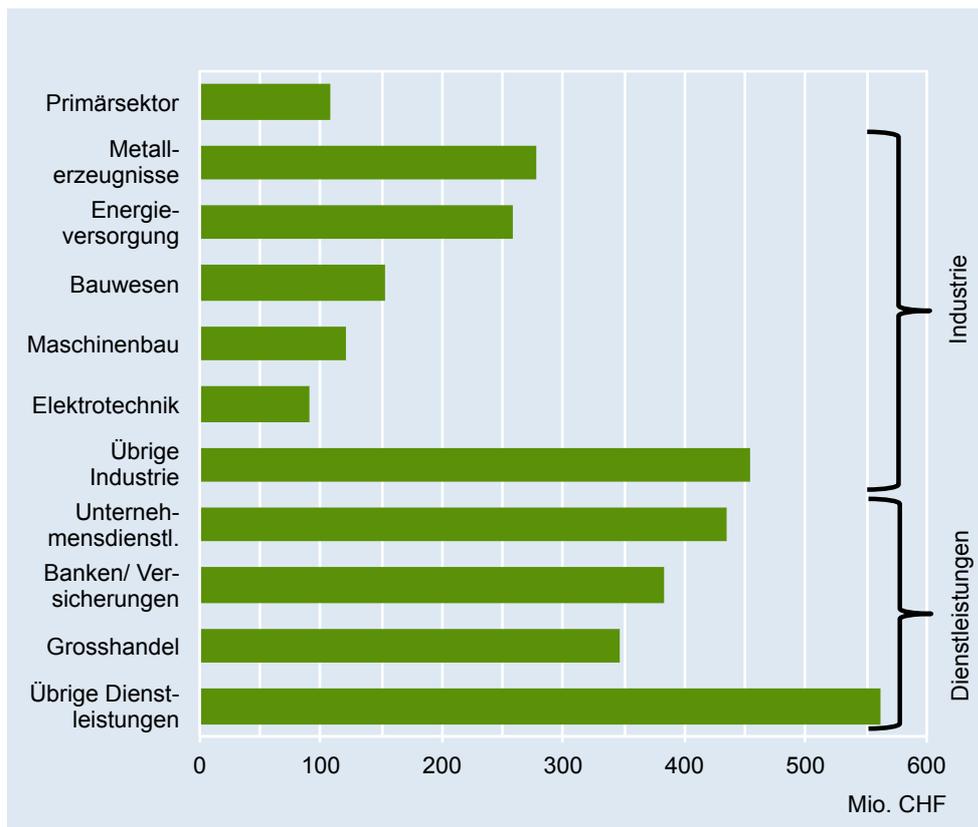
3.2.2 Indirekte und gesamte wirtschaftliche Bedeutung 2010

Durch die wirtschaftlichen Tätigkeiten der EE-Branche werden zusätzlich zu den direkten Effekten *indirekte Effekte* ausgelöst. Diese Effekte entstehen über Lieferverflechtungen entlang der Lieferketten der EE-Branche (vgl. Kapitel 2.5).

Indirekte Bruttowertschöpfung

Abbildung 24 zeigt, dass eine Vielzahl von Branchen von der Nachfrage der EE-Branche profitiert. Insbesondere der Dienstleistungssektor ist mit einer Wertschöpfung von 1.7 Mia. CHF deutlich stärker beteiligt als bei den direkten Effekten. Dies entspricht auch eher seiner gesamtwirtschaftlichen Bedeutung. Im Dienstleistungssektor wird bei den Unternehmensdienstleistungen, dem Grosshandel sowie den Banken und Versicherungen am meisten Bruttowertschöpfung ausgelöst.

Innerhalb der Industrie ist es die Branche Metallerzeugnisse (280 Mio. CHF), in welcher eine bedeutende indirekte Bruttowertschöpfung generiert wird. Diese Branche ist vor allem als Zulieferer für andere Investitionsgüterbranchen wie den Maschinenbau oder die Elektrotechnik beteiligt. Danach folgen die Energieversorgung, das Bauwesen, der Maschinenbau und die Elektrotechnik. Die im Primärsektor ausgelöste Bruttowertschöpfung ist mit 100 Mio. CHF eher gering.

Abbildung 24: Indirekte Bruttowertschöpfung nach Branchen, 2010

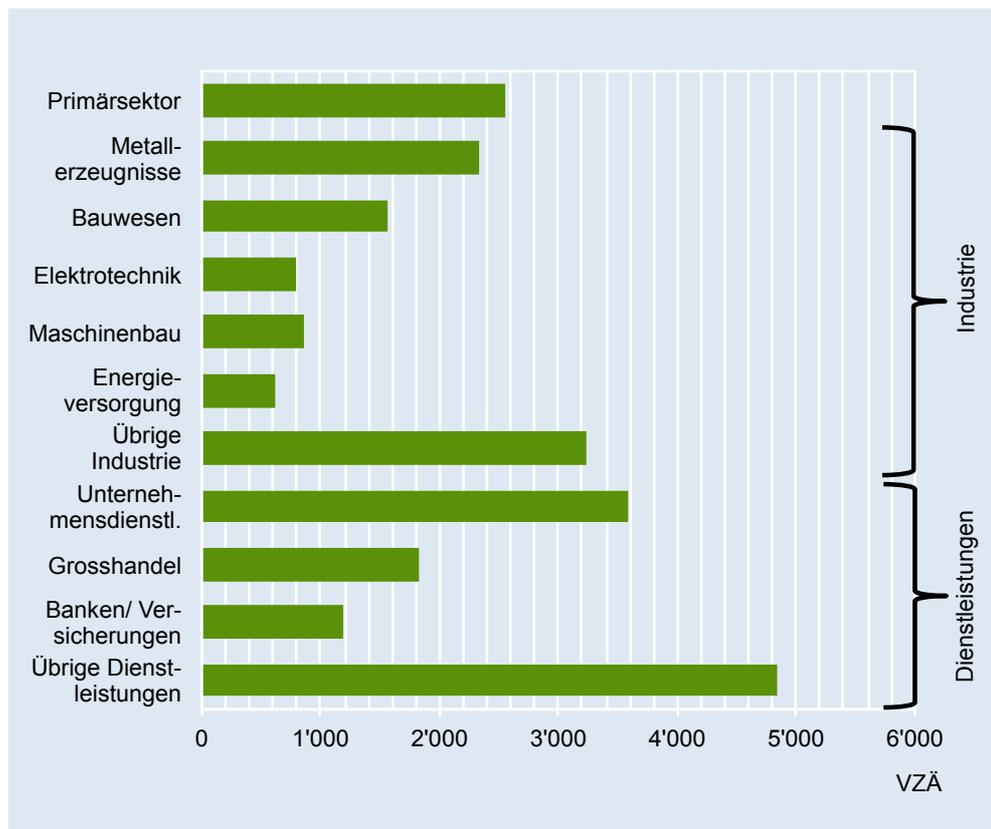
Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Indirekte Beschäftigung

Die ausgelöste *indirekte Beschäftigung* nach Branchen (Abb. 25) ergibt ein ähnliches Bild. Allerdings sind die Beschäftigungseffekte in der Industrie vergleichbar mit denjenigen im Dienstleistungssektor. Deutlich grösser als bei der Wertschöpfung ist der Anteil des Primärsektors, insbesondere der Forstwirtschaft.

Gesamte wirtschaftliche Bedeutung der EE-Branche

Die direkte wirtschaftliche Bedeutung der EE-Branche ist massgebend für den Vergleich mit anderen Branchen oder der Schweiz insgesamt. Die indirekten Effekte zeigen zusätzlich, wie die Branche mit der übrigen Volkswirtschaft verflochten ist. Werden direkte und indirekte Effekte addiert, so ergibt sich das folgende Bild (Tab. 11). Einschliesslich indirekter Effekte beträgt die durch die EE-Branche ausgelöste Wertschöpfung 8 Mia. CHF oder 1.5% des BIP. Zur direkten Wertschöpfung kommen so rund zwei Drittel indirekt hinzu. Einschliesslich indirekter Effekte verdoppelt sich hingegen fast die Zahl der direkt Beschäftigten auf insgesamt gut 46'000 *Vollzeitäquivalente*. Dies entspricht rund 1.2% der Gesamtbeschäftigung in der Schweiz. Tabelle 11 enthält auch die Anteile der direkten und indirekten Effekte am Gesamteffekt. Während die direkte Wertschöpfung der EE-Branche 60% des Gesamteffekts ausmacht, beträgt der Anteil bei der Beschäftigung nur knapp die Hälfte. Dies ist im Wesentlichen eine Folge der kapitalintensiven Wasserkraft.

Abbildung 25: Indirekte Beschäftigung nach Branchen, 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle 11: Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien, 2010

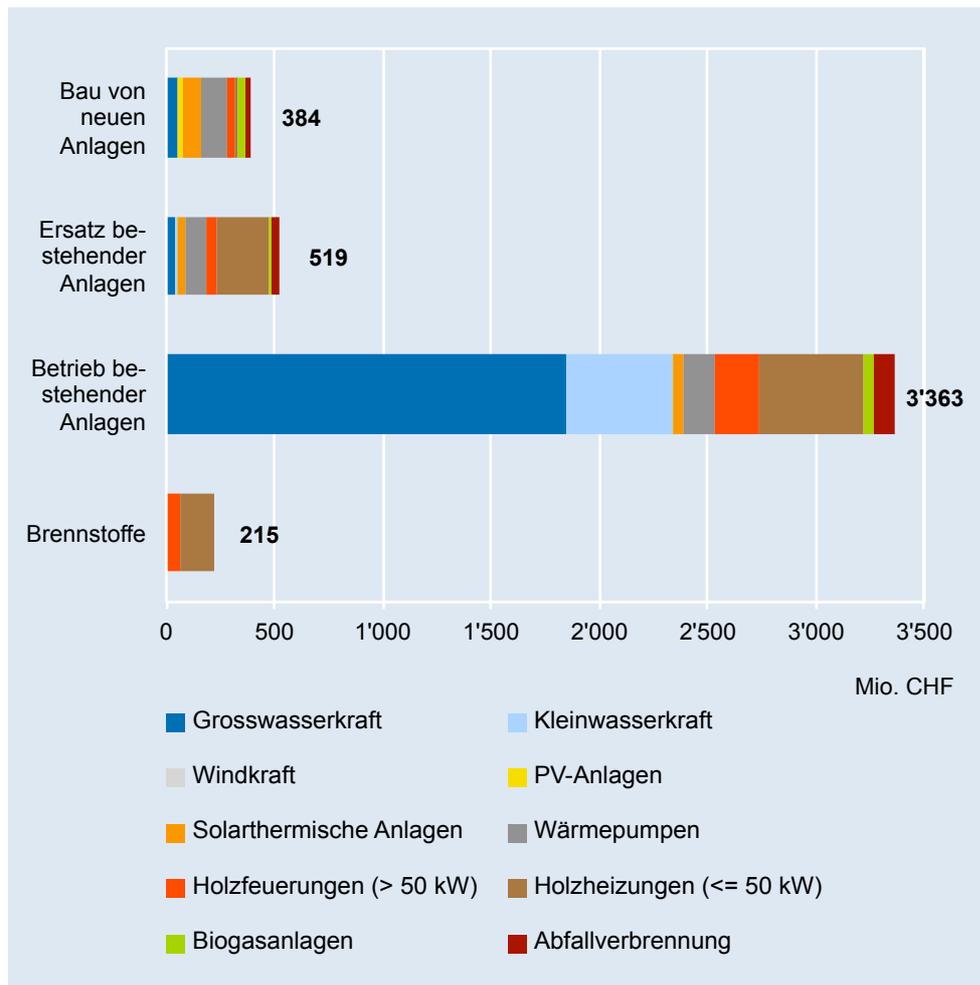
	Bruttowert-schöpfung in Mio. CHF	Anteil am Total	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	Anteil am Total
Direkte Bedeutung	4'817	60%	22'810	49%
Indirekte Bedeutung	3'189	40%	23'390	51%
Total	8'005	100%	46'200	100%
Anteil an Gesamtwirtschaft	1.5%		1.2%	

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

3.2.3 Wirtschaftliche Bedeutung im Jahr 2000

Von den Ausgaben für EE-Anlagen zur Bruttonproduktion der EE-Branche

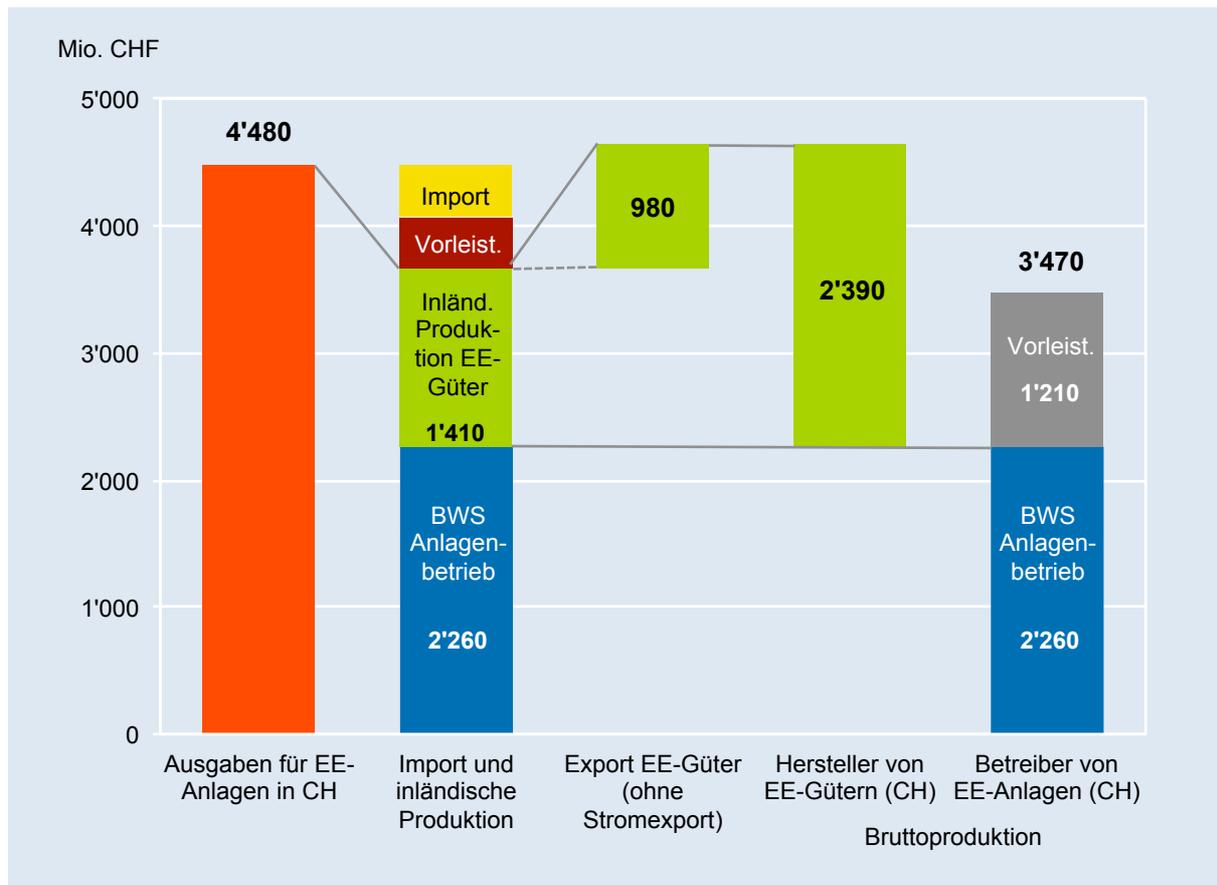
Im Jahr 2000 lagen die Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz bei knapp 4.5 Mia. CHF (Abb. 26). Im Vergleich zu 2010 waren in 2000 vor allem die Ausgaben für den Bau von neuen Anlagen deutlich niedriger (380 Mio. CHF vs. 2.2 Mia. CHF, vgl. Abb. 15). Auch die Ausgaben für Reinvestitionen und für Brennstoffe waren deutlich tiefer als 2010. Hingegen waren im Jahr 2000 die Ausgaben für den Anlagenbetrieb nur unwesentlich kleiner.

Abbildung 26: Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz, 2000

Anmerkung: Werte zu Preisen von 2010

Quelle: Berechnungen Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Abbildung 27 zeigt, wie sich die Gesamtausgaben auf die mit dem Anlagenbetrieb verbundene Wertschöpfung, die inländische Produktion von Gütern und Dienstleistungen in der EE-Branche, Vorleistungen aus anderen Branchen und Importe verteilen. Auf den Anlagenbetrieb entfällt rund die Hälfte der Gesamtausgaben. Die Schweizer EE-Branche produzierte im Jahr 2000 Güter im Wert von rund 1.4 Mia. CHF für den Bau und Betrieb von EE-Anlagen im Inland. Hinzu kamen Exporte in Höhe von knapp 1 Mia. CHF. Auch dieser Wert lag deutlich tiefer als im Jahr 2010, wo die Exporte über 3 Mia. CHF betragen. Die Bruttonproduktion der Hersteller von Gütern und Dienstleistungen zur Nutzung erneuerbarer Energien betrug somit insgesamt rund 2.4 Mia. CHF. Addiert man den Produktionswert der Anlagenbetreiber (3.5 Mia. CHF), so ergibt sich für die gesamte EE-Branche eine Bruttonproduktion von 5.9 Mia. CHF. Dies entspricht rund 55% des Wertes im Jahr 2010.

Abbildung 27: Zusammenhang zwischen Ausgaben für EE-Anlagen und Produktion der Schweizer EE-Branche, 2000

Anmerkung: Werte zu Preisen von 2010; Werte gerundet

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung

Im Jahr 2000 erzielte die Schweizer EE-Branche eine direkte Bruttowertschöpfung von knapp 3.2 Mia. CHF oder 0.7% des Schweizer Bruttoinlandsproduktes (Tabelle 12). Diese Leistung wurde von rund 12'400 Beschäftigten erbracht, was 0.4% der insgesamt Beschäftigten entsprach. Die Arbeitsproduktivität der Branche lag mit gut 258'000 CHF pro Vollzeit-Beschäftigtem deutlich über dem Schweizer Durchschnitt. Sie ist auch höher als im Jahr 2010, da der kapitalintensive Betrieb von Wasserkraftwerken in 2000 einen grösseren Anteil an der Wertschöpfung hat als in 2010.

Tabelle 12: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung der EE-Branche 2000

Branche	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF ¹⁾	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	Arbeitsproduktivität in CHF
Branche Erneuerbare Energien	3'197	12'380	258'266
Gesamtwirtschaft ²⁾	444'991	3'486'180	127'644
Anteil EE-Branche	0.7%	0.4%	

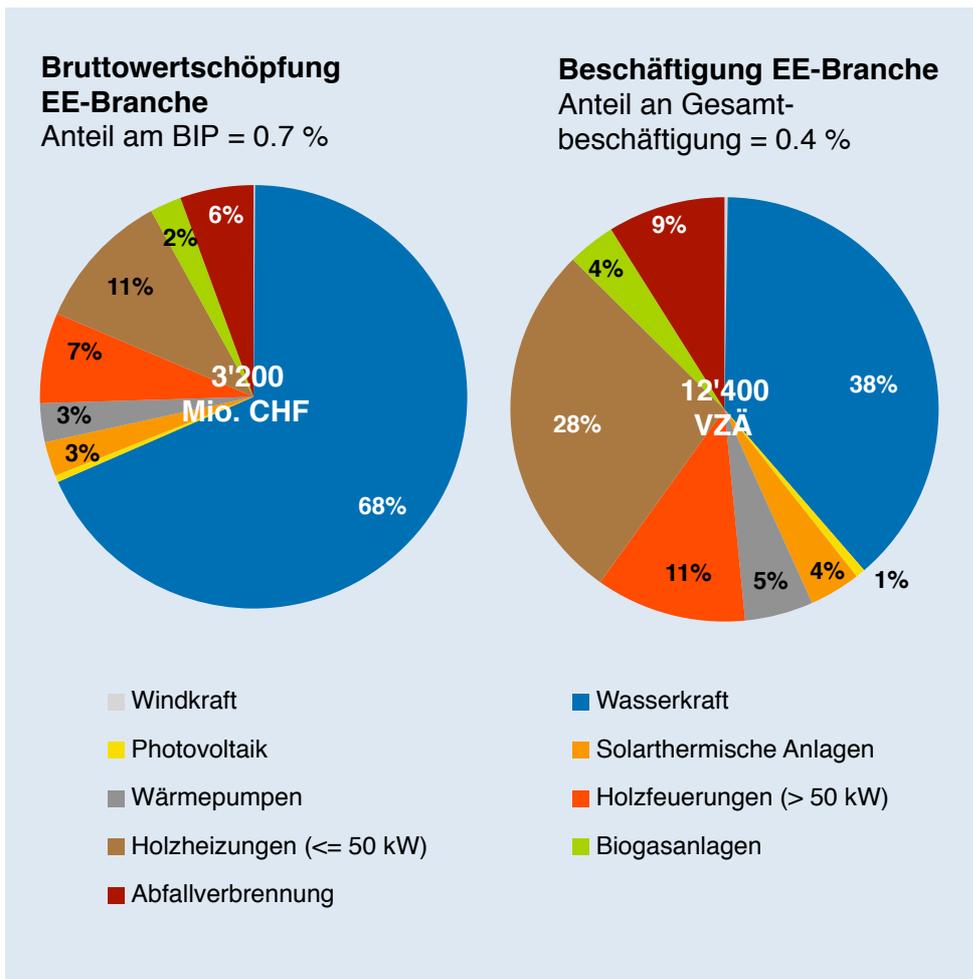
¹⁾ in Preisen von 2010

²⁾ Anzahl Beschäftigte Gesamtwirtschaft geschätzt; BWS 2000 in Preisen von 2010 geschätzt; Stand vor VGR-Revision 2012

Quelle: Berechnung Rütter+Partner, BFS (2011b), BFS (2011c)

Analysiert man die Bedeutung der Technikfelder für Wertschöpfung und Beschäftigung, so zeigt sich, dass einige Technikfelder dominieren (Abb. 28): Wertschöpfung und Beschäftigung wurden vor allem durch die Wasserkraft und die Holzenergie generiert. Solarenergie, Windenergie und Wärmepumpen spielten eine deutlich kleinere Rolle als im Jahr 2010. Die kapitalintensive Wasserkraft lieferte rund zwei Drittel der gesamten Wertschöpfung. Zur Beschäftigung trug darüber hinaus vor allem die arbeitsintensive Holzenergie bei.

Abbildung 28: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz, 2000

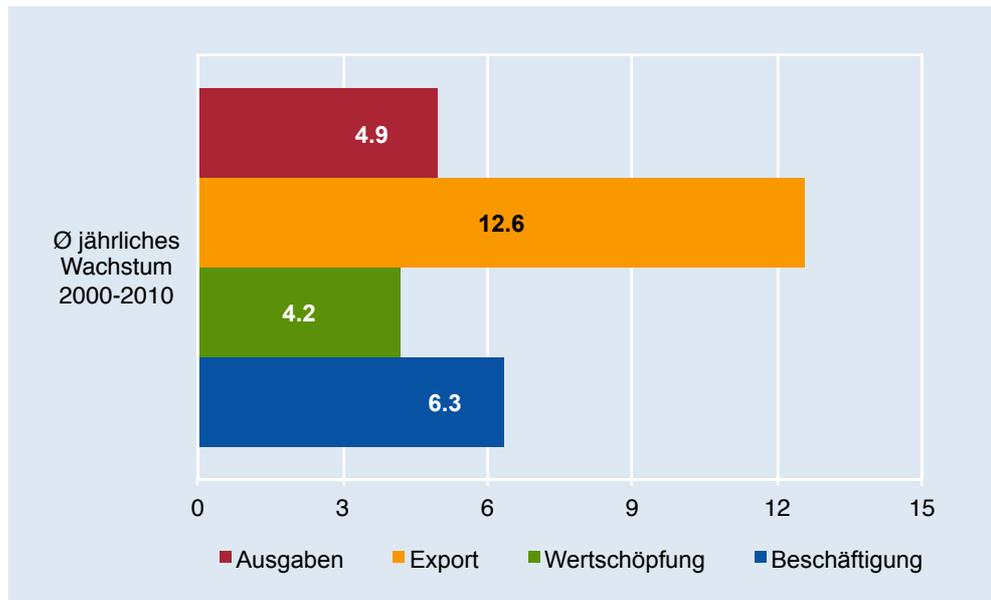


Anmerkung: Bruttowertschöpfung zu Preisen von 2010; Werte gerundet

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Abbildung 29 zeigt das durchschnittliche jährliche Wachstum der EE-Branche zwischen 2000 und 2010. Die Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien sind in diesem Zeitraum um knapp 5% pro Jahr gewachsen. Die Bruttowertschöpfung wuchs mit knapp 4.2% weniger stark. Die Beschäftigung in der EE-Branche erhöhte sich um 6.3% pro Jahr, was auf eine im Durchschnitt sinkende Arbeitsproduktivität der Branche schliessen lässt. Dies liegt an der relativ sinkenden Bedeutung der kapitalintensiven Wasserkraftanlagen innerhalb der gesamten EE-Branche. Sehr dynamisch entwickelten sich die Exporte von EE-Gütern, die um jährlich gut 12% stiegen.

Abbildung 29: Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2010

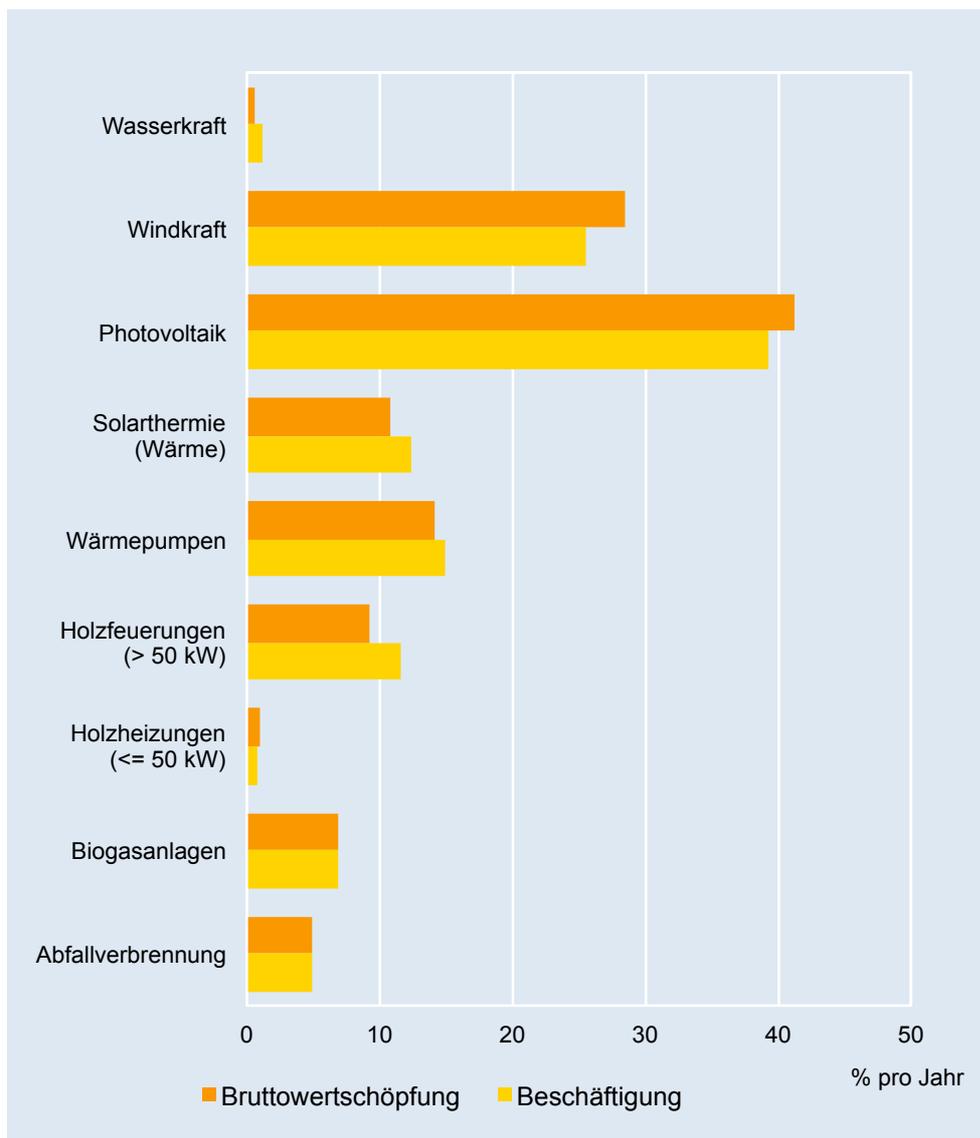


Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Die Analyse der Veränderung von Wertschöpfung und Beschäftigung nach Technologien ergibt ein sehr differenziertes Bild (Abbildung 30): Die im Jahr 2000 dominierenden Technologien, die Wasserkraft und die Holzenergie, sind zwischen 2000 und 2010 kaum gewachsen, wobei die grösseren Holzfeuerungen mit knapp 10% pro Jahr deutlich zugelegt und Holzheizungen eher stagniert haben. Relativ gesehen ist die wirtschaftliche Bedeutung der Photovoltaik mit rund 40% pro Jahr und der Windkraft mit knapp unter 30% pro Jahr am stärksten gewachsen. Dahinter folgen die Wärmepumpen und die solarthermischen Anlagen mit jährlichen Steigerungsraten von 10% bis 15%. Biogasanlagen und die Abfallverbrennung wuchsen mit 5% bis 7% pro Jahr.

Indirekte und gesamte wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2000

Die Erneuerbare-Energien-Branche ist über ihre Zulieferketten mit den übrigen Branchen in der Schweizer Volkswirtschaft verflochten. Die Analyse mit dem Impact-Modell zeigt, dass die daraus resultierenden indirekten Effekte eine Bruttowertschöpfung von knapp 1.4 Mia. CHF und eine Beschäftigung von gut 10'200 Vollzeitstellen generierten (Tabelle 13). Fasst man die direkte Bedeutung und indirekte Effekte zusammen, so resultiert daraus insgesamt eine Bruttowertschöpfung von gut 4.5 Mia. CHF, die mit den erneuerbaren Energien verbunden ist. Dies entspricht einem Anteil von 1.0% am BIP der Schweiz im Jahr 2000. Die indirekten Effekte haben dabei einen Anteil von gut 30%. Im Jahr 2010 liegt dieser Anteil mit fast 40% deutlich höher. Die insgesamt mit erneuerbaren Energien verbundene Beschäftigung erreicht rund 22'600 Vollzeitäquivalente, was einem Anteil von 0.6% an der Gesamtbeschäftigung im Jahr 2000 entspricht. Hier machen die indirekten Effekte 45% aus, verglichen mit fast 50% im Jahr 2010.

Abbildung 30: Veränderung von direkter Bruttowertschöpfung und Beschäftigung zwischen 2000 und 2010 nach Technologien


Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle 13: Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien, 2000

	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF ¹⁾	<i>Anteil am Total</i>	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	<i>Anteil am Total</i>
Direkte Bedeutung	3'197	70%	12'380	55%
Indirekte Bedeutung	1'351	30%	10'230	45%
Total	4'548	100%	22'610	100%
Anteil an Gesamtwirtschaft	1.0%		0.6%	

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

3.3 Ausgewählte Ergebnisse der Unternehmensbefragung

Die bisherige Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien beruht auf einer *Kombination nachfrage- und angebotsseitiger Daten*, unter anderem auf den Ergebnissen einer *Unternehmensbefragung*. Dieser Abschnitt enthält weitere Ergebnisse der Befragung, die eine zusätzliche Charakterisierung der im Bereich erneuerbare Energien tätigen Unternehmen erlauben. Dabei ist hervorzuheben, dass sich die Befragung auf bestimmte Unternehmenstypen konzentriert hat, insbesondere auf Hersteller von EE-Anlagen, Zulieferer von spezifischen Komponenten und Ausrüster, die Fertigungsanlagen für Hersteller produzieren. Diese wurden möglichst vollständig in die Befragung einbezogen. Daneben wurde eine Auswahl von Dienstleistungsunternehmen, Installationsbetrieben und Vertriebsunternehmen befragt. Anlagenbetreiber oder Lieferanten von biogenen Brennstoffen wurden nicht befragt. Die folgenden Aussagen beziehen sich daher auf einen Ausschnitt der Erneuerbare-Energien-Branche, wenn auch auf einen wichtigen Ausschnitt. Während die Ergebnisse für die Gruppe der Hersteller, Zulieferer und Ausrüster repräsentativ sein sollten, beziehen sie sich bei Dienstleistern, Installationsbetrieben und Vertriebsunternehmen nur auf die Auswahl der befragten Unternehmen.

