

Amt für Umwelt des Kantons Solothurn

Energiekonzept Kanton Solothurn: Energieverbrauch und Potenziale

Schlussbericht
16. September 2011

1207_be_potenziale 110915_2.doc

Erarbeitet durch

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

Autoren

Reto Dettli, dipl. Ing. ETH, dipl. NDS ETH in Betriebswissenschaften
Cristian Caprez, MSc ETH Umweltnaturwissenschaften

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Ausgangslage und Aufgabenstellung	5
2 Zum Potenzialbegriff	7
3 Heutiger Energieverbrauch	9
4 Potenziale für die Elektrizitätsproduktion und heutige Nutzung	13
4.1 Wasserkraft	13
4.2 Windenergie	14
4.3 Sonnenenergie	15
4.4 Tiefe Geothermie	16
4.5 Energieholz ohne Altholz	16
4.6 Altholz	17
4.7 Feste Biomasse ohne Holz	17
4.8 Flüssige Biomasse	18
4.9 Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen	19
4.10 Kehricht	20
4.11 Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen	21
5 Potenziale für die Wärmeproduktion und heutige Nutzung	23
5.1 Sonnenenergie	23
5.2 Tiefe Geothermie	23
5.3 Energieholz ohne Altholz	24
5.4 Altholz	25
5.5 Feste Biomasse ohne Holz	25
5.6 Flüssige Biomasse	26
5.7 Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen	27
5.8 Kehricht	27
5.9 Umweltwärme	28
5.9.1 Methodik der Ermittlung der ökologischen Potenziale der Umweltwärme	28
5.9.2 Oberflächengewässer	29
5.9.3 Oberflächennahe Erdschichten	30
5.9.4 Umgebungsluft	31
5.9.5 Grundwasser	32
5.9.6 Abwärme aus gereinigtem Abwasser von Abwasserreinigungsanlagen	33
5.10 Industrielle Abwärme	34
5.11 Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen	35

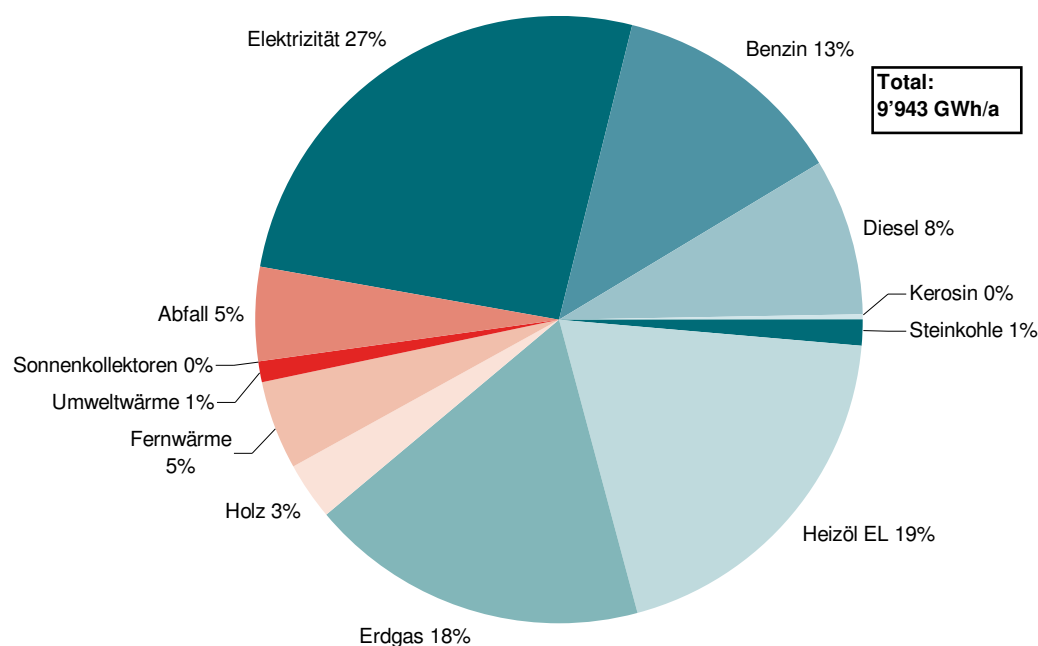
6	Effizienzpotenziale Wärme und Elektrizität	37
6.1	Effizienzpotenziale Wärme	37
6.2	Effizienzpotenziale Elektrizität	38
7	Zusammenfassende Übersicht	39
7.1	Übersicht der Potenziale	39
7.1.1	Übersicht Elektrizität	39
7.1.2	Übersicht Wärme	40
7.2	Vergleich von Potenzialen und Nachfrage	42
7.2.1	Vergleich Elektrizität	42
7.2.2	Vergleich Wärme	44
	Literaturverzeichnis	47
	Anhang	49
A-1	Vergleich der Umweltwirkungen verschiedener Elektrizitätserzeugungstechnologien	49

Zusammenfassung

Der Kanton Solothurn überprüft seine energiepolitische Strategie. Mit der vorliegenden Analyse der Potenziale erneuerbarer Energien, der Abwärme sowie den Einsatzmöglichkeiten von dezentralen fossilen Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK-Anlagen) im Kanton Solothurn besteht eine Übersicht der heutigen und zukünftig möglichen Nutzung der lokalen Ressourcen für die Wärme- und Stromproduktion. Der Vergleich mit dem Energiebedarf liefert wichtige Hinweise für die zukünftige Ausgestaltung der kantonalen Energiepolitik. Der Bericht dient als Entscheidungsgrundlage für die Ausrichtung energiepolitischer Massnahmen hinsichtlich einer verbesserten Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale. Betrachtet wird im Bericht jeweils das ökologische Potenzial, das ausgeschöpft werden kann, ohne die Umwelt irreversibel zu beeinträchtigen.

Der Energieverbrauch im Jahr 2009 betrug insgesamt 9'943 GWh/a¹. Der grösste Teil des Energieverbrauchs wird mit den Energieträgern Elektrizität, Heizöl EL, Erdgas sowie den Treibstoffen Benzin und Diesel gedeckt.

«Energieverbrauch des Kantons Solothurn 2009 nach Energieträgern»



Quelle: EcoRegion KVV Projektdaten 2009

Figur 1: Energieverbrauch nach Energieträgern

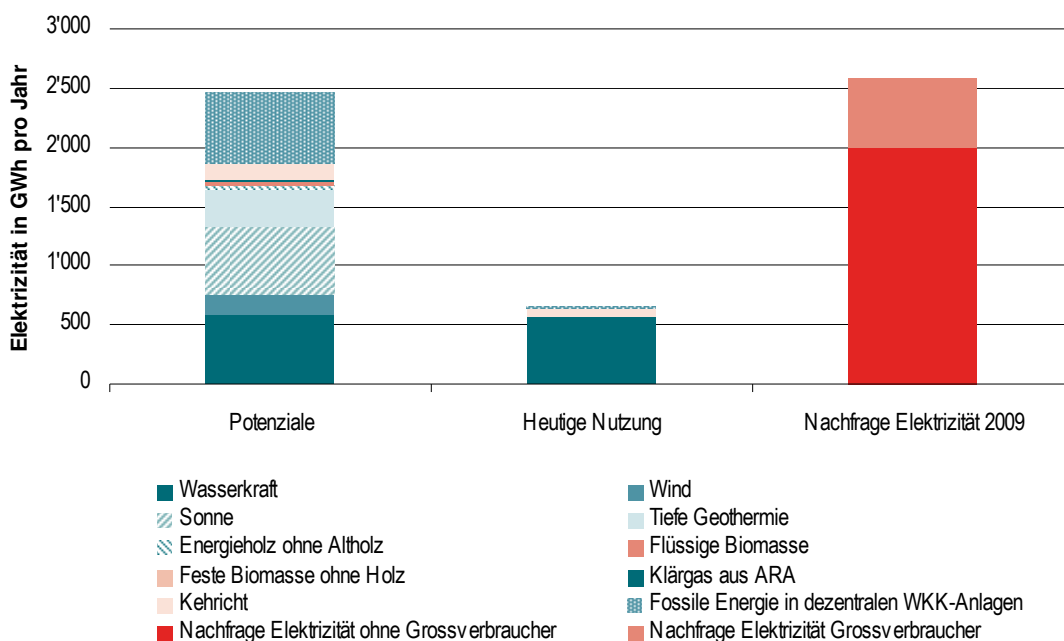
Im Kanton Solothurn bestehen einige grosse industrielle Energieverbraucher. Deren Anteil beträgt 23% des gesamten Energieverbrauchs. Ebenfalls rund 23% des Energie-

¹ Dies entspricht dem Energieinhalt von rund 840'000 Tonnen Heizöl.

verbrauchs benötigen die Haushalte, der Verkehr verursacht 22% des Energieverbrauchs und die Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) 32%.

