

ENERGIEWENDE DANK ENERGETISCHEM MODERNISIEREN UND SOLARENERGIE

Analyse zur Energieversorgung im Schweizer Markt und daraus resultierende Voraussetzungen um die Energiewende bis 2050 zu meistern.

GEMEINSAM DURCHBLICKEN.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Management Summary	5
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Energiewende dank Solar und Gebäudemodernisierung?	7
1.3 Datengrundlage	7
1.4 Abgrenzung	8
2 Energiebedarf und Verbrauch.....	9
2.1 Weltweiter Energieverbrauch.....	9
2.2 Energieverbrauch Schweiz	10
2.3 Stromverbrauch in der Schweiz.....	11
2.3.1 Schweizer Strombedarf pro Jahr	11
2.3.2 Schweizer Stromverbrauch nach Monaten	12
2.4 Welche Energieträger werden künftig wegfallen?	14
2.4.1 Kernenergie.....	14
2.4.2 Fossile Brennstoffe.....	14
2.5 Energiebedarf Zukunft.....	16
2.5.1 Allgemein.....	16
2.5.2 Energiebedarf Mobilität und Raumwärme	17
2.5.3 Energiebedarf Mobilität.....	17
2.5.4 Energiebedarf Heizen	18
2.5.5 Energiebedarf PtX.....	20
2.5.6 Energiebedarf in Gesamtheit 2050.....	20
3 Energieträger der Zukunft.....	22
3.1 Energiestrategie 2050	22
3.2 Erneuerbare Energien.....	22
4 Energieertrag durch Solar.....	25
4.1 Solarthermische Anlagen.....	25
4.2 Photovoltaik.....	25
4.3 «Dreigestirn» Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpe	25
4.4 Solarthermie in der Praxis.....	28
5 Zukunft der Stromproduktion	31
5.1 Gesetzgeberische Aktivitäten.....	31
5.2 Solarpotenzial.....	31
5.3 Problematik der Solarenergie.....	32
6 Potenzial energieeffiziente Modernisierungen.....	35

6.1	Ausgangslage	35
6.2	Was beinhaltet die energieeffiziente Modernisierung?	35
7	Stromproduktion 2050	39
8	Benötigte Ressourcen	42
8.1	Aktueller Stand	42
8.2	Mitarbeitende Solarbranche	42
8.3	Mitarbeitende und Wertschöpfung Gebäudemodernisierung.....	43
8.4	Total benötigte Fachkräfte für die Energiewende	45
9	Abschluss und Fazit	47
Anhang: Beitrag Tages-Anzeiger «Unabhängiger in die Zukunft dank energetischem Modernisieren und Solarenergie»		49
Anmerkungen.....		50

Vorwort

Corona-Pandemie und Ukraine-Krieg übergaben sich im ersten Quartal des Jahres 2022 den Staffelstab. Während die Pandemie noch immer für Materialknappheit sorgt, zeigt uns der Krieg erbarmungslos unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen auf. Die Folge: steigende Energiepreise und anhaltende Ressourcenknappheit.

Das Bewusstsein über die Wichtigkeit von Energie und die Abhängigkeit der Schweiz von teilweise im Demokratieverständnis zweifelhaften Staaten lassen viele Stimmen aufkommen, die zu einer Veränderung aufrufen. Eine Chance, die wir nicht ungenutzt verstreichen lassen dürfen. Während die Gesellschaft sich mehr Unabhängigkeit wünscht, können wir diese bieten. Die Sonne dient uns dabei als unbegrenzter Energielieferant.

Natürlich kann die Solarenergie die Energiewende nicht allein meistern. Sie kann aber einen grossen Anteil an deren Gelingen haben. Aber wie viel benötigen wir effektiv? Was bedeutet der Ausstieg aus der Kernenergie, die Elektrifizierung des Individualverkehrs sowie der Umbau der Wärmeerzeugung, weg von fossilen Energieträgern zu erneuerbaren? In den aktuellen publizierten Unterlagen haben wir darauf keine Antworten erhalten. Was bedeutet dies für die Gebäudehüllen-Branche? Würde ein reiner Heizungsersatz ausreichen, um den Strombedarf nach dem Umstieg auf erneuerbare Energien zu decken? Wie muss die Erneuerungsrate des Gebäudemodernisierens in Zukunft aussehen und welche Bauteile müssen modernisiert werden? Wie viele Fachkräfte werden dafür nötig sein?

Die Kommission Betriebswirtschaft hat sich mit dieser Untersuchung zum Ziel gesetzt, mithilfe einer fundierten Analyse der Energieversorgung diesen und anderen offenen Fragen nachzugehen. Die Antworten sollen dann den Akteuren der Gebäudehüllen-Branche helfen, die Zukunft im Hinblick auf die Energiewende zu planen und die notwendigen Massnahmen und die richtigen Entscheidungen zu treffen.

Kommission Betriebswirtschaft von Gebäudehülle Schweiz

Management Summary

Gemäss den Energieperspektiven des Bundes wird der Stromverbrauch im Jahr schweizweit gesamtheitlich netto 76 Terawattstunden (TWh) betragen. Im Vergleich zum Jahr 2020 stellt dies eine Erhöhung von rund 11 TWh dar. Dabei soll der Stromverbrauch im Jahr 2050 ohne Energie aus Kernkraft auskommen. Gleichzeitig wird die Individualmobilität elektrifiziert und fossile Heizsysteme sollen abgeschafft werden. Der Schweiz steht ein enormer Energie-Umbruch bevor. Das Abstellen der Kernkraftwerke, die zusätzliche Belastung durch Elektrofahrzeuge sowie die Transformation bei den Heizsystemen fordern entsprechende Massnahmen.

Ein grosses Potenzial zur Gewinnung von Strom steckt in erneuerbaren Energien. Vor allem Solartechnik (Photovoltaik und Solarthermie) auf Dächern und an Fassaden wird für die Energiewende eine wichtige Rolle spielen. Mit einem jährlichen Anstieg von 9 % an Photovoltaik auf Dächern und an Fassaden werden im Jahr 2050 mindestens 34.5 TWh an Strom aus Sonnenenergie produziert. Um dem Problem des fehlenden Winterstroms gerecht zu werden, ist die Energie effizient zu nutzen. Die alleinige Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien wie der Solartechnik löst dieses Problem nämlich nicht. Der entscheidende Faktor, ob die Energiewende geschafft werden kann, liegt im ganzheitlichen, energetischen Modernisieren des Gebäudeparks der Schweiz. Die optimale energetische Gebäudemodernisierung sieht dabei die Erneuerung der Gebäudehülle (Dach, Fassade, Keller, Fenster) und den Heizungsersatz vor. Zusätzlich kommt der Energiegewinn mit Solartechnik hinzu. Ein reiner Heizungsersatz, beispielsweise eine Wärmepumpe, ohne energetische Gebäudemodernisierung und ohne ergänzende Solartechnik führt in der Regel zu einem unerwünschten und ineffizienten Mehrverbrauch von Elektrizität.

Um die Energiewende bis 2050 zu schaffen, bedeutet dies für den Gebäudepark Schweiz, dass die aktuelle Erneuerungsrate von rund 0.5 % auf 3.6 % erhöht werden muss. Mit einer energetischen Gebäudemodernisierung bis zum Jahr 2050 können so rund 17.3 TWh Strom eingespart werden, wobei zusätzlich natürlich auch die fossilen Energieträger eingespart werden. Zusammen mit anderen Massnahmen wie alternativen Heizsystemen und der effizienten Nutzung des Stromüberschusses in den Sommermonaten, beispielsweise für das Umwandeln von Power-to-Gas (PtX) oder das Füllen der Pumpspeicherseen, wird die Energiewende Realität. Vernachlässigt man jedoch die energetische Gebäudemodernisierung, so ist die Energiewende nicht machbar.

Dank energetischen Gebäudemodernisierungsmassnahmen sinkt der Stromverbrauch, und der Bedarf an Energie kann fast gänzlich aus einer Kombination von Photovoltaik, übrigen erneuerbaren Energien, Wasserkraft und Holzenergie gestemmt werden. Die restlichen noch bestehenden Lücken können mit dem im Sommer durch Sonnenenergie geschaffenen und alternativ genutzten Überschuss durch die beiden (und weitere) vorher genannten Umwandlungen kompensiert werden. Somit wäre die Schweiz von ausländischen Stromlieferungen unabhängig.

Damit die Energiewende jedoch Realität wird, sind Fachkräfte nötig. Allein für den Zubau von Photovoltaikanlagen sind bis zum Jahr 2050 durchschnittlich pro Jahr rund 16'500 zusätzliche Fachkräfte notwendig. Um das energetische Modernisieren schweizweit voranzutreiben, sind jährlich im Durchschnitt weitere 20'500 zusätzliche Fachkräfte nötig. Eine gross angelegte Ausbildungsoffensive ist somit unumgänglich.

Um die Energiewende in der Schweiz zu stemmen, sind zusammenfassend verschiedene Massnahmen zu treffen, wobei sich diese die Hand reichen. Mit einem massiven Ausbau von Solartechnik auf mindestens 34.5 TWh und der Steigerung der Effizienz beim Verbrauch von Energie mithilfe einer energetischen Gebäudemodernisierung ist die Energiewende zu schaffen. Eine Ausbildungsoffensive für mehr Arbeitnehmende im Bereich Gebäudemodernisieren und im Bereich Installation und Betrieb von erneuerbaren Energien wie Photovoltaik ist dabei ein Muss.

Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Klimawandel ist sowohl in der Schweiz als auch auf der ganzen Welt zur Realität geworden. Eine Abkehr von fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien ist unabkömmlich und dringend notwendig. Auch wenn fossile Brennstoffe nach wie vor einen grossen Anteil an der Energiegewinnung haben, und auch künftig noch haben werden, muss der Anteil der fossilen Energieträger als Primärenergieträger im Lauf der nächsten Jahre, spätestens aber bis 2050, gegen null gehen, wenn die Schweiz ihre Klimaziele erreichen möchte. Dies bedeutet, dass eine massive Verschiebung von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien erfolgen muss. Dieses Vorhaben wird die Schweiz nur schaffen, wenn erneuerbare Energien und energetische Gebäudemodernisierungen gefördert und ermöglicht werden. Auch wenn bis dato bereits einige Millionen Quadratmeter an Photovoltaikanlagen im Dienst des Klimas stehen, sind es vor allem Wasserkraftwerke, welche heute einen immensen Beitrag zur Energiegewinnung aus erneuerbarer Energie leisten. Im Solarbereich als auch in Bezug auf energetische Gebäudemodernisierungen besteht dagegen noch ein grosses Potenzial, welches bereits in verschiedenen Studien zu ermitteln versucht wurde.

Das Bundesamt für Energie hat das vorhandene Potenzial für die Energiegewinnung aus Solar auf rund 53 TWh im Jahr geschätzt. Die Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) sieht das Potenzial auf einer von ihr ermittelten Fläche von insgesamt 230 Quadratkilometer zwischen 38.8 TWh und 45.6 TWh im Jahr. Die unterschiedlichen Zahlen sind dabei auf die unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich des Wirkungsgrads (17 % / 20 %) der Solarpanelle zurückzuführen. Das theoretische Potenzial für alle Dachflächen gibt «Sonnendach.ch» mit 100 TWh im Jahr vor, wobei hierbei keine Unterscheidung zwischen «sinnvollen» Dachflächen und ökonomisch ungeeigneten Dachflächen gemacht wird.¹ Nicht berücksichtigt wurden in diesen Studien zudem mögliche alternative Flächen, bspw. Schallschutzwände entlang von Autobahnen, Parkplatzüberdachungen oder auch alpine Solaranlagen. Nur am Rand berücksichtigt wurde das Potenzial, welches aus der Nutzung von Fassaden resultiert.

In einer Studie, welche Gebäudehülle Schweiz bei WÜST & PARTNER in Auftrag gegeben hatte, wurde festgestellt, dass per 2020 grundsätzlich ein Neu- und Umbaupotenzial von rund 20 Millionen Quadratmetern an Fassaden besteht. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich längst nicht jede Fassade für eine Photovoltaikanlage eignet, weshalb das Potenzial hierbei nur als Ergänzung eingeschätzt werden kann.² Das Bundesamt für Energie nennt in diesem Zusammenhang ein Gesamtpotenzial aus Dach- und Fassadenflächen von rund 67 TWh.³

Folgt man der Studie der ZHAW, stehen in der Schweiz rund 230 Quadratkilometer an Dachflächen zur Installation von Photovoltaikanlagen zur Verfügung. Hinzu kommen die nutzbaren Fassadenflächen, welche das Gesamtpotenzial zum Nutzen für Photovoltaik erhöhen.

Die alleinige Nutzung von Dach- und Fassadenflächen für Solarenergie wird, um die Ziele der Energiestrategie zu erreichen, jedoch nicht ausreichen. Diesbezüglich stellt vor allem der Winter ein Problem dar. Gerade im Winter, wenn die Sonnenstunden geringer sind, gleichzeitig aber der Energieverbrauch steigt, kann es regelmässig zu Engpässen kommen. Entscheidend wird dort ein Energiemix sein, gepaart mit sinnvollen und nachhaltigen Modernisierungsmassnahmen, sodass der Energieverbrauch an sich gesenkt werden kann. Der Bund sieht dies in den Energieperspektiven 2050 auch so vor. In diesem Sinn versteht sich diese Untersuchung als Einschätzung, wie mit gezielten Modernisierungsmassnahmen, dem Einsatz von Photovoltaik als auch einem nachhaltigen Energiemix, die Ziele der Energiestrategie 2050 des Bundes erreicht werden können.

1.2 Energiewende dank Solar und Gebäudemodernisierung?

Die vorliegende Untersuchung dient dem Zweck, das mögliche Potenzial, welches aus der Solarenergie resultiert, in Relation zu dem zu setzen, was für eine Realisierung nötig ist. Zudem soll geklärt werden, welchen Beitrag Solarenergie zur Energiewende tatsächlich leisten kann. Hier stellt sich nämlich auch die Frage, ob Solarenergie alleine genügt oder ob weitere Massnahmen wie das energetische Modernisieren von Gebäuden oder alternative Heizsysteme wichtig sind. Dazu wird als Erstes ein Blick auf die aktuelle Situation und den aktuellen Energieverbrauch weltweit als auch in der Schweiz geworfen. Es soll festgestellt werden, welche Energieträger künftig welche Lücken hinterlassen werden, welche dann mit nachhaltiger Energie (Solar oder anderen Massnahmen) ersetzt werden müssen. Konkret sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie sieht der aktuelle Verbrauch nach Energieträgern aus?
- Welche Lücke wird der Wegfall von Kernenergie hinterlassen?

In einem zweiten Schritt beschäftigt sich diese Untersuchung mit dem allfälligen Mehrbedarf, welcher aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung der individuellen Mobilität wie auch durch den vermehrten Einsatz von alternativen Heizsystemen wie beispielsweise Wärmepumpen resultieren könnte. Konkret sind folgende Fragen zu beantworten:

- Wie wird sich der Mehrbedarf bis wann entwickeln und wird daraus eine Stromlücke entstehen?
- Welchen Mehrbedarf an Strom wird sich aus dem vermehrten Einsatz von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen ergeben und wie kann darauf reagiert werden?

Als Drittes stellt sich die Frage, welches Potenzial im Bereich der Photovoltaik und weiteren erneuerbaren Energien liegt. Dies beinhaltet unter anderem auch die Berücksichtigung des Potenzials rund um die Gebäudemodernisierung. Konkret stellen sich dabei folgende Fragen:

- Welches Einsparpotenzial besteht aufgrund von möglichen Gebäudemodernisierungsmassnahmen?
- Welches Potenzial besteht effektiv für Photovoltaikanlagen?

Schliesslich wird die Frage gestellt, welche Ressourcen nötig sind, damit die Menge an zu installierenden Photovoltaikanlagen und Gebäudemodernisierungsmassnahmen überhaupt realisiert werden kann.

- Wie viele Fachkräfte werden nötig sein, um die Energiewende aus Sicht von Gebäudehülle Schweiz zu meistern?

1.3 Datengrundlage

Als Datengrundlage für diese Untersuchung wurden vorderhand öffentlich verfügbare Daten vom Bundesamt für Energie und Bundesamt für Statistik verwendet. Sofern möglich und vertretbar, wurden da, wo keine Daten vorhanden waren, Annahmen getroffen. Die Annahmen basieren dabei auf Erfahrungswerten aus der Branche des Gebäudehüllengewerbes, wobei diese im Rahmen von Plausibilitätsprüfungen zu bestätigen versucht wurden (siehe nachfolgend in diesem Unterkapitel 1.3). Ferner wurden eigene Berechnungen angestellt, welche sich auf die verfügbaren Daten beziehungsweise angenommenen Daten als auch auf Entwicklungsprognosen stützen. Wie nachfolgend an diversen Stellen aufgezeigt wird, sind vor allem sowohl im Hinblick auf die Entwicklung des Energieverbrauchs als auch in Bezug auf die einzelnen Energieträger, welche die jeweilige Energie liefern, Prognosen gemacht worden. Zudem ist heute noch nicht klar, wie sich beispielsweise die Mobilität tatsächlich entwickeln wird. Auch wenn die Elektromobilität aktuell stark beworben wird, ist noch nicht gesichert, ob sie in den breiten Massen tatsächlich angenommen wird. Weiter ist offen, inwiefern die Bevölkerung in der Schweiz tatsächlich wächst, wie viele Wärmepumpen eingesetzt werden und ob nicht doch eine politische Mehrheit für den zumindest teilweisen Einsatz von fossilen Brennstoffen gefunden wird.

Eine Unklarheit besteht auch im Fall des Wirkungsgrads von Photovoltaik-Modulen (PV-Modulen) in der Zukunft. Es ist davon auszugehen, dass der Wirkungsgrad von PV-Modulen in den nächsten Jahren zunehmen wird. Das heisst, künftig werden weniger Quadratmeter PV-Module eine höhere Stromproduktion versprechen, was wiederum die Anzahl zusätzlich benötigter Fläche und Personal reduzieren wird. Für diese Untersuchung wurde von einem Wirkungsgrad von zirka 1 kWp pro 7 Quadratmeter ausgegangen.⁴ Für die Berechnungen in dieser Untersuchung wurde jeweils diese Leistung verwendet.

Auch in Bezug auf die Anzahl der Mitarbeitenden im Bereich der Solarenergie wurden Annahmen getroffen. Aktuell bestehen keine verifizierten Daten zu den in der Branche tätigen Mitarbeitenden beziehungsweise den verarbeiteten Stunden im Solarbereich. Dementsprechend basieren die Zahlen auf Annahmen, welche aus Erfahrungswerten von Gebäudehülle Schweiz resultieren. Zur Plausibilisierung der in dieser Untersuchung angestellten Berechnungen (siehe Ziffer 8) diente die Menge aller verbauten Solarmodule und dem davon auszugehenden Umsatz pro Quadratmeter sowie dem Anteil an Lohnkosten vom Umsatz. Die Berechnung beinhaltet somit auch die PV-Module, welche nicht von einem Betrieb der Gebäudehüllen-Branche installiert wurden, sondern von Unternehmen aus der Elektro-, Holzbau- oder auch Gebäudetechnik-Branche. Die Lohnkosten wurden jedoch gemäss den zu leistenden Stunden und Ansätzen von Gebäudehülle Schweiz berechnet. Nichtsdestotrotz sind die Zahlen dennoch plausibel, zumal die Berechnung der Lohnkosten sowie die zu leistenden Stunden und Vergütungen in allen Branchen ungefähr ähnlich sind.

Zur Plausibilisierung hinsichtlich Produktion und Verbrauch von Energie, vor allem Elektrizität, sowie zum Vergleich der Zahlen wurden die Energieperspektiven 2050+⁵ des Bundes herangezogen, insbesondere die Zahlen der Variante ZERO Basis.

Die Energieperspektiven 2050+ analysieren im Szenario Netto-Null (sog. Szenario ZERO) eine Entwicklung des Energiesystems, welches mit dem langfristigen Klimaziel von Netto-Null Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 kompatibel ist und gleichzeitig eine sichere Energieversorgung gewährleisten soll.

Der Bund hat dabei mehrere Varianten dieses Szenarios untersucht, welche sich durch einen unterschiedlichen Mix aus Technologien auszeichnen. Die Technologiepfade wurden dabei als Basisvariante (ZERO Basis) und als Varianten A, B und C (ZERO A, ZERO B und ZERO C) bezeichnet. Für das Stromsystem wurden zudem weitere Varianten untersucht, denen unterschiedliche Annahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor zugrunde liegen. Als «ZERO Basis» wird jene Variante bezeichnet, die aus Sicht des Bundes für eine möglichst hohe Kosteneffizienz und eine grosse gesellschaftliche Akzeptanz am vorteilhaftesten erscheint und Aspekte der energetischen Versorgungssicherheit und eine realistische/angemessene/konkrete Zielerreichung berücksichtigt. Für die Zielerreichung lässt sich der Bund jedoch einen gewissen Spielraum. Dieser wird durch die Varianten A, B und C aufgezeigt. In ZERO A erfolgt eine stärkere Elektrifizierung, in ZERO B werden mehr synthetische Gase eingesetzt und in ZERO C erhalten strombasierte flüssige Energieträger und Wärmenetze ein stärkeres Gewicht als in der Basisvariante.⁶ Diese von Gebäudehülle Schweiz initiierte Untersuchung orientiert sich an der ZERO-Basis-Variante.

1.4 Abgrenzung

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine interne Analyse von Gebäudehülle Schweiz handelt. Sie erhebt keinen Anspruch auf empirische Vollständigkeit. Sie stellt lediglich eine Richtungsweisung dar, wie sich bestimmte Bereiche künftig entwickeln könnten. Wie vorhergehend dargelegt, ist die Datengrundlage teilweise dürftig, was dazu führte, dass zuweilen Annahmen getroffen werden mussten.

2 Energiebedarf und Verbrauch

2.1 Weltweiter Energieverbrauch

Nachhaltigkeit ist unabhängig von der Branche, dem Ort oder der Tätigkeit eines Unternehmens ein zentrales Thema unserer Zeit geworden. Die wachsende Weltbevölkerung, die gleichzeitige Steigerung der Lebenserwartung, die zunehmende Digitalisierung als auch der zunehmende Wohlstand und die damit verbundene Mobilität der Menschen in allen Teilen der Welt, sind nur ein paar wenige Treiber des zunehmenden Bedarfs an Energie und Ressourcen.

Der weltweite Primärenergieverbrauch, also der Verbrauch von Energieträgern welche noch keiner Umwandlung oder technischen Aufbereitung unterzogen wurden, steigt dementsprechend kontinuierlich an.⁷ Der globale Verbrauch an Primärenergie belief sich im Jahr 2019 auf rund 583.9 Exajoule. Im Gegensatz dazu lag der Verbrauch im Jahr 2010 noch bei 506.02 Exajoule. Betrachtet man die Entwicklung über eine längere Zeitspanne hinweg, beispielsweise von 1980 bis 2019, hat sich der weltweite Energieverbrauch von 1980 (279.46 Exajoule) bis 2019 sogar verdoppelt. Eine kleine Ausnahme von diesem Trend erging im Jahr 2020. Die weltweite Corona-Pandemie liess den Energieverbrauch auf rund 556.63 Exajoule zurückgehen, dies vor allem aufgrund der zum Teil durch sogenannte Lockdowns stark eingeschränkten Wirtschaft. Für das Jahr 2021 dürften die Zahlen vermutlich ähnlich aussehen, wobei sich der Energieverbrauch nach der Pandemie mit Sicherheit wieder bei «Stand vor Pandemie» einpendeln wird. Fraglich wird jedoch noch sein, welchen langfristigen Einfluss die kriegerischen Auseinandersetzungen in der Ukraine auf den Energiekonsum haben werden.

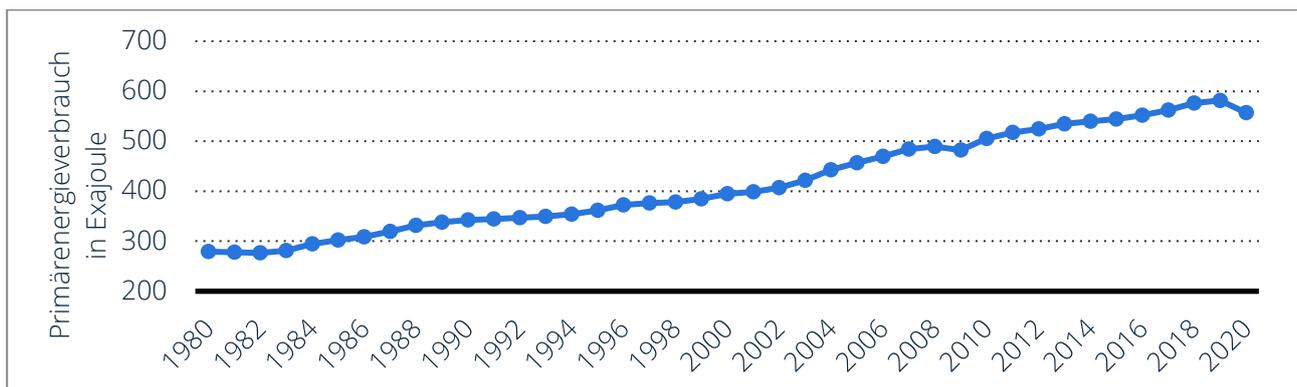


Diagramm 1: Weltweiter Primärenergieverbrauch in Exajoule | Quelle: British Petroleum: Statistical Review of World Energy, 2021, S. 10, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

Fossile Energieträger sind weltweit noch immer die meistverbrauchten Energieträger. So liefern Erdöl, Gas und Kohle zu dritt gemeinsam über 84 % der Energie für den weltweiten Verbrauch. Wasserkraft, erneuerbare Energien (bspw. Solar) oder auch Kernenergie machen heute am Gesamtanteil des weltweiten Primärenergieverbrauchs nach Energieträger noch immer nur den kleineren Teil von rund 16 % aus.

