

Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe

v1.4

ausgearbeitet durch
Rolf Frischknecht, René Itten, Karin Flury

Auftraggeber
Bundesamt für Umwelt BAFU

Uster, Juni 2012

ESU-services Ltd.	Kanzleistrasse 4	CH - 8610 Uster
Rolf Frischknecht	T +41 44 940 61 91	frischknecht@esu-services.ch
Niels Jungbluth	T +41 44 940 61 32	jungbluth@esu-services.ch
Sybille Büsser	T +41 44 940 61 35	buesser@esu-services.ch
Karin Flury	T +41 44 940 61 02	flury@esu-services.ch
René Itten	T +41 44 940 61 38	itten@esu-services.ch
Salome Schori	T +41 44 940 61 35	schori@esu-services.ch
Matthias Stucki	T +41 44 940 67 94	stucki@esu-services.ch
www.esu-services.ch	F +41 44 940 61 94	

Impressum

Titel	Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe
Autoren	Rolf Frischknecht, René Itten, Karin Flury ESU-services Ltd. Kanzleistrasse 4, 8610 Uster Tel. +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 frischknechti@esu-services.ch www.esu-services.ch
Kunde	Bundesamt für Umwelt BAFU
Urheberrecht	Soweit nicht anders vermerkt bzw. direkt vereinbart sind sämtliche Inhalte in diesem Bericht urheberrechtlich geschützt. Das Kopieren oder Verteilen des Berichts als Ganzes oder in Auszügen, unverändert oder in veränderter Form ist nicht gestattet und Bedarf der ausdrücklichen Zustimmung von ESU-services GmbH. Es ist nicht gestattet, den Bericht oder Teile davon auf Websites ausserhalb www.esu-services.ch zum Download bereitzustellen. Auch in veränderter Form bedarf die Weiterverbreitung der Inhalte der ausdrücklichen Genehmigung durch ESU-services GmbH.
Haftungsausschluss	Die Informationen und Schlussfolgerungen in diesem Bericht wurden auf Grundlage von als verlässlich eingeschätzten Quellen erhoben. ESU-services GmbH und die Autoren geben keine Garantie bezüglich Eignung, oder Vollständigkeit der im Bericht dargestellten Informationen. ESU-services GmbH und die Autoren lehnen jede rechtliche Haftung für jede Art von direkten, indirekten, zufälligen oder Folge-Schäden oder welche Schäden auch immer, ausdrücklich ab.
Inhaltliche Verantwortung	Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die AutorInnen dieses Berichts verantwortlich.
Version	417_KlimabilanzStrommixSchweiz_v1.4.docx, 22.06.2012 11:28:00

Zusammenfassung

Dieser Kurzbericht enthält die wesentlichen Informationen darüber, wie die unterschiedlichen vier Schweizer Strommixe in der vorliegenden Treibhausgas-Bilanz modelliert werden, wie hoch die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe sind und welche Technologien die Hauptanteile zu den Gesamtemissionen beisteuern.

Die Treibhausgas-Bilanz der Schweizer Strombereitstellung bezieht sich auf 1 kWh Strom, geliefert an eine Niederspannungs-Steckdose in der Schweiz im Jahr 2009. Es wird unterschieden zwischen dem Produktionsmix (in der Schweiz produzierter Strom), dem Lieferantenmix (an die Schweizer Endkunden gelieferter Strom), dem zertifizierten Strommix und dem Egalstrommix (Lieferantenmix minus zertifizierter Strommix).

Die Treibhausgas-Bilanz der Schweizer Strombereitstellung umfasst alle Treibhausgasemissionen während Bau, Betrieb, Rückbau und Entsorgung der Kraftwerke inklusive der Materialherstellung, zur Bereitstellung und Entsorgung der Brennstoffe inklusive Gewinnung und Abbau und für den Transport und die Verteilung des Stroms über das Stromnetz.

In der Schweiz wird Strom hauptsächlich mittels Wasserkraft produziert (55.8 %) gefolgt von Kernkraft (39.3 %) und Abfällen (3.0 %). Der Schweizer Lieferanten-Strommix unterscheidet sich deutlich vom Schweizer Produktions-Strommix. Die Anteile der Wasserkraft (31.2 %) und Kernkraft (30.9 %) sind im Schweizer Lieferanten-Strommix deutlich geringer als im Schweizer Produktions-Strommix. Dies ist auf den hohen Anteil der Stromimporte zurückzuführen (35.6 %). Mehr als die Hälfte der Importe stammt aus dem Stromhandel und ist von unbekannter Herkunft. Ein Drittel der Importe stammt aus französischen Kernkraftwerken und die restlichen Importe stammen aus fossil-thermischen Kraftwerken.

Der zertifizierte Strommix besteht zu 97.8 % aus Wasserkraft. Die übrigen Technologien steuern Anteile von unter 0.7 % bei. Der Egal-Strommix weist verglichen mit dem Lieferanten-Strommix einen kleineren Anteil an Wasserkraft auf, da die Produktion mit zertifizierter Wasserkraft abgezogen wurde. Durch den Abzug der in der Schweiz produzierten zertifizierter Wasserkraft kommt es vor allem zu einer Erhöhung des Anteils der Importe nicht überprüfbarer Elektrizität.

Die Treibhausgasemissionen pro kWh gelieferten Strom betragen 14.4 g CO₂-eq (9.3 g CO₂) für den zertifizierten Strommix und 24.2 g CO₂-eq (18.3 g CO₂) für den Schweizer Produktionsmix. Die Treibhausgasemissionen des Schweizer Lieferanten- und Egal-Strommixes sind mit 121.7 g CO₂-eq (111.3 g CO₂) und 132.9 g CO₂-eq (122.0 g CO₂) deutlich höher.

Die erhöhten Treibhausgasemissionen stammen hauptsächlich aus dem Import von Strom unbekannter Herkunft über den Stromhandel (80 %), aber auch aus dem bekannten Import von Strom aus fossil-thermischen Kraftwerken (10 %).

Für unspezifischen Strom ab Schweizer Steckdose wird empfohlen den Schweizer Egal-Strommix zu verwenden. Für die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen des gesamtschweizerischen Stromverbrauchs (volkswirtschaftliche Betrachtung) empfehlen wir, den Schweizer Lieferantenmix zu verwenden. Für die Bilanzierung von unspezifischen zertifizierten Stromprodukten ist der zertifizierte Strommix die richtige Wahl.

Für eine umfassende Beurteilung der Umweltauswirkungen der Schweizer Strommixe sollten weitere Indikatoren wie Versauerung oder hochradioaktive Abfälle quantifiziert und berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich zudem, eine Beurteilung auf Basis der Methode der ökologischen Knappheit 2006 durchzuführen.

Abkürzungen

	Deutsch	Englisch
BFE	Bundesamt für Energie	
CH	Schweiz	
CO ₂	Kohlendioxid	
CO ₂ -eq	Kohlendioxidäquivalente	
DE	Deutschland	
ENTSO-E		European Network of Transmission System Operators for Electricity
FR	Frankreich	
GWh	Gigawattstunde	
GWP	Klimaänderungspotential	Global Warming Potential
IPCC		Intergovernmental Panel on Climate Change
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung	
kWh	Kilowattstunde	
RER	Europa	
SBB	Schweizerische Bundesbahnen	
SF ₆	Schwefelhexafluorid	
UBP	Umweltbelastungspunkte	
UCTE		Union for the Coordination of the Transmission of Electricity
VUE	Verein für umweltgerechte Energie	

Inhalt

1	AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG	1
2	DER UNTERSUCHUNGSUMFANG	1
2.1	Die Bezugsgrösse	1
2.2	Der Systemumfang.....	1
2.3	Der Anwendungsbereich	2
3	DIE VIER SCHWEIZER STROMMIXE	4
3.1	Überblick.....	4
3.2	Der Produktions-Strommix	5
3.3	Der Lieferanten-Strommix	6
3.4	Der zertifizierte Strommix	7
3.5	Der Egal-Strommix	8
3.6	Sachbilanz Zusammenfassung	8
4	DIE CO₂-FUSSABDRÜCKE DES SCHWEIZER STROMS	12
5	WELCHEN STROMMIX VERWENDEN?	14
6	DATENQUALITÄT	15
	LITERATUR	16
	ANHANG CO₂-FUSSABDRÜCKE	18

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Abteilung Klima des Bundesamts für Umwelt erhält regelmässig Anfragen zum Thema Treibhausgas-Emissionen des Schweizer Strommixes. Um hier fundiert und transparent Auskunft geben zu können, wird ein Dokument mit den wesentlichen Kennwerten und Hintergrundinformationen benötigt.

