
Treibhausgasemissionen der Strom- und Fernwärmemixe Schweiz gemäss GHG Protocol

Autoren

Martina Alig, Laura Tschümperlin, Rolf Frischknecht

im Auftrag von

**Sustainserv GmbH, UBS Fund Management, Die Schweizerische
Post, pom+Consulting**

Impressum

Titel	Treibhausgasemissionen der Strom- und Fernwärmemixe Schweiz gemäss GHG Protocol
Autoren	Martina Alig, Laura Tschümperlin, Rolf Frischknecht
Auftragnehmer	treeze Ltd., fair life cycle thinking Kanzleistr. 4, CH-8610 Uster www.treeze.ch Phone +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 info@treeze.ch
Kunden	Sustainserv GmbH, UBS Fund Management, Die Schweizerische Post, pom+Consulting
Zitiervorschlag	Alig, M., Tschümperlin, L., Frischknecht, R. 2017: Treibhausgasemissionen Strom- und Fernwärmemixe Schweiz gemäss GHG Protocol. Im Auftrag von Sustainserv GmbH, UBS Fund Management, Die Schweizerische Post und pom+Consulting. treeze Ltd., Uster.
Haftungsausschluss	Die in diesem Bericht enthaltenen Informationen stammen aus zuverlässigen Quellen. Die Autoren und treeze GmbH lehnen jedoch jegliche Haftung für Schäden oder Verluste ab, die durch die Verwendung dieser Angaben entstehen könnten. Die Verantwortung für die Nutzung der Informationen liegt ausschliesslich bei den sie Verwendenden.
Version	619-GHG Strom Fernwärme_v3.0, 15.07.2017 18:20:00

Abkürzungsverzeichnis

AKW	Atomkraftwerk
CH	Schweiz
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kWh	Kilowattstunde
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -eq	Kohlendioxid-Äquivalente
GHG	Greenhouse Gas
N ₂ O	Lachgas / Distickstoffmonoxid
SF ₆	Schwefelhexafluorid

Inhalt

1	EINFÜHRUNG	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Zielsetzung	1
2	DATEN UND METHODIK	1
2.1	Aufteilung der Treibhausgasemissionen	1
2.2	Datengrundlage Strommix	2
2.3	Datengrundlage Fernwärmemix	4
2.4	Hintergrunddaten	6
3	RESULTATE	6
3.1	Schweizer Strommix	6
3.2	Schweizer Fernwärmemixe	9
	REFERENZEN	10

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Immer mehr Schweizer Unternehmen bilanzieren ihre Treibhausgasemissionen nach internationalen Standards und weisen dabei Emissionen nach den vom Greenhouse Gas Protocol vorgeschlagenen Kategorien Scope 1, 2 und 3 aus. Damit dies möglichst standardkonform umgesetzt werden kann, müssen die Anteile der Schweizer Strom- und Fernwärmebereitstellung den Kategorien Scope 1, 2 und 3 zugeordnet werden. Diese Zuordnung ist in den vom BAFU (Messmer & Frischknecht 2016) bereitgestellten Emissionswerten noch nicht enthalten. Sustainerv hat deshalb die Initiative ergriffen, hier in der Schweiz einen Schritt weiterzugehen und mit der vorliegenden Studie diese Lücke zu füllen. Unternehmen wie die UBS Fund Management AG und Die Schweizerische Post AG möchten damit die Berechnungsgrundlagen ihrer Treibhausgasbilanz verbessern. Die Beratungsunternehmen Sustainerv und pom+ möchten ihre Kunden bei der Erstellung möglichst standardkonformer Treibhausgasbilanzen unterstützen.

1.2 Zielsetzung

Die Treibhausgasemissionen des Schweizer Lieferanten- und Versorgungsmixes 2014 sowie der Schweizer Fernwärmemixe 2015 (Durchschnitt aller Netze und Durchschnitt der Netze mit Kehrrechtverbrennungsanlagen) wurden konform zu den Regeln des GHG Protocols (WBCSD & WRI 2011, 2013; WBCSD & WSI 2013) in die drei Scopes 1, 2 und 3 unterteilt. Zusätzlich wurden die Treibhausgasemissionen der Strom- und Fernwärmemixe gemäss den in der Schweiz verbreitet angewendeten Regeln der KBOB Bilanzierungsregeln (KBOB *et al.* 2015) quantifiziert. Als Grundlage dienten die Umweltkennwerte der Schweizer Strommixe 2014 sowie der Fernwärmemixe des Jahres 2015.

Die Ergebnisse der Berechnung werden allen interessierten Schweizer Unternehmen zugutekommen und an mehreren Stellen publiziert.

2 Daten und Methodik

2.1 Aufteilung der Treibhausgasemissionen

Gemäss dem GHG Protocol werden die durch die Aktivitäten einer berichtstattenden Firma verursachten Treibhausgas-Emissionen in drei Scopes strukturiert (WBCSD & WRI 2011, 2013; WBCSD & WSI 2013). Innerhalb von Scope 3 werden 15 Kategorien unterschieden. Fig. 2.1 stellt die Strukturierung der Treibhausgasemissionen in die drei Scopes dar. Scope 1 deckt alle direkten Emissionen von Aktivitäten ab, welche der berichtstattenden Firma gehören oder von dieser kontrolliert werden. Darunter fallen zum Beispiel Emissionen aus Verbrennungsprozessen in firmeneigenen Anlagen. Scope 2 weist die indirekten Emissionen aus der Bereitstellung von eingekauften Energieträgern wie Strom, Dampf, Fernwärme oder Kälte der berichtstattenden Firma aus. Dabei werden nur die

Emissionen des Betriebs des Kraft- beziehungsweise Heizwerks berücksichtigt, nicht jedoch die Emissionen, die mit der Brennstoffbereitstellung, dem Kraftwerksbau und der Strom- beziehungsweise Wärmelieferung verbunden sind. Scope 3 berücksichtigt alle restlichen, nicht in Scope 2 enthaltenen indirekten Emissionen von vor- und nachgelagerten Prozessen, die in der Wertschöpfungskette der berichtserstattenden Firma verursacht werden.

