



«STROMMIX 2020»



UMWELTBELASTUNG AUS DER STROMPRODUKTION DER VIER GRÖSSTEN SCHWEIZER STROMVERSORGER 2020

*Kurzstudie
Florian Brunner*

Zürich, Juli 2021

Abstract

In der vorliegenden Kurzstudie analysiert die Schweizerische Energie-Stiftung SES die Klima- und Umweltbelastung aus der Stromproduktion 2020 der vier grössten Schweizer Energieversorger Axpo, Alpiq, BKW und Repower. Untersucht werden Treibhausgasemissionen (gemessen in CO₂-Äquivalenten), Umweltbelastung (gemessen in Umweltbelastungspunkten) sowie die Menge an radioaktivem Abfall aller Kraftwerke im In- und Ausland. Insgesamt fallen gut 60 Prozent der Stromproduktion in fossilen oder nuklearen Kraftwerken an, der Rest in erneuerbaren Kraftwerken. Der Anteil klimaschädlicher Stromproduktion ist im Vergleich zum Vorjahr leicht zurückgegangen. Grund dafür ist eine fast nicht mehr existente Kohlestromproduktion bei den fossil-thermischen Kraftwerken, hinzu kommt eine leicht reduzierte Erdgasstromproduktion. Die Stromproduktion durch neue erneuerbare Energien (Sonne, Wind und Biomasse) nahm bei allen vier EVU leicht zu, jedoch auf sehr tiefem Niveau. Der Anteil erhöhte sich von 5.2% auf 6%. Im Vergleich zum durchschnittlichen Schweizer Strommix weisen die vier grössten Schweizer Stromversorger einen überdurchschnittlichen Anteil an fossilen und nuklearen Kraftwerken mit entsprechend höherer Klima- und Umweltbelastung auf. Neue Ökobilanz-Zahlen zu Photovoltaik zeigen, dass sich die Klimabilanz dieser Stromerzeugungsart weiter verbessert hat, die Treibhausgasbelastung über den ganzen Lebenszyklus hat sich gegenüber den bisherigen Zahlen halbiert.



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

Inhaltsverzeichnis

Abstract	2
Inhaltsverzeichnis	3
1. Einleitung.....	4
2. Daten und Methodik	5
2.1 Radioaktive Abfälle	5
2.2 Treibhausgasemissionen	5
2.3 Umweltbelastungspunkte	6
2.4 CO ₂ -Äquivalent vs. UBP am Beispiel Photovoltaik.....	7
3. Resultate.....	9
3.1 Produktionsmix	9
3.2 Installierte Leistungen	12
3.3 Verteilung in In- und Ausland.....	14
3.4 Erzeugte Emissionen in CO ₂ -Äquivalenten.....	14
3.5 Erzeugte radioaktive Abfälle	15
3.6 Erzeugte Umweltbelastungspunkte	15
3.7 Entwicklung über die Jahre	16
4. Diskussion.....	18
4.1 Interpretation der Resultate	18
4.2 Ausblick.....	19
5. Quellen	21

1. Einleitung

Axpo, Alpiq, BKW und Repower sind die vier grössten Stromproduzenten der Schweiz. Insgesamt wurden 2020 in ihren Kraftwerken 62'454 Gigawattstunden (GWh) Strom erzeugt¹. In der vorliegenden Kurzstudie analysiert die Schweizerische Energie-Stiftung SES deren Stromproduktion im In- und Ausland nach Energiequelle und berechnet die resultierende Klima- und Umweltbelastung sowie den radioaktiven Abfall. Die Ergebnisse zeigen auf, welche Menge Treibhausgase (in CO₂-Äquivalenten) pro produzierte Kilowattstunde Strom durchschnittlich bei jedem Stromproduzenten entstehen. Ausserdem wurde die Gesamtumweltbelastung in Umweltbelastungspunkten (UBP) und die Menge an radioaktivem Abfall pro produzierte Kilowattstunde berechnet. Die Berechnungsmethodik der UBP schliesst diverse umweltrelevante Faktoren mit ein.

Die vorliegende Kurzstudie erläutert die Methodik zum Vergleich der Umweltbelastung des Strommixes, gibt eine Übersicht und Interpretation der Resultate und macht einen Ausblick.

¹ Zum Vergleich: 2020 betrug die inländische Nettoerzeugung (nach Abzug des Verbrauchs der Speicherpumpen) 65'500 GWh (Bundesamt für Energie 2021).

2. Daten und Methodik

Gegenstand der Untersuchung ist die Stromproduktion der vier grössten Schweizer Stromproduzenten Axpo, Alpiq, BKW und Repower. Die Produktionszahlen, aufgeteilt nach Stromproduktionstechnologie, sind in erster Linie den aktuellen Geschäftsberichten, Faktenblättern und Tabellen der jeweiligen Stromproduzenten entnommen. Bei fehlenden oder unklaren Angaben wurde schriftlich Rücksprache mit den Unternehmen gehalten.

Es wurde jeweils die gesamte Stromproduktion 2020, das heisst sowohl die Kraftwerke im In- wie auch im Ausland, berücksichtigt.

2.1 Radioaktive Abfälle

Für jede Kilowattstunde produzierter Atomstrom fällt eine gewisse Menge radioaktiver Abfall an. Dieser hat unterschiedliche Bestandteile. Einerseits fallen hochradioaktive Abfälle (HAA) an durch die abgebrannten Brennstäbe. Diese besitzen zwar mengenmässig geringe Ausmasse, sind jedoch äusserst schädlich und müssen bis zu 1'000'000 Jahre von der Umwelt ferngehalten werden, um diese vor der ionisierenden Strahlung zu schützen. Andererseits entstehen schwach- und mittelradioaktive Abfälle (SMA), beispielsweise durch das kontaminierte Material der Atomkraftwerke. Deren Strahlung ist geringer und weniger langanhaltend, es fallen jedoch grosse Mengen an.

Tabelle 1 zeigt die Basis für unsere Berechnungen, angegeben in Kubikmillimeter radioaktiver Abfall pro Kilowattstunde.

Tabelle 1: Verwendete Kennzahlen für die Berechnung der Menge radioaktiver Abfälle (Menge in mm³ pro produzierte Kilowattstunde ab Kraftwerk). Daten: Die Kennzahlen beruhen auf Bauer C. et al. (2012) und KBOB, eco-bau and IPB (2014).

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

2.2 Treibhausgasemissionen

Bei der fossilen Stromerzeugung mittels Kohle, Erdgas oder Erdöl werden grosse Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) freigesetzt. Dies trägt beträchtlich zur Erderwärmung bei. Zusätzliche emittierte Treibhausgase (THG) wie Methan oder Lachgas verstärken den Treibhauseffekt. Für die Vergleichbarkeit wird die gesamthafte Wirkung der emittierten, klimaschädigenden Treibhausgase in sogenannten CO₂-Äquivalenten ausgedrückt. Dadurch kann die Klimaauswirkung der verschiedenen Stromproduktionsarten verglichen werden.

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die Förderung der hierzulande konsumierten Erdöl- und Gasprodukte mehr Treibhausgase ausstösst, als bisher in Ökobilanzen angenommen (Meili et al. 2021). Grund dafür ist das Methan, das bei der Förderung freigesetzt wird. Methan-Emissionen lassen sich heute mithilfe von Satelliten messen, diese Messart lässt die THG-Emissionen für die Förderung deutlich ansteigen. Während sich die Emissionen bei der fossilen Energieproduktion nachweisbar weiter verschlechtern, verbessert sich gleichzeitig die Ökobilanz bei

erneuerbaren Energien. Ende 2020 wurde ein aktualisierter Bericht² zu den Umweltkennwerten von Photovoltaik (PV) publiziert; die Treibhausgasemissionen bei der Stromerzeugungsart durch PV sind von 100 auf 47 g CO₂-eq pro kWh deutlich gesunken (Frischknecht et al. 2020). Die neuen Umweltkennwerte für PV wurden in der diesjährigen Ausgabe der Stromproduktionsmix-Berechnung übernommen, weitere Erläuterungen siehe auch Kapitel 2.4.

Tabelle 2 stellt die Werte für die Berechnung der CO₂-Äquivalente (CO₂-eq) des Strommixes der Stromproduzenten dar.

