

Hochbauamt Kanton Schwyz, Energiefachstelle

Energieverbrauchsmonitoring 2017 und Vergleich mit 2008

Schlussbericht
16. August 2019

Erarbeitet durch

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, CH-8002 Zürich
www.econcept.ch / + 41 44 286 75 75

Autoren/innen

Andrea Binkert, MA ETH in Umweltingenieurwissenschaften
Meta Lehmann, MA in Germanistik und Volkswirtschaftslehre
Reto Dettli, dipl. Masch. Ing. ETH, Dipl. NDS ETHZ in Betriebswissenschaften
Walter Ott, lic. oec. publ., Ökonom, dipl. El. Ing. ETH, Raumplaner ETH/NDS

Inhalt

	Zusammenfassung	i
1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Zielsetzungen	1
1.3	Aufbau des vorliegenden Berichts	2
2	Bilanzierungsgrößen und Datenerhebung	3
2.1	Grundbegriffe	3
2.2	Datenerhebung	4
2.3	Entwicklung von Einflussfaktoren	5
3	Energieverbrauchserhebung 2017	7
3.1	Zusammenfassende Übersicht	7
3.2	Fossile Energieträger	12
3.3	Erneuerbare Energieträger	13
4	Produktionserhebung 2017 erneuerbare Energien	15
4.1	Übersicht zur lokalen Energieproduktion	15
4.2	Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern	16
4.3	Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern	17
5	Energiepolitische Einordnung	19
6	Hinweise für das zukünftige Monitoring	21
6.1	Datenerfassung und Bilanzierung im Kalkulator	21
6.2	Resultate aus dem Kalkulator	22
N1	Nachtrag zur Interpellation I 31/18	25
	Anhang	27
A-1	Anpassungen am Tool 2008	27
A-2	Methodik Verbrauch fossile Energieträger	27
A-3	Methodik Verbrauch Elektrizität	28
A-4	Methodik Erneuerbare Energieträger	30
A-5	Volllaststunden	34
A-6	Heizgradtage	35

A-7	Verwendete Primärenergiefaktoren und THG- Emissionskoeffizienten	36
	Literatur	37

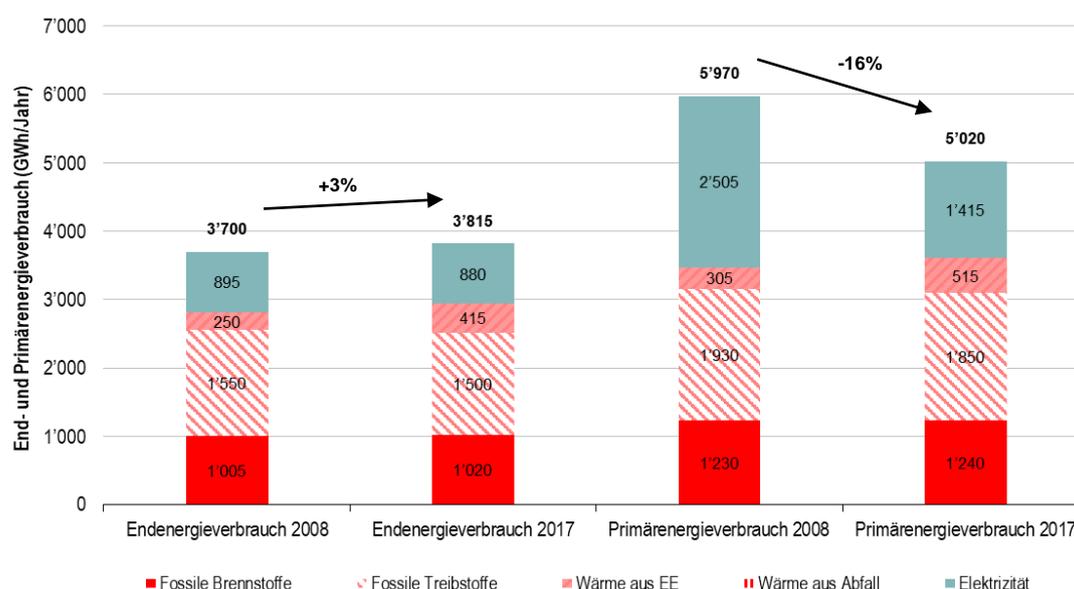
Zusammenfassung

Ausgangslage

Das Baudepartement des Kantons Schwyz liess im Jahr 2011 eine Energieverbrauchserhebung für das Jahr 2008 erstellen. Die Erhebung war Teil der Grundlagenarbeiten für die energiepolitische Strategie des Kantons 2013 bis 2020. Kürzlich wurde in einer Interpellation aus dem Kantonsrat gefordert, dass die Entwicklung des Energieverbrauchs im Kanton Schwyz der letzten Jahre dokumentiert wird. Vor diesem Hintergrund wurde das hier vorliegende «Energieverbrauchsmonitoring 2017 und Vergleich mit 2008» erstellt.

Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

Wie in Figur 1 ersichtlich betrug der Endenergieverbrauch im Kanton Schwyz im Jahr 2017 rund 3'815 GWh/a, was einer Zunahme von rund 3% seit 2008 entspricht.

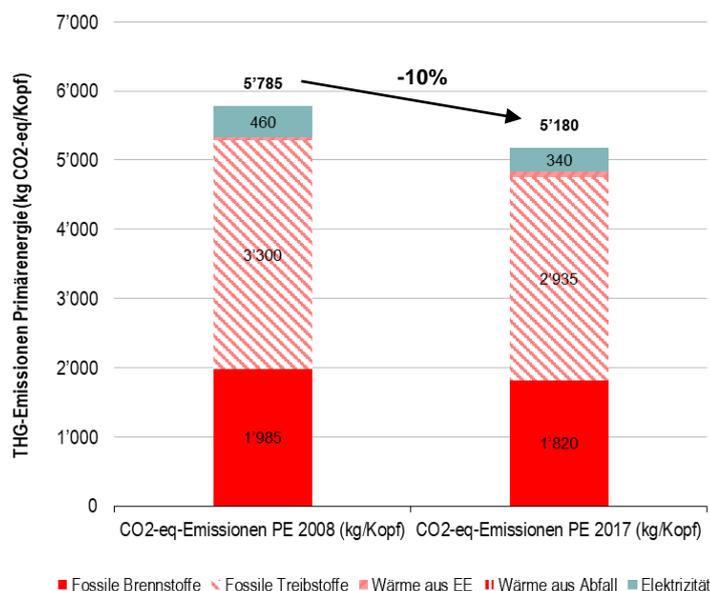


econcept

Figur 1: Endenergie- und Primärenergieverbrauch im Kanton Schwyz in den Jahren 2008 und 2017 sowie die prozentuale Veränderung. EE = Erneuerbare Energien (Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme etc.). Quellen: Daten 2008, Erhebung 2017 und eigene Berechnungen.

Der Primärenergieverbrauch im Jahr 2017 beträgt rund 5'020 GWh/a und hat im Vergleich zum Jahr 2008 um rund 16% abgenommen. Diese Reduktion ist darauf zurückzuführen, dass der Anteil Atomstrom und des «nicht überprüfbaren» Graustroms – beide mit sehr hohem Primärenergiebedarf pro kWh Endenergie – im Elektrizitätsmix reduziert und stattdessen der Anteil Wasserstrom erhöht wurde. Die Reduktion des Primärenergieverbrauches ist also auf eine Veränderung des Strommixes zurückzuführen und hat nicht mit einer Reduktion des Endenergieverbrauchs zutun. Diese Entwicklung ist positiv zu bewerten, auch wenn sie keine energiepolitische Leistung des Kantons darstellt. Im selben Zeitraum ist die Bevölkerung um 11% gewachsen. Damit beträgt die Reduktion beim Leistungsbedarf an Primärenergie pro Einwohner/in minus 23% gegenüber 2008.

Die energiebedingten CO₂-eq-Emissionen im Kanton Schwyz betragen 2017 rund 814'930 Tonnen pro Jahr und sind verglichen zum Jahr 2008 um 2% gesunken. Die Emissionen stammen zu 92 % aus der Verbrennung von Brenn- (35%) und Treibstoffen (57%). Die CO₂-Emissionen pro Einwohner/in gingen um 10% zurück (Figur 2). Allerdings wird für die Schweiz in demselben Zeitraum ein deutlich stärkerer Rückgang von minus 23% bei den Pro-Kopf-Emissionen ausgewiesen¹.



econcept

Figur 2: Energiebedingte Treibhausgasemissionen in Tonnen CO₂-eq der Einwohner/innen des Kantons Schwyz in den Jahren 2008 und 2017. EE = Erneuerbare Energien (Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme etc.). Quellen: eigene Berechnungen.

Es gab im Kanton Schwyz eine leichte Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch von 17% auf 30%. Es ist auch eine leichte Zunahme bei der lokalen Produktion von erneuerbarer Energie zu beobachten. Gerade bei der Stromproduktion aus Photovoltaik bleibt der Kanton Schwyz dabei jedoch hinter der durchschnittlichen Schweizer Entwicklung zurück. Die durchschnittliche PV-Stromproduktion pro Einwohner/in des Kantons betrug 2017 rund 118 kWh/Person, der Schweizer Schnitt liegt bei 200 kWh/Person.

Zielerreichung

Obwohl von 2017 bis 2020 noch drei Jahre fehlen, muss bereits jetzt gesamthaft konstatiert werden, dass in Bezug auf die ursprünglichen Ziele der Energiestrategie 2013 bis 2020 wenig Fortschritte erzielt wurden.

- Der Endenergieverbrauch hat 2008 bis 2017 leicht zu- anstatt abgenommen.
- Die CO₂-Emissionen gingen nur leicht zurück.

¹ CO₂-Emissionen pro Kopf, Quelle: BAFU, BFS

- Der Anteil erneuerbarer Energieträger bei der Wärme hat nur um wenige Prozentpunkte zugelegt.

Insbesondere beim Anteil erneuerbarer Energie für Wärme – dabei geht es in erster Linie um Heizsysteme auf Basis erneuerbarer Energieträger – hätte der Kanton durchaus die Möglichkeit, die Entwicklung massgeblich in Richtung mehr erneuerbarer Energieträger zu beeinflussen.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Baudepartement des Kantons Schwyz liess im Jahr 2011 die Grundlagen für eine energiepolitische Strategie für den Kanton Schwyz in zwei Teilen erarbeiten. Im von econcept erarbeiteten ersten Teil «Grundlagen zur energiepolitischen Strategie des Kantons Schwyz» (Klingler et al. 2011) wurden die energetischen und energiepolitischen Grundlagen aufgearbeitet, der aktuelle Energieverbrauch im Kanton Schwyz für das Jahr 2008 bestimmt, Potenziale für Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energie untersucht, eine Referenzentwicklung bis 2050 sowie eine Vision, Ziele und Schwerpunkte für die künftige kantonale Energiepolitik hergeleitet und zugehörige Massnahmen mit ihren Wirkungen bestimmt.

Unter anderem auf der Basis der oben genannten Grundlagen wurde die Energiestrategie 2013-2020 für den Kanton Schwyz festgelegt. An diesen Leitlinien hat sich die Schwyzer Regierung in der Legislatur 2013-2016 und 2017-2020 orientiert. Die ursprünglich geplante Revision des kantonalen Energiegesetzes wurde jedoch sistiert.

Mit der Interpellation I 31/18 «Wird der Kanton Schwyz die Ziele der Energiestrategie 2020 erreichen?», eingereicht am 13. Oktober 2018, wiesen vier Kantonsräte darauf hin, dass über die Erreichung der Ziele gemäss Energiestrategie 2013-2020 seit der Sistierung der Gesetzesrevision nicht mehr berichtet wurde. Sie bitten um die Beantwortung diverser Fragen, die insbesondere die Entwicklung des Energieverbrauchs im Kanton Schwyz betreffen.

Vor diesem Hintergrund liess die Energiefachstelle des Kantons Schwyz ein Update des Kapitels 3 der «Grundlagen zur energiepolitischen Strategie des Kantons Schwyz» erarbeiten. Das Kapitel 3 «Aktueller Energieverbrauch im Kanton SZ» enthielt den Energieverbrauch und seine Zusammensetzung im Jahr 2008. Im vorliegenden Kurzbericht wird aufgezeigt, wie sich die Situation von 2008 bis 2017 entwickelt hat.

1.2 Zielsetzungen

Mit dem Energieverbrauchsmonitoring 2017 und Vergleich mit 2008 wurden drei Ziele angestrebt:

- 1 Beantwortung der Fragen der Interpellation I 31/18 «Wird der Kanton Schwyz die Ziele der Energiestrategie 2020 erreichen?».
- 2 Darstellung des Primär- und Endenergieverbrauchs, deren Zusammensetzung sowie die kantonale Produktion an erneuerbarer Energie im Jahr 2017 und wie sich die Situation gegenüber 2008 verändert hat.

- 3 Vorbereitung des zukünftigen Energiemonitorings in einem kostenlosen, öffentlich verfügbaren Tool (Energie- und Klimakalkulator für Gemeinden).

1.3 Aufbau des vorliegenden Berichts

Der vorliegende Bericht ist wie folgt strukturiert:

- Im Kapitel 2 werden die Bilanzierungsgrössen erklärt und das Vorgehen zur Datenerhebung umrissen.
- Im Kapitel 3 werden der Energieverbrauch 2017 im Kanton Schwyz und der Vergleich mit 2008 beschrieben.
- Im Kapitel 4 wird die auf Kantonsgebiet produzierte, erneuerbare Energie aufgeführt.
- Kapitel 5 stellt den Energieverbrauch und die lokale Energieproduktion in den energiepolitischen Zusammenhang.
- Im Kapitel 6 werden Hinweise für das zukünftige Monitoring mit dem Energie- und Klimakalkulator gegeben.
- Im Nachtrag N-1 werden die Fragen aus der Interpellation I 31/18 beantwortet.
- Der Anhang beschreibt die methodischen Grundlagen zur Datenaufbereitung und Datenanalyse. Annahmen und Schätzgrössen werden aufgeführt und begründet.

2 Bilanzierungsgrössen und Datenerhebung

2.1 Grundbegriffe

Analog wie für die Energieverbrauchserhebung 2008 wird für die Berechnung des Energieverbrauchs 2017 der Endenergieverbrauch aller relevanten Energieträger im Kanton Schwyz erfasst und in Primärenergie sowie CO₂-Emissionen umgerechnet. Dafür wird die Methodik verwendet, die von EnergieSchweiz, der Stadt Zürich und dem Schweizer Ingenieur- und Architektenverein herausgegeben wurde² (EnergieSchweiz 2014). Diese ermöglicht einen Vergleich mit den Zielsetzungen der 2000-Watt-Gesellschaft. Die Energieverbrauchserhebung wurde grösstenteils analog zur Methodik im Jahr 2008 durchgeführt. In Fällen wo bessere Datengrundlagen vorhanden waren, wurden die genaueren Grundlagen verwendet. Die methodischen Grundlagen sind im Anhang detailliert erläutert, die Hinweise auf Anpassungen am Berechnungstool finden sich im Anhang A-1.

Nachfolgend werden ein paar zentrale Energiebegriffe erläutert:

Der Energieverbrauch wird als **Endenergieverbrauch** erfasst. Das ist die beim Verbraucher ankommende Energie: Endenergie ist die netto an die Verbraucher/innen innerhalb des Bilanzperimeters gelieferte Energie, die nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten zur Verfügung steht (z. B. Heizöl im Öltank, Gas oder Strom aus dem Hausanschluss).