Neben der Aufteilung gemäss GHG Protocol werden die Treibhausgasemissionen in einer zweiten Variante gemäss den in der Schweiz weit verbreitet angewendeten Bilanzierungsregeln der KBOB-Empfehlung (KBOB *et al.* 2015) berechnet und dargestellt. Im Unterschied zur Bilanzierung gemäss GHG Protocol werden dabei die in einer Kehrichtverbrennungsanlage entstehenden Emissionen der Abfallbehandlung und nicht der Strom- und Wärmeproduktion angerechnet. Ebenso werden die Emissionen aus industriellen Prozessen den jeweiligen Produkten und nicht der dabei produzierten Abwärme belastet.

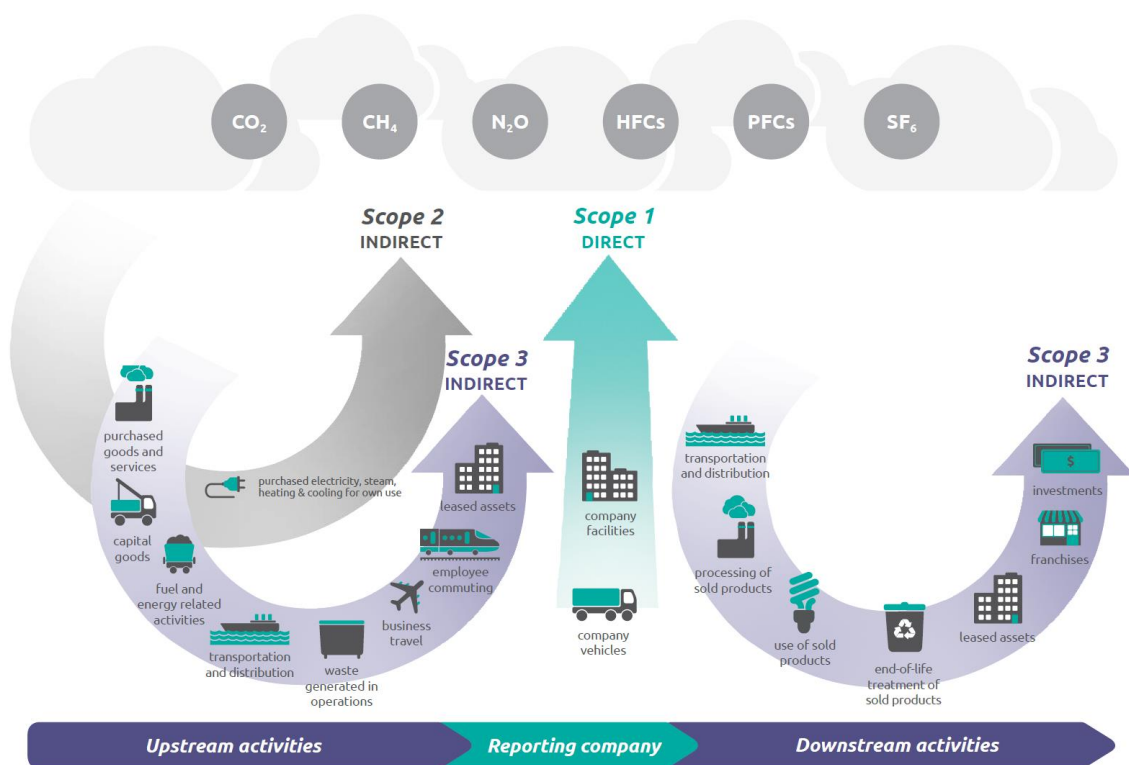


Fig. 2.1: Strukturierung der Treibhausgasemissionen des Unternehmens in Scope 1, 2 und 3 gemäss GHG Protocol (WBCSD & WRI 2011).

2.2 Datengrundlage Strommix

Grundlage für die Aufteilung des Schweizer Strommixes in die drei Scopes bildet die Ökobilanz Strommix Schweiz 2014 (Messmer & Frischknecht 2016).

Vom Strom-Endverbraucher aus betrachtet umfasst Scope 2 alle direkten Emissionen der Stromproduktion aller Kraftwerke, egal ob diese in der Schweiz oder im Ausland Strom produzieren. Zu den Scope 2-Emissionen zählen ebenfalls die Methanemissionen aus Stau-

seen. Die sehr geringen direkten Emissionen der Notstrom-Dieselaggregate bei Strom aus Kernenergie werden dem Scope 3 angerechnet.

Vor- und nachgelagerte Prozesse der Stromherstellung wie beispielsweise die Erstellung der Kraftwerke, die Verwendung von Hilfsmitteln im Kraftwerksbetrieb und der Kraftwerksrückbau werden in Scope 3 berücksichtigt. Die Aufwendungen für den Bau des Stromnetzes, die Stromübertragung und Verteilung (inklusive Stromnetz, die Verwendung von SF₆ in den Schaltanlagen, die SF₆-, N₂O- und Ozon-Emissionen) werden ebenfalls dem Scope 3 zugerechnet.