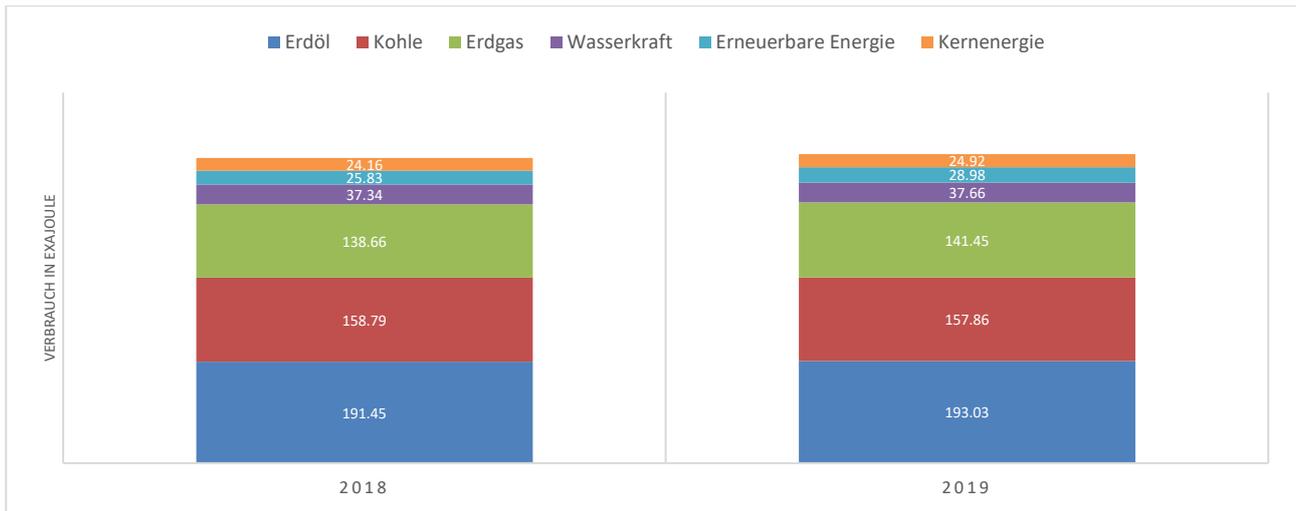


Diagramm 2: Weltweiter Primärenergieverbrauch in Exajoule 2018/19 | Quelle: British Petroleum: Statistical Review of World Energy, 2021, S. 9, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

2.2 Energieverbrauch Schweiz

In der Schweiz sieht die Darstellung ähnlich aus. Hierzulande machen die fossilen Energieträger nach wie vor den grössten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch aus. Erdölprodukte (Erdölbrennstoffe und Treibstoffe) mit 43.8 % (2019: 48.7 %) und Gas mit 15.1 % (2019: 13.8 %) bilden zusammen die grösste Einheit, während Elektrizität mit rund 26.8 % (2019: 24.7 %) auf dem zweiten Rang liegt. Der Rest, 14.3 % (2019: 12.8 %), ergibt sich aus kleinen Anteilen von Kohle, Holzenergie, Fernwärme, Industrieabfällen und übrigen erneuerbaren Energien, wobei Holz mit rund 11 TWh der grösste Lieferant innerhalb dieser Gruppe darstellt. Vergleicht man 2020 mit den Vorjahren, stellt man aber fest, dass die fossilen Brennstoffe im Jahr 2020 abgenommen haben. Die Erklärungen dafür werden noch zu erörtern sein, die Wahrscheinlichkeit aber, dass die Corona-Pandemie ihren Beitrag dazu leistete, ist nicht von der Hand zu weisen. Die grössten Energieverbraucher waren dabei vor allem der Verkehr mit 32.8 % (2019: 37.7 %), gefolgt von privaten Haushalten mit einem Anteil von 29.3 % (2019: 27.2 %), der Industrie mit 19.5 % (2019: 18 %) und den Dienstleistungen mit 17.3 % (2019: 16.1 %).⁸

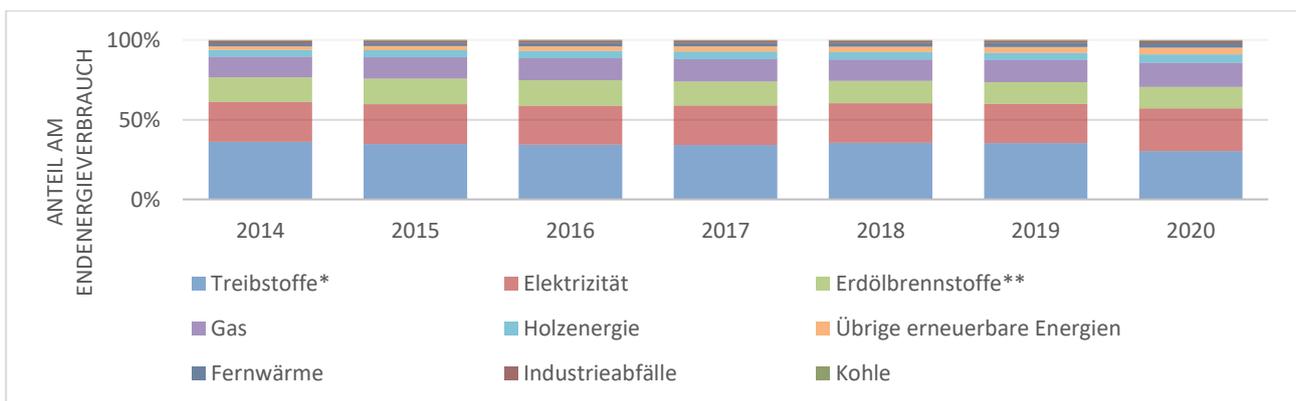


Diagramm 3: Anteile am Endenergieverbrauch Schweiz | Quelle: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020, S. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/>

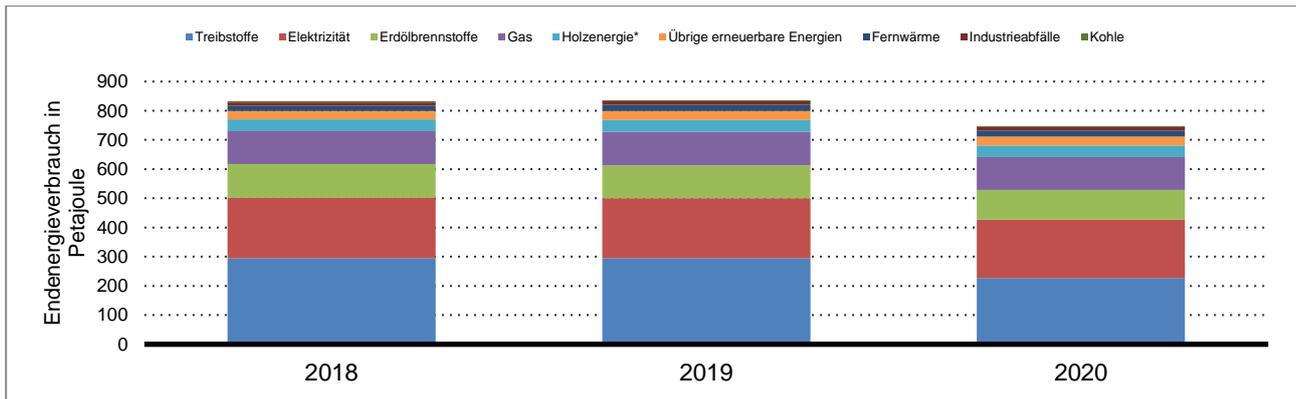


Diagramm 4: Endenergieverbrauch in Petajoule 2018/19/20 | Quelle: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020, S. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/>

2.3 Stromverbrauch in der Schweiz

2.3.1 Schweizer Strombedarf pro Jahr

Die Anzahl Terawattstunden Strom, welche jährlich in der Schweiz aus der Steckdose bezogen werden, ist innerhalb der letzten 20 Jahre sehr stabil geblieben. In den Jahren von 2000 bis 2020 variierte der Endstromverbrauch nur leicht zwischen 50 und 60 TWh. So wurden im Jahr 2000 rund 52.3 TWh verbraucht, im Jahr 2020 55.7 TWh (siehe Diagramm Endverbrauch in Petajoule: Elektrizität 200.6 Petajoule = 55.7 TWh). Zu beachten ist jedoch, dass es sich bei den 55.7 TWh nicht um den Gesamtverbrauch handelt, sondern um den vom Endverbraucher genutzten Strom. Der Gesamtenergieverbrauch einschliesslich Pumpen in Pumpspeicherkraftwerken, Eigenbedarf von Kraftwerken und Verlusten im gesamten Stromnetz betrug für das Jahr 2020 rund 62.4 TWh.⁹

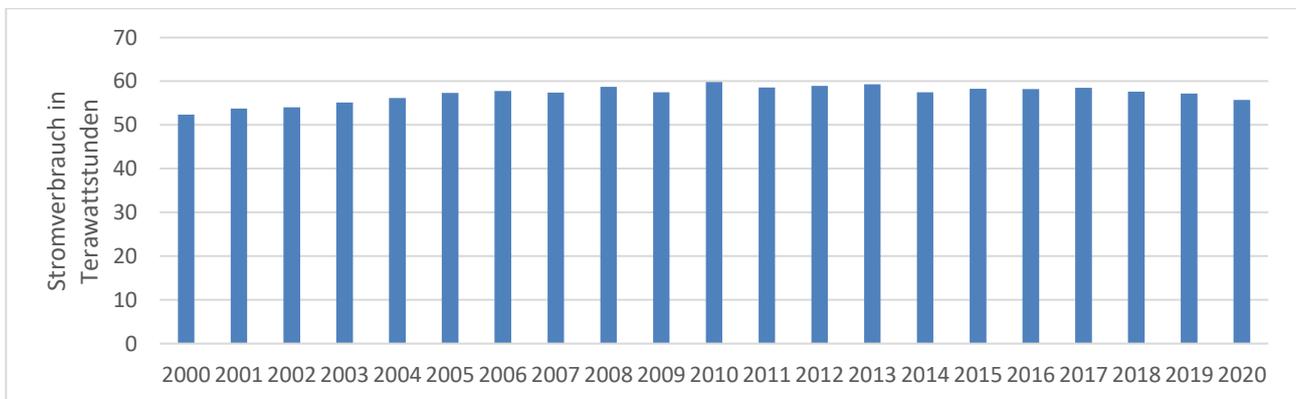


Diagramm 5: Schweizerischer Endenergieverbrauch | Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 24, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Der in der Schweiz effektiv produzierte Strom lag aber noch ein wenig höher. Im Jahr 2020 wurden rund 69.4 TWh Strom produziert. Der Grossteil davon resultierte aus Wasserkraft und Kernenergie, während ein geringer Anteil aus erneuerbaren Energien geschaffen wurde. Für die Zukunft werden die erneuerbaren Energien jedoch klar eine wichtigere Rolle spielen, zumal Kernenergie in der Schweiz ein Auslaufmodell darstellt, während gleichzeitig der Strombezug aufgrund der Reduktion von fossilen Brennstoffen zunehmen wird.

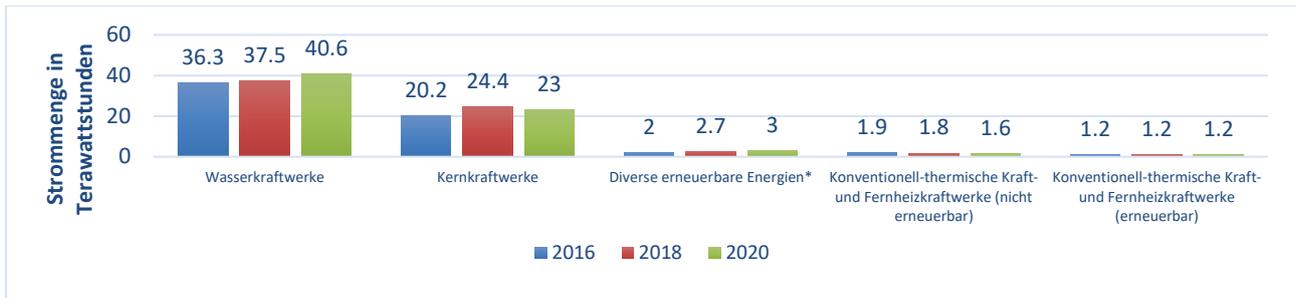


Diagramm 6: Strommix Schweiz | Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

2.3.2 Schweizer Stromverbrauch nach Monaten

Der in der Schweiz bezogene Strom wird verständlicherweise nicht gleichmässig im Jahr verbraucht. Von Oktober bis März 2022 lag der monatliche Landesverbrauch an Strom bei durchschnittlich 5.1 TWh. In den Frühlings- und Sommermonaten lag der Verbrauch dagegen bei rund 4.1 TWh. Aktuell ist es möglich, den gesamten Stromverbrauch mit der Produktion aus Wasserkraft und Kernkraft zu decken. Betrachtet man die Zahlen von 2020, erkennt man, dass vor allem von März bis November mehr Strom produziert wurde als benötigt.

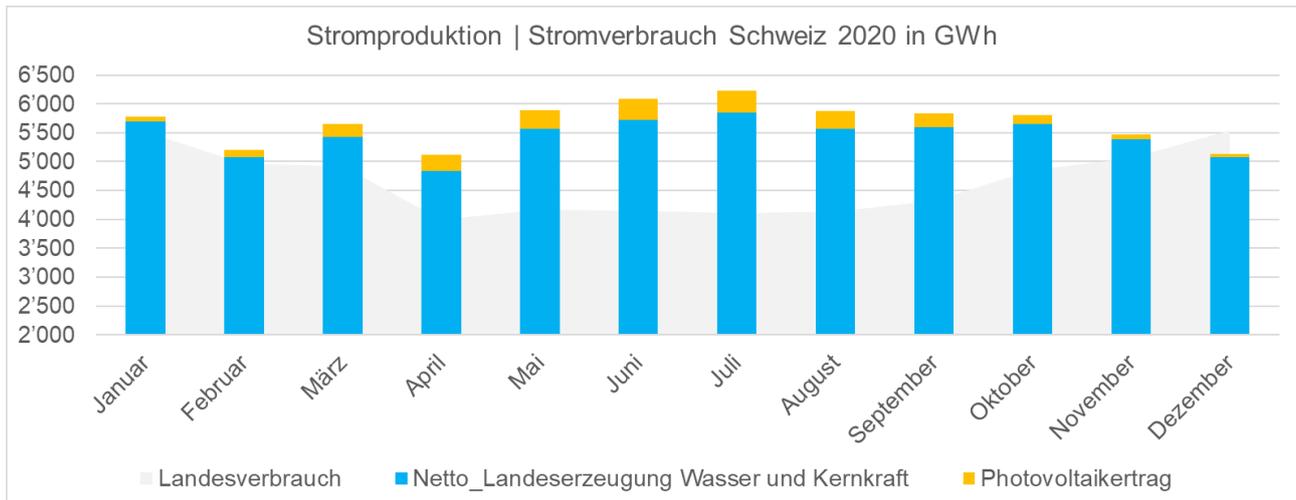


Diagramm 7: Stromproduktion und Stromverbrauch Schweiz 2020 | Quelle: Gebäudehülle Schweiz 2020-1

Aktuell besteht in Bezug auf den Bedarf an Strom demnach noch kein Problem. Durch das ganze Jahr hindurch wird aktuell mehr Strom produziert als gebraucht. Dies führt dazu, dass die Schweiz aktuell ein Stromexportland ist.

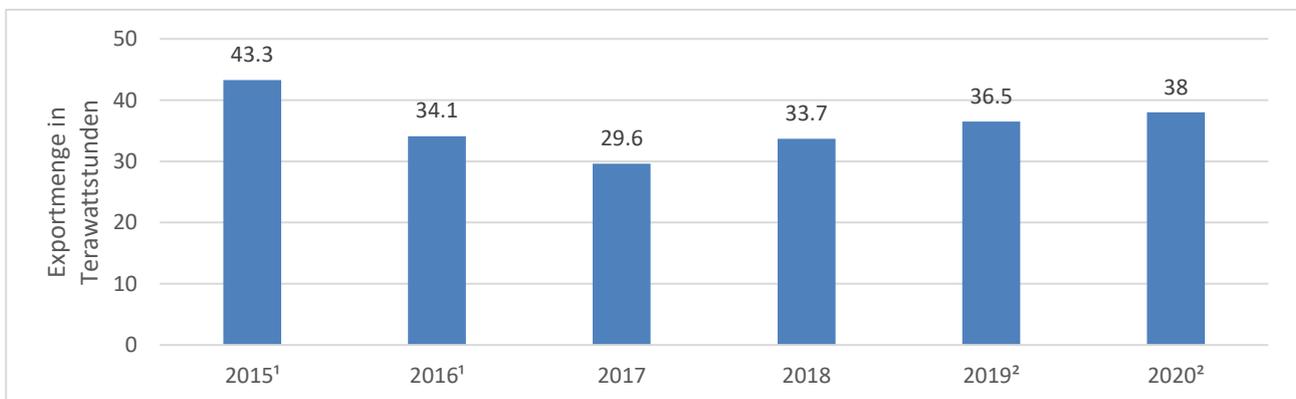


Diagramm 7: Stromexport Schweiz | Quelle: EZV (swissimpex), Stand: 1.4.2021 / Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 36, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Die Darstellung bezüglich dem aus der Schweiz heraus exportierten Strom von 38 TWh mag vorerst verwirren. Wie oben (Ziffer 2.3.1) erwähnt, betrug die Stromproduktion 2020 insgesamt 69.4 TWh. Bezogen wurden rund 55.7 TWh, 38 TWh an Elektrizität wurden exportiert. Dies war nur möglich, weil die Schweiz auch Strom importiert. Im Jahr 2020 rund 32.8 TWh.

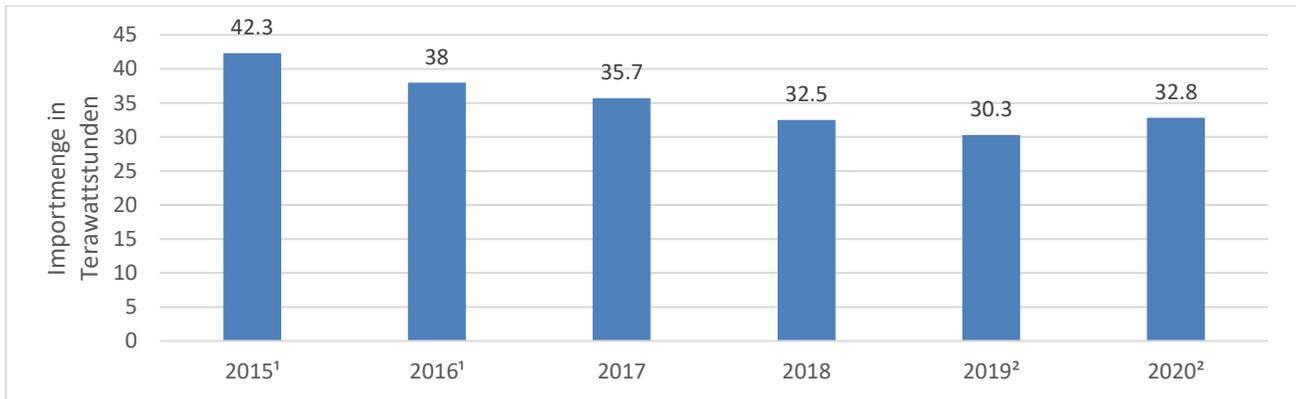


Diagramm 8: Stromimport Schweiz | Quelle: EZV (swissimpex), Stand: 1.4.2021 / Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 36, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Die gesamte zur Verfügung stehende Energiemenge aus Elektrizität für das Jahr 2020 beträgt somit 69.4 plus 32.8 TWh. Davon sind der effektive Gesamtverbrauch von 62.4 plus die exportierte Energie von 38 TWh abzuziehen. Übrig bleiben einige Verluste (1.8 TWh) aus der Stromübertragung.

2.4 Welche Energieträger werden künftig wegfallen?

2.4.1 Kernenergie

Im gesamten Strommix, also innerhalb der Gesamtheit des in der Schweiz produzierten Stroms, machte die Kernenergie im Jahr 2020 rund 32.9% aus.¹⁰ In der Schweiz sind zurzeit noch vier Kernkraftwerke in Betrieb. Das ehemals fünfte, Mühleberg, wurde im Jahr 2019 vom Netz genommen. Die anderen vier, Beznau 1 und Beznau 2, Leibstadt und Gösgen, sind aktuell noch in Betrieb. Sie sollen nach ihrer Ausserbetriebnahme jedoch nicht mehr ersetzt werden. Die vier Kernkraftwerke haben im Jahr 2020 zusammen eine Leistung von 22'991 GWh (23 TWh) Strom erbracht.¹¹ Zu beachten ist jedoch, dass nicht die vollen 23 TWh in den Schweizer Gebäuden aus der Steckdose kamen. Lediglich 19.9% des effektiven Strommix stammte aus Kernenergie-Produktion.¹² Die Leistung der Kernkraftwerke im gesamten Strommix wird bis heute natürlich benötigt, da im Verbund mit Import und Export von Strom Kernenergie exportiert wird, während am anderen Ende des Landes Windenergie eingekauft wird. Die Kernkraftwerke sehen in der Schweiz jedoch ihrem Ende entgegen. So wird Beznau 1 voraussichtlich 2029 und Beznau 2 voraussichtlich 2032 vom Netz genommen. Damit fallen ab 2032 zusammen 5'956 GWh im Jahr weg. Mit Gösgen, welches 2039 vom Netz gehen soll, werden weitere 7'708 GWh wegfallen, und mit Leibstadt, welches voraussichtlich bis 2044 in Betrieb sein wird, fallen nochmals 9'326 GWh pro Jahr weg. Insgesamt fallen somit bis zum Jahr 2044 rund 23 TWh (zumindest potenziell) Strom aus Kernenergie weg, welchen es natürlich zu ersetzen gilt.

2.4.2 Fossile Brennstoffe

Der Verbrauch fossiler Energieträger wird im Fall einer Null-Emissionsstrategie (ZERO-Basis gemäss den Energieperspektiven 2050+) bis 2050 deutlich sinken¹³. Dagegen wird voraussichtlich sowohl der Elektrizitätsverbrauch als auch der Verbrauch von Fernwärme deutlich ansteigen. Fossile Brennstoffe machen heute rund 43.8% des gesamten Endenergieverbrauchs aus. Der Grossteil, rund 26% des gesamten Endenergieverbrauchs, entfällt dabei auf Treibstoffe wie Diesel und Benzin. 13.4% betrifft Heizöl, Kerosin (4.05%) und Kohle (0.48%) teilen sich den Rest.

Gemäss den Energieperspektiven 2050+ des Bundes kann im Rahmen eines ZERO-Basis-Ansatzes davon ausgegangen werden, dass im Jahr 2050 der Anteil von Elektrizität am gesamten Endenergieverbrauch rund 43% (2020: 26.8%, 55.7 TWh) ausmachen wird. Gleichzeitig soll der Verbrauch erneuerbarer

Energieträger (insb. Umweltwärme und Biomasse) steigen, und es wird langfristig zu einer stärkeren Durchdringung von strombasierten Energieträgern (PtX) kommen. Generell ist aber davon auszugehen (im Rahmen von ZERO Basis), dass es im Vergleich zum Jahr 2000 in allen Sektoren langfristig zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs kommen wird. Besonders deutlich soll der Rückgang im Verkehrssektor sein. Im Zeitraum 2019 bis 2050 soll dieser über 40 % ausmachen und vor allem auf die Durchdringung von Elektrofahrzeugen und die höhere Effizienz der elektrischen Antriebe zurückzuführen sein. Neben der Durchdringung von Elektrofahrzeugen sinkt der Endenergieverbrauch aber auch durch Effizienzmassnahmen im Bereich von Gebäuden, Prozessen, Anlagen und Geräten. Effizienzsteigerungen sind gemäss den Energieperspektiven 2050+ von hoher Bedeutung für das Gesamtsystem, da damit der Anstieg des Verbrauchs von Elektrizität und Biomasse gedämmt werden kann. Dies ist hinsichtlich der Versorgungssicherheit im Stromsektor und der Einhaltung der Potenzialgrenzen des Biomasse-Einsatzes von hoher Bedeutung.¹⁴ Für das Jahr 2050 geht der Bund im Rahmen des ZERO-Basis-Ansatzes somit davon aus, dass die nachfolgend aufgeführten Energieträger zentral sein werden und damit den gesamten Energieverbrauch von rund 523 Petajoule, also 145.2 TWh (2019 = 210 TWh), abdecken.