Primärenergie ist die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht, z. B. als Kohle, Gas oder Wind. Primärenergie wird definiert als kumulierter Energieaufwand mit globaler Systemgrenze, d. h. als Energieinhalt von Erdöl-, Erdgas- und Uranvorräten, Wasserkraft ab Turbine, Erdwärme und weiteren Energieträgern unter Berücksichtigung des Energieaufwandes für Förderung, Umwandlung, Transport und Verteilung. Zur Berechnung des Primärenergieverbrauches wird der Endenergieverbrauch je Energieträger mit dem jeweiligen Primärenergiefaktor multipliziert³. Durch die Betrachtung auf der Stufe der Primärenergie wird sichergestellt, dass der Energieaufwand für die Bereitstellung des statistisch erfassten Endenergieverbrauchs mitberücksichtigt wird⁴.

² Das ursprüngliche Methodikpapier «Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft am Beispiel der Stadt Zürich» (Bébié et al. 2009) wurde im März 2012 ein erstes Mal überarbeitet (Lenzlinger et al. 2012). Das hier verwendete Bilanzierungskonzept ist die zweite Überarbeitung des Methodikpapiers.

³ Primärenergiefaktoren für die Schweiz: Frischknecht & Stolz 2017, vgl. Anhang A-7

⁴ In gewissen Zusammenhängen wird zusätzlich von **Sekundärenergie** gesprochen. Das ist eine Zwischenstufe zwischen Primärenergie und Endenergie. Sie wird durch Umwandlung von Primärenergie gewonnenen, in erster Linie in Form von elektrischer, aber auch mechanischer, thermischer oder chemischer Energie (z. B. in Briketts, Koks, Benzin). **Nutzenergie** als letzte Stufe entsteht durch Umwandlung der Endenergie zur Deckung der energetischen Bedürfnisse der Endnutzer. Mögliche Formen sind beispielsweise: Wärme zur Raumheizung, Licht zur Arbeitsplatzbeleuchtung oder Schallwellen.

Die **CO₂-Emissionen** werden als CO₂-Äquivalente⁵ erfasst (CO₂-eq) und jeweils für den Primärenergieeinsatz ausgewiesen. Treibhausgase, die auf Grund anderer Prozesse entstehen, werden hier nicht ausgewiesen (bspw. Methanemissionen aus Nutztierhaltung, Lachgasemissionen aus der Stickstoffdüngung oder Emissionen synthetischer Treibhausgase).

Der Verbrauch von **grauer Energie** von Konsumgütern (Energieverbrauch für Erzeugung, Verarbeitung und Transport von innerhalb der Bilanz- bzw. Systemgrenzen konsumierten Konsumgütern und Dienstleistungen) wird bei der verwendeten Methodik nicht erfasst. Dennoch sei hier darauf hingewiesen, dass der Importsaldo von Gütern und Dienstleistungen einen erheblichen zusätzlichen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen verursacht.

Im Folgenden werden der Endenergieverbrauch, der Primärenergieverbrauch und die energiebedingten CO₂-Emissionen im Kanton Schwyz für das Jahr 2017 bilanziert. Zudem werden die Resultate mit denjenigen der Energieverbrauchserhebung für 2008 verglichen.

2.2 Datenerhebung

Tabelle 1 zeigt die für die Datenerhebung wesentlichen Primärenergiequellen, Endenergieträger und die jeweiligen Verwendungszwecke. Zusätzlich wird angegeben, wie der jeweilige Endenergieverbrauch erfasst oder berechnet wird. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln und im Anhang.

Primärenergiequellen	Endenergieträger	Datenerhebung	Verwendungszweck
Fossile Energieträger: Erdöl und Erdgas	Heizöl EL	Berechnung auf Basis der Verzeichnisse der Ölfeuerungen aus den Feuerungskontrollen.	Wärme: Raumwärme und Warmwasser, Prozesswärme
	Erdgas	Erfasst durch Absatz gemäss der lokalen Erdgasversorgungsunternehmen.	
	Strom aus fossilen Quellen	Absatz und Herkunft des gelieferten Stroms (basierend auf Stromkennzeichnung) von den verschiedenen regionalen Energieversorgungsunternehmen.	Strom: Licht, Geräte und Haustechnik, WP, teilw. Widerstandsheizungen, Antriebe und Strassenbeleuchtung
Kernbrennstoffe	Strom aus Atomkraft		
Erneuerbare Energieträger	Strom aus Wasserkraft		
	Strom aus Photovoltaik		
	Strom aus Windkraft		
	Strom aus Biomasse (Holz, Biogas) und Kehrlicht		
	Wärme aus Biomasse (Holz und Biogas)	Holz und Klärgas: Berechnung auf Basis der Verzeichnisse aus den Feuerungskontrollen. Biogas: Berechnung auf Basis der KEV-Liste.	Wärme: Raumwärme und Warmwasser; Prozesswärme

⁵ Die CO₂-Äquivalente geben an, welcher Menge von CO₂ ein Treibhausgas entspricht, um denselben Treibhauseffekt zu erhalten. Als Vergleichswert dient somit CO₂. Der Äquivalenzwert beschreibt die mittlere Erwärmungswirkung über einen bestimmten Zeitraum; meistens 100 Jahre. Beispielsweise beträgt das CO₂-Äquivalent für Methan bei einem Zeithorizont von 100 Jahren 25: Das bedeutet, dass ein Kilogramm Methan über diesen Zeitraum der Wirkung von 25 Kilogramm CO₂ entspricht.

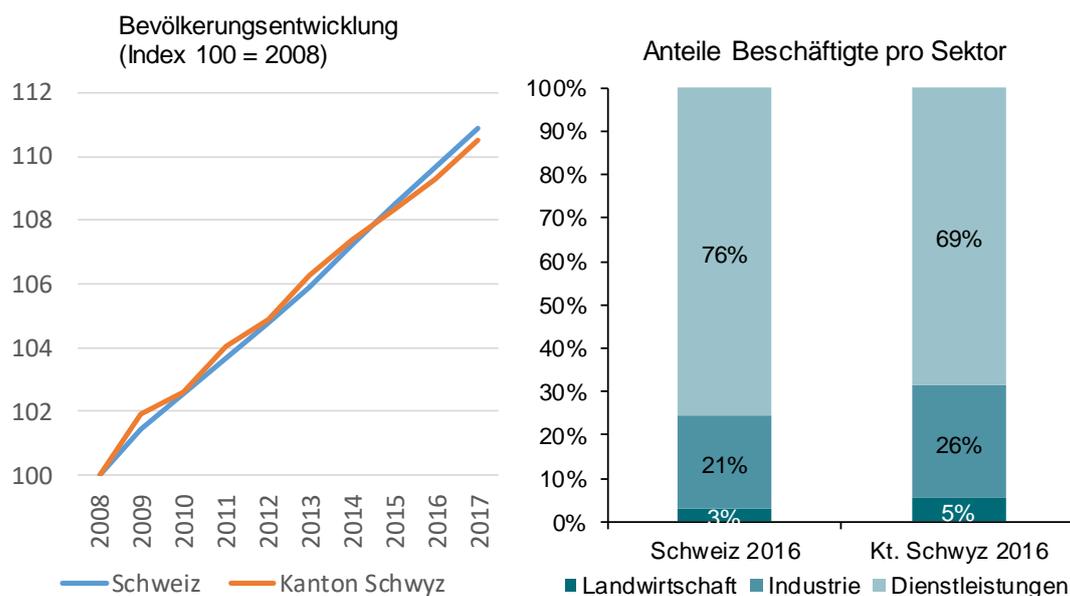
	Wärme von Sonnenkollektoren	Umrechnung der gelieferten Energie schweizweit auf Kt. SZ anhand Bevölkerungszahlen.	
	Umweltwärmenutzung	Abschätzung des Beitrags anhand der installierten Leistung von Wärmepumpen.	
Fossile Treibstoffe: Benzin, Diesel, Kerosin	Benzin	Umrechnung von schweizerischen Verbrauchsdaten pro Kopf auf den Kt. SZ mit Bevölkerung Kt. SZ. Erdgas- und strombetriebene PWs vernachlässigt (<2%).	Motorisierter Verkehr
	Diesel		Motorisierter Verkehr
	Kerosin		Flugzeug

Tabelle 1: Primärenergiequellen, Energieträger, Endenergieverbrauch und deren Datenerhebung im Kanton Schwyz

Die Datenerhebung für das Monitoring 2017 erfolgte durch die Energiefachstelle des Kantons Schwyz. Die Datenbereinigung und -aufbereitung erfolgte durch econcept.

2.3 Entwicklung von Einflussfaktoren

Zur Einordnung der Energieverbrauchsentwicklung wird nachfolgend die Entwicklung von ausgewählten Einflussfaktoren diskutiert und in Figur 3 dargestellt.



econcept

Figur 3: Indexierte Bevölkerungsentwicklung und Anteil Beschäftigte pro Sektor Stand 2016; Quelle: BFS, STATPOP, STATENT

Die Wohnbevölkerung im Kanton Schwyz hat von 2008 bis 2017 um 11% auf rund 155'900 Personen zugenommen. Dies entspricht der nationalen Entwicklung in derselben Zeitspanne.

Die Anzahl Beschäftigte hat von 2011 bis 2016⁶ um 5% auf rund 80'200 Beschäftigte zugenommen. Auch diese Entwicklung entspricht der Entwicklung der nationalen Beschäftigtenzahlen. Bezüglich der Anteile der Beschäftigten pro Sektor ist der Kanton Schwyz etwas industrieller und landwirtschaftlicher geprägt als die Gesamtschweiz. Der Anteil der Dienstleistungsbeschäftigten ist deshalb mit 69% etwas tiefer als in der Gesamtschweiz mit 76%.

Ein weiterer Einflussfaktor betreffend Energieverbrauch – insbesondere für den Wärmeenergieverbrauch – sind die Witterungsverhältnisse. Es zeigt sich jedoch, dass in Bezug auf die Heizgradtage, welche üblicherweise als Mass für die «Kälte» eines Jahres verwendet werden, 2008 und 2017 vergleichbar sind. Deshalb wurde auf eine Klimakorrektur beim Vergleich von 2008 mit 2017 verzichtet (vgl. dazu auch die Ausführungen in Anhang A-6).

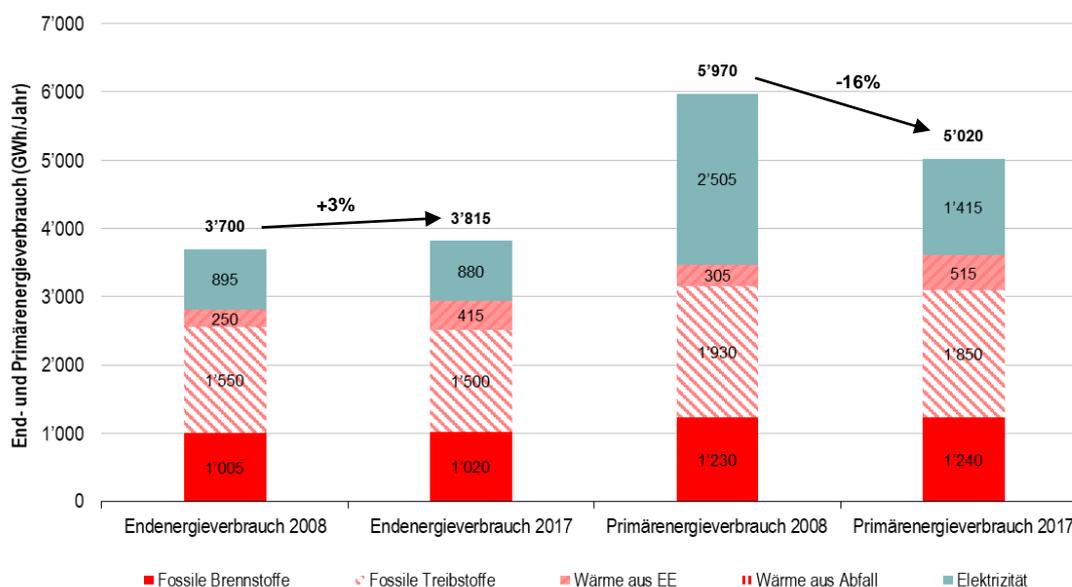
⁶ Das ist die Zeitspanne, die in der Statistik der Unternehmensstruktur STATENT verfügbar ist.

3 Energieverbrauchserhebung 2017

Die Energiebilanz für das Jahr 2017 wird zuerst in einer zusammenfassenden Übersicht präsentiert, mit den Daten aus dem Jahr 2008 verglichen und anschliessend im Detail je Primärenergieträger erläutert.

3.1 Zusammenfassende Übersicht

Figur 4 zeigt den Verbrauch von End- und Primärenergie in den Jahren 2008 und 2017 für den Kanton Schwyz. Der Endenergieverbrauch im Jahr 2017 beträgt rund 3'815 GWh/a, was einer Zunahme von rund 3% seit 2008 entspricht. Der Primärenergieverbrauch hat um 16% abgenommen, was damit zu tun hat, dass der erneuerbare Anteil des Strommixes deutlich erhöht wurde.



econcept

Figur 4: Endenergie- und Primärenergieverbrauch im Kanton Schwyz in den Jahren 2008 und 2017 sowie die prozentuale Veränderung. EE = Erneuerbare Energien (Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme etc.). Quellen: Erhebung für 2008 und 2017 und eigene Berechnungen.

Endenergieverbrauch

39% des Endenergieverbrauchs im Jahr 2017 sind auf die Nutzung fossiler Treibstoffe zurückzuführen. Fossile Brennstoffe machen einen Anteil von 27% aus. Diese Anteile haben sich seit 2008 kaum verändert. Der Anteil Wärme aus Erneuerbaren hat von 7% im Jahr 2008 auf 11% im Jahr 2017 zugenommen.

Tabelle 2 fasst den gesamten Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen für das Jahr 2017 zusammen. Die Resultate müssen mit Vorsicht interpretiert werden, da eine

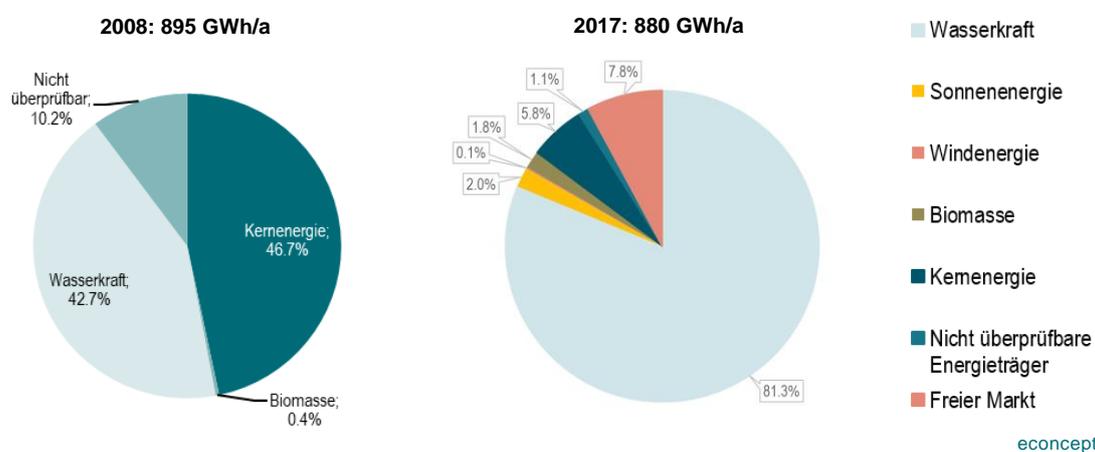
Umlegung der schweizerischen Anteile nach Verbrauchergruppen die regionalen Gegebenheiten nicht ausreichend abbildet. Der Anteil des Verkehrs am Endverbrauch ist mit 38% am grössten, gefolgt von den Haushalten mit 28%.