Tabelle 2: Verwendete Kennzahlen für die Berechnung der CO₂-Äquivalente pro produzierte Kilowattstunde. Daten: Stolz und Frischknecht (2017) & Frischknecht et al. (2020).

	kg CO ₂ -Äquivalent pro MJ	g CO ₂ -Äquivalent pro kWh
Braunkohle	0.377	1'396.30
Steinkohle	0.344	1'274.07
Erdöl ³	0.281	1'040.74
Erdgas ⁴	0.129	477.78
AKW ⁵	0.006	22.22
Wasserkraft ⁶	0.003	11.11
Biomasse ⁷	0.065	240.74
Photovoltaik	0.013	47.00
Wind	0.007	25.93
Geothermie ³	0.009	33.33

2.3 Umweltbelastungspunkte

Die Methode der ökologischen Knappheit berücksichtigt eine grosse Palette von Umweltbelastungen und erlaubt eine Umweltbewertung über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Sie gewichtet in einer Ökobilanz verschiedene Umweltwirkungen, ausgedrückt in sogenannten Umweltbelastungspunkten (UBP). Die UBPs berücksichtigen somit die gesamte Umweltbelastung der Stromproduktion, von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Entsorgung der Abfälle, inklusive Treibhausgasemissionen, weitere Schadstoff-Emissionen (wie Schwermetalle, Nitrat oder Phosphor), radioaktive Abfälle, Sonderabfälle, Wasser- und Landverbrauch und weitere Belastungen. Analog zu den THG-Emissionen ist laut aktualisiertem Bericht zu den Umweltkennwerten von Photovoltaik (siehe Fussnote 2) auch die Gesamtumweltbelastung dieser Stromerzeugungstechnologie von 179 auf 100 UBPs pro kWh stark gesunken.

² <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/12/IEA-PVPS-LCI-report-2020.pdf>

³ Keiner der Produzenten weist Erdöl- oder Geothermie-Kraftwerke aus. Diese Werte werden der Vollständigkeit halber und zwecks besserer Vergleichbarkeit aufgeführt.

⁴ Die Klimabilanz von Erdgas ist mit Vorsicht zu geniessen, da in Ökobilanzen Methanverluste beim Transport unterschätzt werden, weitere Informationen siehe auch Kapitel 4.2.

⁵ Für die CO₂-Bilanz von Atomkraftwerken existiert in der Literatur eine grosse Bandbreite an Werten (der 5. IPCC-Report (2014) nennt eine Bandbreite von 3.7 bis 110 g CO₂-eq/kWh). Aus Konsistenzgründen wurde auf den Wert von Stolz und Frischknecht (2017) abgestellt.

⁶ Für die Kleinwasserkraft wurde mit Werten der Grosswasserkraft gerechnet, da für die Kleinwasserkraft die nötigen Daten nicht existieren und die Produzenten diese nicht immer separat ausweisen.

⁷ Es wurde der Mittelwert zwischen Biogas, Biogas aus der Landwirtschaft und Biogas aus Holz angenommen. Aus den verfügbaren Daten waren die Anteile des entsprechenden Typs Kraftwerk nicht ersichtlich.

Die verwendete Einheit ist UBP pro Kilowattstunde. Die Werte in Tabelle 3 dienen als Berechnungsgrundlage für die aus dem Strommix resultierenden UBP der Stromproduzenten.⁸

Tabelle 3: Verwendete Kennzahlen für die Berechnung der Umweltbelastungspunkte pro produzierte Kilowattstunde. Daten: Stolz und Frischknecht (2017) & Frischknecht et al. (2020).

	UBP pro MJ	UBP pro kWh
Braunkohle	220.2	815.56
Steinkohle	213.4	790.37
Erdöl ⁹	302.5	1'120.37
Erdgas	85.6	317.04
AKW	125.8	465.93
Wasserkraft ¹⁰	12.2	45.19
Biomasse ¹¹	83.2	308.02
Photovoltaik	27.0	100.00
Wind	20.5	75.93
Geothermie ⁹	28.6	105.93

2.4 CO₂-Äquivalent vs. UBP am Beispiel Photovoltaik

Die ganzheitliche Betrachtung der Umweltbelastung mittels der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) gibt ein aussagekräftigeres Bild ab als ein ausschliesslicher Fokus auf die Treibhausgasemissionen. So zeigt sich, dass Photovoltaik bei der Betrachtung der Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalenten unter den untersuchten Stromerzeugungstechnologien mit 47 g CO₂-eq/kWh erst an fünfter Stelle auftritt. Im Vergleich dazu schneiden die Wasserkraft mit 11.11 g CO₂-eq/kWh, die Atomstromproduktion mit 22.22 g, die Windenergie mit 25.93 g und die Geothermie mit 33.33 g CO₂-eq/kWh allesamt etwas besser ab. Eine Betrachtung mittels Umweltbelastungspunkten relativiert jedoch diesen Befund. Dabei wird die Klima- und Umweltbelastung über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, am Beispiel der Photovoltaik demnach auch die Herstellung von Polysilizium, Siliziumwafern und Anlagen sowie die Installation und das vollständige Recycling einer Photovoltaikanlage. Zusätzlich zu den Treibhausgasemissionen werden unter anderem auch der anfallende radioaktive Abfall, Feinstaub, Landnutzung, kumulativer Energiebedarf (erneuerbar und nicht-erneuerbar), abiotische Ressourcenverknappung oder ionisierende Strahlung berücksichtigt. Beim Vergleich der UBP weist die Atomstromproduktion mit 465.93 UBP pro kWh gegenüber der Photovoltaik mit 100 UBP pro kWh eine deutlich höhere Umweltbelastung auf. Insgesamt rückt die Photovoltaik in diesem Ranking durch die neuen Ökobilanz-Zahlen auf den dritten Platz vor, hinter der Wasserkraft mit 45.19 und der Windenergie mit 75.93 UBP pro kWh.

⁸ Weitere Ausführungen zu den UBP sind auf folgender Webseite des Bundesamtes für Umwelt zu finden: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wirtschaft-konsum/fachinformationen/methodische-grundlagen-von-oekobilanzen/methode-der-oekologischen-knappheit.html>

⁹ Keiner der Produzenten weist Erdöl- oder Geothermie-Kraftwerke aus. Diese Werte werden der Vollständigkeit halber und zwecks besserer Vergleichbarkeit aufgeführt.

¹⁰ Für die Kleinwasserkraft wurde mit Werten der Grosswasserkraft gerechnet, da für die Kleinwasserkraft die nötigen Daten nicht existieren und die Produzenten diese nicht immer separat ausweisen.

¹¹ Angenommen wurde der Mittelwert zw. Biogas, Biogas aus der Landwirtschaft und Biogas aus Holz. Aus den verfügbaren Daten waren die Anteile des entsprechenden Typs Kraftwerk nicht ersichtlich.

Wichtig bei umweltbezogenen Überlegungen ist zudem, in welche Richtung sich eine Technologie zukünftig entwickelt. Die CO₂-Belastung bei Photovoltaik-Modulen ist vornehmlich deswegen ausgeprägt, weil der zur Herstellung benutzte Strommix grösstenteils fossil ist¹². Je sauberer jedoch der Strommix wird, desto geringer werden die Treibhausgasemissionen von Photovoltaikstrom. Überdies nimmt auch der Wirkungsgrad von Photovoltaik-Modulen ständig zu. Frischknecht et al. (2015) schätzen, dass der Treibhausgasausstoss von Photovoltaikstrom bis in den Jahren 2030 bis 2050 um insgesamt 69% abnehmen wird. Während die PV-Technologie noch ein erhebliches Potenzial hat, um die Klima- und Umweltbilanz in Zukunft weiter zu verbessern, ist dieses Verbesserungs-Potenzial bei der Atomenergie nicht vorhanden¹³.

Bereits heute ist bei der Photovoltaik eine starke Reduktion der Treibhausgasemissionen und der Gesamtumweltbelastung zu beobachten. Im Rahmen einer Aktualisierung der Ökobilanz wurde eine deutliche Reduktion der Umweltkennwerte für PV festgestellt¹⁴. Die Daten zeigen für die dominante PV-Technologie Monokristallines Silizium (Mono-Si) eine um 43% reduzierte Gesamtumweltbelastung (in UPB pro kWh), während die Treibhausgasemissionen (in g CO₂-eq/kWh) bei der derselben PV-Technologie sogar um 60% tiefer liegen als bei den bisherigen Zahlen (siehe Tabelle 4). Insgesamt konnte der CO₂-Ausstoss von PV über den ganzen Lebenszyklus halbiert werden.

Tabelle 4: Klimaänderungspotenzial und Gesamtumweltbelastung für die Stromproduktion mit unterschiedlichen Solarzellen (PV), Vergleich der Ökobilanzdaten mit Stand 2020 und 2016. Daten: Frischknecht (2020).

g CO ₂ -eq/kWh	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Aktualisierung 2020	42.5	42.3	36.3	26.5
bisher	105.6	66.4	45.9	28.0
Änderung	- 60 %	- 36 %	- 21 %	- 5 %

UPB/kWh	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Aktualisierung 2020	82	82	160	59
bisher	144	111	223	64
Änderung	- 43 %	- 26 %	- 28 %	- 2.5 %

¹² Die in Europa installierten Silizium-Module werden zu knapp 79.6% in China produziert, das einen stark fossilen Strommix aufweist mit entsprechend hoher Treibhausgasintensität. 14.5% der Module werden in Europa hergestellt, die restlichen 5.9% im asiatisch-pazifischen Raum (Stolz und Frischknecht 2017).

¹³ Sollten z.B. die Uranvorkommen wegen einer verstärkten Förderung knapp werden, erhöht sich der Förderungsaufwand und die Emissionen der Atomstromproduktion steigen an.

¹⁴ Frischknecht (2020): Factsheet: Ökobilanz Strom aus Photovoltaikanlagen.