Energieträger	Anteile in TWh 2050
Fernwärme	11.4 (41 PJ)
Elektrizität	63.3 (228 PJ)
Holz	6.7 (24 PJ)
Übrige Erneuerbare	41.7 (150 PJ)
PtX	15.5 (56 PJ)
Erdgas	1.7 (6.0 PJ)
Müll- und Industrieabfälle / Erdöl	5 (18 PJ)
Total	145.3 TWh (523 PJ)

Wichtig zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang aber, dass es sich bei der Zahl von 145.43 TWh um die bezogene Energie handelt und nicht um die gesamte, auch für die Produktion benötigte Energie.¹⁵

2.5 Energiebedarf Zukunft

2.5.1 Allgemein

Im Rahmen des Modells ZERO Basis gehen die Energieperspektiven 2050+ davon aus, dass der Energiebedarf von rund 757 Petajoule (210.3 TWh) im Jahr 2019 (2020: 708 Petajoule = 196.7 TWh) auf rund 523 Petajoule (145.3 TWh) im Jahr 2050 sinken wird.¹⁶ Während der Verbrauch von insbesondere fossilen Energieträgern gegen null gehen soll, wird der Verbrauch von Elektrizität von heute 55.7 TWh auf 63.3 TWh ansteigen.

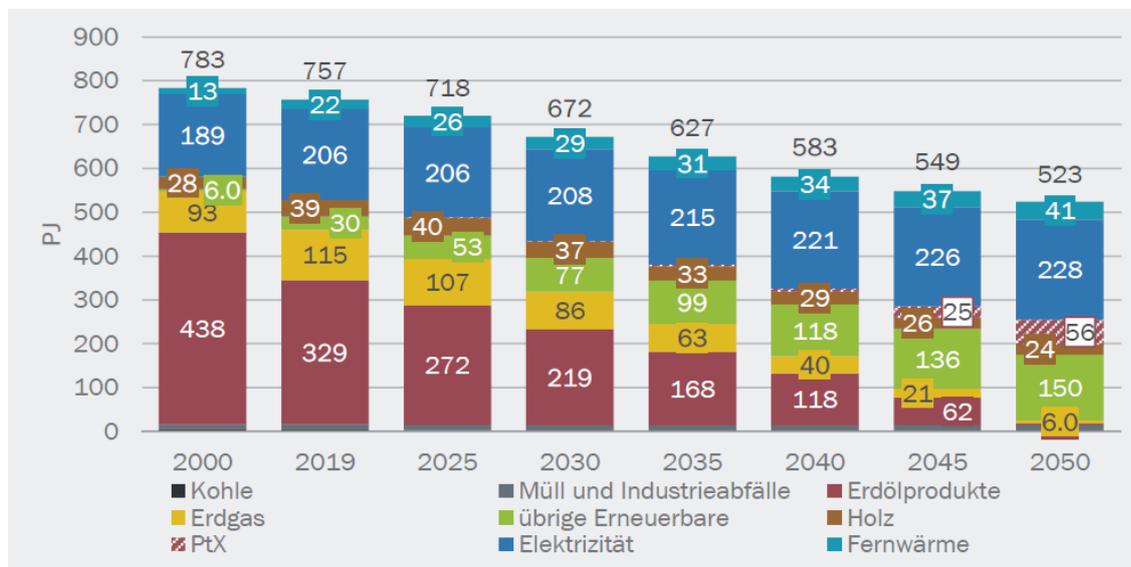


Bild 1: Entwicklung Energieverbrauch | Quelle: KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 35

Wie die Grafik gut darstellt, soll der Energieverbrauch jedoch sinken. Die Energieperspektiven 2050+ des Bundes begründen dies folgendermassen:

Elektrofahrzeuge werden langfristig tiefere Gesamtkosten aufweisen als Fahrzeuge mit konventionellen (fossilen) Antrieben. Aufgrund der auch langfristig hohen Energiepreise für strombasierte Energieträger (wie Wasserstoff) werden im Jahr 2050 daher im Pkw-Bereich vor allem batterieelektrische Fahrzeuge das Strassenbild dominieren. Ergänzend kommt es im Verkehrssektor in einzelnen Anwendungsbereichen (bspw. im schweren Güterverkehr) zum Einsatz von strombasiertem Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen. Wärmepumpen sind effizient, emittieren keine (direkten) Treibhausgasemissionen und die Investitionskosten werden im Zeitverlauf deutlich zurückgehen. Wärmepumpen sind daher für die Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich von hoher Bedeutung. Daneben kommt es aufgrund von ortsfesten und ortsgelunden Potenzialen von erneuerbarer Energie auch zu einem Ausbau der Wärmenetze und damit einhergehend zu einem Anstieg des Einsatzes von Nah- und Fernwärme für die Versorgung mit Raumwärme und Warmwasser.

Aktuell wird am meisten Energie für die Verwendungszwecke Heizen, Raumwärme (45 TWh), und Mobilität (36 TWh) aufgewendet. Die Steigerung der Energieeffizienz durch energetische Gebäudemodernisierung und den Umstieg auf Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge sollen den Energieverbrauch für Raumwärme und Mobilität im Zeitraum 2019 bis 2050 deutlich absenken: Heizen minus 30 %, Mobilität minus 44 %. Unabhängig davon werden im Rahmen des ZERO-Basis-Ansatzes, aber auch im Jahr 2050 für diese beiden Verwendungszwecke am meisten Energie verbraucht. Am stärksten rückläufig ist der Verbrauch für die Beleuchtung (minus 60 % auf 2.7 TWh). Nur eine geringe Abnahme zeigt sich im Zeitraum 2019 bis 2050 bei I&K, Unterhaltungsmedien (minus 5 % auf 3.7 TWh) und im Bereich Klima, Lüftung und Haustechnik (minus 10 %).¹⁷

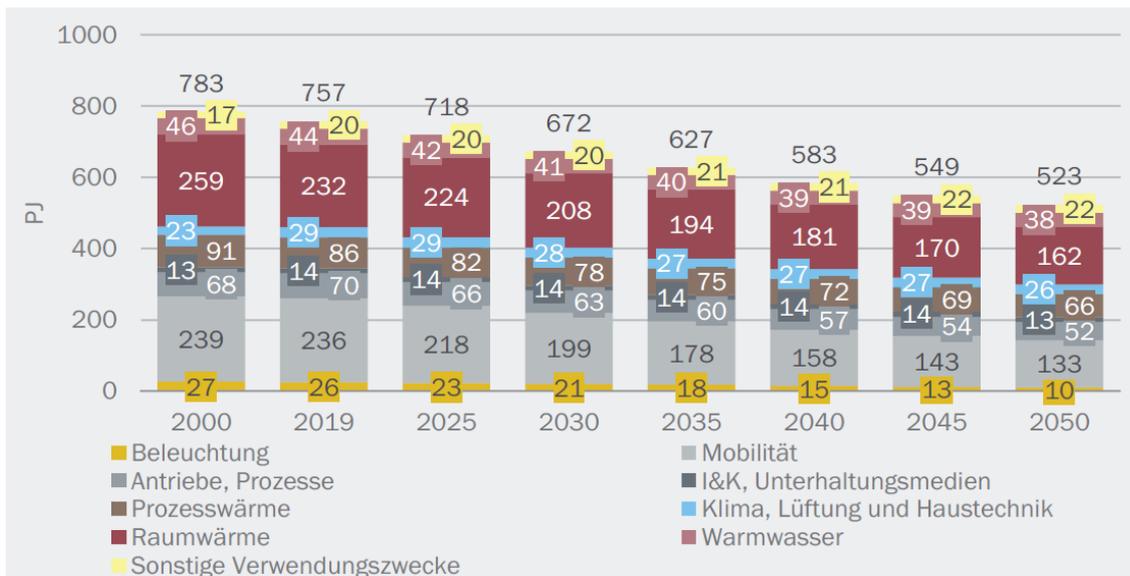


Bild 2: Entwicklung Stromverbrauch nach Zweck | Quelle: KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 37

2.5.2 Energiebedarf Mobilität und Raumwärme

Der ZERO-Basis-Ansatz des Bundes geht, wie beschrieben, davon aus, dass auch im Jahr 2050 am meisten Energie für Raumwärme und Mobilität (insg. 81 TWh) aufgebracht werden soll. Damit der Energiebedarf der Mobilität (insb. E-Mobilität) gedeckt werden kann, benötigt es Elektrizität. Für die Raumwärme sind alternative Heizungssysteme sowie eine Gebäudemodernisierung notwendig, wie sie im ZERO-Basis-Ansatz auch vorgesehen sind. Gebäudehülle Schweiz hat nachfolgend zu den zwei grossen Energiebedarfsbereichen eigene Rechnungen angestellt. Die Rechnungen basieren auf aktuellen Verbrauchswerten und Annahmen, wobei die Annahmen darin bestehen, dass zum einen eine vollständige Elektrifizierung der Individualmobilität (siehe dazu auch Verbot von Verbrennmotoren ab 2035)¹⁸ stattfindet, zum anderen fossile Heizsysteme durch eine Wärmepumpe beziehungsweise durch Pelletheizungen ersetzt werden.

2.5.3 Energiebedarf Mobilität

Gemäss Prognose (siehe 2.5.1) wird auch in Zukunft am meisten Energie für Raumwärme und Mobilität aufgewendet. Hier wird jedoch eine klare Verschiebung von fossilen Brennstoffen hin zu strombasierten Energiequellen stattfinden. Im Jahr 2020 wurden rund 2.06 Millionen Tonnen Benzin und rund 2.7 Millionen Tonnen Diesel abgesetzt.¹⁹ Insgesamt wurden 196 Terajoule an Diesel und Benzin verbraucht, was rund 54 TWh entspricht. Pro 100 gefahrene Kilometer eines Fahrzeugs entspricht dies einem mittleren Verbrauch an Energie von 56.7 kWh, pro Kilometer also 0.567 kWh. Rechnet man den Verbrauch pro Kilometer auf die gesamthaft verbrauchten 54 TWh hoch, ergibt dies eine durchschnittlich gefahrene Kilometerzahl von rund 15'500 Kilometer pro Fahrzeug (6'197'745 Fahrzeuge ohne Elektrofahrzeuge, aber mit Hybridfahrzeugen inkl. Landwirtschaft und Motorräder).²⁰ Von den rund 6.2 Millionen Fahrzeugen sind rund 4.65 Millionen Pkw und rund 770'000 Motorräder auf den Schweizer Strassen unterwegs.²¹

Betrachtet man nun die gleiche Menge an Fahrzeugen als Elektrofahrzeuge (auch in der Landwirtschaft inklusive Motorräder und Hybridfahrzeuge), so würden für die gleiche Anzahl Kilometer (total 96 Milliarden Kilometer / 15'500 pro Fahrzeug) nicht 54 TWh an Energie gebraucht, sondern weniger als die Hälfte, nämlich lediglich 20.6 TWh.²² Entsprechend den Energieperspektiven 2050+ des Bundes soll sich der Energieverbrauch im Verkehr bis zum Jahr 2050 elektrifizieren (ZERO Basis). Dies bedeutet zum einen, dass auch dann, wenn sich die Energieeffizienz von Elektrofahrzeugen verbessert, zu deren Aufladung mehr Elektrizität (Strom) benötigt wird. Auf lange Sicht aber insgesamt weniger Energie (Fossil) benötigt wird.

Konzentriert man sich nun vorderhand auf die Pkw- und Motorradsituation, so stellt man fest, dass in den letzten zehn Jahren jährlich 58'000 Fahrzeuge²³ neu zugelassen wurden. Die Gründe hierzu sind vielseitig. Sicherlich spielt auch die Zuwanderung in die Schweiz von jährlich rund 80'000 Menschen eine Rolle. Geht man davon aus, dass dieser Trend anhält und die Schweizer Pkw-Fahrzeugflotte «nur» um 25'000 Fahrzeuge jedes Jahr wächst, so kommt man im Jahr 2050 auf insgesamt über 6,15 Millionen Pkw und Motorräder. Entsprechend dem Netto-Null-Ziel alle elektrisch. Geht man nun ferner davon aus, dass diese 6,15 Millionen Pkw und Motorräder nach wie vor rund 15'500 Kilometer im Jahr fahren, so würde dies mit dem heutigen kWh-Bedarf pro Fahrzeug (0.21 kWh pro Kilometer) rund 3.25 GWh ausmachen, für alle 6,15 Millionen Pkw damit rund 20'000 GWh. Für diese Berechnung nicht mit einberechnet sind alle anderen Fahrzeuge wie Landwirtschaftsfahrzeuge oder auch Lkw. Somit bedarf die Schweiz, um alle Pkw und Motorräder elektrisch zu betreiben, im Jahr 2050 rund die Menge an Elektrizität, welche die vier verbleibenden Kernkraftwerke (rund 23 TWh) heute noch produzieren. Nicht berücksichtigt wurde in diesem Zusammenhang, dass der Strombedarf pro gefahrenen Kilometer vermutlich bis zum 2050 sinken wird. Ebenfalls nicht beachtet wurde, dass vermutlich nicht alle Pkw und Motorräder bis 2050 batteriebetrieben fahren werden, auch wenn ein Verbot von Verbrennmotoren vorgesehen ist. Einige Pkw werden zudem mit synthetischen Kraftstoffen oder mit einer Brennstoffzelle betrieben werden. Diesem Umstand wurde in dieser Untersuchung jedoch insofern Rechnung getragen, als dass davon auszugehen ist, dass die Zunahme an Pkw vermutlich nicht nur 25'000 Fahrzeuge im Jahr betragen wird, sondern tendenziell eher mehr, je nach Zuwanderung, wirtschaftlichem Wachstum und Wohlstand. Zudem wird auch die Herstellung von Wasserstoff wiederum Elektrizität benötigen, was in diesem Zusammenhang auch zu berücksichtigen ist. Aufgrund dieser Annahme geht Gebäudehülle Schweiz davon aus, dass sich der Verbrauch von Elektrizität um mindestens den Umfang von 20 TWh steigern wird.

2.5.4 Energiebedarf Heizen

Wärmepumpen werden als Heizung immer beliebter und sollen, entsprechend den Energieperspektiven 2050+ des Bundes, zumindest als Teilersatz der bestehenden Ölheizungen dienen. Im Jahr 2020 wurden in der Schweiz über 350'380 Wärmepumpen (1990 bis 2020) betrieben.

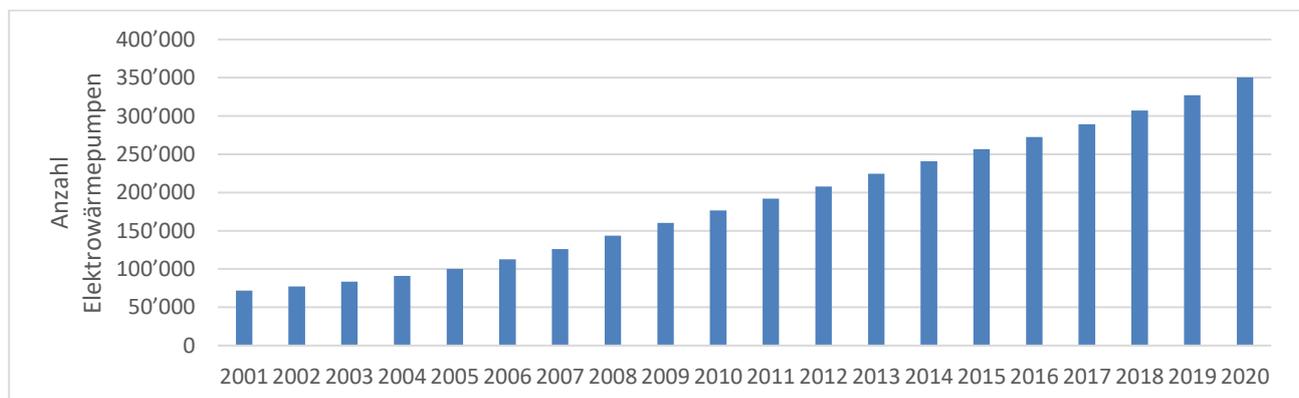


Diagramm 9: Anzahl Elektrowärmepumpen Schweiz | Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, Seite 51, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Die Anzahl Wärmepumpen steigt kontinuierlich an und wird im Hinblick auf einen Verzicht von fossilen Brennstoffen weiter ansteigen, zumal Ölheizungen künftig auch nicht mehr eingesetzt werden sollen. Die aktuelle Lage in der Welt hat diesen Trend bereits heute wirksam verstärkt. Die im Jahr 2022 herrschende Knappheit an Öl und Gas aufgrund des Ukraine-Krieges führten zu einem regelrechten Ansturm auf Wärmepumpen.

Während eine Wärmepumpe keine fossilen Brennstoffe wie Öl oder Gas verheizt, benötigt sie Strom. Wie viel Strom die Wärmepumpe benötigt, hängt davon ab, wie viel sie leisten muss, was wiederum vom Stand der energetischen Durchlässigkeit des Hauses abhängt. Die Installation einer Wärmepumpe in ein Haus, welches einen schlechten energetischen Wert hat, ersetzt dann zwar eine Ölheizung oder eine Gasheizung,

benötigt jedoch sehr viel Strom, um die notwendige Wärmeleistung aufbringen zu können. Gebäudehülle Schweiz hat zum energetischen Modernisieren von Gebäuden den sogenannten Königsweg e+²⁴ entwickelt, anhand dessen dargestellt werden soll, welche energetischen Einsparungen an Gebäuden möglich sind. Für die vorliegende Analyse wird jedoch zur klaren Darstellung und Unterscheidung der einzelnen Massnahmen an der Gebäudehülle auf vier Varianten zur Modernisierung abgestellt. Anhand dieser vier Varianten kann einzeln aufgezeigt werden, wie effizient das Gebäude nach einer entsprechenden Modernisierung dasteht.

Variante eins: Ölheizung / Gasheizung durch eine Wärmepumpe ersetzen

Variante zwei: Heizung ersetzen (V1) und das Modernisieren des Daches vornehmen

Variante drei: Heizung ersetzen (V1) plus Modernisieren des Daches (V2) sowie zusätzlich Fassade und Fenster (bei Fassadenmodernisierungen immer mit Fensterersatz) ersetzen

Variante vier: Heizung ersetzen (V1) plus Modernisieren des Daches (V2) sowie zusätzlich Fassade und Fenster (V3) und zusätzlich Kellerboden ersetzen

Bei allen vier Varianten wird anstatt einer Ölheizung eine Wärmepumpe eingebaut. Im Fall der Variante eins benötigt die Wärmepumpe rund 162 kWh²⁵ pro Quadratmeter Wohnfläche im Jahr, im Fall von Variante zwei sind es 140 kWh und bei der Variante drei rund 125 kWh. Bei Anwendung der Variante vier sind es noch rund 112 kWh. Diese Werte wurden, um den effektiv benötigten Strombedarf zu ermitteln, durch den nationalen Gewichtungsfaktor dividiert.²⁶ Da es sich hierbei um die effiziente Gesamtenergie handelt (gewichtige Energiekennzahl für Heizen, Warmwasser, Beleuchtung und Geräte), wurde der Anteil an Elektrizität (Beleuchtung und Geräte) entsprechend subtrahiert, da nur der Strombedarf für Heizen und Warmwasser benötigt wird. Dies als Annahme, da aus den Datengrundlagen die genauen Werte nicht herausgelesen werden konnten. Da der Anteil an Strom für die Beleuchtung und Geräte bei der Variante eins im Verhältnis kleiner ist als bei der Variante vier, wurde diese mit den prozentualen Abzügen ausgeglichen. Anhand eines Vergleichsobjekts,²⁷ welches bereits eine umfassende energetische Modernisierung erfuhr, wurden die konkreten Strombezüge für die Plausibilisierung gemessen. Im konkreten Fall besteht ein Strombedarf von 11'600 kWh für die Wärmepumpe bei einem weiteren (allgemeinen) Strombedarf von 9'000 kWh. Zusammen ergibt dies einen Gesamtverbrauch von 20'600 kWh²⁰. Somit hat die Wärmepumpe einen Anteil von 56 % (gerundet 60 %) am Gesamtstromverbrauch. Bei unsanierten Altbauten steigt der Strombedarf der Wärmepumpe bei sonst gleichbleibendem Strombedarf an, da mehr Wärmeverluste aufgrund der schlechten Isolierung etc. resultieren. Es wurde die Annahme getroffen, dass bei Variante eins der Anteil des allgemeinen Strombedarfs (ohne Wärmepumpe) bei 20 % liegt.

Anteil Elektrizität	V1	V2	V3	V4
Beleuchtung und Geräte	20 %	30 %	35 %	40 %
Wärmepumpe Heizen und Warmwasser	80 %	70 %	65 %	60 %

Würden bis 2050 alle noch fossilen Heizungssysteme (ca. 900'000) durch eine Wärmepumpe ersetzt, resultierte nachfolgend dargelegter Strombedarf für alle in Betrieb genommenen Wärmepumpen je nach Variante.

Strombedarf Wärmepumpen 2050	V1	V2	V3	V4
Strombedarf Wärmepumpe in GWh	28'963	17'046	11'671	9'340
Strombedarf Wärmepumpe inkl. Solarthermie in GWh	25'390	14'054	8'544	6'213

Das Einsparpotenzial bei Variante drei beträgt rund 17'292 GWh. Der Bedarf im Jahr 2050 läge dann bei 11'671 GWh. Davon wird bei der Berechnung der Jahresbilanzierung der Zuwachs an Holzenergie (jährliche Wachstumsrate 1 %) abgezogen. Diese entspricht der Differenz von 10'967 GWh (2020) und 14'781 GWh (2050), also 3'814 GWh. Somit liegt bei der Variante drei der zusätzliche Bedarf an Strom bei 7'857 GWh. Wobei das Potenzial der Effizienzsteigerung der Wärmepumpen bis ins Jahr 2050 noch gar nicht berücksichtigt wurde. Wenn nun bei jedem Heizungsersatz noch zusätzlich eine Solarthermie-Anlage installiert würde, könnte der Strombedarf noch einmal um rund 3'127 GWh gesenkt werden.²⁸

2.5.5 Energiebedarf PtX

Um PtX herzustellen, ist Elektrizität nötig. Auch wenn der Wirkungsgrad von PtX grundsätzlich gut ist, wird für dessen Herstellung mehr Elektrizität verbraucht, als Energie in Form von PtX gewonnen werden kann.²⁹ Der Bund geht in den Energieperspektiven 2050+ davon aus, dass grosse Teile von PtX importiert würden. In der Schweiz sollen bis 2050 nur rund 7 Petajoule (1.94 TWh) an PtX produziert werden, was den Elektrizitätsverbrauch zusätzlich belastet. Gebäudehülle Schweiz geht in den Berechnungen davon aus, dass PtX, falls es nicht importiert wird, vor allem im Sommer mit dem überschüssigen Strom aus den Solaranlagen erstellt wird. PtX kann, wie noch zu sehen sein wird, einen wichtigen Teil in Bezug auf die nachhaltige Energiegewinnung darstellen.

2.5.6 Energiebedarf in Gesamtheit 2050

Wie oben beschrieben, geht der Bund davon aus, dass im Jahr 2050 rund 228 Petajoule (63.2 TWh) an Elektrizität aus der Steckdose fließen werden. Der aktuelle Verbrauch liegt bei 55.7 TWh. Konkret bedeutet dies eine Steigerung von 7.5 TWh. Um den Energiebedarf von 63.2 TWh sicherzustellen, ist insgesamt eine Produktion von rund 84.8 TWh Strom nötig.³⁰ Der benötigte Strom von insgesamt 84.8 TWh beinhaltet dabei bereits den Strombedarf für alternative Heizsysteme wie Wärmepumpen und den Energiebedarf für die Elektromobilität. Gleichzeitig sind bereits durchgeführte energetische Gebäudemodernisierungsmassnahmen berücksichtigt.

Gebäudehülle Schweiz geht dagegen davon aus, dass der Strombedarf zumindest im Mobilitätsbereich höher liegen wird. Gemäss einer eigenen, eher konservativen Berechnung und unter der Voraussetzung, dass alle Pkw mit Strom betrieben werden, fallen im Bereich Mobilität bis zum Jahr 2050 jährlich mindestens 20 TWh an. Auch der Stromverbrauch von Wärmepumpen wird von Gebäudehülle Schweiz, zumindest vor der Modernisierung, höher eingestuft. Ohne Modernisierungsmassnahmen, also im Fall des reinen Heizungsersatzes nach Variante eins³¹, geht Gebäudehülle Schweiz beispielsweise von rund 25 TWh aus. Fasst man dies zusammen und verbindet die Angaben mit den Zahlen aus den Energieperspektiven 2050+ des Bundes, ergibt sich daraus nachfolgende Aufstellung.