Verbraucher/-innen	Endenergieverbrauch 2017	
	GWh/a	%-Anteile gemäss GEST
Haushalte	1'070	28%
Industrie	624	16%
Dienstleistungen	629	16%
Verkehr	1'446	38%
Statistische Differenz inkl. Landwirtschaft	45	1%
TOTAL	3'815	100%

Tabelle 2: Zusammenfassung des Endenergieverbrauchs im Jahr 2017 nach Verbrauchergruppen, basierend auf den prozentualen Anteilen gemäss der Gesamtenergiestatistik (GEST) des Bundesamts für Energie (2018).

Elektrizität

Figur 5 zeigt die Herkunft der im Kanton Schwyz konsumierten Elektrizität gemäss der Herkunftsdeklaration der im Kanton tätigen Energieversorgungsunternehmen in den Jahren 2008 und 2017. Im Jahr 2017 wird auch der Eigenstromverbrauch aus Photovoltaik berücksichtigt.



Figur 5: Herkunft der im Kantonsgebiet abgesetzten Elektrizität im Jahr 2008 (links) und 2017 (rechts). Das Total beträgt im Jahr 2008 895 GWh und im Jahr 2017 rund 880 GWh. Quelle: Herkunftsnachweis der im Kanton Schwyz tätigen Energieversorgungsunternehmen gemäss stromkennzeichnung.ch. Die Herkunft der Elektrizität, welche auf dem freien Markt bezogen wird, ist nicht bekannt.

Die im Kanton Schwyz gesamthaft verbrauchte Elektrizität setzt sich zusammen aus dem von den lokalen Stromversorgungsunternehmen gelieferte Strom an gebundene und marktbererechtigte Kunden (807 GWh), dem von den Photovoltaik-Anlagenbesitzern direkt vor Ort produzierten und verbrauchtem Strom (4 GWh) und dem auf dem freien Markt an marktbererechtigte Kunden gelieferten Strom (max. 69 GWh). Dies ergibt einen Wert von rund 880 GWh (weitere Ausführungen vgl. unten und Anhang A-3).

Der Anteil Kernkraft im Jahr 2008 wurde bis ins Jahr 2017 vor allem durch Wasserkraft ersetzt und macht im Jahr 2017 nur noch knapp 6% des gelieferten Stroms aus. Der Anteil Wasserkraft beläuft sich im Jahr 2017 auf 81%. Andere erneuerbare Energieträger, vor allem Sonnenenergie und Biomasse, machen knapp 4% aus. Der Primärenergiefaktor für Atomstrom liegt dreieinhalb mal höher als von Wasserstrom (vgl. Anhang A-7). Durch die Verschiebung von Atom- zu Wasserstrom reduzierte sich der Primärenergieverbrauch im Jahr 2017 im Kanton deutlich.

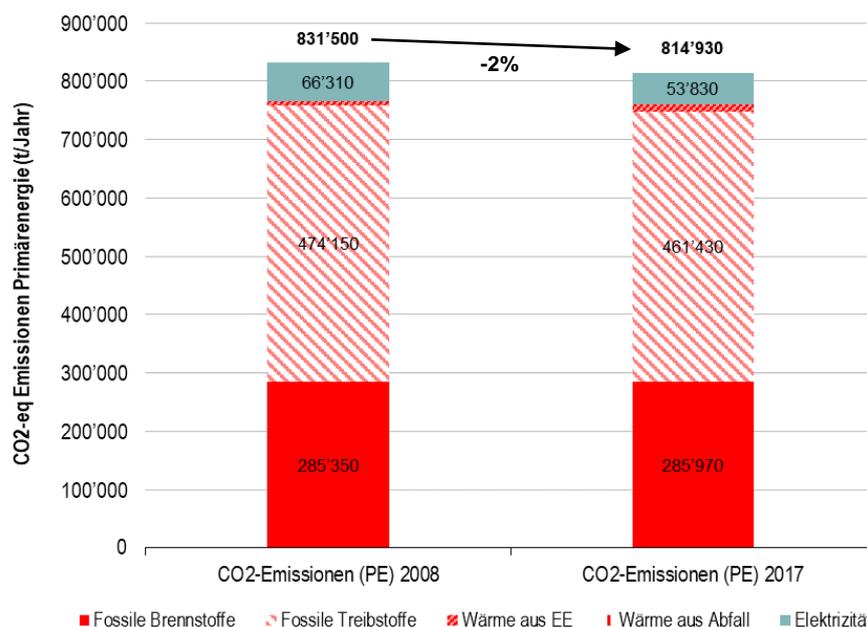
Auf Grund der Möglichkeit von Grossverbrauchern den Strom vom freien Markt zu beziehen, ergeben sich Unsicherheiten in der gesamthaft konsumierten Elektrizität. Für ausführlichere Erläuterungen diesbezüglich wird auf Anhang A-3 verwiesen. Wir empfehlen für zukünftige Verbrauchserhebungen, neben den Absatzmengen an gebundene und markt-berechtigte Kunden die Energieversorgungsunternehmen explizit auch nach den Mengen an nur durchgeleitetem Strom und dessen Herkunft und Destination zu befragen.

Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch im Jahr 2017 beträgt rund 5'020 GWh/a und hat im Vergleich zum Jahr 2008 um rund 16% abgenommen (siehe Figur 4). Der Primärenergieverbrauch besteht zu 62% aus Brenn- (25%) und Treibstoffen (37%), sowie zu 28% aus dem Verbrauch von Elektrizität. Die Reduktion des Primärenergieverbrauchs von Elektrizität ist vor allem auf einen weniger primärenergieintensiven Elektrizitätsmix (Reduktion Anteil Atomstrom, zu den jeweiligen Primärenergiefaktoren vgl. Anhang A-7) zurückzuführen.

CO₂-Emissionen

Figur 6 zeigt die energiebedingten CO₂-eq-Emissionen im Kanton Schwyz. Diese betragen 2017 rund 814'930 Tonnen pro Jahr und sind verglichen zum Jahr 2008 um 2% gesunken. Die Emissionen stammen zu 92 % aus der Verbrennung von Brenn- (35%) und Treibstoffen (57%). Die Treibhausgasemissionen aus fossilen Brennstoffen sind konstant geblieben. Die Abnahme basiert vor allem auf einem Rückgang des Anteils von «nicht überprüfbarem» Strom, welcher dem europäischen ENTSO-E-Mix mit viel fossilem Strom und Kohlestrom entspricht (Treibhausgas-Emissionskoeffizienten vgl. Anhang A-7).



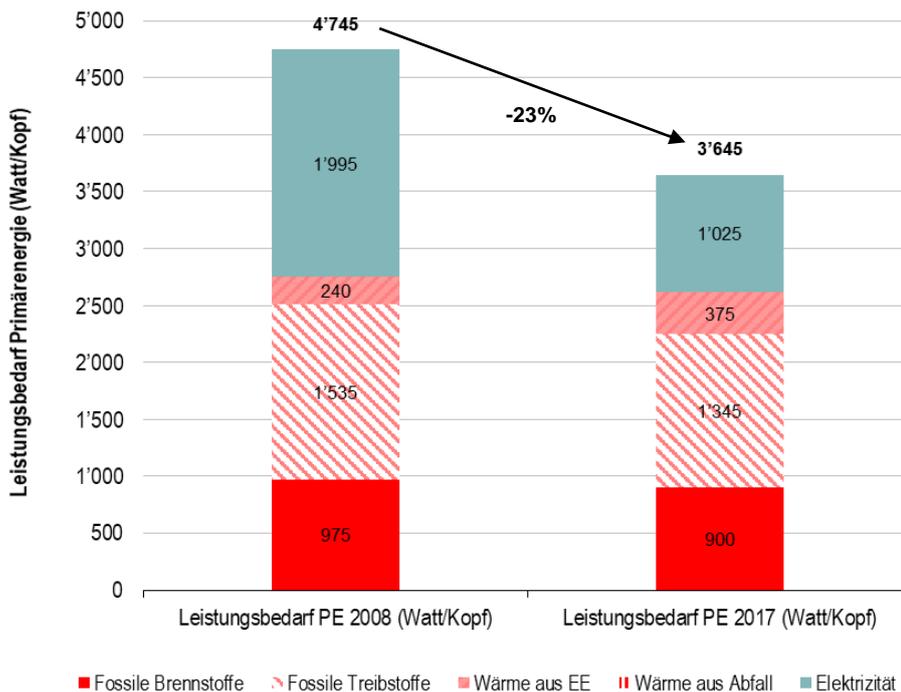
econcept

Figur 6: Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen in Tonnen CO₂-eq im Kanton Schwyz in den Jahren 2008 und 2017. EE = Erneuerbare Energien (Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme etc.). Quellen: Erhebung für 2008 und 2017 und eigene Berechnungen.

Der auf Basis des Primärenergieverbrauchs berechnete Leistungsbedarf sowie die Treibhausgasemissionen pro Einwohner/in im Kantonsgebiet werden in Figur 7 und Figur 8 gezeigt. Der Leistungsbedarf an Primärenergie hat seit 2008 um 23% abgenommen, die Treibhausgasemissionen um 10%.

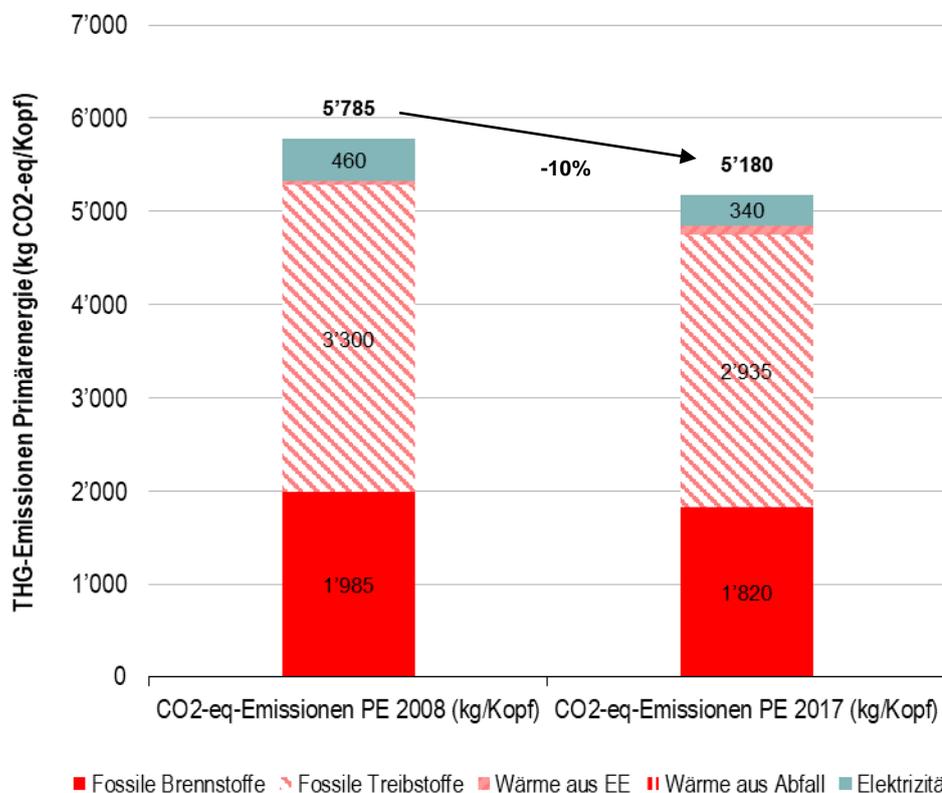
Der Leistungsbedarf an Primärenergie pro Kopf hat stärker abgenommen als der absolute Verbrauch, weil von 2008 bis 2017 eine Bevölkerungszunahme von 11% zu verzeichnen war. Der Rückgang basiert, wie oben aufgeführt, in erster Linie auf der Verschiebung von Atom- zu Wasserstrom.

Bei den CO₂-Emissionen pro Kopf ist der Rückgang weniger markant, u. a. weil der ersetzte Atomstrom selbst bereits einen tiefen Treibhausgas-Koeffizienten aufweist. Hier wirkt sich eher der schweizweit gesunkene Pro-Kopf-Verbrauch von Benzin und Diesel aus. Hinzu kommt die Verschiebung von Benzin zu Diesel, wobei Diesel einen leicht tieferen Treibhausgas-Koeffizienten aufweist als Benzin. Zudem hat sich der CO₂-intensive Anteil an Strom «nicht überprüfbarer» Herkunft reduziert.



econcept

Figur 7: Leistungsbedarf pro Einwohner/innen des Kantons Schwyz in den Jahren 2008 und 2017. EE = Erneuerbare Energien (Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme etc.). Quellen: eigene Berechnungen.



econcept

Figur 8: Energiebedingte Treibhausgasemissionen in Tonnen CO₂-eq pro Einwohner/innen des Kantons Schwyz in den Jahren 2008 und 2017. EE = Erneuerbare Energien (Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme etc.). Quellen: eigene Berechnungen.

Nachfolgend werden der Energieverbrauch und die CO₂-eq Emissionen der einzelnen Energieträger im Detail erläutert.

3.2 Fossile Energieträger

Die Datenquellen zur Bestimmung des aktuellen Verbrauchs fossiler Energieträger im Kanton Schwyz sind unterschiedlicher Qualität. Teilweise wird der Verbrauch direkt durch die Lieferanten erfasst (z. B. Erdgas) und teilweise muss der Verbrauch aus vorhandenen Daten, Modellen und Annahmen berechnet werden (z. B. Heizöl). Details zur Methodik sind im Anhang A-2 ersichtlich.

Tabelle 3 fasst den Verbrauch fossiler Energieträger sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen für die Jahre 2008 und 2017 zusammen. Der Endverbrauch ist um 2%-Punkte gesunken, der Primärenergiebedarf um 4%. In der Tabelle 4 ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 3% ersichtlich. Diese hat mit der Veränderung des Strommixes (siehe Figur 5) zutun.

	Endenergieverbrauch GWh/Jahr		Veränderung	Primärenergieverbrauch GWh/Jahr		Veränderung
	2008	2017		2008	2017	
Heizöl	790	725	-8%	980	895	-9%
Erdgas	215	295	37%	250	340	36%
Treibstoffe	1'550	1'500	-3%	1'930	1'850	-4%
Fossile Bestandteile Strom	45	40	-11%	320	250	-22%
TOTAL	2'601	2'526	-2%	3'480	3'130	-4%

Tabelle 3: Vergleich des Endenergie- und Primärenergieverbrauchs aus fossilen Energieträgern (GWh/a) in den Jahren 2008 und 2017 im Kanton Schwyz, sowie der prozentualen Veränderung im genannten Zeitraum.