Gemäss dem GHG Protocol werden die durch Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) verursachten Treibhausgasemissionen vollständig deren Strom- und Wärmeproduktion angelastet. Aus der Verbrennung von einem Kilogramm Siedlungsabfall werden netto 1.39 MJ Strom und 2.85 MJ Wärme zurückgewonnen (Doka 2013). Der biogene Anteil in der KVA wird mit dem Datensatz „Entsorgung, Papier, 11.2% Wasser, in Kehrlichtverbrennung“ modelliert. Pro kg Papier werden netto 1.74 MJ Strom und 3.49 MJ Wärme erzeugt. Die Allokation der Emissionen auf diese beiden Produkte erfolgt nach der „Effizienzmethode“ gemäss World Resource Institute (2006). Demnach werden 53 % der in einer KVA entstehenden Treibhausgasemissionen der Stromproduktion und 47 % der Wärmeproduktion zugeteilt. Ausgewertet gemäss KBOB Bilanzierungsregeln werden dem Strom weder direkte noch indirekte Emissionen der KVA angelastet (KBOB et al. 2016a). Einzig die Aufwendungen des Strom- beziehungsweise Fernwärmenetzes werden als Scope 3 Emissionen verbucht.

In der folgenden Tabelle (Tab. 2.1) werden die fossilen CO₂-Emissionen und die totalen Treibhausgasemissionen der Stromerzeugung verschiedener Kraftwerkstechnologien und der nicht überprüfaren Energieträger unterteilt in Scope 2 und Scope 3 präsentiert. Die Treibhausgasemissionen beziehen sich auf 1 kWh Strom ab Kraftwerksklemme. Die Treibhausgasemissionen des Stromtransports und der Stromverteilung sind ebenfalls aufgeführt, jedoch ohne die durch die Stromverluste verursachten Emissionen. Die Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung von Biomasse und Siedlungsabfall in KVA werden für die beiden Sichtweisen in Tab. 2.1 separat aufgeführt und betragen nach KBOB Bilanzierungsregeln jeweils Null.

Tab. 2.1 Die fossilen CO₂-Emissionen sowie die Treibhausgasemissionen der Stromerzeugung mit den verschiedenen Technologien und der Stromverteilung unterteilt in Scope 2 und Scope 3

Technologie	Totale Emissionen		Scope 2 Emissionen		Scope 3 Emissionen	
	Kohlendioxid-Emissionen	Treibhausgas-Emissionen	Kohlendioxid-Emissionen	Treibhausgas-Emissionen	Kohlendioxid-Emissionen	Treibhausgas-Emissionen
Einheit	gCO ₂ /kWh	gCO ₂ -eq/kWh	gCO ₂ /kWh	gCO ₂ -eq/kWh	gCO ₂ /kWh	gCO ₂ -eq/kWh
Inlandproduktion						
Erneuerbare Energien						
Wasserkraft						
Laufwasserkraft	3.2	3.8	0.0	0.4	3.2	3.4
Speicherwasserkraft	10.9	11.5	0.0	0.0	10.9	11.5
Speicherwasserkraft (zertifiziert)	4.0	4.2	0.0	0.0	4.0	4.2
Kleinwasserkraft	4.7	5.0	0.0	0.0	4.7	5.0
Pumpspeicherkraft	198.7	211.5	0.0	0.0	198.7	211.5
Andere erneuerbare Energien						
Sonne	69.7	80.9	0.0	0.0	69.7	80.9
Wind	15.7	17.3	0.0	0.0	15.7	17.3
Holz	36.8	45.7	0.0	6.6	36.8	39.2
Biogas Landwirtschaft	19.5	155.8	0.0	12.7	19.5	143.2
Biogas Industrie	110.3	368.4	0.0	30.1	110.3	338.3
Biomasse KVA (gemäss GHG Protocol)	26.8	44.8	0.0	16.4	26.8	28.4
Biomasse KVA (gemäss KBOB Bilanzierungsregeln)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nicht erneuerbare Energien						
Kernenergie						
Druckwasserreaktor	12.4	13.3	0.0	0.0	12.4	13.3
Siedewasserreaktor	13.9	14.9	0.0	0.0	13.9	14.9
Fossile Energieträger						
Erdöl	698.5	738.1	580.1	593.3	118.5	144.7
Erdgas	517.7	598.6	459.2	489.7	58.5	108.8
Abfälle (gemäss GHG Protocol)	692.4	712.0	652.0	669.3	40.4	42.7
Abfälle (gemäss KBOB Bilanzierungsregeln)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Importe						
Erneuerbare Energien						
Wasserkraft						
Laufwasserkraft	3.4	3.9	0.0	0.4	3.4	3.6
Speicherwasserkraft	4.3	6.1	0.0	1.6	4.3	4.5
Kleinwasserkraft	4.7	5.0	0.0	0.0	4.7	5.0
Andere erneuerbare Energien						
Sonne	85.2	99.0	0.0	0.0	85.2	99.0
Wind	10.2	11.3	0.0	0.0	10.2	11.3
Holz	35.4	44.3	0.0	6.6	35.4	37.7
Biogas Landwirtschaft	19.5	155.8	0.0	12.7	19.5	143.2
Biogas Industrie	110.3	368.4	0.0	30.1	110.3	338.3
Biomasse KVA (gemäss GHG Protocol)	26.8	44.8	0.0	16.4	26.8	28.4
Biomasse KVA (gemäss KBOB Bilanzierungsregeln)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Geothermie	10.2	11.3	0.0	0.0	10.2	11.3
Nicht erneuerbare Energien						
Kernenergie						
Druckwasserreaktor	5.6	6.1	0.0	0.0	5.6	6.1
Fossile Energieträger						
Erdöl	869.6	907.3	760.5	772.0	109.0	135.3
Erdgas	603.9	646.8	530.9	533.7	73.0	113.1
Steinkohle	967.5	1'113.8	922.0	932.8	45.5	181.0
Braunkohle	1'202.7	1'220.4	1'177.2	1'185.0	25.5	35.4
Abfälle (gemäss GHG Protocol)	692.4	712.0	652.0	669.3	40.4	42.7
Abfälle (gemäss KBOB Bilanzierungsregeln)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nicht überprüfbare Energieträger (EAM)	606.1	634.7	578.0	581.2	28.1	53.5
Stromverteilung, ab Mittelspannung (ohne Verluste)	1.4	4.2	0.0	0.0	1.4	4.2
Stromverteilung, ab Niederspannung (ohne Verluste)	3.8	7.1	0.0	0.0	3.8	7.1