Das ökologische Potenzial im Elektrizitätsbereich beträgt rund 2'450 GWh/a, wovon 650 GWh/a heute bereits genutzt werden. Das ungenutzte Potenzial von rund 1'800 GWh/a setzt sich vor allem aus dezentralen fossilen WKK-Anlagen (keine erneuerbare Energie), Sonnenenergie, tiefer Geothermie und Windenergie zusammen. Die Angaben zur tiefen Geothermie entsprechen auf Grund fehlender Grundlagendaten ersten Schätzungen und sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

«Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der Elektrizitätsnachfrage»



econcept

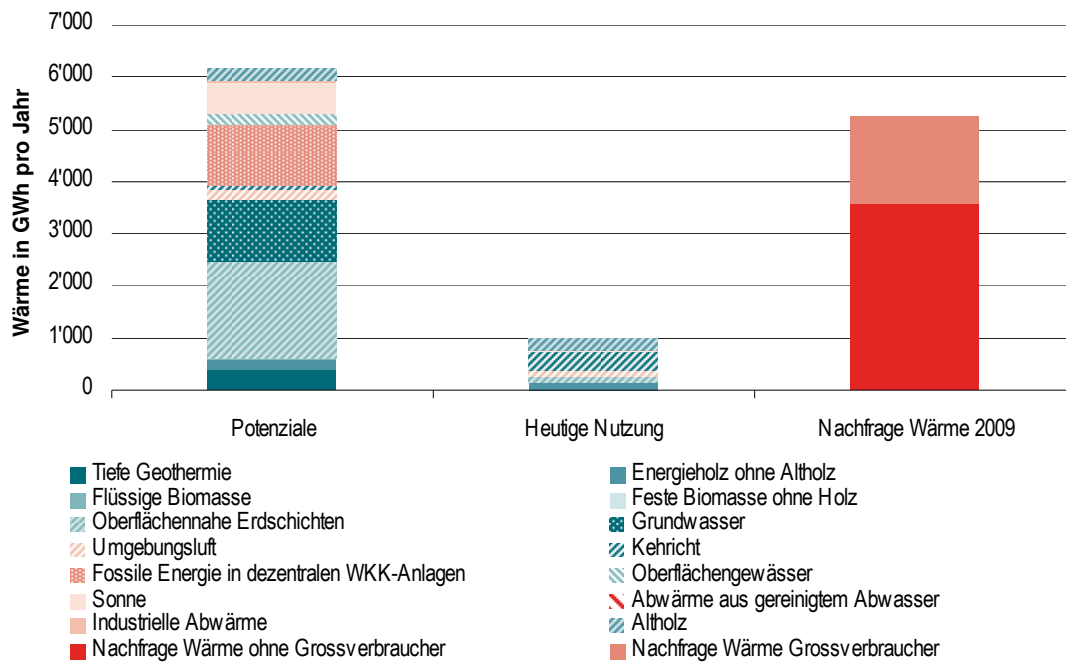
Figur 2: Vergleich der Potenziale, der heutige Nutzung und der heutigen Elektrizitätsnachfrage

Die vorhandenen Potenziale liegen in der gleichen Grössenordnung wie der heutige Elektrizitätsbedarf. Betrachtet man die saisonale Verfügbarkeit der Energieträger und die Nachfrage, zeigt sich, dass sich die vor allem im Sommer anfallende Sonnenenergie und die im Winter in dezentralen mit fossilen Energien betriebenen WKK-Anlagen gut ergänzen. Im Sommer übersteigen die Potenziale die Nachfrage leicht während im Winter die Nachfrage etwas grösser ist als die Potenziale. Unter Berücksichtigung der erheblichen Effizienzpotenziale von rund 30% lässt sich der Elektrizitätsbedarf sowohl im Winter wie auch im Sommer durch die lokalen Potenziale erneuerbarer Energien in Kombination mit dezentralen fossilen WKK-Anlagen decken.

Im Wärmebereich wird heute ein deutlich kleinerer Anteil der bestehenden Potenziale genutzt. Vom ökologischen Potenzial von rund 6'200 GWh/a werden ungefähr 1'000 GWh/a bereits genutzt. Das ungenutzte Potenzial von ca. 5'200 GWh/a setzt sich

hauptsächlich aus Erdsonden, Grundwasserwärme, dezentralen fossilen WKK-Anlagen (keine erneuerbare Energie), Sonnenenergie und tiefer Geothermie zusammen.

«Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der Nachfrage von Wärme»



econcept

Figur 3: Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der heutigen Wärmenachfrage

Auch im Wärmebereich bestehen erhebliche Effizienzpotenziale. Ein Neubau nach den neuen Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich von 2008 verbraucht im Vergleich zu einem Neubau aus dem Jahr 1975 rund viereinhalb Mal weniger Energie. Eine Sanierung des gesamten Gebäudebestands nach «Minergie», würde den Energiebedarf für Heizzwecke und Warmwassererzeugung um rund 75% reduzieren.

Die Potenziale von erneuerbaren Energien und Abwärme sowie die Einsatzmöglichkeiten von dezentralen fossilen WKK-Anlagen im Kanton Solothurn sind bedeutend. Im Rahmen der Überarbeitung der energiepolitischen Strategie sind die Rahmenbedingungen so weiter zu entwickeln, dass Hemmnisse beseitigt und die Attraktivität der Nutzung erneuerbarer Energien gesteigert wird.

1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Der Kanton Solothurn überprüft auf Grund des Grundsatzentscheides des Bundesrates zum Ausstieg aus der Kernenergie sowie zahlreicher parlamentarischer Vorstösse im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Fukushima seine energiepolitische Strategie.

Der Regierungsrat möchte seine Stellungnahme zum nationalen Entscheid sowie zu den parlamentarischen Vorstössen auf aktualisierten Fakten abstützen. Er hat darum das Amt für Umwelt mit der Ausarbeitung einer aktualisierten energiepolitischen Strategie beauftragt. Bis Mitte September will der Regierungsrat erste Leitentscheide zur Beantwortung der parlamentarischen Vorstössen fällen.

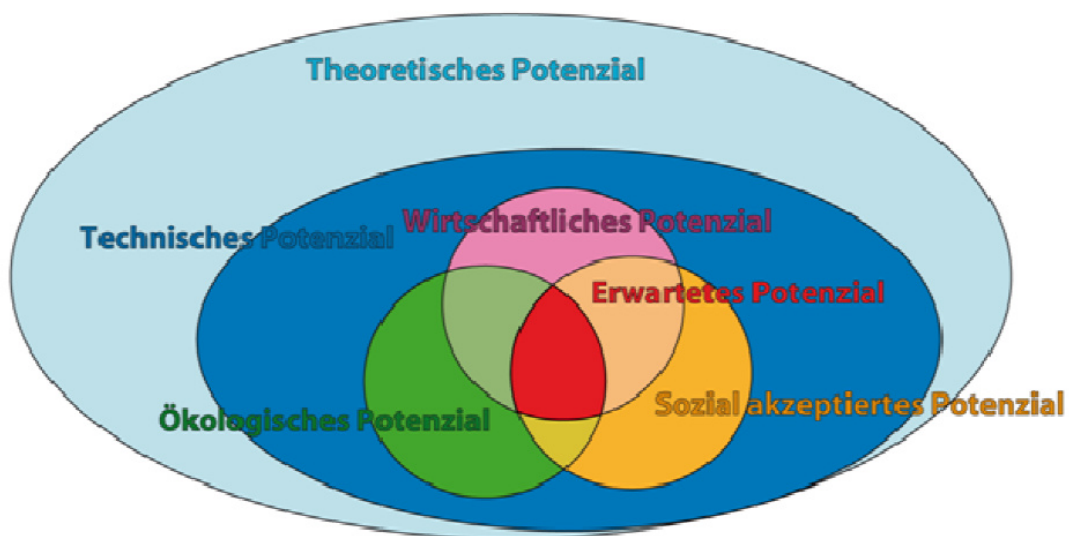
In einer ersten Phase sollen deshalb bis Mitte September 2011 die bestehenden Grundlagen zu den lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien und Abwärme sowie die Effizienzpotenziale in den Bereichen Wärme und Elektrizität aufbereitet werden. Zusätzlich berücksichtigt die Studie dezentrale, mit fossiler Energie betriebene, Wärmekraftkopplungsanlagen (WKK-Anlagen). Die bestehenden Grundlagen sind zu bewerten und die Ergebnisse hinsichtlich einer autonomen Energieversorgung des Kantons zu beurteilen.

In einer zweiten Phase soll ab Herbst 2011 das bestehende Energiekonzept aus dem Jahr 2003 überarbeitet werden. Dieser Prozess soll – analog dem aktuell gültigen Energiekonzept aus dem Jahr 2003 – von einer Arbeitsgruppe, bestehend aus verwaltungsin-ternen und –externen Fachleuten, begleitet werden. Die Federführung dieser Arbeiten liegt beim Amt für Umwelt des Kantons Solothurn (AFU Solothurn).

2 Zum Potenzialbegriff

Das Potenzial erneuerbarer Energien ist von der Definition des Potenzialbegriffs abhängig. Als limitierende Faktoren können naturwissenschaftliche, technische oder wirtschaftliche Grössen berücksichtigt werden.

Bei der Analyse von Potenzialen für die Steigerung der Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energieträger für die zukünftige Energieversorgung, sind die Potenzialbegriffe gemäss Figur 1 zu unterscheiden.