3. Resultate

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt eine Gesamtübersicht der Resultate des Stromproduktionsmix an. Die folgenden Kapitel 3.1 bis 3.7 führen im Einzelnen durch die Resultate.

	Axp		Alpiq		BKW		Repower		Total	
	Produktion 2020 in GWh	%	Produktion 2020 in GWh	%	Produktion 2020 in GWh	%	Produktion 2020 in GWh	%	Produktion 2020 in GWh	%
Braunkohle	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Steinkohle	0.0	0.0	0.0	0.0	201.0	2.3	0.0	0.0	201.0	0.3
Erdgas	6449.0	17.4	3134.0	22.9	980.6	11.3	1162.0	39.4	11725.6	18.8
AKW	19235.0	51.8	5333.0	39.0	2189.3	25.3	216.0	7.3	26973.3	43.2
Wasserkraft	9966.0	26.8	4702.0	34.3	3768.0	43.6	1341.0	45.4	19777.0	31.7
Kleinwasserkraft	0.0	0.0	71.9	0.5	362.4	4.2	0.0	0.0	434.3	0.7
Biomasse	101.0	0.3	0.0	0.0	20.6	0.2	0.0	0.0	121.6	0.2
Photovoltaik	198.0	0.5	19.8	0.1	12.5	0.1	31.3	1.1	261.6	0.4
Wind	1212.0	3.3	429.3	3.1	1117.6	12.9	201.0	6.8	2959.9	4.7
Total neue Erneuerbare	1'511.0	4.1	521.0	3.8	1'513.1	17.5	232.3	7.9	3'777.4	6.0
Total erneuerbarer Strom	11'477.0	30.9	5'223.0	38.2	5'281.1	61.0	1'573.3	53.3	23'554.4	37.7
Fossiler / nuklearer Strom	25'684.0	69.1	8'467.0	61.8	3'370.9	39.0	1'378.0	46.7	38'899.9	62.3
Total Stromproduktion	37'161.0	100.0	13'690.0	100.0	8'652.0	100.0	2'951.3	100.0	62'454.3	100.0
CO2-Äquivalent g/kWh	99		123		99		197		109	
UBP/kWh	312		272		204		186		283	
rad. Abfälle in mm3/kWh	29		22		14		4		24	

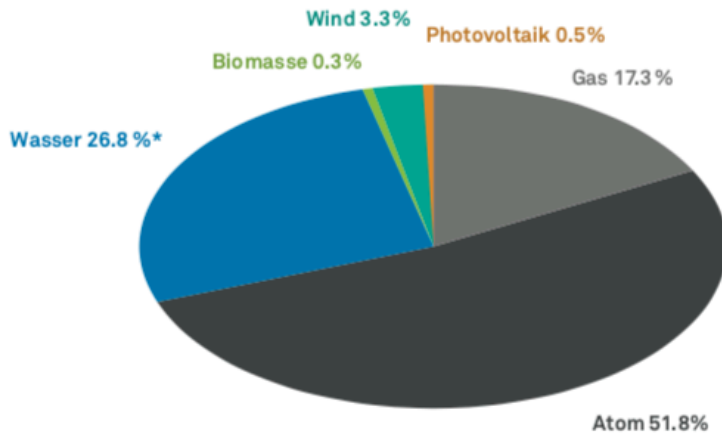
Abbildung 1: Gesamtübersicht Stromproduktion und Anteile der verschiedenen Produktionsarten im Jahr 2020 aller untersuchten Stromversorger. Daten: Eigene Berechnungen.

3.1 Produktionsmix

Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) Axpo und Alpiq produzieren ihren Strom mit einem Anteil von knapp 70 und gut 60 Prozent hauptsächlich mit nuklearen und fossilen Kraftwerken. Die restliche Stromproduktion fällt bei diesen zwei Stromversorgern grösstenteils auf die Wasserkraft, während die neuen erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Wind, Biomasse und Kleinwasserkraft) eine untergeordnete Rolle spielen. Die Anteile fossil-nuklearer Strom und Wasserkraft halten sich bei der BKW mit je ca. 40 Prozent in etwa die Waage. Die BKW hat mit nahezu 18 Prozent einen vergleichsweise hohen Anteil neuer erneuerbarer Energien in ihrem Stromproduktionsmix¹⁵. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Repower, wobei hier der fossil-nukleare Strom durch einen hohen Anteil Gasstrom stärker fossil geprägt ist. Über alle vier Stromversorger gesehen fällt der Stromproduktionsmix mit gut 60 Prozent nach wie vor stark fossil-nuklear aus. Die Stromproduktion durch neue erneuerbare Energien (Sonne, Wind, Biomasse und Kleinwasserkraft) nahm bei allen vier EVU leicht zu, jedoch auf sehr tiefem Niveau. Deren Anteil erhöhte sich von 5.2% auf 6%.

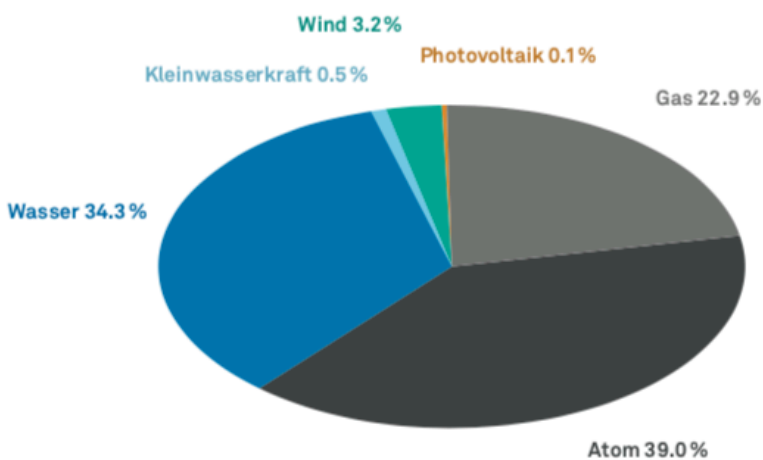
Die nachfolgenden Abbildungen 2 bis 5 zeigen den Stromproduktionsmix der vier Stromversorger.

¹⁵ Dominant ist hierbei der Anteil Windenergie mit 13%. Zu berücksichtigen gilt es auch, dass die BKW die Kleinwasserkraft separat ausweist, was bei der Axpo und bei Alpiq nicht der Fall ist.



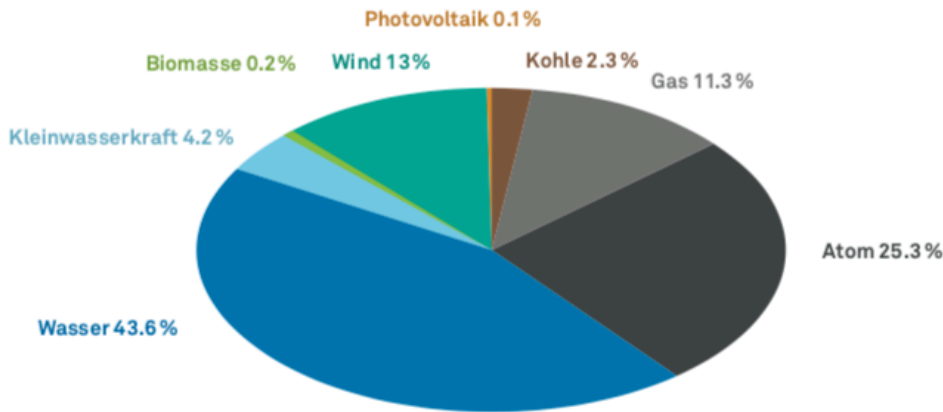
Anteil neue erneuerbare Energien: **4.1 % (2019: 3.5%)**

Abbildung 2: Zusammensetzung der **Axpo**-Stromproduktion 2020 im In- und Ausland nach Stromerzeugungstechnologie (rundungsbedingt sind Abweichungen der Nachkommastellen im Vergleich zu den absoluten Produktionsanteilen möglich). *Kleinwasserkraftwerke werden der Wasserkraft zugerechnet.



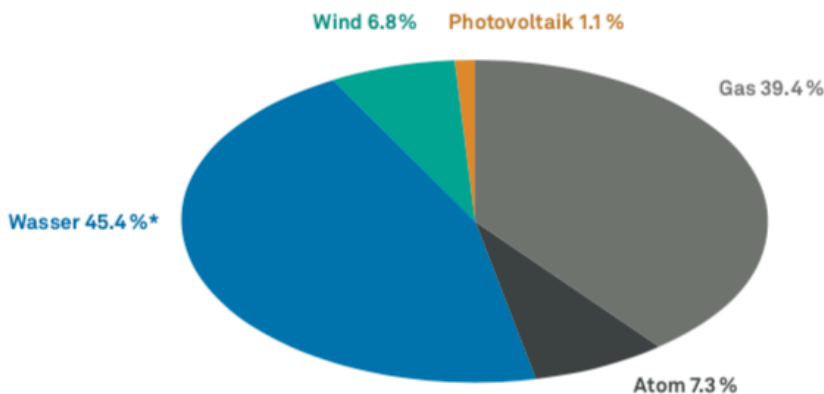
Anteil neue erneuerbare Energien: **3.8 % (2019: 3.6%)**

Abbildung 3: Zusammensetzung der **Alpiq**-Stromproduktion 2020 im In- und Ausland nach Stromerzeugungstechnologie (rundungsbedingt sind Abweichungen der Nachkommastellen im Vergleich zu den absoluten Produktionsanteilen möglich).