2.3 Datengrundlage Fernwärmemix

Die Zusammensetzung der Fernwärmemixe 2015 wurde anhand der Jahresstatistik 2015 des Verbandes Fernwärme Schweiz¹ festgesetzt. Fehlende oder mangelhafte Angaben wurden mittels Recherchen und persönlichen Anfragen ergänzt bzw. korrigiert. Daten zu Fernwärmenetzen, bei denen eine Korrektur nicht möglich war, wurden nicht berücksichtigt. Für den Fernwärmemix „Durchschnitt CH“ wurden alle Fernwärmelieferanten mit kohärenten

¹ <http://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch/Verband/Jahresstatistik.php>

Angaben berücksichtigt, für den Fernwärmemix „KVA-Netze CH“ nur diejenigen Lieferanten mit einem Wärmebezug von KVA-Anlagen. Die resultierende Zusammensetzung der beiden Fernwärmemixe ist in Tab. 2.2 ersichtlich. Insgesamt weist die Jahresstatistik des Verbandes Fernwärme Schweiz eine verkaufte Wärmemenge von 4'849 GWh aus. Davon stammen 3'571 GWh von Netzen mit Wärmebezug von KVA-Anlagen. Für den Fernwärmemix Durchschnitt CH wurden 4'596 GWh berücksichtigt, für den Fernwärmemix KVA-Netze CH 3'555 GWh. Dies entspricht bei beiden Fernwärmemixen einer Abdeckung von 95 %.

Tab. 2.2: Zusammensetzung der Fernwärmemixe "Durchschnitt CH" und "KVA-Netze CH" für das Jahr 2015

Eingesetzter Energieträger	2015	2015
	Durchschnitt CH	KVA-Netze CH
Heizöl	2.9%	1.3%
Erdgas	26.8%	30.0%
Holz	13.6%	9.9%
Wärmepumpe	2.9%	1.9%
Kehrichtverbrennung	43.8%	56.7%
Industrielle und andere Abwärme	10.1%	0.2%
davon Abwärme aus AKW	9.7%	0.2%
davon Abwärme aus Zementproduktion	0.4%	0.0%

Die Scope 2-Emissionen der Fernwärmemixe umfassen alle direkten Emissionen der Wärmeproduktion. Angerechnet werden die Emissionen aus der Heizöl- und Erdgasverbrennung, die Lachgas- und Methanemissionen aus der Holzverbrennung sowie die Kältemittelverluste der Wärmepumpen. Gemäss GHG Protocol werden zudem die Treibhausgasemissionen aus der Kehrichtverbrennung der Strom- und Wärmeproduktion angerechnet. Die Allokation der Emissionen auf diese beiden Produkte erfolgte gemäss World Resource Institute (2006). Demnach werden 53 % der in einer KVA entstehenden Treibhausgasemissionen der Stromproduktion, 47 % der Wärmeproduktion angerechnet. Die direkten Emissionen, welche in der Produktion der bezogenen industriellen Abwärme entstehen, werden gemäss GHG Protocol der Abwärme zugerechnet und in Scope 2 berücksichtigt. Im Fernwärmemix der Schweiz werden einerseits der Bezug von Abwärme aus Atomkraftwerken (AKWs), andererseits der Bezug von Abwärme aus Zementwerken berücksichtigt. Der Betrieb eines AKWs verursacht keine direkten Treibhausgasemissionen. Die direkten Emissionen der Zementherstellung werden der Wärmeproduktion angelastet, wobei von einem Wärmenutzungsgrad von 75 % ausgegangen wurde. Die CO₂-Emissionen durch die Kalzinierung wurden nicht berücksichtigt.

In der zweiten Variante gemäss KBOB-Bilanzierungsregeln (KBOB *et al.* 2015) wurden keine direkten Emissionen aus dem Bezug von Abwärme aus Kehrichtverbrennungsanlagen und industriellen Prozessen angerechnet.