Der vorliegende Kurzbericht enthält die wesentlichen Informationen darüber, wie die Schweizer Strommixe in der vorliegenden Treibhausgas-Bilanz modelliert und welche Elemente dabei berücksichtigt werden, wie hoch die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe sind und welche Technologien die Hauptanteile zu den Gesamtemissionen beisteuern.

Die Hintergrundinformationen zu den hier beschriebenen Strommixen sind in verschiedenen Berichten in englischer Sprache dokumentiert. Die wesentlichen Informationsquellen sind in den nachstehenden Kapiteln erwähnt.

2 Der Untersuchungsumfang

2.1 Die Bezugsgrösse

Die Treibhausgas-Bilanz der Schweizer Strombereitstellung bezieht sich auf 1 kWh Strom, geliefert an eine Niederspannungs-Steckdose in der Schweiz im Jahr 2009.

2.2 Der Systemumfang

Die Treibhausgas-Bilanz der Schweizer Strombereitstellung umfasst

- Bau, Betrieb sowie Rückbau und Entsorgung der Kraftwerke, inklusive der Herstellung der zum Bau benötigten Materialien, der Bereitstellung der Betriebsmittel und der Emission von Treibhausgasen im Betrieb, und der Entsorgungsaufwendungen.
- die Bereitstellung und die Entsorgung der Brennstoffe, inklusive Abbau beziehungsweise Gewinnung der Primärenergieträger (Erdgas, Rohöl, Steinkohle, Uran, Holz), deren Veredelung sowie auch deren Konditionierung und Endlagerung.
- den Transport und die Feinverteilung zu den Niederspannungs-Kunden, inklusive Leitungsverluste, Bauaufwendungen sowie SF₆-Emissionen (Transformatoren) und Lachgas-Emissionen (Hochspannungsleitungen).
- jegliche Transportaufwendungen für Brennstoffe, Bau- und Betriebsstoffe sowie Abfälle.

Das Modell ist wie folgt aufgebaut (siehe Fig. 2.1):

Im Zentrum stehen die Strommix-Datensätze, in welchen die jeweiligen Anteile der verschiedenen Technologien (Strom ab Laufwasserkraftwerk, ab Kernkraftwerk, ab Fotovoltaikanlage etc.) nachgefragt werden. Diese Technologie-Datensätze beinhalten die Aufwendungen und Treibhausgas-Emissionen der Produktion von einer ins Netz gespiesenen kWh. Stromtransport und Stromfeinverteilung sind den Strommix-Datensätzen nachgelagert.

2. Der Untersuchungsumfang

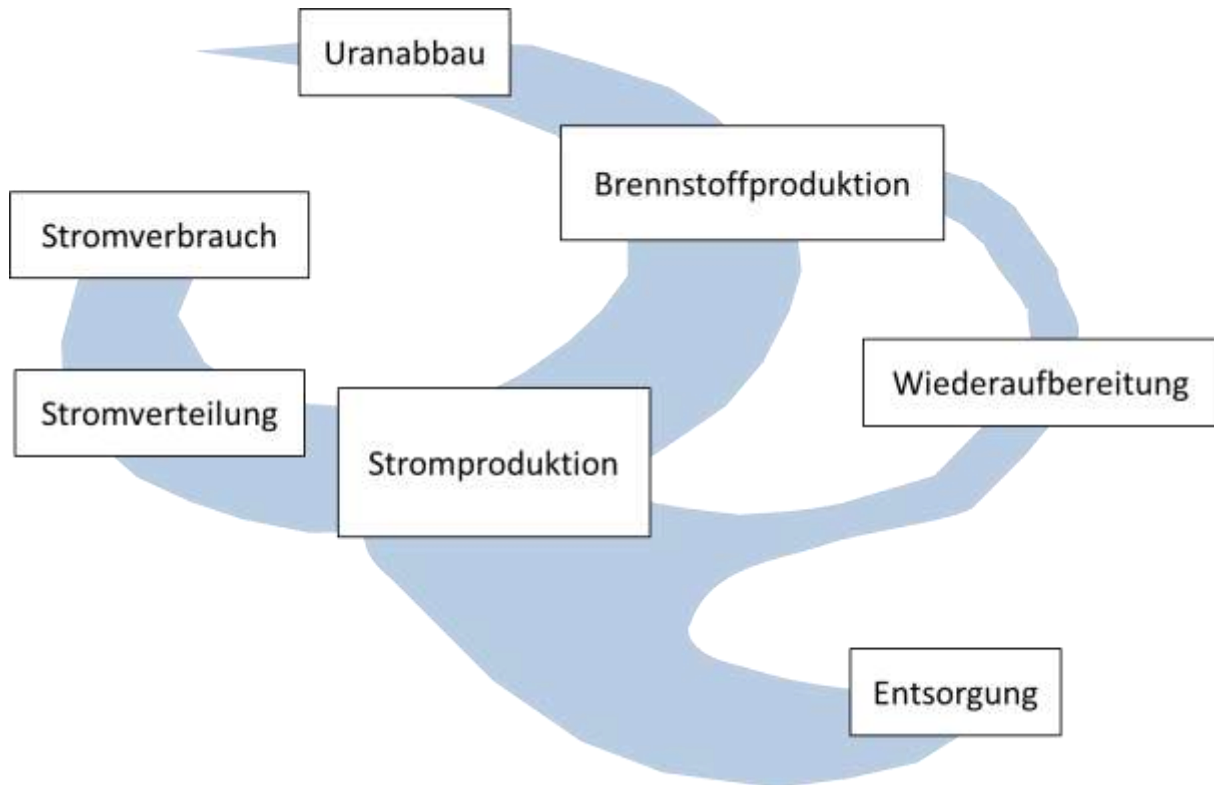


Fig. 2.1 Schematische Darstellung der Strombereitstellung am Beispiel der Kernenergie

Hierbei werden für drei Spannungsebenen, nämlich Hoch-, Mittel- und Niederspannung, die Verluste sowie die auf dem entsprechenden Spannungsniveau transportierten Strommengen verwendet, um die spezifischen Verluste jeder Spannungsebene zu quantifizieren.

Tab. 2.1: Verluste im Schweizer Stromnetz aufgeteilt auf die unterschiedlichen Spannungsebenen (BFE 2010a)

	Verfügbare Strommenge	Stromabsatz	Verluste Total	Verluste	Kumulierte Verluste	Anteil Stromabsatz ¹	Anteil Verluste ¹
Einheit	GWh	GWh	GWh	%	%	%	%
Schweizer Landesverbrauch	61'814	57'494	4'320	6.99%		100%	100%
Verbrauch Hochspannung	60'129	2'300	1'685	2.80%	2.80%	4%	39%
Verbrauch Mittelspannung	57'268	18'398	562	0.98%	3.81%	32%	13%
Verbrauch Niederspannung	36'796	36'796	2'074	5.64%	9.66%	64%	48%

1: Persönliche Mitteilung: Gerhard Emch, ewz (22.06.2011)

Die Treibhausgas-Bilanzen der einzelnen Technologien werden weitgehend auf Basis des ecoinvent Datenbestandes v2.2 modelliert (ecoinvent Centre 2010). Ausnahmen hiervon sind die Wasserkraft (Flury & Frischknecht 2012), Fotovoltaik (Jungbluth et al. 2012), und die Erdgas-Bereitstellung (Schori et al. 2012), wo auf aktualisierte Daten zurückgegriffen werden kann.

