

Sachdokumentation:

Signatur: DS 1849

Permalink: www.sachdokumentation.ch/bestand/ds/1849



Nutzungsbestimmungen

Dieses elektronische Dokument wird vom Schweizerischen Sozialarchiv zur Verfügung gestellt. Es kann in der angebotenen Form für den Eigengebrauch reproduziert und genutzt werden (private Verwendung, inkl. Lehre und Forschung). Für das Einhalten der urheberrechtlichen Bestimmungen ist der/die Nutzer/in verantwortlich. Jede Verwendung muss mit einem Quellennachweis versehen sein.

Zitierweise für graue Literatur

Elektronische Broschüren und Flugschriften (DS) aus den Dossiers der Sachdokumentation des Sozialarchivs werden gemäss den üblichen Zitierrichtlinien für wissenschaftliche Literatur wenn möglich einzeln zitiert. Es ist jedoch sinnvoll, die verwendeten thematischen Dossiers ebenfalls zu zitieren. Anzugeben sind demnach die Signatur des einzelnen Dokuments sowie das zugehörige Dossier.

Zürich, 27. Juli 2018

«STROMMIX 2017»

UMWELTBELASTUNG AUS DER STROMPRODUKTION DER VIER GRÖSSTEN SCHWEIZER STROMVERSORGER 2017

Kurzstudie | Moritz Bandhauer, Nils Epprecht



Schweizerische
Energie-Stiftung
Fondation Suisse
de l'Énergie

Sihlquai 67
8005 Zürich
Tel. 044 275 21 21

info@energiestiftung.ch
PC-Konto 80-3230-3



Abstract

In der vorliegenden Kurzstudie analysiert die Schweizerische Energie-Stiftung SES den Strommix 2017 der vier grössten Schweizer Energieversorger. Untersucht wurden CO₂-Emissionen, Umweltbelastung sowie die Menge an radioaktivem Abfall aller Kraftwerke im In- und Ausland. Insgesamt fallen mehr als zwei Drittel der Stromproduktion in umweltbelastenden Kohle-, Gas- oder Atomkraftwerken an. Zudem ist der Anteil an CO₂-emittierender Stromproduktion im letzten Jahr bei allen Versorgern klar angestiegen und setzt damit die Entwicklung der letzten Jahre fort. Besonders die Stromproduktion aus Erdgas stieg beträchtlich an. Die Produktion aus erneuerbaren Energien, allen voran aus der Wasserkraft, ist aufgrund teilweise niedriger Niederschlagsmengen im letzten Jahr gesunken. Die vier grossen Schweizer Stromversorger haben damit im Vergleich zum durchschnittlichen Schweizer Strommix überdurchschnittlich viel fossile aber auch nach wie vor nukleare Kraftwerke.

Inhalt

1. Einleitung	4
2. Methodik	5
2.1 Menge radioaktiver Abfälle.....	5
2.2 CO ₂ -Äquivalent	6
2.3 Umweltbelastungspunkte (UBP)	7
3. Resultate	8
3.1 Produktionsmix	8
3.2 Installierte Leistungen	11
3.3 Verteilung in In- und Ausland.....	12
3.4 Emissionen CO ₂ -Äquivalente	13
3.6 Erzeugte Umweltbelastungspunkte.....	14
3.7 Entwicklung über die Jahre.....	14
4. Diskussion	17
4.1 Interpretation der Resultate.....	17
4.2. Ausblick.....	18
5. Quellen	19
5.1 Axpo.....	19
5.2 Alpiq.....	19
5.3 BKW	20
5.4 Repower	20

1. Einleitung

Zu den vier grössten Schweizer Stromproduzenten gehören Axpo, Alpiq, BKW und Repower. In der vorliegenden Studie hat die Schweizerische Energie-Stiftung SES die Entwicklung der Stromproduktion nach Energiequelle analysiert und eine Übersicht zur Umweltbelastung der Stromproduktion im In- und Ausland berechnet. Die Ergebnisse zeigen auf, wie viel radioaktiver Abfall und wie viel CO₂ pro produzierter Kilowattstunde entstehen. Ausserdem wurden die Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Kilowattstunde berechnet, welche diverse umweltrelevante Faktoren einschliessen. In den folgenden Kapiteln wird das Vorgehen erläutert, eine Übersicht der Resultate wiedergegeben, eine Diskussion der Resultate geführt und die verwendeten Quellen aufgelistet.

2. Methodik

Untersucht wurden die vier grössten Stromproduzenten der Schweiz: Axpo, Alpiq, BKW und Repower. Die Zahlen sind in erster Linie den aktuellen Geschäftsberichten und Faktenblättern der jeweiligen Stromproduzenten entnommen. Es wurde die gesamte Stromproduktion 2017, das heisst die Kraftwerke im In-, wie auch im Ausland sowie die Kraftwerksbeteiligungen berücksichtigt. Fehlende oder unklare Angaben wurden in persönlicher Absprache mit den Produzenten ermittelt.

2.1 Menge radioaktiver Abfälle

Für jede Kilowattstunde produzierter Atomstrom fällt eine gewisse Menge Atommüll an. Diese setzt sich unterschiedlich zusammen. Einerseits fallen hochradioaktive Abfälle (HAA) an (in Form von abgebrannten Brennstäben). Diese sind mengenmässig zwar gering, sind jedoch äusserst schädlich und müssen bis zu einer Million Jahre lang sicher vor der Umwelt abgeschirmt werden. Andererseits entstehen schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA), z.B. aus dem kontaminierten Material von Atomkraftwerken. Diese strahlen weniger stark, fallen jedoch in grossen Mengen an. Die Basis für unsere Berechnungen bildet die Einheit Kubikmillimeter pro kWh, wie in *Tabelle 1* ersichtlich ist.

Tabelle 1: Verwendete Kennzahlen für die Berechnung der Menge radioaktiver Abfälle. Es handelt sich um die Menge pro produzierter Kilowattstunde ab Kraftwerk.

Radioaktive Abfälle in mm ³ pro kWh		
HAA	SMA	Total
8.4	47	55.4

Datenquellen für die Berechnung der obigen Kennzahlen:

Bauer C., Frischknecht R., Eckle P., Flury K., Neal T., Papp K., Schori S., Simons A., Stucki M. and Treyer K. (2012) Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz. ESU-services Ltd & Paul Scherrer Institute im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, Uster & Villigen, und KBOB, eco-bau and IPB (2014) ecoinvent Datenbestand v2.2+; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2014: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand April 2014. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: www.lc-inventories.ch.