Unternehmensgrösse

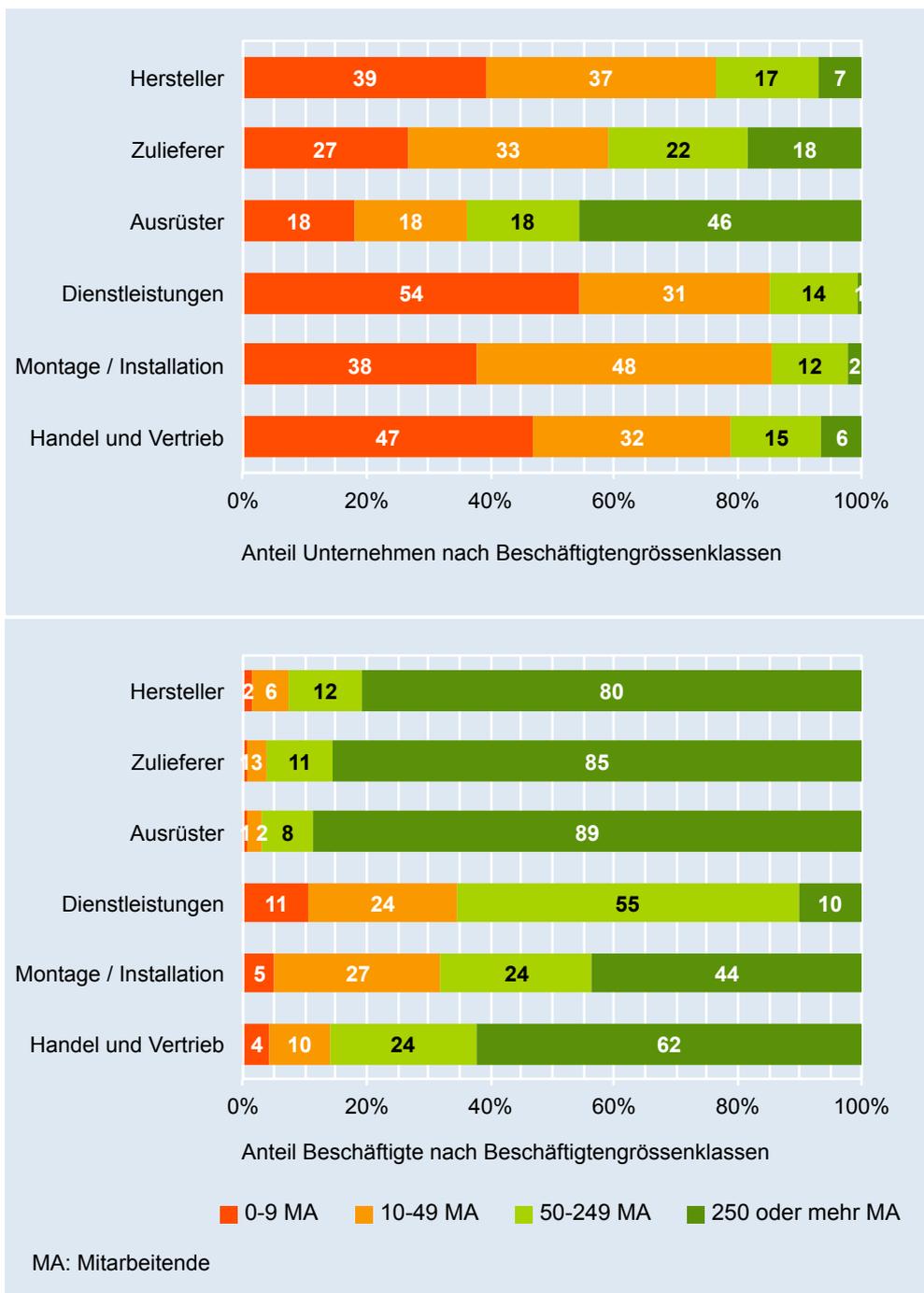
Abbildung 31 zeigt die Verteilung der befragten Unternehmen und Beschäftigte nach *Grössenklassen* (vgl. auch Tabelle 6 für die absoluten Werte; insgesamt wurden 573 Unternehmen befragt und in Grössenklassen eingeteilt). Abgesehen von der Gruppe der Ausrüstungsunternehmen dominieren die kleinen Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten. Grössere Unternehmen sind vor allem bei den industriellen Herstellern, Zulieferern und Ausrüstern zu finden. Vertriebsunternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten sind vor allem Tochtergesellschaften von ausländischen Heizungsproduzenten.

Betrachtet man die Verteilung der Beschäftigten, so ändert sich das Bild. Aus dieser Perspektive dominieren bei den ersten drei Unternehmenstypen die Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten und auch bei den übrigen Unternehmenstypen stellen die Unternehmen mit mehr als 50 Beschäftigten die Mehrzahl der Beschäftigten.

Qualifikationsprofil der Beschäftigten

Abbildung 32 zeigt die *Qualifikationsprofile* der Beschäftigten der EE-Branche. Sie enthält die Verteilung der jeweils höchsten Ausbildungsgrade unter den Beschäftigten. Zwischen den Unternehmenstypen sind deutliche Unterschiede festzustellen. Bei den Herstellern hat rund ein Drittel der Beschäftigten eine Hochschul- oder höhere Berufsausbildung (auch als Tertiärstufe zusammengefasst). Personen mit abgeschlossener Berufslehre (Sekundarstufe II) machen ein weiteres Drittel aus und Beschäftigte ohne Berufsausbildung oder in Ausbildung (Sekundarstufe I) das dritte Drittel.

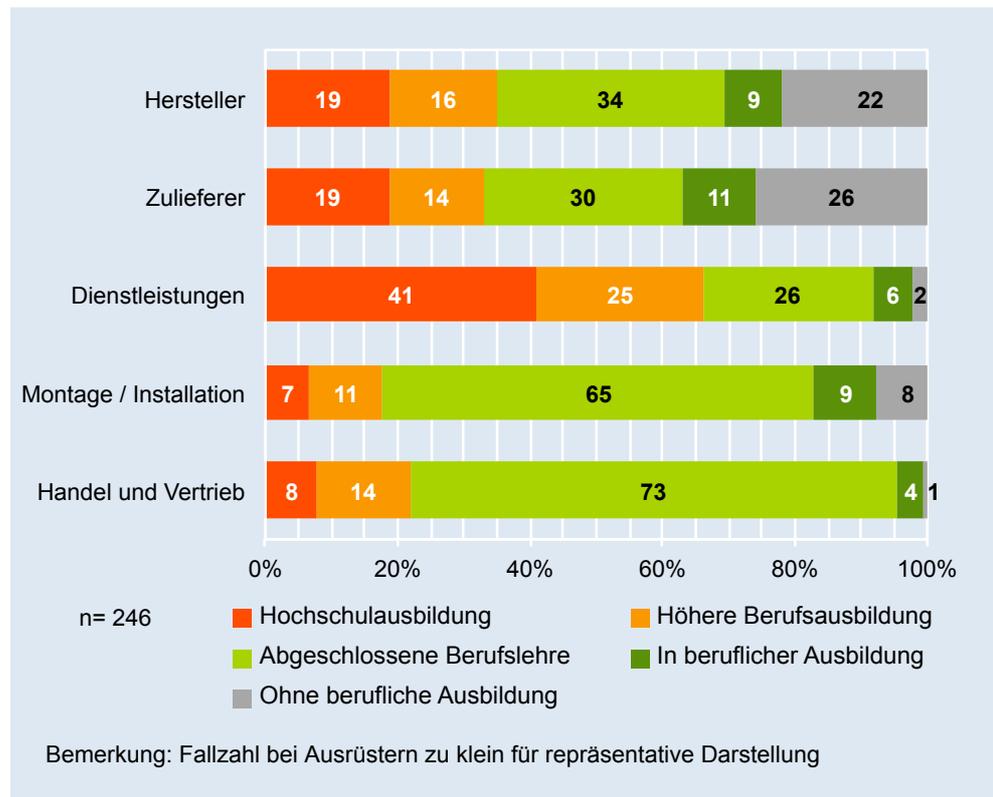
Abbildung 31: Verteilung Unternehmen und Beschäftigte nach Grössenklassen, 2010



Quelle: Rütter+Partner

Zum Vergleich: Im Schweizer Durchschnitt haben die Erwerbstätigen zu einem Drittel einen Abschluss der Tertiärstufe, zur Hälfte einen Abschluss der Sekundarstufe II und zu 17% keine abgeschlossene Berufsausbildung (Sekundarstufe I, BFS 2012). Das Qualifikationsprofil der Beschäftigten ist also etwas niedriger als im Schweizer Durchschnitt³². Bei den Zulieferern ist der Anteil der Personen mit abgeschlossener Lehre etwas kleiner, derjenige ohne berufliche Ausbildung etwas grösser als bei den Herstellern.

³² Treffender wäre ein Vergleich mit dem durchschnittlichen Qualifikationsprofil im Industriesektor. Für diesen sind beim BFS jedoch keine Daten zu den Anteilen der Ausbildungsstufen verfügbar.

Abbildung 32: Qualifikationsprofile der Beschäftigten der EE-Branche, 2010

Quelle: Rütter+Partner

Überdurchschnittlich hoch ist der Anteil von Personen mit Hochschul- und höherer Berufsausbildung bei den Dienstleistern, die vermutlich einen hohen Anteil an Ingenieuren beschäftigen. In den Installationsbetrieben und Vertriebsunternehmen dominieren die Beschäftigten mit Lehrausbildung als höchstem Bildungsgrad.

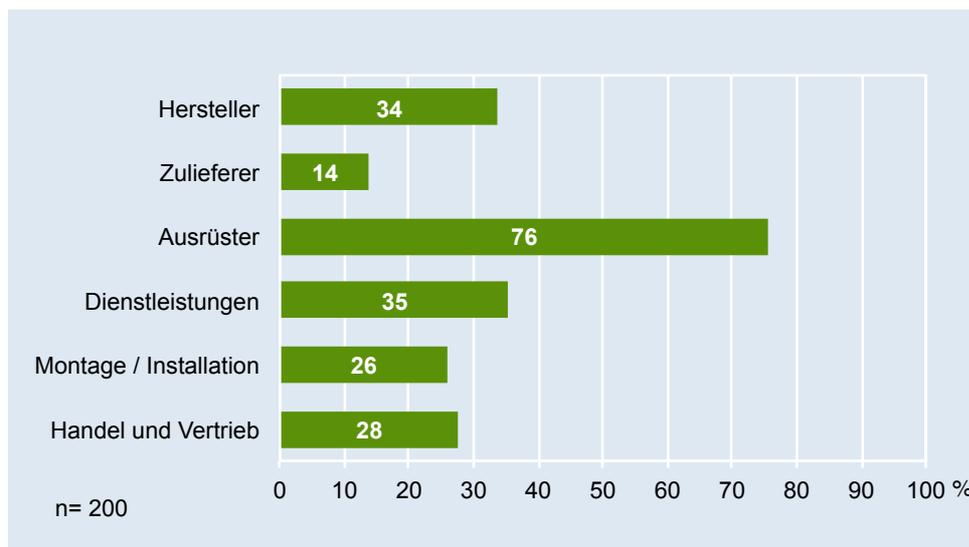
Spezialisierungsgrad

Abbildung 33 verdeutlicht, wie stark die verschiedenen Unternehmenstypen auf die erneuerbaren Energien spezialisiert sind. Sie zeigt den *Anteil des Umsatzes im Segment erneuerbare Energien am Gesamtumsatz* der Unternehmen. Am stärksten spezialisiert sind die *Ausrüstungsunternehmen*, die überwiegend Investitionsgüter für die PV-Hersteller produzieren (z.B. Meyer Burger, Oerlikon Solar). Sie machen gut drei Viertel ihres Umsatzes mit Produkten für die Nutzung erneuerbarer Energien. Bei den *übrigen Unternehmenstypen* liegt der entsprechende Umsatzanteil jeweils unter 50%. Die Gründe für die eher geringe Spezialisierung sind vielfältig. Häufig sind die Unternehmen auch in der konventionellen Energietechnik oder in angrenzenden Bereichen ausserhalb der Energietechnik tätig. Dies gilt zum Beispiel für Hersteller von Heizungsanlagen, die neben Holzheizungen und -feuerungen auch Heizungsanlagen anbieten, die für Heizöl oder Erdgas ausgelegt sind. Hersteller von Wärmepumpen sind auch in der Kälte- und Lüftungstechnik tätig. Installationsbetriebe, die Solaranlagen, Wärmepumpen oder Holzheizungen einrichten, tun dies häufig auch mit konventionellen Heizungen oder sie decken andere Bereiche des Installationsgewerbes ab.

Den kleinsten Spezialisierungsgrad hat die Gruppe der *Zulieferer*. Diese definieren sich in erster Linie über ihre technologische Kompetenz und stellen dementsprechend Komponenten her, die in verschiedenen Anwendungsbereichen und Märkten eingesetzt werden. Beispiele sind Hersteller von Komponenten der Elektro-

technik, Mess- und Regeltechnik wie z.B. die ABB Schweiz AG mit Leistungselektronik, Huber + Suhner AG mit Kabeln und Verbindungen für Solar- und Windenergie oder Rittmeyer AG mit Steuerungstechnik für Wasserkraftanlagen. Diese Unternehmen haben häufig nennenswerte Weltmarktanteile in den für sie relevanten Segmenten der erneuerbaren Energien und profitieren daher ebenfalls vom Ausbau erneuerbarer Energien.

Abbildung 33: Anteil des Segments „Erneuerbare Energien“ am Umsatz der Unternehmen, 2010



Quelle: Rütter+Partner

Die Detailergebnisse der Befragung zeigen weiter, dass der *Grad der Spezialisierung* auf erneuerbare Energien in der Regel *mit der Unternehmensgrösse deutlich abnimmt*. Während Unternehmen mit weniger als zehn Mitarbeitenden zwischen 50% und 90% ihres Umsatzes mit erneuerbaren Energien machen, liegt dieser Anteil bei Unternehmen mit 250 oder mehr Mitarbeitenden zwischen 10% und 30%. Einzige Ausnahme sind die Ausrüster, bei denen der Umsatzanteil mit erneuerbaren Energien in der Gruppe der grössten Unternehmen mit knapp 80% am höchsten ist.

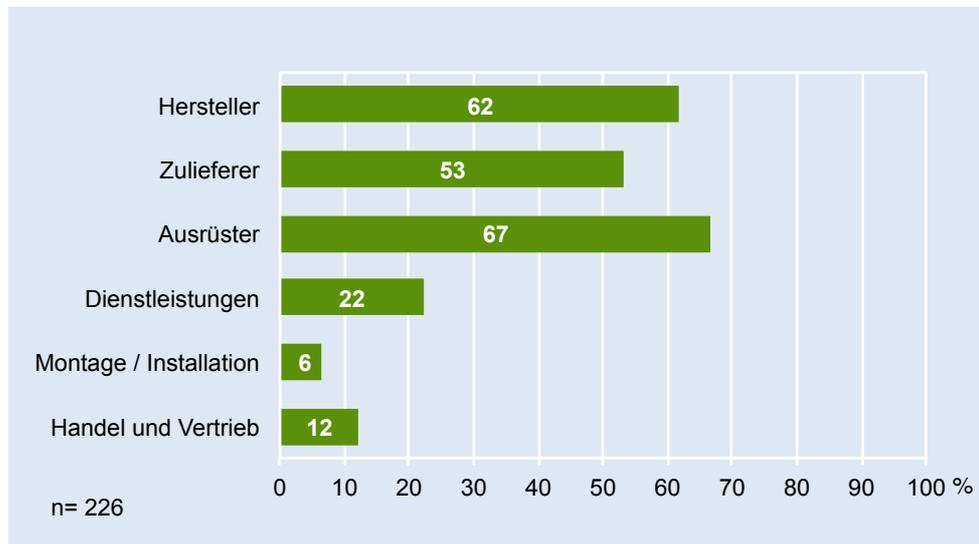
Exporte

Exporte haben einen hohen Stellenwert für die Unternehmen der Schweizer Erneuerbare-Energien-Branche. Die folgende Abbildung 34 zeigt die *Exportorientierung* der verschiedenen Unternehmenstypen. Erwartungsgemäss exportieren die industriell geprägten Hersteller, Zulieferer und Ausrüster am stärksten. Bei ihnen liegt der Anteil der Unternehmen, die exportieren, zwischen 53% und 67%. Deutlich kleiner, aber mit gut 20% immer noch nennenswert, ist dieser Anteil bei den Dienstleistern. Demgegenüber sind Installationsbetriebe und Vertriebsunternehmen weitgehend auf den Inlandsmarkt ausgerichtet. In der Tendenz nimmt die Exportorientierung mit der Unternehmensgrösse zu.

Rechnet man die in der Befragung ermittelten Anteile auf alle befragten Unternehmen hoch, so kann von mindestens 160 Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche ausgegangen werden, die ihre Produkte ins Ausland exportieren. Darunter sind gut 100 Hersteller, Zulieferer und Ausrüster, die das wertmässige Exportvolumen dominieren. Die Zahl der übrigen Exporteure, die unter den Dienstleistern, Installationsbetrieben und Vertriebsunternehmen identifiziert wurden, bezieht sich

nur auf die befragten Unternehmen. Ihre tatsächliche Zahl wird also unterschätzt. Mit Blick auf das gesamte Exportvolumen dürften diese Unternehmen jedoch kaum relevant sein.

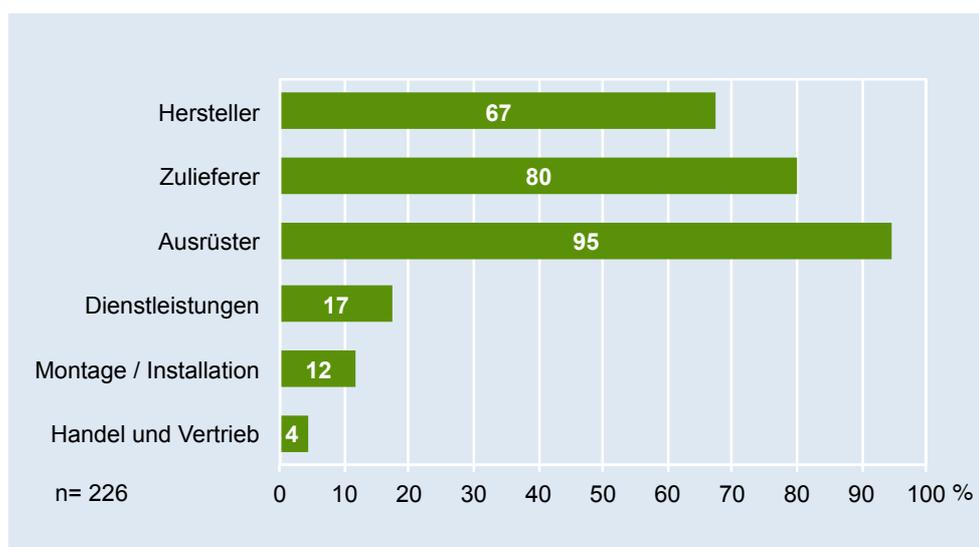
Abbildung 34: Anteil Unternehmen mit Exporten im Bereich erneuerbare Energien, 2010



Quelle: Rütter+Partner

Der *Anteil des Exportumsatzes* am gesamten Umsatz mit erneuerbaren Energien unterscheidet sich ebenfalls deutlich zwischen den Unternehmenstypen (Abb. 35). Erwartungsgemäss hoch ist er bei Herstellern, Zulieferern und Ausrüstern, wo er – in dieser Reihenfolge steigend – zwischen 67% und 95% liegt. Bei Dienstleistern beträgt der Anteil des Exportumsatzes 17%, bei Installationsbetrieben 12% und bei Vertriebsunternehmen 4%.

Abbildung 35: Anteil des Exportumsatzes am gesamten Umsatz mit erneuerbaren Energien, 2010

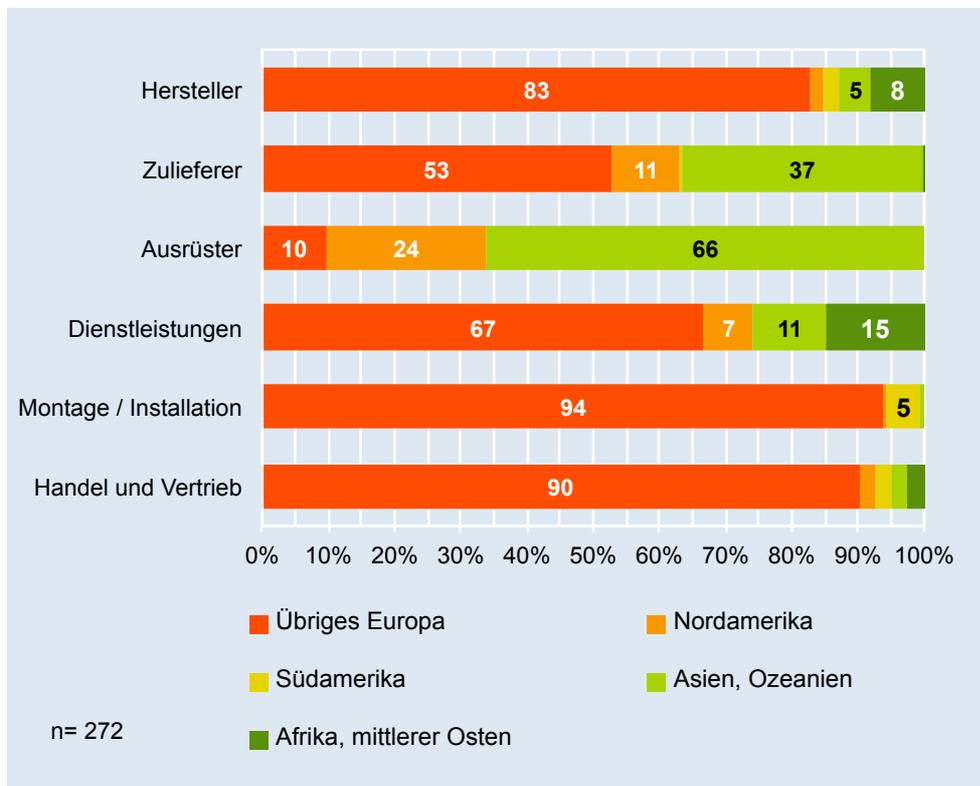


Quelle: Rütter+Partner

Betrachtet man die *Verteilung der Exporte auf Absatzregionen*, so ergibt sich ebenfalls ein sehr differenziertes Bild. Die Exporte der Hersteller von EE-Technologien gehen zu mehr als 80% in den europäischen Raum (Abb. 36). Es handelt sich hier

vor allem um Hersteller von Holzheizungen und –feuerungen, anderen Biomasseanlagen sowie Wärmepumpen, die insgesamt in geringerem Umfang interkontinental gehandelt werden als stromerzeugende EE-Technologien. Daneben spielen auch Produkte für PV-Anlagen eine gewisse Rolle.

Abbildung 36: Verteilung der Exporte nach Absatzregionen, 2010



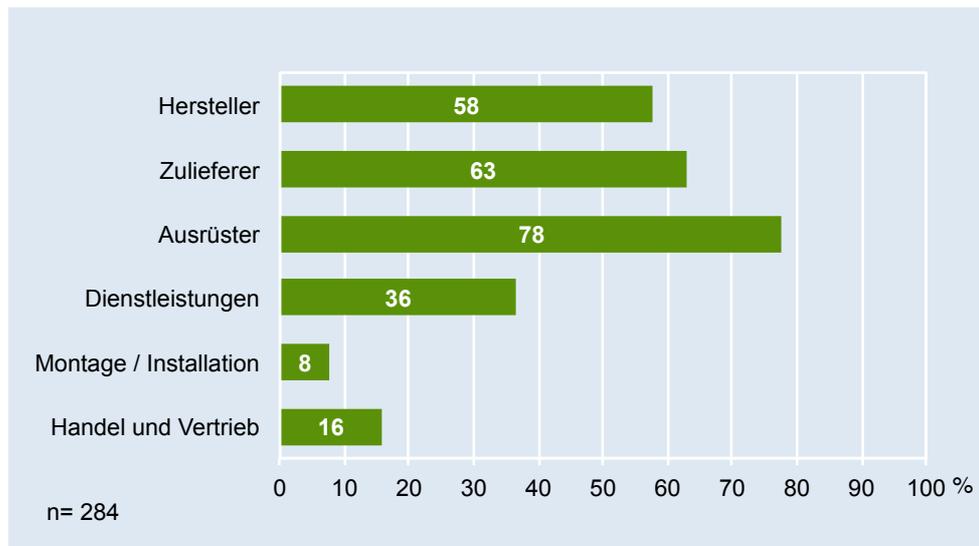
Quelle: Rütter+Partner

Zulieferer und insbesondere Ausrüster sind deutlich stärker auf den globalen Markt ausgerichtet. Für sie sind insbesondere der nordamerikanische und der asiatische Markt von Bedeutung. Bei den Dienstleistern haben Exporte ins übrige Europa einen Anteil von zwei Dritteln an allen Exporten. Es folgen Afrika und der Nahe Osten, Asien und Nordamerika. Für die wenigen Exporteure unter den Montage- und Installationsbetrieben sowie den Vertriebsunternehmen hat ebenfalls der europäische Raum eine überragende Bedeutung.

Forschung und Entwicklung

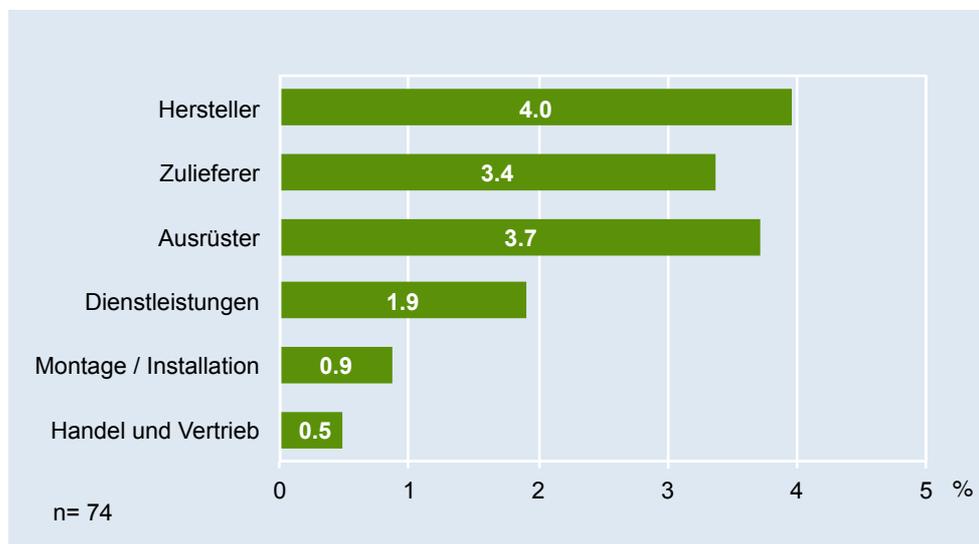
Die folgenden Auswertungen betreffen die Stellung der *Forschung und Entwicklung (F&E)* für die Unternehmen der EE-Branche. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass sich in der Unternehmensbefragung die Fragen zur Forschung und Entwicklung jeweils auf das Gesamtunternehmen bezogen haben, nicht nur auf die Aktivitäten im Bereich erneuerbare Energien. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass sich die Ergebnisse auf diesen Bereich übertragen lassen.

Die Mehrheit der Hersteller (58%), Zulieferer (63%) und Ausrüster (78%) betreiben eigene Forschung und Entwicklung (Abb. 37). Bei den Dienstleistern trifft dies auf gut ein Drittel der Unternehmen zu. Diese Anteile liegen deutlich über dem Schweizer Durchschnitt. Gemäss den Ergebnissen der KOF-Innovationserhebung betreiben 46% der Schweizer Industrieunternehmen eigene Forschung und Entwicklung sowie 23% der Dienstleistungsunternehmen (Arvanitis et al. 2010).

Abbildung 37: Anteil Unternehmen, die Forschung und Entwicklung betreiben

Quelle: Rütter+Partner

Bei den Herstellern, Zulieferern und Ausrüstern beträgt der *Anteil der F&E-Ausgaben am Gesamtumsatz* der Unternehmen zwischen 3.4% und 4.0% und bei den Dienstleistern 1.9% (Abb. 38). Auch bei diesem Indikator liegen die Unternehmen der EE-Branche über dem Schweizer Durchschnitt. Gemäss KOF-Innovationserhebung lag der entsprechende Anteil für innovierende Industrieunternehmen bei 2.1% und für Dienstleistungsunternehmen bei 1.5% des Umsatzes (Arvanitis et al. 2010).

Abbildung 38: Anteil der F&E-Ausgaben am Gesamtumsatz

Quelle: Rütter+Partner

Die *gesamten F&E-Ausgaben der EE-Branche* lassen sich schätzen, wenn man den Umsatz der verschiedenen Unternehmenstypen mit den F&E-Ausgabenanteilen multipliziert und davon ausgeht, dass die Ausgabenanteile im Bereich erneuerbare Energien den jeweiligen Unternehmensdurchschnitten entsprechen. Nach dieser Rechnung haben die Unternehmen im Jahr 2010 insgesamt 170 Mio. CHF für F&E im Bereich erneuerbare Energien ausgegeben. Zum Vergleich: Das BFE schätzt, dass die Privatwirtschaft insgesamt im Jahr 2009 rund 230 Mio. CHF

für F&E im Bereich erneuerbare Energien ausgegeben hat (BFE 2011h), wobei dieser Wert als sehr unsicher beurteilt wird. Die Vergleichbarkeit der beiden Schätzansätze ist jedoch schwierig einzuschätzen. Möglicherweise unterschieden sich die Grundgesamtheiten, auf die sich die Werte beziehen.

Forschung und Entwicklung ausserhalb des Privatsektors

Forschung und Entwicklung zu erneuerbare Energien findet auch ausserhalb des Privatsektors statt, insbesondere in *Hochschulen und Forschungseinrichtungen*. Das Bundesamt für Energie veröffentlicht regelmässig eine Auswertung zur Energieforschung in der Schweiz, aus der sich auch Aussagen zum Bereich erneuerbare Energien ableiten lassen. Die folgenden Daten beziehen sich auf das Jahr 2009 (BFE 2011h). Danach hat die öffentliche Hand, d.h. Bund, Kantone und Gemeinden sowie die EU, Aufwendungen in Höhe von 67.1 Mio. CHF getätigt. Dies entsprach gut 31% der gesamten Aufwendungen für die Energieforschung. Nach einem Rückgang der Ausgaben für erneuerbare Energien sind diese in den Jahren 2008 und 2009 wieder deutlich gestiegen. Durch die öffentlichen Gelder wurden 2009 rund 375 Vollzeitstellen in der Forschung für erneuerbare Energien finanziert.

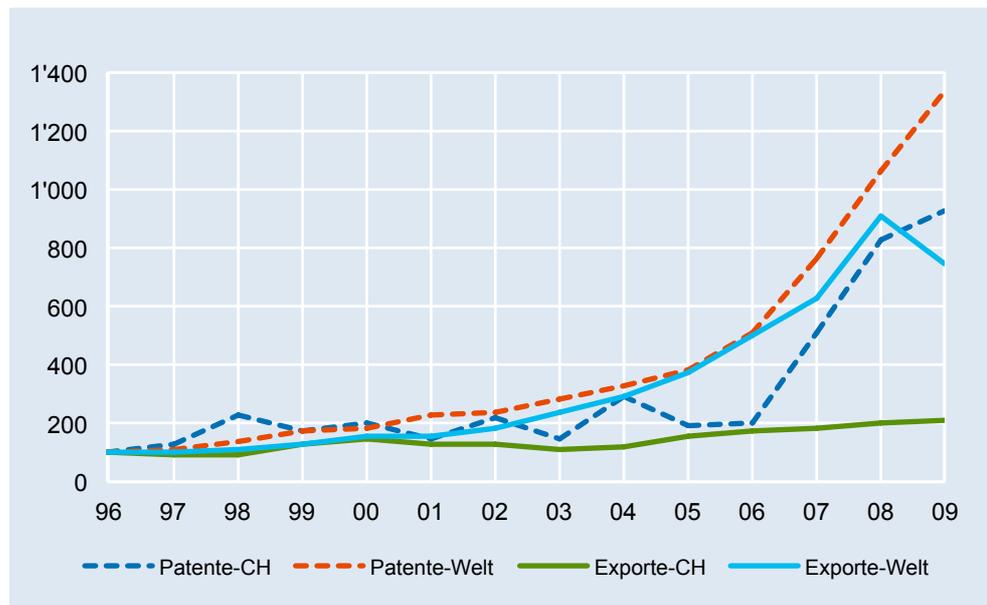
3.4 Indikatoren zur Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbare-Energien-Branche

3.4.1 Ergebnisse für die erneuerbaren Energien insgesamt

Die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energiequellen entwickelt sich global sehr dynamisch. Dies ist am kontinuierlichen Anstieg der Anzahl jährlicher Patentanmeldungen auf diesem technischen Gebiet ablesbar (Abb. 39). Der starke Anstieg in den letzten Jahren ist unter anderem auf die grossen Bemühungen zum Klimaschutz zurückzuführen. Die Entwicklung in der Schweiz verlief demgegenüber seit Ende der 1990er Jahre eher verhalten. Erst seit 2006 ist es zu einer entsprechenden Erhöhung der Patentedynamik gekommen. Gegenüber dem aktuellen Stand der Clean-Tech Schweiz-Studie hat sich diese Dynamik auch in 2008 und in abgeschwächter Form auch in 2009 fortgesetzt. Trotz dieser jüngsten Entwicklung muss festgehalten werden, dass seit Mitte der 1990er Jahre die Steigerung der Patente in der Schweiz schwächer ausgefallen ist als im Rest der Welt.

Die weltweite Dynamik beim Ausbau erneuerbarer Energien hat auch zu einer erheblichen Ausweitung des Welthandels mit Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien (EE-Technologien) geführt, auch wenn die jüngsten Daten darauf hindeuten, dass sich diese Entwicklung in dem durch die Wirtschaftskrise gekennzeichneten Jahr 2009 verlangsamt hat. Im Unterschied zur Patententwicklung ist zu beobachten, dass die Entwicklung der Schweizer Exporte nicht von der Welthandelsdynamik profitiert und nach 2006 auch nicht in einen entsprechenden Aufholprozess wie bei den Patenten eingemündet ist. Insgesamt haben sich die Schweizer Exporte vom Wachstum des Welthandels bei den Erneuerbaren Energien doch sehr stark abgekoppelt.

Abbildung 39: Patent- und Exportdynamik bei Erneuerbare-Energien-Technologien (1996 = 100), 1996-2009

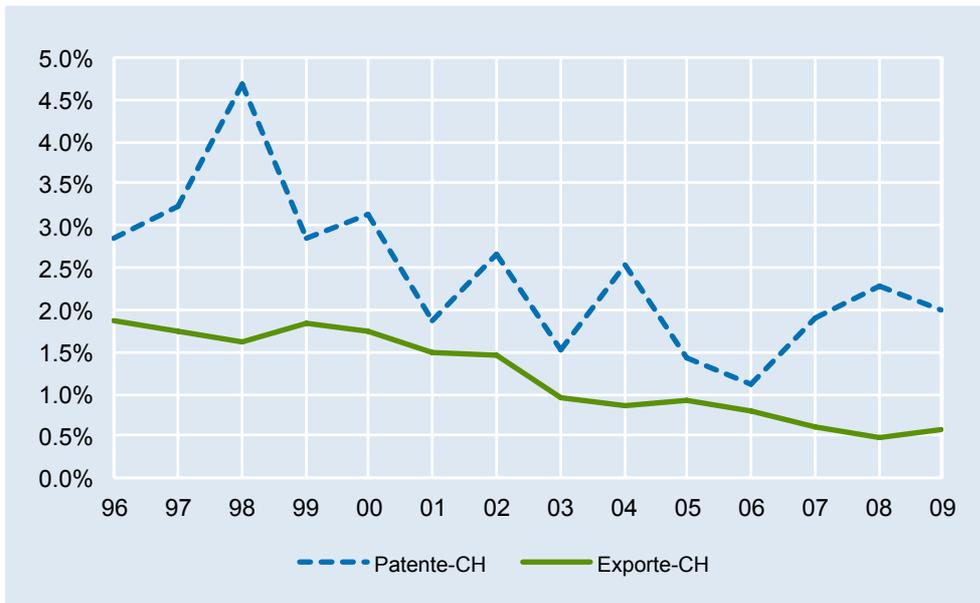


Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die oben geschilderte Dynamik schlägt sich ebenfalls in einer Verminderung der Schweizer Anteile an den weltweiten Patenten bzw. den weltweiten Exportanteilen nieder (Abb. 40). Der Patentanteil der Schweiz war nach einem zwischenzeitlichen Anstieg auf über 4 % im Jahr 1998 und etwa 1 % zurück gegangen. Der gegenüber der Clean-Tech Schweiz Studie erweiterte zeitliche Rand deutet nun auf eine Stabilisierung bei einem Wert von etwa 2 % hin. Demgegenüber sind die Welthandelsanteile von etwa 2 % Mitte der 1990er auf nur noch 0,5 % im Jahr 2008 kontinuierlich gesunken. Auf Grund der in Abschnitt 2.6 skizzierten methodischen Unterschiede sind diese Werte zwar nicht direkt mit der Clean-Tech Schweiz Studie vergleichbar, jedoch zeichnet die mittelfristige Entwicklung ein ähnliches Bild. Bezüglich der Erweiterung des aktuellen Rands ist hervorzuheben, dass erstmals für 2009 kein weiteres Absinken der Exportanteile erfolgt ist. Es bleibt abzuwarten, ob dies durch Sonderfaktoren oder weltwirtschaftliche Verwerfungen hervorgerufen wurde oder eine Trendumkehr einleitet.