	THG-Emissionen t CO ₂ -eq/Jahr		Veränderung
	2008	2017	
Heizöl	232'990	218'625	-6%
Erdgas	52'355	67'340	29%
Treibstoffe	474'150	461'430	-3%
Fossile Bestandteile Strom	54'230	41'335	-24%
TOTAL	813'725	753'945	-3%

Tabelle 4: Vergleich der Treibhausgasemissionen (in CO₂-Äquivalenten) von fossilen Energieträgern in den Jahren 2008 und 2017 im Kanton Schwyz, sowie der prozentualen Veränderung im genannten Zeitraum.

	Leistungsbedarf PE/Kopf W / Kopf*Jahr		Veränderung	THG-Emissionen/Kopf kg CO ₂ -eq / Kopf*Jahr		Veränderung
	2008	2017		2008	2017	
Heizöl	780	650	-17%	1'622	1'390	-14%
Erdgas	200	250	25%	365	428	17%
Treibstoffe	1'535	1'345	-12%	3'302	2'933	-11%
Fossile Bestandteile Strom	255	180	-29%	378	263	-30%
TOTAL	2'770	2'425	-12%	5'666	5'014	-12%

Tabelle 5: Vergleich der Dauerleistung (in Watt) bezogen auf die Primärenergie pro Kopf, sowie der Treibhausgasemissionen (in CO₂-Äquivalenten) pro Kopf im Jahr 2008 und 2017 im Kanton Schwyz, sowie der prozentualen Veränderung im genannten Zeitraum.

Der Energieträger Erdgas spielt gegenüber dem Heizöl immer noch eine geringere Rolle. Der Verbrauch nimmt jedoch zu⁷. Der Anteil fossile Stromproduktion (zur Methodik siehe Anhang A-3) hat dank der Reduktion des nicht überprüfbaren Anteils an europäischem Strom abgenommen.

Der Treibstoffverbrauch (Benzin, Diesel und Kerosin) wird hier als Vergleichsgrösse ausgewiesen und anhand von Schweizer Pro-Kopf Durchschnittswerten für den Kanton Schwyz berechnet. Der Flugverkehr alleine ist für ca. 26 % des gesamten Treibstoffverbrauchs verantwortlich. Der durchschnittliche Treibstoffverbrauch pro Kopf von Benzin und Diesel hat in der Schweiz von 2008 bis 2017 leicht abgenommen. Zudem erfolgte eine Verschiebung von Benzin zu Dieseltreibstoff. Beides führt dazu, dass auch für den Kanton Schwyz leicht tiefere Verbräuche und CO₂-Emissionen aus den Treibstoffen berechnet werden.

3.3 Erneuerbare Energieträger

Bei der Erfassung des Verbrauchs von erneuerbaren Energien wird zwischen dem Verbrauch von erneuerbarem Strom (siehe Tabelle 6) und erneuerbarer Wärme (siehe Tabelle 7) unterschieden. Der erneuerbare Anteil am Gesamtendenergieverbrauch macht im Jahr 2017 30% aus, wobei der erneuerbare Anteil beim Elektrizitätsverbrauch deutlich höher ist (85%) als beim Wärmeverbrauch (29%).

Beim Verbrauch von erneuerbarem Strom macht die Wasserkraft im Jahr 2017 den wichtigsten Anteil aus (ca. 95%), beim erneuerbaren Wärmeverbrauch ist die Biomasse (v. a. Holz) der wichtigste Energieträger (72%) gefolgt von Umweltwärme (24%).

Der gesamte Stromverbrauch belief sich im Jahr 2017 auf rund 880 GWh (siehe Figur 4: Endenergie), der erneuerbare Verbrauch auf rund 755 GWh. Der Anteil an erneuerbarem, verbrauchten Strom betrug somit 85%.

⁷ In den Berechnungen für das Jahr 2008 wurden der Gas- und Ölverbrauch vertauscht. Dies wurde rückwirkend korrigiert.

Endenergieverbrauch erneuerbarer Strom (gerundet)	2008		2017	
	GWh/a	%	GWh/a	%
Biomasse	3.3	0.8%	17.0	2.3%
Sonnenenergie (Photovoltaik)	0.3	0.1%	17.9	2.4%
<i>davon aus Verbrauchermix</i>	<i>n/a</i>		13.5	
<i>davon aus Eigenproduktion¹</i>	<i>n/a</i>		4.4	
Wasserkraft ⁸	383	99%	715	95%
Windkraft	0.1	0.02%	1.2	0.2%
TOTAL	386	100%	755	100%

Tabelle 6: Aktueller Verbrauch von Elektrizität aus erneuerbaren Energieträgern im Kanton Schwyz in den Jahren 2008 und 2017. Quellen: Absatz und Herkunftsdeklaration diverser EVUs im Kanton, Angaben zur Zusammensetzung des ENTSO-E-Mix und eigenen Berechnungen zum Eigenverbrauch der PV-Produzenten. ¹ siehe Anhang A-4.4.

Der gesamte Wärmeverbrauch belief sich im Jahr 2017 auf 1'435 GWh (siehe Figur 4: Endenergie Summe fossile Brennstoffe und Wärme aus EE), der erneuerbare Verbrauch betrug 410 GWh. Der Anteil an erneuerbarer, verbrauchter Wärme betrug somit 29%.

Endenergieverbrauch erneuerbare Wärme (gerundet)	2008		2017	
	GWh/a	%	GWh/a	%
Biomasse	200	80%	297	72%
<i>davon Holz</i>	200		280	
<i>davon Biogas, Klärgas, biogener Abfall</i>	0		17	
Umweltwärme (Wärmepumpen) ¹	44	17%	100	24%
Sonnenenergie (Solarthermie) ²	7	3%	13	3%
TOTAL	251	100%	410	100%

Tabelle 7: Aktueller Verbrauch von Wärme aus erneuerbaren Energieträgern im Kanton Schwyz in den Jahren 2008 und 2017. Quellen: eigene Berechnungen. ¹ basierend auf verfügbaren Daten des Kantons und Verkaufszahlen von Wärmepumpen. ² mit Schweizerischen Durchschnittswerten berechnet.

⁸ Der Elektrizitätsverbrauch der Schweizerischen Bundesbahnen liegt für die Verbraucherseite ausserhalb der Systemgrenze und wird nicht berücksichtigt. Bei der Produktion von erneuerbarem Strom (vgl. Kapitel 4) wird das Etzel-Kraftwerk hingegen aufgeführt.

4 Produktionserhebung 2017 erneuerbare Energien

4.1 Übersicht zur lokalen Energieproduktion

Die auf Kantonsgebiet produzierte erneuerbare Energie wird auf Grund der verfügbaren Daten des Kantons und Erfahrungswerten berechnet. Tabelle 8 gibt eine Übersicht. Ausführlichere Erläuterungen zur Methodik sind im Anhang A-4 ersichtlich.

Produktion Endenergie im Jahr 2017	Energie		Elektrizität		Wärme	
	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%
Biomasse	320'636	35%	21'399	4.2%	299'237	73%
davon Holz	293'817		11'447		282'369	
davon Biogas, Klärgas, biogener Abfall	26'819		9'951		16'868	
Umweltwärme (Wärmepumpen)	99'971	11%			99'971	24%
Sonnenenergie (Photovoltaik, Solarthermie)	31'224	3.4%	18'272	3.6%	12'951	3.1%
Wasserkraft	473'332	51%	473'332	92%		
Windenergie	27	0.003%	27	0.01%		
TOTAL	925'189	100%	513'030	100%	412'159	100%

Tabelle 8: Erneuerbare Energieenergieproduktion, Elektrizitätsproduktion und Wärmeproduktion auf dem Kantonsgebiet im Jahr 2017.

Die erneuerbare Energieproduktion macht im Jahr 2017 24% des gesamten Energieverbrauchs des Kantons Schwyz aus. Dies ist eine rein rechnerische Grösse und ist nicht mit dem effektiven Anteil an verbrauchten, erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch gleichzusetzen (Kapitel 3.3, erster Absatz). Die wichtigsten Energieträger bei der Produktion sind Wasserkraft (51% der erneuerbaren Energieproduktion), Biomasse (35%) und Umweltwärme (11%).

Die Wasserkraft ist mit Abstand die wichtigste Quelle für die lokal produzierte erneuerbare Elektrizität (92%). An zweiter Stelle folgt mit deutlich kleinerem Anteil die Biomasse (4.2%). Die Sonnenenergie macht 3.6% aus. Im Jahr 2017 machte die lokale erneuerbare Stromproduktion im Verhältnis zum gesamten lokalen Elektrizitätsverbrauch ca. 58% aus. Die erneuerbare Wärmeproduktion erfolgt zu 73% aus Biomasse (v. a. Holz) und Umweltwärme (24%). Im Jahr 2017 trug die erneuerbare Wärme zu 29% zur lokalen Wärmeversorgung bei.

Nachfolgend wird auf die Wärme- und Stromproduktion einzeln eingegangen.

4.2 Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern

Wärme aus Biomasse

Zur Biomasse werden Holz, landwirtschaftliche Biomasse (Hofdünger, Ernterückstände, Energiepflanzen) und biogene Abfälle (Grünabfälle, biogener Anteil Siedlungsabfall, Abwasser, etc.) gezählt. Ausführliche Erläuterungen zur Methodik sind im Anhang A-4.1 ersichtlich.

Aus der Verbrennung von Holz wurde im Jahr 2017 299 GWh Wärmeenergie erzeugt. Aus der Vergärung von Biomasse in landwirtschaftlichen Biogasanlagen und auf Abwasserreinigungsanlagen resultierte eine Wärmeproduktion von 282.37 GWh im Jahr 2017. Auf Kantonsgebiet gibt es keine Kehrichtverbrennungsanlage. Deshalb wird aus dem Siedlungsabfall auf Kantonsgebiet keine Energie erzeugt.

Umweltwärme

Die genutzte und produzierte Umweltwärme wurde basierend auf der Summe der Verdampferleistungen der installierten Anlagen berechnet. Ausführliche Erläuterungen zur Methodik sind im Anhang A-4.2 ersichtlich. Die Datenlage zur Umweltwärmenutzung ist nicht sehr gut, da nicht alle Anlagen und Verdampferleistungen lückenlos erfasst wurden und vermutlich nicht alle bewilligten Wärmepumpen auch ausgeführt wurden. Bei einer Gesamtverdampferleistung von 57'126 kW und 1'750 Betriebsstunden pro Jahr, ergibt sich eine Nutzung der Umweltwärme von schätzungsweise 100 GWh/a. Der Stromverbrauch dieser Anlagen ist im Absatz der EVU enthalten. Wie in der Tabelle 9 ersichtlich, wird mehr als 50% der Wärme durch Luft/Wasser-Wärmepumpen bereitgestellt.

Technologie Wärmepumpe	Genutzte Umweltwärme	
	MWh	%
Wasser/Wasser-Wärmepumpe	17'527	18%
Sole/Wasser-Wärmepumpe	29'579	30%
Luft/Wasser-Wärmepumpe	52'864	53%
TOTAL	99'971	100%

Tabelle 9: Produzierte Wärmeenergie aus Umweltwärme aufgeteilt nach Wärmepumpentypen je Wärmequellen im Jahr 2017.

Im Kanton Schwyz wird die tiefe Geothermie nicht zur Energieproduktion genutzt.

Wärme aus Sonnenenergie (Solarthermie)

Die Nutzung der Solarthermie bzw. die Installation von Absorberflächen wird im Kanton nicht zentral erfasst. Die Hochrechnungen zur solarthermischen Wärmeproduktion basieren deshalb auf Schweizer Durchschnittswerten. Die ausführliche Begründung dafür wird im Anhang A-4.3 ersichtlich. Für das Jahr 2017 ergibt die Hochrechnung eine produzierte/verbrauchte Wärmeenergiemenge von rund 12.95 GWh.

4.3 Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energieträgern

Im Folgenden wird die Produktion von erneuerbarem Strom auf dem Kantonsgebiet im Jahr 2017 aufgezeigt. Diese muss nicht mit den Zahlen zum Elektrizitätsverbrauch im Kapitel 3.1 übereinstimmen. Denn der Strom wird nur zu einem gewissen Teil dort verbraucht wo er produziert wird und der Stromverbrauch im Kanton wird nur zum Teil aus kantonaler Produktion gedeckt, weil der Strommarkt über die Kantonsgrenzen hinausgeht.

Elektrizität aus Wasserkraft

Gemäss den Aussagen der Energiefachstelle ist seit dem letzten Energiemonitoring für 2008 nur ein neues Kraftwerk hinzugekommen: das Kleinwasserkraftwerk Steinerää mit rund 5 GWh pro Jahr. Die Produktion von Strom aus Wasserkraft im Kanton SZ beläuft sich schätzungsweise auf 473 GWh pro Jahr (Endenergie, erwartete durchschnittliche Produktion). Nachfolgend werden die wichtigsten Produktionsanlagen aufgeführt (analog 2008):

- Die Wasserkraft wird im Kanton bereits umfassend in **Grosswasserkraftwerken** (Leistung >300 kW) genutzt. So befindet sich beispielsweise der flächenmässig grösste Stausee der Schweiz – der Sihlsee – auf Kantonsgebiet. Die dazugehörige Zentrale in Altendorf produziert rund 120 GWh/a Wasserstrom für Bahnenergie (nur Hoheitsanteil Kanton SZ ausgewiesen). Das Etzelwerk ist zu 100 % eine Tochter des SBB AG. Es deckt die Verbrauchsspitzen der Bahnhöfe in Zürich (Taktfahrplan). Weitere grosse Stromproduzenten sind die zur Kraftwerkskette Muota gehörenden Zentralen Wernisberg, Hinterthal, Seeberg und Sahli (insgesamt rund 220 GWh/a) und die Zentralen Rempen bzw. Siebnen der Kraftwerkskette Wägitalerää mit einer Jahresproduktion von je ca. 60 GWh/a.
- Die Wasserkraft wird auch in diversen **Kleinwasserkraftwerken** (Leistung <300 kW) genutzt⁹. Die genaue Energieproduktion der Kleinwasserkraftwerke ist nicht bekannt. Sie wird auf rund 13 GWh/a geschätzt¹⁰.
- Vereinzelt werden auch **Trinkwasserkraftwerke** zur Stromerzeugung genutzt. Dabei nutzen Trinkwasserkraftwerke den überschüssigen Druck in Wasserversorgungen, die aus Quellen in erhöhten Lagen gespeist werden. Die Produktion der gemäss Bericht von 2008 bekannten Anlagen beläuft sich auf rund 0.332 GWh/a¹¹.

Elektrizität aus Sonnenenergie (Photovoltaik)

Die Elektrizitätsproduktion aus Photovoltaik-Anlagen wird über die Leistung der installierten Anlagen, welche von einer Einmalvergütung (EIV) oder von der kostenorientierten Einspeisevergütung (KEV) profitiert haben, berechnet (siehe Anhang A-4.4 für methodische

⁹ Standorte: Hesingen Muotathal, Ecce Homo Sattel, Gersau Spinnerei Camnezind, Einsiedeln Grotzenmühleketz und Schöngarn (Konzession vorhanden, jedoch bis heute nicht realisiert), Neumühli Schindeleggi, Wollerau Fürti und Dorf, Weingartenweiher KW Bäch und Galgenen

¹⁰ Im Energiekonzept Innerschwyz weist das ebs alleine für die Region Innerschwyz eine Produktion in Kleinwasserkraftwerken von rund 5 GWh/a aus (ebs 2007), dazu kommt die neue Anlage KKW Steinerää mit rund 5 GWh/a.