2.2 CO₂-Äquivalent

Bei der fossilen Stromerzeugung mittels Kohle, Öl oder Gas werden grosse Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) freigesetzt. Dies trägt beträchtlich zum Klimawandel bei. Doch auch andere Gase (z.B. Methan und Lachgas) sind klimaschädlich. Um den negativen Einfluss zu vergleichen, werden diese auf die Wirkung von CO₂ nivelliert und in sogenannten CO₂-Äquivalenten beziffert. Durch den Vergleich der CO₂-Äquivalente kann die Klimaauswirkung der verschiedenen Stromproduktionsarten verglichen werden. Die Werte aus der *Tabelle 2* dienen als Grundlage für die Berechnung der CO₂-Äquivalente des Strommixes der Produzenten. Die Ausgangswerte wurden in Gramm pro Kilowattstunde umgerechnet.

*Tabelle 2: Verwendete Kennzahlen für die Berechnung des CO₂-Äquivalents.
Quelle: Itten & Frischknecht (2014): Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. v.2.2+ ESUServices, S. 5*

	kg CO ₂ -Äquivalent pro MJ	g CO ₂ -Äquivalent pro kWh
Braunkohle	0.377	1396.30
Steinkohle	0.344	1274.07
Erdöl ¹	0.272	1007.41
Erdgas	0.130	481.48
AKW ²	0.007	25.93
Wasserkraft ³	0.003	11.11
Biomasse ⁴	0.064	237.04
Photovoltaik	0.026	96.30
Wind	0.007	25.93
Geothermie ¹	0.009	33.33

¹ Keiner der Produzenten wies Erdöl- oder Geothermiekraftwerke aus. Diese Werte sind hier zum Vergleich aufgeführt.

² Für die CO₂-Bilanz von Atomkraftwerken existiert in der Literatur die grösste Werte-Bandbreite aller hier wiedergegebenen Produktionsarten. Sie reicht von 0.005 kg CO₂-Äquivalent pro MJ bis 0.2 kg CO₂-Äquivalent pro MJ. Aus Konsistenzgründen wurde auf den (relativ tiefen) Wert von Itten&Frischknecht (2014) abgestellt.

³ Bei der Kleinwasserkraft wurde mit den Werten der Grosswasserkraft gerechnet. Dies zum einen, da kein Datensatz für Kleinwasserkraft besteht, und zum anderen, weil die Produzenten diese nicht immer deutlich ausweisen.

⁴ Es wurde der Mittelwert zwischen Biogas, Biogas aus der Landwirtschaft und Biogas aus Holz angenommen. Aus den verfügbaren Daten war nicht unterscheidbar, welcher Anteil aus welchem Typ Kraftwerk produziert wird.

2.3 Umweltbelastungspunkte (UBP)

Die Umweltbelastungspunkte berücksichtigen die gesamte Umweltbelastung der Stromproduktion, von der Gewinnung der Rohstoffe bis hin zur Entsorgung der Abfälle: CO₂-Austoss, weitere Abgase, radioaktive Abfälle, Wasser- und Landverbrauch usw.

Die verwendete Einheit ist UBP pro Kilowattstunde. Die Werte in *Tabelle 3* dienen als Grundlage zur Berechnung der UBP des Strommixes der Produzenten. Weitere Ausführungen zu den Umweltbelastungspunkten finden sich unter folgendem Link des Bundesamtes für Umwelt:

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaftskonsum/publikationen-studien/publikationen/oekofaktoren-2015-knappheit.html>

Tabelle 3: Verwendete Kennzahlen für die Berechnung der Umweltbelastungspunkte. Quelle: Itten & Frischknecht (2014): Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. v.2.2+ ESUServices. S. 5

	UBP pro MJ	UBP pro kWh
Braunkohle	220.2	815.56
Steinkohle	213.2	1274.07
Erdöl ⁵	287.2	1063.70
Erdgas	85.6	317.04
AKW	125.9	466.30
Wasserkraft ⁶	12.3	45.56
Biomasse ⁷	80.0	296.17
Wind	20.6	76.30
Photovoltaik	50.7	187.78

⁵ Keiner der Produzenten wies Erdölkraftwerke aus. Diese Werte sind hier zum Vergleich aufgeführt.

⁶ Bei der Kleinwasserkraft wurde mit den Werten der Grosswasserkraft gerechnet. Dies zum einen, da kein Datensatz für Kleinwasserkraft besteht, und zum anderen, da die Produzenten diese nicht immer deutlich ausweisen.

⁷ Es wurde der Mittelwert zwischen Biogas, Biogas aus der Landwirtschaft und Biogas aus Holz angenommen. Aus den verfügbaren Daten war nicht unterscheidbar, welcher Anteil aus welchem Typ Kraftwerk produziert wird.

3. Resultate

Die nachfolgende *Tabelle 4* zeigt eine Gesamtübersicht der Resultate an. Die folgenden Kapitel 3.1 bis 3.7 führen durch die Resultate im Einzelnen.

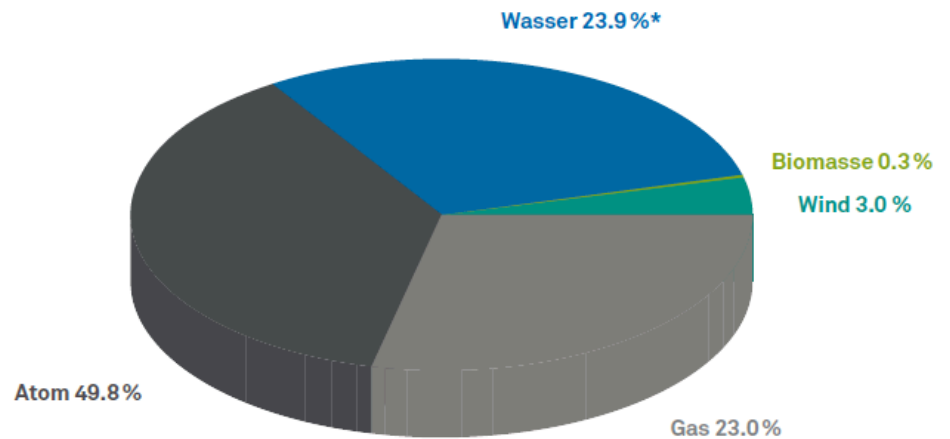
	Axpo		Alpiq		BKW		Repower		Total	
	Produktion 2017 in GWh	%	Produktion 2017 in GWh	%	Produktion 2017 in GWh	%	Produktion 2017 in GWh	%	Produktion 2017 in GWh	%
Braunkohle			2'062.0	13.9					2'062.0	3.3
Steinkohle					1'081.1	9.1			1'081.1	1.7
Erdgas	7'567.0	23.0	3'916.0	26.5	1'248.8	10.5	1'695.1	46.0	14'426.9	22.8
AKW	16'395.0	49.8	4'401.0	29.8	5'047.3	42.3	331.7	9.0	26'175.0	41.3
Wasserkraft	7'846.0	23.8	3'907.0	26.4	3'448.3	28.9	1'547.7	42.0	16'749.0	26.5
Kleinwasserkraft			75.9	0.5	266.4	2.2			342.3	0.5
Biomasse (MW LW/Holz)	109.6	0.3			21.4	0.2			131.0	0.2
Photovoltaik										
Wind	986.4	3.0	430.1	2.9	809.0	6.8	110.6	3.0	2'336.1	3.7
Total neue Erneuerbare	1'096.0	3.3	506.1	3.4	1'104.9	9.3	110.8	3.0	2'817.8	4.5
Total Erneuerbare	8'942.0	27.2	4'413.1	29.8	4'553.2	38.2	1'658.4	45.0	19'566.7	30.9
Fossiler / nuklearer Strom	23'962.0	72.8	10'379.0	70.2	7'377.2	61.8	2'026.8	55.0	43'745.0	69.1
Total Stromproduktion 2017	32'904.0	100.0	14'792.1	100.0	11'930.4	100.0	3'685.2	100.0	63'311.7	100.0
CO2-Äquivalent g/kWh	128		333		182		229			
UBP/kWh	319		351		322		209			
rad. Abfälle in mm3/kWh	28		16		23		5			