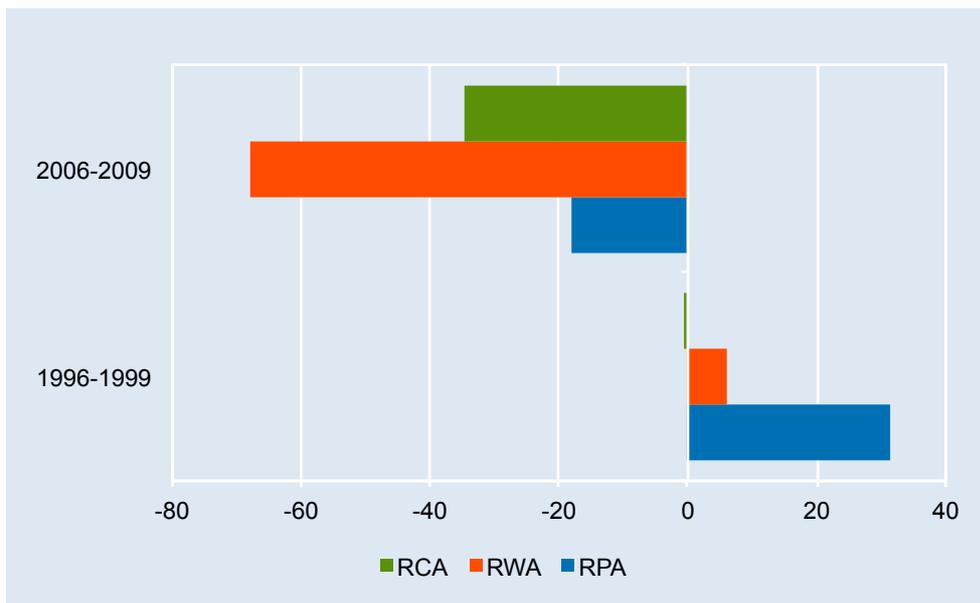
Im Zuge der Globalisierung und den Aufholprozessen in den schnellwachsenden Ökonomien sind sinkende Weltexportanteile für die traditionell entwickelten Volkswirtschaften ein allgemeines Phänomen. Um diesen Effekt analytisch auszublenken, werden die Spezialisierungsmuster der Schweiz bei den EE-Technologien betrachtet (Abb. 41). Hier zeigt sich, dass die sinkenden Anteile nicht allein auf die sinkende Bedeutung der Schweiz in der Weltwirtschaft allgemein zurückgeführt werden können. Vielmehr ist es zu einer deutlichen Umkehr in der Spezialisierung gekommen. War die Schweiz Ende der 1990er Jahre noch weitgehend positiv auf Erneuerbare-Energien-Technologien spezialisiert (beim RCA ergab sich eine durchschnittliche Spezialisierung), ergibt sich für die zweite Hälfte der 2000er Jahre eine negative Spezialisierung, die insbesondere bei den Exporten massiv ausfällt. Festzuhalten ist, dass innerhalb des Schweizer Portfolios an Patenten und Exporten die Erneuerbare-Energien-Technologien also mittelfristig deutlich an Bedeutung verloren haben (vgl. auch Arvanitis et al. 2011).

Abbildung 40: Patent- und Welthandelsanteile der Schweiz bei Erneuerbare-Energien-Technologien, 1996-2009



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 41: Spezialisierungsmuster der Schweiz bei Erneuerbare-Energien-Technologien, 1996-99 und 2006-2009



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

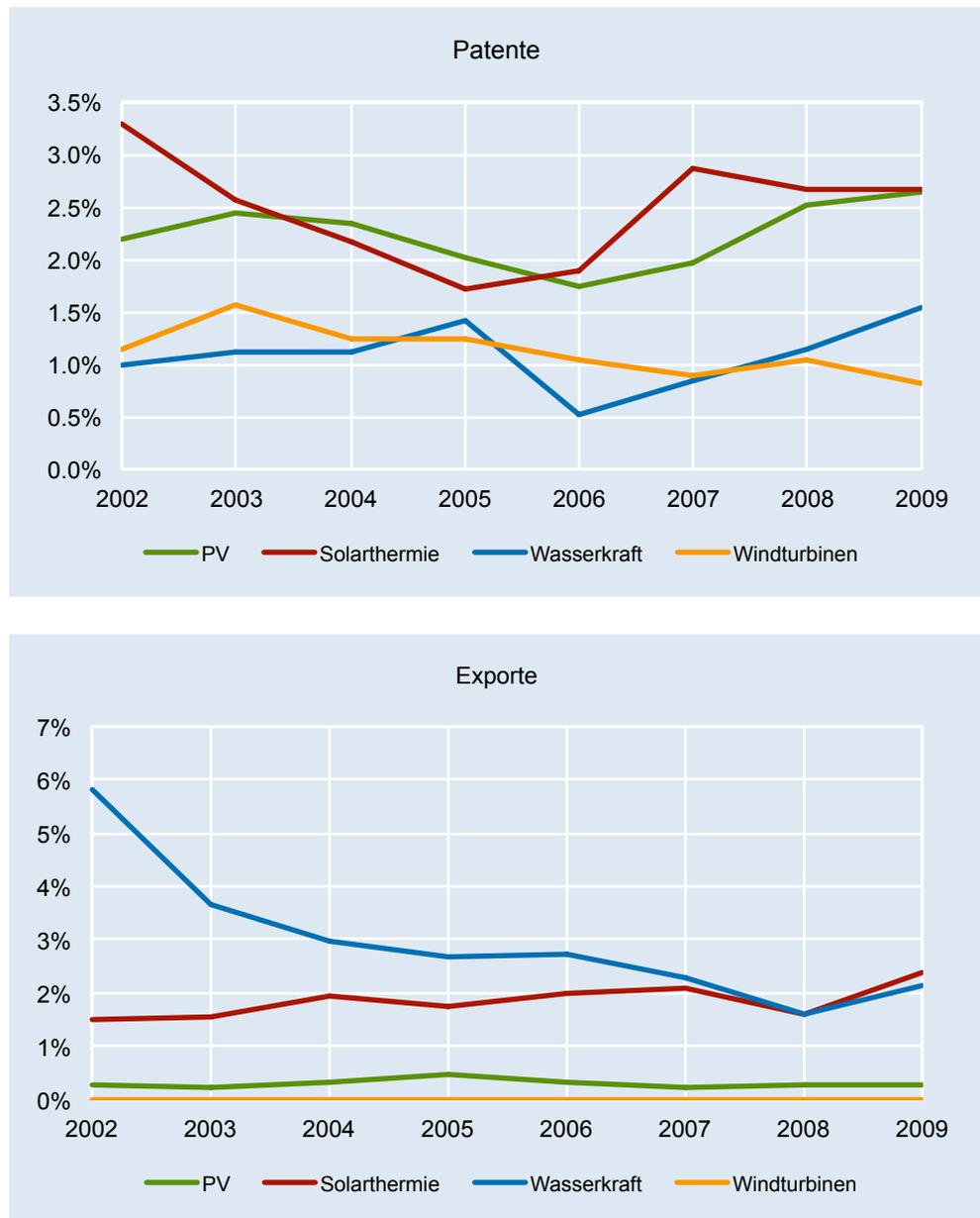
Um diese Entwicklung einem weiteren Plausibilitätscheck zu unterwerfen, wurden zusätzlich die Schweizer Publikationen zum Thema der Erneuerbare-Energien-Technologien recherchiert. Hierzu wurde die Publikationsdatenbank SCOPUS herangezogen. Es zeigt sich, dass der Anteil der Schweiz an den weltweiten Publikationen ebenfalls von etwa 3 % Mitte der 1990er Jahre auf etwa 1.2-2 % in den letzten Jahren zurückgegangen ist. Ähnlich wie bei den Patenten zeigt sich hier eine Stabilisierungstendenz in den letzten Jahren. Allerdings reichte dies nicht aus, um ein Umkippen einer positiven Spezialisierung Mitte/Ende der 1990er Jahre hin zu einer leicht negativen Spezialisierung in den letzten Jahren zu verhindern. Insgesamt kommt die Analyse der Entwicklung der Publikationen zu einem qualitativ

ähnlichen Ergebnis wie die Analyse der Patente. Damit wird die Plausibilität der Ergebnisse gegenüber der Clean-Tech Schweiz-Studie nochmals erhöht.

3.4.2 Ergebnisse für einzelne Technologien

Hinter der Entwicklung der Schweizer technologischen Leistungsfähigkeit bei den Erneuerbare-Energien-Technologien stecken unterschiedliche Faktoren. So bestehen erhebliche Unterschiede im Niveau und der Entwicklung bei den einzelnen Technologielinien (Abb. 42).

Abbildung 42: Entwicklung der Patent- und Exportanteile der Schweiz bei einzelnen Erneuerbare-Energien-Technologien, 2002-2009



Erläuterung: Der hohe Wert für den Export bei Wasserkraft 2002 ist ein kurzzeitiger Ausreisser.

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

Es wird deutlich, dass der Wiederanstieg bei den Patentanteilen für die Erneuerbare-Energien-Technologien nach 2006 auf die Entwicklung bei der Photovoltaik und

der Solarthermie zurückgeführt werden kann. Hier erreicht die Schweiz einen Patentanteil von etwa 2,5 %, während er bei der Wasser- und Windkraft zwischen 1% und 1,5% beträgt. Gegenüber dem aktuellen Rand der Clean-Tech Schweiz Studie ist hervorzuheben, dass der Patentanteil bei der Photovoltaik weiter gesteigert wurde. Im Aggregat der Patentzahlen für Erneuerbare Energietechnologien weniger ins Gewicht fallend, aber dennoch hervorzuheben, ist die Entwicklung bei der Wasserkraft. Hier scheint sich ein stabiler Anstieg des Patentanteils bei der Wasserkraft abzuzeichnen. Bei der Entwicklung der Exporte ist der kontinuierliche Rückgang der Anteile bei der Wasserkraft – ausgehend von einem sehr hohen Niveau - zu beachten. Gegenüber dem aktuellen Rand der Clean-Tech Schweiz Studie ist aber festzuhalten, dass das kontinuierliche Absinken der Schweizer Exportanteile erstmals durchbrochen wurde. Die Solarthermie hat ihre Anteile bei rund 2 % gehalten, während die Photovoltaik etwas zurückgefallen ist. Unverändert spielt die Windkraft keine Rolle innerhalb des Schweizer Exportportfolios.

Für die Beurteilung der Schweizer Position bei den einzelnen Technologielinien ist es zudem hilfreich, die sich jeweils ergebende Spezialisierung zu betrachten (Abb. 43). Folgende Aspekte sind hier anzuführen:

- Bei der Photovoltaik ist eine durchschnittliche Spezialisierung der Wissensbasis festzustellen. Damit hat sich in der zweiten Hälfte des letzten Jahrzehnts die Spezialisierung gegenüber dem in der Clean-Tech Studie Schweiz betrachteten Zeitraum 2000-2007 etwas zum Positiven verändert. Allerdings weist die Schweiz eine negative Spezialisierung bei den Exporten und einen gegenüber der Situation 2000-2007 leicht verschlechterten RCA auf.
- Die Solarthermie gehört konstant zu den Stärken der Schweizer Wirtschaft. Sowohl bei den Patenten als auch den Exporten ergibt sich eine deutliche Spezialisierung. Dies lässt erwarten, dass die Schweiz in diesem Bereich auch weiterhin von der Dynamik des Weltmarkts profitieren kann, auch wenn gegenwärtig in erheblichem Ausmass entsprechende Anlagen importiert werden. Keine Änderungen gegenüber der Situation von 2000-2007 gab es beim RCA, der nach wie vor eine negative Spezialisierung anzeigt.
- Für die Wasserkraft ist nach wie vor eine deutliche negative Spezialisierung festzuhalten, auch wenn sie sich in der zweiten Hälfte des letzten Jahrzehnts gegenüber 2000-2007 etwas verringert hat. Die Spezialisierungsindikatoren des Aussenhandels zeigen eine kontinuierliche positive Spezialisierung an, die auch in der zweiten Hälfte des letzten Jahrzehnts Bestand hatte. Damit gehört dieser Technologiebereich zweifelsohne zu den Stärken im Schweizer Exportportfolio.
- Bei den Windturbinen deuten der geringe Patentanteil und die vernachlässigbaren Exporte darauf hin, dass die Schweiz in diesem Bereich auch in Zukunft keine bedeutende Rolle spielen wird. Entsprechend zeigen die Spezialisierungsindikatoren eine hochgradige unterdurchschnittliche Spezialisierung an.

Wie bei den methodischen Ausführungen erwähnt, ist die statistisch abgrenzbare Grundgesamtheit bei den Patenten im Wärmepumpenbereich zu gering, um Aussagen mit vergleichbarer Belastbarkeit wie bei den anderen Technologielinien abzuleiten. Im Aussenhandel liegt der Welthandelsanteil der Schweiz kontinuierlich unterhalb von 1 %, und es ergibt sich eine deutliche negative Spezialisierung. Für die Geothermie und die Verwendung von Biomasse sind auf Grund der geringen Patentzahlen ebenfalls keine belastbaren Aussagen möglich.

Abbildung 43: Spezialisierung der Schweiz bei einzelnen Erneuerbare-Energien-Technologien in den Jahren 2006-2009



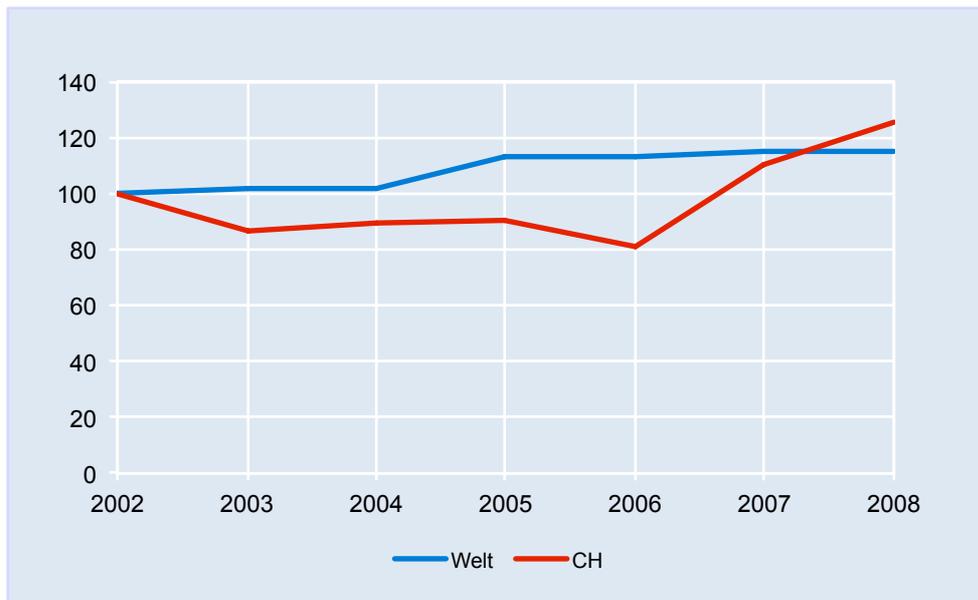
Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

3.4.3 Hinweise zur technologischen Leistungsfähigkeit bei komplementären Technologielinien

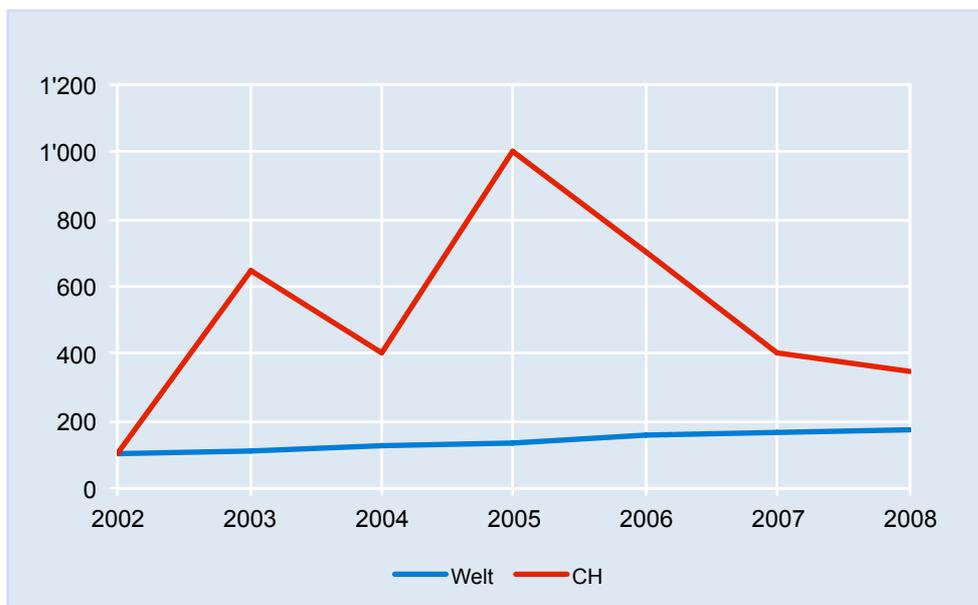
In einer Zusatzuntersuchung wurden die Patentklassen (IPCs) analysiert, die für die Ausrüster der Photovoltaikindustrie von Bedeutung sind. Diese Klassen beinhalten das Beschichten von Werkstoffen mit metallischen Stoffen, Verfahren oder Geräte für die Herstellung oder Behandlung von Halbleiter- oder Festkörperbauelementen wie z. B. Wafern, Vorrichtungen zum Steuern, Messen und Anzeigen von elektrischem Strom und kontaktherstellende Einrichtungen wie Kupplungsvorrichtungen. Eine weitere Zusatzuntersuchung erfolgte für den Bereich der Leistungselektronik. Hier wurde eine detailliertere Untersuchung der Patentklassen der Wechsel- und Gleichrichter durchgeführt. Das Datenkonzept bezüglich der herangezogenen Patentdatenbanken entspricht dem Vorgehen bei den übrigen Patentanalysen.

Abbildung 44 stellt die Patentdynamik für die PV-Ausrüster-Patentklassen für die Schweiz im Vergleich zur gesamten Welt dar: Während die Patente weltweit stetig bis zum Niveau von 115 stiegen (bezogen auf das Jahr 2002 = 100), sank die Patentaktivität in der Schweiz bis 2006, um dann über das weltweite Niveau auf den Wert von 125 zu steigen.

Wie in Abbildung 45 dargestellt, ist die Patentdynamik von Schweizer Patenten in diesen Klassen höher als das durchschnittliche Wachstum weltweit. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Anzahl der Patente für Umrichter im Jahre 2002 relativ gering war, was sich in einem volatilen Verlauf der Kurve niederschlägt.

Abbildung 44: Patentdynamik für die PV-Ausrüster-Patenklassen, 2002-2008

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

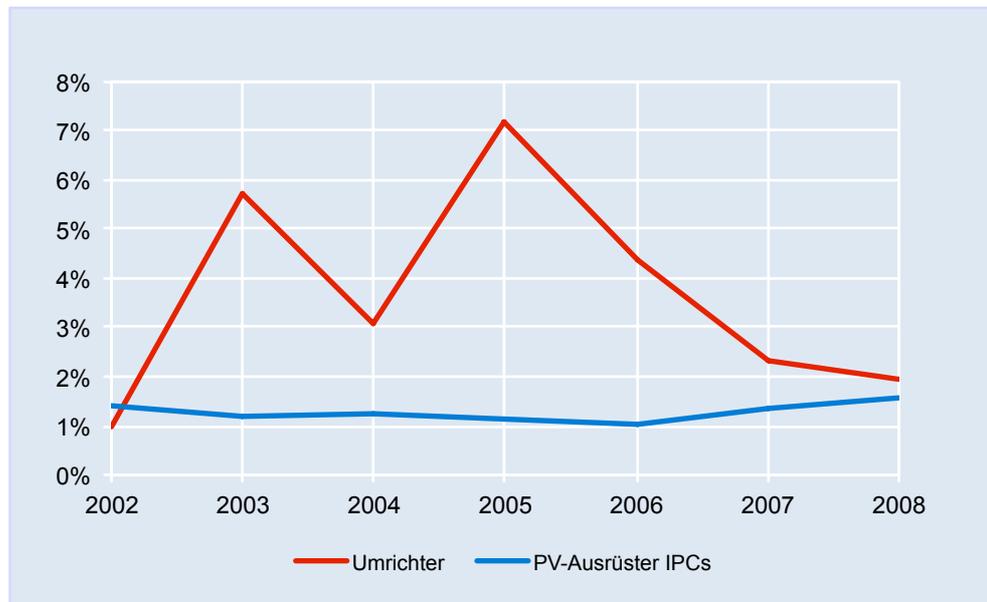
Abbildung 45: Patentdynamik für Umrichter, 2002-2008

Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

Der Anteil der Schweiz an den weltweiten Patenten in den PV-Ausrüster-Patentklassen sank von 1.5 % auf etwa 1 % im Jahr 2006, um danach wieder auf ca. 1.5 % anzusteigen (Abb. 46). Da der Anteil der Schweiz an der Summe aller Patentklassen mit (2.4 %) größer ist als der Patentanteil bei der betrachteten Technikklasse, ist eine negative Patentspezialisierung festzuhalten. Der Umstand, dass Schweizer Unternehmen als PV-Ausrüster in Teilbereichen zweistellige Weltmarktanteile haben, spiegelt sich in den Patentergebnissen der PV-Ausrüster nicht wider. Hier zeigen sich auch die Grenzen der statistischen Patentanalyse: Um differenzierte Aussagen machen zu können, wären detailliertere Untersuchungen der Patente der Wettbewerber und der Patentierneigung der Branche notwendig.

Die Volatilität im Bereich der Umrichter schlägt sich auch in der Entwicklung der Anteile nieder (Abb. 46). Im Jahre 2005 erreichte die Schweiz hier sogar 7.2 % der weltweiten Patente und lag damit zusammen mit Frankreich auf dem vierten Platz nach Japan, Deutschland und den USA. Selbst nach dem Rückgang in der Folgezeit weist die Schweiz hier immer noch einen Patentanteil von 2 % auf.

Abbildung 46: Entwicklung der Patentanteile der Schweiz zu Umrichtern und PV-Ausrüstung, 2002-2008



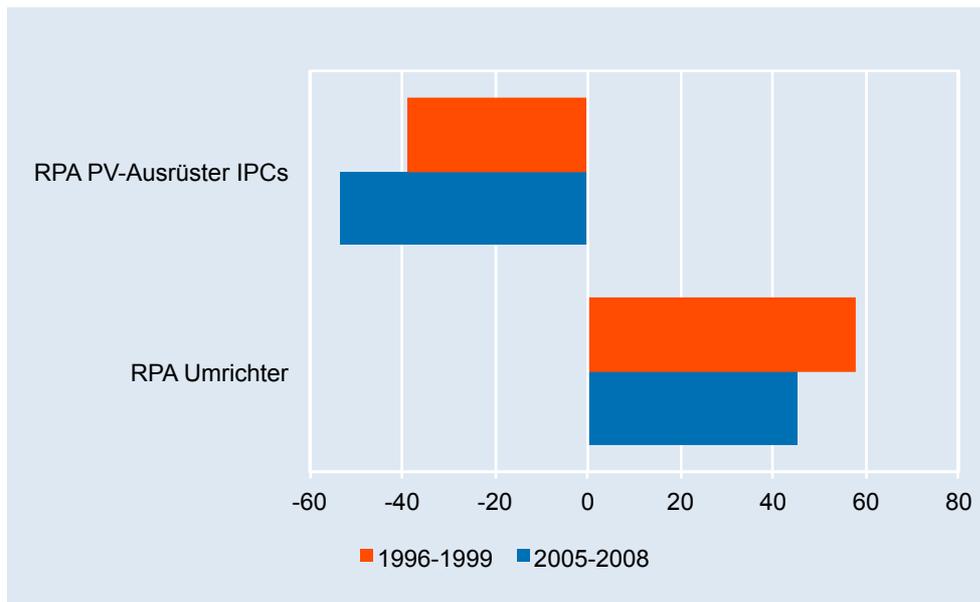
Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

In Abbildung 47 ist die Spezialisierung der Schweiz bei den PV-Ausrüster Patentklassen und den Umrichtern dargestellt. Bei den PV-Ausrüstungs-Patentklassen zeigt sich eine leicht unterdurchschnittliche Spezialisierung der Schweiz. Der RPA hat in den Jahren 2005-2008 gegenüber den Jahren 1996-1999 leicht abgenommen. Auch der RPA für Umrichter hat 2005-2008 gegenüber dem früheren Vergleichszeitraum etwas abgenommen, zeigt aber für den betrachteten Zeitraum positive Werte und damit eine positive Spezialisierung an.

Aus den Zusatzuntersuchungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Schweiz ist sehr präsent bei Patenten zu Wechsel- und Gleichrichtern, die wesentliche Bauteile bei der Integration erneuerbarer Energien in vorhandene Netze und Strukturen darstellen. Die Patentanteile sind vergleichsweise hoch und die Spezialisierung positiv. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schweiz in diesem Bereich von der weltweiten Dynamik des Ausbaus erneuerbarer Energien profitieren wird.
- Bei den Patentklassen, die für Photovoltaik-Ausrüstungen relevant sind, war die Patentdynamik in der Schweiz geringer als weltweit. Hier konnte die Schweiz aber seit 2006 wieder aufholen. Der Anteil an den Patenten weltweit lag kontinuierlich über einem Prozent, allerdings war die Schweiz in diesen Klassen nicht spezialisiert.

Abbildung 47: Spezialisierung der Schweiz bei Patenten auf Umrichter und PV-Ausrüstung, 1996-1999 und 2005-2008



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer ISI

3.4.4 Zwischenfazit

Die Analyse der Wettbewerbsindikatoren zeigt ein differenziertes Bild für die Segmente der erneuerbaren Energien, die von den Innovationsindikatoren erfasst werden. Die Patent- und Welthandelsaktivitäten Schweizer Unternehmen konnten in den vergangenen Jahren mit der weltweiten Dynamik im Bereich erneuerbare Energien nicht mithalten. Auch hat sich die Spezialisierung für das Aggregat der erneuerbaren Energietechnologien seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre verschlechtert, es liegt keine ausgeprägte Spezialisierung Schweizer Unternehmen in diesem Bereich vor.

Allerdings ist bei der Interpretation der Zahlen für das Aggregat der erneuerbaren Energietechnologien zu bedenken, dass diese Entwicklung auch durch Strukturverschiebungen innerhalb des Segments der erneuerbaren Energietechnologien beeinflusst wird. So hatten bei den weltweiten Exportzahlen Wasserkraftanlagen oder Wärmepumpen ein mengenmäßig geringeres Wachstum zu verzeichnen als Windturbinen und PV-Zellen. Entsprechend ist das Gewicht der letzteren Technologien bei der Berechnung der Weltanteile und der Spezialisierungskennziffern angestiegen. Gerade bei diesen Technologien hat aber die Schweiz geringere Exportanteile. Die mittelfristig gesunkene Spezialisierung im Außenhandel wird also auch durch diesen Struktureffekt beeinflusst.

Wichtig ist daher auch eine Betrachtung der Entwicklung bei den einzelnen Technologielinien. Bei der Solarthermie und der Photovoltaik zeichnet sich in den letzten Jahren eine Umkehr der Entwicklung bei den Patenten ab, die so in den der Cleantech-Studie Schweiz zu Grunde liegenden Daten noch nicht erkennbar war. Gleiches gilt für die Wasserkraft, bei der sich in jüngster Zeit der Anstieg der Patentanteile zu stabilisieren scheint und erstmals der Trend sinkender Welthandelsanteile durchbrochen wurde.

Bei der Interpretation der Außenhandelsdaten zur Wettbewerbsfähigkeit ist zu bedenken, dass sich die Indikatoren auf den Kernbereich der erneuerbaren Energietechnologien beziehen. Dies erklärt auch die Unterschiede zu den Ergebnissen der

Unternehmensbefragung, die für die Jahre zwischen 2000 und 2010 ein überdurchschnittlich hohes Wachstum beim Export von Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energien ergeben haben. Der Grund für diesen - allerdings nur scheinbaren - Widerspruch liegt darin, dass die Handelsindikatoren der Wettbewerbsanalyse sich vor allem auf die Kernprodukte wie Solarzellen und -module, Windkraftanlagen oder Wasserturbinen konzentrieren. Der entsprechende Indikator gibt an, wie die technologische Leistungsfähigkeit in diesen Bereichen eingeschätzt werden kann. Aus Sicht der Innovationsforschung sind diese Bereiche eng mit der Etablierung von Skalen- und Lerneffekten durch die Diffusion der Technologien verbunden. Neben diesen Gütern spielen für die Exporte der Schweizer EE-Branche jedoch Ausrüstungsgüter für die PV-Industrie, Wechselrichter für PV-Anlagen, Komponenten (z.B. Verbundwerkstoffe für die Herstellung von Windrotoren, Kabel und Steckverbindungen für PV- und Windenergieanlagen) eine grosse Rolle. Dies wird zum Teil auch durch die Analyse von Patentindikatoren für komplementäre Technologielinien bestätigt (vgl. Abschnitt 3.4.3). Daneben gibt es nennenswerte Exporte in den Bereichen Biomasse, Verbrennungstechnik oder auch Ingenieurdienstleistungen, die nicht durch die Wettbewerbsindikatoren erfasst werden. Insgesamt werden nur rund 30% der mit der Unternehmensbefragung im Bereich erneuerbare Energien identifizierten Exporte durch diese Indikatoren abgedeckt. Es ist zu vermuten, dass die technologische Leistungsfähigkeit in den eher vorgelagerten Bereichen weniger direkt von der Diffusion erneuerbarer Energien abhängt, da sich Lerneffekte und Wissens-Spillover auch sehr stark aus anderen Feldern ergeben.

Zusammengenommen zeigen die Ergebnisse der Analyse von Wettbewerbsindikatoren und der Unternehmensbefragung, dass sich Schweizer Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien nur zum Teil auf die Kernprodukte zur Nutzung erneuerbarer Energien spezialisiert haben. Ebenso wichtig sind heute Marktnischen, die sie als spezialisierte Zulieferer von Komponenten oder als Ausrüster, insbesondere für die PV-Industrie, besetzen. Auch ist der Bereich Biomasse und Verbrennungstechnik nicht zu vernachlässigen.

3.5 Bedeutung erneuerbarer Energien für den Schweizer Finanzmarkt

Die Ausführungen zur *Bedeutung erneuerbarer Energien für den Finanzmarkt* gliedern sich in drei Teile. In einem ersten Schritt wird die *Finanzierung*, insbesondere die Kreditvergabe, von Schweizer Finanzinstituten für Projekte und Firmen im Bereich erneuerbare Energien untersucht. In einem zweiten Schritt werden die *Anlageformen* genauer beleuchtet, welche von Schweizer Finanzdienstleistern angeboten werden, um in erneuerbare Energien zu investieren. Abschliessend wird ein *Ausblick* auf die Entwicklung der Schweizer Finanzbranche im Bereich der erneuerbaren Energien gegeben.

3.5.1 Finanzierung von Projekten und Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien

Die Finanzierung von Projekten im Bereich erneuerbare Energien durch Banken spielt in der Schweiz gemäss Expertenaussagen bisher eher eine untergeordnete Rolle. Dies hängt damit zusammen, dass die Investitionen in erneuerbare Energien ausser in die Wasserkraft in der Schweiz grundsätzlich eher gering sind und somit auf dem Heimmarkt keine grosse Nachfrage herrscht. Führend bei der Finanzie-

rung von erneuerbaren Energien im Ausland sind eher deutsche Banken (z.B. HSH Nordbank, Nord-LB, LBBW etc.), spanische Banken (z.B. Banco Santander und BBVA) oder auch US-amerikanische Banken sowie einige französische (BNP Paribas) oder britische (Barclays) Kreditinstitute.

Finanzierungsmodelle und Finanzierungsquellen von Projekten

In der Regel kann bei EE-Projekten vom traditionellen 80-20-Finanzierungsmodell ausgegangen werden, d.h. 80% Fremdkapital (Kredite, ggf. Zuschüsse etc.) und 20% Eigenkapital. Die Finanzierungskriterien haben sich mit der Finanzkrise 2008 leicht verschärft. Eine Hürde bei der Kapitalbeschaffung ist der lange Investitionszeitraum (das Kapital ist zehn Jahre oder länger gebunden), den viele Investoren scheuen. Daran ändern auch als relativ sicher zu betrachtende Renditen von 8% bis 12% nichts. Generell sind EE-Anlagen für private Hausbesitzer (Solaranlagen, Wärmepumpen etc.) relativ leicht zu finanzieren. Erst die grösseren Projekte, die in der Schweiz seltener sind, erfordern mehr Anstrengungen zur Beschaffung des Eigen- und Fremdkapitals.

Bankenkredite

Kreditnehmer und Kreditgeber

Kreditnehmer sind in der Schweiz in erster Linie private Hausbesitzer, die auf ihrer Liegenschaft eine kleine EE-Anlage installieren. Die Einzelleistungen dieser EE-Anlagen in der Schweiz sind jedoch nicht mit Projekten im Ausland vergleichbar, wo die neu geschaffenen Leistungskapazitäten oft bedeutend grösser sind. Wie für Schweizer Verhältnisse eher grössere Anlagen (z.B. Biogas, Holzheizkraftwerke, grössere Solaranlagen) finanziert werden, wurde in den Interviews nicht erwähnt. Dies kann daran liegen, dass es nur wenige Projekte sind oder dass sie nicht über Bankenkredite finanziert werden.

In der Schweiz finanzieren vor allem die Kantonalbanken kleinere Anlagen für private Hausbesitzer. Auch die beiden Grossbanken UBS und Credit Suisse sind in diesem Bereich aktiv, der für sie aber – gemessen am Gesamtkreditvolumen – eine sehr kleine Rolle spielt. Weitere Banken wie z.B. Raiffeisen, Coop Bank, Migros Bank, etc. wurden in den Interviews nicht genannt, spielen bei der Finanzierung von privat erstellten Anlagen vermutlich aber ebenfalls eine Rolle.