¹¹ Analog Berechnungen 2008. Im Juli 2019 ist das Trinkwasserkraftwerk Engelstock in Betrieb gegangen. Dieses wird voraussichtlich 120'000 kWh Strom pro Jahr produzieren.

Erklärungen). Anlagen, die keine Fördergelder erhalten haben, konnten nicht berücksichtigt werden.

Mit den bestehenden Anlagen wurden im Jahr 2017 rund 18.37 GWh Strom produziert. Dies entspricht etwa dem Stromverbrauch von 4'500 Haushalten (Basis: 4000 kWh pro Haushalt). Die durchschnittliche PV-Stromproduktion pro Einwohner/in des Kantons betrug damit 2017 rund 118 kWh/Person. Dieser Wert liegt deutlich unter dem Schweizer Schnitt von rund 200 kWh/Person (Quelle: Gesamtenergiestatistik 2017 für Gesamtproduktion und BFE für Bevölkerungsstand).

Elektrizität aus Windenergie

Gemäss Aussagen der Energiefachstelle sind im Kanton Schwyz zwei Windanlagen in Betrieb. Eine Anlage in Goldau (20 kW) und eine Anlage in Feusisberg (15 kW), welche zusammen im Jahr 2017 ungefähr 27.01 GWh Strom produzierten.¹²

Elektrizität aus Biomasse

In der Schweiz stammt der überwiegende Anteil des Biomassestroms aus Kehrlichtverbrennungsanlagen, der Rest aus Holzheizkraftwerken, Biogasanlagen und Abwasserreinigungsanlagen. Im Kanton Schwyz waren 2017 gemäss vorliegenden Daten folgende Biomasse Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen in Betrieb:

- Zwei **Holzheizkraftwerke** haben im Jahr 2017 gesamthaft 11.45 GWh Strom produziert¹³.
- Drei landwirtschaftliche **Biogasanlagen** (inkl. Ko-Substrate) werden auf Kantonsgebiet im Jahr 2017 betrieben, welche gesamthaft 5.30 GWh Strom produzierten¹⁴.
- Gemäss der Liste der Feuerungskontrolle waren im Jahr 2017 elf Blockheizkraftwerke in **Abwasserreinigungsanlagen** in Betrieb, welche rund 4.65 GWh Strom produzieren.
- Im Kanton Schwyz wird keine **Kehrlichtverbrennungsanlage** betrieben.

¹² Die produzierte Energiemenge für die Anlage in Goldau ist 15.48 GWh. Die Energiemenge für Feusisberg wurde mit derselben Annahme zur Volllaststunden geschätzt.

¹³ Liste der kostenorientierten Einspeisevergütung (KEV)-Anlagen mit Stromproduktion im Jahr 2017: Das Energiezentrum Wintersried (ORC-Anlage) in Ibach betrieben von AGRO Energie Schwyz AG produzierte 10'596 MWh Strom. Das BHKW der Firma Fuhr- und Kompostbetrieb Josef Ott in Küssnacht am Rigi produzierte 851 MWh Strom.

¹⁴ Liste der kostenorientierten Einspeisevergütung (KEV)-Anlagen mit Stromproduktion im Jahr 2017: Das Energiezentrum Wintersried in Ibach betrieben von AGRO Energie Schwyz AG produzierte 2'806 MWh Strom. Das Energiezentrum Bodewies in Galgenen betrieben von Züger Produktion + Recycling produzierte 1'649 MWh Strom. Die Einsiedler Naturstrom AG in Trachslau betrieben von Einsiedler Naturstrom AG produzierte 843 MWh Strom.

5 Energiepolitische Einordnung

Würdigung vor dem Hintergrund der Energiestrategie 2013 – 2020

Die Energiestrategie 2013- 2020¹⁵ für den Kanton Schwyz hält diverse Ziele fest. Die für den vorliegenden Kurzbericht relevanten Ziele werden nachfolgend zusammengefasst (Ziele gemäss Energiestrategie 2013-2020, Kapitel 5 und Kapitel 3.5). Zudem werden die Ziele vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Energieverbrauchsmonitorings 2017 und dem Vergleich mit 2008 kommentiert.

Ziel: Man will langfristig die Abhängigkeit von ausländischen Energieimporten reduzieren.

Es sind vor allem die fossilen Energieträger und ein Teil des Stroms, welche aus dem Ausland importiert werden. Der Endenergieverbrauch fossiler Energieträger konnte nur marginal um 2% reduziert werden und damit hat sich auch die Auslandabhängigkeit kaum reduziert. Während beim Heizöl der Verbrauch leicht zurück ging, ist die Auslandabhängigkeit durch den grösseren Gasverbrauch eher gestiegen (vgl. Tabelle 3).

Ziel: Langfristig wird in der Jahresbilanz die Eigenversorgung im Kanton angestrebt.

Der rechnerische Anteil an im Kanton produzierter Energie hat sich leicht erhöht. Allerdings müsste das Ausbautempo insbesondere für Photovoltaikanlagen massiv erhöht werden. Der Kanton Schwyz liegt diesbezüglich deutlich hinter dem Schweizer Durchschnitt zurück.

Ziel: Die Hälfte des zusätzlichen Bedarfs an elektrischer Energie von 18 Prozent (gegenüber 2008), der durch die Entwicklung des Kantons bis 2020 voraussichtlich bereitzustellen sei, soll durch Effizienzgewinne und durch den Zubau von erneuerbaren Energien abgedeckt werden.

Der Strom-Endenergieverbrauch hat von 2008 auf 2017 um 2% abgenommen (vgl. Figur 4: 895 GWh/a und 880 GWh/a). Die Gründe für diese leichte Abnahme des Stromverbrauchs wurden nicht untersucht. Wir können dazu nur Hypothesen formulieren: Es kann sein, dass ein Teil der nicht stattgefundenen prognostizierten Bedarfszunahme in Effizienzgewinnen begründet ist. Der Rückgang beim Stromverbrauch kann jedoch auch mit strukturellen Verschiebungen innerhalb der Schwyzer Wirtschaft hin zu weniger stromintensiven Aktivitäten zu tun haben.

Ziel: Bei der Wärmeerzeugung (Raumwärme, Warmwasser und Prozesse) wird bis 2020 eine Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie am Total der Brennstoffe von 16 Prozent (Basisjahr 2008) auf 35 Prozent angestrebt.

¹⁵ Energiestrategie 2013 – 2020 des Kantons Schwyz. Schwyz, 3. Dezember 2013 (Regierungsratsbeschluss Nr. 1173/2013). https://www.energie-zentralschweiz.ch/fileadmin/user_upload/Downloads/SZ/13_SZ_Energiestrategie.pdf (Stand 19.11.2018)

Die lokal erzeugte erneuerbare Wärme stieg von 20% des totalen Wärmeverbrauchs auf 29% des Wärmeverbrauchs. Von der angestrebten Verdoppelung des Anteils bis 2020 ist man daher noch weit entfernt¹⁶.

Ziel: Der Energieverbrauch sämtlicher Verbrauchergruppen im Kanton soll langfristig massiv reduziert werden.

Der Endenergieverbrauch ist von 2008 auf 2017 sogar leicht gestiegen. Die Zielsetzung der Energiestrategie einer massiven Reduktion wurde klar verfehlt. Für eine Trendwende beim Endenergieverbrauch müssten daher die energiepolitischen Aktivitäten deutlich intensiviert werden.

Der Rückgang beim Primärenergieverbrauch von 2008 auf 2017 hat in erster Linie damit zu tun, dass der Anteil Atomstrom und nicht überprüfbarer Strom mit hohen Primärenergiefaktoren auf unter 8.9%¹⁷ reduziert wurde. Der Effekt hat nichts mit einer Reduktion des Verbrauchs zutun und stellt keine energiepolitische Leistung des Kantons dar.

Ziel: Der CO₂-Ausstoss soll reduziert werden. Dabei sei besonderes Augenmerk auf den Verkehr zu legen.

Der CO₂-Ausstoss konnte absolut nur um 2% verringert werden, pro Kopf betrachtet betrug der Rückgang minus 10%. Der Verkehr hat zwar einen Anteil an dieser Entwicklung. Allerdings basieren, wie weiter oben ausgeführt, die Zahlen zum Treibstoffverbrauch auf Schweizer Durchschnittswerten pro Einwohner/in. Diese Methode ist nicht dazu geeignet, die Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Kanton Schwyz zu beobachten. Dazu müsste in einem ersten Schritt die Berechnung über Pro-Kopf-Verbräuchen auf durchschnittlich Verbräuche pro immatrikulierte Personenwagen umgestellt werden. Dies erfolgt mit der Übertragung des Energieverbrauchsmonitorings in den Energie- und Klimakalkulator (vgl. Kapitel 6). Zusätzlich müsste beispielsweise auf Basis des Mikrozensus Mobilität und Verkehr eine Analyse des kantonsspezifischen Mobilitätsverhaltens und dessen Veränderung erfolgen. Erst durch solche ergänzenden Analysen könnten die durch den Verkehr der Schwyzer Bevölkerung verursachten Treibhausgasemissionen und deren Entwicklung effektiv dokumentiert werden.

¹⁶ Die Zahlen 16% (Text aus der Energiestrategie) und 20% (Neuberechnung für 2008) stimmen nicht überein: In der Strategie ist als Basis nur von Brennstoffen, in den Neuberechnungen vom Total des Wärmeverbrauchs die Rede. Zudem haben die vorgenommenen Korrekturen in den Berechnungen von 2008 zu einer gesamthaften Reduktion des Wärmeverbrauchs 2008 gegenüber den Zahlen in der Berichterstattung von 2011 geführt.

¹⁷ 1.1% «nicht überprüfbare Energieträger» aus dem Strommix. 7.8% von marktberechtigten Kunden, für welche von der konservativen Annahme ausgegangen wird, dass diese ebenfalls «nicht überprüfbaren Strom» beziehen.

6 Hinweise für das zukünftige Monitoring

Die von econcept erstellte Berechnungsdatei, welche für die Verbrauchserhebung im Jahr 2008 und 2017 verwendet wurde, ist auf Grund der Komplexität als längerfristiges Monitoring-Instrument ungeeignet. Deshalb soll für das zukünftige Monitoring der *Energie- und Klimakalkulator für Gemeinden* (nachfolgend Kalkulator genannt) von EnergieSchweiz verwendet werden.

Der Kalkulator eignet sich grundsätzlich auch für grössere Raumeinheiten als Gemeinden. Wenn in der Raumeinheit – im vorliegenden Fall im Kanton Schwyz – mehr als vier Energieversorgungsunternehmen aktiv sind, müssen jedoch gewisse Daten aggregiert werden. Denn das Tool sieht standardmässig nur für vier Energieversorgungsunternehmen einen Eingabebereich vor.

Das Tool bietet auch die Möglichkeit, lokale Energiepotentiale oder Absenkpfade zu definieren. Die Potentialermittlung erfordert dabei jedoch die Eingabe von zahlreichen Detailparametern, welche für eine ganze Region oder einen Kanton aufwändig zu ermitteln wären. Für das reine Verbrauchs-Monitoring werden diese Potentiale jedoch nicht benötigt und es kann auf die Eingaben verzichtet werden.

Der Kalkulator steht unter <http://www.2000watt.ch/kalkulator> als Excel Datei zum Download bereit. Zudem stehen als Hilfsmittel eine Bedienungsanleitung und Empfehlungen zur Datenerhebung zur Verfügung.

6.1 Datenerfassung und Bilanzierung im Kalkulator

Das Bilanzierungskonzept des Kalkulators orientiert sich am Bilanzierungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft (EnergieSchweiz 2014). Für die Energie- und CO₂-Bilanz wird ein Bottom-up-Ansatz verfolgt. Die Verbrauchsdaten werden als Endenergie erhoben.

Die für das Verbrauchsmonitoring 2017 erhobenen Daten wurden in den Kalkulator eingepflegt. Der Stromabsatz der drei grössten Energieversorgungsunternehmen auf Kantonsgebiet (Elektrizitätswerk Schwyz, ebs Energie AG, EW Höfe AG) wurde im Tool direkt erfasst. Die Summe des durch die restlichen Energieversorgungsunternehmen abgesetzten Stroms (rund 40% des Gesamtstromabsatzes) wurde kumuliert eingegeben. Die am freien Markt abgesetzte Menge Strom wurde als ENTSO-E-Mix ausgewiesen. Die Qualität des Stromabsatzes (Stromkennzeichnung) wurde mengengewichtet berücksichtigt. Im Kalkulator ist eine Unterscheidung der gelieferten Strommenge nach privaten Haushalten und Gewerbe/Industrie zwingend. Weil dazu für den Kanton Schwyz keine Zahlen vorlagen, wurde die Aufteilung basierend auf den Anteilen nach Gesamtenergiestatistik 2017 (Bundesamt für Energie (2018)) durchgeführt¹⁸. Die lokale Stromproduktion wurde basierend auf den Resultaten im Kapitel 4.3 im Kalkulator hinterlegt.

¹⁸ Endverbrauch Elektrizität gesamtschweizerisch: 60% Industrie/Dienstleistungen, 40% private Haushalte. BfE 2018.

Der Treibstoffverbrauch sowie die dadurch emittierten Treibhausgasemissionen werden im Kalkulator folgendermassen berechnet: Die Summe des Schweizerischen Treibstoffverbrauchs für Strassenverkehr (inkl. dem für Güterverkehr etc.) wird durch die Anzahl Personenwagen geteilt und mit den im Kanton immatrikulierten Personenwagen multipliziert. Hinzu kommen spezifische Watt-Zuschläge für Bahnverkehr und Luftverkehr. Somit werden die regionalen Gegebenheiten im Kanton Schwyz mit dieser Berechnungsmethode nur in Bezug auf die Anzahl immatrikulierter Personenwagen abgebildet und sind nur beschränkt für verkehrsspezifische Monitoringzwecke geeignet.

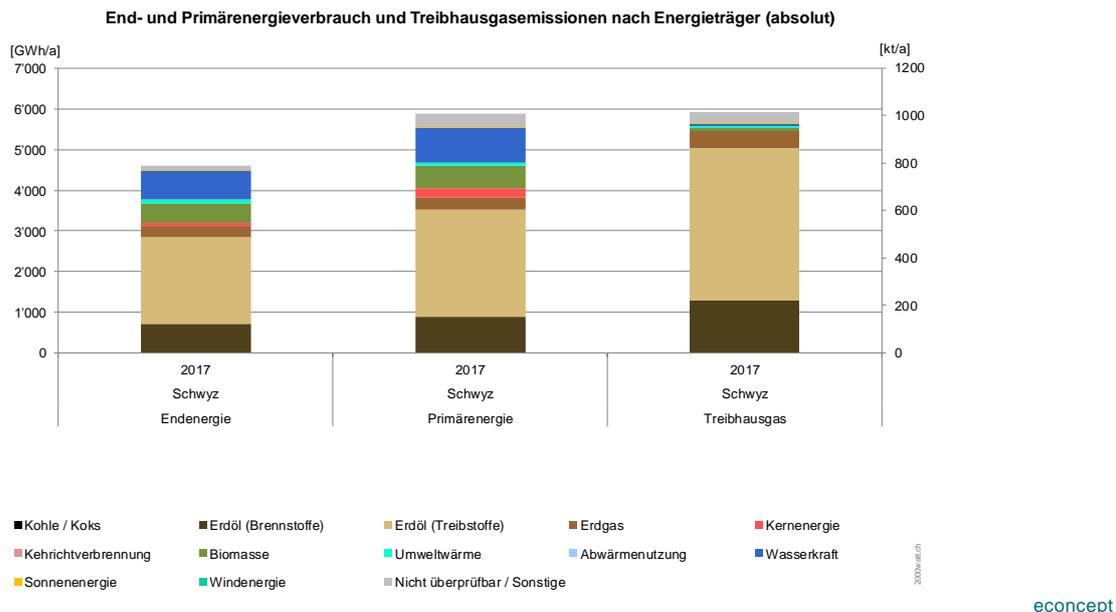
Die lokalen Potenziale für die Nutzung von erneuerbarer Energie und die Nutzung von Effizienzpotentialen sowie Zielpfade in Bezug für die Reduktion von Primärenergie und CO₂-Emissionen wurden im Kalkulator aktuell noch nicht hinterlegt. Dies kann jedoch bei Bedarf und bei Vorliegen entsprechender Daten bzw. Vorgaben jederzeit erfolgen.