Tabelle 4: Gesamtübersicht Produktion und Anteile der verschiedenen Produktionsarten im Jahr 2017 aller untersuchter Stromversorger

3.1 Produktionsmix

Axpo, Alpiq, BKW und Repower produzieren ihren Strom noch immer vor allem mit Atom-, Gas- und Kohlekraftwerken. Die Wasserkraft und neue erneuerbare Energien (Photovoltaik, Windstrom, Biomasse und Kleinwasserkraft), zusammengefasst als erneuerbare Energien, kommen im Durchschnitt auf einen Anteil von knapp einem Drittel. Die nachfolgenden Abbildungen 1-4 zeigen den Produktionsmix der vier Stromversorger.

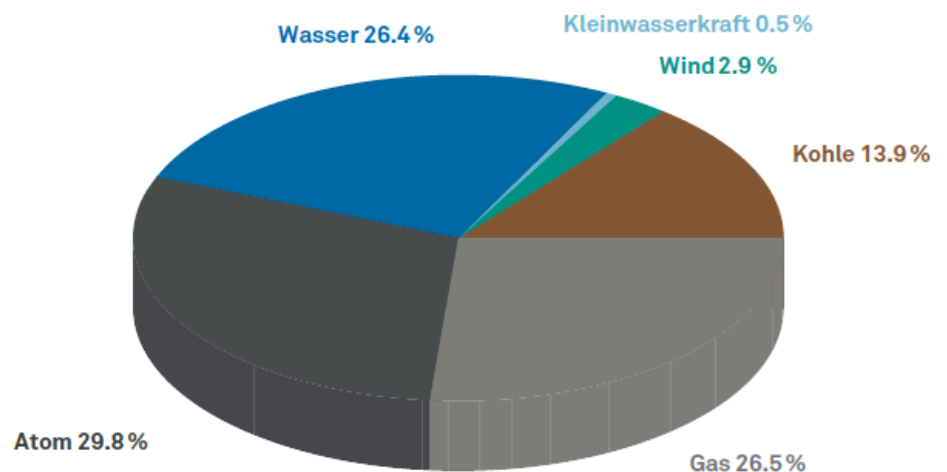
Axpo Strommix 2017



Anteil neue erneuerbare Energien: 3.3% (2016: 3.0%)

Abbildung 1: Zusammensetzung der Axpo-Stromproduktion 2017 im In- und Ausland nach Produktionstechnologie. Rundungsbedingt sind Abweichungen der Nachkommastellen im Vergleich zu den absoluten Produktionsanteilen möglich.
*Kleinwasserkraftwerke werden der Wasserkraft zugerechnet.

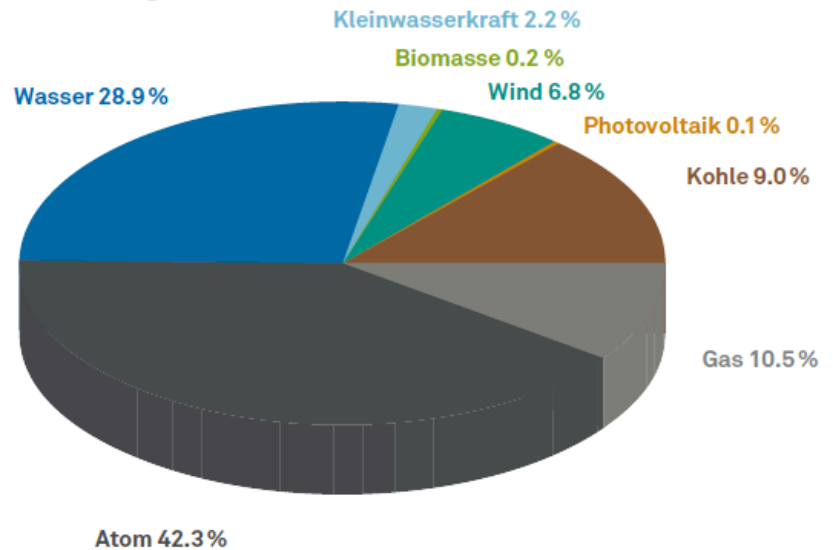
Alpiq Strommix 2017



Anteil neue erneuerbare Energien: 3.4% (2016: 3.2%)

Abbildung 2: Zusammensetzung der Alpiq-Stromproduktion 2017 im In- und Ausland nach Produktionstechnologie.

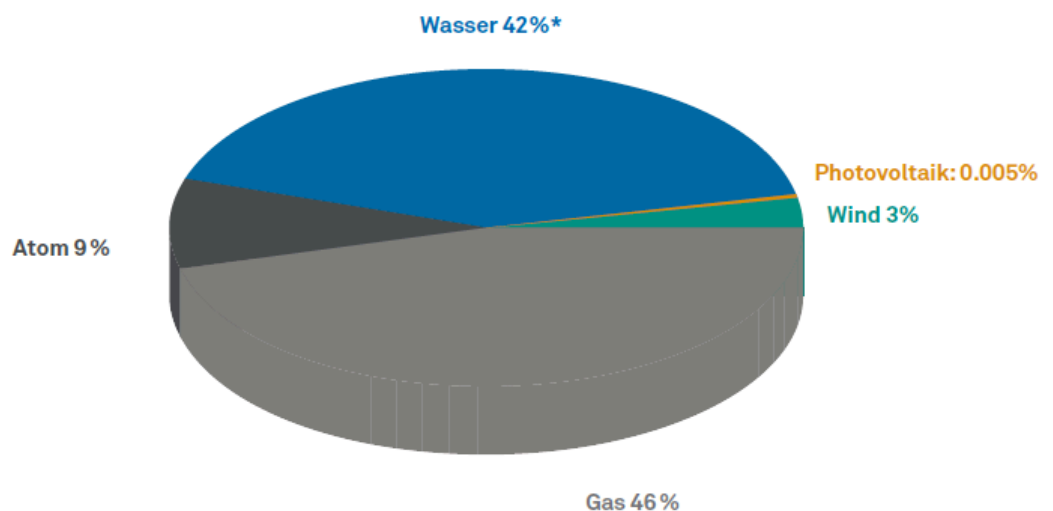
BKW Strommix 2017



Anteil neue erneuerbare Energien: 9.3% (2016: 8.2%)

Abbildung 3: Zusammensetzung der BKW-Stromproduktion 2017 im In- und Ausland nach Produktionstechnologie. Rundungsbedingt sind Abweichungen der Nachkommastellen im Vergleich zu den absoluten Produktionsanteilen möglich.