Quelle: Energie Dialog Schweiz (2009)

Figur 4: Illustration der Potenzialbegriffe

Das *theoretische Potenzial* basiert auf den physikalischen Möglichkeiten zur Steigerung von Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Ressourcen, beispielsweise die auf dem Kantonsgebiet einfallende Sonnenenergie. Welcher Anteil davon effektiv genutzt werden kann, wird mit dem *technischen Potenzial* umschrieben. Dieses ist zum Beispiel vom Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen oder Sonnenkollektoren abhängig. Häufig ist es nötig, den Nutzungsgrad aus *ökologischen Gründen* weiter zu begrenzen, beispielsweise auf Grund von Landschaftsschutzanliegen oder Restwassermengenvorschriften bei der Wasserkraft oder aus Gründen einer nachhaltigen Bewirtschaftung des Waldes. Beim *wirtschaftlichen Potenzial* müssen die Gesamtkosten mit den Kosten von konkurrierenden Systemen oder Ressourcen vergleichbar ausfallen. Je nach Entwicklung von energiepolitischen Rahmenbedingungen und Technologien, mit denen die verschiedenen Energieträger genutzt werden, ändern sich die Grössen der Potenziale und somit der Umfang, in dem die Energieträger sinnvoll genutzt werden können. Es ist Aufgabe der Energiepolitik, die Schnittmenge aus ökologischem, wirtschaftlichem und sozial akzeptiertem Potenzial (also dem *erwarteten Potenzial*) zu erweitern, um die nachhaltige Nutzung von erneuerbaren Energieträgern und Energieeffizienzmassnahmen zu erleichtern.

In den nachstehenden Potenzialabschätzungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienzmassnahmen im Kanton Solothurn wird in der Regel das *ökologische Potenzial* ausgewiesen, also jenes Potenzial, das ausgeschöpft werden kann, ohne die Umwelt irreversibel zu beeinträchtigen.

Ein Teil des ökologischen Potenzials wird i.d.R. bereits heute genutzt (*genutztes Potenzial*). Die Differenz zwischen genutztem und ökologischem Potenzial wird dementsprechend als ungenutztes Potenzial bezeichnet. Wo nötig, wird auf Einschränkung aus Gründen der Wirtschaftlichkeit oder der sozialen Akzeptanz hingewiesen.

Für die mögliche Nutzung von erneuerbaren Energien und Abwärme wird in diesem Bericht von heutigen Technologien ausgegangen. Wenn sich die Technologien künftig verbessern, können sich auch die Potenziale vergrössern.

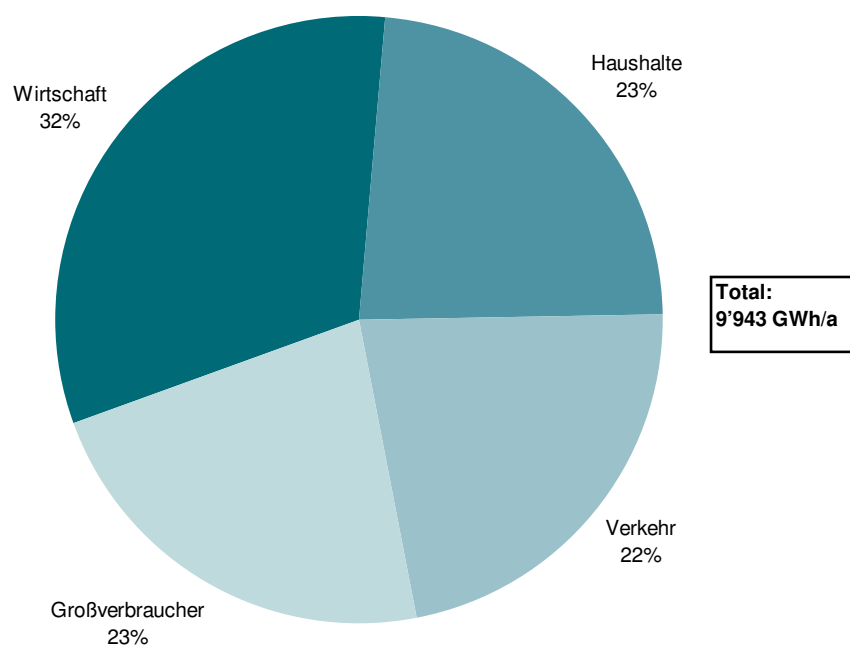
3 Heutiger Energieverbrauch

Zum Energieverbrauch innerhalb des Kantons verfügt der Kanton Solothurn über keine aktuellen Zahlen. Die neuesten Zahlen zum Energieverbrauch sind im bestehenden Energiekonzept des Kantons Solothurn für das Jahr 2000 aufgeführt.

Die Ermittlung des Energieverbrauchs des Jahres 2009 erfolgte mit der Software ECO-Region Pro. Diese ermöglicht, basierend auf kantonsspezifischen Indikatoren, Angaben des Kantons Solothurn zu den Grossverbrauchern, den Daten des eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregisters und schweizweiten Modellkennwerten zum Energieverbrauch in bestimmten Sektoren (z.B. Gebäude, Mobilität), eine ausreichend genaue Abschätzung des Energieverbrauchs.

Der Energieverbrauch des Kantons Solothurn betrug im Jahr 2009 laut der Software ECORegion Pro rund 9'943 GWh². Davon fallen 3'164 GWh in den Bereich Wirtschaft, 2'324 GWh in den Bereich Haushalte, 2'212 GWh in den Bereich Verkehr und 2'243 GWh in den Bereich Grossverbraucher (siehe Figur 5). Der Bereich Wirtschaft umfasst die Sektoren Gewerbe, Industrie und Dienstleistungen ohne die für den Kanton relevanten Grossverbraucher mit einem Energieverbrauch von mehr als 50 GWh pro Jahr.

«Energieverbrauch des Kantons Solothurn 2009 nach Sektoren»



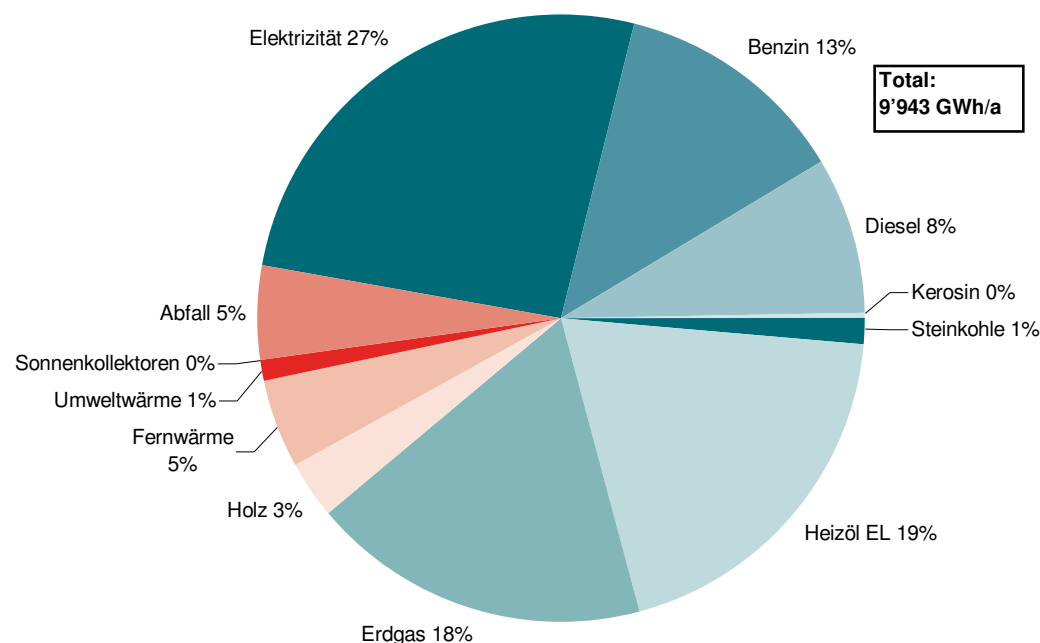
Quelle: Eco Region KVV Projektdaten 2009

Figur 5: Energieverbrauch 2009 nach Sektoren (Grossverbraucher > 50 GWh/a)

² Dies entspricht einem Energieinhalt von rund 840'000 Tonnen Heizöl.

Der grösste Teil des Energieverbrauchs von 9'943 GWh/a wird mit den Energieträgern Elektrizität (2'590 GWh/a), Heizöl EL (1'916 GWh/a), Erdgas (1'818 GWh/a) und Benzin (1'261 GWh/a) gedeckt. Der restliche Teil stammt aus Diesel (823 GWh/a), Abfall (484 GWh/a), Fernwärme (486 GWh/a), Holz (288 GWh/a), Steinkohle (138 GWh/a), Umweltwärme (92 GWh/a), Kerosin (27 GWh/a) und thermischer Sonnenenergie (8 GWh/a) (siehe Figur 6).

«Energieverbrauch des Kantons Solothurn 2009 nach Energieträgern»



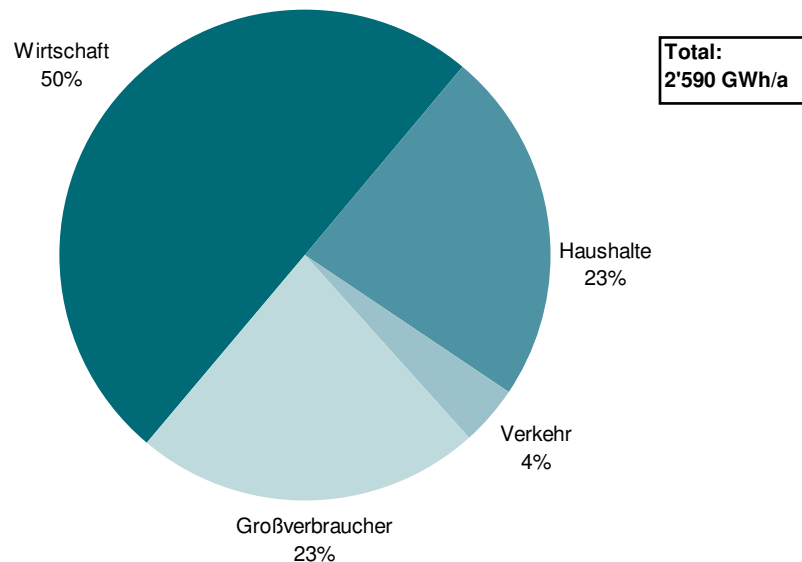
Quelle: Eco Region KVV Projektdaten 2009

Figur 6: Energieverbrauch nach Energieträgern

Beim Update des Energiekonzeptes des Kantons Solothurn dürfte die Elektrizitätsversorgung von besonderem Interesse sein. Der Elektrizitätsbedarf des Kantons Solothurn betrug im Jahr 2009 laut der Software ECORegion Pro 2'590 GWh. Davon fallen 1'297 GWh in den Bereich Wirtschaft ohne Grossverbraucher, 601 GWh in den Bereich Haushalte, 101 GWh in den Bereich Verkehr und 591 GWh auf die Grossverbraucher (siehe Figur 7).