Anteil neue erneuerbare Energien: **17.5% (2019: 12.2%)**

Abbildung 4: Zusammensetzung der **BKW**-Stromproduktion 2020 im In- und Ausland nach Stromerzeugungstechnologie (rundungsbedingt sind Abweichungen der Nachkommastellen im Vergleich zu den absoluten Produktionsanteilen möglich).



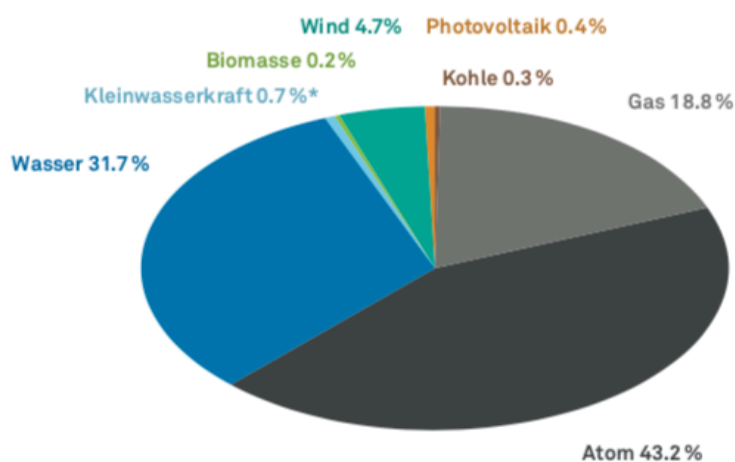
Anteil neue erneuerbare Energien: **7.9% (2019: 7%)**

Abbildung 5: Zusammensetzung der **Repower**-Stromproduktion 2020 im In- und Ausland nach Stromerzeugungstechnologie. *Kleinwasserkraftwerke werden der Wasserkraft zugerechnet.

Der Produktionsmix der vier grossen Schweizer Stromversorger ist im Schnitt somit deutlich schmutziger als der Landesmix (Schweizer Stromproduktion gemäss Elektrizitätsstatistik). Dieser besteht zu 58.1% aus Wasserkraft, der Anteil an Atomkraft und fossil-thermischer Kraftwerke liegt bei 32.9%, respektive 2.3%. Der Anteil konventionell-thermischer, erneuerbarer Kraftwerke liegt bei 1.7% und der Anteil diverser erneuerbarer Kraftwerke liegt bei 5% (BFE 2021).

Im vergangenen Jahr haben die vier Stromversorger etwas weniger als die Hälfte (43.2%) oder 26'973 GWh ihres Stroms mit Atomkraft produziert. An

zweiter Stelle steht die Stromproduktion aus Wasserkraft mit 19'777 GWh (31.7%). An dritter Stelle folgt Strom aus ausländischen Gas- oder Kohlekraftwerken mit 11'926 GWh (19.1%). Trotz konstantem Zuwachs spielen die neuen erneuerbaren Energien bei den Stromversorgern mit 3'777 GWh (6%) nach wie vor eine marginale Rolle. Der grösste Anteil hiervon kommt der Windkraft zu, welche einen Anteil von 4.7% oder 2'960 GWh produziert. Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt den durchschnittlichen Stromproduktionsmix der vier grössten Schweizer Energieversorgungsunternehmen.



Anteil neue erneuerbare Energien: 6% (2019: 5.2%)

Abbildung 6: Durchschnittliche Zusammensetzung der Stromproduktion der vier grössten Schweizer Stromproduzenten 2020 im In- und Ausland nach Stromerzeugungstechnologie. *Axpo und Repower: Kleinwasserkraftwerke werden der Wasserkraft zugerechnet.

3.2 Installierte Leistungen

Zwar beruht der Grossteil der Stromproduktion auf fossilen und nuklearen Energieträgern. Ein Blick auf die ausgebauten Kapazitäten zeigt jedoch, dass die erneuerbaren Energien zulegen. Der Ausbau der Kapazitätsleistung geschieht vornehmlich im Bereich der neuen erneuerbaren Energien im Ausland.

Die **Axpo** ist laut eigenen Angaben das EVU, das am meisten in neue erneuerbare Energien investiert und in diesem Bereich die höchste Kapazität aufweist. Sie steigerte ihre Leistung in den letzten Jahren insbesondere durch die Übernahme des französischen Photovoltaikunternehmens Urbasolar, die Gesamtleistung der PV-Anlagen erhöhte sich dadurch von 249 MW auf 373 MW. Im laufenden Geschäftsjahr ist der Bau von weiteren 250 MW geplant. Insgesamt weist die Axpo bei den erneuerbaren Energien eine Kapazität von rund 5000 MW installierter Leistung auf. Der grösste Teil der installierten Kapazität bei den erneuerbaren Energien liegt in der inländischen Wasserkraft, inklusive Kleinwasserkraft. Der Zuwachs im letzten Jahr ist hauptsächlich auf die Photovoltaik zurückzuführen. Doch auch im Bereich der Windenergie lag der Fokus auf dem Ausbau des Portfolios. Die Axpo betreibt 130 Windkraftanlagen mit insgesamt 300 MW Leistung, die Axpo-Tochter Volkswind hat Projekte mit insgesamt 4'000 MW in Entwicklung. Der Ausbau von inländischen neuen Erneuerbaren im Inland stagniert jedoch. Die Axpo führt das auf die fehlende Wirtschaftlichkeit zum Bei spiel bei PV-Grossanlagen zurück. So seien die Rahmenbedingungen für grössere

Investitionen im Bereich der erneuerbaren Energien in der Schweiz nach wie vor ungenügend (Axpo 2021).

Weitere installierte Kapazität ist auf Atomkraft im In- und Ausland und ausländische Gas-Kombikraftwerke in Italien zurückzuführen. Die etwas reduzierte Produktionsmenge dieser Gaskraftwerke im Vergleich zum Vorjahr ist laut Axpo auf eine tiefere Anzahl Betriebsstunden zurückzuführen.

Bei der **Alpiq** soll das Geschäftsmodell weiterhin auf dem Betrieb und der Vermarktung von Schweizer Wasserkraft, Schweizer Kernenergie, Gas-Kombikraftwerken in Italien, Spanien und Ungarn sowie Wind- und Photovoltaikanlagen in mehreren europäischen Ländern basieren. Die Hauptanteile der installierten Leistung entfallen auf inländische Wasserkraft (2'910 MW) und ausländische Gaskraftwerke (1'317 MW). Dazu kommen Anteile an den AKW Gösgen und Leibstadt (insgesamt 676 MW) sowie Kapazitäten im Bereich neue erneuerbare Energien (Kleinwasserkraft, Wind und Photovoltaik) von 326 MW. Im Bereich der konventionell-thermischen Kraftwerke fällt ein tieferer Ergebnisbeitrag auf. Der Grund dafür ist die Veräusserung der beiden tschechischen Kohlekraftwerke Kladno und Zlín im August 2019. Seit diesem Verkauf betreibt Alpiq keine Kohlekraftwerke mehr. Die 3134 GWh konventionell-thermisch wurden 2020 zu 100% mit Gas produziert. Die Gaskraftwerke in Spanien, Italien und Ungarn können laut Alpiq sehr flexibel eingesetzt werden, was die von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlichen Produktionszahlen erklärt.

Die **BKW** verfügt per Ende 2020 über 1'600 MW installierte Leistung in der Wasserkraft sowie gut 300 MW installierte Leistung in der Atomkraft. Hinzu kommen knapp 500 MW Leistung aus fossilen Gas- und Steinkohlekraftwerke (in Italien respektive Deutschland) und gut 600 MW aus neuen erneuerbaren Energien. Die grösste Änderung im Vergleich zum Vorjahr stellt die reduzierte Kapazität bei der Atomkraft dar, was durch die Stilllegung des AKW Mühleberg Ende 2019 zu erklären ist. Bei der Windenergie wird ein weiterer Kapazitäts-Zuwachs erwartet. Windkraftanlagen in Norwegen mit Beteiligung der BKW befinden sich in Bau. Bei der Stromproduktion in den Gas- und Kohlekraftwerken ist eine Minderproduktion, d.h. eine reduzierte Anzahl Betriebsstunden, zu verzeichnen. Laut BKW wird nur in Stunden produziert, in denen der Preisunterschied zwischen dem produzierten Strom und den verbrauchten Brennstoffen sowie CO₂ eine positive Marge erlaubt. Die Margensituation 2020 war gegenüber dem Vorjahr aufgrund höherer Kosten für Brennstoffe (gestiegene Gas-, Kohle- und CO₂-Preise) und parallel weniger stark gestiegener Preise für Strom ungünstiger. Der Grund wieso Gas- und Kohlekraftwerke im Vergleich zu anderen Technologien in dem jeweiligen Land weniger zum Einsatz gekommen sind, liegt in der Verschiebung der «Merit-Order»¹⁶ der jeweiligen Kraftwerkstechnologie. Die Merit-Order ermittelt sich anhand der Preisentwicklungen und der im jeweiligen länderspezifischen Markt verfügbaren Kraftwerke für jeden Tag bzw. jede Stunde neu.