Repower Strommix 2017

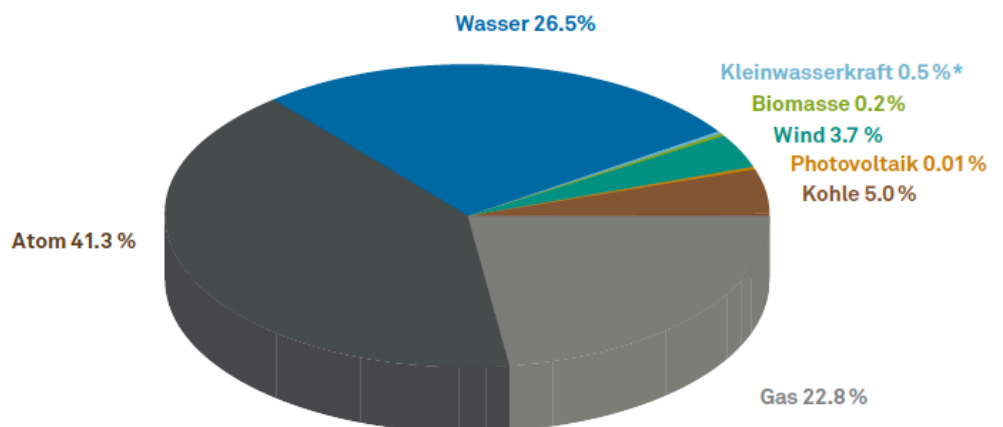


Anteil neue erneuerbare Energien: 3.0% (2016: 5.6%)

Abbildung 4: Zusammensetzung der Repower-Stromproduktion 2017 im In- und Ausland nach Produktionstechnologie. *Kleinwasserkraftwerke werden der Wasserkraft zugerechnet.

Der Produktionsmix der vier grossen Schweizer Stromversorger ist im Schnitt somit deutlich schmutziger als der Landesmix (dieser liegt gemäss Energiestatistik des Bundes für das Jahr 2017 bei 60% Wasserkraft und 32% Atomkraft). Im vergangenen Jahr haben die vier Stromversorger etwas weniger als die Hälfte (41%) ihres Stroms mit Atomkraft produziert. Bei einem Anteil von 28% des Stroms aus Gas- oder Kohlekraftwerken im Ausland übertrafen die fossilen Kraftwerke sogar die Stromproduktion aus Wasserkraft (27%). Die vier Betreiber zusammen haben nur gerade einen Anteil von 4% Windstrom produziert, dies entspricht knapp 2.3 TWh. Zum Vergleich: Die Alpiq alleine hat im selben Jahr beinahe gleich viel Strom aus Kohle (rund 2.1 TWh) erzeugt. Die nachfolgende *Abbildung 5* zeigt den Schnitt des Produktionsmix aller vier Stromversorger zusammen.

Produktionsmix der vier grössten Schweizer Stromproduzenten 2017



Anteil neue erneuerbare Energien: 4.4% (2016: 4.0%)

*Abbildung 5: Durchschnittliche Zusammensetzung der Stromproduktion der vier grössten Schweizer Stromproduzenten 2017 im In- und Ausland nach Produktionstechnologie *Axpo und Repower Kleinwasserkraftwerke werden der Wasserkraft zugerechnet.*

3.2 Installierte Leistungen

Wie gesehen wurde zwar im letzten Jahr mehr fossiler Strom produziert, ein Blick auf die zugebauten Kapazitäten zeigt jedoch ein leicht anderes Bild. Der Ausbau der Kapazitätsleistungen geschah vor allem im Bereich der neuen erneuerbaren Energien im Ausland. Die Axpo und die BKW vergrösserten im letzten Jahr ihre Beteiligungen an Windenergieprojekten Frankreich.

Die Axpo erhöhte ihre installierte Leistung im Bereich der «Neuen Energien» seit 2015 von 290 MW auf 470 MW Ende 2017 um 60%. Nebst dem Erwerb der Volkswind GmbH am 15. Juli 2015 und der Einführung des Windparks Global Tech 1 im Ausland wurden die Kleinwasserkraftwerke Tschär, Gurtellen und

Bristen im Inland aus- bzw. neugebaut. Insgesamt stagniert die installierte Leistung der neuen erneuerbaren Energien im Inland jedoch seit 2014 auf dem niedrigen Niveau von 30 MW. Die inländische Produktionskapazität bei der Wasserkraft stieg aufgrund der Kapazität des Pumpspeicherkraftwerks Limmern um 1100 MW (von 3500 MW auf 4400 MW). Wie in der Elektrizitätsstatistik ausgewiesen («Verbrauch der Speicherpumpen») erhöht sich die Produktion der Wasserkraft dadurch jedoch nicht, denn Pumpspeicherkraftwerke verbrauchen generell mehr Strom als sie produzieren. Die installierte Leistung der Kernenergie in der Schweiz verminderte sich um 100 MW (von 1700 MW Ende 2016 auf 1600 MW Ende 2017), was jedoch nur aufgrund einer angepassten Berechnungsmethode zustande kommt. Die Energiebezugsanteile der AEW an den AKW Beznau und Leibstadt wurde herausgerechnet, das heisst die Kapazitätsanteile der AEW werden nicht mehr also solche der Axpo aufgeführt.

Bei der **Alpiq** entfallen die Hauptanteile der installierten Leistung auf inländische Wasserkraft und ausländische Gas- und Kohlekraftwerke (2'677 bzw. 2'160 MW). Hinzu kommen die Anteile an den AKW Gösgen und Leibstadt (zusammen knapp 800 MW) sowie Kleinwasserkraft (rund 300 MW, v.a. im Ausland). Im Vergleich zu 2016 ist das Portfolio identisch.