Die Scope 3-Emissionen umfassen die vor- und nachgelagerten Prozesse der Wärmeproduktion wie beispielsweise die Erstellung der nötigen Infrastruktur und Maschinen, die Verwendung von Hilfsmitteln im Betrieb und die Entsorgung allfälliger Rückstände. Auch die Aufwendungen für den Bau des Wärmeverteilnetzes und den Wärmetransport selbst gehören Scope 3 an. In der Variante gemäss GHG Protocol wurden hier auch die Emissionen aus

den vor- und nachgelagerten Prozessen der Kehrlichtverbrennung sowie der Wärmeproduktion in AKWs und Zementwerken berücksichtigt. Die Emissionen der Bereitstellung der für die Zementherstellung erforderlichen Rohstoffe wurden nicht berücksichtigt.

In der Variante gemäss Bilanzierungsregeln KBOB wurden dem Abwärmebezug von KVAs und anderen industriellen Prozessen nur die Aufwendungen für das Wärmeverteilnetz und den Wärmetransport selbst, inklusive der dabei entstehenden Verluste, angerechnet.

Die hier modellierten Schweizer Fernwärmemixe entsprechen in der Variante gemäss Bilanzierungsregeln KBOB den Datensätzen 42.016 „Fernwärme Durchschnitt Netze CH“ und 42.017 „Fernwärme mit Nutzung Kehrlichtwärme, Durchschnitt Netze CH“ der KBOB-Empfehlung 2009/1:2016 (KBOB *et al.* 2016a).

2.4 Hintergrunddaten

Die Kennwerte (Treibhausgas-Emissionen) wurden mit SimaPro 8.3.0 (PRé Consultants 2016) modelliert und berechnet und basieren im Hintergrund auf dem ecoinvent Datenbestand v2.2:2016 (KBOB *et al.* 2016b). Die Umrechnung der Treibhausgasemissionen auf CO₂-Äquivalente erfolgte gemäss der Methode „Global Warming Potential, 100a“ (IPCC 2013).

3 Resultate

3.1 Schweizer Strommix

Tab. 3.1 zeigt die Technologiezusammensetzung gemäss dem Jahr 2014 des Schweizer Lieferanten- und des Verbraucher-Strommixes sowie deren verursachte Scope 2 und Scope 3 Treibhausgasemissionen pro kWh bezogenen Strom gemäss GHG Protocol auf.

Der Schweizer Lieferanten-Strommix basiert auf der Schweizer Stromkennzeichnung von Swissgrid (swissgrid 2016). Sie zeigt die Herkunft des in der Schweiz verkauften Stroms inklusive der Stromprodukte aus erneuerbaren Energien, jedoch ohne die Stromproduktion der SBB. Zur Berechnung des Verbraucher-Strommixes wird das Volumen der separat verkauften Schweizer Stromprodukte aus erneuerbaren Energien vom gesamten Volumen des Schweizer Lieferanten-Strommixes abgezogen. Weitere Informationen zu den beiden Schweizer Strommixen sind im Ökobilanz Bericht Strommix Schweiz 2014 (Messmer & Frischknecht 2016) enthalten.

Die Treibhausgasemissionen pro kWh an eine Niederspannungs-Steckdose gelieferten Lieferanten-Strommix betragen gemäss GHG Protocol 159.8 g CO₂-eq. und jene pro kWh Verbraucher-Strommix 194.4 g CO₂-eq. Ab Mittelspannung verursacht der Lieferanten-Strommix 149.4 g CO₂-eq. und der Verbraucher-Strommix 182.2 g CO₂-eq. pro kWh Strom. Die verursachten Emissionen der Stromverteilung fallen bei den beiden Strommixen aufgrund der Stromverluste unterschiedlich hoch aus. Der Anteil der Scope 2 Treibhausgasemissionen an den totalen Treibhausgasemissionen des Lieferanten-Strommixes liegt bei 76 % und jener des Verbraucherstrommixes ab Niederspannung bei 77 %.

Die Scope 2 Treibhausgasemissionen werden bei beiden Strommixen zu 90 % von den Emissionen der nicht überprüfbaren Energieträger dominiert. Diese werden mit dem europäischen Residualmix gemäss Messmer & Frischknecht (2016) abgebildet.

Tab. 3.1 Technologiezusammensetzung des Lieferanten- und Verbraucher-Strommixes, sowie deren verursachten Treibhausgasemissionen gemäss **GHG Protocol**, aufgeteilt in Scope 2 und Scope 3 pro kWh Strom für das Jahr 2014.