Zu beachten ist, dass für die Auflistung aufseiten der Energieperspektiven 2050+ ZERO Basis allfällige Modernisierungsmassnahmen bereits berücksichtigt wurden. Bei der Aufstellung von Gebäudehülle Schweiz werden die energetischen Gebäudemodernisierungen einmal mit einberechnet und einmal nicht mit einberechnet. Darüber hinaus wurde die Aufstellung von Gebäudehülle Schweiz einmal mit dem Einsatz von PtX für Heizung und Mobilität und einmal ohne aufgeführt.

Verwendungszweck	ENS 2050+ Bund (ZERO Basis) in TWh	Gebäudehülle in TWh	Gebäudehülle TWh Berücksichtigung PtX
Sonstige Verwendungszwecke	5.83	5.83	5.83
Warmwasser	1.94	1.94	1.94
Raumwärme	7.22	25.1* / 7.85**	25.1* / 7.25****
Klima Lüftung und Haustechnik	6.94	6.94	6.94
Prozesswärme	5.27	5.27	5.27
I&K, Unterhaltungsmedien	3.61	3.61	3.61
Antrieb Prozesse	12.5 (inkl. PtX)	12.5 (inkl. PtX)	12.5 (inkl. PtX)
Mobilität	16.94	20.0	16.7
Beleuchtung	2.77	2.77	2.77
Zusatz: noch nicht beachtete Modernisierungsmassnahmen	0	17.25	17.25
Total Endenergie	63.2 TWh	83.96 TWh* (66.71**)	81.21 TWh*** / (63.96 TWh***)
Elektrolyse, Gross WP und CCS	7.4	7.4	7.4
Verluste	5.3	5.3	5.3
Landesverbrauch Total Netto	76 TWh	96.6 TWh* (79.41**)	93.91 TWh*** / (76.66****)

* ohne Modernisierungsmassnahmen der Variante V3, stellt die reine Variante V1 (reiner Heizungsersatz) dar

** mit Modernisierungsmassnahmen der Variante V3 (Heizungsersatz, Gebäudehülle, Dach, Fenster)

*** ohne Modernisierungsmassnahmen der Variante V3, stellt die reine Variante V1 dar mit Einsatz PtX bei Mobilität

**** mit Modernisierungsmassnahmen Variante V3 und Einsatz PtX zum Heizen und Mobilität

Alle drei Varianten zeigen einen Netto-Landesverbrauch zwischen 76 und 79.5 TWh auf. Der Unterschied dabei ist, dass im Fall der Aufstellung von Gebäudehülle Schweiz zum einen der Einsatz von PtX und zum anderen die für die Erreichung der Werte notwendigen Modernisierungsmassnahmen aufgezeigt werden. Für die nachfolgenden weiteren Berechnungen dieser Untersuchung werden die Zahlen mit der Variante drei mit energetischer Gebäudemodernisierung ohne Einsatz von PtX und die Zahlen der Variante drei mit energetischer Gebäudemodernisierung und mit dem Einsatz von PtX herangezogen.³²

3 Energieträger der Zukunft

3.1 Energiestrategie 2050

Auch wenn in naher Zukunft fossile Energieträger noch immer eine Rolle spielen werden, so kommen den erneuerbaren Energien langfristig eine sehr grosse Bedeutung zu. Unterstrichen wird dies auch durch die Annahme der Energiestrategie 2050, wonach in der Schweiz keine neuen Kernkraftwerke mehr gebaut werden dürfen. Die bereits bestehenden sollen am Ende ihrer sicherheitstechnischen Betriebsdauer stillgelegt werden. In die Zukunft geblickt, könnten aber mögliche, in diesem Zusammenhang entstehende Stromlücken zur Herausforderung werden. Denn auch wenn der Stromverbrauch gesunken ist, nahm der Anteil des durch Kernkraftwerke produzierten Stroms sowohl im Jahr 2018 als auch im Jahr 2019 zu und lag höher als in den drei vorangegangenen Jahren. Die Energiestrategie sieht zur Kompensation zum einen die Steigerung der Energieeffizienz, zum anderen den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien, vor allem von Solarenergie, vor.

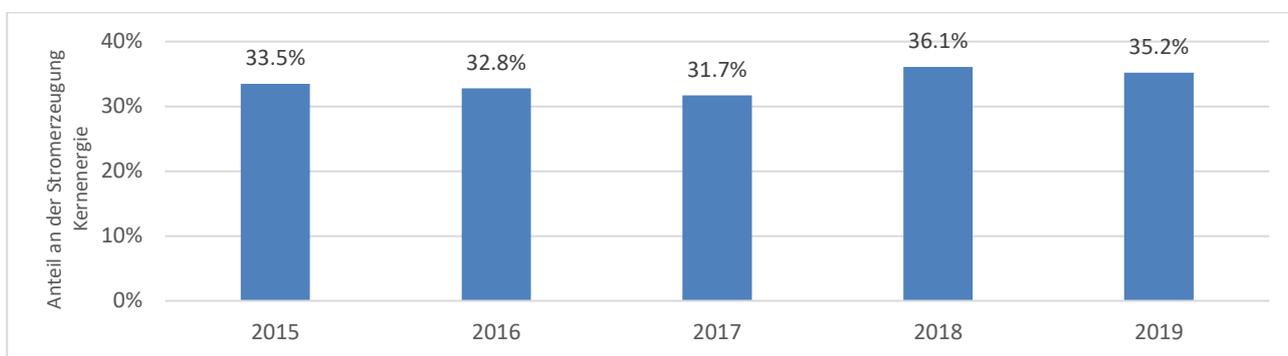


Diagramm 10: Kernenergie Anteil Stromerzeugung Schweiz | Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2019, S.13, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

3.2 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien nehmen in der Energie- und Stromversorgung der Schweiz bereits heute eine wichtige Rolle ein. Ihr Anteil am gesamten schweizweiten Endenergieverbrauch im Jahr 2020 lag bei knapp 27.2%. Beachtlich ist zudem, dass sich der Anteil an der Stromerzeugung, welcher aus erneuerbaren Energien resultiert, seit 2010 verdreifacht hat.³³ Wasserkraft nimmt hierbei aktuell eine wichtige Rolle ein. Im Jahr 2020 stammte ein Grossteil des aus erneuerbaren Energiequellen gewonnenen Stroms (rund 88.5%) aus Wasserkraft. Insgesamt lag der Anteil der in der Schweiz aus Wasserkraft generierten Energie im Verhältnis zur gesamten Stromerzeugung bei rund 58.1%, das bedeutet mehr als die Hälfte der gesamten Stromerzeugung.

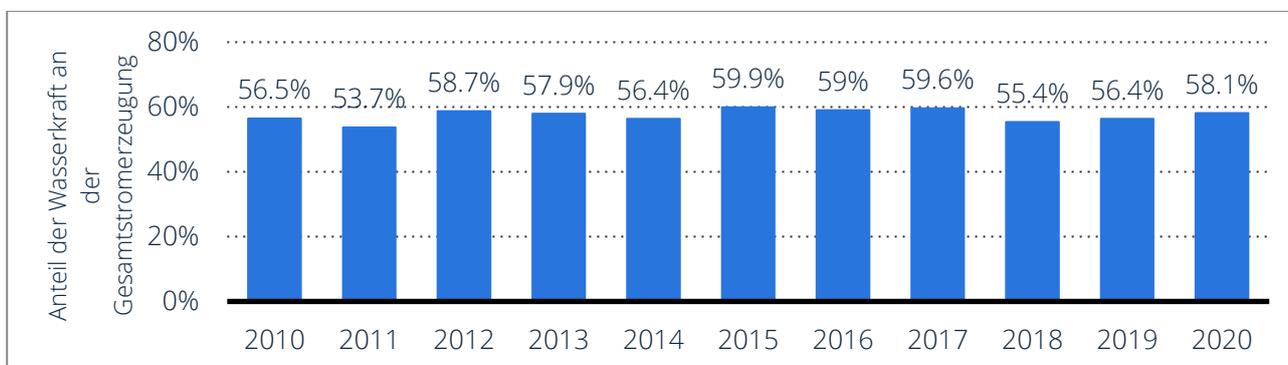


Diagramm 11: Anteil Wasserkraft an Stromerzeugung Schweiz | Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 13, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Gegenwärtig haben andere erneuerbare Energiequellen neben der Wasserkraft nur einen geringen Anteil an der Energieerzeugung in der Schweiz. Allerdings weisen sie dementsprechend auch noch ein starkes

Wachstumspotenzial auf. So stieg der Energieertrag der Schweizer Photovoltaikanlagen in den letzten Jahren stetig an. Auch der Energieertrag solarthermischer Kollektoren wächst noch an, auch wenn die Menge an jährlich neu installierten Kilowattstunden sinkt. Insgesamt sieht das Bundesamt für Energie das Solarenergiepotenzial der Schweizer Hausdächer und -fassaden bei rund 67 TWh pro Jahr und zeigt auf einer interaktiven Karte dafür geeignete Immobilien in der Schweiz. Wichtig ist in diesem Zusammenhang jedoch zu erwähnen, dass nicht jede Installation einer Solaranlage auch rentabel ist und dementsprechend auch nicht realisiert würde. Das effektive Potenzial liegt somit, Stand heute, zumindest nach Ansicht von Gebäudehülle Schweiz nicht bei 67 TWh.³⁴

Weitere unter «andere erneuerbare Energien» zu nennende erneuerbare Energien werden in der Schweiz aktuell noch wenig genutzt. Die Verwendung erneuerbarer Anteile aus Abfall generierte 2022 4'563 Terajoule (1.2 TWh) an Energie. Aus Biomasse wurden in der Schweiz im Jahr 2020 rund 2'053 Terajoule an Energie gewonnen (570 GWh). Die Stromerzeugung aus Windkraft nahm in den letzten Jahren zwar zu, spielt in der Schweiz aber weiterhin eine vergleichsweise untergeordnete Rolle (129 GWh im Jahr 2020). Einsprachen und Volksabstimmungen könnten realisierbare Windparkprojekte regelmässig zum Scheitern bringen, wobei aber gerade wegen der aktuellen Krise in der Ukraine ein Umdenken stattfinden könnte.

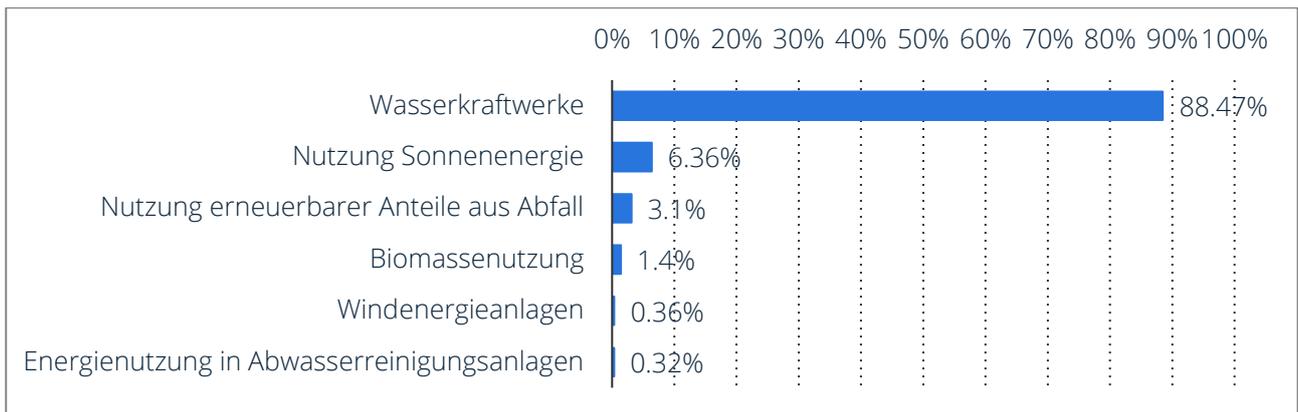


Diagramm 12: Anteil Stromproduktion erneuerbare Energien | Quelle: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>

Während die Möglichkeiten zum weiteren Ausbau von Wasserkraft beinahe ausgeschöpft sind,³⁵ liegt ein grosses Potenzial in der Solarenergie. Die Solarenergie allein wird jedoch nicht reichen, den gesamten Bedarf an Elektrizität zu decken, welcher in den kommenden Jahren benötigt wird. Es werden ein Mix von verschiedenen erneuerbaren Energien und eine umfassende energetische Gebäudemodernisierungsoffensive nötig sein, um den künftigen Energiebedarf abzudecken, respektive der Energiebedarf durch Modernisierungsmassnahmen tief zu halten. Sicher ist, ohne massiven Ausbau der Solarenergie wird dies jedoch definitiv nicht möglich sein.

4 Energieertrag durch Solar

4.1 Solarthermische Anlagen

Der Energieertrag aus Solarthermie-Anlagen hat auch im Jahr 2020 nochmals zugenommen, wobei der Anstieg seit 2019 mit knapp 4.5 % von 734 GWh auf 739 GWh nur minim war. Anzumerken ist jedoch, dass die Umstellung der Bezugsgrösse von Apertur- auf Bruttofläche³⁶ zwar insgesamt eine grössere erfasste Fläche ergibt, die Berechnung des spezifischen Energieertrags jedoch entsprechend tiefer ausfällt. Ein direkter Vergleich mit den bisher verwendeten konstanten spezifischen Energieerträgen ist nicht möglich.³⁷

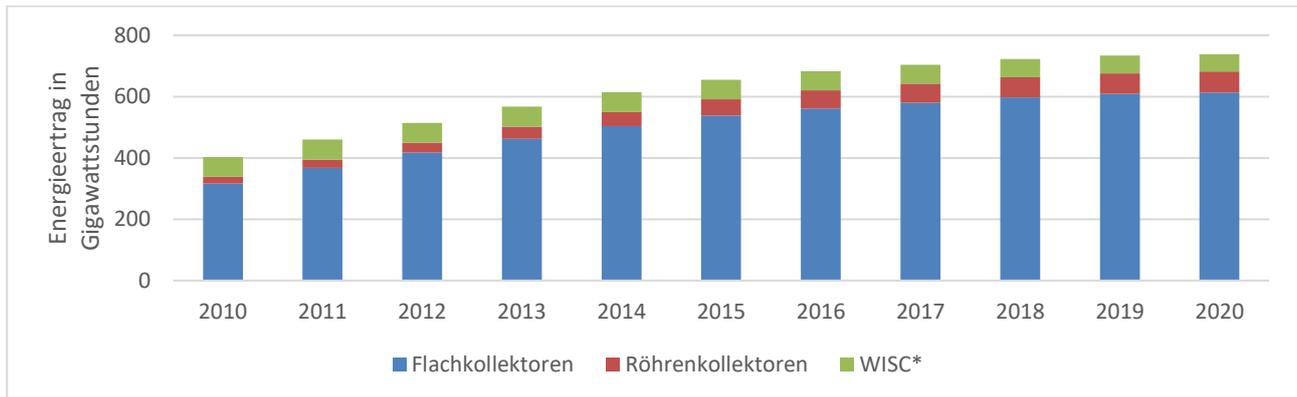


Diagramm 13: Energieertrag Solarthermie | Quelle: SWISSOLAR, Markterhebung 2021, S. 13, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf

4.2 Photovoltaik

Weiter und entsprechend stark steigt der Energieertrag, welcher bisher durch Photovoltaikanlagen erzielt wurde. Betrachtet man die letzten zehn Jahre, hat sich der Energieertrag von 2010 bis 2020 um mehr als das 25-Fache erhöht. Wurden 2010 noch 93.64 GWh produziert, waren es 2020 schon über 2'599 GWh. Auch wenn die Entwicklungszahlen beeindruckend sind, werden die Ziele der Energiestrategie 2050 des Bundes lediglich mit der Gewinnung von Solarenergie nicht erreicht werden können. Mit Sicherheit muss die Erstellung von Photovoltaikanlagen stark gefördert werden, wobei andere Faktoren wie die Gebäudemodernisierung genauso entscheidend sind (vgl. Ziffer 2.5.6).

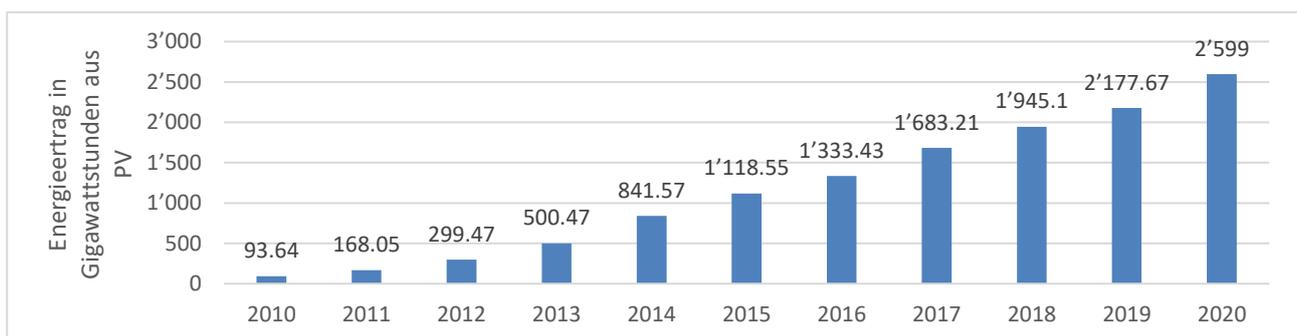


Diagramm 14: Energieertrag Photovoltaik | Quelle: SWISSOLAR, Markterhebung 2021, S. 13, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf

4.3 «Dreigestirn» Photovoltaik, Solarthermie und Wärmepumpe

Im Gegensatz zu den Photovoltaikanlagen, deren Verkauf exponentiell ansteigt, werden zunehmend weniger solarthermische Anlagen verkauft. Nachdem der Peak für Solarthermie-Anlagen im Jahr 2012 erreicht war, sinkt seither die jährlich installierte Energieleistung aus Solarthermie im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr stetig. Dies liegt vor allem daran, dass der grösste Konkurrent der Solarthermie, die

Wärmepumpe, an Marktanteilen gewonnen hat (siehe Ziffer 2.5.4), zumal diese Technologie aktuell auch stark beworben wird.³⁸

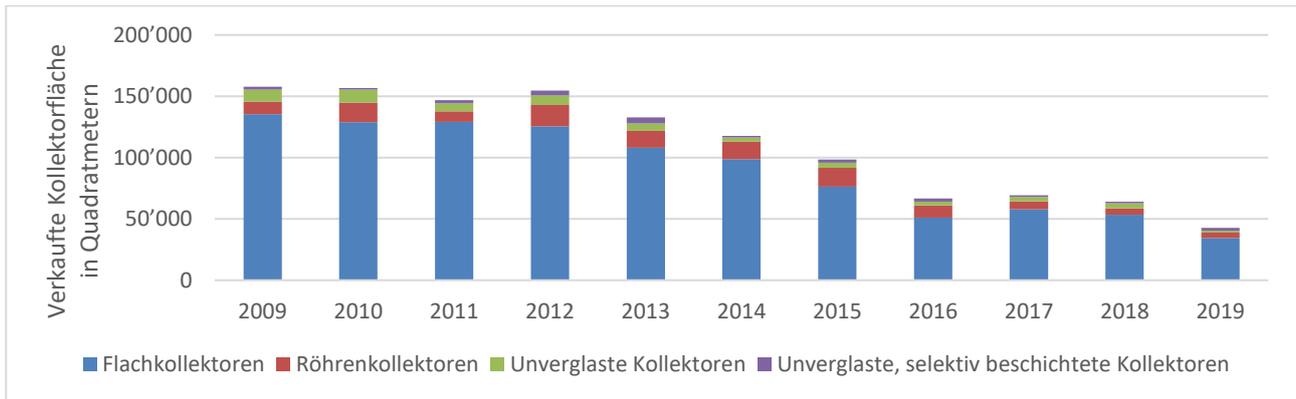


Diagramm 15: Verkaufte Kollektorenfläche Schweiz | Quelle: SWISSOLAR, Markterhebung 2021, S. 14,

https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf

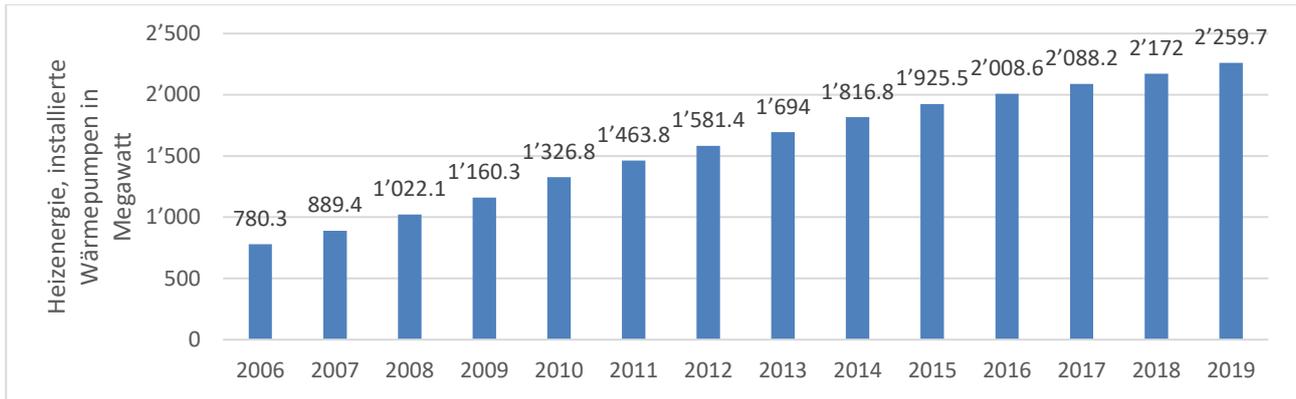


Diagramm 16: Installierte Leistung Wärmepumpen | Quelle: ENERGIE SCHWEIZ, Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz, Ausgabe 2019, S. 29, https://geothermie-schweiz.ch/wp_live/wp-content/uploads/2020/08/10154-Geothermiestatistik_Schweiz_Ausgabe_2019_final.pdf

Verkaufte Kollektoren in der Schweiz in Quadratmeter (PV in kWp):

Verkauf pro Jahr	Einheit	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Flachkollektoren	m ²	10'623	20'816	24'277	37'472	129'026	76'275	51'150	57'774	53'429	34'294
Röhrenkollektoren	m ²	1'482	1'654	2'225	1'660	15'746	15'485	9'895	6'626	5'078	4'484
Subtotal verglaste Kollektoren	m ²	12'105	22'470	26'502	39'132	144'772	91'760	61'045	64'400	58'507	38'778
Unverglaste Kollektoren	m ²	13'795	22'435	15'463	9'480	10'806	4'112	2'906	3'478	4'290	1'637
Unvergl., selektiv beschicht. Kollekt.	m ²	0	0	0	1'235	1'138	2'564	2'748	1'453	1'350	2'359
Subtotal unverglaste Kollektoren	m ²	13'795	22'435	15'463	10'715	11'944	6'676	5'654	4'931	5'640	3'996
Photovoltaik	kWp	1'190	780	2'180	4'200	47'710	337'460	263'560	240'830	270'700	332'230

Quelle: SWISSOLAR, Markterhebung 2021, S. 14, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf

Nichtsdestotrotz geht Gebäudehülle Schweiz davon aus, dass Solarthermie-Anlagen wieder an Bedeutung gewinnen werden und auch sollen, zumal sie eine grosse Unterstützung von Wärmepumpen darstellen und einen hohen Wirkungsgrad (bis zu 50%) aufweisen. Insbesondere in der Gesamtbetrachtung des energieeffizienten Gebäudes können Solarthermie-Anlagen einen tragenden Bestandteil des Energiemix sein. Zusammen mit der Gebäudemodernisierung, Photovoltaikanlage und Wärmepumpe kann eine Solarthermie-Anlage vor allem beim Einsparen von Strom zur Warmwasseraufbereitung und zur Heizungsunterstützung eine wesentliche Entlastung für Wärmepumpen darstellen. Insbesondere ist der zusätzliche Installationsaufwand für eine Solarthermie-Anlage in Kombination mit einer Wärmepumpe nicht besonders gross, da die Wärmepumpe und die Solarthermie-Anlage den Pufferspeicher gemeinsam nutzen. In diesem Zusammenhang dient nachfolgendes Praxisbeispiel als Darstellung des Nutzens einer Wärmepumpe in Verbindung mit einer Solarthermie-Anlage.

4.4 Solarthermie in der Praxis

Nachfolgende Darstellung zeigt die Grunddaten einer Solarthermie-Anlage auf einem Zweifamilienhaus ohne Photovoltaikanlage, jedoch mit einer Wärmepumpe.

Grunddaten	
Datum	2. März 2021
Witterung	Sonnig
Ort	8454 Buchberg, Kanton Schaffhausen
Uhrzeit	Morgens 7.00 Uhr
Temperatur	1.3 °C / Tagesmittelwert 10 °C
Kollektoren Fläche	20 m ²
Kombispeicher	2'200 Liter

Das nachfolgende Diagramm 17 zeigt, wie die Wärmepumpe ab Mitternacht bis in die frühen Morgenstunden die benötigte Energie für Heizung und Warmwasser im Haus bereitstellt und dafür entsprechend Strom verbraucht. Bis ungefähr 10.30 Uhr arbeitet die Wärmepumpe noch mit, danach wird sie nicht mehr benötigt (roter Graph) und der Stromverbrauch geht gegen null. Zur selben Zeit beziehungsweise schon ein wenig früher, gegen 8.00 Uhr, steigt die Temperatur in den Solarthermie-Kollektoren an. Der Energiebedarf für die Bereitstellung von Warmwasser und Heizung wird ab 10.30 Uhr dann vollumfänglich durch die Solarthermie-Anlage sichergestellt, wobei zusätzlich der Wärmespeicher (gelbe Fläche) gefüllt wird, sodass auch in den Abendstunden der Bedarf an Wärme und Warmwasserenergie gedeckt ist.