2.3 Der Anwendungsbereich

Die hier dokumentierten Treibhausgas-Bilanzen der Schweizer Strombereitstellung beschreiben den Zustand im Jahr 2009. Die Werte sind somit geeignet für beschreibende Treibhausgas-Bilanzen. Dazu zählen Umweltberichte von Unternehmen, Treibhausgas-Bilanzen von Produkten, Umweltinformationen und Labels von Produkten und dergleichen. Nicht geeignet

2. Der Untersuchungsumfang

sind die hier vorliegenden Kennwerte zur Unterstützung von weitreichenden Entscheiden wie beispielsweise eine mögliche Förderung von Elektroautos oder eine weitreichende Förderung von Stromsparmassnahmen. Für derartige Fragestellungen sind Strommix-Modelle besser geeignet, welche auf Grenztechnologien basieren, das heisst auf denjenigen Kraftwerkstechnologien, die neu zugebaut beziehungsweise künftig abgeschaltet werden sollen (siehe hierzu auch Frischknecht & Stucki 2010).

3 Die vier Schweizer Strommixe

3.1 Überblick

Seit bald zwanzig Jahren wird in Ökobilanz-Datenbanken unterschieden zwischen dem reinen Produktions- oder Erzeugungsmix einerseits und dem Versorgungs- oder Lieferantenmix eines Landes andererseits (siehe hierzu Frischknecht et al. 1994). Bei der Modellierung des Lieferantenmixes hat man sich eines Gedankenmodells bedient, um den Importanteil des an Schweizer Steckdosen gelieferten Stroms bestimmen zu können. Mittlerweile führt das BFE regelmäßige Erhebungen bei den Lieferwerken durch. Die Lieferwerke sind im Rahmen der Stromkennzeichnung verpflichtet, Auskunft zu geben über die Zusammensetzung der gelieferten Elektrizität.

Seit bald 15 Jahren werden zertifizierte Stromprodukte angeboten. Das Volumen dieser zertifizierten Stromprodukte hat stark zugenommen. Deshalb ist es angebracht, den Lieferantenmix aufzuteilen in einen zertifizierten Strommix und einen sogenannten Egal-Strommix.

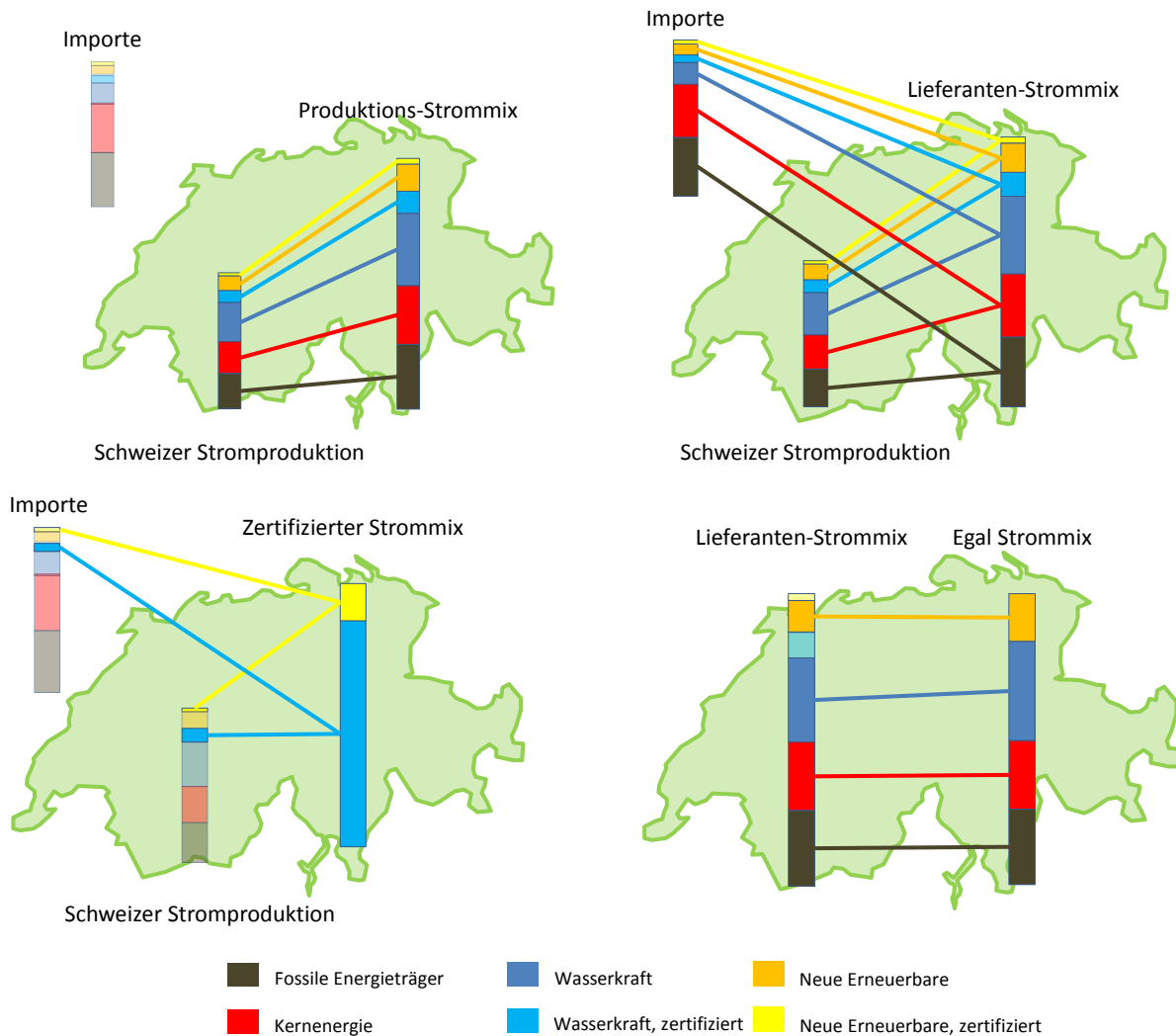


Fig. 3.1 Modellansatz für den Produktions-Strommix (oben links), den Lieferanten-Strommix (oben rechts), den zertifizierten Strommix (unten links) und den Egal-Strommix (unten rechts)

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die vier Strommixe charakterisiert, sowie deren Zusammensetzung und mögliche Besonderheiten in der Modellierung beschrieben.

3.2 Der Produktions-Strommix

Tab. 3.1 zeigt die Stromproduktion in der Schweiz nach der Elektrizitätsstatistik des Bundesamtes für Energie (BFE 2010a). In der Schweiz wird Elektrizität hauptsächlich mit Wasserkraft (55.9 %) und Kernkraft (39.3 %) produziert.

Tab. 3.1: Anteile der unterschiedlichen Technologien an der gesamten Schweizer Stromproduktion (BFE 2010a)

Technologie	Produktion	Anteil
Einheit	GWh	%
Wasserkraft	37136.0	55.85%
Laufwasserkraft	12710.0	19.11%
Speicherwasserkraft	19701.0	29.63%
Kleinwasserkraft	3400.0	5.11%
Pumpspeicherkraft	1325.0	1.99%
Kernenergie	26119	39.28%
Druckwasserreaktor	13780	20.72%
Siedewasserreaktor	12339	18.56%
Übrige	3239	4.87%
Total Brutto (inkl Speicherpumpen)	66494.0	100.00%

Die Stromproduktion aus Wasserkraft wird unterteilt in Laufwasserkraft, Speicherwasserkraft, Kleinwasserkraft und Pumpspeicherkraft. Die Anteile der verschiedenen Wasserkrafttechnologien werden in Tab. 3.2 gezeigt. Die Anteile für Laufwasserkraft, Speicherwasserkraft und Pumpspeicherkraft stammen aus der Schweizer Elektrizitätsstatistik 2009 (BFE 2010a) und der Anteil für Kleinwasserkraft ist aus dem Programm Kleinwasserkraftwerke (2010) und Flury & Frischknecht (2012) abgeleitet.