Technologie	Lieferanten-Strommix	Scope 2	Scope 3	Verbraucher-Strommix	Scope 2	Scope 3
Einheit	%	gCO ₂ -eq	gCO ₂ -eq	%	gCO ₂ -eq	gCO ₂ -eq
Inlandproduktion	70.704%	9.83	8.01	63.979%	12.08	8.65
Erneuerbare Energien	49.155%	0.33	3.97	37.313%	0.36	3.65
Wasserkraft	46.401%	0.07	1.84	34.506%	0.05	1.37
<i>Laufwasserkraft</i>	<i>17.382%</i>	<i>0.06</i>	<i>0.59</i>	<i>13.439%</i>	<i>0.05</i>	<i>0.46</i>
<i>Speicherswasserkraft</i>	<i>24.749%</i>	<i>0.01</i>	<i>1.04</i>	<i>17.767%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.75</i>
<i>Kleinwasserkraft</i>	<i>4.269%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.21</i>	<i>3.301%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.16</i>
<i>Pumpspeicherkraft</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Andere erneuerbare Energien	2.754%	0.26	2.12	2.807%	0.30	2.28
<i>Sonne</i>	<i>0.940%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.76</i>	<i>0.941%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.76</i>
<i>Wind</i>	<i>0.181%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.03</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
<i>Holz</i>	<i>0.314%</i>	<i>0.02</i>	<i>0.12</i>	<i>0.359%</i>	<i>0.02</i>	<i>0.14</i>
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	<i>0.102%</i>	<i>0.01</i>	<i>0.15</i>	<i>0.116%</i>	<i>0.01</i>	<i>0.17</i>
<i>Biogas Industrie</i>	<i>0.231%</i>	<i>0.07</i>	<i>0.78</i>	<i>0.264%</i>	<i>0.08</i>	<i>0.89</i>
<i>Biomasse KVA</i>	<i>0.986%</i>	<i>0.16</i>	<i>0.28</i>	<i>1.126%</i>	<i>0.18</i>	<i>0.32</i>
Nicht erneuerbare Energien	24.012%	0.46	3.47	29.669%	0.57	4.28
Kernenergie	23.918%	0.00	3.36	29.554%	0.00	4.16
<i>Druckwasserreaktor</i>	<i>12.594%</i>	<i>0.00</i>	<i>1.68</i>	<i>15.561%</i>	<i>0.00</i>	<i>2.07</i>
<i>Siedewasserreaktor</i>	<i>11.324%</i>	<i>0.00</i>	<i>1.69</i>	<i>13.992%</i>	<i>0.00</i>	<i>2.08</i>
Fossile Energieträger	0.093%	0.46	0.10	0.115%	0.57	0.13
<i>Erdöl</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
<i>Erdgas</i>	<i>0.093%</i>	<i>0.46</i>	<i>0.10</i>	<i>0.115%</i>	<i>0.57</i>	<i>0.13</i>
Abfälle	1.350%	9.03	0.58	1.668%	11.16	0.71
Nicht überprüfbare Energieträger	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Pumpenstrombedarf	-3.811%			-4.671%		
Importe	29.296%	111.38	10.98	36.021%	137.62	13.55
Erneuerbare Energien	7.038%	0.04	0.33	8.520%	0.05	0.39
Wasserkraft	6.364%	0.04	0.24	7.863%	0.04	0.29
<i>Laufwasserkraft</i>	<i>5.345%</i>	<i>0.02</i>	<i>0.19</i>	<i>6.605%</i>	<i>0.02</i>	<i>0.23</i>
<i>Speicherswasserkraft</i>	<i>1.018%</i>	<i>0.02</i>	<i>0.05</i>	<i>1.258%</i>	<i>0.02</i>	<i>0.06</i>
<i>Kleinwasserkraft</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Andere erneuerbare Energien	0.675%	0.00	0.09	0.657%	0.00	0.09
<i>Sonne</i>	<i>0.010%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.01</i>	<i>0.013%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.01</i>
<i>Wind</i>	<i>0.654%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.07</i>	<i>0.631%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.07</i>
<i>Holz</i>	<i>0.002%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.002%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	<i>0.001%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.001%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
<i>Biogas Industrie</i>	<i>0.001%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.002%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.01</i>
<i>Biomasse KVA</i>	<i>0.006%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.008%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
<i>Geothermie</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Nicht erneuerbare Energien	3.447%	1.96	0.60	4.259%	2.42	0.74
Kernenergie	3.104%	0.00	0.19	3.835%	0.00	0.23
<i>Druckwasserreaktor</i>	<i>3.104%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.19</i>	<i>3.835%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.23</i>
<i>Siedewasserreaktor</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Fossile Energieträger	0.343%	1.96	0.41	0.423%	2.42	0.50
<i>Erdöl</i>	<i>0.021%</i>	<i>0.16</i>	<i>0.03</i>	<i>0.026%</i>	<i>0.20</i>	<i>0.03</i>
<i>Erdgas</i>	<i>0.301%</i>	<i>1.61</i>	<i>0.34</i>	<i>0.372%</i>	<i>1.99</i>	<i>0.42</i>
<i>Steinkohle</i>	<i>0.021%</i>	<i>0.19</i>	<i>0.04</i>	<i>0.026%</i>	<i>0.24</i>	<i>0.05</i>
<i>Braunkohle</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.000%</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>
Abfälle	0.052%	0.35	0.02	0.064%	0.43	0.03
Nicht überprüfbare Energieträger (EAM)	18.759%	109.03	10.04	23.179%	134.72	12.40
Total ab Klemme	100.000%	121.20	18.99	100.000%	149.70	22.20
Verteilung, ab Mittelspannung, inkl. Verluste		0.00	9.17		0.00	10.28
Verteilung, ab Niederspannung, inkl. Verluste		0.00	19.62		0.00	22.45
Total ab Mittelspannung	100.000%	121.20	28.16	100.000%	149.70	32.48
Total ab Niederspannung	100.000%	121.20	38.61	100.000%	149.70	44.65

Tab. 3.2 weist die Treibhausgasemissionen desselben Schweizer Lieferanten- und Verbraucher-Strommixes jedoch bilanziert gemäss den KBOB Bilanzierungsregeln aus. Die Modellierung und die Ergebnisse sind mit der Modellierung und den Ergebnissen gemäss Messmer & Frischknecht (2016) identisch.

Tab. 3.2 Technologiezusammensetzung des Lieferanten- und Verbraucher-Strommixes, sowie deren verursachten Treibhausgasemissionen gemäss **KBOB Bilanzierungsregeln**, aufgeteilt in Scope 2 und Scope 3 pro kWh Strom für das Jahr 2014.