Es ist anzumerken, dass in den letzten Jahren zwei Grossverbraucher ihren Betrieb eingestellt haben. Ende 2008 war dies die Zellstofffabrik Borregaard in Riedholz SO und Ende August 2011 die Papierfabrik SAPPI in Biberist SO. Da hier Zahlen von 2009 aufgeführt sind, ist die Schliessung der Papierfabrik SAPPI nicht berücksichtigt. Laut Angaben des AFU Solothurn betrug der Gesamtenergieverbrauch (Wärme und Elektrizität) der Papierfabrik SAPPI im Jahr 2010 knapp 800 GWh.

«Elektrizitätsbedarf des Kantons Solothurn 2009 nach Sektoren»



Quelle: Eco Region KVU Projektdaten 2009

Figur 7: Elektrizitätsbedarf nach Sektoren

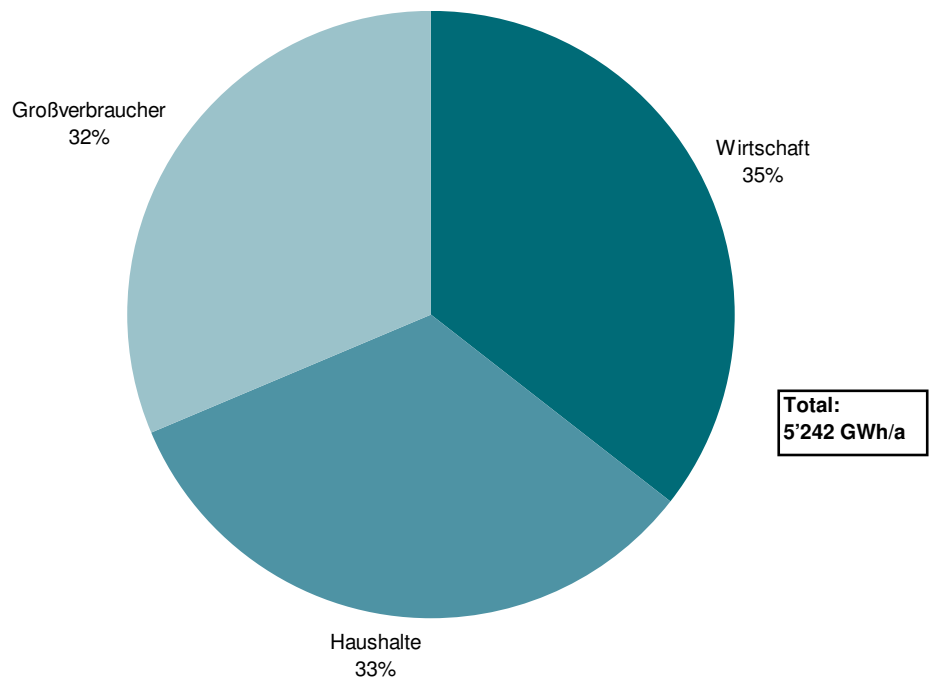
Für den Elektrizitätsbedarf des Kantons Solothurn, aufgeteilt nach Elektrizitätsprodukten, wendet ECORegion Pro den Schweizer Elektrizitätsmix an. Dieser ist für den Kanton Solothurn jedoch nicht repräsentativ. Für den Kanton Solothurn lässt sich die Erzeugung der Elektrizität aus den Stromkennzeichnungen der grössten Versorger, namentlich der Alpiq Versorgungs AG, der AEN AG und der Regioenergie Solothurn AG, abschätzen. Die Stromkennzeichnungen des gelieferten Stroms weisen für das Jahr 2010 rund 63-66% Kernenergie und 33-37% Wasserkraft aus. Ein kleiner Anteil besteht aus übrigen erneuerbaren Energien sowie Elektrizität unbekannter Herkunft.

Der Stromverbrauch der Ende August 2011 geschlossenen Papierfabrik SAPPI betrug im Jahre 2010 laut des AFU Solothurn 237 GWh. Der Rückgang des Stromverbrauchs durch die Schliessung ist in den Zahlen von 2009 noch nicht sichtbar.

Der Wärmebedarf des Kantons Solothurn wurde berechnet, indem vom Gesamtenergieverbrauch der Elektrizitätsbedarf (2'590 GWh/a) und der Treibstoffbedarf (2'111 GWh/a) abgezogen wurde.

Der Wärmebedarf des Kantons Solothurn betrug im Jahr 2009 somit 5'242 GWh. Davon fallen 1'867 GWh in den Bereich Wirtschaft ohne Grossverbraucher, 1'723 GWh in den Bereich Haushalte und 1'653 GWh in den Bereich Grossverbraucher (siehe Figur 8).

«Wärmebedarf des Kantons Solothurn nach Sektoren»



Figur 8: Wärmebedarf nach Sektoren

4 Potenziale für die Elektrizitätsproduktion und heutige Nutzung

4.1 Wasserkraft

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die Angaben zur Wasserkraft beruhen auf der Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz (BFE 2010) und Angaben des AFU Solothurn zur aktuellen Elektrizitätsproduktion von Gross- und Kleinwasserkraftwerken. Die heutige Produktion und das ungenutzte Potenzial der einzelnen Kraftwerke wurde entsprechend dem Anteil des Kantons Solothurn am jeweiligen Kraftwerk bzw. dem Anteil an der konzessionierten Wassermenge bestimmt.

Die Statistik der Wasserkraftanlagen (BFE 2010) berücksichtigt nur die grösseren Wasserkraftanlagen und weist für den Kanton Solothurn acht Anlagen mit einer Leistung von 87.3 MW und einer erwarteten Produktion von 544 GWh/a aus.

Die Produktion der Kleinwasserkraftwerke beträgt basierend auf der konzessionierten Leistung rund 20 GWh. Zum Zeitpunkt der Studie war bei einem Teil der bestehenden Kleinwasserkraftwerke nicht klar, ob diese in Betrieb sind oder nicht. Daher wird bei der heutigen Nutzung und dem ungenutzten Potenzial der Wasserkraft ein Unsicherheitsbereich von $\pm 4\%$ des Potenzials angegeben.

Gemäss Erfahrungen von econconcept kann bei ehemaligen Industriekantonen wie dem Kanton Solothurn davon ausgegangen werden, dass mit heutigen Technologien keine relevanten ungenutzten Wasserkraftpotenziale bestehen. Zusätzliche Kraftwerke sind nur in sehr beschränktem Umfang realisierbar.

Das ausgewiesene Potenzial beinhaltet alle in Betrieb stehenden Kraftwerke inklusive der möglichen Leistung der zurzeit nicht in Betrieb stehenden älteren Kleinkraftwerke. Zusätzlich werden heute bereits bekannte geplante Leistungssteigerungen bei Grosskraftwerken (KW Aarau: Steigerung um 15.6%, KW Wynau: Steigerung um 48 GWh/a mit 10% Konzessionsanteil des Kanton Solothurn) einbezogen. Zudem nimmt econconcept an, dass bei Kleinwasserkraftwerken durch Erneuerungen bzw. Sanierungen eine Produktionssteigerung von 15% möglich ist.

Im Potenzial berücksichtigt sind also alle Gross- und Kleinwasserkraftwerke und entsprechende Leistungssteigerungen. Die heutige Nutzung zeigt die erwartete der Elektrizitätsproduktion der Wasserkraft im Kanton. Sie ist jährlichen Schwankungen unterworfen.

Potenziale und heutige Nutzung

Das Potenzial liegt bei rund 592 GWh/a, die heutige Nutzung bei 565 GWh/a und das ungenutzte Potenzial bei 27 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Wasserkraft	592	565	27

Tabelle 1: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial der Wasserkraft (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Diese Studie berücksichtigt alle bestehenden und ehemaligen Wasserkraftwerke. Es kann davon ausgegangen werden, dass kaum zusätzliche Möglichkeiten bestehen, um grössere Wasserkraftwerke zu bauen. Zusätzliche Potenziale durch kleinere Wasserkraftwerke an neuen Standorten, beispielsweise mit Wirbelstromkraftwerken, müssten vertieft abgeklärt werden.

Geplante Leistungssteigerungen in den bestehenden Kraftwerken Wynau und Aarau sind berücksichtigt. Die Wasserkraftwerke Flumenthal, Ruppoldingen, Gösigen und Dornbach sowie das Stauwehr Winznau sind relativ neu und Leistungssteigerungen nicht absehbar.

4.2 Windenergie

Bestehende Unterlagen / Methodik

Zur Windenergie im Kanton Solothurn besteht eine detaillierte Potenzialstudie (Kohle-Nusbaumer 2008), welche fünf mögliche Standorte für Windanlagen beschreibt und deren Elektrizitätsproduktionspotenzial auf 117 – 132 GWh/a schätzt.