6.2 Resultate aus dem Kalkulator

Für einen ersten Einblick in die Resultate aus den Kalkulatorberechnungen werden anschliessend einige Figuren aus dem Kalkulator präsentiert und mit den Resultaten im Kapitel 3 verglichen. Grundsätzlich sollten die Resultate aus beiden Tools in einer ähnlichen Grössenordnung liegen. Weil jedoch teilweise leicht unterschiedliche Berechnungsmethoden und Annahmen verwendet werden, sind sie nicht identisch.

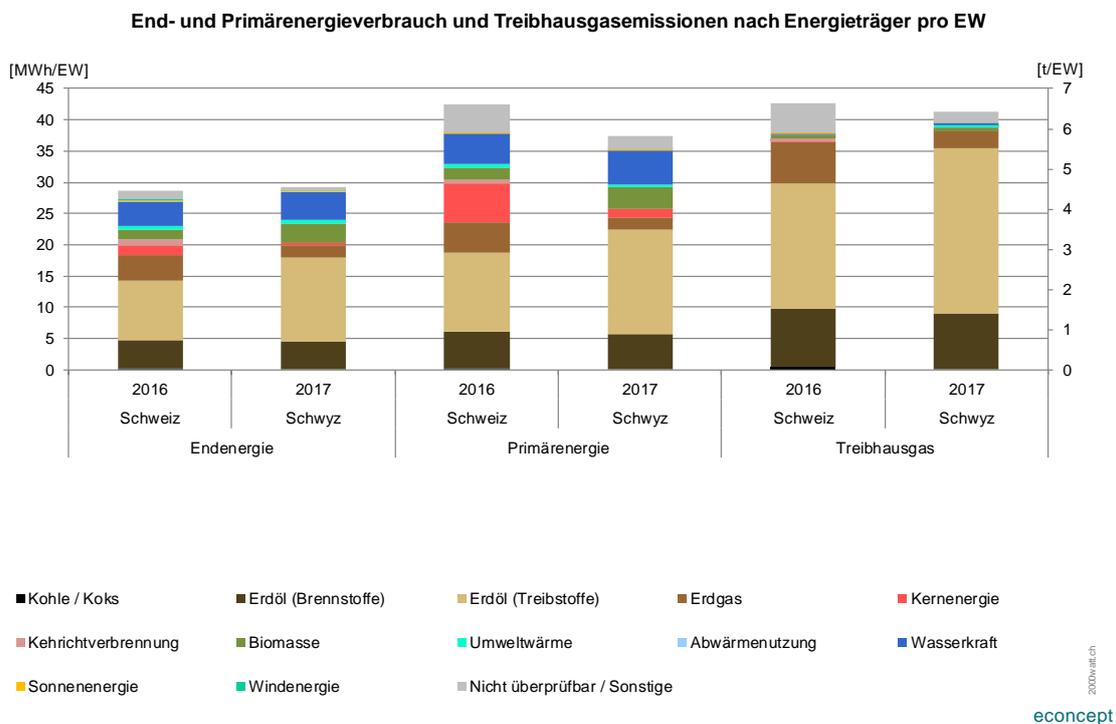
Wie in Figur 9 ersichtlich, beläuft sich der Endenergieverbrauch gemäss Kalkulator auf 4'606 GWh/Jahr und ist somit 17% grösser als in den Berechnung für das vorliegende Energieverbrauchsmonitoring 2017 (siehe Figur 4). Insbesondere der Anteil der Treibstoffe ist deutlich grösser. Begründet liegt dies in der unterschiedlichen Berechnungsmethodik: im Energieverbrauchsmonitoring 2017 wird mit einem durchschnittlichen Verbrauch pro Einwohner/in gerechnet, im Kalkulator mit einem durchschnittlichen Verbrauch pro Personenwagen. Die Ausstattung der Bevölkerung im Kanton Schwyz mit Personenwagen ist deutlich höher (0.83 Personenwagen pro Einwohner) als im Schweizer Durchschnitt (0.72 Personenwagen pro Einwohner). Das führt in der Berechnungsmethodik auf Basis der Personenwagen zu einem höheren Verbrauch als mit der Berechnung pro Person. Würde der Endenergieverbrauch aus Treibstoffen ausgeklammert, weichen die beiden Berechnungsmethoden beim Endenergieverbrauch um ca. 7% ab. Die Differenz hat u. a. mit unterschiedlichen Annahmen bei der Berechnung der Wärme aus Holz¹⁹, sowie dem Bahnstrom zu tun, welcher im Kalkulator per Default noch hinzugerechnet wird.

¹⁹ Für das Energieverbrauchsmonitoring 2017 wurde die Nennleistung der Holzheizungen verwendet und mit 1'750 Volllaststunden verrechnet. Im Kalkulator müsste die Feuerungsleistung eingegeben werden (Nennleistung = Feuerungsleistung mal Wirkungsgrad der Heizung). Dazu müsste man jedoch eine weitere Annahme zum Wirkungsgrad machen. econcept schlägt vor, auf diesen Zusatzschritt zu verzichten, weil damit eine grössere Genauigkeit suggeriert wird, als auf Basis der verfügbaren Informationen zu den Holzheizungen überhaupt möglich ist.



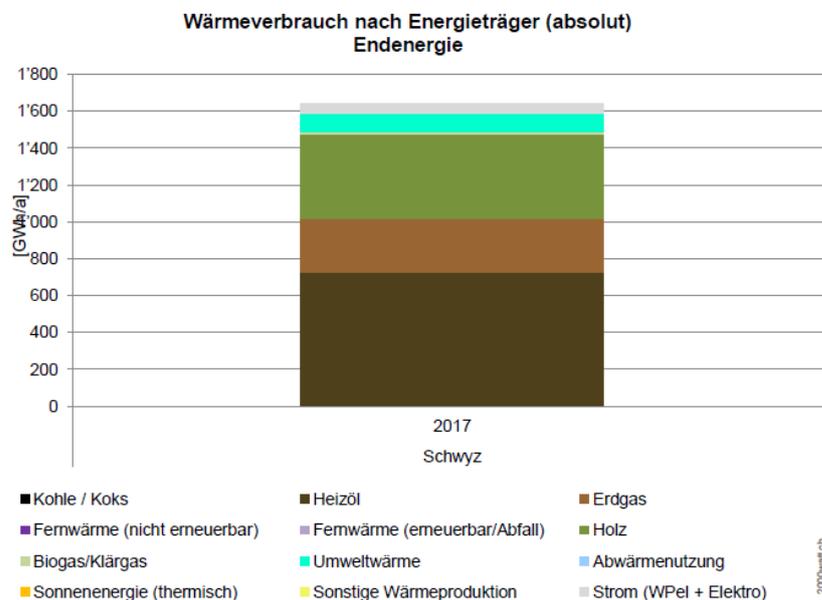
Figur 9: Auszug aus Kalkulator (Arbeitsblatt «Fig_3», Abbildung 3.1), welcher den End- und Primärenergieverbrauch (GWh) und die Treibhausgasemissionen (kt CO_{2-eq}) im Jahr 2017 nach Energieträger aufzeigt.

Figur 10 zeigt dieselben Daten pro Einwohner (EW) und im Vergleich zur Schweiz. Für einen Vergleich mit Figur 7 müssen diese Werte auf die Dauerleistung umgerechnet werden: die 38 MWh/EW Primärenergie im Kanton Schwyz (vierte Säule von links) entsprechen 4'338 Watt/EW. Die Differenz von 4'338 Watt/EW zum Wert von 3'645 Watt/EW (vgl. Figur 7, rechte Säule) entspricht wieder den oben beschriebenen 17%.



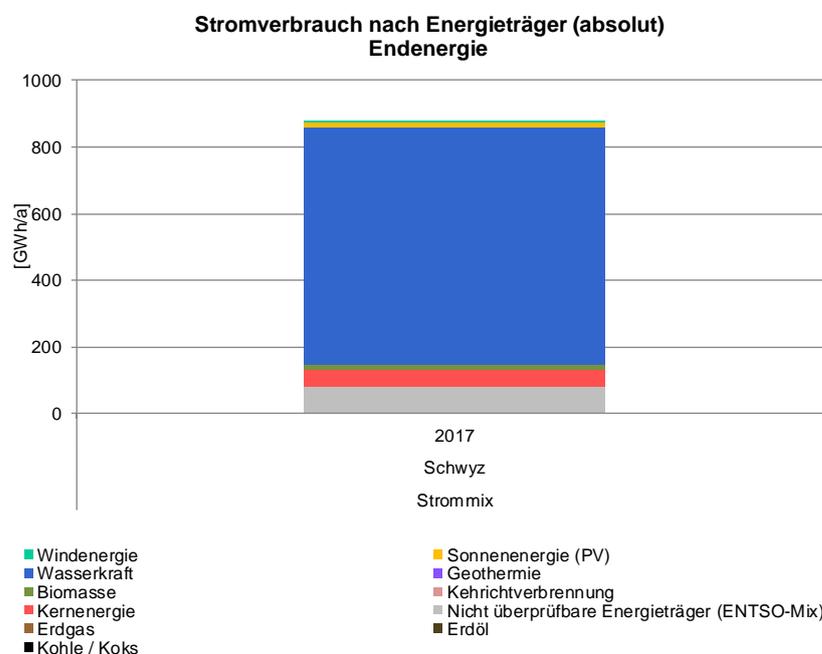
Figur 10: Auszug aus Kalkulator (Arbeitsblatt «Fig_3», Abbildung 3.2), welcher den End- und Primärenergieverbrauch (MWh) und die Treibhausgasemissionen (t CO_{2-eq}) pro Einwohner im Jahr 2017 nach Energieträger aufzeigt.

Die Figur 11 und die Figur 12 zeigen den Wärme- respektive den Stromverbrauch (Endenergie) nach Energieträger für das Jahr 2017 im Kanton Schwyz. Für den Stromverbrauch stimmen die Werte aus dem Kalkulator und den Resultaten im Kapitel 3 überein. Für den Wärmebedarf ist eine Abweichung von ca. 12% zu beobachten²⁰.



econcept

Figur 11: Auszug aus Kalkulator (Arbeitsblatt «Fig_1», Abbildung 1.1), welcher den Wärmeverbrauch (Endenergie) nach Energieträger im Kanton Schwyz im Jahr 2017 zeigt.



econcept

Figur 12: Auszug aus Kalkulator (Arbeitsblatt «Fig_2», Abbildung 2.1), welcher den Stromverbrauch (Endenergie) nach Energieträger im Kanton Schwyz im Jahr 2017 zeigt.

²⁰ Die Abweichung ist grösser als die oben ausgewiesenen 7%, da der Stromverbrauch der Wärmepumpen für die Nutzung der Umweltwärme im Kalkulator zur Wärme gezählt wird.

N1 Nachtrag zur Interpellation I 31/18

Nachfolgend werden die Fragen aus der Interpellation I 31/18 «Wird der Kanton Schwyz die Ziele der Energiestrategie 2020 erreichen?», eingereicht am 13. Oktober 2018, auf Basis des Energieverbrauchsmonitoring 2017 und dem Vergleich mit 2008 beantwortet:

Frage: Wie hat sich der Anteil an erneuerbaren Energieträgern an der Energieversorgung (gemäss Verständnis econcept ist der Energieverbrauch gemeint) im Kanton Schwyz entwickelt?

Der Anteil des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen am Gesamtendenergieverbrauch machte im Jahr 2008 rund 17% aus und stieg bis zum Jahr 2017 auf 30%. Der erneuerbare Anteil am Gesamtelektrizitätsverbrauch ist von 43% im Jahr 2008 auf 85% im Jahr 2017 gestiegen. Dies vor allem durch den Umstieg von Kernkraft zu Wasserkraft. Der erneuerbare Anteil am Gesamtwärmeverbrauch ist von 20% im Jahr 2008 auf 29% im Jahr 2017 gestiegen. Dies insbesondere durch die vermehrte Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen und die Berücksichtigung der Wärmenutzung aus Biomasse.

Frage: Wie hat sich der Anteil einheimischer Energieträger (gemäss Verständnis econcept ist die im Kanton Schwyz produzierte Energie gemeint) an der Energieversorgung (gemäss Verständnis econcept ist der Energieverbrauch gemeint) im Kanton Schwyz seit 2013 entwickelt (Angaben nach elektrischer und nach Wärmeenergie)?

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt, dass der Endenergieverbrauch 2017 zu 24% mit der lokalen Energieproduktion hätte gedeckt werden können. Beim Strom entspricht die lokale Produktion 58% des Verbrauchs, bei der Wärme sind es 29%. Wie bereits in Kapitel 4.1 erläutert, handelt es sich bei diesem Vergleich um eine rein rechnerische Grösse und ist nicht mit dem effektiven Anteil an erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch gleichzusetzen.

Betrachtungsjahr	Endenergieverbrauch			Elektrizitätsverbrauch			Wärmeverbrauch		
	Verbrauch	Produktion	lokal	Verbrauch	Produktion	lokal	Verbrauch	Produktion	lokal
	GWh	GWh	%	GWh	GWh	%	GWh	GWh	%
2008	3'700	725	20%	895	471	53%	1'258	254	20%
2017	3'815	925	24%	880	513	58%	1'435	412	29%
Zu-/Abnahme	+ 3.0%	+ 28 %	+ 4%	- 1.7%	+ 9%	+ 5%	+ 14%	+ 62%	+ 9%

Tabelle 10: Entwicklung der Anteile an lokal produzierter, erneuerbaren Energie am Endenergieverbrauch des Kantons Schwyz. Die Verbrauchszahlen sind in Figur 4 ersichtlich. Die lokale, erneuerbare Energieproduktion ist im Kapitel 4.1 erläutert.

Frage: In welchem Umfang wurde im Kanton Schwyz seit 2013 der Verbrauch von Energie (Angabe nach Primär- und Sekundärenergie (gemäss Verständnis econcept ist die Endenergie gemeint)) reduziert?

Der Endenergieverbrauch hat um 3% zugenommen. Der Primärenergieverbrauch hat 2017 gegenüber 2008 um 16% abgenommen. Der Primärenergieverbrauch hat trotz einer leichten Zunahme des Endenergieverbrauchs abgenommen, weil beim Strom ein grosser Teil des primärenergieintensiven Atomstroms durch Wasserstrom ersetzt wurde.