Technologie	Lieferanten-Strommix	Scope 2	Scope 3	Verbraucher-Strommix	Scope 2	Scope 3
Einheit	%	gCO ₂ -eq	gCO ₂ -eq	%	gCO ₂ -eq	gCO ₂ -eq
Inlandproduktion	70.704%	0.63	7.15	63.979%	0.74	7.61
Erneuerbare Energien	49.155%	0.17	3.69	37.313%	0.17	3.33
Wasserkraft	46.401%	0.07	1.84	34.506%	0.05	1.37
Laufwasserkraft	17.382%	0.06	0.59	13.439%	0.05	0.46
Speicherwasserkraft	24.749%	0.01	1.04	17.767%	0.00	0.75
Kleinwasserkraft	4.269%	0.00	0.21	3.301%	0.00	0.16
Pumpspeicherkraft	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Andere erneuerbare Energien	2.754%	0.10	1.84	2.807%	0.12	1.96
Sonne	0.940%	0.00	0.76	0.941%	0.00	0.76
Wind	0.181%	0.00	0.03	0.000%	0.00	0.00
Holz	0.314%	0.02	0.12	0.359%	0.02	0.14
Biogas Landwirtschaft	0.102%	0.01	0.15	0.116%	0.01	0.17
Biogas Industrie	0.231%	0.07	0.78	0.264%	0.08	0.89
Biomasse KVA	0.986%	0.00	0.00	1.126%	0.00	0.00
Nicht erneuerbare Energien	24.012%	0.46	3.47	29.669%	0.57	4.28
Kernenergie	23.918%	0.00	3.36	29.554%	0.00	4.16
Druckwasserreaktor	12.594%	0.00	1.68	15.561%	0.00	2.07
Siedewasserreaktor	11.324%	0.00	1.69	13.992%	0.00	2.08
Fossile Energieträger	0.093%	0.46	0.10	0.115%	0.57	0.13
Erdöl	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Erdgas	0.093%	0.46	0.10	0.115%	0.57	0.13
Abfälle	1.350%	0.00	0.00	1.668%	0.00	0.00
Nicht überprüfbare Energieträger	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Pumpenstrombedarf	-3.811%			-4.671%		
Importe	29.296%	111.03	10.96	36.021%	137.19	13.52
Erneuerbare Energien	7.038%	0.04	0.33	8.520%	0.05	0.38
Wasserkraft	6.364%	0.04	0.24	7.863%	0.04	0.29
Laufwasserkraft	5.345%	0.02	0.19	6.605%	0.02	0.23
Speicherwasserkraft	1.018%	0.02	0.05	1.258%	0.02	0.06
Kleinwasserkraft	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Andere erneuerbare Energien	0.675%	0.00	0.09	0.657%	0.00	0.09
Sonne	0.010%	0.00	0.01	0.013%	0.00	0.01
Wind	0.654%	0.00	0.07	0.631%	0.00	0.07
Holz	0.002%	0.00	0.00	0.002%	0.00	0.00
Biogas Landwirtschaft	0.001%	0.00	0.00	0.001%	0.00	0.00
Biogas Industrie	0.001%	0.00	0.00	0.002%	0.00	0.01
Biomasse KVA	0.006%	0.00	0.00	0.008%	0.00	0.00
Geothermie	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Nicht erneuerbare Energien	3.447%	1.96	0.60	4.259%	2.42	0.74
Kernenergie	3.104%	0.00	0.19	3.835%	0.00	0.23
Druckwasserreaktor	3.104%	0.00	0.19	3.835%	0.00	0.23
Siedewasserreaktor	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Fossile Energieträger	0.343%	1.96	0.41	0.423%	2.42	0.50
Erdöl	0.021%	0.16	0.03	0.026%	0.20	0.03
Erdgas	0.301%	1.61	0.34	0.372%	1.99	0.42
Steinkohle	0.021%	0.19	0.04	0.026%	0.24	0.05
Braunkohle	0.000%	0.00	0.00	0.000%	0.00	0.00
Abfälle	0.052%	0.00	0.00	0.064%	0.00	0.00
Nicht überprüfbare Energieträger (EAM)	18.759%	109.03	10.04	23.179%	134.72	12.40
Total ab Klemme	100.000%	111.66	18.11	100.000%	137.93	21.14
Verteilung, ab Mittelspannung, inkl. Verluste		0.00	9.17		0.00	10.28
Verteilung, ab Niederspannung, inkl. Verluste		0.00	19.62		0.00	22.45
Total ab Mittelspannung	100.000%	111.66	27.28	100.000%	137.93	31.42
Total ab Niederspannung	100.000%	111.66	37.73	100.000%	137.93	43.59

Die Treibhausgasemissionen pro kWh an eine Niederspannungs-Steckdose gelieferten Lieferanten-Strommix gemäss KBOB Bilanzierungsregeln betragen 149.4 g CO₂-eq. und jene pro kWh Verbraucher-Strommix 181.5 g CO₂-eq. Ab Mittelspannung verursacht der Lieferanten-Strommix 138.9 g CO₂-eq. und der Verbraucher-Strommix 169.4 g CO₂-eq. pro kWh Strom.