Konditionen

Kreditfragen im Bereich EE werden grundsätzlich bei den meisten Schweizer Banken wie jeder andere Kredit behandelt. Im Rahmen von Öko-Krediten (z.B. Alternative Bank Schweiz), Umweltdarlehen (z.B. ZKB) oder Öko-Hypotheken (z.B. UBS) können die Kreditnehmer jedoch von leicht vergünstigten Konditionen profitieren, welche von fast allen Schweizer Banken angeboten werden. Diese vergünstigten Konditionen äussern sich in den meisten Fällen durch einen leicht geringeren Zinssatz und geringere Kosten bei der Eröffnung des Kredits.

Oft repräsentieren Investitionen in erneuerbare Energie jedoch nur einen Teil des Gesamtkredits, welcher meist als Gesamtpaket in Anspruch genommen wird. Das bedeutet, dass zum Beispiel eine Gebäudesanierung durchgeführt wird, bei der die Installation von Erdwärmesonden oder einer Solarthermie-Anlage auf dem Dach nur eine Teilkomponente des Gesamtprojekts darstellt.

Kreditvergabe an Unternehmen

Für Hersteller- und Ausrüsterfirmen gelten marktübliche Konditionen bei der Kreditvergabe. Das bedeutet, dass die betreffende EE-Firma behandelt wird wie jedes beliebige Industrieunternehmen. Gemäss den Informationen aus den Interviews ist auch im Bereich der Risikofinanzierung, das heisst der Kapitalbereitstellung für so genannte Start-ups, grundsätzlich von einer Gleichbehandlung mit anderen Unternehmen auszugehen. Zwar gibt es für solche kleineren und jungen Firmen spezielle Förderprogramme, jedoch wird auch hier nicht nach Branche unterschieden und ein EE-Bonus ist nicht festzustellen.

Zusammenfassung und Kurzfazit

Wie bereits zu Beginn angedeutet ist das Kreditwesen für Projekte und Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien in der Schweiz von sehr geringer Bedeutung. Gemäss den Interviews bei verschiedenen Finanzinstituten konnte sich aufgrund der mangelnden politischen Förderung bisher kein bedeutender Heimmarkt entwickeln. Als Folge fällt die Kreditnachfrage in diesem Bereich sehr schwach aus.

Somit lohnt es sich nicht, spezielle Konditionen anzubieten, um potenzielle Kunden anzulocken. Es ist für die Banken einfacher, Kredite für erneuerbare Energien im gewöhnlichen Kreditvergabeverfahren zu behandeln, da die kritische Masse für etwaige Sonderkonditionen (noch) nicht erreicht ist. Eine Ausnahme stellen hierbei lediglich die oben angesprochenen Öko-Kredite, Umweltdarlehen oder Öko-Hypotheken dar, welche jedoch mehr auf energetische Massnahmen im allgemeinen Sinne zielen und selbst in der Summe bisher keine grosse Bedeutung haben.

3.5.2 Erneuerbare Energie als Anlageform

Die Funktionsweise von Geldanlagen mit Bezug zu erneuerbaren Energien sowie deren Bedeutung in der Schweiz werden im Folgenden dargestellt und bewertet.

Nachhaltige Geldanlagen

Geldanlagen in erneuerbare Energien zählen zu den so genannten nachhaltigen Geldanlagen (auch: nachhaltige Investments). Letztere können als Geldanlagen definiert werden, welche über ökonomische Faktoren hinaus auch soziale und/oder ökologische Kriterien berücksichtigen (Forum Nachhaltige Geldanlagen 2010a). Für nachhaltige Investments gibt es keine eindeutige Definition und Abgrenzung. Die hier vorgenommenen Analysen stützen sich auf die Erhebungen von onValues (2008 - 2011). Diese wiederum folgten der Methode des „EuroSIF“ (European Social Investment Forum), so dass die Ergebnisse europaweit vergleichbar sind und aggregiert werden können.

Bei nachhaltigen Geldanlagen stehen verschiedene Formen zur Verfügung, die je nach finanziellen Voraussetzungen und Zielen gewählt werden können. Folgende Hauptanlageformen können unterschieden werden:

Tabelle 14: Übersicht über Hauptformen nachhaltiger Geldanlagen

Anlageform	Erläuterungen zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien
Aktien	Die Mehrheit der privaten Anleger hat keine Möglichkeit, den Nachhaltigkeitsgrad eines gelisteten Unternehmens zu bewerten. Deshalb wird gerne auf von Experten verwaltete Nachhaltigkeits-Indizes zurückgegriffen, um passende Unternehmen auszuwählen.
Investmentfonds	Eine Vielzahl nachhaltiger Investmentfonds wählt die Unternehmen im Aktien-Portfolio nach bestimmten Nachhaltigkeitskriterien aus.
Rentenfonds und Pensionskassen	Die Rentenfonds- bzw. Pensionskassenverwaltung achtet darauf, dass in Unternehmen investiert wird, bei denen soziale und ökologische Mindeststandards gelten.
Spareinlagen (z.B. Sparbriefe, Sparkonten, Festgelder)	Bei der alternativen Bank besteht die Möglichkeit, im Rahmen von festverzinslichen Anlagen Kredite für umweltfreundliche und soziale Projekte zu finanzieren.

Quelle: Forum Nachhaltige Geldanlagen (2010a)

Des Weiteren existieren nachhaltige Direktbeteiligungen, Zertifikate, Lebensversicherungen und Altersvorsorge etc. Grundsätzlich steht bei nachhaltigen Geldanlagen die gesamte Palette der Finanzprodukte zur Verfügung.

Nachhaltige Geldanlagen in der Schweiz

Unter nachhaltigen Geldanlagen in der Schweiz wird das in der Schweiz verwaltete Vermögen verstanden. OnValues (2010) unterscheidet in seiner seit 2005 jährlich erscheinenden Studie *Sustainable Investments in Switzerland* zwischen drei übergeordneten Anlagekategorien:

- Fonds (Investmentfonds, Rentenfonds, Pensionskassen)
- Mandate (Vermögensverwaltung durch Banken im Auftrag einzelner vermögenger Anleger, Anlagen oft in Einzeltiteln)
- Strukturierte Produkte (Kombination mehrerer Basisfinanzprodukte, welche mindestens ein Derivat beinhaltet)

Gemäss onValues betrug das Anlagevolumen des Schweizer Markts für nachhaltige Geldanlagen im Dezember 2009 rund 34 Mia. CHF, wovon etwa 19 Mia. CHF auf Fonds (ca. 55%), knapp 14 Mia. CHF auf Mandate (ca. 40%) und weniger als 2 Mia. CHF auf strukturierte Produkte (ca. 5%) entfielen (onValues 2010). Diese Anlagen müssen jedoch nicht unbedingt einen Bezug zu erneuerbaren Energien haben.

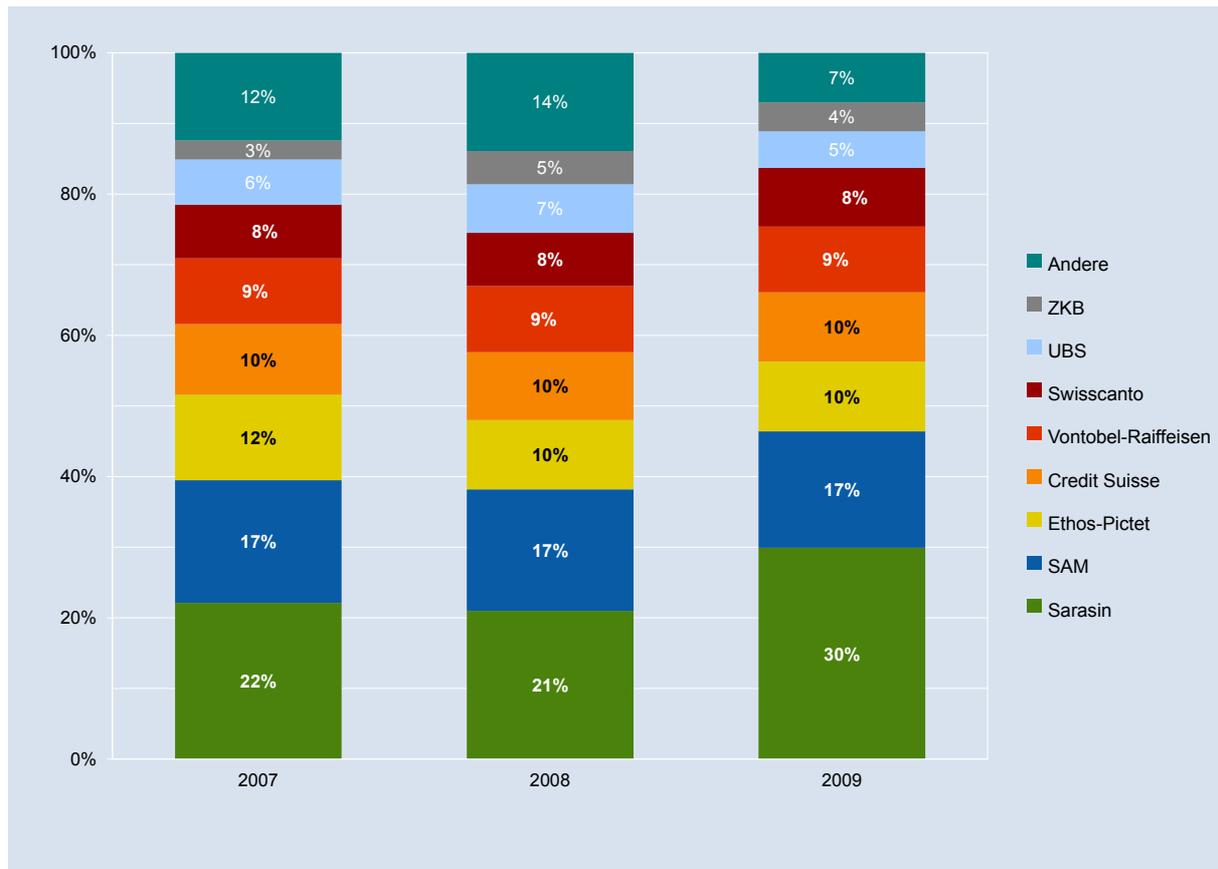
Die Hauptakteure, die in der Schweiz Anlageformen für Investitionen in erneuerbare Energien anbieten, entsprechen den Akteuren, die generell im Bereich nachhaltige Investments in der Schweiz vertreten sind. Hierbei ist vor allem von Sarasin in Basel, SAM in Zürich, Ethos-Pictet in Genf, den beiden Grossbanken UBS und Credit Suisse, Vontobel³³ in Zürich sowie Swisssanto im Allgemeinen bzw. der ZKB³⁴ im Speziellen die Rede.

³³ Vontobel betreut vermutlich unter anderem die EE-Fonds der Raiffeisen Gruppe (Competence-Site.de, 2006a).

³⁴ Swisssanto ist ein auf Anlagefonds- und Vorsorgedienstleistungen spezialisiertes Gemeinschaftsunternehmen der Schweizer Kantonalbanken und somit in vielen Bereichen eng mit der ZKB verbunden.

Auf Grund der nicht öffentlichen Volumina über die Vermögensmandate, welche viele dieser Finanzinstitute verwalten und die den Investments in erneuerbare Energien zuzurechnen sind, ist es nicht möglich, entsprechende Marktanteile für die EE-Finanzbranche genau zu berechnen. Einen guten Anhaltspunkt geben jedoch die Marktanteile, welche onValues im Zusammenhang mit den nachhaltigen Investments erhoben hat (Abb. 48). Es gibt keine Hinweise darauf, dass sich die Marktanteile für den Teilbereich Investments in erneuerbare Energien signifikant unterscheiden.

Abbildung 48: Anteile von Finanzinstituten am Schweizer Markt für nachhaltige Investments



Quelle: onValues (2010)

Nach der Aufstellung in Abbildung 48 machten Sarasin und SAM 2009 fast die Hälfte des Finanzmarkts für nachhaltige Anlagen aus. Vier weitere Akteure (Ethos-Pictet, Credit Suisse, Vontobel-Raiffeisen und Swisscanto) sind mit jeweils ca. 10% vertreten. Die Marktanteile aller genannten Finanzinstitute sind über die Jahre 2007 und 2009 relativ stabil geblieben. Eine Ausnahme stellt Sarasin dar, die ihren Marktanteil grösstenteils auf Kosten der "Anderen" von 22.1% (2007) auf 29.9% (2009) steigern konnte.³⁵

³⁵ Diese Zunahme ist hauptsächlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass Sarasin im Laufe des Jahres 2009 alle Bestandsmandate auf nachhaltige Vermögensverwaltungsprodukte umgestellt hat. Das heisst, dass nicht mehr nur allen Neukunden, sondern auch allen bereits bestehenden Kunden nachhaltige Investments als Standardanlage offeriert werden und der Kunde die Bank explizit darüber informieren muss, falls er dies nicht wünscht. Dieses Vorgehen wird in der Verhaltensökonomie auch als opt-out (vs opt-in) bezeichnet.

Die Rolle der Schweiz bei den Investitionen

Das Schweizer Finanzkapital, das im Bereich erneuerbare Energien vor allem in die Publikumsfonds investiert wird, findet sich hauptsächlich in Firmen und Projekten ausserhalb der Schweiz wieder. Vor allem die Fonds investieren in der Regel kaum direkt in Windparks, Solaranlagen, sondern in die Betreiberfirmen bzw. Stromerzeuger selbst. Hierbei werden oft andere Finanzierungsformen genutzt. Meist zielen die Investments auf weltweit operierende Hersteller- und Ausrüsterfirmen, die unterschiedliche Technologien (z.B. Windturbinen, Solarpanels etc.) für die Nutzung erneuerbarer Energien anbieten.

Anders als bei den nachhaltigen Investments allgemein, wo Schweizer Firmen dank ihres Know-Hows und ihrer Aktivitäten oft gut positioniert sind, gibt es im Bereich erneuerbarer Energien nur wenige kotierte Unternehmen in der Schweiz. Laut Expertenmeinung ist der Anteil Schweizer Firmen an den Gesamtinvestments im EE-Bereich in der Schweiz unbedeutend. Alle grossen Fonds legen ihre Gelder in ausländischen Firmen an. Die oben angesprochenen Betreiberfirmen, welche jedoch nur einen geringen Teil des Investitionsvolumens ausmachen, stammen meist aus Südeuropa, Südamerika, Kanada oder China. Die wichtigen Herstellerfirmen hingegen kommen grösstenteils aus Asien, insbesondere aus China und Taiwan, wo beispielsweise im Solarbereich günstiger als in Europa produziert werden kann.

Anlegertypen

Allgemein kann bei Investments hauptsächlich zwischen *Privatanlegern* (Retail) und *institutionellen Anlegern* unterschieden werden. Bei den institutionellen Anlegern sind vor allem die Schweizer Pensionskassen repräsentiert. Über die Jahre gesehen hat sich bei den nachhaltigen Geldanlagen annähernd ein 50/50-Verhältnis zwischen privaten und institutionellen Anlegern eingestellt. Seit 2007 sind die Privatanleger in Bezug auf das Anlagevolumen leicht in der Mehrheit. Dies ist auf die verstärkten Bemühungen der Schweizer Finanzinstitute zurückzuführen, nachhaltige Anlageprodukte bei Privatpersonen zu vermarkten (onValues 2007).

Vieles deutet darauf hin, dass dieses Verhältnis bei Investments in erneuerbare Energien ähnlich ist, wenn nicht sogar noch mehr zu Gunsten der Privatanleger ausfällt. So wurde zum Beispiel 2007 erhoben, dass der Anteil der Privatanleger an den Themenfonds "Klimawandel" und "Erneuerbare Energien/Effizienz", welche vermutlich den grössten Teil des Volumens der EE-Investments ausmachen, 80% betrug (onValues 2008). Dieser Prozentsatz war wesentlich höher als der Anteil am gesamten Markt für nachhaltige Investments (2007: 53%).

Die offensichtliche *Zurückhaltung institutioneller Anleger* proaktiv in erneuerbare Energien zu investieren wurde ebenfalls in den Experteninterviews bestätigt. Expertenaussagen geben Hinweise darauf, dass dies auf mehrere Gründe zurückzuführen ist:

- Bei den Privatanlegern gibt es zwei Typen: jene, die sich grundsätzlich für das Thema erneuerbare Energien interessieren und deshalb verstärkt dort investieren, und andere, welche die erneuerbaren Energien lediglich dazu nutzen, um ihr Anlageportfolio zu diversifizieren. Bei den institutionellen Anlegern dienen die erneuerbaren Energien jedoch fast ausschliesslich der Diversifizierung gegenüber anderen Kerninvestmentfeldern und kommen nur in den geringen Quoten vor, welche spezifischeren und risikofreudigeren Investments im Gesamtportfolio eingeräumt werden.

- Bei den institutionellen Anlegern herrscht allgemein noch eine gewisse Skepsis gegenüber der EE-Branche vor. Auf Grund der geringeren politischen Förderung und Unterstützung hat das Thema erneuerbare Energien in der Schweiz eine andere Bedeutung als in Ländern wie beispielsweise Deutschland, Spanien, Niederlande etc. Diese zurückhaltende Unterstützung spiegelt sich dann im Anlageverhalten der Institutionen wider.
- Eine weitere Vermutung ist, dass die Zurückhaltung unter anderem auf die Zusammensetzung der Verwaltungsräte der Schweizer Pensionskassen zurückzuführen ist. Die dort engagierten Personen werden als eher konservativ und risikoscheu wahrgenommen. Sie sind oft ehrenamtlich tätig und auf die Ratschläge der jeweiligen Consultants angewiesen. Im Gegensatz zu angelsächsischen Consultants stehen die Schweizer Berater jedoch dem Thema erneuerbare Energien eher skeptisch gegenüber und geben dementsprechend zurückhaltende Empfehlungen ab.

Finanzielle Kennzahlen

Im Folgenden wird das Anlagevolumen in der Schweiz und der damit verbundene Umsatz geschätzt.

Vorgehen

Basierend auf Daten der jährlich erscheinenden Studie „Sustainable Investments in Switzerland“ von onValues für die Jahre 2007 bis 2009 sowie einer onValues-Zusatzstudie zu themenbezogenen Investments in der Schweiz (onValues 2008) wurde das Anlagevolumen in der Schweiz im Themenbereich erneuerbare Energien für das Jahr 2009 berechnet.

Als Investments in erneuerbare Energien können hierbei die *drei Themenkategorien* "Klimawandel", "Erneuerbare Energie/Energieeffizienz" und "Nachhaltige Wasserwirtschaft" herangezogen werden, für die Angaben zu den Anlagevolumina existieren. Gemeinsam bilden sie die Investmentkategorie „Geldanlagen in erneuerbare Energien“ (EE-Investments). Um bei diesen drei Themenfonds jeweils nur den Anteil an Investments in erneuerbare Energien herauszurechnen, wurden Expertinnen und Experten aus der Finanzbranche (vgl. Anhang Tabelle A-22) gebeten, auf ihrer Erfahrung basierende Schätzwerte abzugeben. Der Mittelwert dieser Schätzwerte für die jeweilige Themenkategorie wurde darauffolgend als Berechnungsgrundlage genutzt.

Unter der Annahme, dass der relative Anteil der Investmentkategorie "Themenfonds" am Gesamtanlagevermögen nachhaltiger Geldanlagen in der Schweiz von 2007 bis 2009 stabil geblieben ist, lässt sich abschliessend das Anlagevermögen in erneuerbare Energien für 2009 berechnen. Unterschieden wird hierbei zwischen dem verwalteten Vermögen³⁶ aus Themenfonds, welche eine zusätzliche ESG-Analyse³⁷ durchführen, und solchen, die auf diese zusätzliche ESG-Analyse verzichten. Rund ein Drittel der Investments in erneuerbare Energien (vgl. Abb. 49) werden nicht nach diesen einheitlichen Kriterien beurteilt.

Abschliessend wird das *Anlagevermögen in erneuerbare Energien 2009* in einem ersten Schritt in Bezug gesetzt zum Anlagevermögen für nachhaltige Investments

³⁶ Verwaltetes Vermögen ist die deutsche Übersetzung des englischen Fachausdrucks *assets under management* in den zitierten onValues-Studien.

³⁷ ESG bedeutet *environmental and social governance*. Im Deutschen existiert keine passende sprachliche Entsprechung, weshalb in der Fachwelt auch stets von ESG gesprochen wird.

allgemein im Jahr 2009 sowie in einem zweiten Schritt zum Gesamtanlagevermögen aller Investments in der Schweiz 2009 (Zahlen gemäss SNB 2009).

Abbildung 49 verdeutlicht nochmals die Zusammenhänge zwischen dem Gesamtanlagevermögen in der Schweiz, den nachhaltigen Investments sowie den Investments in erneuerbare Energien.

Abbildung 49: Zusammenhänge zwischen Gesamtanlagevermögen, nachhaltigen Investments und Investments in erneuerbare Energien in der Schweiz



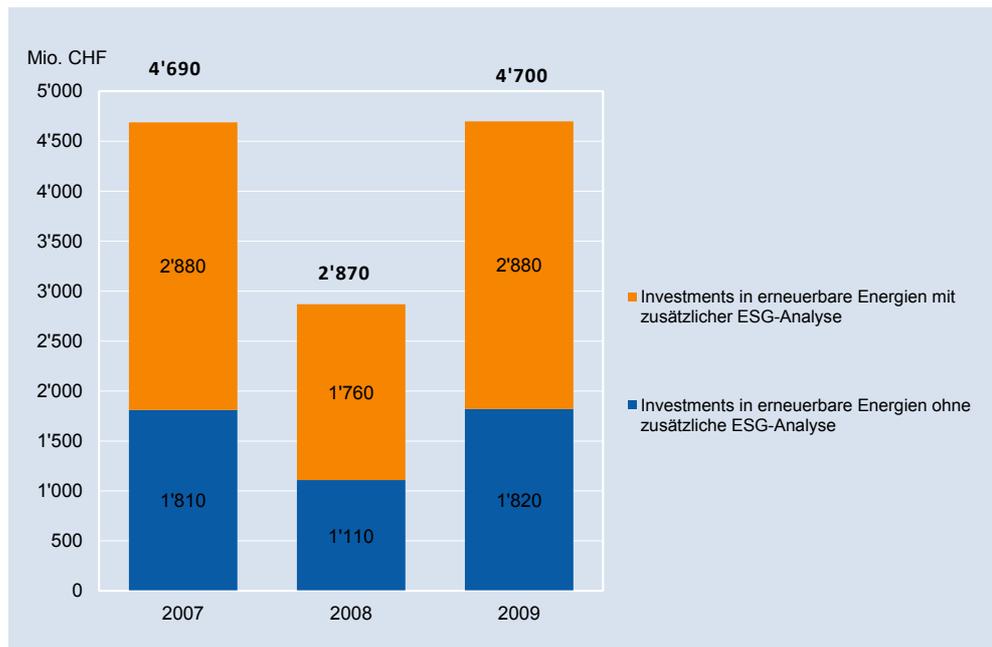
Quelle: Darstellung EBP³⁸

Anlagevolumen 2007 bis 2009

Der oben beschriebenen Methode folgend ergeben sich für den Zeitraum 2007 bis 2009 die in Abbildung 50 dargestellten Kennzahlen. Die Gesamtinvestments in erneuerbare Energien in der Schweiz betragen im Jahr 2009 rund 4.7 Mia. CHF. Davon sind 1.8 Mia. CHF (39%) Investments, welche keiner zusätzlichen ESG-Analyse unterzogen wurden und 2.9 Mia. CHF (61%) Investments, für welche eine zusätzliche ESG-Analyse durchgeführt wurde.

³⁸ Die Grössenverhältnisse der einzelnen Teilbereiche sind nicht proportional zu den Volumenverhältnissen und dienen ausschliesslich Demonstrationszwecken.

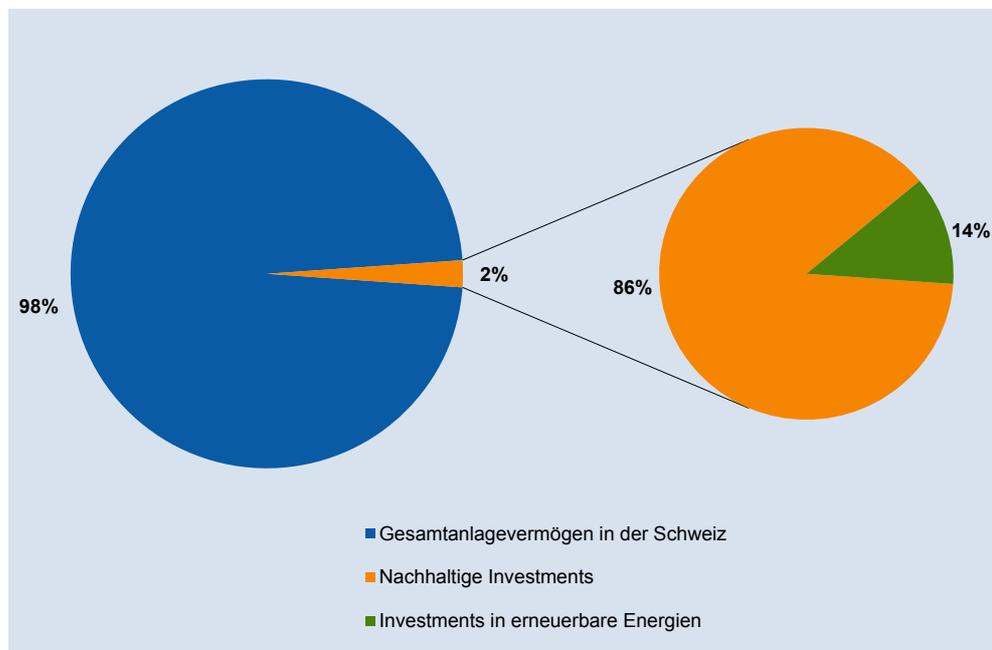
Abbildung 50: Investments in erneuerbare Energien in der Schweiz, 2007 – 2009 (in Mio. CHF)



Quelle: Daten onValues (2008-2010)

Setzt man diese Werte nun in Relation zum Gesamtanlagevermögen in der Schweiz (alle Investments, branchenunabhängig)³⁹ bzw. zum Anlagevermögen in nachhaltige Investments ergibt sich das in Abbildung 51 dargestellte Bild.

Abbildung 51: Vergleich Gesamtanlagevermögen, nachhaltige Investments und EE-Investments, 2009



Quelle: Darstellung EBP, basierend auf Daten onValues (2010) und Expertenschätzungen

³⁹ Die Daten zum Gesamtanlagevermögen umfassen alle 76 Finanzinstitute der Schweiz und nicht nur die 20 in der onValues-Studie berücksichtigten. Kennt man jedoch die Marktanteile dieser 20 Institute am Schweizer Gesamtmarkt (allein die beiden Grossbanken UBS (50%) und Credit Suisse (30%), welche beide in der onValues-Studie erfasst wurden, haben zusammen bereits einen Marktanteil von 80% (Hildebrand 2008)), kann man davon ausgehen, dass damit bis auf einen minimalen Anteil fast der gesamte Schweizer Finanzmarkt abgedeckt wird.

Am Gesamtanlagevermögen in der Schweiz (1'699 Mia. CHF) haben die nachhaltigen Investments (mit und ohne ESG-Analyse) 2009 mit 34 Mia. CHF einen Anteil von rund 2% und die EE-Investments (mit und ohne ESG-Analyse) mit 4.7 Mia. CHF einen Anteil von 0.28%. Die EE-Investments repräsentieren 14% der *gesamten nachhaltigen Investments* in der Schweiz.

Umsatz 2007 bis 2009

Um den Umsatz zu berechnen, werden durchschnittliche Gebühren (Fondsmanagementgebühren, Verwaltungsgebühren, Depotgebühren etc.) von ca. 1.5% angenommen⁴⁰. Multipliziert mit den jeweiligen Anlagevermögen in erneuerbare Energien kann für die Jahre 2007 bis 2009 folgender Umsatz berechnet werden (Tab. 15).

Tabelle 15: Umsatz der Investments in erneuerbare Energien

Branche	2007	2008	2009
	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF
Investments in erneuerbare Energien <i>mit</i> zusätzlicher ESG-Analyse	43	26	43
Investments in erneuerbare Energien <i>ohne</i> zusätzliche ESG-Analyse	27	17	27
Total	70	43	70

Quelle: Berechnung EBP

Zusammenfassung und Kurzfazit

Der vorherige Abschnitt hat gezeigt, dass die erneuerbaren Energien als Anlageform in der Schweiz durchaus eine Rolle spielen. Im Vergleich zum Kreditgeschäft sind hier wesentlich mehr Aktivitäten zu verzeichnen. Gemessen am Gesamtanlagevermögen ist der Anteil der Investments in erneuerbare Energien aber sehr klein. Viele Akteure sind in dieser spezialisierten Finanzbranche aktiv, Sarasin und SAM gehören hierbei zu den Marktführern. Die Produktpalette ist vielfältig, wobei Publikumsfonds die meistgenutzte Anlageform sind. Um ein eigenständiges Management der hauseigenen Produkte zu ermöglichen, nutzen immer mehr Akteure die Möglichkeit eigener Researchabteilungen im Bereich nachhaltiger Investments. Bei den Anlegertypen ist momentan noch eine starke Zurückhaltung der institutionellen Anleger zu beobachten. Diese Nachfrageschwäche wirkt sich auch direkt auf das Anlagevermögen aus, wo die EE-Investments gemessen am Gesamtanlagevermögen nur einen geringen Anteil ausmachen.

Auch wenn das Finanzierungsgeschäft (Kreditwirtschaft) mit Unternehmen und Projekten im Bereich erneuerbare Energien (EE) in der Schweiz auf Grund der geringen Heimnachfrage von untergeordneter Bedeutung ist und im Anlagegeschäft (Investments) in Anbetracht der kleinen Auswahl kaum in Schweizer Unternehmen investiert werden kann, spielt die *Schweizer Finanzbranche* mit ihren EE-Aktivitäten in Europa eine dominante Rolle (Competence-Site.de, 2006a) und hat

⁴⁰ Diese Schätzung entspricht einem Mittelwert. Gemäss den Informationen aus den Interviews muss zwischen Aktienfonds (eher >2%) und Private-Equity-Fonds (eher <2%) sowie Privatanlegern (zwischen 1.5% und 2.3%) und institutionellen Anlegern (ca. 0.8%) abgewogen werden. Selbst bei den Privatanlegern gibt es mit normalen Kunden (>1.5%), einfachen Mandaten (zwischen 0.5% und 0.8%) und Mandaten von High Net Worth Individuals, welche auf Grund Ihres Vermögens über eine starke Verhandlungsbasis verfügen und auf Grund besserer Konditionen schnell zur Konkurrenz wechseln (zwischen 0.3% und 0.4%) nochmals erhebliche Unterschiede.

sich nach Einschätzung der Interviewpartner auch weltweit einen Namen gemacht. Bei der Finanzierung von Projekten in erneuerbare Energien hingegen spielen Schweizer Banken im globalen Markt gemäss Expertenaussagen bisher eher eine untergeordnete Rolle.

3.5.3 Ausblick

Politische Rahmenbedingungen

Als ein Hauptdefizit kam in allen Experteninterviews stets die mangelnde politische Unterstützung der erneuerbaren Energien in der Schweiz zur Sprache. Fehle es an einer politischen Förderung sowie einem klaren „Commitment“ von Seiten des Staats, führe dies automatisch dazu, dass sich nur wenige Unternehmen in diesem Bereich positionieren. Diese Entwicklung wirkt sich folglich auch direkt auf die Aktivitäten der Finanzbranche aus, welche von einer stärkeren Nachfrage im Inland profitieren würde. Sobald das Thema in der politischen Diskussion an Bedeutung gewinnen würde, hätte dies beispielweise auch direkte Auswirkungen auf das Anlegerverhalten. Klare Zeichen der Politik und stabile Rahmenbedingungen sind wichtig für die Investitionssicherheit. Eine zu starke Abhängigkeit von politischen Entscheiden kann jedoch auch ein Risiko bedeuten und Investoren abhalten.

Trend zur Spezialisierung

Die Experten stimmen überein, dass die Schweizer Finanzinstitute im weltweiten Vergleich eine wichtige Rolle spielen; dies bezieht sich auf ihre vergleichsweise starken Aktivitäten im Bereich erneuerbare Energien als Anlageform. Die Schweiz befinde sich auf einem sehr guten Weg, die EE-Investment-Aktivitäten sukzessive auszubauen und sich in diesem Bereich verstärkt zu spezialisieren, auch wenn dies aufgrund des Einbruchs im Jahr 2008 durch die Finanzkrise anhand der oben dargestellten Daten nicht sichtbar ist. So sind zum Beispiel die Schweizer Anbieter beim Forum Nachhaltige Geldanlagen e.V.⁴¹, welches Institute aus dem gesamten deutschsprachigen Raum vereinigt, gut vertreten.

Es ist durchaus gerechtfertigt von einem Wissens- und Erfahrungsvorsprung der Schweizer Institutionen in Bezug auf erneuerbare Energie als Anlageform zu sprechen. Ausländische Broker und Analysten schätzen gemäss Expertenaussagen das detaillierte Fachwissen, über welches Schweizer Finanzinstitute in diesem Bereich verfügen.

Diesen Trend hinsichtlich einer kompetitiven Spezialisierung zu nutzen, sollte ein Hauptanliegen der Schweizer Finanzbranche sein. Laut Expertenaussage ist das Interesse in Asien an Investments in erneuerbare Energien gross. Es wurde jedoch dort noch kein eigenes Know-how (im Sinne von Fondsanalysen, Nachhaltigkeitsresearch etc.) aufgebaut. Diese Marktlücke möchten Schweizer Banken nutzen, die teilweise selbst mit eigenen Analysten vor Ort vertreten sind. Vermutlich wird jedoch in Zukunft die grosse Konkurrenz aus dieser Region kommen, wenn die asiatischen Banken erstmals eigene Wissenskapazitäten geschaffen haben. Für die Schweizer Finanzbranche stellt sich die Herausforderung, ihren Wissensvorsprung in Zukunft noch weiter auszubauen und sich in der Marktnische der erneuerbaren Energien als Anlagemarkt zu etablieren.

⁴¹ Das Forum Nachhaltige Geldanlagen (FNG) ist ein Zusammenschluss von knapp 100 Unternehmen und Organisationen, die sich für Nachhaltige Geldanlagen einsetzen. Das Forum ist in Deutschland, Österreich und der Schweiz aktiv und Gründungsmitglied des europäischen Dachverbands Eurosif (Forum Nachhaltige Geldanlagen 2010b).

4. Wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020

4.1 Entwicklung der erneuerbaren Energieerzeugung und der Exporte

4.1.1 Erneuerbare Energieerzeugung in der Schweiz

Zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020 wird die erneuerbare Energieproduktion in zwei Szenarien betrachtet (vgl. Kap. 2.7). Diese unterscheiden sich bezüglich der Entwicklung der Wärme- und Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. Im Ausbau-Szenario steigt die Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien etwas stärker an als im Baseline-Szenario. Bei der Wärme unterscheiden sich die Szenarien nur sehr geringfügig.