In den kantonalen Richtplan wurden darauf im Jahr 2008 sieben Standorte aufgenommen (fünf in die «Abstimmungskategorie Festsetzung» und zwei in die «Abstimmungskategorie Zwischenergebnis»). In der Windenergiepotenzialstudie (KohleNusbaumer 2008) wurde der grosse Standort Brunnersberg ausgewiesen, welcher im kantonalen Richtplan nicht mehr berücksichtigt wird. Das in dieser Studie für fünf Standorte ausgerechnete Windenergiepotenzial wird für diesen Bericht auf sieben Standorte hochgerechnet.

Potenziale und heutige Nutzung

Diese Hochrechnung resultiert in einem Potenzial für Windenergie von rund 160 GWh/a.

Laut der Windenergiepotenzialstudie (KohleNusbaumer 2008) werden bis heute einige kleinere und zum Teil ältere Windräder der Leistungsklasse 6 – 30 kW betrieben. Da dies einzelne Anlagen sind, welche nur kleinere Mengen Elektrizität produzieren, wird die heutige Elektrizitätsproduktion durch Windenergie mit ~0 GWh/a angegeben und das ungenutzte Potenzial beträgt somit 160 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Windenergie	160	~ 0	160

Tabelle 2: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial der Windenergie (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Die Berechnung des Potenzials berücksichtigt die aktuell in Frage kommenden Standorte für Windenergie. Bei der Auswahl der Standorte wurden neben den physikalischen Voraussetzungen auch die Anliegen des Landschaftsschutzes berücksichtigt. Aus physikalischer Sicht dürften weitere Standorte im Kanton wirtschaftlich realisierbar sein. Das langfristige Potenzial kann deshalb bei steigender Akzeptanz bzw. bei verringerter Gewichtung des Landschaftsschutzes zunehmen.

4.3 Sonnenenergie

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die Sonnenenergie kann mittels Photovoltaikanlagen direkt in Elektrizität umgewandelt werden. Laut einer vom Bundesamt für Energie veröffentlichten Solarpotenzialstudie (BFE 2006) kann, über die Schweiz gemittelt, rund ein Drittel der nachgefragten Elektrizität mit Photovoltaikanlagen gedeckt werden.

Der Software ECORegion Pro wurde der Elektrizitätsbedarf der Haushalte und Wirtschaft ohne Grossverbraucher (1'898 GWh/a) für den Kanton Solothurn entnommen. Grossverbraucher werden nicht berücksichtigt, da anzunehmen ist, dass Photovoltaikanlagen den Elektrizitätsbedarf entsprechender elektrizitätsintensiver Betriebe nicht zu einem Drittel decken können.

Die heutige Nutzung des Potenzials von Photovoltaik in der Schweiz wurde der Elektrizitätsstatistik (BFE 2011) entnommen und proportional zur Einwohnerzahl für den Kanton Solothurn umgerechnet.

Potenziale und heutige Nutzung

Das Potenzial der Elektrizitätsproduktion mit Photovoltaik beträgt im Kanton Solothurn somit rund 570 GWh/a, die heutige Nutzung 3 GWh/a und das ungenutzte Potenzial 567 GWh/a. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind in Kapitel 5.1 beschrieben.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Sonnenenergie	570	3	567

Tabelle 3: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Sonnenenergie (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Die in dieser Studie gemachte Berechnung zur Photovoltaik bezieht sich auf die Elektrizitätsnachfrage von Haushalten und Wirtschaft ohne Grossverbraucher und geht davon aus, dass die entsprechenden Gebäude ihre Nachfrage mit Dach- oder Fassadenanlagen decken. Die der Potenzialermittlung zugrundeliegenden Annahmen sind eine grobe, auf

Erfahrungswerten beruhende Schätzung. Das Potenzial hängt auch von der Nutzung der geeigneten Flächen für Solarthermie ab.

4.4 Tiefe Geothermie

Bestehende Unterlagen / Methodik

Nach Angaben des AFU Solothurn besteht im Kanton Solothurn ein Potenzial für den Bau von sechs bis acht Geothermieranlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 5-6 MW pro Anlage, was einer Gesamtleistung von ca. 40 MW entspricht. Für die Berechnung wird von 8000 Betriebsstunden pro Jahr ausgegangen. Die Überlegungen des AFU Solothurn berücksichtigen diejenigen Standorte, an welchen die anfallende Abwärme mittels Wärmenetz für Heizzwecke genutzt werden kann. Eine vertiefte Abklärung zur Eignung des Untergrundes für die Geothermieranlagen besteht aber nicht.

Potenziale und heutige Nutzung

Aktuell werden keine Geothermieranlagen im Kanton Solothurn betrieben. Daher wird die heutige Nutzung mit 0 GWh/a angegeben. Das Potenzial wird wie oben beschrieben berechnet und resultiert in 320 GWh/a Elektrizitätsproduktion. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind unter Kapitel 5.2 aufgeführt.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Tiefe Geothermie	320	0	320

Tabelle 4: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial tiefer Geothermie (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Es kann davon ausgegangen werden, dass die obigen Resultate als langfristiges Potenzial von tiefen Geothermieranlagen im Kanton Solothurn angesehen werden können, da bis heute in der Schweiz keine Anlagen in Betrieb stehen.

4.5 Energieholz ohne Altholz

Bestehende Unterlagen / Methodik

Als Berechnungsgrundlage dient das kantonale Holzenergiekonzept (Kaufmann + Bader GmbH 2010). Dem Konzept wurden Zahlen zum Holzbedarf im Jahre 2009 von bestehenden und geplanten Anlagen (76'000 m³) und zum Energieholzpotenzial (108'000 m³), welches die aktuelle Produktion im Jahr 2009, das freie Potenzial und eine Nutzungsänderung des Industrieholzes berücksichtigt, entnommen.

Für die Ermittlung des Potenzials der Elektrizitätsproduktion wird angenommen, dass zukünftig 50% der Energieholzmenge in grösseren Anlagen vergast, ins Erdgasnetz eingespiessen und in WKK-Anlagen genutzt werden kann. Mit dieser Technologie resultiert

gegenüber der Verbrennung mit Dampferzeugung und Dampfturbine ein deutlich höherer elektrischer Wirkungsgrad. Die andere Hälfte der Energieholzmenge wird in Wärmeanlagen ohne Elektrizitätsproduktion genutzt. Für die Elektrizitätsproduktion in WKK-Anlagen wird von einem Wirkungsgrad von 30% ausgegangen. Für die Berechnung des Energieinhaltes des Holzes wird ein Wert von 0.0024 GWh/m³ Energieholz verwendet.

Potenziale und heutige Nutzung

Heute werden im Kanton Solothurn keine WKK-Anlagen mit Energieholz betrieben. Daher beläuft sich die heutige Nutzung von Holz zur Elektrizitätsproduktion auf 0 GWh/a. Das Potenzial der Elektrizitätsproduktion, wenn die Hälfte des Energieholzpotenziales in WKK-Anlagen verwendet wird, resultiert mit oben beschriebener Methodik in rund 40 GWh/a. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind unter Kapitel 5.3 beschrieben.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ugenutztes Potenzial GWh/a
Energieholz ohne Altholz	40	0	40

Tabelle 5: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial des Energieholzes (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Da das Potenzial der Holzenergienutzung von der nachhaltig verfügbaren Menge Waldholz abhängt, resultiert ein zusätzliche Potenzial in der weiteren Umnutzung des heute als Industrieholz genutzten Waldholzes für die Elektrizitätsproduktion, der Nutzung des gesamten Energieholzpotenziales in WKK-Anlagen sowie in der technologischen Entwicklung der Anlagen.

4.6 Altholz

Heute wird keine Elektrizität mit Altholz erzeugt und in Zukunft ist ebenfalls keine entsprechende Nutzung geplant bzw. zu erwarten. Die heutige Nutzung und das Potenzial von Altholz für die Wärmeproduktion ist unter Kapitel 5.4 beschrieben.

4.7 Feste Biomasse ohne Holz

Bestehende Unterlagen / Methodik

Das Grüngut wird im Kanton Solothurn bereits weiträumig separat gesammelt und den bestehenden Kompostierwerken und Vergärungsanlagen zugeführt. Aktuell wird eine Vergärungsanlage (Kompogasanlage) in Oensingen betrieben, welche 2.7 GWh/a Elektrizität produziert (IWK – Integrierte Wärme und Kraft AG 2009). Auf Grund von Zahlen von der Kompogas AG (Kompost und Energie 2011) wird angenommen, dass 25% der

als Grüngut entsorgten Abfälle aus Rüst- und Speiseabfälle bestehen. Diese 25% wurden in dieser Studie ebenfalls berücksichtigt. Von der Anlage in Oensingen kennt man die jährlich produzierte Menge an Elektrizität und aus den Umweltdaten (Kanton Solothurn 2009) die in Oensingen entsorgte Grüngutmenge (14'787 t/a). Somit lässt sich berechnen, wie viel Elektrizität pro Tonne Grüngut produziert werden kann. Dieser Faktor wird auf die in den Anlagen Grenchen, Bellach, Oensingen und auf die in den Umweltdaten (Kanton Solothurn 2009) als Feldrandkompostierung angegebenen Mengen Grüngut angewandt. Für die Menge Grüngut werden die aus Solothurner Gemeinden stammende Grüngutmenge sowie die Menge von «Dritten» gemäss den Umweltdaten (Kanton Solothurn 2009) berücksichtigt. Bei «Dritten» wird angenommen, dass diese aus dem Kanton Solothurn sind.