Der Verbrauch der Speicherpumpen beträgt im Jahr 2010 2'523 GWh. Der Erwartungswert der Produktion aus Pumpspeicherkraftwerken liegt bei 1325 GWh. Für den Strombedarf der Pumpspeicherpumpen wird ein Wirkungsgrad von 80 % angenommen (Flury & Frischknecht 2012). Es resultiert ein Strombedarf der Pumpspeicherpumpen von 1'657 GWh. Der Strombedarf für die Zulieferpumpen ergibt sich aus der Differenz des gesamten Strombedarfs der Speicherpumpen gemäss Elektrizitätsstatistik 2009 (BFE 2010a) und dem Strombedarf der Pumpspeicherpumpen (866 GWh). Dieser Strombedarf der Zulieferpumpen ist bei der Stromproduktion mit Speicherkraftwerken als Aufwand verbucht.

Der Strom aus Kernenergie wird entsprechend der Produktion verschiedener Schweizer Kernkraftwerke nach der Elektrizitätsstatistik auf die unterschiedlichen Reaktortypen aufgeteilt.

Die Kategorie Übrige enthält die Technologien fossile Kraftwerke, KVA, PV, Wind und Biomasse und wird entsprechend der Technologieanteile der übrigen Technologien (neben Wasserkraft und Kernkraft) des Lieferanten-Strommixes aufgeteilt (siehe Tab. 3.7).

3. Die vier Schweizer Strommixe

Tab. 3.2: Anteile der Wasserkrafttechnologien in der Schweiz (BFE 2010a, Flury & Frischknecht 2012, Programm Kleinwasserkraftwerke 2010)

Technologie	Produktions-Strommix	Anteil	Lieferanten-Strommix	Anteil
Einheit	GWh	%	GWh	%
Total	37136.0	100.00%	34612.9	100.00%
Laufwasserkraft	12710.0	34.23%	12710.0	36.72%
Speicherwasserkraft	19701.0	53.05%	18502.9	53.46%
Kleinwasserkraft	3400.0	9.16%	3400.0	9.82%
Pumpspeicherkraft	1325.0	3.57%	0.0	0.00%

3.3 Der Lieferanten-Strommix

Der Schweizer Lieferanten-Strommix basiert auf der Schweizer Stromkennzeichnung des Bundesamtes für Energie (BFE 2012) und weitergehenden Informationen¹. Sie zeigt die Herkunft des in der Schweiz verkauften Stroms inklusive des zertifizierten Stroms aber ohne die Stromproduktion der SBB. Die Vollerhebung des BFE umfasst 50.1 TWh oder 87 % des Stromabsatzes in der Schweiz im Jahr 2009.

Tab. 3.3: Anteile der unterschiedlichen Technologien im Schweizer Lieferanten-Strommix (BFE 2012). Die Anteile wurden auf Basis von 87 % des Stromabsatzes in der Schweiz im Jahr 2009 (50.1 TWh) ermittelt.

Technologie	Total	Aus der Schweiz	Import
Erneuerbare Energien	37.102%	31.881%	5.221%
Wasserkraft	36.005%	30.931%	5.074%
Andere Erneuerbare	0.397%	0.250%	0.147%
<i>Sonne</i>	<i>0.060%</i>	<i>0.054%</i>	<i>0.006%</i>
<i>Wind</i>	<i>0.156%</i>	<i>0.032%</i>	<i>0.124%</i>
<i>Biomasse</i>	<i>0.181%</i>	<i>0.164%</i>	<i>0.017%</i>
<i>Geothermie</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.000%</i>
Geförderter Strom	0.700%	0.700%	0.000%
Nicht erneuerbare Energien	43.318%	31.108%	12.210%
Kernenergie	41.660%	30.852%	10.808%
Fossile Energieträger	1.657%	0.256%	1.401%
<i>Erdöl</i>	<i>0.074%</i>	<i>0.053%</i>	<i>0.021%</i>
<i>Erdgas</i>	<i>1.500%</i>	<i>0.200%</i>	<i>1.300%</i>
<i>Kohle</i>	<i>0.084%</i>	<i>0.003%</i>	<i>0.081%</i>
Abfälle	1.420%	1.402%	0.018%
Nicht überprüfbare Energieträger	18.165%	0.000%	18.165%
Total	100.00%	64.39%	35.61%

¹ Persönliche Mitteilung von R. Zurbrugg, Zurbrugg VerkaufsOptimierung, 11.1.2012

3. Die vier Schweizer Strommixe

Die Kategorie geförderter Strom entspricht dem Strom aus KEV-Anlagen und wird daher entsprechend dem Geschäftsbericht der Stiftung KEV (KEV 2009) auf die verschiedenen erneuerbaren Technologien aufgeteilt (siehe Tab. 3.4). Darin sind das Produktionsvolumen und die Anteile der verschiedenen Technologien gezeigt. Der geförderte Strom wird hauptsächlich mit Biomasse (52.1 %) und Wasserkraft (42.6 %) produziert. Die Anteile von Wind (1.3 %) und Fotovoltaik (4.0 %) sind deutlich geringer.

Tab. 3.4: Anteil der unterschiedlichen Technologien an der geförderten Stromproduktion in der Schweiz (KEV 2009)

Technologie	Produktion	Anteil
Einheit	GWh	%
Total	390.5	100.00%
Wind	5.1	1.32%
Wasserkraft	166.4	42.60%
Biomasse	203.6	52.13%
Fotovoltaik	15.4	3.95%

Der mittels Biomasse produzierte Strom kann weiter unterteilt werden in Strom aus Holz, aus landwirtschaftlichem Biogas und industriellem Biogas. Diese Anteile stammen aus der Schweizer Statistik der Erneuerbaren Energien (BFE 2010b). Die Anteile der verschiedenen Technologien sind in Tab. 3.5 gezeigt.

Tab. 3.5: Anteile der unterschiedlichen Technologien für Strom aus Biomasse (BFE 2010b).

Technologie	Produktion	Anteil
Einheit	GWh	%
Total	222.3	100.00%
Holz	154.4	69.45%
Biogas Landwirtschaft	37.4	16.85%
Biogas Industrie	30.4	13.70%

Im Lieferanten-Strommix wird der Strombedarf für die Pumpspeicherung mit einem anderen Ansatz modelliert als für den Produktionsmix. Anstelle eines Technologieanteils für die Pumpspeicherung wird der Pumpenstrombedarf durch einen erhöhten Bedarf an Strom für die Bereitstellung einer kWh Elektrizität modelliert. Die Anteile der unterschiedlichen Technologien am Lieferanten-Strommix sind in Tab. 3.7 dargestellt. Ebenfalls dargestellt ist der Pumpenstrombedarf in Form eines negativen Anteils (Verbrauch) am Lieferanten-Mix. Der Pumpenstrombedarf beträgt 2.7 % bezogen auf die gesamte gelieferte Elektrizität.

3.4 Der zertifizierte Strommix

Der zertifizierte Schweizer Strommix ist entsprechend der Statistik des Vereins für umweltgerechte Energie (VUE) modelliert (VUE 2011). Die Statistiken des VUE geben Aufschluss über die unterschiedlichen Energiequellen des zertifizierten Stroms in der Schweiz. Entsprechend der in Tab. 3.6 gezeigten Werte wird der grösste Teil des zertifizierten Stroms mit Wasserkraft erzeugt.