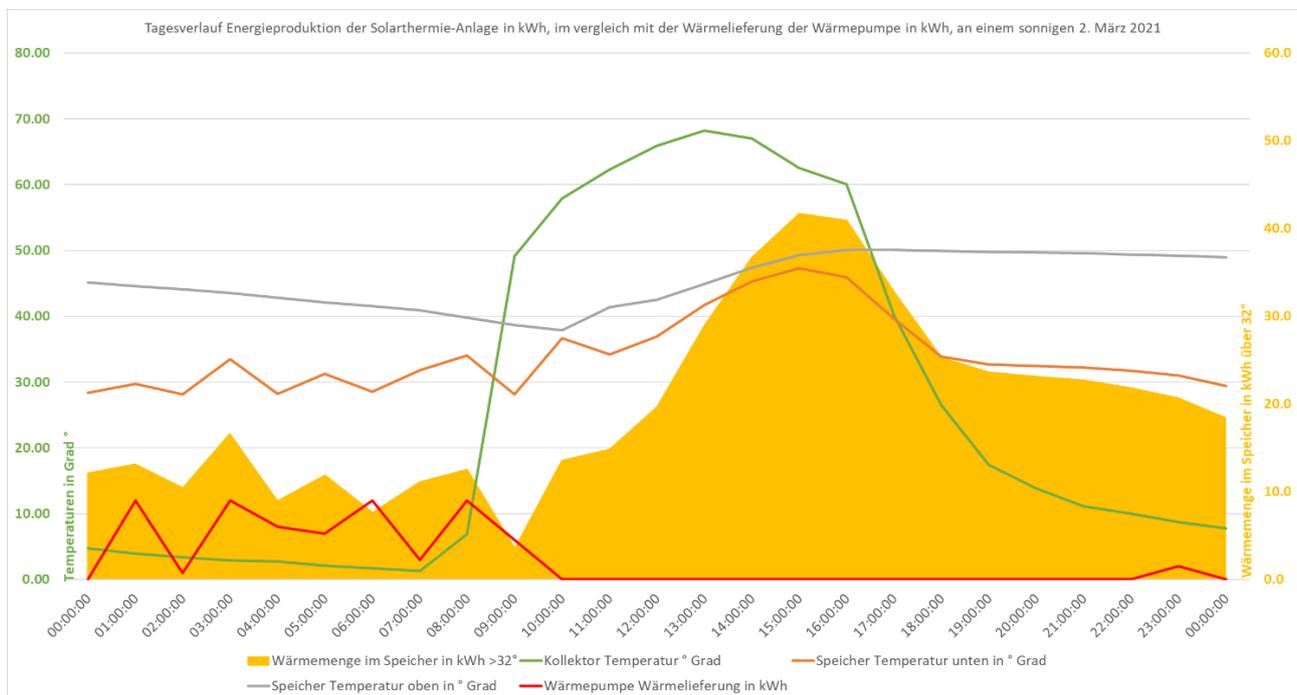


Diagramm 17: Energieproduktion Solarthermie und Wärmepumpe in der Praxis | Quelle: Grafik Bericht Solarthermie und Wärmepumpe Gebäudehülle Schweiz, <https://gebäudehülle.swiss/node/4629/download>

Welche wertvolle Unterstützung die Solarthermie-Anlage leistet, sieht man mit Blick auf den Stromverbrauch der Wärmepumpe. Dank der Solarthermie-Anlage kann die Wärmepumpe ihre Dienste um 10.30 Uhr einstellen und muss erst wieder nachts um 24.00 Uhr aktiv werden. Für den in diesem Beispiel

dargestellten sonnigen Tag Anfang März bedeutet dies konkret, dass die Solarthermie-Anlage insgesamt 48 kWh an Wärme liefert.

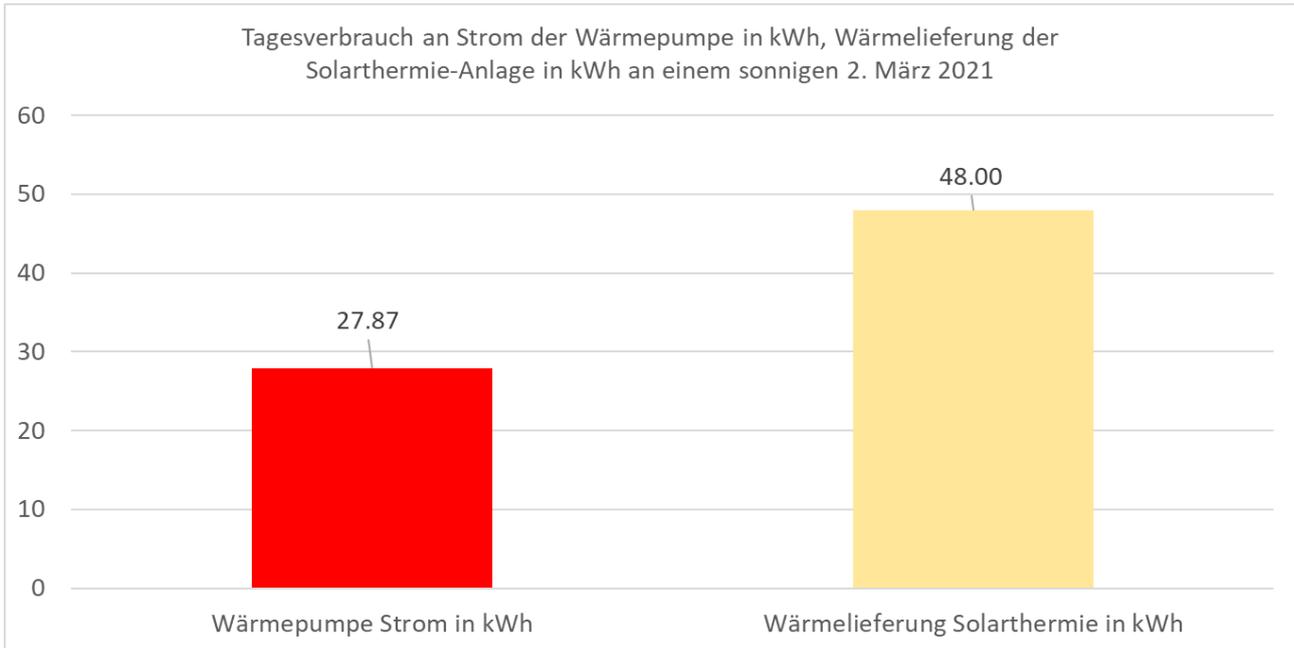


Diagramm 18: Vergleich Strombedarf Solarthermie und Wärmepumpe in der Praxis | Quelle: Grafik Bericht Solarthermie und Wärmepumpe Gebäudehülle Schweiz 2

Strom braucht die Wärmepumpe an diesem Tag rund 27.87 kWh. Zur Frage, wie viel Strom dank der Solarthermie-Anlage eingespart wird, gilt es, folgende Berechnungen anzustellen:

Die in diesem Beispiel verwendete Wärmepumpe hat einen mittleren CoP (Coefficient of Performance)³⁹ von 2.69⁴⁰. Teilt man nun die von der Solarthermie-Anlage gelieferte Energie von 48 kWh durch 2.69, ergibt dies 17.84 kWh. An diesem Tag hätte die Wärmepumpe insgesamt rund 45.72 kWh an Strom benötigt, um die nötige Wärmeenergie zu liefern.

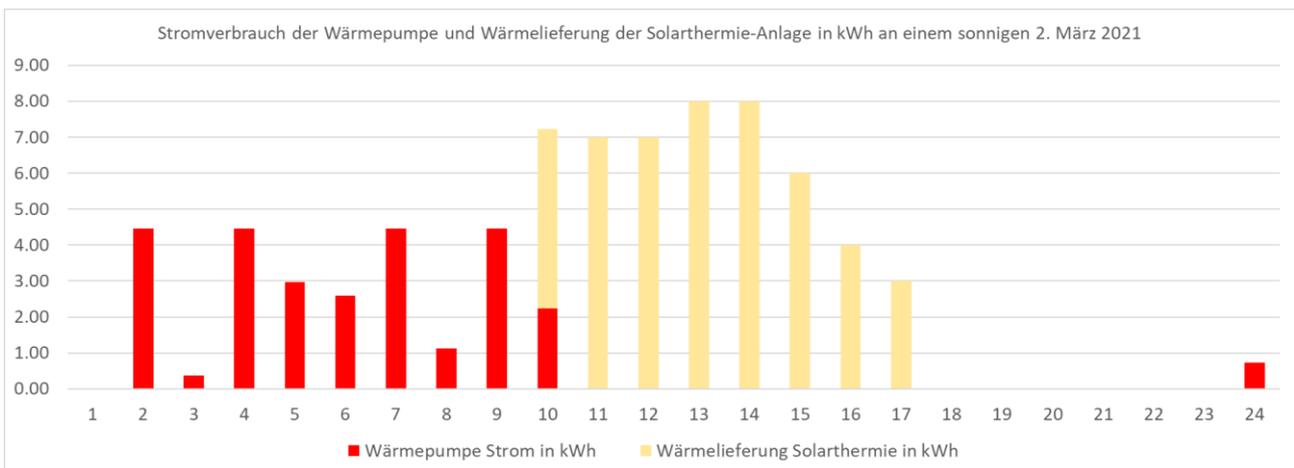


Diagramm 19: Stromverbrauch über den Tag, Solarthermie und Wärmepumpe in der Praxis | Quelle: Grafik Bericht Solarthermie und Wärmepumpe Gebäudehülle Schweiz 3

Durch die installierte Solarthermie-Anlage kann der Stromverbrauch somit um 17.84 kWh gesenkt werden. Bedenkt man, dass in der Schweiz noch ungefähr 900'000 Wohngebäude über ein fossiles Heizsystem verfügen, erkennt man, dass noch ein sehr grosses Potenzial vorhanden ist.

Im Schweizer Durchschnitt gab es 2021 rund 1861 Sonnenstunden.⁴¹ Das ergibt bei einer mittleren Tageslänge von 9 Stunden im Januar und 16 Stunden im Juni ($9 + 16 = 25 / 2 = 12.5$ Abrundung) einen Durchschnitt von 12.5 Sonnenstunden.⁴² Der Einfachheit halber wird hier von 10 Stunden im Mittel

ausgegangen, an welchen mit Solarertrag gerechnet werden darf. Bei 1862 Sonnenstunden im Jahr sind dies rund 186 Tage, an denen die Sonne effektiv Leistung für die Solarthermie-Anlage erbringen kann. Somit könnte also mit einer Solarthermie-Anlage zirka 3'300 kWh Strom ($186 \times 17.84 = 3'318$ kWh) eingespart werden. Hochgerechnet auf die 900'000 noch Fossil geheizten Wohngebäude würde dies ein Spareffekt von zirka 3'000 GWh pro Jahr bedeuten.

5 Zukunft der Stromproduktion

5.1 Gesetzgeberische Aktivitäten

Durch die geplante Festschreibung verbindlicher Verbrauchs- und Ausbauziele im Energiegesetz (EnG) möchte der Bund ein klares Signal senden in Bezug auf den Umfang der notwendigen Anpassungen im Schweizer Energiesystem. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Stärkung der Planungssicherheit von Investorinnen und Investoren. Angepasst an die Netto-Null-Basisvariante der Energieperspektiven 2050+ und mit einem Ausbau der erneuerbaren Elektrizitätsproduktion gemäss der Strategievariante «Ausgeglichene Jahresbilanz 2050» resultierte im Entwurf aus dem Jahr 2021 zum Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien ein klares Ausbauziel. Das Gesetz wurde von der Stimmbevölkerung zwar abgelehnt, als Richtschnur für den Ausbau der Elektrizität aus erneuerbaren Energien ist es jedoch nach wie vor interessant, zumal künftige Gesetzesentwürfe hierzu kaum Einschränkungen machen werden. Vorgesehen war ein Jahresproduktionszielwert aus erneuerbaren Energien für das Jahr 2035 von 17 TWh (bisher: 11,4 TWh). Photovoltaik sollte mit rund 14 TWh (rund 80 % des Gesamtzielwertes) den grössten Teil beisteuern. Als Ziel für den Ausbau der Elektrizität aus erneuerbaren Energien im Jahr 2050 sollte eine Jahresproduktion von 39 TWh (bisher: 24,2 TWh) gesetzlich festgeschrieben werden.⁴³

5.2 Solarpotenzial

Setzt man die oben genannten Zahlen in Relation zu dem, was aktuell jährlich an Solarmodulen verbaut wird, stellt man fest, dass noch ein grosses Ausbaupotenzial besteht. Im Jahr 2020 wurden 2.599 TWh⁴⁴ an Energie durch Photovoltaik produziert. (Achtung: Das entspricht nicht dem installierten Potenzial von 2.973 TWh.) Dies ergibt einen Anteil von rund 1.44% des Stromverbrauchs in der Schweiz.⁴⁵ Ein Kilowatt Peak (kWp) entspricht dabei ungefähr 7 Quadratmeter Photovoltaik-Modul-Fläche und kann damit rund 1000 kWh Solarstrom pro Jahr produzieren. Dies ist selbstverständlich immer von den Sonnenstunden und der Lage der Anlage abhängig. Geht man jedoch davon aus, dass 7 Quadratmeter Photovoltaikanlage rund 1 kWp produzieren können, bedeutet dies, dass die im Jahr 2020 installierten 2.599 TWh rund 21 Millionen Quadratmeter an verbauten PV-Modulen ausmachen (Gesamtbestand), während es vor 15 Jahren noch rund 198'000 Quadratmeter (Gesamtbestand) waren.⁴⁶

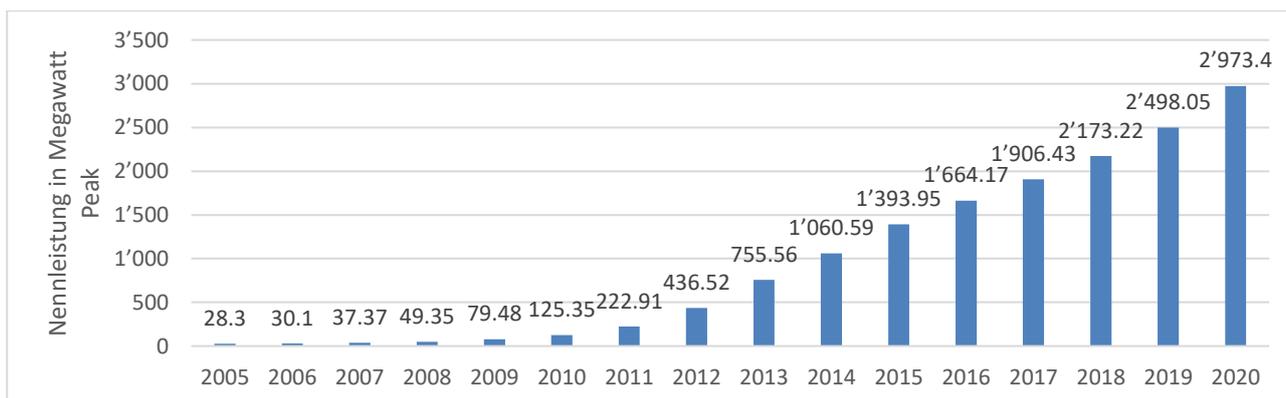


Diagramm 20: Installierte Leistung Photovoltaik | Quelle: SWISSOLAR, Markterhebung 2021, S. 10, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf

Den Photovoltaikanlagen wird künftig ein grosses Potenzial zugesprochen, zumal der Bundesrat in seiner Botschaft davon ausgeht, dass die Produktion von Energie aus Photovoltaikanlagen rund 80% der erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) ausmachen wird. Bis ins Jahr 2035 bedeutete dies, gemäss dem überarbeiteten Energiegesetz von 2021, im Minimum eine Produktionsleistung von 14 TWh aus Photovoltaik pro Jahr. Im Jahr 2050 sollten insgesamt sogar 39 TWh Strom aus erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) produziert werden.⁴⁷ Bleibt man bei der Annahme, dass Photovoltaik nach wie vor den

grössten Teil (rund 80 % wie 2035) ausmachen wird, entspräche dies einer zusätzlichen Gesamtleistung von rund 28 TWh (insgesamt 31.2 TWh) im Vergleich zu 2020.⁴⁸ In Quadratmetern ausgedrückt würde dies bedeuten, dass zum Jahr 2050 rund 230 Millionen Quadratmeter an Photovoltaikanlagen zusätzlich verbaut sein müssten.⁴⁹ Das BFE geht derweil sogar davon aus, dass bis 2050 (ZERO-Basis-Szenario) bis zu 34 TWh aus Sonnenenergie resultieren, was rund 87 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) entsprechen würde.⁵⁰ Wichtig ist an dieser Stelle jedoch zu erwähnen, dass das Gesamtproduktionspotenzial von Photovoltaikanlagen auf Dächern vom Bundesamt für Energie auf bis zu 50 TWh pro Jahr geschätzt wird. Somit wird also gemäss dem Entwurf des EnG von 2021 fast die doppelte Energieproduktion aus Solaranlagen für die Berechnung angenommen. Demgegenüber stehen aber auch kritische Stimmen, welche ein deutlich geringeres Potenzial für die Energiegewinnung aus Solar vorsehen. Einige Studien gehen davon aus, dass das Potenzial lediglich bei 16.3 bis 24.6 TWh pro Jahr liegt. Eine aktuelle Studie der ZHAW vom Januar 2021 geht ihrerseits, je nach Modulwirkungsgrad, von einem Potenzial von 38.8 TWh (Modulwirkungsgrad 17 %) bis zu 45.6 TWh (Modulwirkungsgrad 20 %) aus. Der Grund für diese grossen Unterschiede liegt im Fall der Studie der ZHAW im Vergleich zu den Berechnungen des BFE darin, dass die ZHAW die Modulwirkungsgrade tiefer einstuft als das BFE.⁵¹ Für die vorliegende Untersuchung werden die Zahlen der Energiestrategie beziehungsweise des Entwurfs des überarbeiteten EnG aus dem Jahr 2021 als Orientierung verwendet, zumal der Strombezug beziehungsweise die dafür notwendige Produktion dafür entscheidend ist.

Unabhängig von den unterschiedlichen Potenzialberechnungen sind die Zahlen ohnehin beeindruckend. Dies insbesondere dann, wenn man bedenkt, welche weiteren Faktoren beachtet und welche weiteren Leistungen dabei erbracht werden müssen. Denn damit die entsprechende Anzahl Solarmodule verbaut werden kann, sind neben Dach- und Fassadenflächen auch Personal und Material nötig. Ferner stellt sich die Frage, ob Solarenergie allein das Potenzial hat, die Energiewende sicherzustellen. Dies vor allem im Hinblick auf den Ausstieg aus der Kernenergie und die Zunahme des Verbrauchs von Elektrizität bis 2050. Wie der Bund in den Energieperspektiven 2050+ auch darlegt (siehe auch Ziffer 2.5.1),⁵² wird es zwingend nötig sein, weitere Massnahmen, beispielsweise die energetische Modernisierung von älteren Gebäuden voranzutreiben.

Das mögliche Potenzial zur Energiegewinnung aus Solaranlagen hängt direkt mit der für Solaranlagen nutzbaren Fläche zusammen. Vorderhand werden vor allem Dächer für die Nutzung von Solaranlagen verwendet, wobei ein ebenso wertvolles Potenzial in den Fassaden liegt. Geht man von den Zahlen des Bundesamts für Energie aus, stehen rund 67 TWh an insgesamt nutzbaren Flächen (Dach und Fassade) zur Verfügung. Andere Zahlen sehen ein deutlich geringeres Potenzial vor. Das Wunschziel von 34 TWh bis 2050 wird mit den bestehenden Dach- und Fassadenflächen jedoch erreichbar sein. Insbesondere auch dann, wenn man davon ausgeht, dass der Wirkungsgrad der PV-Module in den nächsten Jahren weiter steigen wird und somit weniger Fläche für die gleiche Stromproduktion benötigt wird. Unabhängig davon wird nicht jede mögliche Fläche auch sinnvoll für Solar nutzbar sein.

5.3 Problematik der Solarenergie

Nebst den nicht immer optimal liegenden Dachflächen und den zum Teil unrentablen Kleinanlagen stellen vor allem die Wintermonate für die Solarenergie ein Problem dar. In den Wintermonaten wird mit Solaranlagen zu wenig Strom produziert, um den gesamten Bedarf zu decken, weshalb weitere Massnahmen (bspw. energetische Gebäudemodernisierungen) zwingend notwendig sein werden. Momentan übersteigt die Stromproduktion den momentanen Strombedarf jedoch noch. Sowohl im Winter als auch im Sommer ist genügend Elektrizität vorhanden.

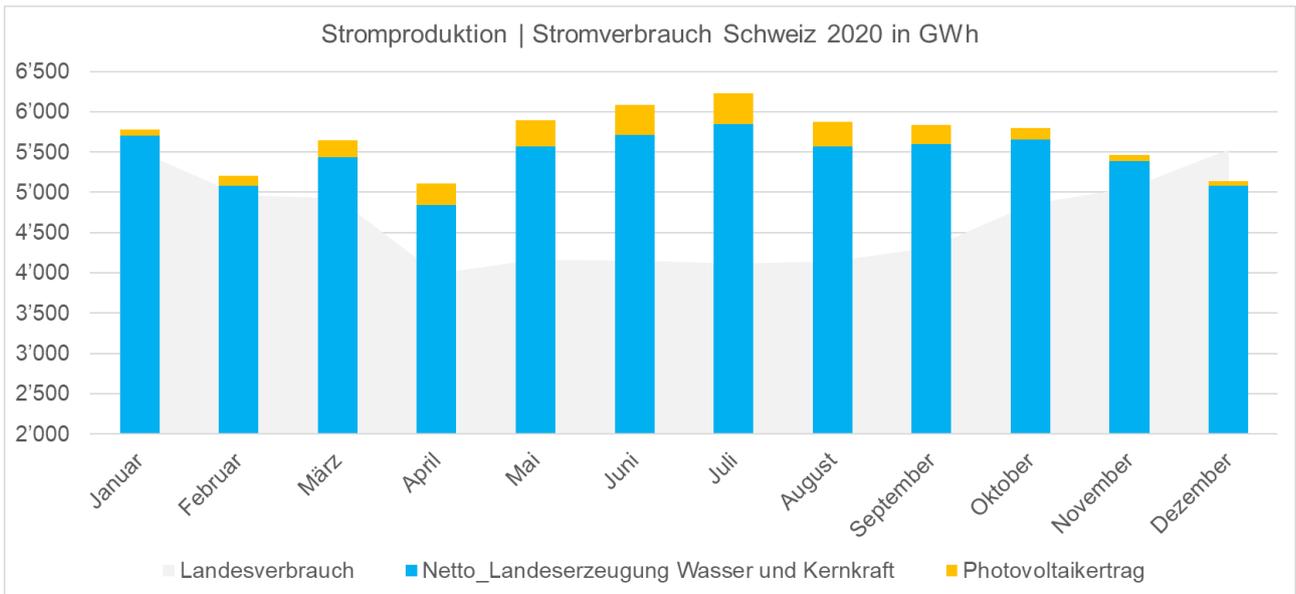


Diagramm 21: Monatliche Stromproduktion und Verbrauch Schweiz | Quelle: Gebäudehülle Schweiz

Fällt die Stromproduktion aus Kernenergie (23 TWh) weg und ist davon auszugehen, dass die Menge an zusätzlich benötigter elektrischer Energie für den Netto-Landesverbrauch um rund 7.5 TWh⁵³ zunimmt, wird im Minimum eine Lücke von rund 30.5 TWh zu füllen sein. Solarenergie allein wird in diesem Fall nicht genügen. Denn selbst wenn jährlich eine Steigerung von linear 10% erfolgen würde, könnte der Strombedarf im Winter nicht vollständig gedeckt werden. Dies natürlich immer unter der Annahme, dass künftig alle noch bestehenden fossilen Heizsysteme durch eine nachhaltige Alternative ersetzt würden. Dementsprechend sind weitere Massnahmen wie beispielsweise energetische Modernisierungen zu treffen. Das nachfolgende Diagramm 22 stellt dar, wie die Abdeckung des Strombedarfs aussähe, wenn die Ausweitung von Solaranlagen zwar jährlich linear um 10% auf insgesamt eine Produktion von 45'351 GWh pro Jahr ansteigen würde (was immerhin der Prognose der ZHAW-Studie entspräche), jedoch lediglich ein Heizungersatz durch eine Wärmepumpe erfolgte. In diesem Diagramm wird vorderhand davon ausgegangen, dass sich alternative Heizsysteme wie Holz oder auch andere erneuerbare Energien nicht verändern.