Potenziale und heutige Nutzung

Somit beläuft sich die heutige Nutzung der Elektrizitätsproduktion mittels fester Biomasse auf 2.7 GWh/a, das gesamte ökologische Potenzial auf 5.2 GWh/a und das bisher ungenutzte Potenzial auf 2.5 GWh/a. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind unter Kapitel 5.5 beschrieben.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Feste Biomasse (Grüngut inkl. Rüst- und Speiseabfälle)	5.2	2.7	2.5

Tabelle 6: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial fester Biomasse (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das Potenzial der Elektrizitätsproduktion aus Grüngut hängt von der Menge des verfügbaren Grünguts ab. Mit einer erhöhten Sammlungseffizienz und eventuell noch nicht erfasster Grüngutmaterialflüsse könnte dieses Potenzial noch leicht gesteigert werden. Technologische Entwicklungen (Wirkungsgraderhöhung) können ebenfalls noch zu einer leicht höheren Elektrizitätsproduktion führen.

4.8 Flüssige Biomasse

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die hier berücksichtigte flüssige Biomasse besteht aus Gülle und Mist von Rindern und Schweinen im Kanton Solothurn. Die heutige Nutzung konnte dank einer Auskunft der BAWA Biogas GmbH (Herr Barmettler) in Walterswil ermittelt werden. Gülle und Mist stammen aus umliegenden Bauernhöfen in Walterswil. Somit kann die produzierte Elektrizität vollständig dem Kanton Solothurn angerechnet werden.

Das Potenzial der Elektrizitätsproduktion wurde dem Abschlussbericht zum Potenzial erneuerbaren Energien (L. Reissig und S. Mann 2010) entnommen, welche das Potenzial über die anfallende Gülle und Mist von Rindern und Schweinen (89% der Grossvieheinheiten) berechnet.

Potenziale und heutige Nutzung

Die BAWA Biogas GmbH produziert mittels zwei Generatoren 1.5 GWh/a (heutige Nutzung). Das ökologische Potenzial beläuft sich auf 24 GWh/a und das ungenutzte Potenzial somit auf 22.5 GWh/a. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind unter Kapitel 5.6 beschrieben.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Flüssige Biomasse (Gülle und Mist)	24	1.5	22.5

Tabelle 7: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial flüssiger Biomasse (Elektrizität).

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Da die Potenzialberechnung von Reissig und Mann (2010) rund 11% der Grossvieheinheiten nicht berücksichtigt, ist eine zusätzliche Elektrizitätsproduktion mit flüssiger Biomasse möglich. Die Nutzung dieses zusätzlichen Potenzials dürfte aber erheblichen logistischen Aufwand bedeuten, da es sich um kleinere landwirtschaftliche Betriebe handelt.

4.9 Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen

Bestehende Unterlagen / Methodik

Gemäss Angaben des AFU Solothurn produzieren fünf von gesamthaft 25 Abwasserreinigungsanlagen (ARA) Elektrizität aus Klärgas. Für die Berechnung des Potenzials in den übrigen Anlagen werden die Wirkungsgrade der bestehenden Anlagen auf die angeschlossenen Einwohnergleichwerte der übrigen ARA umgerechnet. Es wird angenommen, dass keine relevanten, die Kantonsgrenzen überschreitenden Abwasserflüsse bestehen, welche berücksichtigt werden müssten.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beläuft sich bei den bestehenden Elektrizität produzierenden ARA auf rund 3 GWh/a. Würden alle ARA Strom aus Klärgas produzieren, so kämen sie auf potenziell 6 GWh/a, womit sich das ungenutzte Potenzial auf 3 GWh/a beläuft. Informationen zur Wärmeproduktion sind in Kapitel 5.7 erwähnt.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen	6	3	3

Tabelle 8: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Klärgas in ARA (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das langfristig nutzbare Potenzial proportional zur Bevölkerungsentwicklung verändert.

4.10 Kehricht*Bestehende Unterlagen / Methodik*

Die Kehrichtverbrennungsanlage in Zuchwil (KEBAG Zuchwil) produziert heute Wärme und Elektrizität aus dem Kehricht. Der Bau einer neuen Dampfturbine mit einer Erhöhung der Elektrizitätsproduktion ist geplant. Diese Erweiterung der Elektrizitätsproduktion geht zu Lasten der Wärmeproduktion. Für die Ermittlung des Potenzials stützt sich econcept auf die Angaben des Projektes der neuen Energiezentrale mit der geplanten Aufteilung von Stromproduktion und Wärmeabgabe. Die Zahlen zur heutigen Nutzung entstammen dem Jahresbericht (KEBAG 2011) und die zum zukünftigen Potenzial aus Angaben der KEBAG Zuchwil für das Jahr 2025.

50% der in einer Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) gewonnenen Energie gelten als erneuerbar. In dieser Studie wird das ganze Potenzial berücksichtigt.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beläuft sich auf rund 65 GWh/a, das ökologische Potenzial auf 150 GWh/a und das ungenutzte Potenzial auf 85 GWh/a. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind unter Kapitel 5.8 beschrieben.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Kehricht	150	65	85

Tabelle 9: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Kehricht (Elektrizität) Die Verwertung erfolgt heute und zukünftig in der KEBAG Zuchwil.

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das zukünftige nutzbare Potenzial hängt von der Bevölkerungsentwicklung, dem zukünftigen Energieinhalt des Kehrichts sowie dem Verhältnis von Wärmeabgabe und Elektrizitätsproduktion ab. Die Aufteilung der zur Verfügung stehenden Energiemenge des Kehrichts in Stromproduktion und Wärmeabgabe kann sich in den nächsten Jahren verändern. Sie ist vor allem von der möglichen Wärmeabgabe an Dritte abhängig. Sollte es gelingen, einen energieintensiven Betrieb in der Nähe der KVA anzusiedeln, würde sich das Potenzial für Wärmeanwendungen zu Lasten der Elektrizitätsproduktion vergrössern.

4.11 Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen

Bestehende Unterlagen / Methodik

Fossile WKK-Anlagen sind eine effiziente Energienutzungstechnologie. Der Abschätzung des Potenzials liegt eine Strategie von wärmegeführten WKK-Anlagen zu Grunde. Diese Strategie hat den Vorteil, dass die anfallende Wärme vollständig genutzt werden kann. Den Annahmen zur Potenzialermittlung liegt zu Grunde, dass bestehende grössere fossile Feuerungen mit einer Feuerungsleistung von mehr als 500 kW mit einer WKK-Anlage ergänzt werden können.

Aus der Datengrundlagen der Potenzialstudie zu den grösseren fossilen Feuerungen (econcept 2007), wird das Potenzial der Elektrizitätsproduktion mittels dezentraler fossiler WKK-Anlagen berechnet (Heiz- und Prozesswärmeanlagen von 0.5 – 99 MW). Für Heizwärme wird angenommen, dass 20% der Leistung durch eine WKK-Anlage mit 5000 Betriebsstunden pro Jahr thermisch gedeckt werden. Für Prozesswärme wird mit 7'000 Betriebsstunden pro Jahr 50% thermische Deckung erreicht.

Laut Angaben des AFU Solothurn produzierte die Papierfabrik SAPPI in Biberist 95 GWh Elektrizität pro Jahr, was mit der Schliessung des Betriebes wegfällt und in der heutigen Nutzung nicht berücksichtigt wird. Die Erdgas-Entspannungsanlage Oberbuchsiten produziert 6 GWh/a und Blockheizkraftwerke ca. 10 GWh/a.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung wird mit rund 15 GWh/a angegeben. Das Potenzial zur Elektrizitätsproduktion beträgt 590 GWh/a und das ungenutzte Potenzial beläuft sich somit auf 575 GWh/a. Das Potenzial und die heutige Nutzung an Wärme sind unter Kapitel 5.11 beschrieben.

Energieträger	Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen	590	15	575

Tabelle 10: Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial dezentraler fossiler WKK-Anlagen (Elektrizität)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das Potenzial für dezentrale WKK-Anlagen beruht auf der Annahme, dass Anlagen nur bei grösseren fossilen Feuerungen eingesetzt werden können. Brennstoffzellen erlauben eine gleichzeitige Wärme- und Elektrizitätsproduktion auch in kleinen Anlagen, wie zum Beispiel von Einfamilien- oder kleineren Mehrfamilienhäusern. Diese sind im obigen Potenzial nicht berücksichtigt.

5 Potenziale für die Wärmeproduktion und heutige Nutzung

5.1 Sonnenenergie

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die heutige Nutzung des Potenzials der Sonnenenergie für Wärmezwecke in der Schweiz wurde der Statistik für erneuerbare Energien (BFE 2011) entnommen und proportional zur Einwohnerzahl auf den Kanton Solothurn umgerechnet.