3.2 Schweizer Fernwärmemixe

Die Treibhausgasemissionen pro Kilowattstunde der beiden Fernwärmemixe Durchschnitt CH und KVA-Netze CH gemäss GHG Protocol sind in Tab. 3.3 dargestellt. Insgesamt emittiert der Fernwärmemix Durchschnitt CH 172.5 g CO₂-eq.pro Kilowattstunde, der Fernwärmemix KVA-Netze CH 189.7 g CO₂-eq. pro Kilowattstunde.

Die direkt bei der Wärmeerzeugung entstehenden Scope 2-Emissionen tragen 67 % (Fernwärmemix Durchschnitt CH) resp. 68 % (Fernwärmemix KVA-Netze CH) zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei. Die restlichen 33 resp. 32 % entstehen als Scope 3-Emissionen in den der Wärmeerzeugung vorgelagerten Stufen beziehungsweise sind durch die auftretenden Verluste in den Fernwärmeleitungen verursacht.

Tab. 3.3: Treibhausgasemissionen pro kWh der Fernwärmemixe Durchschnitt CH und KVA-Netze CH gemäss **GHG Protocol**, aufgeteilt in die Scopes 2 und 3

Eingesetzte Energieträger	Fernwärmemix Durchschnitt CH	Scope 2	Scope 3	Fernwärmemix KVA-Netze CH	Scope 2	Scope 3
Einheit	%	g CO ₂ -eq/kWh	g CO ₂ -eq/kWh	%	g CO ₂ -eq/kWh	g CO ₂ -eq/kWh
Heizöl	2.9%	7.6	4.07	1.3%	3.41	1.82
Erdgas	26.8%	54.1	30.42	30.0%	60.55	34.02
Holz	13.6%	3.4	3.67	9.9%	2.46	2.67
Wärmepumpe	2.9%	0.3	2.06	1.9%	0.23	1.39
Kehrichtverbrennung	43.8%	48.8	15.35	56.7%	63.26	19.88
Abwärme aus AKWs	9.7%	0	1.22	0.2%	0	0.03
Abwärme aus Zementproduktion	0.4%	0.9	0.42	0%	0	0
TOTAL	100.0%	115.3	57.2	100%	129.9	59.8

Die Treibhausgasemissionen der beiden Fernwärmemixe Durchschnitt CH und KVA-Netze CH gemäss Bilanzierungsregeln KBOB sind in Tab. 3.4 ersichtlich. Hier tragen die Scope 2-Emissionen bei beiden Mixen 61 %; die Scope 3-Emissionen dementsprechend 39 % zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei.

Tab. 3.4: Treibhausgasemissionen pro kWh der Fernwärmemixe Durchschnitt CH und KVA-Netze CH gemäss **KBOB Bilanzierungsregeln**, aufgeteilt in die Scopes 2 und 3

Eingesetzte Energieträger	Fernwärmemix Durchschnitt CH	Scope 2	Scope 3	Fernwärmemix KVA-Netze CH	Scope 2	Scope 3
Einheit	%	g CO ₂ -eq/kWh	g CO ₂ -eq/kWh	%	g CO ₂ -eq/kWh	g CO ₂ -eq/kWh
Heizöl	2.9%	7.6	4.07	1.3%	3.41	1.82
Erdgas	26.8%	54.1	30.42	30.0%	60.55	34.02
Holz	13.6%	3.4	3.67	9.9%	2.46	2.67
Wärmepumpe	2.9%	0.3	2.06	1.9%	0.23	1.39
Kehrichtverbrennung	43.8%	0	1.85	56.7%	0	2.39
Industrielle und andere Abwärme	10.1%	0	0.42	0.2%	0	0.01
TOTAL	100.0%	65.5	42.5	100%	66.7	42.3

Durch die emissionsfreie Anrechnung des Abwärmebezugs sind die totalen Treibhausgasemissionen für den Fernwärmemix Durchschnitt CH um 37 %; für den Fernwärmemix KVA-Netze CH um 43 % geringer als die Treibhausgasemissionen gemäss GHG Protocol.

Referenzen

- Doka, G. 2013: Updates to Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - part II: waste incineration. Doka Life Cycle Assessments, Zürich, Switzerland.
- IPCC 2013: The IPCC fifth Assessment Report - Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Working Group I, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- KBOB, eco-bau, IPB 2015: Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz, Version 3.0. Plattform "Ökobilanzdaten im Baubereich", KBOB, eco-bau, IPB, http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Oekobilanzdaten/Plattform_OeDB_Memo_Produktspezifische%20Regeln_v3%200.pdf, Bern.
- KBOB, eco-bau, IPB 2016a: KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- KBOB, eco-bau, IPB 2016b: KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, www.lc-inventories.ch.
- Messmer, A. & Frischknecht, R. 2016: Umweltbilanz Strommix Schweiz 2014. treeze Ltd., Uster.
- PRé Consultants 2016: SimaPro 8.3.0 8.3, ecoinvent data v3.3. Amersfoort, NL.
- swissgrid 2016: Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz, Stand Mai 2016. Swissgrid AG, Zürich.
- WBCSD & WRI 2011: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard; Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. World Business Council for Sustainable Development, World Resources Institute, The Greenhouse Gas Protocol Initiative.
- WBCSD & WRI 2013: Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0). Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard. World Business Council for Sustainable Development, World Resources Institute, The Greenhouse Gas Protocol Initiative.
- WBCSD & WSI 2013, Category 5: Waste Generated in Operations. Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0) - Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard. World Business Council for Sustainable Development, World Resources Institute, The Greenhouse Gas Protocol Initiative, Place.
- WRI 2006: Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant. Version 1.0. www.ghgprotocol.org.