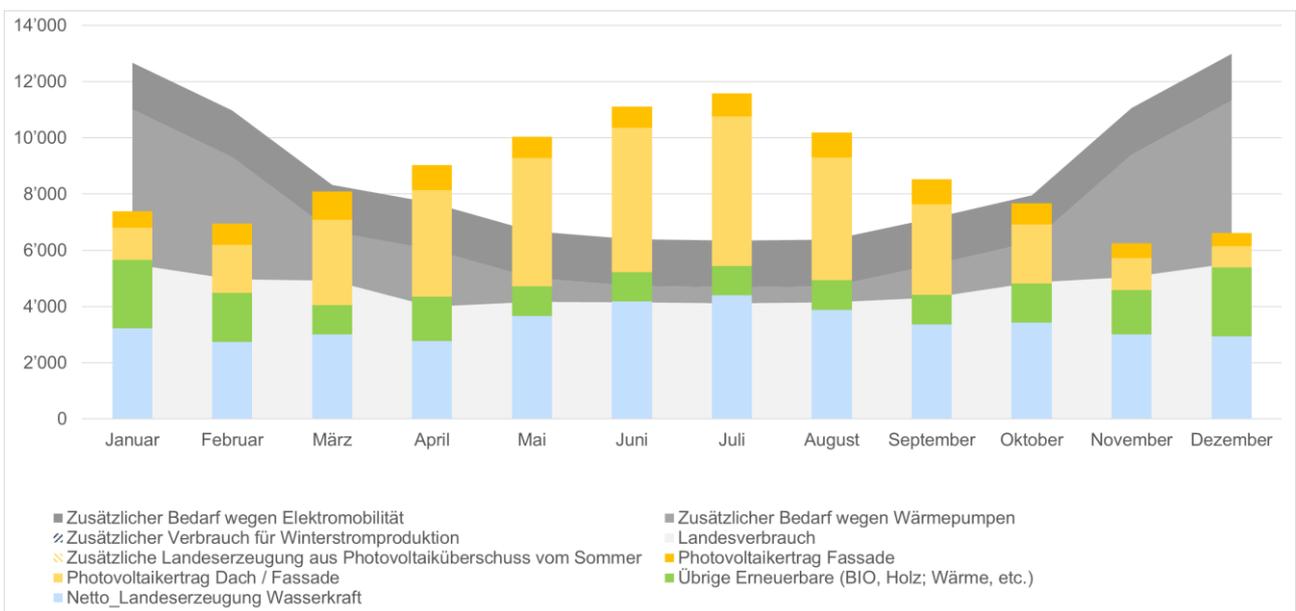


Diagramm 22: Energieverbrauch und Produktion 2050 B1 | Quelle: Gebäudehülle Schweiz | Modernisierung Variante 1 | Ausbau Photovoltaik auf 10% | Ausbau Wasserkraft 0% | Alternative Heizsysteme Holz 0% | Ausbau übrige erneuerbare Energien 0%

Wie im Diagramm 22 zu erkennen ist, könnten lediglich die Monate von März bis Oktober befriedigend den Bedarf abdecken. In den restlichen Monaten, von November bis Februar, wäre der Strombedarf nicht gedeckt. Um diese Stromlücke zu decken, muss entweder der Strombedarf gesenkt oder mehr produziert werden. Aufgrund des dahinfliegenden Stromabkommens mit der Europäischen Union⁵⁴ und der Problematik, dass die Nachbarstaaten ihre Elektrizität selbst benötigen, ist ein simpler Stromimport nicht die geeignete Lösung. Der Bund spricht in diesem Zusammenhang von «Versicherungen» wie dem Einsatz von Gaskraftwerken, welche die Stromlücken füllen sollten.⁵⁵ Diese Variante ist aber klar nicht zu bevorzugen. Im Gegenteil: Weiterhin auf fossile Brennstoffe zu setzen, bringt die so dringend benötigte Unabhängigkeit nicht ins Land. Vielmehr wäre die Notwendigkeit des Energiebedarfs zu senken. Dies kann mithilfe einer klugen Verteilung geeigneter Heizsysteme (auch Alternativen zu Wärmepumpen) und nachhaltigen Modernisierungen sowie mit der Installation von Solaranlagen oder beispielsweise auch Klein-Windkraftanlagen geschehen. Damit kann die Notwendigkeit von «Versicherungen» in Form von Gas-Kraftwerken drastisch gesenkt werden, zumal gerade der andauernde Krieg in der Ukraine die Problematiken von Abhängigkeiten und fossilen Brennstoffen deutlich aufzeigt.

6 Potenzial energieeffiziente Modernisierungen

6.1 Ausgangslage

Aktuell zählt die Schweiz rund 1,765 Millionen Gebäude mit Wohnnutzung (Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser). Diese lassen sich aufteilen in 1'003'710 Einfamilienhäuser, 481'382 Mehrfamilienhäuser, 198'547 Wohngebäude mit Nebennutzung und 81'912 Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung. Insgesamt gehen daraus rund 4,637 Millionen Wohnungen (ohne Einfamilienhäuser) hervor. Ein Grossteil der Gebäude wurde vor 1991 gebaut und ist dementsprechend modernisierungsbedürftig. Die durchschnittliche Wohnfläche beträgt 102 Quadratmeter.⁵⁶ Diese Angaben sind insofern wichtig, als dass daraus abgeleitet werden kann, wie hoch a) das Wertschöpfungspotenzial ist und b) inwiefern die energetische Gebäudemodernisierung den Energieverbrauch schweizweit tatsächlich senken könnte.

6.2 Was beinhaltet die energieeffiziente Modernisierung?

Mit energetischer Modernisierung werden Gebäude im Hinblick auf ihren Energieverbrauch effizienter gemacht. Durch gezielte Erneuerungen beziehungsweise Verbesserung der Gebäudehülle (Dach, Fassade inklusive Fenster und Keller) und mit einem Heizungsersatz oder Teilen davon, kann die vom Bewohner oder Nutzer verbrauchte Energie in Form von Elektrizität, Gas oder Öl gesenkt werden. Wie schon in Ziffer 2.5.4 beschrieben, sind grundsätzlich vier Stufen der energetischen Modernisierung möglich: Variante eins beinhaltet den Heizungsersatz, Variante zwei zusätzlich die Dachmodernisierung, Variante drei zusätzlich die Fassaden- und Fenstermodernisierung. Variante vier sieht zusätzlich die Modernisierung des Kellerbodens vor. Alle Varianten bauen aufeinander auf, wobei die Energieeffizienz mit jeder Stufe zunimmt. Für die nachfolgenden Darstellungen wurde jeweils die Variante drei gewählt, da diese im Durchschnitt am ehesten für den ganzen Gebäudepark Schweiz zutreffend ist. Den gesamten Gebäudepark mit der Variante vier zu modernisieren, wäre zwar wünschenswert, aber nicht umsetzbar. Für das Wachstum der zu verbauenden Photovoltaikanlagen wurden 9 % gewählt, da diese Prozentzahl vom Potenzial her an die mittleren Berechnungen der in Ziffer 1.1 genannten Studien herankommt und zudem den ursprünglichen Vorgaben des Gesetzgebers entspricht.

Wie nachfolgend in Diagramm 23 dargestellt, kann man erkennen, welchen Effekt allein die Massnahmen der energetischen Modernisierung ausmachen. Im Vergleich zu Diagramm 22 lässt sich hier aufzeigen, dass der Energieverbrauch nur aufgrund der Modernisierungsmassnahmen der Variante drei deutlich abnimmt. Ähnlich wie in Diagramm 22 wird in diesem Szenario aber davon ausgegangen, dass sich alle übrigen Energiequellen wie Holz, Wasserkraft und übrige erneuerbare Energien nicht verändern, Photovoltaik dagegen jährlich um 9 % wachsen soll. Wie im Diagramm 23 aber zu sehen ist, reicht auch die Variante drei der Modernisierungsmassnahmen noch nicht aus, um die Energielücke vollständig zu füllen. Immerhin sind aber zumindest die Monate von März bis Oktober gedeckt.

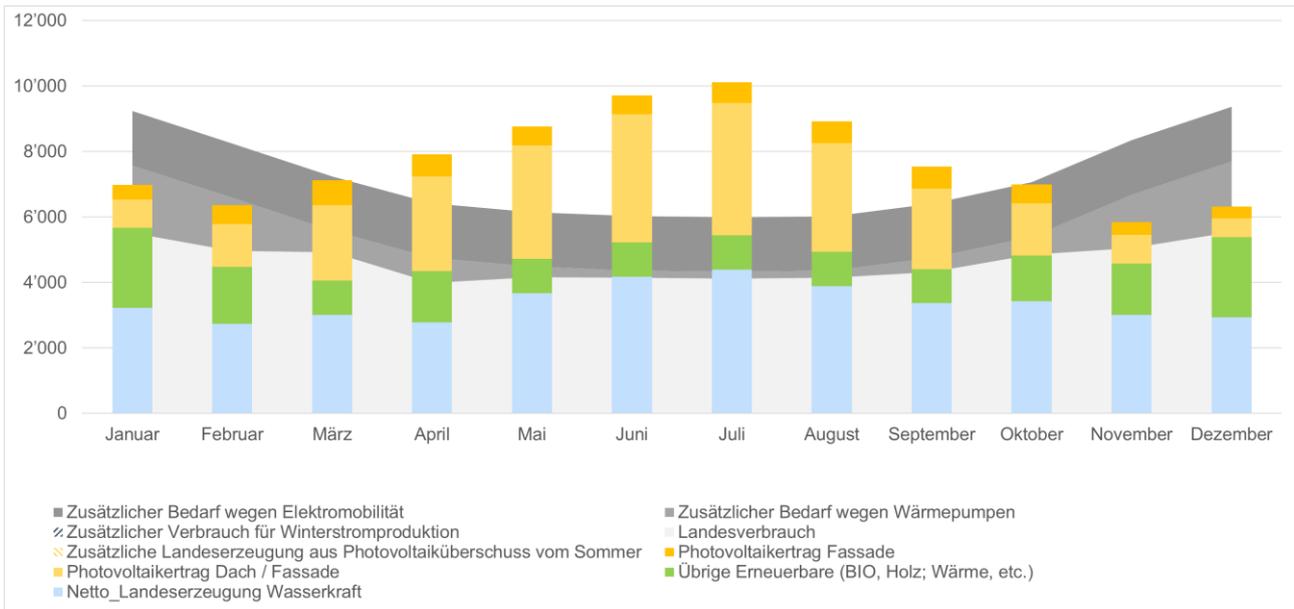


Diagramm 23: Energieverbrauch und Produktion 2050 B2 | Quelle: Gebäudehülle Schweiz | Modernisierung Variante 3 | Ausbau Photovoltaik auf 9% | Ausbau Wasserkraft 0% | Alternative Heizsysteme Holz 0% | Ausbau übrige erneuerbare Energien 0%

Dementsprechend sind weitere Massnahmen nötig, um den Energieverbrauch (Elektrizität), insbesondere im Winter, zu senken. Helfen können in diesem Zusammenhang vor allem alternative Heizsysteme wie beispielsweise Holz-Pelletheizungen und weitere erneuerbare Energien oder auch der weitere Ausbau von Wasserkraft. Diese Berechnung könnte dann wie folgt aussehen: Geht man davon aus, dass bis zum Jahr 2050 Pelletheizungen um 1% (insgesamt um rund 90'000 Pellet-Heizsysteme) zunehmen, Wasserkraft wie vom Bund vorgesehen um 0.32% (also auf rund 44.7 TWh) und übrige Energie um 0.62% (also rund 6.5 TWh), könnte man mit einer Steigerung von jährlich 9% an Photovoltaikanlagen den jährlichen Energieverbrauch zwar immer noch nicht ganz decken, die Lücken würden jedoch, wie in Diagramm 24 dargestellt, immens geringer werden. Zu decken wären in diesem Fall nur noch die Monate November bis Februar.

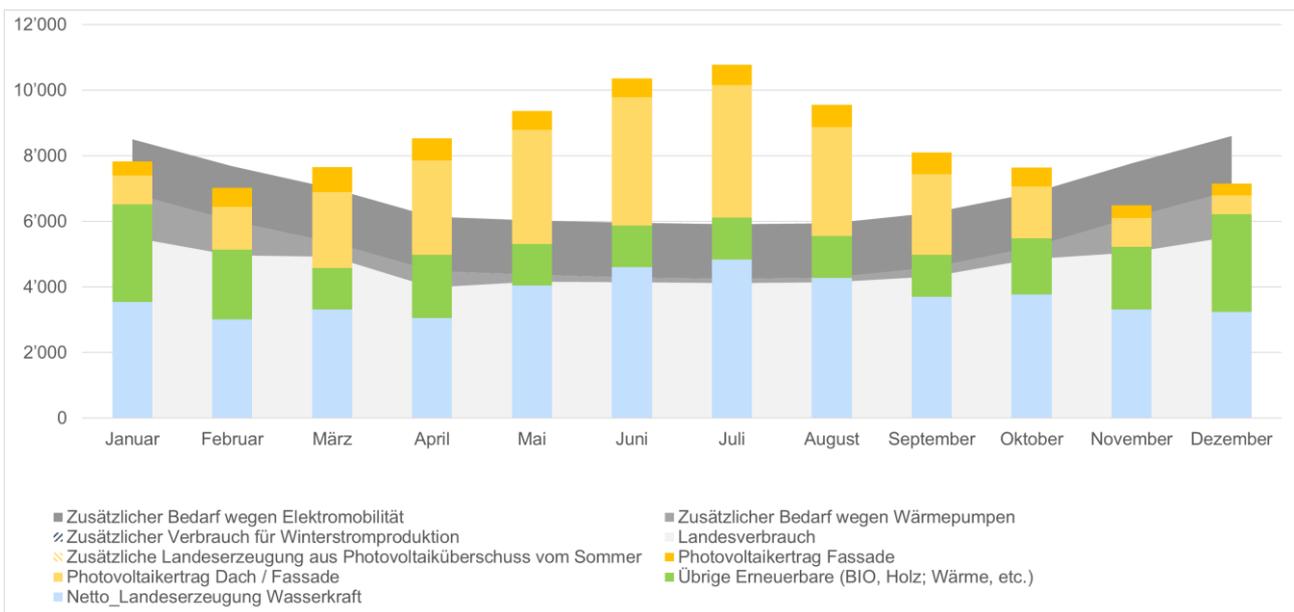


Diagramm 24: Energieverbrauch und Produktion 2050 B3 | Quelle: Gebäudehülle Schweiz | Modernisierung Variante 3 | Ausbau Photovoltaik auf 9% | Ausbau Wasserkraft 0.32% | Alternative Heizsysteme Holz 1% | Ausbau übrige erneuerbare Energien 0.62%

Damit aber auch in den Wintermonaten genügend Energie vorhanden ist, müsste der Bedarf weiter gesenkt werden. Abhilfe könnten hier beispielsweise Solarthermie-Anlage bieten. Würde also bei jedem

Heizungersatz zusätzlich noch eine Solarthermie-Anlage installiert, könnte der Verbrauch an Elektrizität weiter gesenkt und der Winter fast schon überbrückt werden. Das Diagramm 25 zeigt, dass der Bedarf durch die Einsparungen der Solarthermie-Anlage beinahe gedeckt wird.

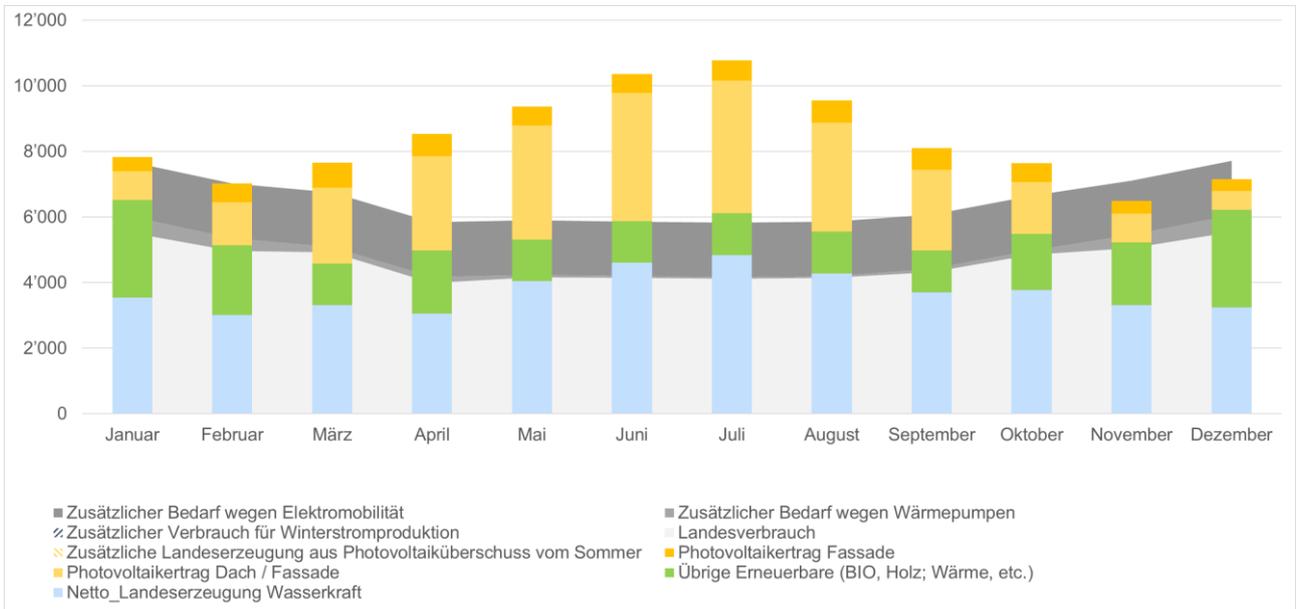


Diagramm 25: Energieverbrauch und Produktion 2050 B4 | Quelle: Gebäudehülle Schweiz | Modernisierung Variante 3 | Ausbau Photovoltaik auf 9 % | Ausbau Wasserkraft 0.32 % | Alternative Heizsysteme Holz 1 % | Ausbau übrige erneuerbare Energien 0.62 % | Zusätzlich zu jedem Heizungersatz wird eine Solarthermie-Anlage verbaut.

Gerade in den Wintermonaten von November und Dezember sind dennoch weitere Massnahmen notwendig. Abhilfe schaffen kann hier die Verwendung des Überschusses an Strom aus Photovoltaik in den Sommermonaten. Die Überproduktion von Elektrizität im Sommer kann verschiedentlich genutzt werden, wenn auch mit unterschiedlicher Effizienz. Die verschiedenen Möglichkeiten zur Speicherung der Energie zeigen unterschiedliche Wirkungsgrade auf. Hier wird sich künftig zeigen, welche Massnahmen, auch im Hinblick auf die Kosten, am geeignetsten und auch am einfachsten umzusetzen sein werden.

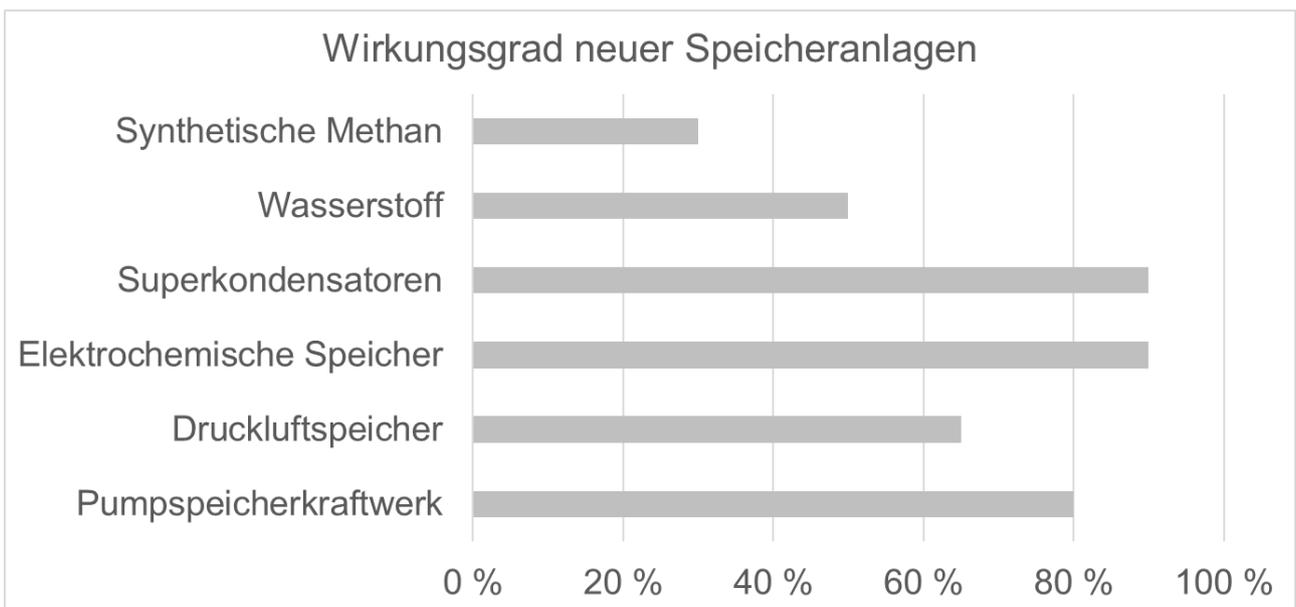


Diagramm 26: Speichermöglichkeiten | Quelle: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10623>

Durch den Einsatz von Speichieranlagen kann die Überproduktion an Strom in den Winter transferiert werden. Damit kann je nach Speicher im Winter wiederum Strom hergestellt oder direkt für die Elektromobilität oder für das Heizen eingesetzt werden. Wird der Strom aus Solarenergie im Sommer

gespeichert, so erhöht sich rein rechnerisch im Sommer zwar der Stromverbrauch, da der Überschuss nicht verpufft, dafür könnten im Winter die Stromlücken komplett gedeckt werden. Wie in Diagramm 27 dargestellt, wird für dieses Beispiel Wasserstoff auf die Wintermonate verteilt, um so zum Beispiel den Stromverbrauch für die Mobilität oder das Heizen zu senken.

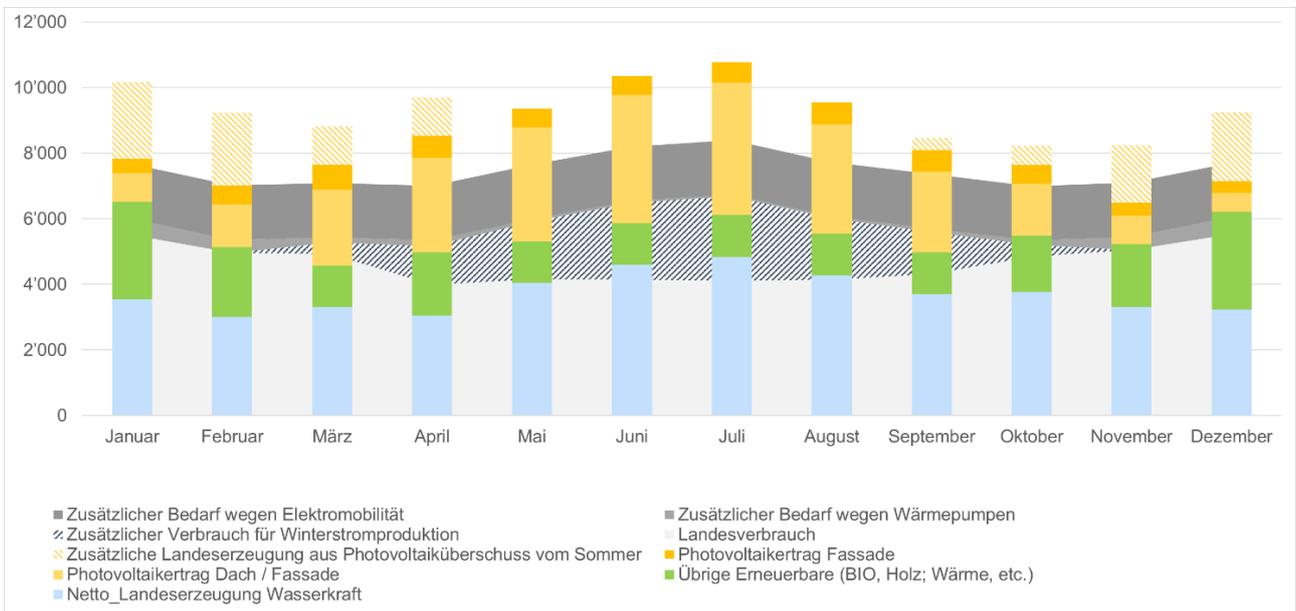


Diagramm 27: Energieverbrauch und Produktion 2050 B5 | Quelle: Gebäudehülle Schweiz | Modernisierung Variante 3 | Ausbau Photovoltaik auf 9% | Ausbau Wasserkraft 0.32% | Alternative Heizsysteme Holz 1% | Ausbau übrige erneuerbare Energien 0.62% | Verteilung Sommerstrom auf Winter in Form von Wasserstoff

Andere Arten von Speicheranlagen können aufgrund ihres Wirkungsgrads noch bessere Resultate erzielen. Welche Speichertechnologien oder auch ein Mix daraus sich bis 2050 letztlich aber durchsetzen werden, wird sich noch zeigen.