Bei der **BKW** stehen knapp 1700 MW installierte Leistung in der Wasserkraft knapp 800 MW in der Atomkraft gegenüber. Hinzu kommen rund 400 MW aus neuen erneuerbaren Energien und knapp 500 MW aus Gas- und Steinkohlekraftwerken. Die grösste Änderung im Vergleich zu 2016 stellt der Ausbau der Windenergie dar (Zuwachs von knapp 40 MW). Dabei hat der Zubau der Kraftwerke Ferme Eolienne St. Julien du Terroux SAS und Ferme Eolienne de Saint Gernier SAS (beide Bretagne, Frankreich) und die Kraftwerke RAZ Energie 3 SAS (Okzitanien, Frankreich) den grössten Einfluss. Ausserdem vergrösserte sich die Produktionskapazität der Kleinwasserkraft in der Schweiz aufgrund der neugebauten Laubegg und Fermelbach (beide Simmental), Gohlhaus (Emmental), Ragn d'Err (Graubünden) um 4.8 MW.

Bei **Repower** stammen mehr als die Hälfte der installierten Leistung aus der Wasserkraft (knapp 440 MW). Danach stellt das Gaskraftwerk Teverola mit 244 MW den grössten Anteil am Kraftwerkspark dar. Die restlichen Kapazitäten verteilen sich auf Windkraftwerke in Italien und Deutschland (60.2 MW), Bezugsrechte aus AKW im Inland und Frankreich (48 MW) sowie im marginalen Bereich auf Photovoltaik (0.23 MW). Im Vergleich zu den Vorjahren ergaben sich keine nennenswerten Veränderungen.

3.3 Verteilung in In- und Ausland

Bei der **Axpo** befinden sich alle Wasserkraftwerke in der Schweiz. Bei den Atomkraftwerken ist es etwas mehr als die Hälfte des Portfolios, wobei die ausländischen Produktionsanteile Langfristbezugsrechte in Frankreich betreffen. Strom aus Gaskraftwerken wird ausschliesslich in Italien produziert. Der Kapazitätsausbau an neuen erneuerbaren Energien geschieht hauptsächlich im Ausland (Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien), während die Wasserkraft in der Schweiz ausgebaut wird.

Bei der **Alpiq** zeigt sich ein praktisch identisches Bild, einziger Unterschied:

Strom aus fossilen Energien wird disperser, d.h. in Italien, Spanien, Ungarn und Tschechien produziert.

Die Kraftwerkparcs von **BKW** und **Repower** zeigen die gleiche Charakteristik auf wie diejenige der **Axpo**: Wasserkraftwerke im Inland, Windkraftwerke in Italien und Deutschland, Atomkraftwerke im Inland und Frankreich, Gaskraftwerke in Italien, hinzu kommen ein jeweils kleiner Anteil Photovoltaikkraftwerke im Inland und das Steinkohlekraftwerk in Deutschland für die **BKW**.

3.4 Emissionen CO₂-Äquivalente

Mit einem Anteil von 46% Gasstrom (229 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde) belegt **Repower** den zweiten Platz beim Austoss von CO₂ und seinen Äquivalenten. **Repower** hat seine Emissionswerte im Vergleich zum Jahr 2016 (131 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde) beinahe verdoppelt, was besonders auf eine erhöhte Stromproduktion von 1125.1 GWh aus Erdgas zurückzuführen ist. Seit Jahren einsam an der Spitze (333 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde) liegt **Alpiq**: Mit ihrem Kohlekraftwerk in Tschechien generiert sie gut 14% ihres gesamten Stroms. Aufgrund einer um 823.35 GWh erhöhten Stromproduktion aus Erdgas intensivierte auch die **Alpiq** ihren Ausstoss von Treibhausgasen (2016: 282 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde). Die bis anhin jeweils «Klassenbeste», die **BKW**, hat ihre Top-Platzierung eingebüsst: sie weist eine um 908.7 GWh erhöhte Stromproduktion aus Steinkohle und Erdgas im Vergleich zum letzten Jahr aus. **Axpo** schneidet im Anteil pro Kilowattstunde dieses Jahr am besten ab, produziert jedoch mengenmässig mit Abstand am meisten Strom aus Gas. Auch die **Axpo** erhöhte ihren Anteil an fossiler Stromerzeugung im Vergleich zum letzten Jahr von 114 g auf 127 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde. Eine Übersicht der Resultate und Reihenfolge der Stromversorger zeigt die nachfolgende *Abbildung 6*. Die Entwicklung über die letzten vier Jahre ist in *Abbildung 9* sichtbar.

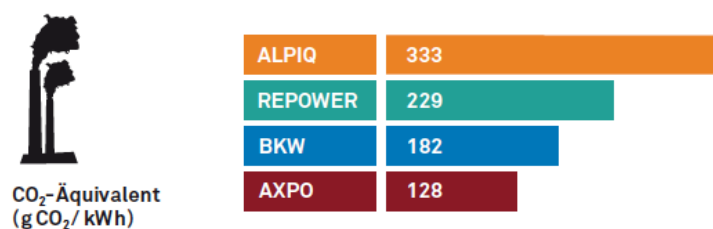


Abbildung 6: Erzeugte CO₂-Äquivalente der vier grössten Schweiz Strom-Produzenten

3.5 Erzeugte radioaktive Abfälle

Die **Axpo** hat 2017 pro Kilowattstunde 28 Kubikmillimeter (mm³) radioaktiven Abfall «produziert». Dass dieser Wert tiefer ist als im Jahr 2016 (29 Kubikmillimeter), liegt hauptsächlich am Stillstand der Reaktoren Beznau I und Leibstadt⁸.

⁸ Axpo: <https://www.axpo.com/axpo/ch/de/news/news/medienmitteilungen/ch/2018/kkb-1--ensi-bestaetigt-sicherheitsnachweis---wiederinbetriebnahm.html>, abgerufen am 23.7.2018

Auch die **BKW** ist für relativ viel radioaktiven Abfall verantwortlich und produzierte im vergangenen Jahr 23 Kubikmillimeter pro Kilowattstunde. Die **Alpiq** verursachte mit 16 Kubikmillimeter radioaktivem Abfall 1 Kubikmillimeter weniger als letztes Jahr. Mit lediglich 5 Kubikmillimeter radioaktivem Abfall produziert **Repower** wie bereits in den letzten Jahren mit Abstand am wenigsten Abfall aus Kernenergie. Eine Übersicht der Resultate und Reihenfolge der Stromversorger zeigt die nachfolgende *Abbildung 7*.