Bei **Repower** stammen mehr als die Hälfte der installierten Leistung aus der Wasserkraft (450 MW). Danach stellt das italienische Gaskraftwerk Teverola mit 400 MW den grössten Anteil am Kraftwerkspark dar. Die restlichen Kapazitäten verteilen sich auf Windkraftwerke (in Italien und Deutschland, 140 MW), Bezugsrechte aus AKW in Frankreich (34 MW) sowie die Photovoltaik (27 MW). Unterschiede zum Vorjahr sind vornehmlich auf den Ausbau der erneuerbaren Energien im Ausland zurückzuführen: Repower hat das Portfolio in Bezug auf die erneuerbaren Energien im vergangenen Jahr erneut ausgebaut. In Deutschland wurde die Windenergie mit dem Kauf eines neuen Windparks gestärkt, in der Schweiz wurde die grösste Solaranlage des Engadins in Betrieb genommen und in Italien wurden zusätzlich wichtige Akquisitionen und Investitionen in den Bereichen Wind und Solar getätigt. So hat «Repower Renewable» zwischen März und Juni 2020 zwölf weitere Anlagen mit einer Gesamtleistung von 14.3 MW

¹⁶ Merit-Order ist die Reihenfolge, in der die Kraftwerke ans Netz gehen.

erworben. Mit diesen Akquisitionen umfasst das Portfolio von Repower Italien Anlagen für die Produktion erneuerbarer Energien mit einer Gesamtleistung von 104 MW. Weiter hofft Repower, die Wasserkraftprojekte «Lago Bianco»¹⁷ und «Chlus» realisieren zu können.

Das Gaskraftwerk in Italien kann flexibel eingesetzt werden, was von Jahr zu Jahr zu unterschiedlichen Produktionszahlen führen kann. Das Gaskraftwerk Teverola sah im vergangenen Jahr erneut eine starke Nachfrage im Regelenergiebereich zur Stabilisierung des Stromnetzes.

3.3 Verteilung in In- und Ausland

Bei der **Axpo** befinden sich alle Wasserkraftwerke in der Schweiz. Bei den Atomkraftwerken ist etwas mehr als die Hälfte des Portfolios auf installierte Leistung im Inland zurückzuführen, während die ausländischen Produktionsanteile Langfristbezugsrechte in Frankreich betreffen. Strom aus Gaskraftwerken wird ausschliesslich in Italien produziert, wo die Axpo Gas-Kombikraftwerke hält. Der Kapazitätsausbau an neuen erneuerbaren Energien geschieht hauptsächlich durch Windkraft und Photovoltaik im Ausland (Deutschland, Frankreich, Italien und Spanien).

Bei der **Alpiq** zeigt sich ein sehr ähnliches Bild. Alle Wasserkraftwerke befinden sich in der Schweiz. Strom aus fossilen Energien wird neben Italien auch in Spanien und Ungarn produziert. Zudem verfügt Alpiq über Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen und Kleinwasserkraftwerke in Bulgarien, der Schweiz, Italien und Frankreich.

Die Kraftwerkparcs von **BKW** und **Repower** weisen eine ähnliche Charakteristik auf wie diejenige der Axpo: Wasserkraftwerke im Inland (BKW: ebenfalls Kleinwasserkraft in Italien), Windkraftwerke in Italien und Deutschland (im Falle BKW ebenso in Frankreich und Norwegen), Bezugsrechte von französischen Atomkraftwerken, Gaskraftwerke in Italien sowie geringe Anteile Photovoltaikkraftwerke in der Schweiz. Repower besitzt zudem einen beträchtlichen Anteil an Photovoltaikanlagen in Italien. Die BKW verfügt ferner über inländische Biomassekraftwerke sowie ein Steinkohlekraftwerk in Deutschland.

3.4 Erzeugte Emissionen in CO₂-Äquivalenten

Bei den Treibhausgasen, gemessen in CO₂-Äquivalenten, im Verhältnis zur produzierten Strommenge, gab es Rangverschiebungen. An der Spitze steht neuerdings **Repower**, welche mit seinem Strommix 2020 durchschnittlich 197 g CO₂-eq/kWh produzierte. Da die anteilmässige Produktion von Wasserkraft stärker reduziert wurde als bei Erdgas, sind die Emissionen im Vergleich zum Vorjahr sogar etwas gestiegen (2019: 187 g CO₂-eq/kWh). **Alpiq** verliert aufgrund der weggefallenen Kohlestromproduktion den «Spitzenplatz», ihr Strommix verursachte 2020 mit 123 g CO₂-eq/kWh deutlich weniger Emissionen als im Jahr zuvor (2019: 256 g CO₂-eq/kWh). Den dritten Platz teilen sich die **Axpo** und **BKW** mit durchschnittlich 99 g CO₂-eq/kWh. Die Axpo konnte ihre Emissionswerte im Vergleich zum Vorjahr reduzieren (2019: 119 g CO₂-eq/kWh). Mengenmässig produziert die Axpo mit 6'449 GWh allerdings am meisten Strom aus fossilen Kraftwerken. Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt die Resultate im Überblick.

¹⁷ Das Projekt «Lago Bianco» sieht den Bau eines neuen 1000-MW-Pumpspeicherkraftwerks vor: https://onlinereport.repower.com/10/ar/de/jahresbericht/geschaeftsbereich_anlagen_/gruenes_licht_fuer_lago_bianco.htm



Abbildung 7: Erzeugte CO₂-Äquivalente pro kWh der vier grössten Schweizer Stromproduzenten 2020.

3.5 Erzeugte radioaktive Abfälle

Die **Axpo** als grösste Atomstromproduzentin hat 2020 pro Kilowattstunde 29 Kubikmillimeter radioaktiven Abfall produziert und liegt somit ganz leicht über dem Vorjahreswert (2019: 28 mm³ Atommüll pro Kilowattstunde). An zweiter Stelle rangiert neu die **Alpiq**, welche mit 22 Kubikmillimeter pro Kilowattstunde ebenfalls für relativ viel radioaktiven Abfall verantwortlich ist. Es folgt die **BKW** mit durchschnittlich 14 Kubikmillimeter pro Kilowattstunde und schliesslich **Repower** (4 Kubikmillimeter pro Kilowattstunde), die nur wenige AKW-Bezugsrechte besitzt. In der Rangfolge haben die BKW und Alpiq im Vergleich zum Vorjahr die Plätze getauscht, was BKW-seitig hauptsächlich an der Ausserbetriebnahme des AKW Mühleberg Ende 2019 liegt. Die Abbildung 8 zeigt die Resultate im Überblick.

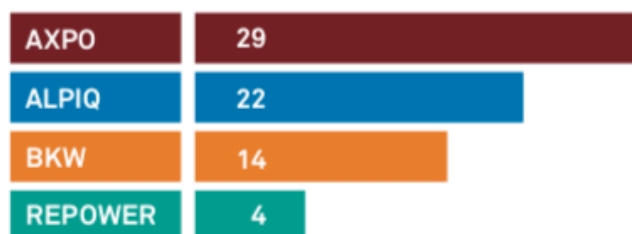


Abbildung 8: Erzeugte radioaktive Abfälle pro kWh der vier grössten Schweiz Stromproduzenten 2020.

3.6 Erzeugte Umweltbelastungspunkte

Gemäss der umfassenderen Bewertung durch die Methodik der Umweltbelastungspunkte (UBP) belastet die **Axpo** mit ihrem Strommix 2020 die Umwelt am stärksten. Sie ist für 312 UBP pro Kilowattstunde verantwortlich, gefolgt von der **Alpiq** mit 272 und der **BKW** mit 204 UBP pro Kilowattstunde. Alpiq und BKW weisen somit im Vergleich zum Vorjahr eine bedeutende Verbesserung auf, was die gesamte Umweltbelastung angeht. Mit etwas Abstand folgt **Repower** mit 186 UBP pro Kilowattstunde, deren Umweltbilanz blieb damit stabil. Die Abbildung 9 zeigt die Resultate im Überblick.

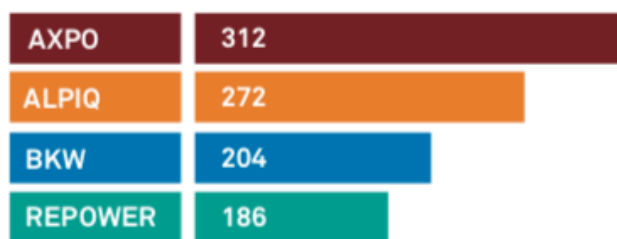


Abbildung 9: Erzeugte Umweltbelastungspunkte pro kWh der vier grössten Schweizer Stromproduzenten 2020.