7 Stromproduktion 2050

Für die Energiewende reicht es nicht, nur auf die Stromproduktion zu achten. Wie bereits an diversen Stellen beschrieben, sind alternative Heizsysteme beziehungsweise Modernisierungsmassnahmen genau so entscheidend, um die Energiewende bis 2050 überhaupt zu schaffen. Da jedoch viele Systeme, welche heute mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, künftig mit Strom betrieben werden sollen, ist ein entscheidender Faktor die Sicherstellung der konsistenten Stromlieferung und damit die Versorgungssicherheit.

Die im Jahr 2050 bezogene Elektrizität ergibt sich nach Bund und Gebäudehülle wie in der nachfolgenden Aufstellung dargelegt. Zu beachten ist, dass für die Auflistung aufseiten der Energieperspektiven (ENS) 2050+ ZERO Basis allfällige Modernisierungsmassnahmen bereits berücksichtigt sind (Spalte 1).⁵⁷ Aufseiten Gebäudehülle Schweiz sind die jeweiligen Verbrauchsangaben einmal nur mit Modernisierungsmassnahmen und einmal mit Modernisierungsmassnahmen und dem Einsatz von PtX beziehungsweise alternativ mit der Auffüllung der Pumpspeicherseen angegeben.

	1	2	3
Verwendungszweck	ENS 2050+ Bund (ZERO Basis) in TWh	Gebäudehülle in TWh	Gebäudehülle TWh Berücksichtigung PtX (bspw. Wasserstoff) / Speicherwerke
Sonstige Verwendungszwecke	5.83	5.83	5.83
Warmwasser	1.94	1.94	1.94
Raumwärme	7.22 (Modernisieren bereits beinhaltet)	25.1* / 7.85**	25.1* / 7.25****
Klima Lüftung und Haustechnik	6.94	6.94	6.94
Prozesswärme	5.27	5.27	5.27
I&K, Unterhaltungsmedien	3.61	3.61	3.61
Antrieb Prozesse	12.50 (inkl. PtX)	12.5 (inkl. PtX)	12.5 (inkl. PtX)
Mobilität	16.94	20.00	16.7
Beleuchtung	2.77	2.77	2.77
Zusatz: noch nicht beachtete Modernisierungsmassnahmen	0	17.25	17.25
Total Endenergie	63.2 TWh	83.96 TWh* (66.71**)	81.21 TWh*** / (63.96 TWh****)
Elektrolyse, Gross WP und CCS	7.4	7.4	7.4
Verluste	5.3	5.3	5.3
Landesverbrauch Total Netto	76 TWh	96.6 TWh* (79.41**)	93.91 TWh*** / (76.66****)

* ohne Modernisierungsmassnahmen der Variante V3, stellt die reine Variante V1 (reiner Heizungsersatz) dar

** mit Modernisierungsmassnahmen Variante V3 (Heizungsersatz, Gebäudehülle, Dach, Fenster)

*** ohne Modernisierungsmassnahmen der Variante V3, stellt die reine Variante V1 dar mit Einsatz PtX

**** mit Modernisierungsmassnahmen Variante V3 und Einsatz PtX

Wie gut zu erkennen ist, gleichen sich die Mengen an benötigter Elektrizität innerhalb der drei Varianten an. Der Netto-Landesverbrauch ist sich im Fall der ENS 2050+ und der Berechnung von Gebäudehülle Schweiz inklusive der Verwendung des Sommersolarüberschusses sehr ähnlich, auch wenn Gebäudehülle Schweiz einen höheren Stromverbrauch voraussagt. Der Ausgleich wird mit Modernisierungsmassnahmen

begründet, mit welchen immerhin 17.25 TWh an Strom eingespart werden können. Der Netto-Landesverbrauch beträgt somit bei allen drei Varianten zwischen 76 und 79 TWh Elektrizität.⁵⁸ Ähnlich sieht es aus, wenn man den Brutto-Landesverbrauch beziehungsweise die Produktion der Elektrizität beachtet.

Hinsichtlich der Stromproduktion ergibt sich grundsätzlich ein ähnliches Bild. Lässt man die energetische Modernisierung ausser Acht und setzt man vorwiegend auf den Ersatz durch Wärmepumpen, so beträgt der Brutto-Landesverbrauch rund 105.5 TWh Elektrizität.

Elektrizitätsquelle	2020	ENS 2050+ Bund (ZERO Basis) in TWh	Gebäudehülle Schweiz
Elektrizitätsbedarf	55.7 TWh	63.2 TWh	66.7 TWh**
Landesverbrauch Total Netto	69.4	76 TWh	79.4 TWh** / 76.7 TWh****
Plus Export	32.8	0.3 TWh	0.3 TWh
Landeserzeugung Netto	65.4	76.3 TWh	79.7 TWh / 77 TWh****
Plus Verbrauch Speicherpumpen	0	8.5 TWh	8.5 TWh
Landeserzeugung Total Brutto	102.2 TWh	84.8 TWh	85.5 TWh**** / 88.2 TWh** / 105.5 TWh*
Produktion			
Kernkraft	23 TWh	0	0
Wasserkraft	40.6 TWh	44.7	44.7
Fossile Fernheizkraftwerke	1.6	1.0	1.0
Import	32.8	0	0
Diverse erneuerbare Energien			
Photovoltaik	2.6	33.6	34.5
Windenergie	0.15	4.3	4.3
Biomasse	0.4	0.2	0.2
Biogas	0.4	1.2	1.2
ARA	0	0.1	0.1
KVA-Anteil	1.2	0.7	0.7
Geothermie	0	2.0	2.0
EE-Abriegelung	0	-3.0	-3.0
Total Erneuerbare	4.2	39.1	40.0
Total	102.75 TWh (Export nicht beachtet)	84.8 TWh	85.7 TWh (mit Modernisierung V3)

Landesverbrauch Brutto zu Produktion	+0.55 TWh	+4 TWh	+0.2 TWh
---	------------------	---------------	-----------------

* ohne Modernisierungsmassnahmen der Variante V3, stellt die reine Variante V1 (reiner Heizungsersatz) dar

** mit Modernisierungsmassnahmen Variante V3 (Heizungsersatz, Gebäudehülle, Dach, Fenster)

*** ohne Modernisierungsmassnahmen der Variante V3, stellt die reine Variante V1 dar mit Einsatz PtX

**** mit Modernisierungsmassnahmen Variante V3 und Einsatz PtX

8 Benötigte Ressourcen

8.1 Aktueller Stand

Selbst wenn nutzbare Flächen und Material vorhanden sind, steht die wichtigste Ressource noch aus. Um die Energiewende vorantreiben zu können, sind vor allem gut ausgebildete Arbeitnehmende notwendig. Eine aktuelle Personalstatistik zu den bestehenden Arbeitnehmenden, welche für die Energiewende benötigt werden, besteht zurzeit nicht. Für diese Untersuchung wurde deshalb von bekannten Daten ausgegangen. Gemäss EKAS 44E⁵⁹ sind rund 8'800 Beschäftigte in der Gebäudehüllenbranche tätig, 7'200 im Bereich Solar und rund 45'000 im Bereich der Gebäudetechnik (bspw. Spengler, Sanitär, Heizung etc.). Zu beachten ist jedoch auch, dass einige Arbeitnehmende, welche in den jeweiligen Bereichen aufgeführt sind, auch in den anderen Bereich erfasst wurden. Für die hier angenommenen Berechnungen wurde zumindest im Bereich Gebäudehülle und Solar davon ausgegangen, dass im Minimum 80 % aller Arbeitnehmenden direkt mit der Tätigkeit für die Energiewende (energetische Modernisierung und Solarenergie) zu tun haben beziehungsweise zu tun haben werden. Für den Bereich der Gebäudetechnik sind es mutmasslich rund 10 % aller Arbeitnehmenden. In diesem Rahmen kommt man schliesslich auf rund 17'280 Mitarbeitende rund um die Energiewende. Lediglich indirekt berücksichtigt werden für diese Untersuchung Elektriker, Gerüstbauer, Holzbauer, Verkaufspersonal, Energieberater, Ingenieure oder allgemeine Büroadministration etc., auch wenn diese selbstverständlich nicht weniger entscheidend sind. Die genannten 17'280 Mitarbeitenden stellen den aktuellen Gesamtbestand an Arbeitnehmenden dar, welche zurzeit für die «Energiewende» arbeiten. Vorderhand zu unterscheiden wären jedoch die Mitarbeitenden, welche nötig sind, um die Installation von PV-Anlagen voranzutreiben, sowie die Mitarbeitenden, welche nötig sind, um die notwendigen Modernisierungen durchzuführen.

8.2 Mitarbeitende Solarbranche

Für den Solarbereich sieht die Rechnung wie nachfolgend dargestellt aus: Im Jahr 2020 wurden rund 620'000 kWp an Solarleistung installiert, welche zusammen mit den bestehenden Solaranlagen im Jahr 2020 rund 2'599 GWh Elektrizität produzierten. Dies entspricht einer installierten Fläche von rund 21 Millionen Quadratmeter PV-Module. Die im Jahr 2020 neu installierte Fläche macht davon ungefähr 3.32 Millionen Quadratmeter aus.⁶⁰ Für die 3.32 Millionen Quadratmeter PV-Fläche wurden rund 6'109 Mitarbeitende eingesetzt.⁶¹

Um die Ziele der Energiestrategie 2050 zu erreichen beziehungsweise die in dieser Untersuchung im Minimum errechnete Menge an Elektrizität von rund 34'500 GWh Elektrizität aus Solarenergie pro Jahr zu produzieren, ist es notwendig, dass, auf Grundlage des Basisjahres 2020, jedes Jahr durchschnittlich fast ein Dreifaches an Quadratmeter PV-Modulen verbaut würde. Nicht mit eingerechnet sind hier allfällige Effizienzsteigerungen der einzelnen Solarmodule. Da die Installation von PV-Modulen jedoch von der Entwicklung der zur Verfügung stehenden Dach- und Fassadenflächen, von den Rohstoffen zur Produktion und Lieferung von PV-Modulen als auch von den zur Verfügung stehenden Mitarbeitenden und finanziellen Mitteln abhängt, wird die Anzahl der zu installierenden Photovoltaikmodulen nicht linear, sondern tendenziell exponentiell erfolgen. Das heisst, während aktuell die Installationsgeschwindigkeit noch stockt, wird sie bis zum Jahr 2050 jedes Jahr um ein Vielfaches zunehmen müssen.

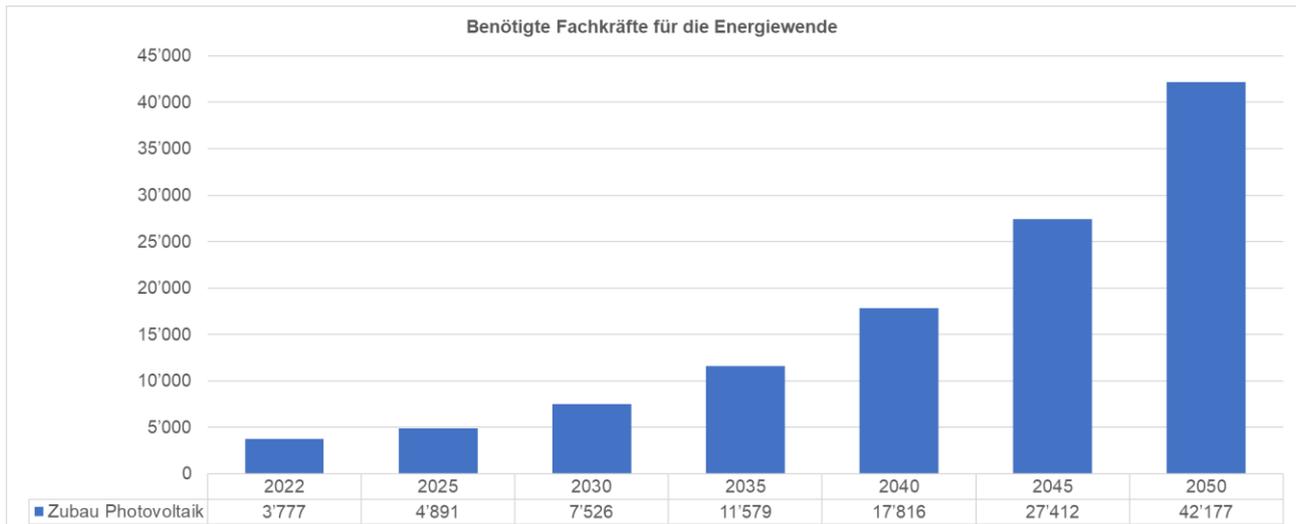


Diagramm 28: Fachkräfte für die Energiewende Solar | Quelle: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Fachkräftebedarf Zubau Photovoltaik

Nicht mit einberechnet sind in dieser Berechnung Anlagen, welche im Lauf der Jahre ersetzt werden müssen, sowie Wartungsarbeiten oder allfällige Renovationen. Ebenfalls nicht inkludiert sind alle diejenigen Beschäftigten, welche Vor- oder auch Nebenarbeiten leisten. Solarthermie kann insoweit vorerst unberücksichtigt gelassen werden, als dass sie in Hinsicht auf die Installationsarbeiten zur PV-Anlage tendenziell als Substitut betrachtet werden kann.

Folgt man den Hochrechnungen des Zuwachses an Photovoltaik von 9 % im Jahr⁶², so ergibt sich daraus ein Jahresmittelwert von rund 16'500 Fachkräften, welche für die Erreichung der Ziele gemäss Energiestrategie bis zum Jahr 2050 notwendig wären. Wie erwähnt, variieren die Zahlen jedoch je nachdem, wie viel Quadratmeter PV-Module pro Jahr installiert werden. Anfangs werden noch deutlich weniger Fachkräfte benötigt werden, da die Installationsgeschwindigkeit erst einmal Fahrt aufnehmen muss, während zum Schluss hin deutlich mehr Fachkräfte eingesetzt werden müssen.

Die Berechnung des notwendigen Personals erfolgte auf Basis des heutigen durchschnittlichen Wirkungsgrads von PV-Modulen. Sinkt die Anzahl Quadratmeter an Solarmodulen pro 1 kWp, so reduziert sich dementsprechend auch die Anzahl Quadratmeter von Modulen, welche installiert werden müssen, um die bis 2050 notwendigen Gigawattstunden an Elektrizität zu produzieren. Dementsprechend senkt sich auch der notwendige Bedarf an Fachkräften, um die entsprechende Leistung zu installieren. Unabhängig davon ist in jedem Fall wichtig, dass die notwendigen Fachkräfte aufgebaut werden, zumal, wie bereits erwähnt, jegliche Nebenleistungen wie Wartungen oder auch Reparaturen noch nicht berücksichtigt sind.

8.3 Mitarbeitende und Wertschöpfung Gebäudemodernisierung

Die aktuelle Erneuerungsrate des Gebäudeparks in der Schweiz liegt bei rund 0.5 bis maximal 2 % pro Jahr.⁶³ Diese Erneuerungsrate entspricht einer Lebensdauer eines Gebäudes von mindestens 50 Jahren. Mehr als 75 % aller Gebäude wurden vor dem Jahr 1991 erstellt, womit bis zum Jahr 2041 zumindest die rechnerische Lebensdauer bereits erreicht wäre.⁶⁴ Selbstverständlich bedeutet dies nicht, dass die betroffenen Gebäude damit nicht mehr nutz- beziehungsweise bewohnbar wären, sondern vielmehr, dass gerade im Hinblick auf die energetische Effizienz der Gebäude sehr viel Luft nach oben besteht. Um die notwendigen Massnahmen zeitlich bis 2050 zu gewährleisten und die damit notwendigen 17.3 TWh an Energie einzusparen und somit zu gewährleisten, dass auch im Jahr 2050 genügend Energie für Heizung und Warmwasser vorhanden ist, wäre im Minimum eine Erneuerungsrate von 3.6 % notwendig, damit alle betroffenen Wohnhäuser bis 2050 energetisch modernisiert wären.

In dieser Untersuchung wird davon ausgegangen, dass für das energetische Modernisieren die Variante drei gewählt wird, also Heizungersatz und Modernisierung der Gebäudehülle.⁶⁵ Ausgehend vom

aktuellen Gebäudepark im Bereich Wohnen von rund 1,765 Millionen Gebäuden, resultieren 4,47 Millionen Wohnungen. Insgesamt sind in der Schweiz 75 % davon energetisch modernisierungsbedürftig, was rund 3.3 Millionen Wohnungen betrifft. Die durchschnittliche Wohnfläche dieser Wohnungen beträgt 102 Quadratmeter, was eine gesamte Fläche von rund 340 Millionen Quadratmeter ergibt. Wie erwähnt, wird für diese Untersuchung die Variante drei als massgebliche Modernisierungsvariante gewählt. Geht man von 340 Millionen Quadratmeter an Wohnfläche aus, kommt man in Bezug auf das mögliche Potenzial von erneuerbaren Bauteilflächen bei Variante drei ohne Fenster (keine Wertschöpfung für die Gebäudehüllen-Branche) auf ein Gesamtpotenzial von rund 421 Millionen Quadratmeter Bauteilfläche. Für eine Zeitspanne von 28 Jahren entspricht das rund 15 Millionen Quadratmeter an potenziell zu verbauenden Bauteilen pro Jahr.⁶⁶ Dies generiert unter den angenommenen Preisen pro Quadratmeter von 350 Franken für die Fassade, 420 Franken für das Steildach und 320 Franken für das Flachdach ein Investitionspotenzial von durchschnittlich 5.65 Milliarden Franken pro Jahr.⁶⁷ Bei einer Erneuerungsrate von jährlich linear 3.6 %⁶⁸ kann man also von einem potenziellen Investitionsvolumen von rund 5.65 Milliarden Franken ausgehen. Der Wertschöpfungsanteil der Leistungen der Arbeitnehmenden liegt in den Bereichen Fassade und Flachdach bei 50 %. Für den Bereich Heizen beträgt er zwischen 30 und 40 %. Der Wertschöpfungsanteil der Mitarbeitenden des Gesamtinvestitionsvolumens für das Modernisieren beläuft sich damit auf rund 3.07 Milliarden Franken (siehe Diagramm 29).⁶⁹ Das gesamte Wertschöpfungspotenzial der Mitarbeitenden für die Branche der Gebäudehülle liegt damit bei jährlich rund 5.5 Milliarden Franken (siehe Diagramm 30).

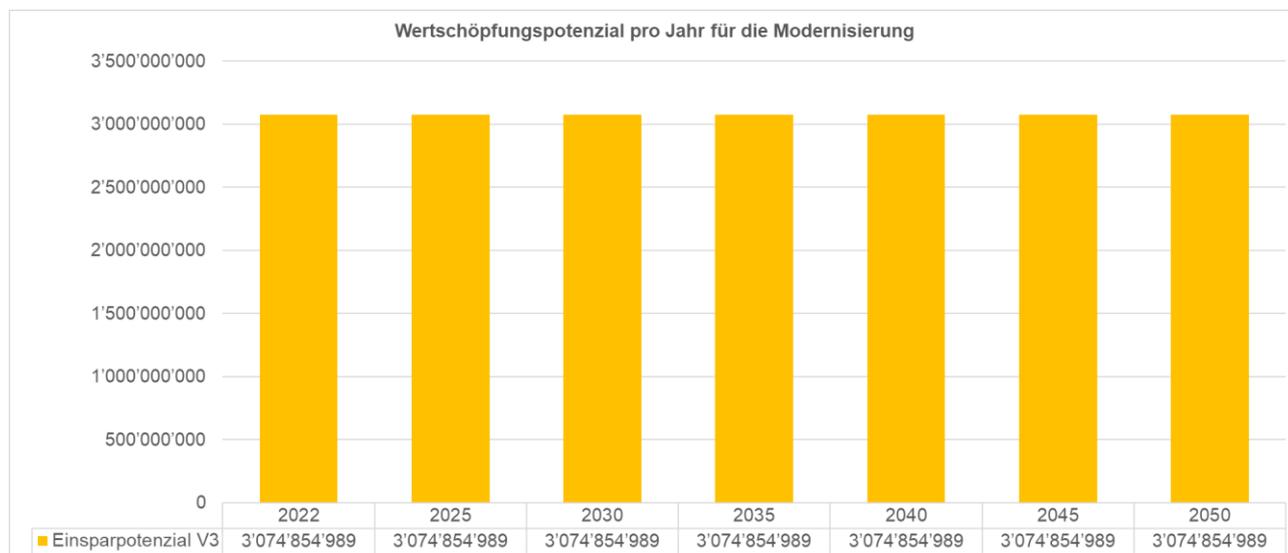


Diagramm 29: Wertschöpfungspotenzial Energiewende Modernisieren | Quelle: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Wertschöpfungspotenzial Modernisieren

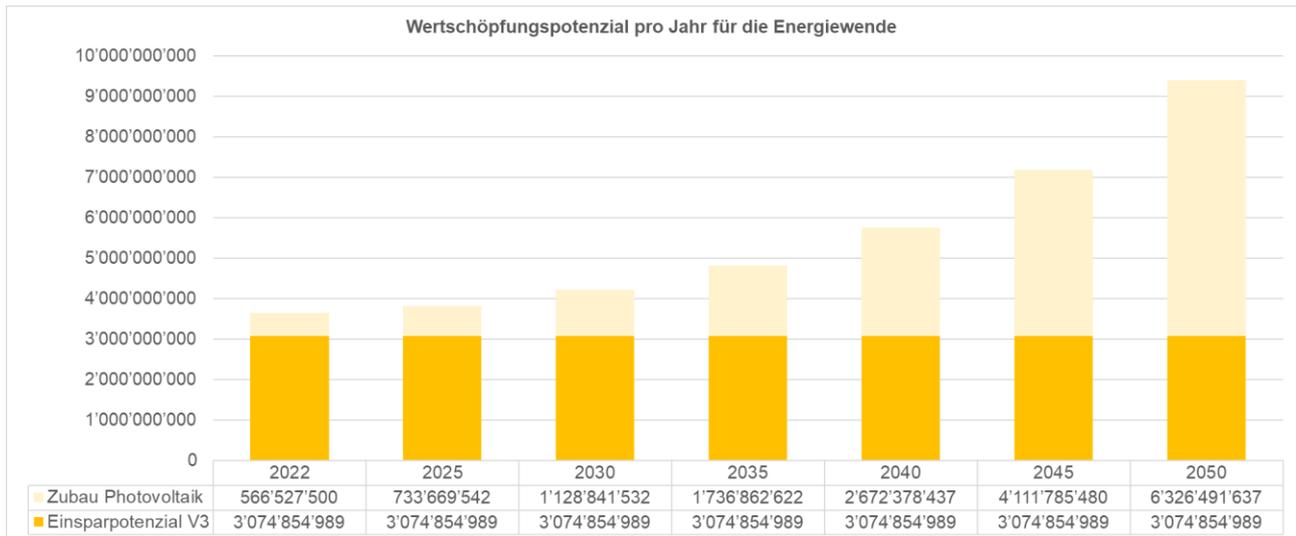


Diagramm 30: Wertschöpfungspotenzial Energiewende Modernisieren & Solar | Quelle: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Wertschöpfungspotenzial Modernisieren

Geht man wie bei der Solarinstallation davon aus, dass das Wertschöpfungspotenzial pro Mitarbeitenden rund 150'000 Franken beträgt, so kommt man auf einen jährlichen Bedarf von rund 20'500 Arbeitnehmende,⁷⁰ welche für die Energiewende eingesetzt werden müssten.⁷¹ Natürlich handelt es sich hierbei wiederum um einen Mittelwert, welcher in einen Jahr ein wenig höher, im anderen Jahr ein wenig tiefer liegt.

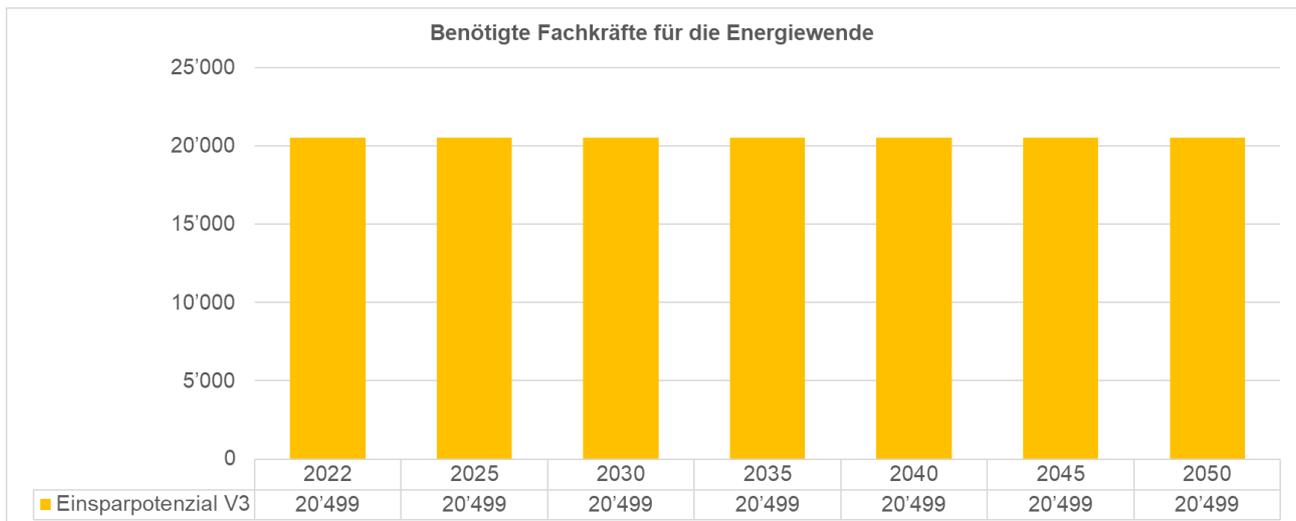


Diagramm 31: Fachkräfte für die Energiewende Modernisieren | Quelle: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Fachkräftebedarf Modernisieren

8.4 Total benötigte Fachkräfte für die Energiewende

Insgesamt werden im Mittelwert jährlich zirka 37'000 Fachkräfte (16'500 PV und 20'500 Modernisierung) zum Erreichen der Energiewende benötigt. Ohne diese Fachkräfte wird die Energiewende nicht zu stemmen sein, auch wenn Modernisierungsmassnahmen, Heizungen oder auch PV-Anlagen fortlaufend effizienter und besser werden. Zu beachten ist aber auch, dass ein grosser Teil dieser Fachkräfte ausgebildet werden muss, was wiederum Ressourcen wie Zeit und Geld benötigt.