3. Die vier Schweizer Strommixe

Tab. 3.6: Technologieanteile des in der Schweiz verkauften zertifizierten Stroms (VUE 2011)

Technologie	Produktion	Anteil an zertifiziertem Strom	Anteil Lieferanten-Strommix
Einheit	GWh	%	%
Total	5722.4	100.00%	9.26%
Fotovoltaik	37.5	0.66%	0.06%
Wind	47.3	0.83%	0.08%
Wasserkraft	5595.6	97.78%	9.05%
Biomasse	41.9	0.73%	0.07%

Die Technologieanteile für Wasserkraft und Biomasse werden gemäss dem Lieferanten-Strommix auf die verschiedenen Unterkategorien aufgeteilt. Für den zertifizierten Strommix wird kein Pumpenstrombedarf bilanziert.

Für Windkraft wird zusätzlich noch ein Import bilanziert, da die in der Schweiz verkaufte Menge an zertifiziertem Strom aus Windkraft grösser ist als die totale Inlandproduktion. Die Technologieanteile für den zertifizierten Strommix sind in Tab. 3.7 dargestellt.

3.5 Der Egal-Strommix

Zur Berechnung des Egal-Strommixes wird das Volumen des in der Schweiz verkauften zertifizierten Strommixes vom Schweizer Lieferanten-Strommix abgezogen. Die Menge und die Anteile des in der Schweiz verkauften zertifizierten Stroms sind in Tab. 3.6 gezeigt. Der Pumpenstrombedarf für den Egal-Strommix ist analog zum Lieferanten-Strommix modelliert (vgl. Abschnitt. 3.3). Der Anteil des Pumpenstrombedarfs ist mit rund 3.0 % leicht höher als für den Lieferanten-Strommix aufgrund des Abzugs des zertifiziert verkauften Stromvolumens. Die Technologieanteile für den Egal-Strommix sind zusammen mit den anderen Strommixen in Tab. 3.7 dargestellt.

3.6 Sachbilanz Zusammenfassung

Tab. 3.7 zeigt die Zusammensetzung der verschiedenen Schweizer Strommixe nach den in den vorangehenden Unterkapiteln beschriebenen Zuordnungen und Anpassungen bezüglich der Technologiezusammensetzung. Alle verwendeten Daten beziehen sich auf das Jahr 2009.

In der Schweiz wird Strom hauptsächlich mittels Wasserkraft produziert (55.8 %) gefolgt von Kernkraft (39.3 %) und Abfällen (3.0 %). Der Schweizer Lieferanten-Strommix unterscheidet sich deutlich vom Schweizer Produktions-Strommix. Der Anteil der Wasserkraft (31.2 %) und Kernkraft (30.9 %) sind im Schweizer Lieferanten-Strommix deutlich geringer als im Schweizer Produktions-Strommix. Dies ist auf den hohen Anteil der Stromimporte zurückzuführen (35.6 %). Mehr als die Hälfte der Importe stammt aus dem Stromhandel und ist deshalb von unbekannter Herkunft. Ein Drittel der Importe stammt aus französischen Kernkraftwerken und die restlichen Importe aus fossil-thermischen Kraftwerken.

Der zertifizierte Strommix besteht zu 97.8 % aus Wasserkraft. Die übrigen Technologien steuern Anteile von unter 0.7 % bei. Der Egal-Strommix weist verglichen mit dem Lieferanten-Strommix einen kleineren Anteil an Wasserkraft auf, da die Produktion mit zertifizierter Wasserkraft abgezogen wurde. Durch den Abzug der in der Schweiz produzierten zertifizierten Wasserkraft kommt es vor allem zu einer Erhöhung des Anteils der Importe nicht überprüfbarer Elektrizität.

3. Die vier Schweizer Strommixe

Tab. 3.7: Anteile der unterschiedlichen Technologien für die verschiedenen Schweizer Strommixe für das Jahr 2009

Technologie	Produktions-Strommix	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix	Zertifizierter Strommix	Egal-Strommix
Einheit	GWh	%	%	%	%
Inlandproduktion	66'494.0	100.000%	63.434%	99.619%	59.636%
Erneuerbare Energien	38'050.0	57.223%	32.734%	99.619%	25.706%
Wasserkraft	37'136.0	55.849%	32.064%	97.786%	25.159%
<i>Laufwasserkraft</i>	12'710.0	19.115%	11.774%	33.468%	9.495%
<i>Speicherwasserkraft</i>	19'701.0	29.628%	17.141%	55.365%	13.125%
<i>Kleinwasserkraft</i>	3'400.0	5.113%	3.150%	8.953%	2.540%
<i>Pumpspeicherkraft</i>	1'325.0	1.993%	0.000%	0.000%	0.000%
Andere erneuerbare Energien	914.0	1.375%	0.669%	1.833%	0.547%
<i>Sonne</i>	114.5	0.172%	0.084%	0.655%	0.024%
<i>Wind</i>	57.8	0.087%	0.042%	0.445%	0.000%
<i>Holz</i>	515.2	0.775%	0.377%	0.509%	0.363%
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	125.0	0.188%	0.091%	0.123%	0.088%
<i>Biogas Industrie</i>	101.6	0.153%	0.074%	0.100%	0.072%
<i>Geothermie</i>	0.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Nicht erneuerbare Energien	26'478.0	39.820%	31.940%	0.000%	35.292%
Kernenergie	26'119.0	39.280%	31.677%	0.000%	35.001%
<i>Druckwasserreaktor</i>	13'780.0	20.724%	16.712%	0.000%	18.466%
<i>Siedewasserreaktor</i>	12'339.0	18.557%	14.965%	0.000%	16.535%
Fossile Energieträger	359.0	0.540%	0.263%	0.000%	0.290%
<i>Erdöl</i>	74.3	0.112%	0.054%	0.000%	0.060%
<i>Erdgas</i>	280.5	0.422%	0.205%	0.000%	0.227%
<i>Kohle</i>	4.2	0.006%	0.003%	0.000%	0.003%
Abfälle	1'966.0	2.957%	1.439%	0.000%	1.591%
Nicht überprüfbare Energieträger	0.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Pumpenstrombedarf	0.0	0.000%	-2.679%	0.000%	-2.953%
Importe	0.0	0.000%	36.566%	0.381%	40.364%
Erneuerbare Energien	0.0	0.000%	5.361%	0.381%	5.883%
Wasserkraft	0.0	0.000%	5.210%	0.000%	5.756%
<i>Laufwasserkraft</i>	0.0	0.000%	4.376%	0.000%	4.835%
<i>Speicherwasserkraft</i>	0.0	0.000%	0.834%	0.000%	0.921%
<i>Kleinwasserkraft</i>	0.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Andere erneuerbare Energien	0.0	0.000%	0.151%	0.381%	0.127%
<i>Sonne</i>	0.0	0.000%	0.006%	0.000%	0.007%
<i>Wind</i>	0.0	0.000%	0.127%	0.381%	0.101%
<i>Holz</i>	0.0	0.000%	0.012%	0.000%	0.013%
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	0.0	0.000%	0.003%	0.000%	0.003%
<i>Biogas Industrie</i>	0.0	0.000%	0.002%	0.000%	0.003%
<i>Geothermie</i>	0.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Nicht erneuerbare Energien	0.0	0.000%	12.537%	0.000%	13.852%
Kernenergie	0.0	0.000%	11.097%	0.000%	12.262%
<i>Druckwasserreaktor</i>	0.0	0.000%	11.097%	0.000%	12.262%
<i>Siedewasserreaktor</i>	0.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Fossile Energieträger	0.0	0.000%	1.438%	0.000%	1.589%
<i>Erdöl</i>	0.0	0.000%	0.022%	0.000%	0.024%
<i>Erdgas</i>	0.0	0.000%	1.335%	0.000%	1.475%
<i>Kohle</i>	0.0	0.000%	0.083%	0.000%	0.092%
Abfälle	0.0	0.000%	0.018%	0.000%	0.020%
Nicht überprüfbare Energieträger	0.0	0.000%	18.651%	0.000%	20.608%
Total	66'494.0	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%

Der Strom unbekannter Herkunft wird mit dem Europäischen Strommix (neu ENTSO-E) modelliert, die französische Kernenergie mit dem entsprechenden französischen Datensatz und

der Strom aus fossil-thermischen Kraftwerken wird mit den entsprechenden Europäischen Datensätzen für Strom aus Erdöl, Erdgas und Steinkohle angenähert.