3.7 Entwicklung über die Jahre

Eine Betrachtung über die Entwicklung der letzten Jahre zeigt auf: Der Anteil der klimaschädlichen Stromproduktion schwankt bei allen Versorgern, auch 2020 zeigte sich ein gemischtes Bild. Bei Repower stieg die CO₂-Intensität leicht an, was auf die stabil hohe Erdgasverstromung zurückzuführen ist. Die Alpiq verkaufte 2019 seine beiden tschechischen Kohlekraftwerke Kladno und Zlín, was im Produktionsjahr 2020 zu einem stark sinkenden Treibhausgasausstoss führte. Bei der BKW fand die bedeutendste Veränderung im Bereich der Atomenergie statt (was sich v.a. bei der Gesamtumweltbelastung und den radioaktiven Abfällen bemerkbar machte), während bei der Axpo die Photovoltaik zum ersten mal überhaupt im Stromproduktions-Portfolio auftaucht. Über die letzten vier Jahre gesehen ist bezüglich der gesamthaften Umweltbelastung bei allen vier Stromversorgern ein leichter Abwärtstrend erkennbar, 2020 nahm diese im Vergleich zu den Vorjahren weiter ab. Der Grund ist in der tieferen Umweltbelastung durch verminderte Kohlestromerzeugung und dem Wegfall des AKW Mühleberg (BKW) zu finden.

Die Abbildung 10 zeigt die Veränderungen der Jahresproduktion 2020 zu den Jahren 2019 und 2018. Die darauffolgende Abbildung 11 zeigt die Entwicklung und Reihenfolge der vier Stromversorger zu den drei untersuchten Bereichen Treibhausgas-Emissionen, Gesamtumweltbelastung und radioaktiver Abfall über die letzten vier Jahre grafisch auf.

	Axpo		Alpiq		BKW		Repower	
	Veränderung Produktion 2020 zu 2019 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2018 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2019 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2018 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2019 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2018 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2019 in GWh	Veränderung Produktion 2020 zu 2018 in GWh
Braunkohle	0.0	0.0	-1266.2	-1977.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Steinkohle	0.0	0.0	0.0	0.0	-153.7	-762.1	0.0	0.0
Erdgas	-2021.0	-50.0	-1044.8	9.0	-209.4	127.6	-112.7	277.6
AKW	-421.0	603.0	246.0	361.0	-3153.7	-2883.9	-94.1	-137.8
Wasserkraft	322.0	659.0	389.0	472.0	-86.2	269.3	-278.2	-250.9
Kleinwasserkraft	0.0	0.0	-2.3	7.3	31.4	35.1	0.0	0.0
Biomasse (MW LW/Holz)	2.1	-15.3	0.0	0.0	9.7	1.6	0.0	0.0
Photovoltaik	198.0	198.0	1.3	3.7	3.7	0.4	-3.2	31.0
Wind	-24.1	36.3	-40.0	-28.0	-23.3	172.1	-5.7	83.1
Total neue Erneuerbare	176.0	219.0	-41.0	-17.0	21.5	209.2	-8.8	114.1
Total erneuerbarer Strom	498.0	878.0	348.0	455.0	-64.7	478.5	-287.0	-136.8
Fossiler / nuklearer Strom	-2442.0	553.0	-2065.0	-1607.0	-3516.8	-3518.4	-206.7	139.8
Total Stromproduktion	-1944.0	1431.0	-1717.0	-1152.0	-3581.5	-3039.9	-493.7	3.0

Abbildung 10: Veränderung der Produktion nach Stromerzeugungstechnologie aller untersuchter Stromversorger; angegeben ist die Differenz 2020 zu 2019 sowie 2020 zu 2018. Daten: Eigene Berechnungen.

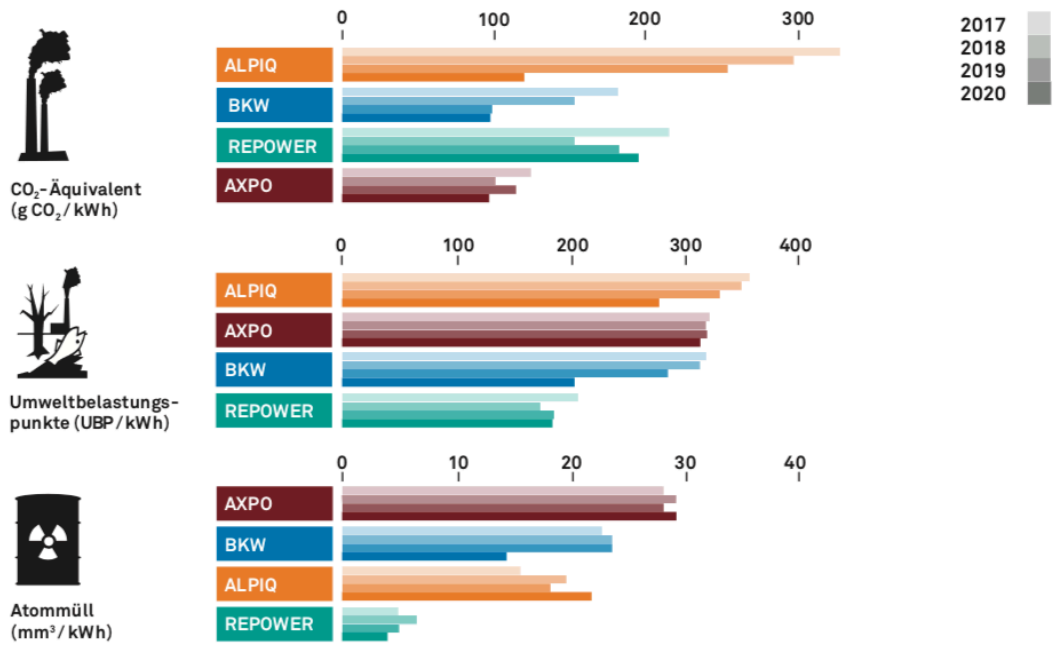


Abbildung 11: Erzeugte Umweltbelastungspunkte, CO₂-Äquivalente und radioaktive Abfälle der vier grössten Schweizer Stromproduzenten 2017 bis 2020.

4. Diskussion

4.1 Interpretation der Resultate

Die vier grossen Schweizer Stromversorger Axpo, Alpiq, BKW und Repower weisen mit ihrem Kraftwerkspark einen stärker fossil und nuklear geprägten Produktionsmix auf als der Durchschnitt des Schweizer Kraftwerksparks. 2020 setzte sich die Schweizer Stromproduktion gemäss Elektrizitätsstatistik nachfolgenden Kraftwerkstechnologien zusammen: 58.1% Wasserkraftwerke (32.9% Speicherkraftwerke, 25.2% Laufwasserkraftwerke), 32.9% Atomkraftwerke, 5% diverse erneuerbare Kraftwerke, 2.3% konventionell-thermische nicht erneuerbare Kraftwerke und 1.7% konventionell-thermisch erneuerbare Kraftwerke (Bundesamt für Energie 2021). Dies bedeutet eine höhere Klima- und Umweltbelastung durch den Kraftwerkspark der vier grössten Energieversorger, verglichen mit dem inländischen Produktionsmix.

Im Gegensatz zum Vorjahr ist bei den Treibhausgasemissionen durch fossile Kraftwerke ein Rückgang zu verzeichnen. Die Kohleverstromung ist nahezu verschwunden aus der gesamten Stromproduktion, nur noch die BKW besitzt mit dem Steinkohlekraftwerk Wilhelmshaven Bezugsrechte an einem Kohlekraftwerk. Einen konstant hohen Anteil an der Stromproduktion hat die Erdgasverstromung mit einem Anteil von knapp einem Fünftel am gesamten Strommix. Eine Ursache dafür ist der Strompreis, der stark von den Grenzkosten der Stromproduktion in Kohle- und Gaskraftwerken bestimmt wird. Die Grenzkosten wiederum setzen sich hauptsächlich aus den Kosten für die CO₂-Emissionen und den Brennstoffkosten für Kohle und Gas zusammen. Die CO₂-Preise für Emissionszertifikate stiegen im Vergleich zu den Vorjahren auch 2020 weiter an. Nach einer Reform des Emissionshandels 2018 hat sich der Preis von durchschnittlich 5 Euro je Tonne CO₂ im Jahr 2017 auf 15 Euro im Jahr 2018 verdreifacht. Zum Jahresbeginn 2019 bewegte sich der Preis zwischen 20 und 25 Euro je Tonne CO₂ (BMU 2019) und im Mai dieses Jahres notiert er sogar bei 50 Euro je Tonne und ist damit so teuer wie nie¹⁸. Die Kohlepreise sanken im Jahresvergleich (in Euro) um 21%, während die Gaspreise um 34% gefallen sind (Agora 2020). Im Ergebnis wurde die Stromerzeugung aus Kohle (mit höherem CO₂-Ausstoss und höheren Brennstoffkosten) teurer und durch die Stromerzeugung aus Gas (mit geringerem CO₂-Ausstoss und geringeren Brennstoffkosten) verdrängt.