Frage: Wie weit konnte der Ausstoss von CO₂ pro Person und Jahr seit 2013 vermindert werden? (econcept geht davon aus, dass gemäss Auftrag der Stand 2017 mit 2008 verglichen wird.)

Die CO₂-Emissionen pro Person und Jahr haben sich von 2008 zu 2017 um 10% reduziert. Wir sehen drei Gründe für diese Reduktion:

- Eine leichte Verschiebung von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern beim Wärmeverbrauch.
- Ein Rückgang des Anteils Strom mit «nicht überprüfbarer» Herkunft, der mit hohen CO₂-Emissionen gewichtet wird.
- Ein Rückgang des Schweizer Pro-Kopf-Verbrauchs an Benzin und Diesel, welcher für die Hochrechnung für den Kanton Schwyz verwendet wurde.

Die Reduktion der CO₂-Emissionen pro Person im Kanton Schwyz ist jedoch deutlich geringer ausgefallen als in der Gesamtschweiz mit -23%²¹.

²¹ CO₂-Emissionen pro Kopf, Quelle: BAFU, BFS

Anhang

A-1 Anpassungen am Tool 2008

Um die Vergleichbarkeit der Resultate des Energieverbrauchs der Jahre 2008 und 2017 zu gewährleisten, wurden einige Anpassungen am ursprünglichen Tool vorgenommen²²:

- Die Volllaststunden der Kleinf Feuerungen mit Öl als Brennstoff wurden von 2'000 h/a folgendermassen korrigiert: Für Kesselleistungen <70 kW wurden 1'500 h/a angenommen, für Leistungen >70 kW neu 1'750 h/a. Diese Annahmen entsprechen somit denjenigen im Energie- und Klimakalkulator (vgl. dazu auch die Ausführungen im Anhang A-5).
- Die Hochrechnungen für die Holzheizungen wurden für 2008 belassen. Für das Jahr 2017 wurden sie jedoch nach einer anderen Methodik ermittelt, weil mehr Daten zu den effektiv vorhandenen Feuerungen vorlagen. Neu wurden die effektiven Leistungen berücksichtigt. In den Berechnungen zu den Daten 2008 wurde die Anzahl Holzheizungen aus dem Feuerungskataster mit einer Annahme zur durchschnittlichen Leistung der Holzheizung multipliziert.
- Im Zusammenhang mit dem Update des Tools stellten wir fest, dass an einer Stelle die Zahlen von Heizöl und Erdgas vertauscht eingegeben worden waren. Deshalb wurden die Zahlen von 2008 neu berechnet.

A-2 Methodik Verbrauch fossile Energieträger

Verbrennung von Heizöl

Der Verbrauch von Heizöl extraleicht wurde anhand der Verzeichnisse der Ölfeuerungen aus den Feuerungskontrollen im Kanton SZ abgeschätzt. Der Verbrauch von Heizöl mittel und schwer, sowie Diesel und Propan (eine Anlage mit Prozesswärme für Einbrennofen) wurden vernachlässigt.

- Kleinf Feuerungen: Die Daten über die Leistung der installierten Ölheizungen <1'000 kW werden im Rahmen der obligatorischen Feuerungskontrolle erhoben, jedoch nicht zentral verwaltet. Da nicht alle Feuerungsdaten zur Verfügung gestellt werden konnten, wurden die vorhandenen Daten, die knapp 70 % der Bevölkerung abdecken, auf den ganzen Kanton hochgerechnet. Der Endenergieverbrauch wurde berechnet, indem die

²² Siehe Protokoll der Besprechung vom 16.05.2019 zwischen der Energiefachstelle Kanton Schwyz und econcept.

Kesselleistungen der einzelnen Feuerungen mit den Volllaststunden multipliziert wurden. Für Anlagen mit Kesselleistungen <70 kW wurde mit 1'500 Volllaststunden pro Jahr gerechnet, für solche >70 kW mit 1'750 h/a. Diese Annahmen entsprechen denjenigen im Kalkulator. Wegen der unvollständigen Datenlage wurde darauf verzichtet, eine feinere Abstufung der Leistungsklassen und Überdimensionierungen bei älteren Feuerungen zu berücksichtigen, da dadurch eine zu grosse Genauigkeit suggeriert würde (siehe Anhang A-5).

- Grossfeuerungen: Die Daten zum Ölverbrauch der Grossfeuerungen (>1'000 kW) stammen aus dem kantonalen Verzeichnis. Dort sind u.a. die jeweiligen Betreiber, deren Leistung, Brennstoff, Ölverbrauch und Betriebsstunden aufgeführt. Circa die Hälfte der Anlagen sind reine Notanlagen. Für die Berechnung des Endenergieverbrauchs wurde der angegebene jährliche Ölverbrauch (kg/a) mit dem Brennwert von Heizöl²³ multipliziert.

Verbrennung von Erdgas

Für den Erdgasverbrauch werden die Daten zum Erdgasabsatz der vier im Kanton SZ tätigen Gasversorger (Erdgas Innerschwyz (egi), EW Höfe, Erdgas Einsiedeln, Energie Zürichsee Linth AG) verwendet. Wo bekannt, wurden die Gasmengen, welche an Gastankstellen abgesetzt wurden, von der abgesetzten Menge subtrahiert. Zudem wurde, wo bekannt, die abgesetzte Menge Biogas subtrahiert, um Doppelzählungen zu vermeiden.

A-3 Methodik Verbrauch Elektrizität

Der ins Kantonsgebiet gelieferte Stromabsatz (Sicht Lieferanten) wurde basierend auf einer Datenumfrage bei den EVU bestimmt. Anhand der Informationen zur Stromkennzeichnung²⁴ wurde die jeweilige Absatzmenge pro Primärenergieträger berechnet. Der Anteil der als «geförderter Strom» ausgewiesen ist, wurde den entsprechenden Primärenergieträgern zugewiesen²⁵.

Für die Erhebung des Stromverbrauchs im Kanton Schwyz ist die gesamthaft verbrauchte Elektrizität der gebundenen und marktberechtigten Kunden relevant. Seit 2009 können Grossverbraucher ab 100'000 kWh/a ihren Stromversorger als sogenannt marktberichtete Kunden frei wählen. Es ist zu berücksichtigen, dass die marktberechtigten Kunden den Strom entweder a) bei einem lokalen EVU, b) bei einem anderen Schwyzer EVU oder c) von einem ausserkantonalen EVU beziehen können.

²³ Analog zur Berechnung im Jahr 2008 wurde mit einem Brennwert von 45.5 MJ/kg gerechnet.

²⁴ <https://www.stromkennzeichnung.ch/de/suche.html>

²⁵ Brief des BFE an die Elektrizitätsunternehmen: Stromkennzeichnung: «Geförderter Strom» und Publikation Lieferantenmix auf www.stromkennzeichnung.ch, verfasst am 05.04.2018.

Deshalb wurden bei den vier grössten Versorgern die Stromdurchleitungsmengen abgefragt und ausgewiesen (Sicht Verteilnetz). Dies erfolgte für das Elektrizitätswerk Schwyz AG (EWS), ebs Energie AG, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) und EW Höfe AG. Die Differenz zwischen der Verteilnetzperspektive und der Lieferantensicht pro EVU ergibt denjenigen Strom, welcher nicht beim lokalen EVU bezogen wurde. Die Summe dieser Differenzen ergibt die maximal mögliche Menge des am freien Markt bezogenen Stroms im Versorgungsgebiet der vier EVU. Die tatsächliche Menge des am freien Markt bezogenen Stroms liegt möglicherweise unter diesem Wert, da dieselbe Einheit Strom bei mehreren EVUs ausgewiesen werden könnte.

Bei neun Partnerwerken der energie march netze ag (EMNAG) wurden nach Abschluss der Berechnungen ebenfalls noch weitere Informationen aus Sicht Verteilnetz angefragt. Gesamthaft wurden demnach maximal 11.8 GWh durch Dritte geliefert. Da die Partnerwerke in der Datenerhebung unterschiedliche Ansätze verfolgten (z. T. aus Sicht Verteilnetz, z. T. aus Sicht Lieferanten), die aufwändig zu bereinigen wären, wurde von einer nachträglichen Anpassung des Gesamtstromverbrauchs abgesehen. Für zwei weitere, kleinere Versorger wurden die Lieferungen Dritter an marktberechtigten Kunden nicht abgefragt. Wir gehen davon aus, dass deren Verbrauchsmengen vernachlässigbar sind.

Die Stromzusammensetzung des am freien Markt bezogenen Stroms ist nicht bekannt. Für die Berechnung des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen wird konservativ angenommen, dass diese Kunden den europäischen Produktionsmix (ENTSO-E-Mix) beziehen.

Der Anteil von Strom mit «nicht überprüfbarer» Herkunft (sogenannter Graustrom) hat seit 2008 stark abgenommen, da seit 2005 Stromversorgungsunternehmen gesetzlich verpflichtet sind, den gelieferten Strom gemäss dessen Herkunft zu deklarieren («Stromkennzeichnung»). «Nicht überprüfbar» bedeutet, dass aus buchhalterischen Gründen die Herkunft dieses Stromes nicht mehr nachvollziehbar ist. Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen wird in diesem Fall ebenfalls der europäische Produktionsmix (früher UCTE-Mix, heute ENTSO-E-Mix) verwendet. Dieser stammt zu circa 40% aus fossil-thermischen Anlagen und aus Kohlekraftwerken, was u. a. zu einem hohen Treibhausgaskoeffizienten führt (vgl. dazu die Primärenergiefaktoren bzw. Treibhausgaskoeffizienten in Anhang A-7).

A-4 Methodik Erneuerbare Energieträger

A-4.1 Biomasse

Holz: Verbrauch und Produktion

Bei der **Verbrauchserhebung** wurde der Endverbrauch von Wärme aus dem Energieträger *Holz* für Kleinf Feuerungen und Grossfeuerungen unterschiedlich berechnet. Für die Berechnung des Endverbrauchs von Wärme aus Kleinf Feuerungen (<70 kW) wurde die aufsummierte Feuerungswärmeleistung der zu Heizzwecken eingesetzten Anlagen (Stückholzfeuerungen, Schnitzelfeuerungen, Pelletfeuerungen) der einzelnen Gemeinden²⁶ auf den Kanton hochgerechnet und mit der Anzahl Volllaststunden multipliziert. In Anlehnung an den Kalkulator wurden 1'750 Volllaststunden pro Jahr angenommen.

Für die Berechnung des Endverbrauchs von Wärme aus Grossfeuerungen (≥70 kW) wurde der angegebene jährliche Holzverbrauch (kg/a) pro Holzart (Stückholz, Holzschnitzel, Pellets) mit dem jeweiligen Brennwert²⁷ multipliziert. Die Daten zum Holzverbrauch der Grossfeuerungen (>70 kW) stammen aus dem kantonalen Verzeichnis. Dieses Verzeichnis beinhaltet nicht nur Zentralheizungen von Mehrfamilienhäusern, sondern auch Quartierheizungen mit Nahwärmnetz und WKK-Anlagen zur Fernwärme- und Stromproduktion. Der Anteil Holz, welcher für die Stromproduktion eingesetzt wird, wurde vom totalen Brennstoffverbrauch subtrahiert. Der aus Holz erzeugte Stromverbrauch wird durch den gelieferten Strommix berücksichtigt.

Für die **Produktionserhebung** wurde angenommen, dass die Produktion von erneuerbarer Wärme aus Biomasse dem Verbrauch entspricht (ohne Berücksichtigung von Verteilverlusten u. ä.). Es wurde nicht geprüft, ob diese nutzbare Wärme tatsächlich auch als Nutzenergie verbraucht wurde. Für Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen wurde der Anteil Stromerzeugung addiert. Wenn keine Produktionsdaten verfügbar waren, wurde für Holzfeuerungen angenommen, dass 1/3 des Energieinhaltes des Brennstoffes zur Stromproduktion genutzt wurden.

Biogas: Verbrauch und Produktion

Bei der **Verbrauchserhebung** wurde, wo bekannt, der von den Erdgaslieferanten ausgewiesene Absatz von Biogas verwendet²⁸. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass nicht alle Lieferanten den Biogasabsatz ausgewiesen haben. Der aus Biogas erzeugte Stromverbrauch wird durch den gelieferten Strommix berücksichtigt.

Für die **Produktionserhebung** wurde die in der Liste der kostenorientierten Einspeisevergütung (KEV)-Anlagen aufgeführte Elektrizitätsproduktion summiert und basierend auf

²⁶ Für 46% der Einwohner waren verlässliche Daten verfügbar. Bei Gemeinden wo für einzelne Anlagen Leistungsangaben fehlten wurden folgende durchschnittlichen Feuerungsleistungen angenommen: Stückholzfeuerungen 40 kW, Schnitzelfeuerungen 50 kW, Pelletfeuerungen 30 kW.

²⁷ Analog zur Berechnung im Jahr 2008 wurde mit folgenden Brennwerten gerechnet: Stückholz 16.65 MJ/kg, Holzschnitzel 13.35 MJ/kg, Pellets 18.3 MJ/kg.

²⁸ Der Gasversorger Energie Zürichsee Linth AG liefert Erdgas Plus, welches einen Biogasanteil von 5% aufweist.

Durchschnittswerten die erzeugte Wärmemenge abgeschätzt (Wärme für Fermenterbeheizung wird nicht als Nutzwärme ausgewiesen). Zudem wurde die ins Gasnetz eingespeiste Menge Biogas, welche gemäss Annahme anschliessend für Wärmezwecke verwendet wird, auf der Basis von Schweizer Durchschnittswerten²⁹ abgeschätzt. Es wurde jedoch nicht geprüft, ob diese nutzbare Wärme tatsächlich auch als Nutzenergie verbraucht wurde.

Klärgas: Verbrauch und Produktion

In vielen kommunalen Abwasserreinigungsanlagen wird aus dem anfallenden Klärschlamm in Faultürmen Klärgas erzeugt und zu Strom, Wärme und Biogas umgewandelt. Für die **Verbrauchserhebung** wird die anfallende Wärme als Nutzwärme ausgewiesen (analog zur Methodik der Energiestatistik). Die im Kanton verbrauchte Biogasmenge wird bereits unter Biogas geführt. Die aus Klärgas erzeugte Elektrizität wird durch den gelieferten Strommix berücksichtigt.

Für die **Produktionserhebung** wurde der Brennstoffdurchsatz der Blockheizkraftwerke/Verbrennungsmotoren, welche in der Liste der Feuerungskontrolle aufgeführt sind, über die Dichte, den Brennwert und den Wirkungsgrad in die produzierte Energiemenge umgerechnet³⁰. Es wird angenommen, dass die ins Gasnetz eingespeiste Menge Biogas für Wärmezwecke verwendet wird. Sie wird deshalb unter Wärme aufgeführt. Es wurde jedoch nicht geprüft, ob diese nutzbare Wärme tatsächlich auch als Nutzenergie verbraucht wurde.