3.7 Treibhausgasintensität Stromherstellung

Die spezifischen Treibhausgasemissionen der verschiedenen Technologien werden in Tab. 3.8 aufgeführt. Einerseits wird zwischen den Emissionen über die gesamte Produktionskette und den Emissionen aus dem Kraftwerk unterschieden. Andererseits werden die gesamten Treibhausgasemissionen und die Kohlendioxidemissionen separat angegeben. Es gilt zu beachten, dass die Gesamtemissionen die direkten Emissionen aus der Stromproduktion einschliessen. Ebenso sind die Kohlendioxidemissionen ein Teil der Treibhausgasemissionen.

Bezogen auf 1 kWh produzierten Strom ist die Herstellung aus Kohle die Treibhausgasintensivste Technologie. Strom aus Laufwasserkraftwerken verursacht die tiefsten Treibhausgasemissionen pro kWh.

Viele der aufgeführten Technologien verursachen keine direkten Treibhausgasemissionen, d.h. Emissionen aus dem Kraftwerk. Dies betrifft vor allem die erneuerbaren Energien sowie die Kernenergie. Deren Treibhausgasemissionen stammen alle aus den Vorketten. Ausnahmen bilden die Lauf- und Speicherwasserkraftwerke aus deren Speicherseen Kohlendioxid, Lachgas und Methan emittiert wird. Anlagen, die mit landwirtschaftlichem Biogas betrieben werden, weisen Kohlendioxidemissionen auf, da in den Motoren auch (fossiler) Diesel verbrannt wird.

Der Unterschied zwischen der nicht-zertifizierten und zertifizierten Speicherwasserkraft besteht darin, dass bei der Letzteren nur die Nettostromproduktion angegeben werden darf, weshalb der Bedarf an Pumpenstrom aus der Bilanz fällt.

Der Elektrizität aus Abfällen werden keine Treibhausgasemissionen zugeordnet, da die gesamten Umweltauswirkungen vom Abfall und dessen Verbrennung der Abfallentsorgung angerechnet werden.

Die direkten Emissionen (aus den Kraftwerkskaminen) der nicht überprüfaren Energieträger können nicht bestimmt werden.

3. Die vier Schweizer Strommixe

Tab. 3.8: Kohlendioxid- und Treibhausgasemissionen der verschiedenen Technologien unterschieden nach der gesamten Produktionskette und den direkten Emissionen aus dem Kraftwerk. Die Angaben beziehen sich auf 1 kWh produziertem Strom.

Technologie	Gesamte Produktionskette		Direkte Emissionen Stromproduktion	
	Kohlendioxid-Emissionen	Treibhausgas-Emissionen	Kohlendioxid-Emissionen	Treibhausgas-Emissionen
Einheit	g CO ₂ /kWh	g CO ₂ -eq/kWh	g CO ₂ /kWh	g CO ₂ -eq/kWh
Inlandproduktion				
Erneuerbare Energien				
Wasserkraft				
<i>Laufwasserkraft</i>	3.2	3.6	0.0	0.3
<i>Speicherwasserkraft</i>	10.2	10.7	1.4	1.4
<i>Speicherwasserkraft (zertifiziert)</i>	5.3	5.5	1.4	1.4
<i>Kleinwasserkraft</i>	4.7	4.9	0.0	0.0
<i>Pumpspeicherkraft</i>	144.0	154.1	1.4	1.4
Andere erneuerbare Energien				
<i>Sonne</i>	69.6	81.6	0.0	0.0
<i>Wind</i>	15.8	17.2	0.0	0.0
<i>Holz</i>	21.6	30.0	0.0	7.3
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	52.5	240.6	24.3	43.1
<i>Biogas Industrie</i>	78.9	237.7	0.0	11.1
Nicht erneuerbare Energien				
Kernenergie				
<i>Druckwasserreaktor</i>	4.9	5.2	0.0	0.0
<i>Siedewasserreaktor</i>	9.2	10.5	0.0	0.0
Fossile Energieträger				
<i>Erdöl</i>	698.0	730.7	580.1	594.0
<i>Erdgas</i>	516.0	585.4	459.2	488.0
<i>Kohle</i>	969.5	1'093.0	922.0	936.0
Abfälle	0.0	0.0	0.0	0.0
Nicht überprüfbare Energieträger				
Pumpenstrombedarf				
Importe				
Erneuerbare Energien				
Wasserkraft				
<i>Laufwasserkraft</i>	3.4	3.8	0.0	0.3
<i>Speicherwasserkraft</i>	15.1	16.6	10.8	12.2
<i>Kleinwasserkraft</i>	4.6	4.9	0.0	0.0
Andere erneuerbare Energien				
<i>Sonne</i>	71.3	83.9	0.0	0.0
<i>Wind</i>	10.3	11.2	0.0	0.0
<i>Holz</i>	21.6	30.0	0.0	7.3
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	52.5	240.6	24.3	43.1
<i>Biogas Industrie</i>	78.9	237.7	0.0	11.1
Nicht erneuerbare Energien				
Kernenergie				
<i>Druckwasserreaktor</i>	5.6	6.1	0.0	0.0
Fossile Energieträger				
<i>Erdöl</i>	858.0	883.1	762.5	776.5
<i>Erdgas</i>	605.0	635.7	530.9	534.0
<i>Kohle</i>	990.0	1'078.7	930.0	942.2
Abfälle	0.0	0.0	0.0	0.0
Nicht überprüfbare Energieträger	438.8	462.4	na	na
Total				

4 Die CO₂-Fussabdrücke des Schweizer Stroms

Fig. 4.1 zeigt das Klimaänderungspotential pro kWh gelieferten Strom in g CO₂-Äquivalenten aufgeteilt nach den unterschiedlichen Technologien zur Stromerzeugung. Es zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den vier Schweizer Strommischen.

Die Treibhausgasemissionen pro kWh gelieferten Strom betragen 14.4 g CO₂-eq (9.3 g CO₂) für den zertifizierten Strommix und 24.2 g CO₂-eq (18.3 g CO₂) für den Schweizer Produktionsmix. Die Treibhausgasemissionen des Schweizer Lieferanten- und Egal-Strommixes sind mit 121.7 g CO₂-eq (111.3 g CO₂) und 132.9 g CO₂-eq (122.0 g CO₂) deutlich höher.

Die erhöhten Treibhausgasemissionen stammen hauptsächlich aus dem Import von Strom unbekannter Herkunft über den Stromhandel aber auch über den bekannten Import aus fossil-thermischen Kraftwerken. Der Strom aus nicht überprüfbaren Energieträgern verursacht 80 % und der Strom aus fossil-thermischen Kraftwerken 10 % der Treibhausgasemissionen des Lieferanten- und Egal-Strommixes.

Die Stromverteilung verursacht zwischen 6 % (Egal-Strommix) und 54 % (Zertifizierter Strommix) der Treibhausgasemissionen. Bei der Stromverteilung stammen 40 % der Treibhausgasemissionen aus den direkten Emissionen von den treibhauswirksamen Gasen (hauptsächlich Schwefelhexafluorid und Lachgas) während des Betriebs. Die restlichen 60 % der Treibhausgasemissionen stammen aus der Bereitstellung der Stromnetzinfrastruktur.