Der Anteil an nuklearer Stromproduktion blieb in etwa konstant, während die Produktion leicht abgenommen hat. Das AKW Mühleberg lieferte 2020 erstmals nach seiner Stilllegung keinen Strom mehr ans Netz.

Die Produktion durch neue erneuerbare Kraftwerke nahm auch 2020 zu, verbleibt aber mit 3'777 GWh (6%) weiterhin auf sehr tiefem Niveau. Dies ist vornehmlich auf Investitionen in neue erneuerbare Energien im Ausland zurückzuführen, in der Schweiz nahmen solche nur geringfügig zu. Die totale Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ist ebenfalls leicht gestiegen, was auch auf die gute Performance der Wasserkraftwerke zurückzuführen ist. Die stark verbesserte Klima- und Umweltbelastung des Strommix aller vier Stromversorger liegt neben der weggefallenen Kohlestromproduktion und dem abgeschalteten AKW Mühleberg auch an den aktualisierten Ökobilanz-Zahlen bei der Photovoltaik (siehe Kapitel 2.2 – 2.4). Demnach hat sich die Treibhausgasbilanz und die Gesamtumweltbelastung von PV weiter massiv verbessert, die Emissionen konnten über den ganzen Lebenszyklus halbiert werden. Das ist erfreulich und zeigt, dass es sich aus Umwelt- und Klimasicht lohnt, verstärkt und rasch in den Ausbau von PV zu investieren.

¹⁸ <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/die-co2-preise-explodieren-101.html>

4.2 Ausblick

Aufgrund der mangelnden Rentabilität der Atomkraftwerke und der hohen Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten besteht auf dem Markt keine Nachfrage, mit der Veräusserung von Anteilen ist folglich nicht zu rechnen. Gleichzeitig lehnen sämtliche AKW-Betreiber Investitionen in neue AKW entschieden ab. Was die verbleibenden vier Reaktoren in der Schweiz angeht, so sind die AKW Beznau und Gösgen bereits im Langzeitbetrieb (ab 40 Jahren Betriebsdauer, gemäss Kernenergieverordnung). Leibstadt wird in 3 Jahren ebenfalls soweit sein.

Ob ein Ausstieg aus den fossilen und nuklearen Kraftwerken im Ausland erfolgen wird, unterliegt mehrheitlich den betriebswirtschaftlichen Überlegungen der Energieversorger sowie den Rahmenbedingungen in den Ländern, in denen investiert wird. Einzig Repower hat seinen Ausstieg aus den fossilen und nuklearen Energien angekündigt¹⁹, wobei das Gas-Kombikraftwerk in Teverola bei Repower weiterhin einen hohen Stellenwert genießt. Alpiq hat zudem im Bereich Kohle devestiert und seine beiden Kohlekraftwerke Kladno und Zlín in Tschechien im Mai 2019 verkauft²⁰, verfügt jedoch nach wie vor über Gaskraftwerke. Die Entwicklung der CO₂-Preise wird einen entscheidenden Einfluss auf die Rentabilität der fossilen Kraftwerke haben. Ganz aktuell markiert der CO₂-Preis ein Allzeithoch von über 50 Euro/t CO₂. Das sind gute Zeichen für den Klimaschutz, denn höhere CO₂-Preise machen die Stromproduktion aus Kohle teurer, sie können nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden. Der hohe CO₂-Preis beschleunigt damit den Kohleausstieg und auch die etwas emissionsärmeren Gaskraftwerke geraten dadurch mehr und mehr unter Druck

Gaskraftwerke werden heute deutlich häufiger eingesetzt als Kohle. Aus Klimasicht klingt das gut, der CO₂-Ausstoss der Stromerzeugung wird reduziert. Die vermeintlich bessere Treibhausgasbilanz von Gas ist jedoch mit Vorsicht zu geniessen. Betrachtet man neben den CO₂-Emissionen auch die Methanemissionen, so zeigt sich, dass Erdgas wegen steigender Methanemissionen sogar ähnlich klimaschädlich wie Kohle und Erdöl sein könnte. Einsparungen von CO₂ bei der Verbrennung vor Ort werden durch deutliche Erhöhungen der Methanemissionen in der Gesamtkette erkaufte. Ein Methanmolekül erwärmt die Atmosphäre viel stärker als Kohlendioxid (Energy Watch Group 2019)²¹. Ein wirksamer Klimaschutz sollte also nicht auf Gaskraft als Brückentechnologie setzen, sondern vielmehr auf einen raschen Ausbau der erneuerbaren Energien.

Die erneuerbaren Energien müssen die Dekarbonisierung, das heisst den Ersatz der fossilen Energieträger, sicherstellen. Dem Ausbau der erneuerbaren Energien kommt aus Sicht des Klima- und Umweltschutzes folglich eine Schlüsselrolle zu. Dank den aktualisierten Ökobilanzen von Photovoltaik ist mittlerweile klar, dass Solarstrom zu einem deutlich grüneren Strommix beitragen kann²². PV-Anlagen verursachen während dem Betrieb keine klimaschädigenden Emissionen, benötigen jedoch für die Herstellung elektrische Energie. Entscheidend ist der Strommix bei der Herstellung von Solarmodulen, der Wechselrichter und der Montageteile. Da weltweit immer noch viel Strom mittels Kohle erzeugt wird, sind auch PV-Anlagen für Umweltschäden mitverantwortlich. Das Problem liegt aber nicht bei den Produkten selbst, sondern darin, dass nach wie vor an fossilen und nuklearen Kraftwerken festgehalten wird.

¹⁹ Repower: Strategie 2025. Mit einer neuen Strategie in die Zukunft, 2016.

²⁰ Alpiq: Alpiq devestiert Kohlekraftwerke Kladno und Zlín, 17.05.2019.

²¹ Energy Watch Group: Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz, September 2019. Weitere Informationen zu den Messungen über Methanverluste: <https://theconversation.com/methane-emissions-spike-natural-gas-production-fracking-and-agriculture-is-one-the-main-culprit-121868> & <https://bg.copernicus.org/articles/16/3033/2019/>

²² Die aktualisierten Daten zeigen für die dominante PV-Technologie Monokristallines Silizium (mono-si), dass die Gesamtumweltbelastung von PV heute um 43% tiefer liegt als noch vor fünf Jahren. Die THG-Emissionen liegen gegenüber den bisherigen Daten sogar um 60% tiefer.

Die vier untersuchten Stromversorger in der Schweiz möchten sich jedoch mehr und mehr davon lösen. Repower hat seinen Ausstieg aus fossilen und nuklearen Energien angekündigt und wird gemäss Strategie ausschliesslich in erneuerbare Energien investieren. Die BKW hat verkündet, dass bis 2023 75% der installierten Leistung des BKW Produktionsparks erneuerbar sein soll²³. Auch die Axpo betont, das Wachstumspotential der neuen Energien nutzen zu wollen, ebenso die Alpiq²⁴. Für die Axpo-Neuakquisition von Urbasolar (Photovoltaik) wurde im Geschäftsjahr 2019/2020 erstmals Energieproduktion ausgewiesen.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien geschieht jedoch zu langsam, vornehmlich im Ausland und kaum im Inland. Die Energiestrategie 2050 sieht zwar einen verstärkten inländischen Ausbau der erneuerbaren Energien vor. Die jetzigen Instrumente sind jedoch nicht ausreichend. Investitionen in neue Kraftwerke im Inland lohnen sich nach wie vor in vielen Fällen nicht, solange die regulatorischen Rahmenbedingungen sich nicht ändern. Das europäische Ausland schützt neue Kraftwerke mit gesetzlich geschützten Minimalvergütungen, während die Schweiz das Problem der fehlenden Investitionssicherheit bis heute nicht ausreichend gelöst hat. Die Schweizer Stromversorger treiben ihren Ausbau von erneuerbaren Energien entsprechend im Ausland voran. Eine Untersuchung von Energie Zukunft Schweiz zeigt auf, dass Schweizer Energieversorger und Investoren in ausländische, erneuerbare Kraftwerke mit einer Jahresproduktion von 11.5 TWh investiert haben; 2.4 TWh befinden sich aktuell im Bau. Ein Grossteil dieser Kraftwerke steht in den Nachbarländern Deutschland, Italien und Frankreich (Stand: Dezember 2019).²⁵ Entsprechend ist die Verbesserung der Investitionssicherheit im Inland in der aktuellen Revision des Energiegesetzes dringend zu berücksichtigen. Ebenso ist eine Erhöhung der Ausbauziele der erneuerbaren Energien nötig, damit die Schweiz die Klimaziele erreichen kann.

Der Strom von der Sonne ist also bereits heute und vermehrt noch in Zukunft eine deutlich umwelt- und klimafreundlichere Alternative zur fossilen Stromproduktion und zur Atomenergie.