A-4.2 Umweltwärme

Im Mittel kann pro kWh Strom rund 2.2 kWh erneuerbare Umweltwärme genutzt werden (Quelle: EE-Statistik 2017). Vor diesem Hintergrund und auf Grund von Erfahrungswerten wurde für die Berechnungen von einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl (JAZ) von Wärmepumpen von 3 ausgegangen. Um Nutzwärme mittels Elektrowärmepumpen bereitzustellen, sind in diesem Fall ein Teil elektrischer Strom und zwei Teile Umweltwärme erforderlich. Der Anteil verbrauchter Strom ist im Stromabsatz enthalten, weshalb bei der Produktions- und Verbrauchserhebung nur der Anteil Umweltwärme berücksichtigt wird. Dieser Anteil wird über die Verdampferleistung bestimmt³¹.

Für die Berechnungen werden je nach Wärmequelle drei verschiedene Wärmepumpen unterschieden, welche in Tabelle 11 dargestellt sind. Die genutzte Umweltwärme wurde basierend auf der Summe der Verdampferleistungen der installierten Anlagen berechnet, welche die Energiefachstelle in einer Liste zusammengestellt hat. Die Verdampferleistung wurde mit 1'750 Volllaststunden multipliziert.

²⁹ Aus der Liste der kostenorientierten Einspeisevergütung (KEV)-Anlagen beträgt die kumulierte Stromproduktion der Biogasanlagen auf Kantonsgebiet im Jahr 2017 5.298 GWh. Basierend auf der Teilstatistik Erneuerbare Energie

³⁰ Dichte: 0.72 kg/m³, Brennwert: 6 kWh/m³, Gesamtwirkungsgrad BHKW: 81%, <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/>, 30.05.2019.

³¹ Verdampferleistung (kW_{th}) = Heizleistung (kW_{th}) – elektrische Leistungsaufnahme der Verdichter (kW_e)

Anlage	Wärmequelle	Datengrundlage	Datenqualität
Wasser/Wasser-Wärmepumpe (WWWP)	Wasser	Verdampferleistung aus dem Verzeichnis der bewilligungs- und konzessionspflichtigen, installierten Anlagen.	Ca. bei 2/3 der Anlagen keine Leistung → Annahme 60 kW (ca. Mittelwert der Anlagen mit Angaben).
Sole/Wasser-Wärmepumpe (SWWP)	Erdreich	Verdampferleistung aus dem Verzeichnis der bewilligungspflichtigen, installierten Anlagen (Energiekörbe, Energiepfähle, Erdregister und Erdwärmesonden).	Ca. bei 2/3 der Anlagen keine Leistung → Annahme 20 kW (ca. Mittelwert der Anlagen mit Angaben).
Luft/Wasser-Wärmepumpe (LWWP)	Luft	Keine Daten (da nicht bewilligungspflichtig), deshalb Abschätzung basierend auf durchschnittlichen (2012-2017) gesamtschweizerischen Verkaufszahlen ³² .	Annahme: Luft/Wasser-Wärmepumpen entsprechen 64% der gesamtschweizerischen Verkaufszahlen. Annahme Durchschnittsleistung: 10 kW

Tabelle 11: Übersicht über die verschiedenen Wärmepumpenheizungen nach Wärmequelle, sowie Angaben zur Datengrundlage und –qualität.

A-4.3 Solarthermie

Die Nutzung von Solarthermie wird im Kanton nicht zentral erfasst. Die von der Energiefachstelle bereitgestellte Liste ist ein Auszug aus der Baubewilligungsdatenbank und umfasst knapp hundert Einträge. Diese ergeben aufsummiert eine Gesamtkollektorfläche von knapp 1'000 m². Bereits im Frühjahr 2010 wurden 107 Anlagen mit einer Kollektorfläche von über 1'200 m² bewilligt. Wird die gemäss Markterhebung Sonnenenergie 2017³³ installierte Fläche in der Schweiz auf die Einwohnerzahlen des Kantons Schwyz heruntergerechnet, ergibt sich eine erwartete Fläche von ca. 1'400 m². Deshalb besteht die Vermutung, dass bei weitem nicht alle Sonnenkollektoren in der Liste enthalten sind. Die Begründung dafür ist, dass die Sonnenkollektoren, welche bei Neubauten in den Baugesuchen aufgeführt sind, in der Liste nicht enthalten sind. Denn es ist nicht möglich, diese Anlagen automatisiert aus den Baubewilligungsdokumenten auszulesen. Die Liste enthält nur die separat bewilligten Anlagen.

Im Auszug aus der Baubewilligungsdatenbank sind zudem keine Angaben zur Absorbertechnik und den Anwendungsbereichen (nur Warmwasseraufbereitung oder zusätzlich auch Heizunterstützung) ersichtlich. Die Anwendungsbereiche bestimmen jedoch die spezifischen Erträge pro Kollektorfläche mit. Auf Grund der zahlreichen fehlenden Anlagen und den fehlenden Grundlagedaten wird, wie bereits beim Energieverbrauch 2008, der gemäss schweizerischem Durchschnitt zu erwartende Solarthermieertrag pro Quadratmeter Anlagefläche ermittelt³⁴.

³² Statistiken der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz

³³ Markterhebung Sonnenenergie 2017, Teilstatistik der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien, ausgearbeitet durch SWISSSOLAR, Juli 2018, Kap. 3.4

³⁴ Markterhebung Sonnenenergie 2017, Teilstatistik der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien, ausgearbeitet durch SWISSSOLAR, Juli 2018, Kap. 3.5.3, Summe der Energie 2017 über alle Kategorien: 695'810 MWh in der Schweiz. Über das mit Einwohnerzahlen gewichtete Mittel ergibt sich für den Kt. SZ eine Energiemenge von 12'951 MWh.

A-4.4 Photovoltaik

Für die **Produktionserhebung** aus Photovoltaikanlagen (PV) hat die Energiefachstelle des Kantons Schwyz econcept zwei Listen zur Auswertung von Strom aus PV zugestellt: Einerseits die Auflistung der installierten Anlagen, welche von der kostenorientierten Einspeisevergütung (KEV) des Bundes profitiert haben. Die darin ausgewiesene Produktion im Jahr 2017 beläuft sich auf 7'188 MWh. Andererseits die Auflistung der Anlagen, welche eine Einmalvergütung (EIV) bezogen haben. Weil darin viele Angaben zur im Jahr 2017 produzierten Energiemengen fehlen, wurde die realisierte Leistung mit dem spezifischen Jahresertrag von 1'000 kWh/kWp multipliziert³⁵. Somit ergibt sich für diese Anlagen eine Produktion von 11'083 MWh. Anlagen, die keine Fördergelder erhalten haben, konnten in der Erhebung nicht berücksichtigt werden.

Bei der **Verbrauchserhebung** ist zu berücksichtigen, dass der lokal produzierte Solarstrom von vielen PV-Prozenten ins Netz der Energieversorgungsunternehmen eingespeist wird. Dieser Teil ist aus den Umfragen bei den Energieversorgungsunternehmen bekannt. Zudem wird ein Teil der Elektrizität direkt vor Ort beim Produzenten verbraucht (Eigenverbrauch).

Um den Eigenverbrauch zu bestimmen, werden vom total produzierte Solarstrom (siehe oben) die Rückspeisungen an die Energieversorgungsunternehmen abgezogen. Den total verbrauchten Solarstrom erhält man somit, indem man den von den Energieversorgungsunternehmen gelieferten Solarstrom zum berechneten Eigenverbrauch addiert. Zur Vereinfachung wurden für den Stromanteil aus dem Eigenverbrauch die gleichen Primärenergiefaktoren und CO₂-Emissionskoeffizienten wie beim Bezug vom Netz verwendet (vgl. Anhang A-7).

³⁵ Der spezifische Jahresertrag für eine gut ausgerichtete und geneigte PV-Anlage an einem sonnigen Standort in der Schweiz beträgt rund 1000 kWh / kWp. Quelle: http://www.eigenverbrauchsrechner.ch/Documents/Dokumentation_Eigenverbrauchsrechner.pdf, abgerufen am 23.04.2019.

A-5 Volllaststunden

In der Studie von 2011 für den Verbrauch von 2008 wurden für die Hochrechnung des Heizölverbrauchs auf Basis der Leistung der installierten Anlagen 2'000 Volllaststunden angenommen. 2012 erarbeitete econconcept im Auftrag der Stadt Zürich ein Tool, mit welchem auf Grund der installierten Leistung gemäss Feuerungskataster der Heizölverbrauch geschätzt werden kann. Für dieses Tool wurden die effektiven Betriebsstunden von Gasheizungen, welche für die Studie vorlagen, mit den installierten Leistungen und mit dem effektiven Verbrauch abgeglichen (von Grünigen & Ott 2012). Auf dieser Basis konnte gezeigt werden, dass die bisher in der gängigen Praxis angenommenen 2'000 Volllaststunden zu hoch angesetzt waren. Dies hat damit zu tun, dass insbesondere ältere Heizungen tendenziell überdimensioniert sind. Zudem weisen kleinere Heizungen eher tiefere Volllaststunden auf, während grössere Anlagen eher mehr Volllaststunden ausweisen.

Die nachfolgende Tabelle zeigte die ermittelten Volllaststunden für Zürich.

Leistungsklasse	Vollbetriebsstunden in einem Zürcher Normaljahr
0 bis 30 kW	1'449 h/a
31 bis 70 kW	1'843 h/a
71 bis 350 kW	1'938 h/a
grösser 350 kW	1'800 h/a

Tabelle 12: Vollbetriebsstunden von Heizkesseln für ein Zürcher Normaljahr nach Leistungsklasse; Quelle: von Grünigen & Ott 2012

Zudem wurde in der Studie empfohlen, bei Heizungen, die älter als 1990 sind, die Volllaststunden nochmals zu reduzieren: Heizungsbaupjahr 1980-1989 minus 20%, Heizungsbaupjahr älter 1980 minus 45% bei den Volllaststunden.

Seit der Studie von 2012 werden auch in anderen Tools die Volllaststunden für Ölheizungen tiefer angesetzt. Der Energie- und Klimakalkulator der Fachstelle 2000-Watt-Gesellschaft von EnergieSchweiz für Gemeinden geht für Ölfeuerungen bis 70 kW Leistung von 1'500 Volllaststunden aus. Bei Feuerungen mit mehr als 70 kW Leistung von 1'750 Volllaststunden. Eine Differenzierung nach Baujahr erfolgt nicht.

Um die neuen Erkenntnisse zu den Volllaststunden von älteren Heizungen zu berücksichtigen und die Kontinuität zum Energie- und Klimakalkulator zu gewährleisten, wurde in Absprache mit der Auftraggeberschaft entschieden, die Volllaststunden gemäss Energie- und Klimakalkulator zu verwenden. Wir weisen jedoch darauf hin, dass in einigen Jahren, wenn immer mehr alte Heizungen durch neue, genauer dimensionierte Anlagen ersetzt worden sind, die Volllaststunden wieder angehoben werden müssen.

A-6 Heizgradtage

Um den Energieverbrauch von Gebäuden aus zwei unterschiedlich kalten Jahren miteinander zu vergleichen, wird eine Klimakorrektur empfohlen. Grundsätzlich geht es dabei darum zu berücksichtigen, dass Gebäude einen grösseren Wärmeverlust haben, je grösser die Differenz der Raumtemperatur zur Aussentemperatur ist. Diese so genannte Klimakorrektur erfolgt entweder mit der Heizgradtagkorrektur oder gemäss neuer SIA 380, Anhang G, neu auch mit der Methode der «Klimakorrektur mit akkumulierten Temperaturdifferenzen». Bei längeren Zeitreihen kann jedoch auf die Klimakorrektur verzichtet werden bzw. die Entwicklung der Heizgradtage oder der akkumulierten Temperaturdifferenz wird dann als Interpretationshilfe beigezogen.

Im Bilanzierungskonzept für die 2000-Watt-Gesellschaft, welches dem Energie- und Klimakalkulator zu Grunde liegt, wird auf die Klimakorrektur verzichtet.

Für den vorliegenden Vergleich des Energieverbrauchs 2008 mit 2017 wird in Absprache mit der Auftraggeberschaft aus zwei Gründen auf eine Klimakorrektur verzichtet:

- 1 Die beiden Jahre 2008 und 2017 waren ähnlich kalt bzw. warm. An der Klimastation in Luzern hatte das Jahr 2017 3% Heizgradtage weniger als 2008. An der Klimastation Altdorf war es umgekehrt: 2017 hatte 4% Heizgradtage mehr als 2008.
- 2 Der bezüglich Klima sensible Teil des Energieverbrauchs, nämlich der Heizwärmebedarf, wird in den vorliegenden Erhebungen zu einem grossen Teil auf Basis von installierten Leistungen und angenommenen Volllaststunden hochgerechnet. Es handelt sich nur beim Gas um effektive Verbräuche, die mit der Aussentemperatur schwanken.

A-7 Verwendete Primärenergiefaktoren und THG-Emissionskoeffizienten

Die nachfolgende Tabelle illustriert die verwendeten Primärenergiefaktoren und Treibhausgas-Emissionskoeffizienten pro Energieträger.

Energieträger	Primärenergiefaktor MJe _q / MJ	THG-Emissionskoeffizient kg CO ₂ eq / MJ
Fossile Brennstoffe		
HEL	1.24	0.084
Erdgas	1.15	0.063
Fossile Treibstoffe		
Benzin in PKW	1.28	0.089
Diesel in PKW	1.21	0.084
Erdgas in PKW	1.13	0.064
Kerosin in Flugzeug	1.21	0.083
Erneuerbare Wärme		
Holz (Stückholz)	1.11	0.008
Holz (Schnitzel)	1.14	0.003
Holz (Pellets)	1.20	0.008
Biogas	0.33	0.036
Sonnenkollektor Flach (RH und WW)	1.83	0.009
EWP Luft/Wasser (JAZ=2.8)	1.73	0.017
EWP Erdsonde (JAZ=3.9)	1.53	0.013
EWP Grundwasser (JAZ=3.4)	1.61	0.014
Elektrizität (ab Netz)		
Atomkraftwerk	4.21	0.006
Blockheizkraftwerk Biomasse	3.88	0.033
Photovoltaik	1.56	0.027
Windkraft	1.29	0.007
Wasserkraft	1.20	0.003
Kehrichtverbrennung	0.06	0.002
CH-Produktionsmix	2.50	0.007
CH-Verbrauchsmix	3.00	0.028
UCTE-Mix/ENTSO-E-Mix	3.18	0.146

Tabelle 13: Verwendete Primärenergiefaktoren und THG-Emissionskoeffizienten gemäss treeze (2017) (Tabelle 2.12).

Literatur

Bundesamt für Energie (2018): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017, herausgegeben durch das Bundesamt für Energie.

EnergieSchweiz (2014): Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft, herausgegeben durch EnergieSchweiz, Stadt Zürich und dem Schweizerischem Ingenieur- und Architektenverein.

Frischknecht R., Stolz P. (2017): Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, ESU-Services, Uster, Stand 2016.

Klingler G., Ott W., Umbricht A. (2011): Grundlagen zur energiepolitischen Strategie des Kantons Schwyz – Teil Energiepolitik, econcept im Auftrag des Baudepartements Kanton Schwyz, 18. Mai 2011

treeze (2017). Primärenergiefaktoren von Energiesystemen v. 2.22, Tab 2.1, Stand 2016

von Grünigen St., Ott W. (2012): Tool zur Abschätzung des Heizölverbrauchs der Stadt Zürich. econcept im Auftrag von Stadt Zürich, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ). 12. März 2012.