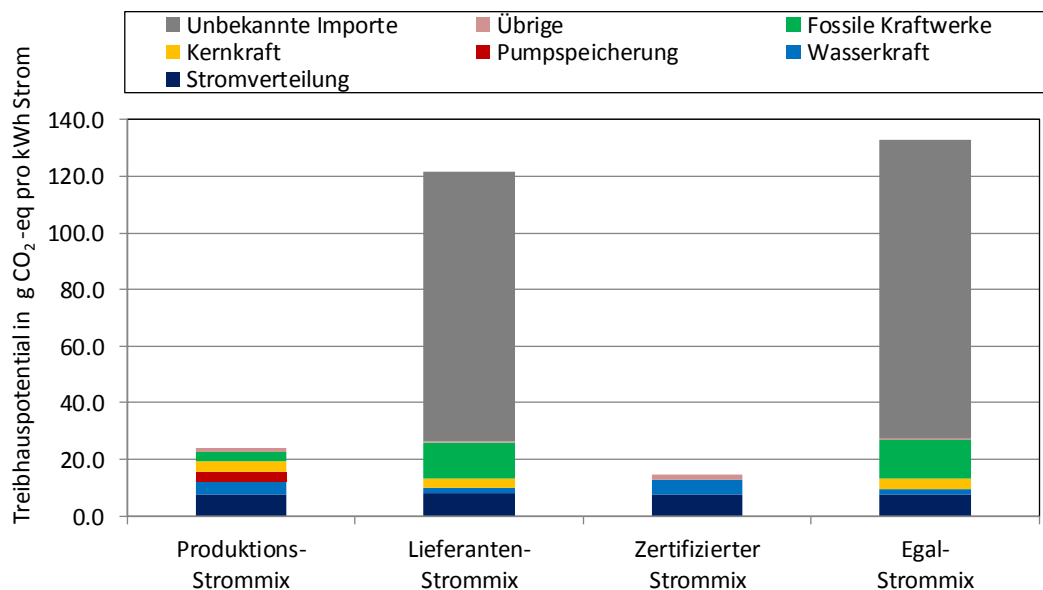


Fig. 4.1 Klimaänderungspotential der verschiedenen Schweizer Strommische in g CO₂-Äquivalenten pro kWh Strom aufgeteilt nach Technologien (Zahlen siehe Tab. 6.1 im Anhang)

Fig. 4.2 zeigt das Klimaänderungspotential pro kWh gelieferten Strom in g CO₂-Äquivalenten aufgeteilt in den Beitrag der unterschiedlichen Treibhausgase. Die direkten CO₂-Emissionen verursachen mit 64 %, 75 %, 91 % und 92 % den grössten Anteil an den totalen Treibhausgasemissionen des zertifizierten Strommixes und des Produktions-, Lieferanten- und Egal-Strommixes. Von Bedeutung sind ebenfalls die fossilen Methan Emissionen im Falle des Lieferanten- und Egal-Strommixes mit einem Beitrag von jeweils 4 % und die SF₆ und N₂O-

4. Die CO₂-Fussabdrücke des Schweizer Stroms

Emissionen im Falle des zertifizierten und Produktions-Strommixes mit einem Anteil 6 und 10 % bzw. 9 und 13 %. Die übrigen Treibhausgase spielen nur eine untergeordnete Rolle.

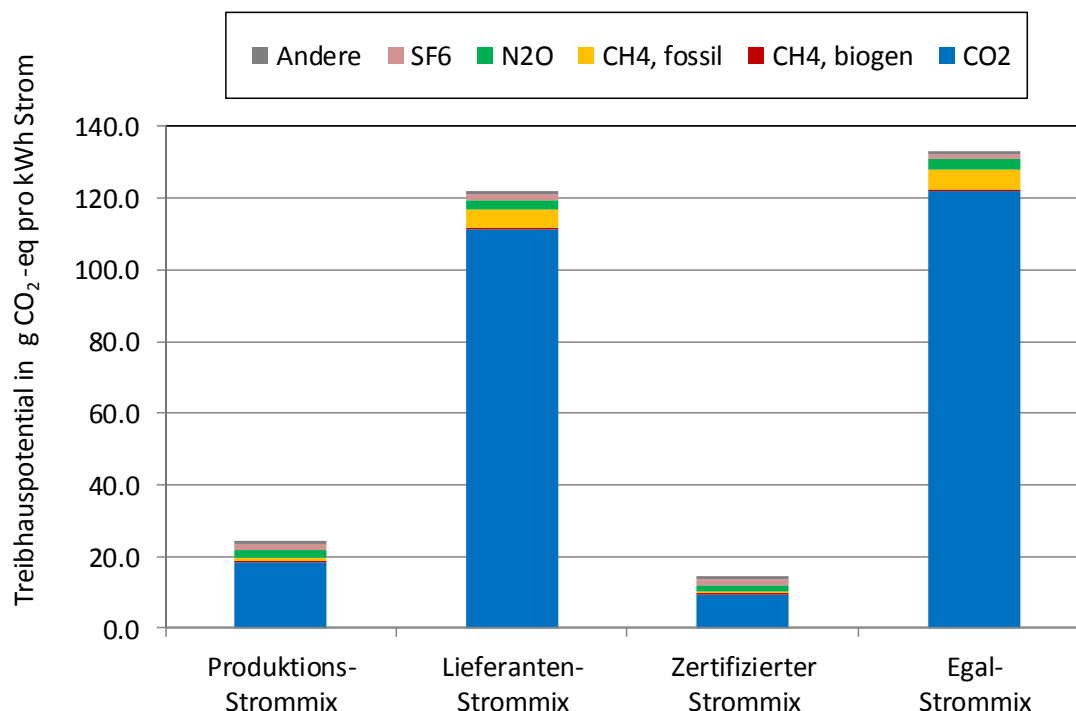


Fig. 4.2 Klimaänderungspotential der verschiedenen Schweizer Strommixe in g CO₂-Äquivalenten pro kWh Strom aufgeteilt nach Treibhausgasen (Zahlen siehe Tab. 6.1 im Anhang)

Die grösste Veränderung gegenüber den Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe gemäss ecoinvent Datenbestand v2.2 ergibt sich durch die Verwendung des Strommixes des ENTSO-E Stromverbundes anstelle des UCTE-Stromverbundes für den importierten Strom unbekannter Herkunft. Durch die Erweiterung des UCTE-Stromverbunds zum ENTSO-E Stromverbund sind nun auch die Skandinavischen Länder im europäischen Strommix enthalten. Da die Stromproduktion in Skandinavien grösstenteils mittels Wasserkraft oder Kernkraft erfolgt, führt dies zu geringeren spezifischen Treibhausgasemissionen.

Zusätzlich haben sich die Stromverluste bei der Verteilung des Stroms im Schweizer Stromnetz verringert (auf Basis neuer Erkenntnisse über Absatzmengen und Verlustanteile auf den drei Spannungsebenen). Der Anteil der fossilen Energieträger im Lieferanten-Strommix hat sich leicht verringert und es kam innerhalb der Kategorie der fossilen Energieträger zu einer Verlagerung von Heizöl zu Erdgas, was tendenziell ebenfalls zu einem Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen führt.

Andererseits wird neu der Strombedarf der Zulieferpumpen bei der Modellierung der Stromproduktion in Speicherkraftwerken und der Speicherpumpenbedarf beim Lieferanten- und beim Egalmix berücksichtigt.

Für eine umfassende Beurteilung der Umweltauswirkungen der Schweizer Strommixe sollten weitere Indikatoren wie Versauerung oder hochradioaktive Abfälle quantifiziert und berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich zudem, eine Beurteilung auf Basis der Methode der ökologischen Knappheit 2006 durchzuführen.