Bei der Schätzung des Potenzials wird davon ausgegangen, dass Sonnenkollektoren primär für die Erzeugung von Warmwasser und nur untergeordnet auch für die Heizungsunterstützung eingesetzt werden. Laut einer detaillierten Analyse der Versorgung einer Gemeinde (econcept 2009b) kann 15% des gesamten Wärmebedarfs der Gebäude durch Sonnenkollektoren gedeckt werden. Der Bedarf an Raumwärme und Warmwasser von Haushalten und Wirtschaft ohne Grossverbraucher beträgt laut der Software ECORegion Pro rund 3'900 GWh/a.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung von Sonnenkollektoren für Wärme beträgt im Kanton Solothurn 17 GWh/a. Das Potenzial beläuft sich auf rund 590 GWh/a und das ungenutzte Potenzial somit auf 573 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Sonnenenergienutzung	590	17	573

Tabelle 11: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial der Sonnenenergie

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Laut der Solarthermiestudie (Frei und Hawkins 2004) könnten etwa 30% des gesamten Wärmebedarfs durch solarthermische Anwendungen gedeckt werden. Würde man die Wärmeproduktion mittels Sonnenkollektoren aber auf 30% erhöhen, müsste man die Konkurrenz zu Photovoltaikanlagen berücksichtigen und deren Potenzial entsprechend reduzieren.

5.2 Tiefe Geothermie

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die in Kapitel 4.4 durchgeführte Berechnung der Elektrizitätsproduktion wird nun für die Wärmeproduktion weitergeführt. Es wird angenommen, dass doppelt so viel Wärme wie Elektrizität produziert werden kann und wegen saisonalen Nachfrageschwankungen 60% dieser Wärme AbnehmerInnen findet.

Potenziale und heutige Nutzung

Heute bestehen noch keine Anlagen im Kanton Solothurn. Das Potenzial liegt bei ca. 390 GWh/a Wärmeproduktion, wenn, wie oben erwähnt, 60% der Wärmeproduktion genutzt werden kann. Das ungenutzte Potenzial liegt ebenfalls bei 390 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Tiefe Geothermie	390	0	390

Tabelle 12: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial tiefer Geothermie (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das obige Resultat ist eine grobe Schätzung des langfristigen Potenzials für die Wärmeproduktion durch Geothermieranlagen im Kanton Solothurn. Der Schätzung liegen keine fundierten Grundlagen zur Machbarkeit zu Grunde. Sie basiert auf den möglichen Standorten mit einer genügenden Wärmebezugsdichte für den Betrieb eines Wärmenetzes.

5.3 Energieholz ohne Altholz*Bestehende Unterlagen / Methodik*

Als Berechnungsgrundlage dient das kantonale Holzenergiekonzept (Kaufmann + Bader GmbH 2010). Dem Konzept wurden Zahlen zum Energieholzbedarf im Jahre 2009 von bestehenden und geplanten Anlagen (76'000 m³) und zum Energieholzpotenzial (108'000 m³), welches die aktuelle Produktion im Jahr 2009, das freie Potenzial und eine Nutzungsänderung des Industrieholzes berücksichtigt, entnommen.

Für die Ermittlung des Potenzials der Wärmeproduktion wird angenommen, dass zukünftig 50% der Energieholzmenge zentral vergast und in WKK-Anlagen genutzt werden kann. Die anderen 50% werden in Feuerungen ohne Elektrizitätsproduktion verbraucht. Für die Berechnung der Wärmeproduktion in WKK-Anlagen wird von einem Wirkungsgrad von 55% ausgegangen. Für Feuerungsanlagen wird mit einem Wirkungsgrad von 90% gerechnet. Für die Berechnung des Energieinhaltes des Holzes wird ein Wert von 0.0024 GWh/m³ Energieholz verwendet. Es wird davon ausgegangen, dass die gesamte Wärmeproduktion genutzt werden kann.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung von Energieholz für Wärmezwecke beträgt gemäss dem Holzenergiekonzept (Kaufmann + Bader GmbH 2010) rund 76'000 m³, was rund 165 GWh/a produzierter Wärme entspricht. Das Energieholzpotenzial beträgt rund 108'000 m³ Energieholz. Unter der Berücksichtigung, dass zukünftig reine Wärmeanlagen und WKK-Anlagen mit Holz betrieben werden, resultiert das Potenzial der Wärmeproduktion in 190 GWh/a. Das ungenutzte Potenzial an Wärme beträgt somit 25 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Energieholz ohne Altholz	190	165	25

Tabelle 13: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial des Energieholzes (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Da das Potenzial der Holzenergienutzung von der nachhaltig verfügbaren Menge Waldholz abhängt, resultiert ein zusätzliches Potenzial in der weiteren Umnutzung des heute als Industrieholz genutzten Waldholzes für energetische Zwecke und der Nutzung des gesamten Holzpotenziales in Wärmeanlagen.

5.4 Altholz

Bestehende Unterlagen / Methodik

Laut dem AFU Solothurn werden in der Regionale Entsorgungsanlage Niedergösgen AG (RENI) ca. 20% des Altholz verbrannt, was ca. 50 GWh/a entspricht. Ca. 80% des Altholzes werden im Zementwerk Reuchenette genutzt, was ca. 200 GWh/a entspricht. Ein kleiner Teil wird in der KEBAG Zuchwil verbrannt.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung von Altholz beläuft sich somit auf ca. 250 GWh/a Wärme. Das Altholz wird heute vollständig für Wärmezwecke genutzt. Informationen über das zukünftige Angebot an Altholz und deren Nutzung sind nicht vorhanden. Somit wird davon ausgegangen, dass die heutige Nutzung dem ökologischen Potenzial entspricht.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Altholz	250	250	0

Tabelle 14: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Altholz (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Es kann angenommen werden, dass es in Zukunft keine wesentlichen Änderungen geben wird.

5.5 Feste Biomasse ohne Holz

Bestehende Unterlagen / Methodik

Als feste Biomasse bezeichnen wir Grüngutabfälle inklusive Rüst- und Speiseabfälle ohne Holz. Das Potenzial wird analog der Berechnung des Potenzials für die Elektrizitäts-

produktion (Kapitel 4.7) anhand der verfügbaren Grüngutmenge aus den kantonalen Umweltdaten (Kanton Solothurn 2009) berechnet.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beläuft sich auf 3 GWh/a, das Potenzial auf 5.8 GWh/a und das ungenutzte Potenzial auf 2.8 GWh/a Wärmeproduktion. Die Wärme- und Elektrizitätsproduktion unterscheiden sich nur wenig, da die Wirkungsgrade für Wärme (45%) und Elektrizität (40%) nahe beieinander liegen.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Feste Biomasse ohne Altholz	5.8	3.0	2.8

Tabelle 15: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial fester Biomasse (Wärme).

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das Potenzial der Wärmeproduktion aus Grüngut hängt von der Menge des verfügbaren Grünguts ab. Mit einer erhöhten Sammlungseffizienz und eventuell noch nicht erfasster Grüngutmaterialflüsse könnte dieses Potenzial noch leicht gesteigert werden. Technologische Entwicklungen (Wirkungsgraderhöhung) können ebenfalls noch zu einer leicht höheren Wärmeproduktion führen.

5.6 Flüssige Biomasse

Bestehende Unterlagen / Methodik

Als flüssige Biomasse werden Gülle und Mist von Rindern und Schweinen bezeichnet. Die heutige Wärmenutzung wurde auf Grund der Angabe der BAWA Biogas GmbH, dass die Abwärme nur in Wintermonaten genutzt wird, ermittelt. Es wird angenommen, dass doppelt so viel Wärme wie Elektrizität produziert werden kann und 60% der produzierten Wärme genutzt wird.

Das Potenzial der Wärmeproduktion wird ermittelt, indem die im Abschlussbericht zum Potenzial erneuerbaren Energien der Landwirtschaft (L. Reissig und S. Mann 2010) berechnete Elektrizitätsproduktion (vgl. Kapitel 4.8) zu Grunde gelegt und angenommen wird, dass die anfallende Wärme zukünftig vollständig genutzt werden kann.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung an Wärme beläuft sich auf 1.7 GWh/a, das Potenzial an produzierbarer Wärme auf ca. 48 GWh/a und das ungenutzte Potenzial somit auf ungefähr 47 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Flüssige Biomasse	48	1.7	46

Tabelle 16: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial flüssiger Biomasse (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Da die Potenzialberechnung von Reissig und Mann (2010) rund 11% der Grossvieheinheiten nicht berücksichtigt, ist eine weitere Wärmenutzung aus flüssiger Biomasse möglich. Die Nutzung dieses zusätzlichen Potenzials dürfte aber erheblichen logistischen Aufwand bedeuten, da es sich um kleinere landwirtschaftliche Betriebe handelt.

5.7 Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen

Die in einer ARA anfallende WKK-Abwärme wird meist für die Beheizung des Faulturmes genutzt und steht somit externen Wärmeabnehmern nicht zur Verfügung. Im Falle einer umfassenden Sanierung der Anlagen in Kombination mit einer Abwärmenutzung des geklärten Abwassers ist es möglich, einen Teil der anfallenden Abwärme auch betriebsextern zu nutzen. Das geklärte Abwasser, welches ca. 12 Grad Celsius warm ist, kann mittels Wärmepumpe als Abwärmequelle genutzt werden. Dies ist in Kapitel 5.9.6. beschrieben.

5.8 Kehricht

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die KEBAG Zuchwil produziert heute Wärme und Elektrizität aus dem Kehricht und plant den Bau einer neuen Dampfturbine, womit sie die Elektrizitätsproduktion erweitern wird. Diese Erweiterung der Elektrizitätsproduktion geht zu Lasten der Wärmeproduktion, wodurch gegenüber der heutigen Nutzung ein negatives ungenutztes Potenzial der Wärmeproduktion resultiert. Für die Ermittlung des Potenzials stützt sich econcept auf die Angaben des Projektes der neuen Energiezentrale mit der geplanten Aufteilung von Stromproduktion und Wärmeabgabe. Die Zahlen zur heutigen Nutzung entstammen dem Jahresbericht (KEBAG 2011) und die zum zukünftigen Potenzial aus Angaben der KEBAG Zuchwil für das Jahr 2025.