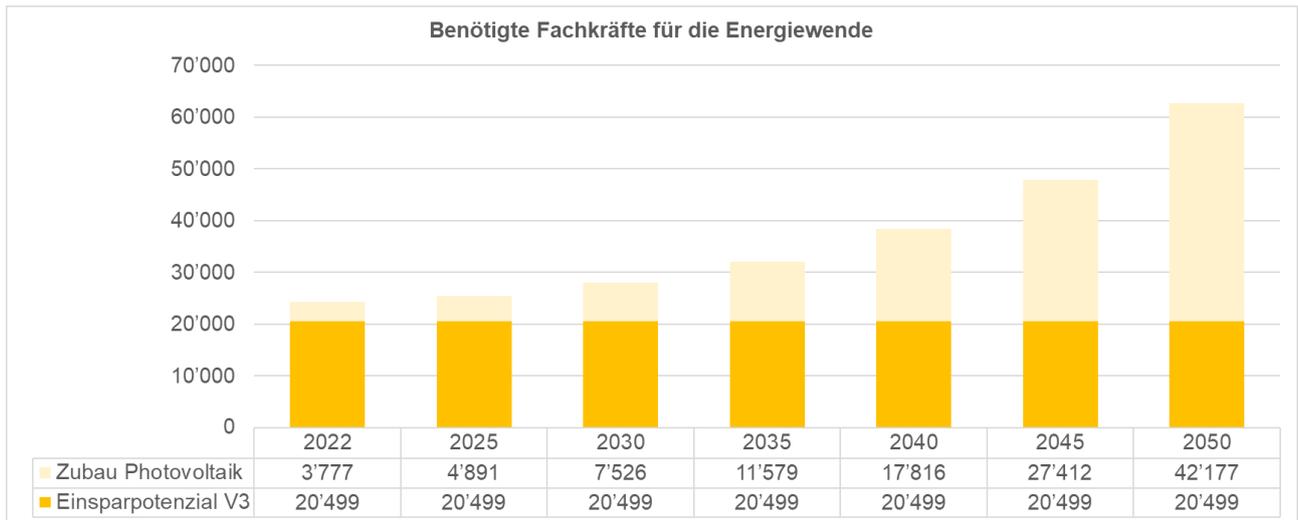


Diagramm 32: Fachkräfte für die Energiewende Total | Quelle: Gebäudehülle Schweiz Zusammenfassung Fachkräftebedarf Modernisieren und Zubau Photovoltaik

9 Abschluss und Fazit

Unter Ziffer 1.2 wurden eingangs einige Fragen gestellt, welche im Rahmen dieser Untersuchung durch Gebäudehülle Schweiz beantwortet werden sollen. Anhand der Beantwortung dieser Fragen sollte die umfassende Frage geklärt werden können, ob das Ziel Netto-Null erreicht werden kann und welche Massnahmen dazu nötig sind.

Nach wie vor sind fossile Energieträger vorherrschend in der Welt. Erdöl, Gas und Kohle liefern zu dritt immer noch über 84 % der Energie für den weltweiten Verbrauch. Wasserkraft, erneuerbare Energien (bspw. Solar) oder auch Kernenergie machen am Gesamtanteil des weltweiten Primärenergieverbrauchs nach Energieträger nur den kleineren Teil von rund 16 % aus. In der Schweiz sind die Zahlen ähnlich. Fossile Energieträger stellen immer noch den grössten Anteil am gesamten Endverbrauch an Energie dar. Erdölprodukte und Gas bilden zusammen die grösste Einheit (rund 60 %), während Elektrizität mit rund 26.8 % auf dem zweiten Rang liegt. Der Rest, 14.3 %, ergibt sich aus kleinen Anteilen von Kohle, Holzenergie, Fernwärme, Industrieabfällen und übrigen erneuerbaren Energien. Bis zum Jahr 2050 sollen die fossilen Energieträger jedoch wegfallen und nachhaltigen Quellen Platz machen.

Es sind jedoch nicht nur die fossilen Energieträger, welche bis 2050 auf null reduziert werden sollen. Bis spätestens 2044 soll das letzte Kernkraftwerk in der Schweiz vom Netz gehen. Mit dem Moratorium der Kernkraftwerke fallen in der Schweiz, auf Basis von 2020, rund 23 TWh an Strom weg. Gleichzeitig wird der Mehrverbrauch an Strom bis zum Jahr 2050 ansteigen. Grundsätzlich sieht der Bund einen Anstieg des Endverbrauchs auf 63.2 TWh voraus, wobei der Netto-Landesverbrauch auf rund 76 TWh geschätzt wird. Dazu kommen jedoch Mehrbelastungen durch Wärmepumpen und den elektrifizierten Individualverkehr.

Die Energiewende mit dem Ziel Netto-Null im Jahr 2050 ist nach Ansicht von Gebäudehülle Schweiz machbar, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

Der Gebäudebestand, welcher vor 1991 gebaut worden ist, muss innerhalb der nächsten 28 Jahre energetisch modernisiert werden. Das heisst, die Erneuerungsrate muss von heute rund 0.5 % auf 3.6 % ansteigen. Zum Modernisieren gehören Massnahmen wie das energetische Modernisieren der Gebäudehülle, ein Heizungersatz (insb. Wärmepumpen und Pelletheizung), aber auch die Installation von Solartechnik inklusive Solarthermie.

Die Energiewende kann geschafft werden, wenn die getroffenen Modernisierungsmassnahmen im Mittelwert im Minimum der von Gebäudehülle Schweiz vorgeschlagenen Variante drei entsprechen, das heisst Modernisierung der Gebäudehülle, Heizungersatz und Installation von Solartechnik. Insgesamt sind jährlich 15 Millionen Bauteilflächen zu modernisieren. Der alleinige Heizungersatz und die Installation von Solartechnik (inklusive Solarthermie) reicht nicht aus, um den Energiebedarf im Jahr 2050 zu decken. Mit der Modernisierungsvariante drei können, nebst anderen fossilen Energieträgern, insgesamt 17.3 TWh an Strom eingespart werden, was wiederum Energie (insb. Strom) für andere Verwendungszwecke wie Wärmepumpen und Mobilität freigibt. Der im Sommer überschüssig produzierte Strom kann durch Speicherung (bspw. Pumpspeicherseen / PtX) in den Winter übertragen werden und so auch für genügend Elektrizität im Winter sorgen.

Sofern Variante drei der Modernisierungsmassnahmen gewählt wird, ist im Minimum jährlich ein Zuwachs von 9 % an Photovoltaik bis hin zu einer Gesamtleistung von 34.5 TWh im Jahr 2050 nötig, um den Energiebedarf zu decken. Dazu kommt, dass übrige erneuerbare Energien (ohne Wasserkraft) im Minimum einen Anteil von rund 6.5 TWh und Wasserkraft 44.7 TWh an Energie beisteuern. Um die Wintermonate auch beim Heizen zu überbrücken, sind alternativ zu Wärmepumpen auch Pelletheizungen zu installieren. Mit einem jährlichen Wachstum von 1 % können diese im Jahr 2050 immerhin 14.7 TWh beisteuern und so den Strombedarf dadurch senken, dass statt Wärmepumpen auch Pelletheizungen installiert werden.

Damit die Energiewende jedoch gestemmt werden kann, werden dafür Fachkräfte benötigt. Allein für den Zubau von Photovoltaikanlagen werden durchschnittlich pro Jahr bis zum Jahr 2050 rund 16'500

zusätzliche Fachkräfte benötigt. Für die Modernisierungsmassnahmen werden im Mittel jährlich weitere 20'500 zusätzliche Fachkräfte benötigt.

Ebenfalls eine grosse Herausforderung dürfte zudem die Finanzierung sein. Mit einem Investitionsvolumen von 5.65 Milliarden Schweizer Franken pro Jahr (Modernisierungsvariante drei) müssen grosse Summen gestemmt werden. Hier werden Förderprogramme vonseiten des Bundes, aber auch durch private Organisationen, beispielsweise ein Gebäudehüllen-Fonds, notwendig sein.

Unter dem Strich ist die Energiewende zu schaffen, jedoch nur mit energetischen Gebäudemodernisierungsmassnahmen, Solartechnik und einem Vielfachen an Fachkräften in den betroffenen Branchen.

Kommission Betriebswirtschaft von Gebäudehülle Schweiz

Anhang: Beitrag Tages-Anzeiger «Unabhängiger in die Zukunft dank energetischem Modernisieren und Solarenergie»

Unabhängiger in die Zukunft dank energetischem Modernisieren und Solarenergie

Der Schweiz steht ein enormer Energie-Umbruch bevor. Das Abstellen der Kernkraftwerke, die zusätzliche Belastung durch Elektrofahrzeuge als auch die Transformation bei den Heizsystemen fordern entsprechende Massnahmen. Gebäudehülle Schweiz hat hierzu eine Studie erstellt, welche die notwendigen Massnahmen erörtert hat.



Zum Beitrag: <https://gebäudehülle.swiss/node/4892/download>

Anmerkungen

- ¹ MORO, NICCOLÒ / SAUTER, DAVID / STREBEL, SVEN / ROHRER, JÜRIG: Das Schweizer Solarstrompotenzial auf Dächern, ZHAW, S. 16 f., <https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/21356>
- ² GUERRA, FABIO / PLEBANI, TOMMASO: WÜEST & PARTNER AG, Perspektive Gebäudehülle Schweiz, Marktstudie 2020, S. 17 f.
- ³ BUNDESAMT FÜR ENERGIE: Solarpotenzial, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/medienmitteilungen/mm-test.msg-id-74641.html>
- ⁴ Installierte Photovoltaikfläche 2020 = 21 Mio. m². Installierte Leistung 2020: 2973.4 MWp bzw. 2'973'400 kWp (3 Mio.). | 1 kWp = 21 Mio. / 3 Mio. = 7.
- ⁵ KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 1.
- ⁶ KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 1.
- ⁷ Die heute genutzten oder geförderten Primärenergieträger sind Erdöl (Rohöl), Erdgas, Kohle, Torf, Natururan bzw. Kernenergie, Holz und andere Biomasse, Wind-, Gezeiten-Wellen, Meeresströmungs- und Wasserkraft, Sonnenstrahlung, Erd- und Umgebungswärme. Als Primärenergieträger gelten zudem – obwohl nicht mehr naturbelassen – Müll und Industrieabfälle.
- ⁸ BUNDESAMT FÜR ENERGIE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2019, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html>
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html/>
- ⁹ SWISSGRID, <https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/grid-data/generation.html#energieerzeugung>
- ¹⁰ Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 13, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>
- ¹¹ Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>
- ¹² Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2020, S. 2, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html>
- ¹³ Siehe oben Ziff. 1.3.
- ¹⁴ Siehe dazu: KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 35.
- ¹⁵ Beispielsweise benötigen PtX-Energiequellen oder auch das Hochpumpen von Wasser in Pumpspeicherkraftwerken Elektrizität, welche nicht zur verbrauchten Endenergie zählen.
- ¹⁶ Dass im Jahr 2020 das Ziel von 2025 mit 718 Petajoule (199.4 TWh) bereits unterschritten wurde, ist mit der Corona-Pandemie zu erklären.
- ¹⁷ Siehe dazu: KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 35.
- ¹⁸ TAGES-ANZEIGER, <https://www.tagesanzeiger.ch/eu-parlament-stimmt-fuer-verbot-von-verbrenner-motoren-208458127935>
- ¹⁹ AVENERGY SUISSE: Jahresbericht 2020, S. 48, https://www.avenergy.ch/images/pdf/Jahresbericht_2020_de.pdf
- ²⁰ Tabelle UH Mappe Energieverbrauch 2020. Heizwert Diesel 9.8 kWh/Liter, Benzin 8.5 kWh/Liter = Mittelwert 9.15 kWh/Liter.
- ²¹ BFS, ASTRA – Strassenfahrzeugbestand (MFZ), BFS – Motorfahrraderhebung bei den Kantonen, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/15384939/master>
- ²² Tabelle Gebäudehülle, Verbrauch_von_Elektroauto, Zelle B54.
- ²³ BFS, ASTRA – Strassenfahrzeugbestand (MFZ), BFS – Motorfahrraderhebung bei den Kantonen, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/15384939/master>
- ²⁴ Der KÖNIGSWEG E+ besteht aus drei Etappen. Die erste Etappe umfasst das Modernisieren der Gebäudehülle, die zweite Etappe sieht zusätzlich die Installation einer neuen Heizung und einer Solarthermie-Anlage vor, während die dritte Etappe zusätzlich noch Photovoltaik, Batteriespeicher und Smart-Home-Installationen vorsieht. Die in dieser Analyse angewandten vier Varianten berücksichtigen alle drei Etappen, zeigen aber die einzelnen Auswirkungen auf den Energieverbrauch gezielt auf.
- ²⁵ Merkblatt Energieeffiziente Bauweise von Gebäudehülle Schweiz auf S. 7, <https://gebäudehülle.swiss/node/2803/download>
- ²⁶ EnDK, KONFERENZ KANTONALER ENERGIEDIREKTOREN; Nationale Gewichtungsfaktoren für die Beurteilung von Gebäuden, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiY4pass_n7AhUKX_EDHYj5AJAqNoECBIAw&url=https%3A%2F%2Fwww.endk.ch%2Fde%2Ffablage%2Fgrundhaltung-der-endk%2F20160204-nationalegewichtungsfaktorenfrdiebeurteil.pdf&usq=AOvVaw0-Hwfn1KOPruvN0qWXvopA
- ²⁷ Siehe dazu auch nachfolgend Ziff. 4.3.1.
- ²⁸ Gebäudehülle Schweiz, Zusammenfassung Massnahmen.
- ²⁹ Siehe dazu auch nachfolgend Ziff. 6.2.
- ³⁰ KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 10.
- ³¹ Vgl. Ziff. 2.5.4.
- ³² Es ist nicht realistisch, den gesamten Gebäudebestand der Schweiz vollständig (V4) energetisch zu modernisieren. Es wird Gebäude geben, die nur wenig modernisiert werden können wie bspw. denkmalgeschützte Gebäude in den Stadtzentren. V2 dagegen ist grundsätzlich bei sämtlichen Gebäuden sehr gut möglich. Deshalb wurde für die Berechnung der Modernisierung der Gebäude die Variante drei gewählt, da sie als Kompromisslösung zwischen V2 und V3 eine gute Lösung ergibt.
- ³³ BUNDESAMT FÜR ENERGIE: «Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Schweiz von 1990 bis 2019 (in Gigawattstunden)». Chart. 1. September, 2020. Statista, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/410622/umfrage/stromerzeugung-aus-erneuerbaren-energien-in-der-schweiz/>
- ³⁴ Siehe dazu oben Ziff. 1.1.
- ³⁵ BUNDESAMT FÜR ENERGIE, <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-76258.html#:~:text=Das%20Potenzial%20von%20Erweiterungen%20und,%27530%20GWh%2FJahr>
- ³⁶ Die Datenerhebung der Kollektorenfläche wurde 2020 angepasst. Neu wird die Bruttofläche ausgewiesen und nicht mehr die Apertur-Fläche (Öffnungsfläche). Dies, weil nach der aktuell gültigen Norm dies nicht mehr nötig ist.
- ³⁷ Quelle: SWISSOLAR, Markterhebung 2021, S. 13, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf
- ³⁸ SOLARSERVER.CH, <https://www.solarserver.de/2021/07/14/schweiz-photovoltaik-markt-waechst-solarthermie-schrumpft/>
- ³⁹ Der COP-Wert, «Coefficient of Performance», gibt das Verhältnis der durch die Wärmepumpe erzeugten Wärme zu der dazu nötigen Antriebsenergie (Strom) an. Das heisst einfach ausgedrückt: Er misst, wie viele Einheiten Wärme eine Wärmepumpe aus einer Einheit Strom erzeugen und in den Heizkreislauf abgeben kann. WEGATECH, <https://www.wegatech.de/ratgeber/waermepumpe/grundlagen/cop/>
- ⁴⁰ Berechnung: Wärmelieferung pro Monat geteilt durch Strombedarf der Wärmepumpe. Ergibt mit 1.74 einmal den schlechtesten und mit 2.99 einmal den besten Wert. Durchschnitt CoP = 2.69.
- ⁴¹ Durchschnitt Messstationen Lugano, Sitten, Genf, Bern, Samedan, Zürich, Basel, Engelberg, <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/applikationen/messwerte-und-messnetze.html#lang=de¶m=messwerte-lufttemperatur-10min>

- ⁴² Einfache Durchschnittsberechnung (längster Tag und kürzester Tag addiert. Danach durch zwei geteilt, um die durchschnittliche Tageslänge von 12.5 Std. zu erhalten. Die effektive durchschnittliche Tageslänge liegt jedoch tiefer, weshalb wir uns hier auf zehn Stunden beschränken.
- ⁴³ Botschaft des Bundesrats zum neuen EnG, S. 19; Entwurf Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien, Änderung des Energiegesetzes und des Stromversorgungsgesetzes, <https://www.fedlex.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/fga/2021/1667/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-fga-2021-1667-de-pdf-a.pdf>
Siehe dazu auch Ziff.
- ⁴⁴ Bundesamt für Energie: Statistik Sonnenenergie, Referenzjahr 2020, S. 6 und 7, https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Markterhebung/2021/10539-Statistik_Sonnenenergie_Bericht_DE_def.pdf
- ⁴⁵ PRONOVO: Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz, Stand August 2021, <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/68003.pdf>> (zuletzt besucht am 25.9.2022); Bundesamt für Energie (BFE): Energieetikette für Personewagen: Umweltkennwerte 2022 der Strom- und Treibstoffbereitstellung, <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10994>
- ⁴⁶ Berechnung: $2973.4 \text{ MWp} = 2'973'400 \text{ kWp} \times 7 \text{ qm}^2 = 20'813'800 \text{ qm}^2$ (rund 21 Mio.). SWISSOLAR, Schweizerischer Fachverband für Solarenergie: Faktenblatt, Strom von der Sonne; Juli 2021.
- ⁴⁷ Entwurf Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien, Änderung des Energiegesetzes und des Stromversorgungsgesetzes, <https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2021/1667/de> Siehe dazu auch Ziff. 5.1.
- ⁴⁸ Siehe dazu auch Energieperspektiven 2050+.
- ⁴⁹ Die Berechnung basiert auf dem aktuellen Stand der Leistung von PV-Modulen.
- ⁵⁰ Siehe dazu auch Energieperspektiven 2050+, S. 57.
- ⁵¹ Das Schweizer Solarstrompotenzial auf Dächern. Eine Analyse anhand von Sonnendach.ch, S. 1.
- ⁵² Energieperspektiven 2050+, Kurzbericht, S. 35.
- ⁵³ Vgl. Ziff. 2.5.6.
- ⁵⁴ BUNDESAMT FÜR ENERGIE, Energieverhandlungen Schweiz EU, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/stromversorgung/energieverhandlungen-schweiz-eu.html>
- ⁵⁵ TAGBLATT, <https://www.tagblatt.ch/news-service/inland-schweiz/energie-so-will-sommaruga-die-schweizer-stromluecke-abwenden-ld.2252652>
- ⁵⁶ BUNDESAMT FÜR STATISTIK, [https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/wohnungen/groesse.html#:~:text=Ihrem%20Browser%20aktivieren-,Wohnungsfl%C3%A4che,Wohnungsparks\)%20unter%20100m2%20liegt.](https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/wohnungen/groesse.html#:~:text=Ihrem%20Browser%20aktivieren-,Wohnungsfl%C3%A4che,Wohnungsparks)%20unter%20100m2%20liegt.)
- ⁵⁷ KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 66.
- ⁵⁸ KIRCHNER, ALMUT / KEMMLER, ANDREAS et al.: Energieperspektiven 2050+ des Bundes, Kurzbericht, 2020, S. 66.
- ⁵⁹ EKAS, <https://www.ekas.ch/download.php?id=10>
- ⁶⁰ Berechnungen Excel PVZuwachspotenzial, Zelle D59.
- ⁶¹ Berechnungen Excel PVZuwachspotenzial, Zelle D63.
- ⁶² Siehe oben Ziff. 6.2.
- ⁶³ SWISSBAU: Die Schweiz baut solide, <https://www.swissbau.ch/de/aktuell/blog/der-schweizer-baut-solide#:~:text=Mit%20knapp%202%25%20liegt%20die,Schweizer%20Qualit%C3%A4t%20durchaus%20realistisch%20ist>
- ⁶⁴ Excel Berechnung Wertschöpfung pro Jahr, Zelle B13.
- ⁶⁵ Siehe oben Ziff. 2.5.4.
- ⁶⁶ Berechnung Excel-Tabelle «Berechnung_Wertschöpfung_pro_Jahr» Zellen N12+O12+P12.
- ⁶⁷ Berechnung Excel-Tabelle «Berechnung_Wertschöpfung_pro_Jahr» Zellen N15+O15+P15. Rechnung: $7.8 \text{ Mio.} \times 350.- + 5,9 \text{ Mio.} \times 420.- + 1,2 \text{ Mio.} \times 320.- = 5.6 \text{ Mia.} + \text{Wertschöpfungsanteil von ca. 50 \% (2.8 Mia.)} = 3.0 \text{ Mia. Franken.}$
- ⁶⁸ 2050 müsste der Gebäudepark erneuert sein, dass bedeutet, dass in 28 Jahren alle Häuser, welche vor 1991 erbaut wurden, energetisch erneuert sein müssten. Dies entspricht $100/28 = 3.57 \%$ pro Jahr. 3.6% Erneuerungsrate.
- ⁶⁹ Berechnung Excel-Tabelle «Berechnung_Wertschöpfung_pro_Jahr» Zellen N18+O18+P18.
- ⁷⁰ $3.07 \text{ Mia.} / 150'000 = 20'500.$
- ⁷¹ Berechnung Excel-Tabelle «Berechnung_Wertschöpfung_pro_Jahr» Zellen O22.

ENERGETISCH MODERNISIEREN UND SOLARENERGIE

Das Kompetenzzentrum Gebäudehülle Schweiz bietet Baufachleuten eine breite Palette an Fachwissen rund um die Gebäudehülle an. Aus der Vielfalt von Broschüren, Merkblättern, Musterverträgen und Vorlagen sticht die Broschürenreihe «Königsweg e+» aufgrund ihrer Aktualität hervor.

Die Planungshilfe verdeutlicht, wie Bauherrschaften in drei Etappen in korrekter Reihenfolge zum Ziel kommen – vom Altbau mit Energieverlusten zu einem Vorzeigebau mit Energieeinsparungen. Weiter zeigt die Broschüre den Schlüssel zur klimaneutralen Gebäudehüllen-Bilanz auf. Denn das Haus der Zukunft ist ein Energiehaus, das mehr Strom produziert als es verbraucht. Fehlt Ihnen das nötige Fachwissen rund um

das Thema Solarenergie? Bilden Sie sich weiter rund um die heute so aktuellen Themen Solarenergie und Energieberatung.

Das Bildungszentrum Polybau bietet eine breite Palette an Fachkursen, Modulen und Lehrgängen an, übrigens auch für Quereinsteiger. Ganz nach dem Motto «Energiegeladen in die Zukunft». Mehr dazu finden Sie unter polybau.ch.

UNSERE TOOLS

Erklärungsvideo



Weiterbildungsangebot mit sonnigen Aussichten



Verzeichnis Gebäudehüllen-Spezialisten nach Fachbereich



IHR VORSPRUNG - UNSER FACHWISSEN

-  Fachtechnik und Beschaffung
-  Sicherheit und Recht
-  Betriebswirtschaft

-  Bildung
-  Kommunikation
-  Personal und Recht



«DIE GEBÄUDEHÜLLEN-SPEZIALISTEN:
UMFASSENDE BERATUNG AUS EINER HAND –
DAMIT SIE ZEIT UND ENERGIE SPAREN»