²³ [BKW: Green Bond erfolgreich platziert, 01.07.2019.](#)

²⁴ [Alpiq erwirbt erste PV-Projekte in Spanien, 31.05.2021.](#)

²⁵ [Energie Zukunft Schweiz: Investments in renewable energy production outside Switzerland by Swiss energy providers and institutional investors, Update 2019, Februar 2020.](#)

5. Quellen

Agora Energiewende und Sandbag, *The European Power Sector in 2019. Up-to-date analysis on the electricity transition*, Berlin und London 2020. Verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/the-european-power-sector-in-2019/> (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

Axpo Holding AG, *Geschäftsbericht 2019/2020*, Baden 2021. Verfügbar unter: <https://www.axpo.com/ch/de/ueber-uns/investor-relations/berichte-und-termine.html> (Letzter Zugriff: 17.06.2021).

Axpo Holding AG, *Nachhaltigkeitsbericht 2019/2020*, Baden 2021. Verfügbar unter: <https://www.axpo.com/ch/de/ueber-uns/investor-relations/berichte-und-termine.html> (Letzter Zugriff: 17.06.2021).

Axpo Holding AG, in Rücksprache mit Tobias Kistner 11.06.2021: Die Anteile, die der Produktion der neuen Energien im Geschäftsjahr 2019/2020 (1511 GWh) zugrunde liegen, lauten: Wind Onshore 964 GWh, Wind Offshore 248 GWh, Biomasse 101 GWh und Photovoltaik 198 GWh.

Alpiq Holding AG, *Geschäftsbericht 2020*, Lausanne 2021. Verfügbar unter: https://reports.alpiq.com/20/app/uploads/Geschaefbericht_2020_de.pdf (Letzter Zugriff: 11.06.2021).

Alpiq Holding AG, in Rücksprache mit Guido Lichtensteiger & Aline Elzingre-Pittet, 15.06.2021: Gemäss Alpiq Medien beträgt die geschätzte Aufschlüsselung der Produktion der neuen erneuerbaren Energien im Jahr 2020: Windkraft 82.4%, Kleinwasserkraft 13.8%, PV 3.8%. Die 3134 GWh konventionell-thermisch wurden im Jahr 2020 aufgrund der Veräusserung der Kohlekraftwerke Kladno und Zlin zu 100% mit Gas produziert.

Alpiq Holding AG, *Alpiq schliesst Devestition der Kohlekraftwerke Kladno und Zlin ab*, Medienmitteilung, Lausanne 30.08.2019. Verfügbar unter: <https://www.alpiq.com/de/alpiq-gruppe/medien/medienmitteilungen/media-release-detail/alpiq-schliesst-devestition-der-kohlekraftwerke-kladno-und-zlin-ab> (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

Alpiq Holding AG, *Alpiq erwirbt erstmals Photovoltaik-Projekte in Spanien*, Medienmitteilung, Lausanne 31.05.2021. Verfügbar unter: <https://www.alpiq.com/de/alpiq-gruppe/medien/medienmitteilungen/media-release-detail/alpiq-erwirbt-erstmal-photovoltaik-projekte-in-spanien> (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

Bauer C., Frischknecht R., Eckle P., Flury K., Neal T., Papp K., Schori S., Simons A., Stucki M. und Treyer K., *Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz*, ESU-services Ltd & Paul Scherrer Institut im Auftrag des BFE, Uster und Villigen 2012.

BKW AG, *BKW nimmt neues Windkraftwerk in Norwegen in Betrieb*, Medienmitteilung, Bern/Marker 28.03.2019. Verfügbar unter: <https://www.bkw.ch/de/ueber-bkw/medien/detail/bkw-nimmt-neues-windkraftwerk-in-norwegen-in-betrieb> (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

BKW AG, *Geschäftsbericht 2020*, Bern 2021. Verfügbar unter: <https://www.bkw.ch/de/ueber-uns/investor-relations/geschaeftsbericht-2020> (Letzter Zugriff: 11.06.2021).

Das Kapitel «Zahlen und Fakten zur Produktion» stellt transparent eine genaue Zusammenstellung der Jahresproduktion pro Kraftwerk zur Verfügung.

BKW AG, *Green Bond erfolgreich platziert*, Medienmitteilung, Bern 01.07.2019. Verfügbar unter: http://e3.marco.ch/public/bkw/1111_6772/190701_MM_Green_Bond_DE.pdf (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

BKW AG, in Rücksprache mit Sabrina Schellenberg, 15.06.2021: Der Grund für die geringere Anzahl Betriebsstunden bei den Kohle- und Gaskraftwerken liegt laut BKW Medien darin, dass die Margensituation 2020 gegenüber dem Vorjahr aufgrund höherer Kosten für Brennstoffe (gestiegene Gas-, Kohle- und CO₂-Preise) und parallel weniger stark gestiegener Preise für Strom ungünstiger war.

BMU, *Klimaschutz in Zahlen: CO₂-Bepreisung*, Berlin 2019. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutz_zahlen_2019_fs_co2_bepreisung_de_bf.pdf (Letzter Zugriff: 10.07.2020).

Bundesamt für Energie (BFE), *Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020*, Bern 2021. Verfügbar unter: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html> (Letzter Zugriff: 18.06.2021).

Energie Zukunft Schweiz, *Investments in renewable energy production outside Switzerland by Swiss energy providers and institutional investors. Update 2019*, Februar 2020. Verfügbar unter: <https://energiezukunftschweiz.ch/wAssets/docs/news/ezs-update-investitionen-erneuerbare-2019.pdf> (Letzter Zugriff: 18.06.2021).

Energy Watch Group, *Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz*, Berlin 2019. Verfügbar unter: http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf (Letzter Zugriff: 01.07.2021)

Frischknecht R., Stolz P., Krebs L., de Wild-Schotten M., Sinha P. and Rauegi M. (2020): *Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems*, Report T12-19:2020. International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12. Verfügbar unter: <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/12/IEA-PVPS-LCI-report-2020.pdf> (Letzter Zugriff: 11.06.2021).

Frischknecht R., Krebs L. (2020): *Factsheet: Ökobilanz aus Photovoltaikanlagen 2020*. treeze Ltd., Uster. Verfügbar unter: <https://treeze.ch/de/projects/case-studies/energy/photovoltaics> (Letzter Zugriff: 11.6.2021).

Frischknecht R., Itten R., Wyss F., Blanc I., Heath G., Rauegi M., Sinha P., und Wade A., *Life Cycle Assessment of Future Photovoltaic Electricity Production from Residential-scale Systems Operated in Europe*, Subtask 2.0 „LCA“ IEA-PVPS Task 12, 2015. Verfügbar unter:

http://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Case_Studies/Energy/Future-PV-LCA-IEA-PVPS-Task-12-March-2015.pdf (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

Howard, R. W.: *Ideas and perspectives: is shale gas a major driver of recent increase in global atmospheric methane?*, Biogeoscience, 16, 3033-3046, 2019. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.5194/bg-16-3033-2019> (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

KBOB, eco-bau und IPB, *Ökobilanzdaten im Baubereich, ecoinvent Datenbestand v2.2+; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2014*, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, 2014.

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG, *Geschäftsbericht 2020*, Däniken 2020. Verfügbar unter: https://www.kkg.ch/de/i/geschaeftsberichte_content--1-1551.html (Letzter Zugriff: 18.06.2021).

Kernkraftwerk Leibstadt AG, *Geschäftsbericht 2020*, Leibstadt 2021. Verfügbar unter: <https://www.kkl.ch/unternehmen/medien/geschaeftsberichte-und-publikationen> (Letzter Zugriff: 18.06.2021).

Meili, Ch., Jungbluth, N., Bussa, M. (2021): *Life cycle inventories of crude oil and natural gas extraction*. ESU-services Ltd. Commissioned by BAFU & VSG, Schaffhausen, Switzerland. Verfügbar unter: <http://esu-services.ch/data/public-lci-reports/> (Letzter Zugriff: 21.06.2021).

Repower AG, *Strategie 2025*, in: *Geschäftsbericht 2015*, 2016. Verfügbar unter: https://onlinereport.repower.com/15/ar/de/jahresbericht/strategie_2025.htm (Letzter Zugriff: 18.06.2021).

Repower AG, *Geschäftsbericht 2020*, Poschiavo 2021. Verfügbar unter: <https://www.repower.com/gruppe/medien/geschaeftsberichte/> (Letzter Zugriff: 11.06.2021).

Repower AG, in Rücksprache mit Thomas Grond, 14.06.2021: Mit «Thermischer Energie» ist laut Repower-Unternehmenskommunikation das Gaskombi-Kraftwerk in Teverola/IT gemeint. Das Kraftwerk sah 2020 erneut eine starke Nachfrage im Regelenergiebereich zur Stabilisierung des Stromnetzes.

Schlömer et al., Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge UK und New York USA, 2014. Verfügbar unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf (Letzter Zugriff: 01.07.2021).

Stolz P. und Frischknecht R., *Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. KBOB-Ökobilanzdatenbestand v2.2:2016, Stand 2016*, treeze, Uster, 24.02.2017. Verfügbar unter: http://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Case_Studies/Energy/563-Energiesysteme-v1.0.pdf (Letzter Zugriff: 11.06.2021).