Wärme

Die jährliche Wärmenutzung aus erneuerbaren Energien steigt von 2010 bis 2020 um 4.4 TWh (33%) im Baseline-Szenario bzw. 4.7 TWh (36%) im Ausbau-Szenario. Die Entwicklung bei den einzelnen Technologien ist in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Wärmenutzung aus erneuerbaren Energien 2010 und 2020 (GWh/a)

Technologie	2010	2020 Szenario 1 „Baseline“	2020 Szenario 2 „Ausbau“
Biogasanlagen	318	556	556
KVA, Feuerungen erneuerb. Abfälle	2'470	2'890	3'137
Holz-WKK-Anlagen, Feuerungen Holzabfälle	1'238	1'429	1'419
Holzfeuerungen (>50 kW)	2'675	3'089	3'068
Holzheizungen (<=50 kW)	3'113	2'581	2'576
Solarthermische Anlagen	515	1'260	1'288
Wärmepumpen, direkte Nutzung	3'014	5'944	6'028
TOTAL	13'342	17'748	18'070

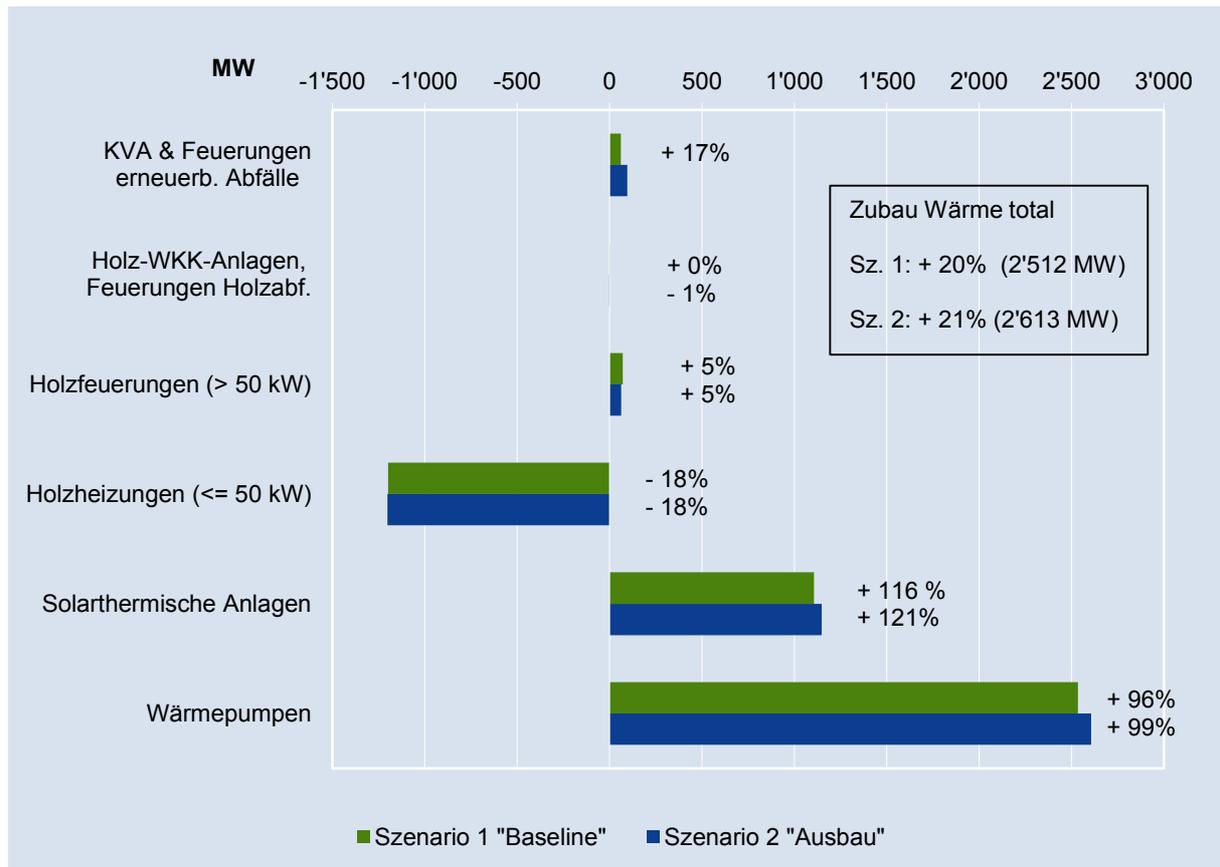
Quelle: EBP, basierend auf EE-Statistik (BFE 2011b) und Energieperspektiven (Prognos 2012a)

Die grösste absolute Steigerung bei der Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien bis 2020 wird bei den Wärmepumpen erwartet. Die Produktion steigt gegenüber 2010 um rund 2.9 TWh/a im Szenario 1 und um 3 TWh/a in Szenario 2, die Unterschiede sind also gering. Bei den solarthermischen Anlagen wird zwar in beiden Szenarien mit einer Zunahme bis 2020 gerechnet, im Ausbau-Szenario ist diese aber höher als im Baseline-Szenario. Bei den Holzheizungen hingegen wird

bis 2020 in beiden Szenarien mit einem Rückgang gerechnet. Die weiteren Technologien mit Holz verzeichnen nur eine leichte Zunahme, die Unterschiede zwischen den Szenarien sind dabei klein.

Bezogen auf die installierte Leistung zur Wärmenutzung aus erneuerbaren Quellen liegt der Zubau im Baseline-Szenario bei 2.5 GW (20%) und im Ausbau-Szenario bei 2.6 GW (21%, vgl. Abb. 52). Der stärkste prozentuale Zubau ist in beiden Szenarien bei solarthermischen Anlagen zu verzeichnen (+116% bzw. +121%).

Abbildung 52: Absoluter und prozentualer Zubau der installierten Wärmeleistung 2010 bis 2020⁴²



Quelle: EBP, basierend auf EE-Statistik (BFE 2011b) und Energieperspektiven (BFE, Prognos 2012a)

Elektrizität

Für die Elektrizität aus erneuerbaren Energien wird in den beiden Szenarien von einer Steigerung der Jahresproduktion von 2010 bis 2020 um 2.1 TWh (6%) in Szenario 1 bzw. knapp 4 TWh (11%) in Szenario 2 ausgegangen. Die Anteile der Energieträger an der Elektrizitätsproduktion in den beiden Szenarien sind in Tabelle 17 aufgeführt.

⁴² Bei Biogasanlagen und KVA wurde nur die elektrische Leistung erfasst, um die anlagenbedingten Ausgaben zu bestimmen. Die installierte Wärmeleistung wurde nicht erfasst.

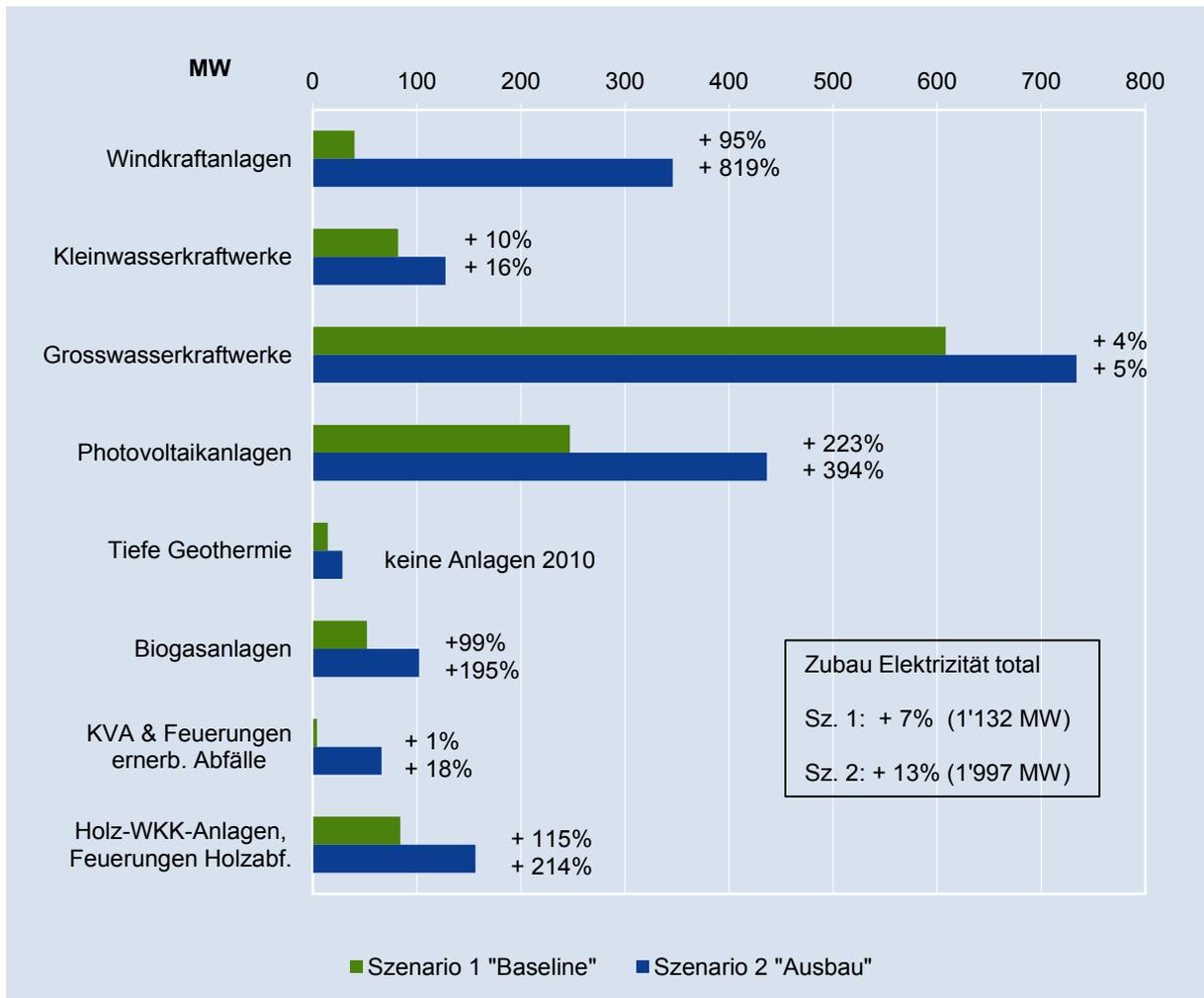
Tabelle 17: Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien 2010 und 2020 (GWh/a)

Technologie	2010	2020 Szenario 1 „Baseline“	2020 Szenario 2 „Ausbau“
Windkraftanlagen	37	140	660
Grosswasserkraftwerke	31'941	32'589	32'877
Kleinwasserkraftwerke	3'015	3'447	3'639
Photovoltaikanlagen	83	340	520
Tiefe Geothermie	0	100	200
Biogasanlagen	211	446	666
KVA, Feuerungen erneuerb. Abfälle	928	950	1'112
Holz-WKK-Anlagen, Feuerungen Holzabfälle	137	420	600
TOTAL	36'352	38'432	40'274

Quelle: EBP, basierend auf EE-Statistik (BFE 2011b) und Energieperspektiven (BFE, Prognos 2012a, 2012b)

Der mit Abstand grösste absolute Zubau wird in beiden Szenarien bei der Wasserkraft verzeichnet (Abb. 53). Der prozentuale Zubau beträgt aber nur gerade 4 bzw. 5%. Bei allen anderen Technologien sind die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien grösser. Die prozentual grösste Steigerung wird für die Windenergie in Szenario 2 prognostiziert. Die Photovoltaik steigt in Szenario 2 um fast 400%, im Vergleich zu 220% in Szenario 1. Auch hier ist der Unterschied zu Szenario 1 sehr gross. Bei den Biogasanlagen sowie bei Holz-WKK-Anlagen und Feuerungen mit Holzabfällen werden Zunahmen von 100% bis 200% prognostiziert. Hier unterscheiden sich die Zubauraten zwischen den beiden Szenarien etwa um den Faktor 2. Bei den Kehrichtverbrennungsanlagen und Feuerungen für erneuerbare Abfälle fällt die prognostizierte Zunahme eher bescheiden aus.

Bezogen auf die installierte Leistung zur Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Quellen liegt der Zubau in Szenario 1 bei 1.1 GW (7%) und in Szenario 2 bei 2.0 GW (13%).

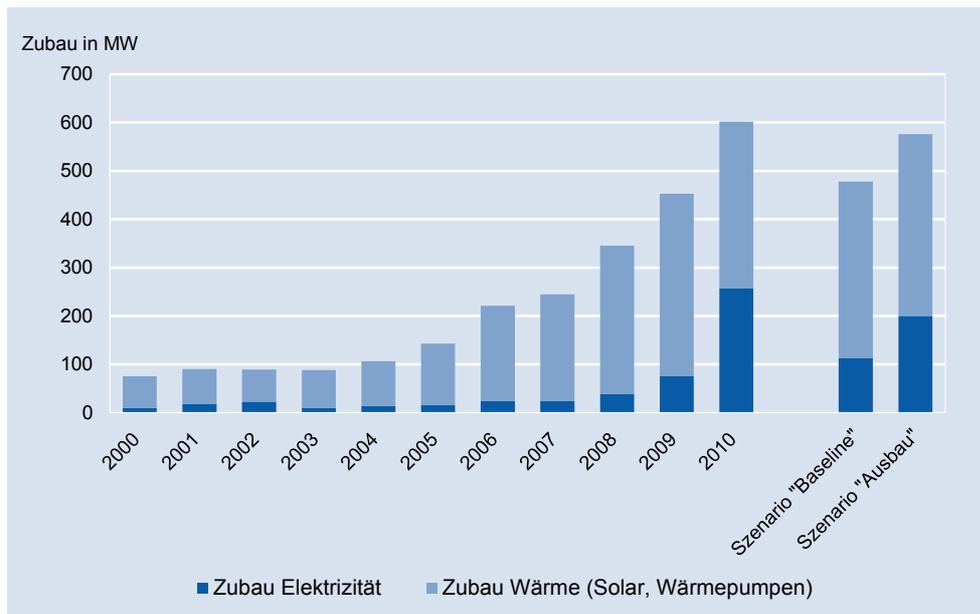
Abbildung 53: Absoluter und prozentualer Zubau Elektrizität 2010 bis 2020

Quelle: EBP, basierend auf EE-Statistik (BFE 2011b) und Energieperspektiven (BFE, Prognos 2012a, 2012b)

Insgesamt sind die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien eher gering, da die Energieperspektiven von einer zurückhaltenden Entwicklung bis 2020 ausgehen. Grössere Unterschiede würden sich erst bei einer Betrachtung über das Jahr 2020 hinaus zeigen. Der Vergleich der Szenarien mit der Entwicklung der vergangenen Jahre zeigt, dass der durchschnittliche jährliche Zubau in beiden Szenarien leicht unter dem im Jahr 2010 realisierten Zubau liegt (Abb. 54).

Wird die Entwicklung der Wachstumsraten in den letzten Jahren betrachtet, so würde der Zubau bei einzelnen Technologien (insbesondere bei der Photovoltaik) bei einer Fortsetzung dieser Entwicklung im Ausbau-Szenario unterschätzt. Auch der Vergleich mit Szenarien der Umweltverbände (2011) zeigt, dass die grösste Unsicherheit bei der Entwicklung der Photovoltaik liegt. Während die Energieperspektiven (Prognos 2012) von einer Produktion von rund 0.5 TWh im Jahr 2020 bzw. 11 TWh im Jahr 2035 ausgehen, sind es bei den Umweltverbänden rund 10 TWh bzw. 15 TWh. Die grössten Unterschiede liegen also beim erwarteten Tempo des Zubaus bis 2020 und weniger bei den längerfristigen Potenzialen.

Abbildung 54: Entwicklung des Zubaus 2000-2010 im Vergleich zum durchschnittlichen jährlichen Zubau in den Szenarien (in MW)⁴³



Quelle: EBP, basierend auf EE-Statistik (BFE 2011b) und Energieperspektiven (Prognos 2012a, 2012b)

Wie stark die Nutzung erneuerbarer Energien bis 2020 gesteigert werden kann, hängt davon ab, ob entsprechende Anlagen in diesem Zeitraum geplant und realisiert werden können. Die Zahlen zu den bisher für die KEV angemeldeten Anlagen weisen darauf hin, dass viele Anlagen in Planung sind: Würden alle bis Mitte Juni 2011 bei der KEV angemeldeten Anlagen realisiert, könnte eine Jahresproduktion von rund 9 TWh erreicht werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass darin auch die gesamte Produktion von erweiterten und erneuerten Anlagen enthalten ist. Der tatsächliche Zubau dürfte also etwas tiefer liegen. Zudem sind im Total aller Anmeldungen auch doppelt angemeldete Anlagen und bereits abgelehnte bzw. zurückgezogene Anmeldungen enthalten. Werden nur als realistisch beurteilte Anlagen berücksichtigt, resultiert immer noch eine Produktion von knapp 7 TWh (Rieder et al. 2012). Der Zubau um rund 4 TWh gemäss dem Ausbau-Szenario würde also übertroffen. Die grösste Differenz betrifft die Windenergie.

Für die Entwicklung der erneuerbaren Energien bis 2020 sind nicht nur die technischen Potenziale ausschlaggebend, die bei allen Technologien noch nicht ausgeschöpft sind. Die entscheidende Frage ist einerseits, wie gross die gesellschaftlich-ökologischen Potenziale sind und andererseits, wie sich die Markt- und Förderbedingungen entwickeln.

4.1.2 Globale erneuerbare Energieerzeugung und Exporte der Schweizer EE-Branche

Aus der Unternehmensbefragung geht hervor, dass vor allem Hersteller, Zulieferer und Ausrüster international aktiv sind. In geringerem Ausmass sind auch Dienstleistungsunternehmen (z.B. Ingenieurbüros) im Ausland tätig. Den grössten Teil der Exportumsätze machen die Unternehmen im europäischen Raum. Darüber hinaus sind vor allem Unternehmen in den Bereichen Photovoltaik, Windenergie, Wasserkraft und Abfallverbrennung weltweit tätig. Tendenziell haben grössere

⁴³ Nicht dargestellt ist der Zubau der Wärmeproduktion aus Biomasse, da die Darstellung sonst aufgrund des Rückgangs bei einzelnen Technologien schwierig zu interpretieren ist.

Unternehmen eine stärkere internationale Ausrichtung als kleine und mittlere Unternehmen.

Die Entwicklung der Exporte von Schweizer Unternehmen der EE-Branche bis 2020 wird anhand von Veränderungen des Weltmarktes hergeleitet (Tab. 18). Die weltweite Elektrizitätsproduktion steigt gemäss den WEO-Szenarien von 2009 bis 2020 um 72% (Szenario 1) bzw. 86% (Szenario 2)⁴⁴. Der grösste Zubau ist in beiden Szenarien bei der Windkraft zu verzeichnen, gefolgt von Wasserkraft, Biomasse und Photovoltaik. Die stärkste prozentuale Steigerung wird bei den solarthermischen Kraftwerken erwartet. Hier sind auch die Unterschiede zwischen den Szenarien am grössten. Bei den anderen Technologien unterscheiden sich die Szenarien weniger deutlich.

Wird nur die europäische Entwicklung betrachtet, so ist insgesamt ebenfalls ein Anstieg der erneuerbaren Elektrizitätsproduktion um rund 70% bzw. 80% zu erwarten (Tab. 19).

Tabelle 18: Veränderung der globalen Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020

Technologien	2009	Szenario 1 „Baseline“		Szenario 2 „Ausbau“	
	Produktion TWh	Zubau TWh	Zubau %	Zubau TWh	Zubau %
Wasserkraft	3'252	1'128	35%	1'295	40%
Biomasse und Abfall	288	347	120%	413	143%
Windkraft	273	1'009	369%	1'212	444%
Geothermie	67	64	96%	81	122%
Photovoltaik	20	210	1'041%	259	1'284%
Solarthermische Kraftwerke	1	51	6'035%	95	11'314%
Wellenkraft	1	2	369%	3	478%
TOTAL	3'901	2'811	72%	3'358	86%

Quelle: IEA 2011

Tabelle 19: Veränderung der europäischen Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020 (OECD Länder)

Technologien	2009	Szenario 1 „Baseline“		Szenario 2 „Ausbau“	
	Produktion TWh	Zubau TWh	Zubau %	Zubau TWh	Zubau %
Wasserkraft	515	69	13%	85	16%
Biomasse und Abfall	127	79	62%	89	70%
Windkraft	135	314	233%	360	267%
Geothermie	11	7	65%	8	72%
Photovoltaik	14	76	539%	85	602%
Solarthermische Kraftwerke	0.0	14	64'209%	21	93'865%
Wellenkraft	0.5	1	285%	2	391%
TOTAL	802	561	70%	649	81%

Quelle: IEA 2011

⁴⁴ Szenario 1 entspricht dem „New Policies Scenario“ und Szenario 2 dem „450 Scenario“ gemäss World Energy Outlook (IEA 2011a), vgl. Kap. 2.7.3.

Die globale Wärmeproduktion steigt in den Szenarien von 2009 bis 2020 um 17% (Szenario 1) bzw. 21% (Szenario 2). Wie auch in der Schweiz zeigen sich hier geringe Unterschiede zwischen den Szenarien (Tab. 20). Der grösste Anteil der heutigen Produktion und des Zubaus entfällt auf Biomasse und Abfall. Andere Erneuerbare Energien (Wärmepumpen, Solarthermie) verzeichnen jedoch ein deutlich höheres prozentuales Wachstum.

Tabelle 20: Veränderung der globalen Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020

Technologien	2009	Szenario 1 „Baseline“		Szenario 2 „Ausbau“	
	Produktion TWh	Zubau TWh	Zubau %	Zubau TWh	Zubau %
Biomasse und Abfall	12'473	1'884	15%	2'359	19%
Andere Erneuerbare	202	260	128%	327	162%
TOTAL	12'675	2'143	17%	2'686	21%

Quelle: IEA 2011

Ein deutlich höheres Wachstum ist in beiden Szenarien für Europa zu verzeichnen (Tab. 21). Die erneuerbare Wärmeproduktion steigt dort um rund 50% bis 65%.

Tabelle 21: Veränderung der europäischen Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020 (OECD Länder)

Technologien	2009	Szenario 1 „Baseline“		Szenario 2 „Ausbau“	
	Produktion TWh	Zubau TWh	Zubau %	Zubau TWh	Zubau %
Biomasse und Abfall	828	383	46%	511	62%
Andere Erneuerbare	62	55	89%	69	112%
TOTAL	890	438	49%	580	65%

Quelle: IEA 2011

Die von den beiden Szenarien der IEA aufgespannte Bandbreite der Entwicklung bis 2020 ist relativ eng. Im Vergleich zu Szenarien anderer Organisationen zeigen sich grössere Abweichungen (IPCC 2011). Die Szenarien der IEA liegen tendenziell an der unteren Grenze der veröffentlichten Bandbreite. Die Unterschiede zwischen verschiedenen Szenarien bis 2020 sind bei der Wasserkraft am geringsten und bei der Photovoltaik am grössten. Die Analysen des IPCC zeigen für den Zeitraum von 2011 bis 2020 eine Bandbreite der Investitionen in erneuerbare Energien von 1'360 bis 5'100 Mia. US-Dollar (949 bis 3'562 Mia. €). Die Szenarien der IEA sind angesichts dieser Vergleiche als konservativ zu beurteilen. In der Vergangenheit veröffentlichte Szenarien haben die tatsächliche Entwicklung zumindest bei einigen Technologien deutlich unterschätzt, wie der Vergleich von Prognosen und Wirklichkeit zeigt (Agentur für erneuerbare Energien, 2009).

Exportpotenzial von Schweizer Unternehmen im Bereich erneuerbarer Energien

Das Exportpotenzial Schweizer Unternehmen ergibt sich im Wesentlichen aus ihrer aktuellen Positionierung im Markt für erneuerbare Energien, den Wachstumspotenzialen in ihren Referenzmärkten und ihrer Fähigkeit, die sich bietenden Wachstumsmöglichkeiten auszuschöpfen. Zur aktuellen Positionierung lassen die Ergebnisse

der Unternehmensbefragung und die Analyse der Indikatoren zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit die folgenden Schlussfolgerungen zu:

- In den stark wachsenden Bereichen Wind- und Sonnenenergie haben sich Schweizer Unternehmen vor allem als Zulieferer (Hersteller von Kabeln und Steckverbindungen, Leistungselektronik) und Ausrüster (Fertigungsanlagen für Hersteller von Solarzellen- und -modulen) positioniert, weniger als Hersteller von Solar- und Windenergieanlagen. Daneben haben sich Hersteller von Siliziumwafern, Solarzellen und -modulen zum Teil Nischen abseits der Massenmärkte (z.B. 3S mit gebäudeintegrierten Solarzellen) gesucht. Das technologische Fundament liegt in der Elektrotechnik, Elektronik und im Maschinenbau. Diese Unternehmen sind in den letzten zehn Jahren stark mit dem Markt gewachsen. Die Absatzmärkte liegen schwerpunktmässig im europäischen Raum. Einige Zuliefer- und vor allem Ausrüstungsunternehmen sind darüber hinaus auf den globalen Markt ausgerichtet.
- Die Herstellung von Turbinen, Generatoren und anderen Komponenten für die Wasserkraft hat in der Schweiz eine lange Tradition. Einige bedeutende internationale Unternehmen (z.B. Alstom, Andritz) haben Produktionsstandorte in der Schweiz. Allerdings ist der Export dieser Produkte gemäss Aussenhandelsstatistik in den letzten zehn Jahren weitgehend konstant geblieben. Der Weltmarktanteil Schweizer Unternehmen sinkt dabei tendenziell. Darüber hinaus sind auch Ingenieurunternehmen im Bereich Wasserkraft international ausgerichtet. Die Absatzmärkte für die Schweizer Unternehmen liegen für die meisten kleinen und mittleren Unternehmen im europäischen Raum. Die grösseren Unternehmen sind hingegen auf dem Weltmarkt tätig.
- Im Bereich der erneuerbaren Wärme sind verschiedene Hersteller und Zulieferer von solarthermischen Anlagen, Wärmepumpen, Holzheizungen und -feuerungen sowie deren Zulieferer tätig. Sie exportieren vor allem in den europäischen Raum. Generell sind die Absatzmärkte von Wärme erzeugenden Technologien weniger stark interkontinental organisiert als diejenigen von Strom erzeugenden Technologien.

Wir gehen davon aus, dass die Schweizer Unternehmen ihren Weltmarktanteil im steigenden Markt für erneuerbare Energien grundsätzlich halten können und somit proportional zur globalen Marktentwicklung wachsen können (Tabelle 22).

Dafür sprechen die folgenden Gründe:

- Für die meisten Exportunternehmen ist Europa ein wichtiger Markt. Gemäss den WEO-Szenarien wird sich das Marktwachstum in Europa für viele Technologien nicht sehr stark vom globalen Marktwachstum unterscheiden. In einigen Bereichen (z.B. Photovoltaik oder solarthermische Stromerzeugung) wird dem europäischen Raum sogar ein stärkeres Wachstum prognostiziert. Diese Marktnähe spricht für die Ausschöpfung der Exportpotenziale durch Schweizer Unternehmen.
- Die sich aus den WEO-Szenarien ergebenden Wachstumsraten können in den wichtigen Bereichen (Wasserkraft, PV, Windenergie) als moderat bezeichnet werden, auch wenn man sie mit dem in den letzten Jahren realisierten Wachstum der Schweizer Unternehmen vergleicht. Die sehr hohen Wachstumsraten ergeben sich für Technologien, die sich derzeit auf einem sehr tiefen Ausgangsniveau befinden.

Tabelle 22: Annahmen zum durchschnittlichen jährlichen Wachstum der Schweizer Exporte zwischen 2010 und 2020

Technikfeld	Jährliches Exportwachstum bis 2020	
	Szenario 1 „Baseline“	Szenario 2 „Ausbau“
Kleinwasserkraft	2.5%	2.9%
Grosswasserkraft	2.5%	2.9%
Windenergie	5.0%	6.9%
Photovoltaik ¹⁾	1.3%	3.9%
Solarthermische Stromerzeugung	32.4%	39.1%
Solarthermische Kollektoren	0.8%	0.1%
Wellen- und Gezeitenenergie	9.2%	11.4%
Wärmepumpen	0.8%	0.1%
Tiefengeothermie	18.0%	21.6%
Holzheizungen	3.4%	4.4%
Holzfeuerungen	3.5%	4.4%
Biogasanlagen	3.1%	3.9%
Abfallverbrennung	3.8%	4.6%

¹⁾ stagnierende Entwicklung für Ausrüster von PV-Herstellern

Quelle: Berechnungen Ernst Basler + Partner und Rütter+Partner, basierend auf IEA (2011a)

4.2 Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien

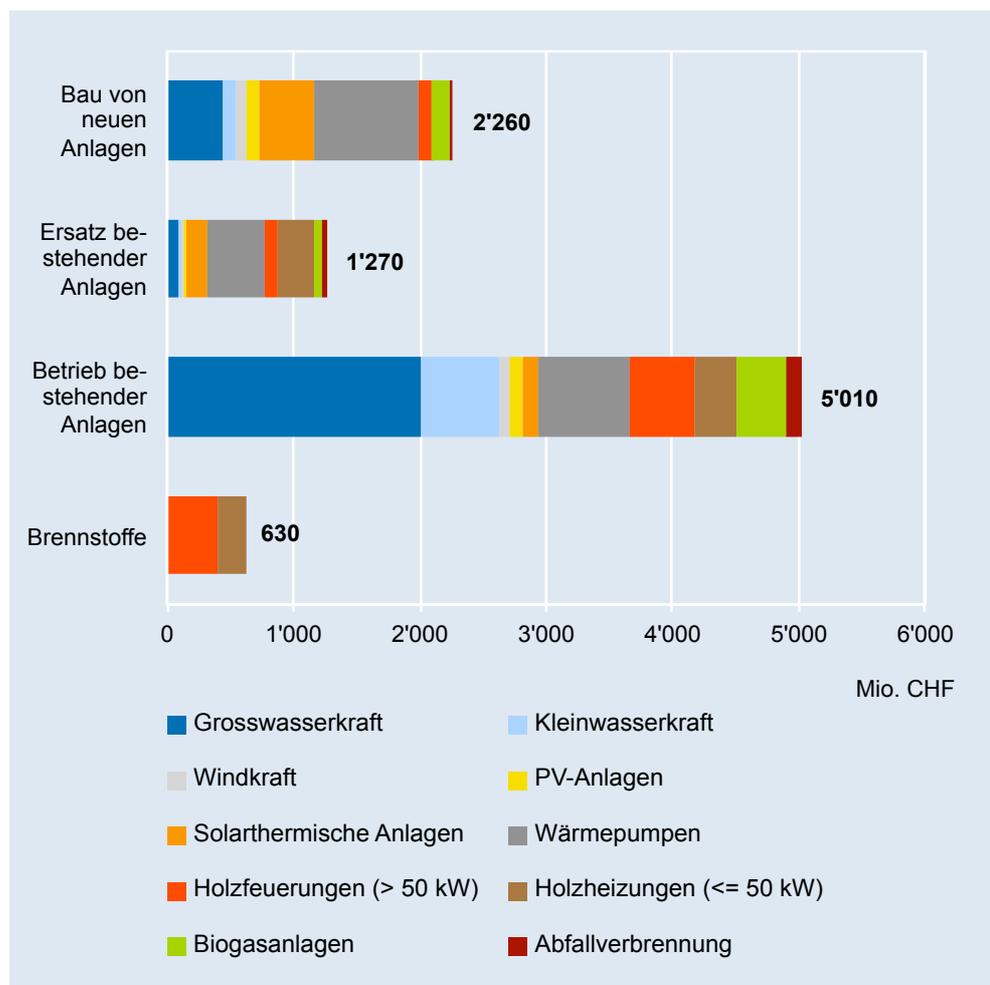
Dieses Kapitel stellt die wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien im Jahr 2020 dar. Zunächst werden die Ergebnisse für das Szenario 2 „Ausbau“ detailliert erläutert und anschliessend ein Vergleich mit dem Baseline-Szenario gezogen. Zudem werden die Auswirkungen der verschiedenen Annahmen zum Exportpotenzial der Schweizer Unternehmen erläutert.

4.2.1 Ausbauszenario

Ausgaben für Bau, Ersatz und Betrieb von EE-Anlagen

Ausgangspunkt für die Bestimmung der wirtschaftlichen Bedeutung sind die Ausgaben für Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz im Jahr 2020. Im Ausbauszenario fallen Ausgaben von knapp 9.2 Mia. CHF an (Abb. 55).