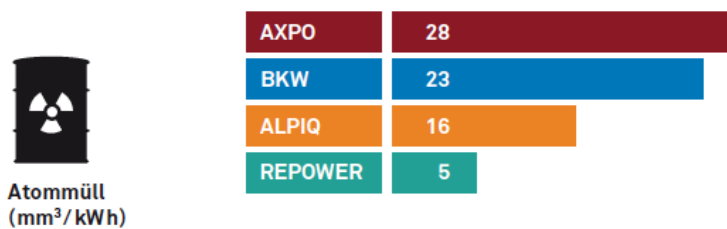


Abbildung 7: Erzeugter Atommüll der vier grössten Schweiz Strom-Produzenten

3.6 Erzeugte Umweltbelastungspunkte

Eine etwas umfassendere Bewertung der Umweltschädlichkeit bietet die Berechnung der Umweltbelastungspunkte (UBP), die neben Treibhausgasen und dem radioaktiven Abfall beispielsweise auch Aspekte wie den Ressourcen- oder Landverbrauch betrachten. Gemäss diesem Bewertungssystem belastet die **Alpiq** mit Ihrem Strommix dieses Jahr die Umwelt am meisten. Sie erzielt 351 UBP pro Kilowattstunde, gefolgt von der **BKW** mit 322 UBP. Die beiden Unternehmen haben sich im Vergleich zum letzten Jahr signifikant verschlechtert, die **Alpiq** um 27, die **BKW** um 24 UBP, was in erster Linie an der gesteigerten Produktion aus Gas- und Kohlekraftwerken liegt. Zum ersten Mal nicht an erster sondern an dritter Stelle rangiert die **Axpo** mit 319 UBP. Weiter verschlechtert hat sich hingegen das immer noch «umweltfreundlichste» Unternehmen **Repower** (209 UBP im Vergleich zu 171 UBP im letzten Jahr). Eine Übersicht der Resultate und Reihenfolge der Stromversorger zeigt die nachfolgende *Abbildung 8*.

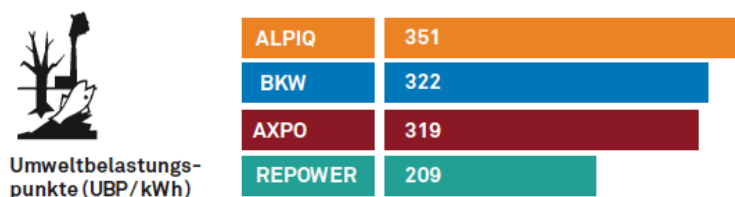


Abbildung 8: Erzeugte Umweltbelastungspunkte der vier grössten Schweiz Strom-Produzenten

3.7 Entwicklung über die Jahre

Eine Betrachtung über die Entwicklung der letzten vier Jahre zeigt auf: Der Anteil der CO₂-emittierenden Produktion (Erdgas und Kohle) ist bei allen Versorgern stark angestiegen. Die Mehrproduktion an Strom mit hoher Umweltbelastung war 2017 bei fast allen gross, nur die **Axpo** reduzierte ihren Anteil an umweltbelastendem Strom. Die Ausnahme vonseiten **Axpo** ist vor allem auf die verminderte Stromproduktion aus den stillstehenden Atomkraftwerken zurückzuführen. Aber auch die Anteile der Wasserkraft haben bei allen vier EVU ausser bei Repower

im Vergleich zum Jahr 2016 stark abgenommen (**Alpiq**: 2374 GWh weniger, **Axpo**: 501 GWh weniger, **BKW**: 164.50 GWh weniger im Vergleich zum Vorjahr). Auffallend ist, dass besonders **Axpo** und **Alpiq** grosse Einbussen im Bereich der erneuerbaren Stromproduktion ausweisen. Diese Entwicklung widerspricht diametral der Entwicklung des Schweizer Kraftwerkparks. Laut der Elektrizitätsstatistik 2017 hat auch im letzten Jahr die Schweizer Stromproduktion aus Wasserkraft leicht zugenommen (von 59% im Jahr 2016 auf 59,6% im Jahr 2017). Die vier grössten Schweiz Energiekonzerne produzierten im Jahr 2017 zusammen hingegen nur 26.5% Strom aus Wasserkraft. Die Produktion aus neuen erneuerbaren Energien der vier Energiekonzerne weist einen Anstieg von 7.5% im Vergleich zum letzten Jahr auf. *Tabelle 5* zeigt die Differenz der Jahresproduktion 2017 zu den Jahren 2016 und 2015. *Abbildung 9* zeigt die Entwicklung und Reihenfolge der vier Stromversorger zu den drei untersuchten Bereichen CO₂, UBP und radioaktiver Abfall über die letzten vier Jahre grafisch auf.

	Axpo		Alpiq		BKW		Repower	
	Veränderung Produktion 2017 zu 2016 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2015 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2016 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2015 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2016 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2015 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2016 in GWh	Veränderung Produktion 2017 zu 2015 in GWh
Braunkohle	0.0	0.0	-81.3	47.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Steinkohle	0.0	0.0	0.0	0.0	662.1	881.0	0.0	0.0
Erdgas	627.0	1380.0	823.4	605.1	246.6	341.8	1125.1	830.6
AKW	-1951.0	-4910.0	-139.0	-1541.0	-213.6	-828.0	29.0	-30.9
Wasserkraft	-501.0	-979.0	-2374.0	-2123.0	-164.5	-534.9	268.5	97.5
Kleinwasserkraft	0.0	-162.7	-2.7	-1.1	107.7	130.9	0.0	0.0
Biomasse (MW LW/Holz)	571	-107.3	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
Photovoltaik	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	5.7	0.0	0.0
Wind	-11.1	643.0	-15.3	-6.0	73.4	101.3	-17.6	-1.0
Total neue Erneuerbare	46.0	373.0	-18.1	-7.1	186.0	239.4	-17.6	-1.0
Total Erneuerbare	-455.0	-606.0	-2392.1	-2130.1	21.5	-295.5	251.0	96.5
Fossiler / nuklearer Strom	-1324.0	-3530.0	603.0	-888.1	695.1	394.8	1154.1	799.7
Total Stromproduktion	-1779.0	-4136.0	-1789.0	-3018.1	716.6	99.3	1404.8	896.0

Tabelle 5: Gesamtübersicht Veränderung Produktion der verschiedenen Produktionsarten in den letzten drei Jahren aller untersuchter Stromversorger (angegeben ist die Differenz: Minus = Geringere Produktion im Jahr 2017, Plus = Höhere Produktion im Jahr 2017)

Umweltbelastung der grössten Schweizer Strom-Produzenten über die letzten 4 Jahre