5 Welchen Strommix verwenden?

Wie in Unterkapitel 2.3 dargelegt eignen sich die in diesem Bericht dokumentierten Strommixe für eine Anwendung in beschreibenden Ökobilanzen. Für unspezifischen Strom ab Schweizer Steckdose wird empfohlen, den Schweizer Egal-Strommix zu verwenden. Für die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen des gesamtschweizerischen Stromverbrauchs (volkswirtschaftliche Betrachtung) empfehlen wir, den Schweizer Lieferantenmix zu verwenden. Für die Bilanzierung von unspezifischen zertifizierten Stromprodukten ist der zertifizierte Strommix die richtige Wahl.

6 Datenqualität

Die Werte aus den verwendeten Statistiken erlauben eine genaue Modellierung der unterschiedlichen Strommixe. Die grössten Unsicherheiten entstehen durch Annäherung des Imports von Strom aus nicht überprüfaren Energieträgern (ca. 20 % des Lieferanten- und Egal-Strommixes) mit dem gesamteuropäischen Strommix des Stromverbundes ENTSO-E.

Durch die Verwendung des ENTSO-E Strommixes kommt es zusätzlich zu einer Unterschätzung der Treibhausgasemissionen, da zu erwarten ist, dass der importierte Strom aus nicht überprüfaren Quellen hauptsächlich nicht erneuerbaren Ursprungs stammen dürfte (Kohle- und Kernkraftwerke).

Zusätzlich sind die Länder, aus welchen der Strom aus fossil-thermischen und Wasserkraftwerken importiert wird, nicht bekannt. Der Strom aus fossil-thermischen Kraftwerken und Wasserkraftwerken wird mit den Europäischen Datensätzen modelliert.

Literatur

- BFE 2010a BFE (2010a) Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2009. Bundesamt für Energie, Bern, CH, retrieved from: http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=04840.
- BFE 2010b BFE (2010b) Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2009. Bundesamt für Energie, Bern, CH, retrieved from: http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00543/index.html?lang=de&dossier_id=00772.
- BFE 2012 BFE (2012) Umfrage Stromkennzeichnung 2009. Bundesamt für Energie, Bern, CH.
- ecoinvent Centre 2010 ecoinvent Centre (2010) ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, Switzerland, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Flury & Frischknecht 2012 Flury K. and Frischknecht R. (2012) Life Cycle Inventories of Hydroelectric Power Production. ESU-services Ltd., Uster.
- Frischknecht et al. 1994 Frischknecht R., Hofstetter P., Knoepfel I., Dones R. and Zollinger E. (1994) Ökoinventare für Energiesysteme. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. 1. Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, Paul Scherrer Institut Villigen, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern.
- Frischknecht & Stucki 2010 Frischknecht R. and Stucki M. (2010) Scope-dependent modelling of electricity supply in life cycle assessments. In: Int J LCA, 15(8), pp. 806-816, retrieved from: DOI: 10.1007/s11367-010-0200-7.
- International Organization for Standardization (ISO) 2006a International Organization for Standardization (ISO) (2006a) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ISO 14040:2006; Second Edition 2006-06, Geneva.
- International Organization for Standardization (ISO) 2006b International Organization for Standardization (ISO) (2006b) Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. ISO 14044:2006; First edition 2006-07-01, Geneva.
- Jungbluth et al. 2011a Jungbluth N., Büsser S., Frischknecht R., Leuenberger M. and Stucki M. (2011a) Feasibility study for environmental product information based on life cycle approaches. ESU-services GmbH, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/publications/methodology/.
- Jungbluth et al. 2011b Jungbluth N., Nathani C., Stucki M. and Leuenberger M. (2011b) Environmental impacts of Swiss consumption and production: a combination of input-output analysis with life cycle assessment. Environmental studies no. 1111. ESU-services Ltd. & Rütter+Partner, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/ioa/ or www.umwelt-schweiz.ch.
- Jungbluth et al. 2012 Jungbluth N., Stucki M., Flury K., Frischknecht R. and Buesser S. (2012) Life Cycle Inventories of Photovoltaics. ESU-services Ltd., Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch.
- KEV 2009 KEV (2009) Geschäftsbericht Stiftung kostendeckende Einspeisevergütung (KEV). Stiftung kostendeckende Einspeisevergütung (KEV), Frick, CH, retrieved from: <http://www.stiftung-kev.ch/berichte/jahresberichte.html>.
- Programm Kleinwasserkraftwerke 2010 Programm Kleinwasserkraftwerke (2010) Pressemappe Kleinwasserkraftwerk.

Literatur

- Schori et al. 2012 Schori S., Bauer C. and Frischknecht R. (2012) Life Cycle Inventory of Natural Gas Supply. Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Solomon et al. 2007 Solomon S., Qin D., Manning M., Alley R. B., Berntsen T., Bindoff N. L., Chen Z., Chidthaisong A., Gregory J. M., Hegerl G. C., Heimann M., Hewitson B., Hoskins B. J., Joos F., Jouzel J., Kattsov V., Lohmann U., Matsuno T., Molina M., Nicholls N., Overpeck J., Raga G., Ramaswamy V., Ren J., Rusticucci M., Somerville R., Stocker T. F., Whetton P., Wood R. A. and Wratt D. (2007) Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- VUE 2011 VUE (2011) Der Marktanteil von Stromprodukten aus erneuerbaren Energien im Jahr 2009. Verein für umweltgerecht Energie (VUE), Zürich, CH.

Anhang CO₂-Fussabdrücke

Tab. 6.1: Klimaänderungspotential in g CO₂-eq pro kWh Strom

GWP	Einheit	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix	Zertifizierter Strommix	Egal-Strommix
Total	g CO ₂ -eq	24.2	121.7	14.4	132.9
Stromverteilung	g CO ₂ -eq	7.8	7.9	7.8	7.7
Wasserkraft	g CO ₂ -eq	4.6	2.0	5.2	1.7
Pumpspeicherung	g CO ₂ -eq	3.4	0.0	0.0	0.0
Kernkraft	g CO ₂ -eq	3.4	3.4	0.0	3.8
Fossile Kraftwerke	g CO ₂ -eq	3.7	12.4	0.0	13.7
Übrige	g CO ₂ -eq	1.3	0.7	1.5	0.6
Unbekannte Importe	g CO ₂ -eq	0.0	95.3	0.0	105.5

Tab. 6.2: Anteile der unterschiedlichen Technologien am gesamten Klimaänderungspotential in Prozent

GWP	Einheit	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix	Zertifizierter Strommix	Egal-Strommix
Total	%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Stromverteilung	%	32.22%	6.45%	53.86%	5.75%
Wasserkraft	%	18.92%	1.66%	35.93%	1.27%
Pumpspeicherung	%	14.15%	0.00%	0.00%	0.00%
Kernkraft	%	13.88%	2.81%	0.00%	2.84%
Fossile Kraftwerke	%	15.37%	10.18%	0.00%	10.32%
Übrige	%	5.46%	0.56%	10.21%	0.45%
Unbekannte Importe	%	0.00%	78.34%	0.00%	79.37%

Tab. 6.3: Anteile der unterschiedlichen Treibhausgase am gesamten Klimaänderungspotential in Prozent

GWP	Einheit	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix	Zertifizierter Strommix	Egal-Strommix
Total	%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
CO ₂	%	75.16%	91.34%	64.01%	91.66%
CH ₄ , biogen	%	2.66%	0.48%	3.36%	0.44%
CH ₄ , fossil	%	3.80%	4.15%	2.65%	4.17%
N ₂ O	%	8.81%	2.11%	12.65%	1.98%
SF ₆	%	5.79%	1.16%	9.71%	1.06%
Anderere	%	3.83%	0.78%	7.68%	0.70%

Tab. 6.4: CO₂-Emissionen in g CO₂ pro kWh Strom

CO ₂	Einheit	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix	Zertifizierter Strommix	Egal-Strommix
Total	g CO ₂	18.3	111.3	9.3	122.0