Abbildung 55: Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz, 2020, Szenario 2 „Ausbau“



Anmerkung: Werte in Preisen von 2010, Werte gerundet

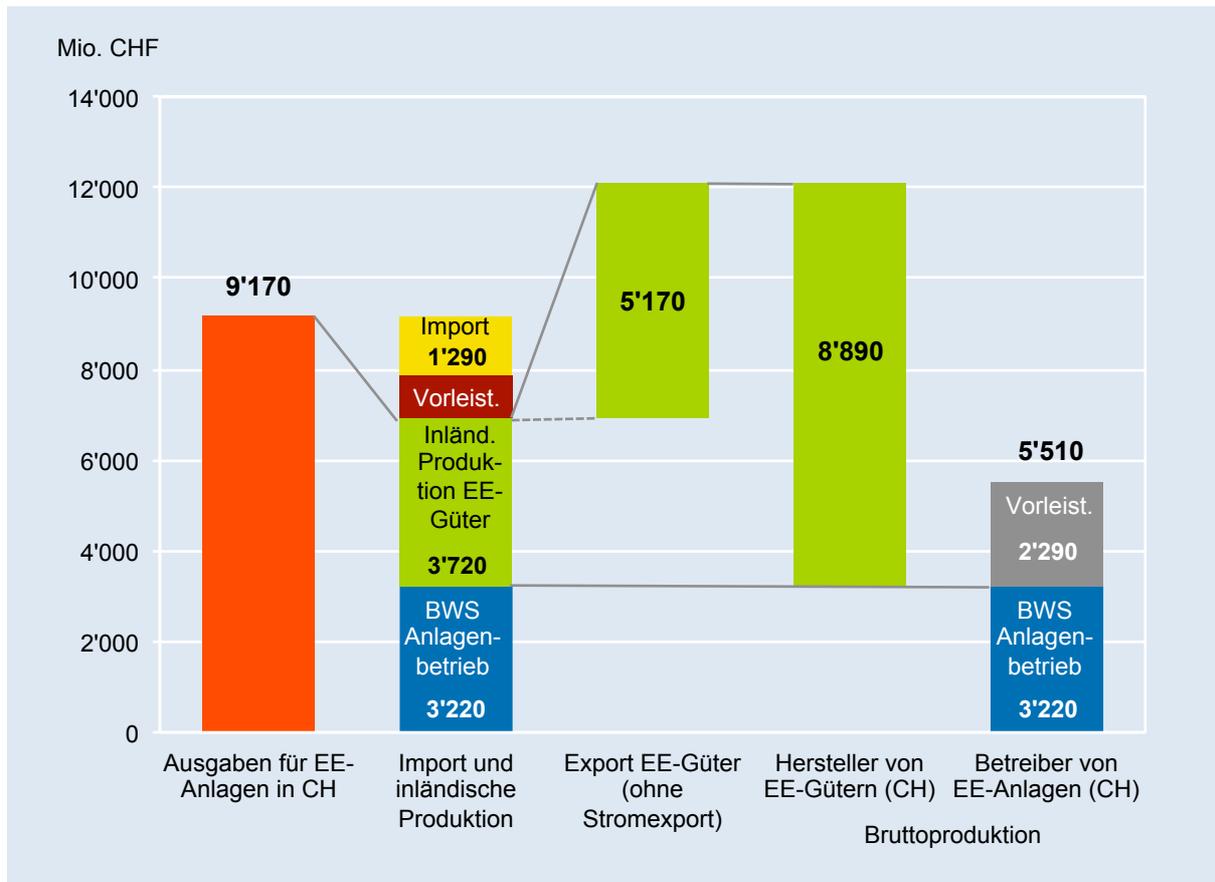
Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Mehr als die Hälfte davon (5 Mia. CHF) entfallen auf den Betrieb der Anlagen sowie weitere 630 Mio. CHF auf Brennstoffausgaben. Der Bau von neuen Anlagen schlägt mit gut 2.3 Mia. CHF zu Buche und der Ersatz bestehender Kapazitäten mit knapp 1.3 Mia. CHF. Im Vergleich zum Jahr 2010 (vgl. Abb. 15) fällt auf, dass vor allem die Ausgaben für den Anlagenbetrieb und den Ersatz deutlich steigen. Die Ausgaben für Neuanlagen steigen ebenfalls, das Wachstum fällt aber kleiner aus als in den zehn Jahren zuvor. Während die Wasserkraft stärker ausgebaut wird als in 2010, sind die Ausgaben für neue Photovoltaikanlagen und Holzenergieanlagen deutlich tiefer. Bei den PV-Anlagen ist dies überwiegend auf die bis 2020 deutlich sinkenden spezifischen Kosten sowie den nur leicht erhöhten Zubau zurückzuführen⁴⁵.

Von den Ausgaben für EE-Anlagen zur Bruttoproduktion der EE-Branche

Abbildung 56 zeigt, wie die Ausgaben für EE-Anlagen und die Produktion der EE-Branche zusammenhängen. Von den Ausgaben in Höhe von knapp 9.2 Mia. CHF entfällt gut ein Drittel auf die direkte Wertschöpfung durch den Betrieb der EE-Anlagen in der Schweiz. Rund 40% werden für Güter und Dienstleistungen für den Bau und Betrieb der Anlagen aufgewendet. Der Rest umfasst Vorleistungen von anderen Branchen und Importe aus dem Ausland.

Abbildung 56: Übergang von den Ausgaben für EE-Anlagen zur Produktion der EE-Branche, 2020, Szenario 2 „Ausbau“



Anmerkung: Werte in Preisen von 2010, Werte gerundet

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

⁴⁵ Die Jahresproduktion wird im Durchschnitt von 2010-2020 um rund 45 GWh gesteigert, im Jahr 2010 lag der Zuwachs bereits bei 33 GWh (vgl. Kap. 3.1.1 und 4.1.1).

Die Exporte der Schweizer EE-Branche betragen rund 5.2 Mia. CHF. Insgesamt werden in der Schweiz EE-Güter im Wert von 8.9 Mia. CHF produziert⁴⁶. Die Bruttoproduktion der Betreiber von EE-Anlagen beläuft sich auf 5.5 Mia. CHF. Für die gesamte EE-Branche (Anlagenbetreiber und Hersteller von EE-Gütern) ergibt sich somit eine Bruttoproduktion von 14.4 Mia. CHF.

Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung

Im Jahr 2020 erwirtschaftet die Schweizer Erneuerbare-Energien-Branche gemäss den Annahmen des Ausbau-Szenarios eine Bruttowertschöpfung von rund 6.4 Mia. CHF (Tab. 23). Dies entspricht einem Anteil von 1.1% am BIP der Schweiz (in Preisen von 2010). Diese Leistung wird mit rund 29'000 Vollzeit-Stellen erzielt. Der Anteil der EE-Branche an der gesamtwirtschaftlichen Beschäftigung entspricht damit 0.7%.

Tabelle 23: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der Schweizer EE-Branche, 2020, Szenario 2 „Ausbau“

Branche	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF ¹⁾	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	Arbeitsproduktivität in CHF
Branche Erneuerbare Energien	6'392	29'190	218'981
Gesamtwirtschaft²⁾	584'795	4'007'100	145'940
Anteil EE-Branche	1.1%	0.7%	

¹⁾ in Preisen von 2010
²⁾ Anzahl Beschäftigte Gesamtwirtschaft und BIP 2020 geschätzt.

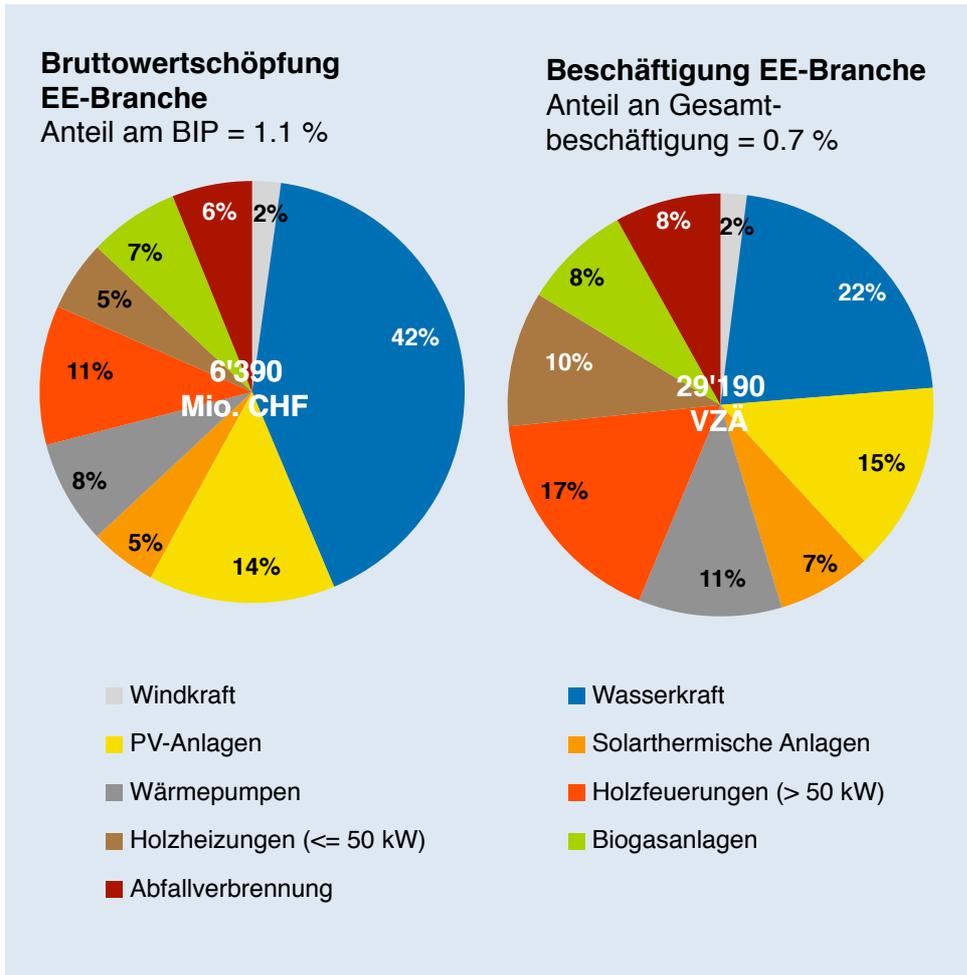
Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Die Aufteilung auf Technikfelder zeigt für die Wertschöpfung eine weiterhin hohe Bedeutung der Wasserkraft (Abb. 57). Im Vergleich zu 2010 (vgl. Abb. 22) sinkt ihr Anteil jedoch von 48% auf 42% zugunsten der übrigen Technologien. Ein besonders starker Zuwachs entfällt dabei auf die Biogasanlagen, während insbesondere die Holzheizungen an Bedeutung verlieren. Die Wärme erzeugenden Technologien (Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse) haben auch in Zukunft eine grössere Bedeutung für die Beschäftigung als für die Wertschöpfung.

Abbildung 58 zeigt das Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2010 und 2020 für verschiedene Indikatoren. Die Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien steigen um 2.4% pro Jahr. Gemäss den Annahmen für das Ausbau-Szenario halbiert sich also das Ausgabenwachstum im Vergleich zur Periode zwischen 2000 und 2010. Die Bruttowertschöpfung steigt mit 2.9% leicht stärker als die Ausgaben. Der Grund hierfür ist, dass die Exporte im Jahr 2020 ein stärkerer Treiber für die Wertschöpfung sind als die Produktion für den Inlandsmarkt. Das Wachstum der Beschäftigung liegt mit jährlich 2.5% leicht unter demjenigen der Wertschöpfung. Die Exporte von Gütern für die Nutzung erneuerbarer Energien steigen mit 4.9% weiterhin stärker als die inländischen Ausgaben, jedoch deutlich weniger stark als in der vorhergehenden Dekade.

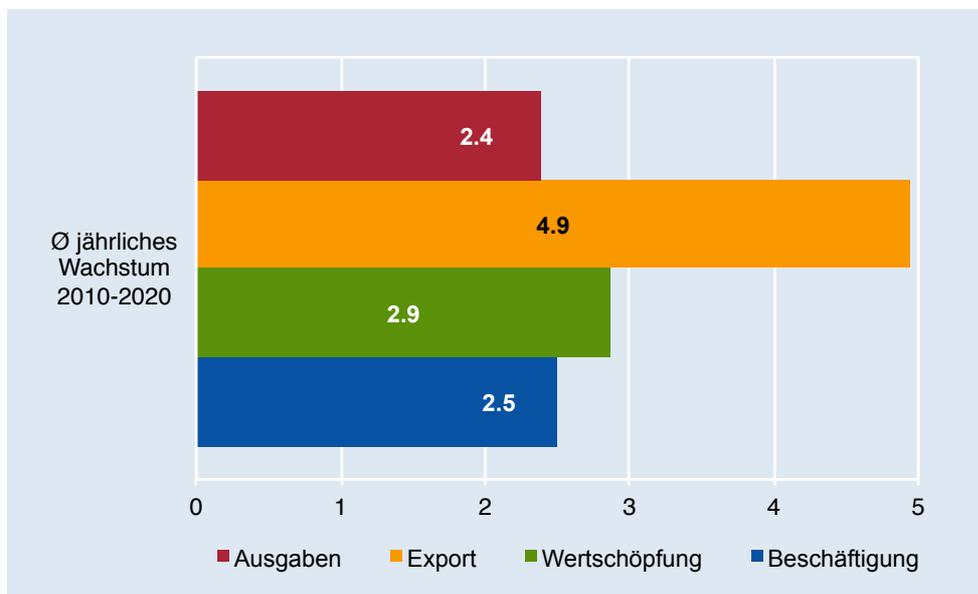
⁴⁶ ohne Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien

Abbildung 57: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der Schweizer EE-Branche, 2020, Szenario 2 „Ausbau“



Quelle: Berechnung Rütter+Partner; BWS in Preisen von 2010

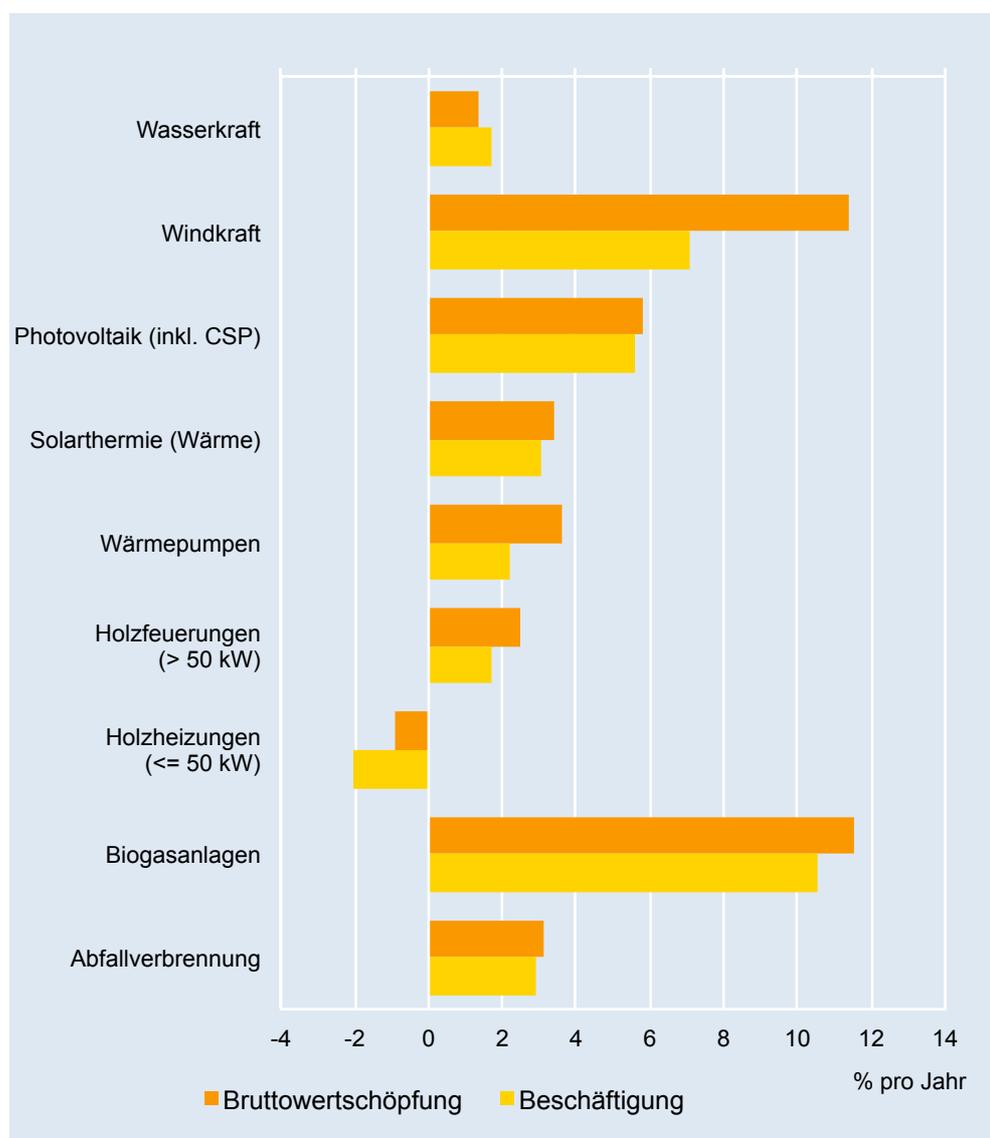
Abbildung 58: Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2010 und 2020 (Szenario 2 „Ausbau“)



Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Die Analyse nach Technologien zeigt wiederum sehr unterschiedliche Zuwachsraten für Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (Abb. 59). Am stärksten nehmen sie mit jährlichen Wachstumsraten zwischen 10% und 12% für Biogasanlagen und die Windkraft zu. Bei der Windkraft wächst die Wertschöpfung stärker als die Beschäftigung, weil in 2020 der wertschöpfungsintensive Betrieb im Vergleich zu den Investitionen eine grössere Bedeutung hat als in 2010. Für die Photovoltaik wächst die wirtschaftliche Bedeutung um knapp 6% pro Jahr. Es folgen die übrigen Technologien mit geringerem Wachstum. Für Holzheizungen ist eine leichte Abnahme zu verzeichnen. Für die Beschäftigung fällt sie stärker aus als für die Wertschöpfung, da insbesondere die beschäftigungsintensive Bereitstellung von Stückholz in der Forstwirtschaft an Bedeutung verliert.

Abbildung 59: Veränderung von direkter Bruttowertschöpfung und Beschäftigung zwischen 2010 und 2020 (Szenario 2 „Ausbau“) nach Technologien



Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Sensitivitätsanalyse Exporte von PV-Ausrüstern

Unter den Schweizer Exporteuren sind Unternehmen relativ stark vertreten, die Investitionsgüter für die Hersteller von Solarzellen und -modulen liefern. Bei der Schätzung der künftigen Exporte dieser Unternehmen sind verschiedene Besonderheiten zu beachten:

- Das Geschäftsfeld der PV-Ausrüster sind die Produktionsanlagen der Hersteller von Silizium-Wafern, Solarzellen und Solarmodulen. Ihr Umsatz hängt also von den Investitionen der PV-Hersteller ab. In den vergangenen Jahren war der starke Anstieg der weltweiten Produktionskapazitäten in der Photovoltaik daher ein wichtiger Umsatztreiber für die Schweizer PV-Ausrüster. Bei Überkapazitäten in der PV-Industrie, wie sie derzeit vorliegen (Sarasin 2011), sind hingegen die Umsätze der PV-Ausrüster früh negativ betroffen. Knüpft man das Wachstum der PV-Ausrüster an die Entwicklung des Anlagenzubaues, so resultiert daraus tendenziell eine Überschätzung.
- Neben dem quantitativen Ausbau der Produktionskapazitäten ist auch die Qualität der Anlagen relevant. Hersteller von Investitionsgütern spielen eine wichtige Rolle für den technischen Fortschritt in der Herstellung von Solarmodulen. Dieser zielt vor allem darauf, die spezifischen Kosten zu senken (Stichwort integrierte Fertigung von Solarmodulen) und den Wirkungsgrad der Zellen zu steigern. Die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts und das damit verbundene Potenzial der Ertragssteigerung für die PV-Hersteller hat ebenfalls einen Einfluss auf deren Investitionsvolumen.
- Die für die Herstellung von Solarmodulen unterstellte Kostendegression, die sich in den Umsätzen der PV-Hersteller widerspiegelt, ist nicht auf die PV-Ausrüster übertragbar. Diese könnten sogar steigende Preise durchsetzen, wenn ihre Anlagen effizienter werden.
- Schliesslich liegt der Absatzmarkt der PV-Ausrüster nicht in den Regionen, in denen die Solaranlagen aufgestellt werden, sondern in den Regionen, in denen die Hersteller dieser Anlagen beheimatet sind. Hier ist derzeit eine Verlagerung des Wachstums vom europäischen Raum in den asiatischen Raum zu beobachten (Sarasin 2011). Für die Schweizer PV-Ausrüster stellt sich daher die Frage, ob dieses Wachstum aus der Schweiz bedient wird oder durch ausländische Tochtergesellschaften.

Diese Faktoren machen eine Projektion der Exporte für die PV-Ausrüster besonders schwierig. Im Ausbauszenario resultiert aus den in Kapitel 4.1.2 beschriebenen Annahmen für den gesamten PV-Bereich ein Wachstum der Exporte um rund 50% zwischen 2010 und 2020. In einer Sensitivitätsrechnung untersuchen wir den Einfluss dieser Annahme auf das Ergebnis, indem wir für die PV-Ausrüster am unteren Rand von einer Stagnation der Exporte ausgehen und am oberen Rand von einer Verdoppelung bis 2020.

Die Sensitivitätsrechnung zeigt für das Niveau der Exporte eine Abnahme bzw. Zunahme um rund 8% gegenüber der Grundvariante des Ausbauszenarios (Tab. 24). Die Bruttowertschöpfung schwankt dadurch jedoch nur um knapp 2%, und bei der Beschäftigung wären sogar nur gut 1% tangiert.

Tabelle 24: Sensitivitätsrechnung zu den Exporten der PV-Ausrüster

Indikator	Einheit	Variante Stagnation Exporte	Variante Verdoppelung Exporte
Bruttowertschöpfung in EE-Branche	Mio. CHF ¹⁾	6'289	6'514
Anzahl Beschäftigte in EE-Branche	VZÄ	28'810	29'630

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

4.2.2 Baseline-Szenario

Im Baseline-Szenario wird national und global ein im Vergleich zum Ausbauszenario geringeres Wachstum der Nutzung erneuerbarer Energien angenommen. Im Jahr 2020 sind gemäss den Szenarioannahmen sowohl die Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz als auch die Exporte von EE-Gütern ins Ausland kleiner als im Ausbauszenario. Die Ausgaben sind mit gut 8.2 Mia. CHF um 10% tiefer, während die Exporte mit gut 4.3 Mia. CHF um 17% kleiner ausfallen (Tab. 25). Die Ausgaben sind vor allem für Windenergie, Photovoltaik und Biogasanlagen deutlich tiefer als im Ausbauszenario (zwischen 40% und 80%), während die Unterschiede bei den übrigen Technologien mit weniger als 18% moderater ausfallen. Bei den Exporten entwickelt sich vor allem die Photovoltaik schwächer. Dadurch steigt die Bruttowertschöpfung der EE-Branche nur auf gut 5.7 Mia. CHF oder 1.0% des Schweizer BIP im Jahr 2020. Gegenüber dem Ausbauszenario bedeutet dies eine Differenz von 10%. Die Beschäftigung der EE-Branche fällt im Baseline-Szenario sogar um 13% niedriger aus als im Ausbauszenario; sie erreicht ein Niveau von 25'500 Vollzeitäquivalenten oder 0.6% der Gesamtbeschäftigung in der Schweiz. Damit wächst die EE-Branche im Baseline-Szenario gegenüber dem Jahr 2010 nur um 2'700 Beschäftigte, aber damit immerhin stärker als die Gesamtbeschäftigung der Schweiz. Auch die Exporte der EE-Branche entwickeln sich leicht überdurchschnittlich.

Tabelle 25: Wirtschaftliche Indikatoren im Baseline-Szenario 2020 und Vergleich mit dem Ausbauszenario

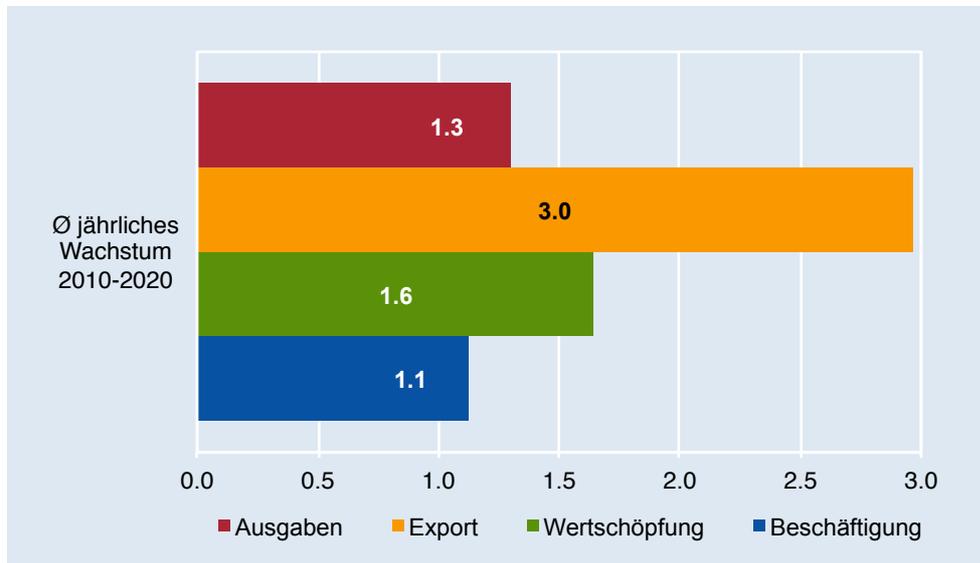
Indikator	Einheit	Szenario 1 „Baseline“	Differenz Szenario 1 zu Szenario 2
Ausgaben für erneuerbare Energien CH	Mio. CHF ¹⁾	8'246	-10%
Exporte von EE-Gütern	Mio. CHF ¹⁾	4'278	-17%
Bruttowertschöpfung in EE-Branche	Mio. CHF ¹⁾	5'672	-11%
Anteil am BIP der Schweiz	%	1.0%	
Anzahl Beschäftigte in EE-Branche	VZÄ	25'510	-13%
Anteil an Gesamtbeschäftigung CH	%	0.6%	

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Abbildung 60 zeigt die durchschnittliche jährliche Entwicklung der wichtigsten Indikatoren zwischen 2010 und 2020 im Baseline-Szenario. Sie entwickeln sich deutlich schwächer als im Ausbauszenario.

Abbildung 60: Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2010 und 2020 (Szenario 1 „Baseline“)



Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Sensitivitätsanalyse Exporte

Die Unterschiede zwischen Baseline-Szenario und Ausbau-Szenario haben zwei Ursachen: die geringere Nutzung erneuerbarer Energien im Inland und die schwächeren Exporte von Gütern für die Nutzung erneuerbarer Energien im Ausland. Die folgende Sensitivitätsrechnung verdeutlicht den Einfluss der tieferen Exporte auf Wertschöpfung und Beschäftigung.

Würde man im Ausbau-Szenario die tieferen Exporte des Baseline-Szenarios unterstellen, so läge die Bruttowertschöpfung im Jahr 2020 bei 6.15 Mia. CHF statt 6.4 Mia. CHF und die Anzahl Beschäftigte käme auf 27'800 statt 29'200 Vollzeitstellen. Die um 17% tieferen Exporte würden die Wertschöpfung und die Beschäftigung also nur um rund 4% verringern.

4.2.3 Indirekte Effekte und gesamte wirtschaftliche Bedeutung

Die Erneuerbare-Energien-Branche ist über ihre Zulieferketten mit den übrigen Branchen in der Schweizer Volkswirtschaft verflochten. Die Ergebnisse der Impact-Analyse für die beiden Szenarien „Ausbau“ und „Baseline“ werden in den folgenden zwei Abschnitten gezeigt.

Ausbau-Szenario

Im Ausbau-Szenario wird indirekt eine Bruttowertschöpfung von knapp 4.2 Mia. CHF und eine Beschäftigung von rund 28'100 Vollzeitstellen generiert (Tab. 26). Fasst man die direkte Bedeutung und die indirekten Effekte zusammen, so resultiert insgesamt eine Bruttowertschöpfung von knapp 10.6 Mia. CHF, die mit den erneuerbaren Energien verbunden ist. Dies entspricht einem Anteil von 1.8% am

BIP der Schweiz im Jahr 2020. Die indirekten Effekte haben dabei einen Anteil von 40% (Abbildung 54).

Tabelle 26: Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien im Ausbau-Szenario, 2020

	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF ¹⁾	<i>Anteil am Total</i>	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	<i>Anteil am Total</i>
Direkte Bedeutung	6'392	60%	29'190	51%
Indirekte Bedeutung	4'192	40%	28'110	49%
Total	10'585	100%	57'300	100%
Anteil an Gesamtwirtschaft	1.8%		1.4%	

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnungen Rütter+Partner

Die insgesamt mit erneuerbaren Energien verbundene Beschäftigung erreicht rund 57'300 Vollzeitstellen, was einem Anteil von 1.4% an der Gesamtbeschäftigung im Jahr 2020 entspricht. Hier machen die indirekten Effekte knapp die Hälfte aus.

Baseline-Szenario

Im Baseline-Szenario wird indirekt eine Bruttowertschöpfung von knapp 3.7 Mia. CHF und eine Beschäftigung von rund 24'500 Vollzeitstellen generiert (Tabelle 27). Zusammen mit der direkten Bedeutung ergibt sich insgesamt eine Bruttowertschöpfung von gut 9.3 Mia. CHF oder 1.6% vom BIP der Schweiz im Jahr 2020. Die insgesamt mit erneuerbaren Energien verbundene Beschäftigung erreicht 50'000 Vollzeitstellen, was einem Anteil von 1.2% an der Gesamtbeschäftigung im Jahr 2020 entspricht. Die indirekten Effekte haben jeweils den gleichen Anteil an den Gesamteffekten wie im Ausbauszenario .

Tabelle 27: Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien im Baseline-Szenario, 2020

	Bruttowertschöpfung in Mio. CHF ¹⁾	<i>Anteil am Total</i>	Anzahl Beschäftigte In VZÄ	<i>Anteil am Total</i>
Direkte Bedeutung	5'672	61%	25'510	51%
Indirekte Bedeutung	3'659	39%	24'490	49%
Total	9'330	100%	50'000	100%
Anteil an Gesamtwirtschaft	1.6%		1.2%	

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnungen Rütter+Partner

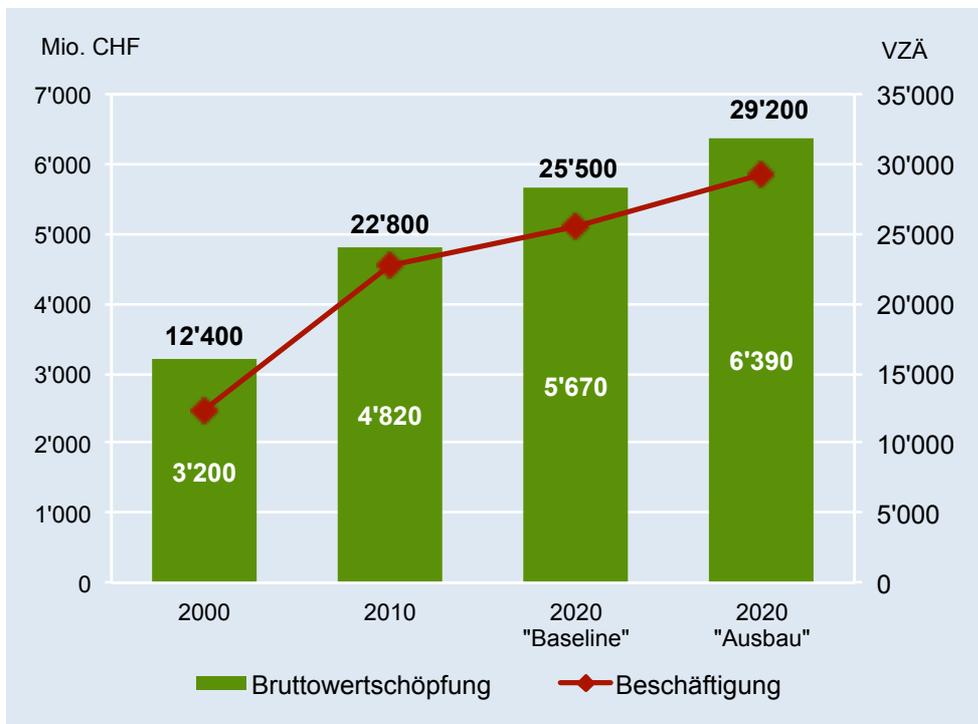
4.2.4 Vergleich mit der vergangenen Entwicklung

In diesem Abschnitt werden nun die Ergebnisse für 2020 mit der Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Branche zwischen 2000 und 2010 analysiert.

Direkte wirtschaftliche Bedeutung

Zwischen 2000 und 2010 ist die direkte Bruttowertschöpfung der EE-Branche von 3.2 Mia. CHF auf 4.8 Mia. CHF gestiegen (Abbildung 61 und Tabelle 28). Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von 4.2% (Abbildung 62). Im gleichen Zeitraum nahm die Zahl der Beschäftigten von rund 12'400 auf knapp 23'000 Vollzeitstellen zu (6.3% jährliches Wachstum). Im Baseline-Szenario, das nach unserer Einschätzung für den Ausbau erneuerbarer Energien von konservativen Annahmen ausgeht, würden die Wertschöpfung und Beschäftigung bis 2020 nur noch schwach mit 1.6% bzw. 1.1% pro Jahr weiterwachsen. Im Ausbau-Szenario ist der Zuwachs deutlich stärker als im Baseline-Szenario, aber immer noch kleiner als im Zeitraum 2000 bis 2010. Die Wertschöpfung steigt hier auf 6.4 Mia. CHF (plus 2.9% pro Jahr) und die Beschäftigung auf gut 29'000 Vollzeitäquivalente (plus 2.5% pro Jahr).

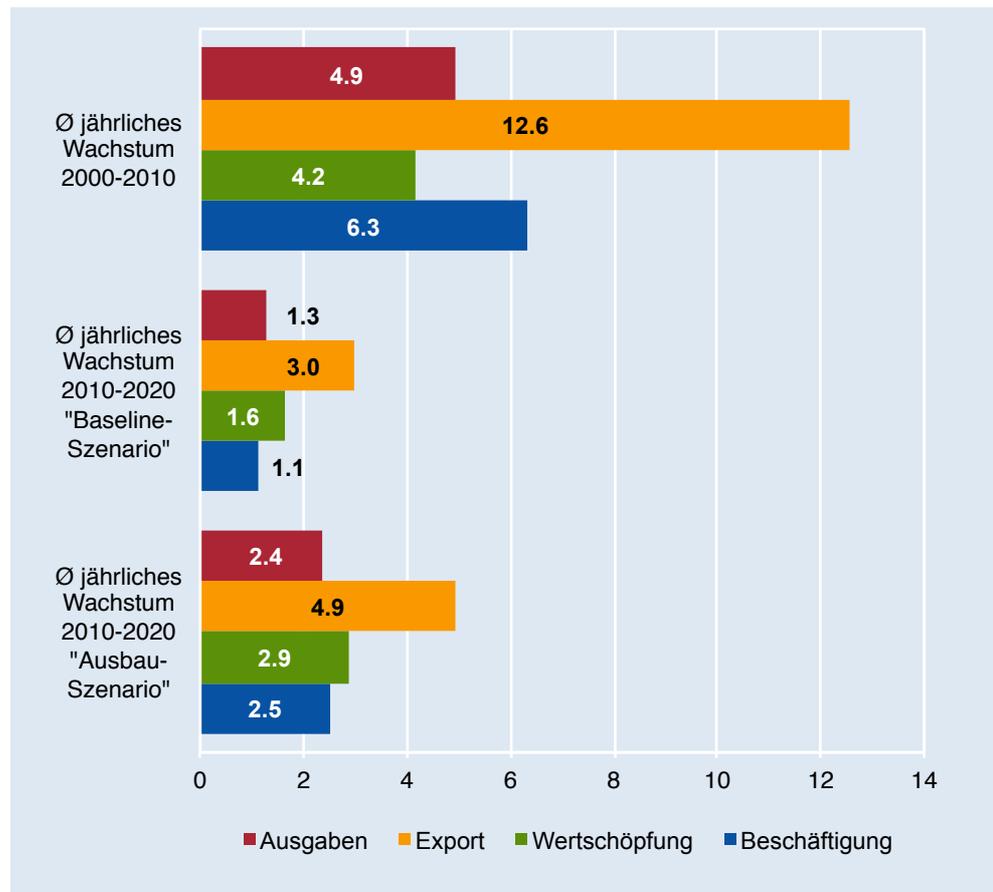
Abbildung 61: Entwicklung von Bruttowertschöpfung und Beschäftigung durch erneuerbare Energien, 2000 - 2020



Anmerkung: BWS in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Abbildung 62 zeigt auch die Entwicklung der wesentlichen Einflussfaktoren auf das unterschiedliche Wachstum in den Szenarien: die Ausgaben für erneuerbare Energien im Inland und die Exporte von EE-Gütern ins Ausland. In den 2000er-Jahren haben die inländischen Ausgaben um knapp 5% pro Jahr zugenommen. Die Exporte sind mit 12.6% Wachstum pro Jahr markant gestiegen. Im Ausbauszenario ist für beide Bestimmungsfaktoren gemäss den Szenarioannahmen mit einem geringeren Wachstum zu rechnen. Die inländischen Ausgaben würden um knapp 2.5% steigen, während die Exporte mit fast 5% pro Jahr zunehmen würden. Im Baseline-Szenario ist mit deutlich geringeren Wachstumsraten zu rechnen.