Pro kWh produzierter Strom des jeweiligen Produzenten – In den Jahren 2014-2017

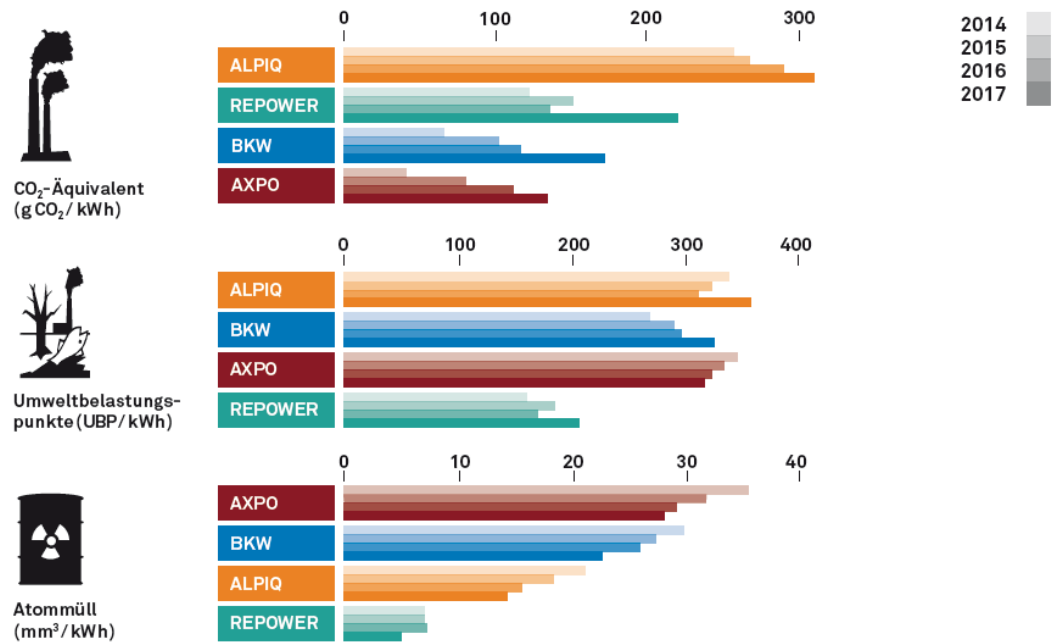


Abbildung 9: Erzeugte Umweltbelastungspunkte, CO₂-Äquivalente und Atommüll der vier grössten Schweiz Strom-Produzenten über die letzten vier Jahre

4. Diskussion

4.1 Interpretation der Resultate

Die Resultate zeigen: Die vier grossen Stromversorger weisen mit ihrem Kraftwerkspark einen klar umwelt- und klimabelastenderen Produktionsmix auf, als der durchschnittliche Schweizer Produktionsmix (2017 setzte sich die Schweizer Stromproduktion gemäss Elektrizitätsstatistik aus 31.7% Atomkraftwerken, 33.7% Speicherkraftwerken, 25.9% Laufwasserkraftwerken, 4% diversen erneuerbaren Kraftwerken, 3.1% konventionell-thermischen nicht erneuerbaren Kraftwerken und 1.9% konventionell-thermisch erneuerbaren Kraftwerken zusammen).

Trotz einer Mehrproduktion bei den neuen erneuerbaren Kraftwerken um gut 7% ist der Strommix der vier EVU im Vergleich zu 2016 insgesamt fossiler geworden. Hauptgrund ist die gesteigerte Stromproduktion aus Gaskraftwerken, insbesondere in Italien, aber auch in Spanien und Ungarn. Die etwas höheren Strompreise führten generell zu einem vermehrten Einsatz der Gaskraftwerke, da sie häufiger rentabel betrieben werden konnten. Verschiedene Spezialfälle in einzelnen EU-Ländern verstärkten diesen Effekt: So fielen in Frankreich aufgrund technischer Probleme 2017 über 25 Reaktoren ungeplant aus (Belleville-sur-Loire, Cattenom, Chinon, Cruas, Dampierre-en-Burly, Golfech, Nogent-sur-Seine, Saint-Laurent-des-Eaux, Paluel, Saint-Alban⁹, Fessenheim, Bugey¹⁰ und Civaux¹¹), weshalb die Stromproduktion vor allem im stromintensiven Winterhalbjahr zwecks Stromexport nach Frankreich in ganz Europa zusätzlich finanziell interessant war. Speziell die italienischen Gaskraftwerke hatten gemäss Repower auch aufgrund der hohen Sommertemperaturen und des dadurch erhöhten Stromverbrauchs eine Mehrproduktion zu verzeichnen. Ausfälle der Konkurrenz verstärkten die Nachfrage nach Strom aus den funktionstüchtigen Kraftwerken zusätzlich.

Umgekehrt sank der Anteil an erneuerbar produziertem Strom. Ein Grund dafür waren die gemäss Informationen der Alpiq tieferen Zuflüsse in die Wasserkraftwerke aufgrund niedrigerer Niederschlagsmengen. Wie ein Blick auf die Schweizerische Elektrizitätsstatistik zeigt, gilt diese Situation jedoch nicht gesamtschweizerisch, wo die Stromproduktion aus Wasserkraft insgesamt zunahm. Auf der anderen Seite wurden gerade im Inland kaum neue erneuerbare Kapazitäten erstellt. Dies lag wohl vor allem an der Blockade bei den Fördergeldern und den dadurch fehlenden Anreizen für Investitionen. Die Stromproduktion aus Photovoltaik spielt mengenmässig bisher bei allen Versorgern keine Rolle.

Zuletzt sank auch der Anteil an nuklearer Stromproduktion: Die Schweiz hatte 2017 die (Teil-) Ausfälle von Beznau I und Leibstadt zu verzeichnen. Auf den gesamteuropäischen Strommarkt hatte dies jedoch nur marginale Effekte. Die verminderte nukleare Stromproduktion der Schweiz war nur von vorübergehenden

⁹ ASN: <https://www.asn.fr/Informer/Actualites/Incident-de-niveau-2-pour-20-reacteurs-d-EDF> , abgerufen am 23.7.18

¹⁰ EDF: <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiques-de-presse/note-d-information-extension-du-perimetre-de-l-evenement-de-niveau-2-echelle-ines-lie-a-l-indisponibilite-potentielle-de-sources-electriques-en-cas-de-seisme-pour-y-integrer-les> , abgerufen am 23.7.18

¹¹ EDF: <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-de-civaux/actualites?page=4> , abgerufen am 23.7.18

der Natur: Der Reaktor Beznau I ging im März 2018 wieder ans Netz¹², ebenfalls ist der aufgrund fehlerhafter Brennstäbe oft ausgefallene Reaktor Leibstadt seit Februar 2017 wieder am Netz.

4.2. Ausblick

Im nuklearen Bereich ist nicht mit Veränderungen zu rechnen. Aufgrund der mangelnden Rentabilität der Werke und der hohen Unsicherheiten in der Entwicklung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten besteht auf dem Markt hier keine Nachfrage, und eine Veräusserung der Anteile ist praktisch ausgeschlossen. Mit der Alterung der Kraftwerke wird auf verschiedene Arten umgegangen: Während beispielsweise die **BKW** die Stilllegung des AKW Mühleberg auf Ende 2019 beschlossen hat, durfte die **Axpo** ihren rund drei Jahre stillgestanden Reaktor Beznau I im März 2018 wieder in Betrieb nehmen¹³ und plant den Langzeitbetrieb.

Die Energiestrategie 2050 wird gemäss heutigem Kenntnisstand den Ausbau der erneuerbaren Energien kaum in dem Mass vorantreiben, wie es für die Zielerreichung notwendig wäre. Investitionen in neue erneuerbare Kraftwerke lohnen sich nach wie vor nicht, weshalb ein Ausbau in Kürze nicht zu erwarten ist. Ob die seit dem 1. Januar 2018 eingeführte Einmalvergütung in Zukunft genügenden Anreiz für Grossanlagen darstellen wird, wird nachzuweisen sein¹⁴. Aus heutiger Sicht scheint dies fraglich.

Ob demgegenüber auch ein Ausstieg aus den fossilen und nuklearen Kraftwerken im Ausland erfolgt unterliegt jedoch alleine bei den betriebswirtschaftlichen Überlegungen der Energieversorger. Wünschenswert wäre es in jedem Fall, gehören die vier untersuchten Stromversorgungsunternehmen doch grossmehrheitlich der öffentlichen Hand und sollten demgemäss die von der Bevölkerung beschlossenen Ziele auch im Ausland so gut als möglich vertreten. Ziele, die mit den Zielen vieler Nachbarländer übereinstimmen.

In der Schweiz ist der Atomausstieg aufgrund des Neubauverbots mit der Energiestrategie 2050 eine Frage der Zeit. Die Annahme des Pariser Klimaabkommens stärkt Bemühungen für ein schnelles Ersetzen fossiler Energien. Doch solange Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken weiterhin zu relativ günstigen Preisen produzieren können, werden diese Bemühungen konterkariert. Die Energiewende kann folglich nur mithilfe eines neuen Strommarktdesigns realisiert werden, bei dem die kostendeckende Produktion neuer erneuerbarer Energien sichergestellt ist und bei dem die durch den Klimawandel entstehenden Kosten stärker in die CO₂-Preise miteinberechnet werden.

¹² Axpo: <https://www.axpo.com/axpo/ch/de/news/news/medienmitteilungen/ch/2018/kkb-1--ensi-bestaetigt-sicherheitsnachweis---wiederinbetriebnahm.html>, abgerufen am 23.7.18

¹³ Z.B. NZZ: <https://www.nzz.ch/schweiz/akw-beznau-i-ist-wieder-am-netz-ld.1367765>, abgerufen am 11.7.2018.

¹⁴ BFE: <http://www.bfe.admin.ch/themen/00612/05410/06149/index.html?lang=de>, abgerufen am 11.7.2018

5. Quellen

Nachfolgend sind die Quellenangaben zu den Produktionszahlen aufgeführt. Für eine möglichst genaue Berechnung der Umweltbelastung wurden teilweise differenziertere Aufschlüsselungen zu den veröffentlichten Produktionszahlen in Erfahrung gebracht.

5.1 Axpo

- Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht Axpo 2016/2017:
https://www.axpo.com/content/dam/axpo2/Documents/Switzerland/Ueber_uns/Portrait/171219_Geschäftsbericht_16_17_DE.pdf (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
https://www.axpo.com/content/dam/axpo2/Documents/Switzerland/Ueber_uns/Engagement/Nachhaltigkeit/Axpo_Nachhaltigkeitsbericht_2017_DE.pdf (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
- Auskunft per E-Mail durch Frau M. Müller: Neue Energien umfassen Wind (onshore und offshore) und Biomasse. Kleinwasserkraft ist seit dem Geschäftsjahr 2015/16 unter Wasserkraft ausgewiesen. Die Axpo weist die genaue Produktion durch die Kraftwerkstypen unter den neuen erneuerbaren Energien nicht aus. Gemäss Axpo Medien beträgt die grobe Aufschlüsselung wie folgt: Wind Onshore: ca. 60%, Wind Offshore: ca. 30%, Biomasse: ca. 10%.

5.2 Alpiq

- Jahresbericht Alpiq 2017:
https://www.alpiq.com/portal/fileadmin/user_upload/documents/publication/de/jahresergebnis/2017/jahresergebnis_de_2017.PDF (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
Weitere Infos zum Kraftwerkspark:
<http://www.alpiq.ch/unser-angebot/unsere-anlagen/our-assets.jsp> (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
- Auskunft per E-Mail durch Frau S. Labonte: Alpiq erteilt keine Auskünfte zur Produktion gemäss Kraftwerkstyp, sondern nur je Land. Im Jahresbericht sowie den Informationen zum Kraftwerkspark sind detaillierte Aufschlüsselungen je Land verfügbar. Einzig bei den neuen erneuerbaren Energien und bei konventionell-thermischen Kraftwerken in Tschechien ist keine klare Zuordnung möglich. Dies konnte auf Nachfrage näherungsweise zugeordnet werden. Gemäss S. Labonte besteht der neue Erneuerbaren-Mix aus durchschnittlich ungefähr 15% Kleinwasserkraft und 85% Wind. Von der tschechischen Produktion stammen etwa 99% aus Kohle- und 1% aus Gaskombikraftwerken. Diese Prozentwerte wurden auf die Produktion 2017 umgerechnet. Es handelt sich bei den entsprechenden Werten für 2017 folglich um Abschätzungen.

5.3 BKW

- Jahresbericht BKW 2017 sowie Bericht «Zahlen und Fakten»: https://bkw-portal-static.s3.amazonaws.com/Webcontent/bkw.ch/fileadmin/user_upload/4_Ueber_BKW/Investor_Relations/GB%2017/Zahlen_u_Fakten_de.pdf (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
https://bkw-portal-static.s3.amazonaws.com/Webcontent/bkw.ch/fileadmin/user_upload/4_Ueber_BKW/Investor_Relations/GB%2017/Geschaeftsbericht_Deutsch.pdf (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
Mit dem Bericht «Zahlen und Fakten» stellt die BKW transparent eine genaue Zusammenstellung der Jahresproduktion pro Kraftwerk auf ihre Webseite.

5.4 Repower

- Geschäftsbericht Repower 2017:
https://www.repower.com/media/456616/repower_geschaeftsbericht-2017_de.pdf (Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
Zusätzliche Infos zum Kraftwerkspark:
<https://www.repower.com/gruppe/über-uns/auf-einen-blick/>
(Zugang letztmals überprüft am 11.7.2018)
- Auskunft per E-Mail durch Herr T. Grond: Der prozentuale Anteil der Gas-kraft am Produktionsmix machte nicht 45% aus, wie im Geschäftsbericht ausgewiesen, sondern 46%. Die Produktion aus PV betrug 0.2 GWh im Jahr 2017.