Abbildung 62: Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2020

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle 28: Entwicklung zentraler wirtschaftlicher Indikatoren der EE-Branche zwischen 2000 und 2020

Indikator	Einheit	2000	2010	2020	2020
				Szenario „Baseline“	Szenario „Ausbau“
Ausgaben für erneuerb. Energien CH	Mio. CHF ¹⁾	4'480	7'257	8'246	9'171
Exporte von EE-Gütern	Mio. CHF ¹⁾	978	3'195	4'278	5'175
Bruttowertschöpfung in EE-Branche	Mio. CHF ¹⁾	3'197	4'817	5'672	6'392
Anteil am BIP der Schweiz	%	0.7%	0.9%	1.0%	1.1%
Anzahl Beschäftigte in EE-Branche	VZÄ	12'380	22'810	25'510	29'190
Anteil an Gesamtbeschäftigung CH	%	0.4%	0.6%	0.6%	0.7%

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Im Vergleich zur Entwicklung zwischen 2000 und 2010 deuten die Ergebnisse insgesamt auf ein gebremstes Wachstum der Schweizer EE-Branche bis 2020 im Ausbau-Szenario hin. Das Wachstum ist jedoch im Vergleich zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung bis 2020 stark überdurchschnittlich. Während für das BIP der Schweiz ein jährliches Wachstum von nur knapp 1% erwartet wird (Ecoplan 2011), dürfte die Wertschöpfung der EE-Branche um jährlich 3.4% steigen. Auch für die Beschäftigung ist eine Wachstumsrate von gut 3% pro Jahr zu erwarten. Absolut gesehen steigt die Wertschöpfung der EE-Branche ähnlich stark wie zwischen

2000 und 2010. Wegen der steigenden Arbeitsproduktivität der EE-Branche fällt der Zuwachs bei der Beschäftigung etwas kleiner aus. Die Exporte im Bereich erneuerbare Energien entwickeln sich mit fast 5% Wachstum pro Jahr ebenfalls stark überdurchschnittlich. Für das Total der Exporte wird ein Wachstum von nur 2.6% pro Jahr erwartet. Damit zeigt sich die EE-Branche als ein Wachstumstreiber für die Schweizer Volkswirtschaft.

Indirekte Effekte und gesamte wirtschaftliche Bedeutung

Werden zu den direkten Effekten auch die indirekten Effekte hinzugezählt, ergibt sich die gesamte wirtschaftliche Bedeutung der EE-Branche. Zwischen 2000 und 2010 ist die gesamte Bruttowertschöpfung der EE-Branche von rund 4.5 Mia. CHF auf rund 8 Mia. CHF gestiegen (Tabelle 29), was einer jährlichen Zunahme von 5.8% entspricht. Im gleichen Zeitraum nahm die Zahl der Beschäftigten von gut 22'600 auf 46'200 Vollzeitstellen zu (+7.4% pro Jahr). Dieser starke Anstieg zwischen 2000 und 2010 zeigt sich auch bei den Anteilen an der Gesamtwirtschaft. Während der Anteil der EE-Branche am BIP von 1.0% auf 1.5% angestiegen ist, verdoppelte sich der Anteil der Beschäftigung an der gesamten Schweizer Beschäftigung von 0.6% auf 1.2%.

Im Baseline-Szenario würden Wertschöpfung und Beschäftigung bis 2020 nur noch schwach weiterwachsen. Im Ausbau-Szenario ist der Zuwachs deutlich stärker. Die Wertschöpfung steigt auf rund 10.6 Mia. CHF (plus 2.8% pro Jahr) und die Beschäftigung auf rund 57'300 Vollzeitäquivalente (plus 2.2% pro Jahr).

Tabelle 29: Entwicklung der direkten und indirekten wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2020

	Einheit	2000	2010	2020 Szenario „Baseline“	2020 Szenario „Ausbau“
Direkte Bruttowertschöpfung	Mio. CHF ¹⁾	3'197	4'817	5'672	6'392
Indirekte Bruttowertschöpfung	Mio. CHF ¹⁾	1'351	3'189	3'659	4'192
Bruttowertschöpfung Total	Mio. CHF¹⁾	4'548	8'005	9'330	10'585
<i>Anteil am BIP der Schweiz</i>	%	1.0%	1.5%	1.6%	1.8%
Direkte Beschäftigung	VZÄ	12'380	22'810	25'510	29'190
Indirekte Beschäftigung	VZÄ	10'230	23'390	24'490	28'110
Beschäftigung Total	VZÄ	22'610	46'200	50'000	57'300
<i>Anteil an Gesamtbeschäftigung CH</i>	%	0.6%	1.2%	1.2%	1.4%

¹⁾ in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

4.3 Förderkosten

Diesen positiven Brutto-Effekten der Nutzung erneuerbarer Energien stehen Kosten zu deren Förderung gegenüber. Diese Förderkosten werden für Szenario 1 auf rund 250 bis 320 Mio. CHF und für Szenario 2 auf rund 480 bis 600 Mio. CHF geschätzt (Tabelle 30). Die Bandbreite der Schätzungen weist auf die Unsicherheit hin, mit denen die Berechnungen der Förderkosten verbunden sind (vgl. Vorgehen und Annahmen in Kap. 2.7.5). Im Vergleich zum Jahr 2010 steigen die Förderkosten für die erneuerbare Elektrizitätsproduktion in beiden Szenarien.

Die Förderkosten für Wärme liegen im Baseline-Szenario für 2020 tiefer als 2010. Es ist davon auszugehen, dass der Ausbau gemäss Baseline-Szenario erreicht wird, ohne dass die heute aus der CO₂-Abgabe zur Verfügung stehenden Mittel ausgeschöpft werden.⁴⁷

Im Ausbau-Szenario liegen die Förderkosten für Wärme in der gleichen Grössenordnung wie 2010. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass der durchschnittliche jährliche Zubau bei Solarthermie und Wärmepumpen in den Jahren 2011 bis 2020 nur leicht über dem Zubau im Jahr 2010 liegt. Bei den Holzfeuerungen wird davon ausgegangen, dass der durchschnittliche Zubau bis 2020 gegenüber dem Zubau 2010 deutlich zurückgeht. Zum anderen ist davon auszugehen, dass mit der Einführung neuer energiepolitischer Instrumente die Vorschriften zum Anteil erneuerbarer Energien (insbesondere bei Gebäuden) verschärft werden.

Tabelle 30: Förderkosten Wärme und Elektrizität im Jahr 2020 (in Mio. CHF)

	2010	2020 Szenario 1 „Baseline“	2020 Szenario 2 „Ausbau“
Wärme: Investitionsbeiträge ¹⁾	43	15 - 25	35 - 55
Elektrizität: KEV	69	240 - 300	440 - 540
Total	112	250 – 320	480 - 600

¹⁾ Holzfeuerungen (>50 kW), solarthermische Anlagen und Wärmepumpen

Quelle: EnergieSchweiz (2011), Stiftung KEV (undatiert), Berechnungen EBP

Bei den Investitionsbeiträgen zur erneuerbaren Wärmenutzung werden solarthermische Anlagen, Wärmepumpen sowie Holzfeuerungen ab 50 kW installierter Leistung berücksichtigt. In beiden Szenarien werden rund 70% der Förderkosten für die Solarthermie eingesetzt. Für kleinere Holzheizungen fallen in beiden Szenarien keine Förderkosten an, da in beiden Szenarien kein Zubau stattfindet.⁴⁸ Mit Biomasse betriebene Wärmekraftkopplungs-Anlagen sind bei der Wärme nicht berücksichtigt. Sie werden über die kostendeckende Einspeisevergütung für Elektrizität gefördert.

Bei den Kosten für die Förderung der erneuerbaren Stromproduktion durch die KEV sind alle Technologien berücksichtigt. Die in der Tabelle dargestellten Vergütungen aus dem KEV-Fonds hängen stark von der Entwicklung des Marktpreises an der Strombörse ab.⁴⁹ Die hier berechneten Förderkosten zeigen die Bandbreite bei einem Marktpreis von 7 bis 10 Rp./kWh im Jahr 2020.⁵⁰ Diese Kosten werden über den Zuschlag auf die Übertragungskosten finanziert, der aktuell maximal 0.6 Rp./kWh und ab 2013 maximal 0.9 Rp./kWh betragen darf.⁵¹ Der Zuschlag in den

⁴⁷ Die Globalbeiträge des Bundes nach Art. 15 EnG werden seit 2010 aus der CO₂-Teilzweckbindung finanziert. Im Jahr 2010 hat der Bund insgesamt 67 Mio. CHF in der Form von Globalbeiträgen ausbezahlt (EnergieSchweiz 2011).

⁴⁸ Auch wenn die installierte Leistung von 2010 bis 2020 insgesamt sinkt, werden einzelne Anlagen neu installiert werden. Wir gehen aber davon aus, dass diese im Jahr 2020 nicht mehr gefördert werden.

⁴⁹ Der Marktpreis gemäss Art. 3 j, Abs. 2 EnV ist massgebend für die Festlegung des KEV-Zuschlages. Er wird auf Basis der mengengewichteten Preise gemäss SWISSIX Base und Berücksichtigung des Wechselkurses festgelegt.

⁵⁰ Im Jahr 2011 lag der durchschnittliche Marktpreis bei rund 7 Rp./kWh.

⁵¹ Insgesamt darf die Summe der Zuschläge 1.0 Rappen/kWh auf dem Endverbrauch pro Jahr nicht übersteigen. Höchstens 0.1 Rappen davon sind für die Entschädigung von Kosten für Gewässerschutzmassnahmen reserviert (Art. 15b Abs. 4 EnG). Weiter werden aus dem Zuschlag die Rückvergütung für Grossverbraucher, wettbewerbliche Ausschreibungen für Energieeffizienz und Risikobürgschaften für Geothermieprojekte finanziert.

beiden Szenarien ist von der Entwicklung des Endverbrauchs von Strom abhängig. Dieser steigt in Szenario 1 bis 2020 gegenüber 2010 rund 5% an, in Szenario 2 ist er etwa konstant (gemäss Energieperspektiven, Prognos 2012a). Daraus resultiert folgender Zuschlag:

- Szenario 1: 0.40 bis 0.49 Rp./kWh. Im Baseline-Szenario wird der heute maximal mögliche Zuschlag nicht ausgeschöpft.
- Szenario 2: 0.75 bis 0.92 Rp./kWh. Im Ausbau-Szenario würde der Zuschlag ganz leicht über dem heute festgelegten Maximum liegen.

Bei diesen Berechnungen wird aber angenommen, dass der gesamte Zubau über die KEV gefördert wird. Würde ein Teil der zusätzlichen erneuerbaren Elektrizität über den freien Markt (gemäss Art. 7b EnG) abgesetzt, so wäre der Zubau auch im Ausbau-Szenario über die heutige KEV finanzierbar.

Im Vergleich von Wärme- und Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien zeigt sich, dass bei der Wärme die Förderkosten deutlich tiefer sind als bei der Elektrizität, obwohl der Zubau grösser ist. Es ist davon auszugehen, dass bei der Wärme ein grosser Teil des Wechsels zu erneuerbaren Energien ohne Förderbeiträge stattfindet. Ein Grund dafür ist, dass mit erneuerbaren Energieträgern betriebene Heizungen im Vergleich zu fossil betriebenen Heizungen bezüglich der Gesamtkosten gut abschneiden. Dies gilt insbesondere, wenn externe Kosten fossiler Energieträger über die CO₂-Abgabe noch stärker internalisiert werden. Ein weiterer Grund für den Umstieg auf erneuerbare Energien bei der Wärme sind Vorgaben in der kantonalen Energiegesetzgebung sowie bei der Zertifizierung von Gebäuden nach dem Minergie-Standard.

Im Vergleich zur direkten Wertschöpfung betragen die Förderkosten im Baseline-Szenario rund 5% und im Ausbau-Szenario rund 9%. Die verstärkte Förderung betrifft hauptsächlich die erneuerbare Stromproduktion, bei der Wärme wird vor allem die Solarthermie stärker gefördert.

5. Diskussion der Ergebnisse und Fazit

Die vorliegende Studie zeigt die *wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz* und das *zukünftige Entwicklungspotenzial bis 2020* auf. Bei der „Erneuerbare-Energien-Branche“ handelt es sich um eine Querschnittsbranche, die in den offiziellen Wirtschaftsstatistiken kaum zu identifizieren ist. Für die fundierte Erfassung der Branche wurden daher zwei Ansätze kombiniert: Erstens die Analyse der durch Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgelösten Umsätze. Zweitens wurde eine Unternehmensbefragung bei Schweizer Unternehmen durchgeführt, die im Bereich erneuerbarer Energien tätig sind. So konnten insbesondere die Exporte geschätzt werden, die ebenfalls statistisch nicht vollständig erfasst werden können. Neben der direkten wirtschaftlichen Bedeutung wurden mit Modellrechnungen auch die indirekten Effekte der Nutzung erneuerbarer Energien ermittelt. Zur Einschätzung der künftigen Entwicklung wurden bereits vorliegende Szenarien analysiert und für die Berechnungen verwendet.

Wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien

Die *Ergebnisse* der Studie zeigen die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien: Im Vergleich zum Jahr 2000 ist die Bruttowertschöpfung der EE-Branche bis 2010 um rund 50% gewachsen. Dies ist zum Einen auf den Ausbau erneuerbarer Energien in der Schweiz zurückzuführen, der ab 2005 zu einem deutlichen Anstieg der Investitionsausgaben führte. Der Zubau fand vor allem bei der erneuerbaren Wärmeproduktion statt. Im Vordergrund standen Investitionen in Wärmepumpen, Solarthermie sowie Holzfeuerungen und -heizungen. Zum Anderen sind auch die Exporte von Schweizer Unternehmen deutlich gestiegen. Im *Jahr 2010* macht die Bruttowertschöpfung der EE-Branche mit rund 4.8 Mia. CHF einen Anteil von 0.9% des BIP der Schweiz aus, was ungefähr dem Anteil des Druck- und Verlagsgewerbes entspricht. Die rund 23'000 Vollzeit-Beschäftigten haben einen Anteil von 0.6% an der Schweizer Gesamtbeschäftigung. Dies ist mit dem Beschäftigungsanteil der Elektronikindustrie vergleichbar. Hinsichtlich der Beschäftigung ist die EE-Branche so bedeutend wie die klassische Strom-, Gas- und Wasserversorgungsbranche, mit der sie sich zum Teil überschneidet. Wegen der grösseren Kapitalintensität der Energieversorgungsbranche ist ihr Wertschöpfungsanteil nur halb so gross. Schliesst man die indirekten Effekte mit ein, so sind insgesamt 1.5% des BIP und 1.2% der Beschäftigung in der Schweiz mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden.

Im *Ausbau-Szenario* gemäss den Annahmen der Energieperspektiven (BFE 2012a) steigt die Bruttowertschöpfung bis 2020 gegenüber 2010 um 33% auf rund 6.4 Mia. CHF und die Beschäftigung um rund ein Drittel auf gut 29'000 vollzeit-äquivalente Stellen (Bruttoeffekte). Das Wachstum ist damit deutlich stärker als für die Schweiz insgesamt erwartet wird (14%). Entsprechend steigt der Beitrag der EE-Branche zum BIP auf 1.1% und zur Beschäftigung auf 0.7%. Einschliesslich der indirekten Effekte steigt die wirtschaftliche Bedeutung auf 1.8% des BIP und 1.4% der Gesamtbeschäftigung. Im Vergleich zur Entwicklung zwischen 2000 und 2010 wächst die EE-Branche zwar absolut um ungefähr den gleichen Betrag. Das Wachstum hat jedoch nicht mehr die gleiche Beschleunigung wie in der vorherigen Dekade.

Nach unserer Einschätzung dürften die in den Szenarien ausgewiesenen Effekte eher *im unteren Bereich der Bandbreite* möglicher Entwicklungen liegen, da die

aktuelle Entwicklung erneuerbarer Energien die in den Szenarien unterstellten Annahmen zum weiteren Ausbau eher konservativ erscheinen lässt. Andere Schätzungen (z.B. Sarasin 2011) gehen von einem deutlich höheren weltweiten Zubau der PV-Kapazitäten im Jahr 2020 aus als das optimistische WEO-Szenario, das dem Ausbau-Szenario zugrundeliegt. Die zukünftige Entwicklung ist in diesem äusserst dynamischen Markt nur schwer vorherzusehen. Sie hängt u.a. von den energiepolitischen Rahmenbedingungen, der Entwicklung der Energiepreise, der gesellschaftlichen Akzeptanz und von der Marktentwicklung ab. Ein entscheidender Faktor dürfte sein, wann die Kostendegression bei Windenergie und Photovoltaik zu einem selbsttragenden Markt führt.

Einordnung der Ergebnisse

Im Folgenden erfolgt eine Einordnung der Ergebnisse durch einen Vergleich mit bereits vorliegenden Studien für die Schweiz und Resultaten für andere europäische Länder.

In einer Studie von McKinsey (2010), die die Chancen einer Strategie zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien für die Schweizer Wirtschaft untersucht, wird die Zahl der Arbeitsplätze in diesem Bereich auf 15'200 Vollzeitstellen für das Jahr 2008 geschätzt. Welcher Teil davon auf die erneuerbaren Energien entfällt, ist nicht eindeutig zu bestimmen, da solarthermische Anlagen, Wärmepumpen und innovative Holzheizungen zum Bereich Gebäudetechnik zählen, der auch Unternehmen aus dem Bereich Energieeffizienz (z.B. Beleuchtungstechnik und Haushaltsgeräte oder intelligentes Energiemanagement) umfasst.

Inklusive Gebäudetechnik kommt die McKinsey-Studie auf 9'200 Vollzeitstellen im Bereich erneuerbare Energien. Dies ist deutlich weniger als das in der vorliegenden Studie ermittelte Ergebnis von knapp 23'000 Beschäftigten. Dabei schätzt die McKinsey-Studie die Zahl der Beschäftigten im Bereich Windenergie mit rund 4'200 deutlich höher ein als die vorliegende Studie, die auf rund 300 Beschäftigte kommt. Eine etwas ältere Analyse von Rigassi (2007) schätzt die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich Windenergie auch nur auf rund 350. Bei der Wasserkraft nennt die McKinsey-Studie rund 1'000 Beschäftigte, verglichen mit knapp 5'400 Beschäftigten in dieser Studie. Die Schätzungen für die übrigen Bereiche Solar, Biomasse und Gebäudetechnik liegen ebenfalls deutlich unter den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Die unterschiedlichen Ergebnisse dürften auf unterschiedliche Systemgrenzen, Datenquellen und Methodiken zurückzuführen sein. Nach Angaben von Bättig (2010) wurde die Zahl der Mitarbeiter in der McKinsey-Studie auf der Basis von Geschäftsberichten und Unternehmensdatenbanken geschätzt.

Im europäischen Vergleich liegt die Schweiz mit der wirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien im Spitzenfeld. Dies zeigt ein Vergleich der Zahl der Beschäftigten mit Ergebnissen für andere europäische Länder, die der sogenannte EurObserv'ER Barometer 2011 liefert (Liébard 2011). Dieser jährlich erscheinende Bericht zur Nutzung erneuerbarer Energien in der EU enthält Daten zur Zahl der Beschäftigten im Bereich erneuerbare Energien im Jahr 2010. Es handelt sich dabei um die direkte und indirekte Bruttobeschäftigung, die mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden ist. Die Daten wurden aus verschiedenen Quellen zusammengetragen und mit verschiedenen Methoden zusammengestellt. Sie sind damit nur beschränkt mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie vergleichbar, erlauben aber eine erste Einordnung der Bedeutung der Schweizer EE-Branche.

Eine vergleichende Übersicht der Beschäftigung (Tab. 31) zeigt die Anzahl Beschäftigte, die direkt und indirekt mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbunden ist, und den Anteil an der gesamten Beschäftigung im jeweiligen Land. Bei den Daten für die EU-Länder ist die Grosswasserkraft nicht enthalten. Die Bedeutung der Grosswasserkraft dürfte je nach Land sehr unterschiedlich ausfallen. Um die Vergleichbarkeit zu verbessern, wurde für die Schweiz zusätzlich ein Wert ohne Grosswasserkraft geschätzt, wobei vereinfachend das für die gesamte Branche ermittelte Verhältnis von direkten und indirekt Beschäftigten unterstellt wurde. In den Beschäftigungswerten der EU-Länder sind Unternehmen, die Investitionsgüter für Anlagenhersteller anbieten (analog zu den für die Schweiz einbezogenen Ausrüstern), ebenfalls nicht berücksichtigt. Für Deutschland wurden diese Daten von Lehr et al. (2011) geschätzt und konnten in der folgenden Tabelle ergänzt werden.

Der Vergleich zeigt, dass sich die Schweizer EE-Branche im europäischen Spitzenfeld befindet, was den Anteil der Beschäftigten an der gesamtwirtschaftlichen Beschäftigung betrifft. Inklusive Grosswasserkraft liegt sie an dritter Stelle und ohne Grosswasserkraft an vierter Stelle in der europäischen Rangliste. Einen grösseren oder vergleichbaren Beschäftigungsanteil haben die skandinavischen Länder sowie Deutschland und Österreich.

Tabelle 31: Gesamtbeschäftigung durch erneuerbare Energien im europäischen Vergleich

Land	Anzahl Beschäftigte (direkt und indirekt)	Anteil an Gesamtbeschäftigung
1. Finnland	45'420	1.9%
2. Dänemark	35'100	1.3%
3. Schweiz (inkl. GWK)	46'200	1.2%
3./4. Schweden	48'580	1.1%
4. Schweiz (ohne GWK)	37'270	1.0%
5. Deutschland	403'000	0.9%
6. Österreich	33'700	0.8%
EU 27	863'910	0.4%
Anmerkungen: Daten für EU-Länder ohne Grosswasserkraft (GWK) und ohne Biofuels Schweiz: Anzahl Vollzeitäquivalente statt Anzahl Beschäftigte		

Quelle: Liébard (2011), Berechnung Rütter+Partner

Mit Blick in die Zukunft lässt sich ein Vergleich mit Deutschland ziehen, für das ebenfalls Szenarien zur künftigen Entwicklung der Bruttobeschäftigung erstellt wurden. Lehr et al. (2011) erwarten zwischen 2009 und 2020 je nach Exportentwicklung einen Anstieg der Beschäftigung im Bereich erneuerbare Energien von 340'000 auf 410'000 bis 550'000 Erwerbstätige⁵². Umgerechnet auf den Zeitraum 2010 bis 2020 entspricht dies einem Wachstum um 20% bis 55%. Zum Vergleich: Für die Schweiz geht die vorliegende Studie für die Jahre 2010 bis 2020 von einem Wachstum im Ausbauszenario um gut 30% aus und für das Baseline-Szenario um 18%. Der Hauptgrund für diese Unterschiede dürfte in den unterschiedlichen Annahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien und zum künftigen Exportwachstum liegen.

⁵² direkte und indirekte Beschäftigung, inkl. Grosswasserkraft und Biofuels, aber ohne Hersteller von Investitionsgütern.

Diskussion und Ausblick

Die *Energiepolitik* beeinflusst die Entwicklung erneuerbarer Energien mit Instrumenten wie finanzielle Anreize, Vorschriften, Unterstützung von Forschung oder Information. In der Schweiz werden aktuell Massnahmen im Rahmen der Energiestrategie 2050 des Bundes ausgearbeitet. Auf kantonaler Ebene sind neben finanziellen Anreizen auch gesetzliche Mindestanforderungen für Neubauten und Gebäudesanierungen entscheidend. Die Forderung, dass sich Gebäude möglichst selbst mit Energie versorgen sollen, würde sowohl bei der erneuerbaren Wärmeversorgung als auch bei der Photovoltaik zu einem deutlichen Anstieg führen.⁵³ Da unsicher ist, welche energiepolitischen Massnahmen umgesetzt werden, ist nicht nur der Zubau erneuerbarer Energien, sondern auch die Entwicklung der Förderkosten unsicher. Der Bedarf an Fördermitteln wird vor allem bei der erneuerbaren Stromproduktion steigen und nur in geringerem Ausmass bei der Wärme. Dies ist einerseits auf die Wirtschaftlichkeit von alternativen Heizsystemen und andererseits auf gesetzliche Vorgaben im Gebäudebereich zurückzuführen.

Die Entwicklung erneuerbarer Energien und das Umfeld der Schweizer EE-Branche werden neben der Energiepolitik auch durch *andere Politikbereiche* sowie durch *globale Politik- und Marktentwicklungen* geprägt. Damit verbunden sind Chancen aber auch Risiken, sowohl für den Ausbau der erneuerbaren Energien in der Schweiz als auch für Exporte von Schweizer Unternehmen der EE-Branche. Wechselwirkungen mit anderen Politikbereichen bestehen insbesondere bei der Biomasse, deren Bereitstellung durch land- und forstwirtschaftliche Rahmenbedingungen beeinflusst wird.

Von der nationalen Politik werden zum Einen Unternehmen beeinflusst, die Planungs- und Ingenieurdienstleistungen, Bauarbeiten sowie Installations- und Montagearbeiten anbieten oder Anlagen in der Schweiz betreiben. Bei der Wasserkraft, der Solarthermie, bei Wärmepumpen und Biomasseanlagen sind zum Anderen inländische Hersteller und Zulieferer betroffen. Windenergieanlagen und PV-Module hingegen werden überwiegend aus dem Ausland importiert. Indirekt wirkt sich die nationale Politik zudem auf Schweizer Unternehmen in den Zulieferketten der EE-Branche aus.

Stärker von internationalen Entwicklungen abhängig sind Schweizer Unternehmen, die Güter und Dienstleistungen zur Nutzung erneuerbarer Energien ins Ausland exportieren. Dies sind vor allem Hersteller von Anlagen oder Kernkomponenten sowie Zulieferer und Ausrüster, in kleinerem Umfang auch Dienstleistungsbetriebe. Unternehmen aus dem Maschinenbau, der Elektrotechnik sowie der Steuerungs- und Regelungstechnik haben Lösungen für die Nutzung erneuerbarer Energien in ihre Produktpalette aufgenommen und konnten so vom globalen Ausbau der erneuerbaren Energien im letzten Jahrzehnt profitieren. Heute sind einige Unternehmen erfolgreich am internationalen Markt tätig, die vor zehn Jahren noch in den Startlöchern standen. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen können durch klassische Instrumente der Standort- und Innovationspolitik unterstützt werden, wie z.B. die Förderung von Forschung und Entwicklung, die Verbesserung des Wissenstransfers von der Forschung in die Unternehmen und die Exportförderung.

Insgesamt ist die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz und global ein Wachstumsmarkt, der den Schweizer Unternehmen bedeutende Wachstumschancen bietet. Hinzu kommen positive regionalwirtschaftlichen Effekte, da die Nutzung

⁵³ Gemäss einem Positionspapier der Konferenz Kantonalen Energiedirektoren sollen sich neue Gebäude ab dem Jahr 2020 möglichst selbst mit Energie versorgen.

erneuerbarer Energien zum Teil stärker dezentrale Effekte hat als die Nutzung konventioneller Energieträger (vor allem bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der Holzgewinnung für Holzenergieanlagen). Bei den konventionellen Energieträgern dürfte es zu gewissen Verlagerungseffekten kommen, die zum Teil innerhalb der Unternehmen stattfinden. Im Bereich Heizungs-, Sanitär- und Elektroinstallationen müssen sich die Unternehmen an die zunehmende Bedeutung erneuerbarer Energien anpassen, was neue Chancen bietet, aber auch einen zunehmenden Aus- und Weiterbildungsbedarf mit sich bringen dürfte. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht findet durch die Nutzung erneuerbarer Energien tendenziell eine Substitution des Imports von fossilen Energieträgern durch inländische Wertschöpfung statt. Mit der reduzierten Importabhängigkeit geht zudem eine Verbesserung der Versorgungssicherheit für die Schweiz einher.

Die vorliegende Studie schafft Transparenz zur Erneuerbare-Energien-Branche und liefert Grundlagen für weitere Analysen wie zum Beispiel die Analyse der Wirkungen energiepolitischer Massnahmen. Die Methode und die Datengrundlagen können für die Untersuchung weiterer Szenarien verwendet werden. Der methodische Ansatz, der nachfrage- und angebotsseitige Informationen verbindet und zur Ermittlung der indirekten Effekte mit einem volkswirtschaftlichen Impact-Modell ergänzt, hat sich aus Sicht der Autoren bewährt, da unvollständige Informationen so zusammengeführt werden können, dass sie ein plausibles Abbild der Querschnittsbranche „Erneuerbare Energien“ liefern. Er kann auch dazu eingesetzt werden, die künftige Entwicklung der EE-Branche und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung im Sinne eines Branchen-Monitorings zu verfolgen und zu analysieren.

Anhang

A1: Tabellenanhang

In den folgenden Tabellen sind die Werte aus den im Bericht enthaltenen Grafiken dokumentiert. Bei diesen Werten handelt es sich zum Teil um eigene Annahmen und Ergebnisse von Modellrechnungen, die mit Unsicherheiten verbunden sind.

Tabelle A-1: Erneuerbare Stromproduktion, 2000-2010 (in TWh/a)

Technologie	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh										
Windkraftanlagen	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
Kleinwasserkraftwerke ¹	2.89	2.93	2.94	2.95	2.95	2.98	2.98	3.00	3.01	3.01	3.01
Grosswasserkraftwerke ¹	32.99	37.39	31.15	30.70	29.73	27.15	26.86	31.27	31.86	31.60	31.94
Photovoltaikanlagen	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.08
Biogasanlagen	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17	0.18	0.19	0.21
KVA, Feuerungen erneuerb. Abfälle	0.67	0.70	0.73	0.75	0.80	0.84	0.94	0.92	0.92	0.88	0.93
Holz-WKK-Anlagen, Feuerungen Holzabfälle	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.09	0.13	0.15	0.14
Total	36.72	41.21	35.02	34.60	33.68	31.17	31.01	35.49	36.16	35.92	36.35
¹ = erwartete Produktion											

Tabelle A-2: Genutzte erneuerbare Wärme, 2000-2010 (in TWh/a)

Technologie	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh
Biogasanlagen	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.32
KVA, Feuerungen erneuerb. Abfälle	1.77	1.97	2.14	2.24	2.32	2.39	2.45	2.42	2.19	2.31	2.47
Holz-WKK-Anlagen, Feuerungen Holzabfälle	0.45	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.60	0.75	0.84	1.02	1.24
Holzfeuerungen (> 50 kW)	1.61	1.68	1.77	1.83	1.90	1.97	2.13	2.28	2.43	2.54	2.68
Holzheizungen (≤ 50 kW)	3.21	3.18	3.16	3.13	3.10	3.11	3.16	3.15	3.17	3.16	3.11
Solarthermische Anlagen	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.32	0.34	0.37	0.40	0.45	0.51
Wärmepumpen, direkte Nutzung	1.33	1.39	1.46	1.52	1.61	1.72	1.88	2.10	2.37	2.70	3.02
Total	8.91	9.24	9.58	9.81	10.05	10.32	10.84	11.36	11.71	12.48	13.34

Tabelle A-3: Zugebaute installierte Leistung Strom, 2000-2010 (in MW)

Technologie	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	MW										
Windenergie	0	2	1	0	3	3	0	0	2	4	25
Wasserkraft	2	7	15	1	2	4	0	3	5	36	158
Photovoltaikanlagen	2	2	2	2	2	3	3	5	11	26	40
Holz-WKK-Anlagen	0	2	3	1	0	2	4	13	19	0	22
Biogasanlagen	4	1	1	1	1	2	3	2	2	6	3
Kehrichtverbrennungsanlagen	3	5	0	5	6	1	14	1	0	4	9

Tabelle A-4: Zugebaute installierte Leistung Wärme, 2000-2010 (in MW)

Technologie	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	MW										
Röhren- und Flachkollektoren Unvergiaste	16	16	16	15	16	20	27	36	57	84	95
Kollektoren	7	6	4	1	1	1	0	0	0	0	1
Kollektoren für Heutrocknung	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	2
Umweltwärme	39	47	47	61	74	104	170	184	248	291	248
Holzfeuerungen > 50 kW	27	32	39	24	24	28	69	70	60	37	58
Holzheizungen <= 50 kW	5	24	16	41	32	69	44	23	28	24	25
Feuerungen für erneuerbare Abfälle	10	32	29	0	0	4	0	0	0	0	8

Tabelle A-5: Betriebsausgaben von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (ohne Brennstoffausgaben), 2000-2010

EE-Technologien	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Kleinwasserkraft	489	493	496	497	498	501	501	503	506	511	523
Grosswasserkraft	1'851	1'851	1'852	1'852	1'852	1'852	1'852	1'852	1'852	1'857	1'857
Windkraft	1	1	1	1	2	3	3	3	4	5	12
PV-Anlagen	3	3	4	4	5	5	6	7	9	14	22
Solarthermie (Wärme)	44	45	46	47	48	49	51	53	56	61	66
Geothermie	144	150	156	163	172	185	207	229	260	296	327
Holzfeuerungen und -heizungen	682	666	665	658	661	668	680	700	716	719	754
Biogas- und Biomasseanlagen	52	56	56	56	57	61	62	69	74	92	105
Abfallverbrennung	97	105	111	112	115	117	118	114	99	100	101
Total	3'363	3'370	3'388	3'392	3'412	3'441	3'480	3'531	3'577	3'656	3'766

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-6: Ausgaben für den Neubau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010

EE-Technologien	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Kleinwasserkraft	7	13	18	8	32	37	26	26	46	75	72
Grosswasserkraft	49	25	12	0	0	0	0	96	126	115	109
Windkraft	0	4	2	0	7	7	0	0	5	10	62
PV-Anlagen	24	26	23	17	20	28	26	37	79	172	237
Solarthermie (Wärme)	86	83	76	71	71	82	99	137	207	327	362
Geothermie	118	142	140	182	222	313	510	553	744	872	743
Holzfeuerungen und -heizungen	42	69	72	84	72	136	174	241	259	100	383
Biogas- und Biomasseanlagen	39	26	6	10	10	20	27	31	31	88	66
Abfallverbrennung	18	50	50	8	22	19	38	0	0	11	38
Total	384	437	398	380	457	641	900	1'120	1'497	1'769	2'072

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-7: Ausgaben für den Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010

EE-Technologien	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Kleinwasserkraft	9	11	14	23	22	11	12	13	10	23	47
Grosswasserkraft	45	10	17	58	82	113	117	59	36	105	189
Windkraft	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2
PV-Anlagen	3	3	4	4	4	4	4	4	5	8	11
Solarthermie (Wärme)	37	39	41	42	43	43	43	48	51	62	70
Geothermie	96	100	104	109	115	123	137	153	173	197	217
Holzfeuerungen und -heizungen	279	276	296	296	298	316	332	332	322	325	344
Biogas- und Biomasseanlagen	14	15	15	15	15	16	16	16	17	20	22
Abfallverbrennung	36	39	41	41	43	43	44	42	37	37	38
Total	519	492	531	587	621	669	705	668	652	778	940

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-8: Brennstoffausgaben von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010

EE-Technologien	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Holzfeuerungen	64	67	69	71	74	77	114	134	157	178	242
Holzheizungen	150	150	149	171	170	172	203	203	226	231	237
Total	215	216	218	242	244	248	317	337	383	409	479

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-9: Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000

EE-Technologien	Bau von neuen Anlagen Mio. CHF	Ersatz bestehender Anlagen Mio. CHF	Betrieb bestehender Anlagen Mio. CHF	Brennstoffe Mio. CHF	Ausgaben Total Mio. CHF
Grosswasserkraft	49	45	1'851		1'945
Kleinwasserkraft	7	9	489		505
Windkraft	0	0	1		1
PV-Anlagen	24	3	3		30
Solarthermische Anlagen	86	37	44		167
Wärmepumpen	118	96	144		358
Holzfeuerungen (> 50 kW)	36	49	207	64	356
Holzheizungen (<= 50 kW)	6	230	475	150	862
Biogasanlagen	39	14	52		105
Abfallverbrennungsanlagen	18	36	97		151
Total	384	519	3'363	215	4'480

Tabelle A-10: Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2010

EE-Technologien	Bau von neuen Anlagen Mio. CHF	Ersatz bestehender Anlagen Mio. CHF	Betrieb bestehender Anlagen Mio. CHF	Brennstoffe Mio. CHF	Ausgaben Total Mio. CHF
Grosswasserkraft	109	189	1'857		2'155
Kleinwasserkraft	72	47	523		642
Windkraft	62	2	12		76
PV-Anlagen	237	11	22		270
Solarthermische Anlagen	362	70	66		498
Wärmepumpen	743	217	327		1'287
Holzfeuerungen (> 50 kW)	348	74	356	242	1'020
Holzheizungen (<= 50 kW)	35	270	397	237	939
Biogasanlagen	66	22	105		193
Abfallverbrennungsanlagen	38	38	101		177
Total	2'072	940	3'766	479	7'257

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-11: Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Baseline-Szenario, 2020

EE-Technologien	Bau von neuen Anlagen	Ersatz bestehender Anlagen	Betrieb bestehender Anlagen	Brennstoffe	Ausgaben Total
	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF
Grosswasserkraft	375	84	1'997		2'456
Kleinwasserkraft	65	21	581		668
Windkraft	8	4	20		31
PV-Anlagen	62	16	64		141
Solarthermische Anlagen	422	175	127		724
Wärmepumpen	775	443	697		1'915
Holzfeuerungen (> 50 kW)	63	99	447	376	984
Holzheizungen (<= 50 kW)	5	274	325	224	829
Biogasanlagen	70	44	235		350
Abfallverbrennungsanlagen	2	42	104		148
Total	1'847	1'203	4'597	600	8'246

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-12: Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Ausbau-Szenario, 2020

EE-Technologien	Bau von neuen Anlagen	Ersatz bestehender Anlagen	Betrieb bestehender Anlagen	Brennstoffe	Ausgaben Total
	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF	Mio. CHF
Grosswasserkraft	450	85	2'013		2'549
Kleinwasserkraft	102	22	612		736
Windkraft	69	15	93		178
PV-Anlagen	109	23	98		230
Solarthermische Anlagen	438	179	130		746
Wärmepumpen	811	451	711		1'973
Holzfeuerungen (> 50 kW)	113	109	522	409	1'154
Holzheizungen (<= 50 kW)	5	274	325	224	828
Biogasanlagen	144	65	388		597
Abfallverbrennungsanlagen	17	45	119		181
Total	2'258	1'268	5'012	633	9'171

Quelle: Berechnung Ernst Basler + Partner, Rütter+Partner

Tabelle A-13: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, 2000

EE-Technologien	Total Bruttowert- schöpfung	Total Beschäftigte
	Mio. CHF	VZÄ
Wasserkraft	2'184	4'760
Windkraft	4	30
PV-Anlagen	16	90
Solarthermische Anlagen	84	480
Wärmepumpen	95	640
Holzfeuerungen (> 50 kW)	221	1'410
Holzheizungen (<= 50 kW)	340	3'420
Biogasanlagen	76	450
Abfallverbrennung	178	1'100
Total	3'197	12'380

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-14: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, 2000

Branchen	Total Bruttowert- schöpfung	Total Beschäftigte
	Mio. CHF	VZÄ
Betrieb von EE-Anlagen	2'257	2'760
Forstwirtschaft	79	1'970
Maschinenbau	379	3'090
Elektrotechnik	49	520
Übrige Industrie	58	440
Baugewerbe	256	2'780
Dienstleistungen	118	820
Total	3'197	12'380

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-15: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, 2010

EE-Technologien	Bruttowert- schöpfung	Beschäftigung
	Mio. CHF	VZÄ
Wasserkraft	2'316	5'370
Windkraft	47	290
PV-Anlagen	518	2'460
Solarthermische Anlagen	233	1'550
Wärmepumpen	355	2'560
Holzfeuerungen (> 50 kW)	536	4'220
Holzheizungen (<= 50 kW)	376	3'710
Biogasanlagen	148	880
Abfallverbrennung	287	1'770
Direkte und indirekte Wirkung total	4'817	22'810

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-16: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, 2010

Branchen	Total Bruttowert- schöpfung	Total Beschäftigte
	Mio. CHF	VZÄ
Betrieb von EE-Anlagen	2'496	3'390
Forstwirtschaft	141	3'320
Maschinenbau	916	5'800
Elektrotechnik	279	1'800
Übrige Industrie	240	1'660
Baugewerbe	482	4'930
Dienstleistungen	263	1'910
Total	4'817	22'810

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-17: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, Baseline-Szenario, 2020

EE-Technologien	Total Bruttowert- schöpfung	Total Beschäftigte
	Mio. CHF	VZÄ
Wasserkraft	2'568	5'930
Windkraft	68	410
PV-Anlagen	669	3'060
Solarthermische Anlagen	320	2'050
Wärmepumpen	493	3'080
Holzfeuerungen (> 50 kW)	584	4'350
Holzheizungen (<= 50 kW)	339	2'990
Biogasanlagen	278	1'510
Abfallverbrennung	351	2'130
Total	5'672	25'510

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-18: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, Baseline-Szenario, 2020

Branchen	Total Bruttowert- schöpfung	Total Beschäftigte
	Mio. CHF	VZÄ
Betrieb von EE-Anlagen	2'913	4'010
Forstwirtschaft	168	3'320
Maschinenbau	1'103	6'830
Elektrotechnik	396	2'590
Übrige Industrie	270	1'780
Baugewerbe	512	4'870
Dienstleistungen	310	2'110
Total	5'672	25'510

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-19: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, Ausbau-Szenario, 2020

EE-Technologien	Total Bruttowert- schöpfung Mio. CHF	Total Beschäftigte VZÄ
Wasserkraft	2'654	6'340
Windkraft	139	580
PV-Anlagen	909	4'230
Solarthermische Anlagen	325	2'090
Wärmepumpen	508	3'180
Holzfeuerungen (> 50 kW)	683	5'000
Holzheizungen (<= 50 kW)	343	3'020
Biogasanlagen	441	2'400
Abfallverbrennung	389	2'350
Total	6'392	29'190

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

Tabelle A-20: Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, Ausbau-Szenario, 2020

Branchen	Total Bruttowert- schöpfung Mio. CHF	Total Beschäftigte VZÄ
Betrieb von EE-Anlagen	3'216	4'840
Forstwirtschaft	178	3'520
Maschinenbau	1'251	7'620
Elektrotechnik	520	3'410
Übrige Industrie	314	2'030
Baugewerbe	569	5'410
Dienstleistungen	345	2'360
Total	6'392	29'190

Quelle: Berechnung Rütter+Partner

A2: Expertenliste

Die folgenden Experten wurden im Rahmen der Studie zu den Themenbereichen Technologien und Finanzmarkt befragt.

Tabelle A-21: Experten Finanzmarkt

Name, Organisation, Kontaktierung
S. Döbeli, Bank Vontobel
R. Hauser, Zürcher Kantonalbank
C. Hugli, UBS
M. Fawer, Bank Sarasin
K. Kämpf, Bank Sarasin
T. Lang, Sustainable Asset Management (SAM)
E. Plinke, Bank Sarasin

Tabelle A-22: Experten Technologien

Name, Organisation
Patrick Marty, AEE
David Stickelberger, Swissolar
Reto Rigassi, Suisse-Eole
Martin Bölli, Programmleitung Kleinwasserkraftwerke c/o entec ag
Christoph Aeschbacher, Holzenergie Schweiz
Stephan Peterhans, Fördergemeinschaft Wärmepumpen
Ernst Reolon, Koster AG
Roland Wyss, Geschäftsstelle GEOTHERMIE.CH
Roger Pfammatter, Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

- Abbildung 1:** Das methodische Vorgehen im Überblick
- Abbildung 2:** Abstimmung von angebots- und nachfrageseitigem Ansatz
- Abbildung 3:** Einbettung der EE-Branche in die Volkswirtschaft
- Abbildung 4:** Erneuerbare Stromproduktion, 2000-2010 (in TWh/a)
- Abbildung 5:** Anteile der Energieträger an der Stromproduktion aus EE (ohne Wasserkraft), 2000 und 2010
- Abbildung 6:** Genutzte erneuerbare Wärmeproduktion, 2000-2010 (in TWh/a)
- Abbildung 7:** Anteile der Energieträger an der Wärmeproduktion, 2000 und 2010
- Abbildung 8:** Wasserkraft: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)
- Abbildung 9:** Windenergie: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)
- Abbildung 10:** Photovoltaik: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)
- Abbildung 11:** Solarthermie: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)
- Abbildung 12:** Umweltwärme: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010 (in MW)
- Abbildung 13:** Biomasse Elektrizität: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010
- Abbildung 14:** Biomasse Wärme: Zugebaute installierte Leistung, 2000-2010
- Abbildung 15:** Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz, 2010
- Abbildung 16:** Investitionsausgaben für den Ausbau erneuerbarer Energien, 2000-2010
- Abbildung 17:** Ersatzinvestitionen in EE-Anlagen, 2000-2010
- Abbildung 18:** Betriebsausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010 (ohne Ausgaben für Brennstoffe)
- Abbildung 19:** Brennstoffkosten für den Betrieb von Holzenergieanlagen, 2000-2010
- Abbildung 20:** Zusammenhang zwischen Ausgaben für EE-Anlagen und Produktion der Schweizer EE-Branche, 2010
- Abbildung 21:** Direkte Bruttowertschöpfung von EE-Gütern in der Schweiz nach Verwendungszweck, 2010
- Abbildung 22:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technikfeldern, 2010
- Abbildung 23:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Wirtschaftszweigen, 2010
- Abbildung 24:** Indirekte Bruttowertschöpfung nach Branchen, 2010
- Abbildung 25:** Indirekte Beschäftigung nach Branchen, 2010
- Abbildung 26:** Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz, 2000
- Abbildung 27:** Zusammenhang zwischen Ausgaben für EE-Anlagen und Produktion der Schweizer EE-Branche, 2000
- Abbildung 28:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz, 2000
- Abbildung 29:** Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2010
- Abbildung 30:** Veränderung von direkter Bruttowertschöpfung und Beschäftigung zwischen 2000 und 2010 nach Technologien
- Abbildung 31:** Verteilung Unternehmen und Beschäftigte nach Grössenklassen, 2010
- Abbildung 32:** Qualifikationsprofile der Beschäftigten der EE-Branche, 2010
- Abbildung 33:** Anteil des Segments „Erneuerbare Energien“ am Umsatz der Unternehmen, 2010
- Abbildung 34:** Anteil Unternehmen mit Exporten im Bereich erneuerbare Energien, 2010
- Abbildung 35:** Anteil des Exportumsatzes am gesamten Umsatz mit erneuerbaren Energien, 2010
- Abbildung 36:** Verteilung der Exporte nach Absatzregionen, 2010

- Abbildung 37:** Anteil Unternehmen, die Forschung und Entwicklung betreiben
- Abbildung 38:** Anteil der F&E-Ausgaben am Gesamtumsatz
- Abbildung 39:** Patent- und Exportdynamik bei Erneuerbare-Energien-Technologien (1996 = 100), 1996-2009
- Abbildung 40:** Patent- und Welthandelsanteile der Schweiz bei Erneuerbare-Energien-Technologien, 1996-2009
- Abbildung 41:** Spezialisierungsmuster der Schweiz bei Erneuerbare-Energien-Technologien, 1996-99 und 2006-2009
- Abbildung 42:** Entwicklung der Patent- und Exportanteile der Schweiz bei einzelnen Erneuerbare-Energien-Technologien, 2002-2009
- Abbildung 43:** Spezialisierung der Schweiz bei einzelnen Erneuerbare-Energien-Technologien in den Jahren 2006-2009
- Abbildung 44:** Patentdynamik für die PV-Ausrüster-Patenklassen, 2002-2008
- Abbildung 45:** Patentdynamik für Umrichter, 2002-2008
- Abbildung 46:** Entwicklung der Patentanteile der Schweiz zu Umrichtern und PV-Ausrüstung, 2002-2008
- Abbildung 47:** Spezialisierung der Schweiz bei Patenten auf Umrichter und PV-Ausrüstung, 1996-1999 und 2005-2008
- Abbildung 48:** Anteile von Finanzinstituten am Schweizer Markt für nachhaltige Investments
- Abbildung 49:** Zusammenhänge zwischen Gesamtanlagevermögen, nachhaltigen Investments und Investments in erneuerbare Energien in der Schweiz
- Abbildung 50:** Investments in erneuerbare Energien in der Schweiz, 2007 – 2009 (in Mio. CHF)
- Abbildung 51:** Vergleich Gesamtanlagevermögen, nachhaltige Investments und EE-Investments, 2009
- Abbildung 52:** Absoluter und prozentualer Zubau der installierten Wärmeleistung 2010 bis 2020
- Abbildung 53:** Absoluter und prozentualer Zubau Elektrizität 2010 bis 2020
- Abbildung 54:** Entwicklung des Zubaus 2000-2010 im Vergleich zum durchschnittlichen jährlichen Zubau in den Szenarien (in MW)
- Abbildung 55:** Ausgaben für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Schweiz, 2020, Szenario 2 „Ausbau“
- Abbildung 56:** Übergang von den Ausgaben für EE-Anlagen zur Produktion der EE-Branche, 2020, Szenario 2 „Ausbau“
- Abbildung 57:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der Schweizer EE-Branche, 2020, Szenario 2 „Ausbau“
- Abbildung 58:** Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2010 und 2020 (Szenario 2 „Ausbau“)
- Abbildung 59:** Veränderung von direkter Bruttowertschöpfung und Beschäftigung zwischen 2010 und 2020 (Szenario 2 „Ausbau“) nach Technologien
- Abbildung 60:** Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2010 und 2020 (Szenario 1 „Baseline“)
- Abbildung 61:** Entwicklung von Bruttowertschöpfung und Beschäftigung durch erneuerbare Energien, 2000 - 2020
- Abbildung 62:** Wachstum der wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2020

Tabelle 32:

Tabellen

- Tabelle 1:** Gliederung nach Energieträgern und Technologien
- Tabelle 2:** Spezifische Investitions- und Betriebskosten (zu Preisen von 2010)
- Tabelle 3:** Unterstellte spezifische Investitionskosten für Wasserkraftanlagen
- Tabelle 4:** Kreis der einbezogenen Unternehmen
- Tabelle 5:** Anzahl angeschriebene Unternehmen und Rücklaufquote
- Tabelle 6:** Anzahl Unternehmen und Rücklaufquoten
- Tabelle 7:** Spezifische Investitions- und Betriebskosten von Anlagen zur Stromerzeugung 2010 und 2020

Tabelle 8:	Spezifische Investitions- und Betriebskosten von Anlagen zur Wärmeerzeugung 2010 und 2020
Tabelle 9:	Grundlagen für die Berechnung der Förderkosten Wärme
Tabelle 10:	Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung der EE-Branche, 2010
Tabelle 11:	Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien, 2010
Tabelle 12:	Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung der EE-Branche 2000
Tabelle 13:	Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien, 2000
Tabelle 14:	Übersicht über Hauptformen nachhaltiger Geldanlagen
Tabelle 15:	Umsatz der Investments in erneuerbare Energien
Tabelle 16:	Wärmenutzung aus erneuerbaren Energien 2010 und 2020 (TWh/a)
Tabelle 17:	Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien 2010 und 2020 (TWh/a)
Tabelle 18:	Veränderung der globalen Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020
Tabelle 19:	Veränderung der europäischen Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020 (OECD Länder)
Tabelle 20:	Veränderung der globalen Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020
Tabelle 21:	Veränderung der europäischen Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern 2009-2020 (OECD Länder)
Tabelle 22:	Annahmen zum durchschnittlichen jährlichen Wachstum der Schweizer Exporte zwischen 2010 und 2020
Tabelle 23:	Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der Schweizer EE-Branche, 2020, Szenario 2 „Ausbau“
Tabelle 24:	Sensitivitätsrechnung zu den Exporten der PV-Ausrüster
Tabelle 25:	Wirtschaftliche Indikatoren im Baseline-Szenario 2020 und Vergleich mit dem Ausbauszenario
Tabelle 26:	Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien im Ausbau-Szenario, 2020
Tabelle 27:	Direkte und indirekte wirtschaftliche Bedeutung der erneuerbaren Energien im Baseline-Szenario, 2020
Tabelle 28:	Entwicklung zentraler wirtschaftlicher Indikatoren zwischen 2000 und 2020
Tabelle 29:	Entwicklung der direkten und indirekten wirtschaftlichen Bedeutung zwischen 2000 und 2020
Tabelle 30:	Förderkosten Wärme und Elektrizität im Jahr 2020 (in Mio. CHF)
Tabelle 31:	Gesamtbeschäftigung durch erneuerbare Energien im europäischen Vergleich
Tabelle A-1:	Erneuerbare Stromproduktion, 2000-2010 (in TWh/a)
Tabelle A-2:	Genutzte erneuerbare Wärme, 2000-2010 (in TWh/a)
Tabelle A-3:	Zugebaute installierte Leistung Strom, 2000-2010 (in MW)
Tabelle A-4:	Zugebaute installierte Leistung Wärme, 2000-2010 (in MW)
Tabelle A-5:	Betriebsausgaben von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (ohne Brennstoffausgaben), 2000-2010
Tabelle A-6:	Ausgaben für den Neubau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010
Tabelle A-7:	Ausgaben für den Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010
Tabelle A-8:	Brennstoffausgaben von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000-2010
Tabelle A-9:	Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2000
Tabelle A-10:	Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, 2010
Tabelle A-11:	Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Baseline-Szenario, 2020
Tabelle A-12:	Ausgaben für Bau, Betrieb und Ersatz von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Ausbau-Szenario, 2020
Tabelle A-13:	Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, 2000

- Tabelle A-14:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, 2000
- Tabelle A-15:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, 2010
- Tabelle A-16:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, 2010
- Tabelle A-17:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, Baseline-Szenario, 2020
- Tabelle A-18:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, Baseline-Szenario, 2020
- Tabelle A-19:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung in der EE-Branche der Schweiz nach Technologien, Ausbau-Szenario, 2020
- Tabelle A-20:** Direkte Bruttowertschöpfung und Beschäftigung (in VZÄ) in der EE-Branche der Schweiz durch den Betrieb von Anlagen nach Branchen, Ausbau-Szenario, 2020
- Tabelle A-21:** Experten Finanzmarkt
- Tabelle A-22:** Experten Technologien

Abkürzungsverzeichnis

BFE:	Bundesamt für Energie
BFS:	Bundesamt für Statistik
BGA:	Biogasanlagen
BIP:	Bruttoinlandprodukt
BPW:	Bruttoproduktionswert
BWS:	Bruttowertschöpfung
CHF:	Schweizer Franken
EE:	Erneuerbare Energien
ESG:	Environmental and Social Governance
F&E:	Forschung und Entwicklung
GK:	Grössenklasse
GWh:	Gigawattstunden
IEA:	Internationale Energieagentur
IOT:	Input-Output-Tabelle
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change
KEV:	Kostendeckende Einspeisevergütung
KVA:	Kehrichtverbrennungsanlagen
kWh:	Kilowattstunden
MW:	Megawatt
OECD:	Organisation for Economic Cooperation and Development
PV:	Photovoltaik
RCA:	Revealed Comparative Advantage
RPA:	Relativer Patentanteil
RWA:	Relativer Welthandelsanteil
SITC:	Standard International Trade Classification
TWh:	Terawattstunden
VGR:	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
VZÄ:	Vollzeitäquivalente
WEO:	World Energy Outlook
WKK:	Wärme-Kraft-Kopplung

Literatur

- Arvanitis, S., Bolli, T., Hollenstein, H., Ley, M., Wörter, M. (2010): Innovationsaktivitäten in der Schweizer Wirtschaft: Eine Analyse der Innovationserhebung 2008. KOF, ETH Zürich.
- Arvanitis, S., Bolli, T., Ley, M., Stucki, T., Wörter, M. (2011): Potenziale für Cleantech im Industrie- und Dienstleistungsbereich in der Schweiz. Studie im Auftrag der Economiesuisse. KOF Studien, Nr. 27, ETH Zürich.
- Bacharach, M. (1965). "Estimating Nonnegative Matrices from Marginal Data". *International Economic Review* (Blackwell Publishing) 6 (3): 294–310
- Balassa, B. (1965). 'Trade Liberalization and 'Revealed' Comparative Advantage', *The Manchester School of Economic and Social Studies* 32, S. 99-123.
- Banfi, S. et al. (2004): Bedeutung der Wasserzins in der Schweiz und Möglichkeiten einer Flexibilisierung. Zürich.
- Bättig, R. (2010): Persönliche Mitteilung von Reto Bättig, McKinsey Schweiz, 24.7.2010.
- BiomassEnergie (2010): Verzeichnis der Hersteller und Planer von Biogasanlagen. Stand August 2010
- Bundesamt für Energie BFE (2007a): Die Energieperspektiven 2035 – Band 5. Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebotes.
- BFE (2007b): Energieperspektiven Band 5 – Elektrizitätsangebot
- Bundesamt für Energie BFE (2010a): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2010b): Markterhebung Solarenergie. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011a): Energieperspektiven. Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011b): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien. Vorabzug Juni 2011. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011c): Schweizerische Holzenergiestatistik. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011d): Teilstatistik Feuerungen und Motoren für erneuerbare Abfälle. Datenauszug für dieses Projekt. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011e): Teilstatistik Spezielle energetische Holznutzungen: Feuerungen und Motoren für erneuerbare Abfälle. Erhebungsjahr 2010. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011f): Schweizerische Biogasstatistik; Datenauszug für dieses Projekt, Stand Ende 2010. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011g): Wasserkraftstatistik; Datenauszug für dieses Projekt, Stand 1.1.2011. Bern.
- Bundesamt für Energie BFE (2011h): Projektliste der Energieforschung des Bundes 2008/2009. Bern.
- Bundesamt für Statistik BFS (2011a): Produktionskonto nach Branchen 2009. Neuchâtel. Download: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/02/key/nach_branchen.html
- Bundesamt für Statistik BFS (2011b): Bruttoinlandprodukt - Daten, Indikatoren. Neuchâtel. Download: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/01/key/bip_gemaess_produktionsansatz.html
- Bundesamt für Statistik BFS (2011c): Beschäftigungsstatistik, 2. Quartal 2011. Neuchâtel. Download: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/02/blank/data/02.html>
- Bundesamt für Statistik BFS (2011d): Arbeitsvolumenstatistik 2010. Neuchâtel. Download: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/02/blank/data/06.html>
- Bundesamt für Statistik BFS (2012): Schweizer Arbeitskräfteerhebung, T 03.02.01.17, Neuchâtel. Download Mai 2012: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/02/blank/data/03.html>.
- Bundesamt für Umwelt BAFU (2008): Abfallwirtschaftsbericht 2008: Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. Umwelt-Zustand Nr. 0830, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Bundesrat (2012): Erläuternder Bericht zur Energiestrategie 2050 (Vernehmlassungsvorlage) vom 28. September 2012.
- Competence-Site.de (03.2006a): Interview mit Andreas Knörzer, ÖkoRenta AG. Virtual Roundtable: „Informationen zum Kapitalmarkt Erneuerbare Energien als Segment des Sustainability/ Nachhaltigkeit Investments“. konsultiert am 07.06.2010 auf <http://www.competence-site.de/Kapitalmarkt-Erneuerbare-Energien-Roundtable>

- Competence-Site.de (03.2006b): Interview mit Tjark Goldenstein, Sarasin & Cie AG. Virtual Roundtable: „Informationen zum Kapitalmarkt Erneuerbare Energien als Segment des Sustainability/ Nachhaltigkeit Investments“. konsultiert am 07.06.2010 auf <http://www.competence-site.de/Kapitalmarkt-Erneuerbare-Energien-Roundtable>
- Dettli, R., Steiner, P., Baur, M., Müller, M. (2004): Kosten und Entschädigung von Strom aus Kehrlichtverbrennungsanlagen. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Bern.
- Ecoplan (2011): Branchenszenarien 2008 - 2030. Schlussbericht an die Bundeskanzlei. Bern.
- EnergieSchweiz (2011): Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG. Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme – Ergebnisse der Erhebung 2010.
- EBP (2011): Weiterentwicklung der kostendeckenden Einspeisevergütung. Ernst Basler und Partner AG im Auftrag des BFE. Zollikon.
- ETHZ (2011): Energiezukunft Schweiz. ETH Zürich. Download: http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/111114_energiestudie_rok/energiestudie_def.
- Filippini, M., Banfi, S., Luchsinger, C. und Wild, J. (2001), Perspektiven für die Wasserkraftwerke in der Schweiz – Langfristige Wettbewerbsfähigkeit und mögliche Verbesserungspotenziale, im Auftrag des Bundesamtes für Energie. ETH Zürich.
- Forum Nachhaltige Geldanlagen (2010a): Informationsbroschüre für private Investoren. konsultiert am 27.07.2010 auf http://www.forum-ng.de/front_content.php?idcatart=191&Lang=1&client=1.
- Forum Nachhaltige Geldanlagen (2010b): Über uns. konsultiert am 27.07.2010 auf http://www.forum-ng.de/front_content.php?idcat=3.
- Freeman, C., Soete, L. (2009): Developing science and technology indicators: What can we learn from the past? In: Research Policy, Vol. 38, S. 583-589.
- Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational patents and international markets, in: Scientometrics, Vol. 82, S. 185-200.
- Gilchrist, D.A., St. Louis, L.V. (2004): An algorithm for the consistent inclusion of partial information in the revision of input-output tables. Economic Systems Research, No. 2, 2004, S. 149 – 156.
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik., Springer-Lehrbuch, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Heup J. (2011): Kosten runter! Wie die Kilowattpreise sinken können. Neue Energie 10/2011, S. 27 ff.
- Hirschberg S. Bauer, C., Biollaz, S., Burgherr, P., Durisch, W., Foskolos, K., Hardegger, P., Meier, M., Schenler, W., Schulz, T., Stucki, S., Vogel, F. (2005): Erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
- Holzenergie Schweiz (2009/2010): Bewährte Firmen der Holzenergie-Branche. Ingenieure · Planer · Heizungs- und Wärmeleitungs-Lieferanten. 17. Auflage 2009 / 2010.
- Holub, H.-W., Schnabl, H. (1994b): Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse : Einführung. Oldenbourg, München.
- Hürzeler, P. (2012): Entrepreneurial approaches to early product innovation processes: The case of SME in the Swiss Energy Sector. Unveröffentlichte Dissertation. Universität St. Gallen.
- INFRAS (2010): Harmonisiertes Fördermodell der Kantone (HFM 2009). Zürich.
- Interessenverband Schweizerischer Kleinkraftwerk-Besitzer ISKB (2010): Marktführer Kleinwasserkraftwerke, Ausgabe Juni 2010. <http://www.iskb.ch/marktfuehrer-kleinkraftwerke>
- International Energy Agency (IEA, 2011a): World Energy Outlook 2011.
- International Energy Agency (IEA, 2009a): Technology Roadmap – Solar Photovoltaic Energy, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (IEA, 2009b): Technology Roadmap – Wind Energy, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (IEA, 2010): Renewable Energy Essentials: Hydropower, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (IEA, 2011a): World Energy Outlook 2011, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (IEA, 2011b): Deploying Renewables 2011: Best and Future Policy Practice, OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (IEA, 2011c): Technology Roadmap – Geothermal Heat and Power, OECD/IEA, Paris.

- Lehr et al. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Osnabrück, Berlin, Karlsruhe, Stuttgart.
- Liébard, A. (Hrsg. 2011): Etat des énergies renouvelables en Europe. Edition 2011, 11e bilan EurObserv'ER. Paris. Download: www.energies-renouvelables.org.
- McKinsey (2010): Wettbewerbsfaktor Energie: Chancen für die Schweizer Wirtschaft. Bericht für das Bundesamt für Energie. Zürich.
- Miller, R.E., Blair, P.D. (2009): Input-Output-Analysis: Foundation and Extensions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nathani, C., van Nieuwkoop, R., Schmid, C. (2011): Schätzung einer Input-Output-Tabelle der Schweiz 2008. Rüslikon, Bern.
- OECD (1999), The Environmental Goods & Services Industry. Manual for Data Collection and Analysis, Paris.
- OECD/IEA (2011): Renewable Energy: Markets and Prospects by Technology. Paris.
- OECD (2011): Energy Prices and Taxes. Paris.
- onValues (2008) : Sustainable Investments in Switzerland 2007 (inkl. Zusatzstudie "Themenfonds")
- onValues (2009): Sustainable Investments in Switzerland 2008
- onValues (2010): Sustainable Investments in Switzerland 2009
- onValues (2011): Sustainable Investments in Switzerland 2010
- Ostertag, K., Hemer, J., Marscheider-Weidemann, F., Reichardt, K., Stehnken, T., Tercero, L., Zapp, C. (2011): Optimierung der Wertschöpfungskette Forschung-Innovation-Markt im Cleantech-Bereich. Studie des Fraunhofer ISI, Endbericht, März 2011. Download: <http://www.cleantech.admin.ch>
- Prognos (2007): Die Energieperspektiven 2035 - Band 5: Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebotes. Bundesamt für Energie, Bern.
- Prognos (2011): Energieszenarien für die Schweiz bis 2050, Elektrizitätsangebot. Zwischenbericht II, Mai 2011.
- Prognos (2012a): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050, Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050, Ergebnisse der Modellrechnungen für das Energiesystem.
- Prognos (2012b): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050, Anhang III, Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in Zahlen; Emissionen.
- Ragwitz et al. (2009): EmployRES - The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union.
Download: http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/2009_employ_res_report.pdf
- REN21 (2011): Renewables 2011 – Global Status Report.
- Rieder, S., Bernath, K., Walker, D. (2012): Evaluation der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV). Im Auftrag des Bundesamtes für Energie.
- Rigassi, R. (2007): Screening Windenergiebranche: Übersicht über Aktivitäten, Kompetenzen und Marktvolumen. Schlussbericht an das Bundesamt für Energie, Bern.
- Rybach L. (2011): Geothermie global – Stand und Perspektiven, Präsentation am 15. Fachkongress Zukunftsenergien, Essen 8.2.2011
- Sarasin (2011): Solarwirtschaft: Hartes Marktumfeld - Kampf um die Spitzenplätze. Basel.
- SATW (2006). Road Map Erneuerbare Energien Schweiz - Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050. Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften. Zürich.
- Schweizerische Nationalbank (2010): Statistisches Monatsheft - Tabelle D51a. Dezember 2009. konsultiert am 29.07.2010 auf http://www.snb.ch/de/i/about/stat/statpub/statmon/stats/statmon/statmon_D5_1a
- Siebert, H.; Lorz, O (2006): Außenwirtschaft, 8. Auflage, Lucius&Lucius Verlag, Stuttgart.
- Smith, K. (2005): Measuring Innovation, in: Fagerberg, J. et al. (eds): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, Oxford, S. 148-177.
- Sprenger, R.U. et al. (2003): Beschäftigungspotenziale einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Texte 39/03, Umweltbundesamt Berlin.
- Stiftung KEV (undatiert): Geschäftsbericht 2010. Frick.
- Umweltverbände (2011): Atomausstieg konkret. Potenziale, Massnahmen und Gewinne. Greenpeace, Pro Natura, SES, VCS, WWF.

- Walz, R.; Eichhammer, W.; Marscheider-Weidemann, F.; Sartorius, C.; Doll, C.; Helfrich, N. et al. (2008a): Zukunftsmärkte Umwelt - Innovative Umweltpolitik in wichtigen Handlungsfeldern, Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung des UBA/Umweltministeriums, Berlin 2008.
- Walz, R.; Ostertag, K.; Eichhammer, W.; Glienke, N.; Jappe-Heinze, A.; Mannsbart, W.; Peuckert, J. (2008b): Research and Technology Competence for a Sustainable Development in the BRICS Countries, IRB publisher, Stuttgart 2008.
- Walz, R. (2010): Competences for Green Development and Leapfrogging in Newly Industrializing Countries, in: International Economics and Economic Policy, Vol. 7 (2010), Nr. 2&3, S. 245-265
- Walz, R.; Marscheider-Weidemann, F. (2011): Technology-specific absorptive capacities for green technologies in newly industrializing countries, in: International Journal of Technology and Globalisation, Vol. 5 (2011), Nr. 3-4, S. 212-229.
- WWF (2009): Heizungen im Kosten- und Umweltvergleich. Excel-Tabellen zum Download.
http://www.wwf.ch/de/tun/tipps_fur_den_alltag/wohnen/heizen
- Ziegler, M. & Bättig, R. (2010): Wettbewerbsfaktor Energie: Chancen für die Schweizer Wirtschaft. McKinsey & Company. Zürich
- Zsak, P. (2008): Bestimmung von Wirkungsgraden bei Pumpspeicherung in Wasserkraftanlagen. Bericht für das Bundesamt für Energie. Ittigen.