50% der in einer KVA gewonnenen Energie gelten als erneuerbar. In dieser Studie wird das ganze Potenzial berücksichtigt.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beläuft sich auf rund 310 GWh/a, das Potenzial bei einer deutlich höheren Elektrizitätsproduktion auf 80 GWh/a. Das ungenutzte Potenzial beträgt somit -230 GWh/a. Das ungenutzte Potenzial ist negativ, da die KEBAG Zuchwil mit der neuen Dampfturbine mehr Elektrizität produziert und damit weniger Wärme abgeben kann.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Kehricht	80	310	-230

Tabelle 17: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial der KVA (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das zukünftige nutzbare Potenzial hängt von der Bevölkerungsentwicklung, dem zukünftigen Energieinhalt des Kehrichts sowie dem Verhältnis von Wärmeabgabe und Elektrizitätsproduktion ab. Die Aufteilung der zur Verfügung stehenden Energiemenge des Kehrichts in Stromproduktion und Wärmeabgabe kann sich in den nächsten Jahren verändern. Sie ist vor allem von der möglichen Wärmeabgabe an Dritte abhängig. Sollte es gelingen, einen energieintensiven Betrieb in der Nähe der KVA anzusiedeln, würde sich das Potenzial für Wärmeanwendungen zu Lasten der Elektrizitätsproduktion vergrössern.

5.9 Umweltwärme**5.9.1 Methodik der Ermittlung der ökologischen Potenziale der Umweltwärme**

Umweltwärme ist Umgebungswärme, welche mit Wärmepumpen für Heizzwecke und Warmwassererzeugung genutzt werden kann. Das nutzbare Potenzial hängt von der Nachfrage an Raumwärme und Warmwasser der Haushalte und der Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) ab. Die Potenziale der Umweltwärme werden somit auch durch die Nachfrage limitiert.

Die Methodik stützt sich auf die vereinfachende Annahme, dass die Raumwärme- und Warmwassernachfrage der Haushalte und der Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) im Kanton Solothurn gleichmässig über die Bauzone verteilt sind. Mit Hilfe des GIS des Kantons Solothurn wurde ermittelt, in welchen überbauten Gebieten eine Nutzung der oberflächennahen Erdschichten und des Grundwassers rechtlich zulässig ist. Unter Berücksichtigung der übrigen Umweltwärme (Oberflächengewässer, Abwärme ARA, Luft/Wasser-Wärmepumpen) lässt sich das Potenzial der Umweltwärme ermitteln. Der entsprechende prozentuale Flächenanteil an der Bauzone wird auf die Wärmenachfrage angewendet, womit sich die Potenziale der einzelnen Umweltwärmetechnologien berechnen lassen.

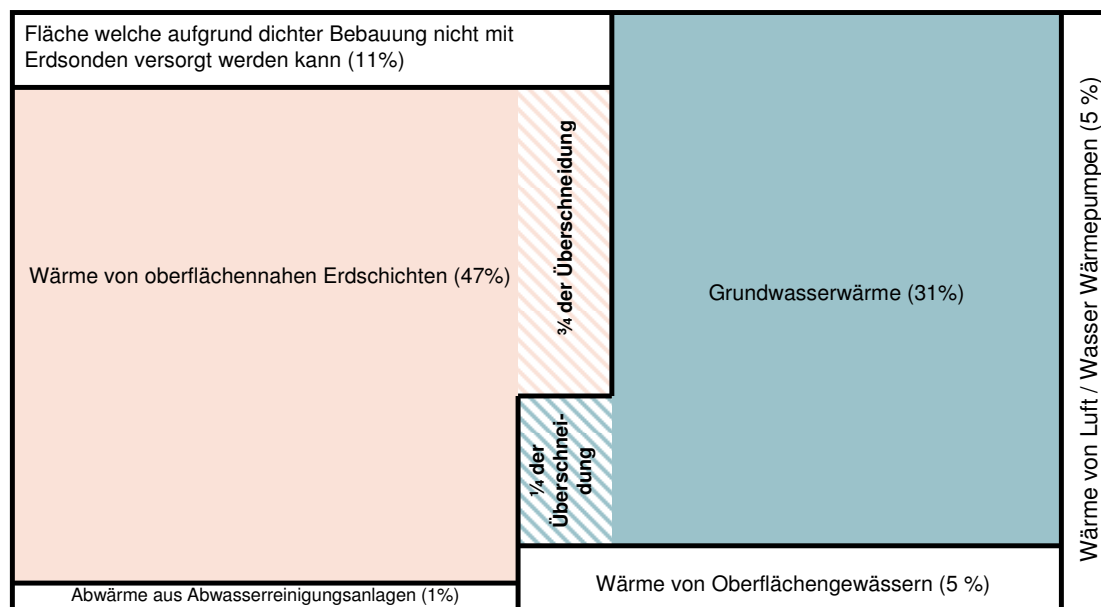
Die Bauzone des Kantons Solothurn wird entsprechend ihrer Eignung für Erdsonden und Grundwasserwärme aufgeteilt. Diese beiden Gebiete überschneiden sich (schraffierte Fläche in Figur 9). Drei Viertel der Überschneidung dieser beiden Gebiete wurde der Zone für Erdsonden zugeteilt. Es wird angenommen, dass in bestehenden Siedlungen nur 80% der Wärmenachfrage mittels Erdsonden gedeckt werden können, da in dicht bebauten Gebieten die räumlichen Voraussetzungen für Bohrungen nicht gegeben sind. Diese wegfallenden 20% der Zone der Erdsonden entsprechen 11% der Bauzone. Weiter

werden dem Potenzial der Erdsonden die durch Abwärme in ARA mögliche nutzbare Wärme abgezogen (1%). Dadurch beträgt der Anteil der mit Erdsonden abdeckbaren Wärmenachfrage 47%. Ein Viertel der Überschneidungsfläche der Erdsonden- und Grundwasserwärmezonen wird der Grundwasserwärme zugeteilt. Die Wärmenachfrage, welche mit der Nutzung der Wärme von Oberflächengewässern erfüllt werden kann (5%), wird dem Potenzial der Grundwasserwärme abgezogen. Dadurch resultiert das ökologische Potenzial der Grundwasserwärme in 31% der Wärmenachfrage.

5% der Bauzone sind weder für Erdsonden noch für Grundwassernutzung geeignet. Diese 5% der Wärmenachfrage können mit Luft/Wasser-Wärmepumpen abgedeckt.

In der folgenden Abbildung sind die Nutzungsmöglichkeiten von Umweltwärme im Gebiet des Kantons Solothurn schematisch dargestellt. Die Gesamtfläche stellt die Bauzone des Kantons Solothurn dar.

«Nutzungsmöglichkeiten von Umweltwärme im Kanton Solothurn»



econcept

Figur 9: Schematische Darstellung der Aufteilung der ökologischen Potenziale der Umweltwärme

Details zu den Berechnungen sind in den nachfolgenden Kapitel aufgeführt.

5.9.2 Oberflächengewässer

Bestehende Unterlagen / Methodik

Das Potenzial der nutzbaren Umweltwärme wird durch die Wärmenachfrage der zu versorgenden Bauten bestimmt (nachfragelimitiertes Potenzial). Für die Abschätzung des Potenzials von Oberflächengewässern wurde der Anteil der Bauzone, welcher innerhalb

von 150 Meter Abstand zum Ufer der Aare liegt durch das AFU Solothurn berechnet. Dieser Anteil beläuft sich auf 5 km² respektive ca. 5% der Bauzone. Somit beläuft sich das Potenzial der Wärmeproduktion durch die Nutzung von Oberflächengewässern auf ca. 5% des Wärmebedarfs von Haushalten und Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) des Kantons Solothurn. Der Bedarf an Raumwärme und Warmwasser betrug im Jahr 2009, gemäss der Software ECORegion Pro, rund 3'900 GWh. Hier ist anzumerken, dass keine Klimakorrektur berücksichtigt ist.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung von Oberflächengewässern ist uns nicht bekannt. Das Potenzial beläuft sich auf ungefähr 185 GWh/a Wärme, womit das ungenutzte Potenzial ebenfalls 185 GWh/a beträgt.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Oberflächengewässer	185	~ 0	185

Tabelle 18: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Oberflächengewässern (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das langfristige Potenzial wird durch zwei gegenläufige Faktoren bestimmt. Einerseits steigt die Wärmenachfrage durch neue Gebäude, andererseits nimmt der Wärmebedarf in den bestehenden Bauten durch Gebäudesanierungen laufend ab. Damit sinkt die Nachfrage und damit das ökologische Potenzial. Für die Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass die Abnahme der Wärmenachfrage gesamthaft betrachtet trotz den Neubauten abnehmen wird. Damit nimmt auch das langfristig nutzbare Potenzial ab.

5.9.3 Oberflächennahe Erdschichten

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die Umweltwärme in oberflächennahen Erdschichten kann mit Wärmepumpen für Heizzwecke und Warmwassererzeugung genutzt werden. Erdsonden sind aus Gewässerschutzgründen nicht in allen Gebieten erlaubt und deshalb bewilligungspflichtig. Gemäss Angaben des AFU Solothurn bestehen im Kanton Solothurn 3'646 Anlagen mit Erdsonden. Für die Berechnung der heutigen Nutzung wird angenommen, dass 15% der Erdsondenanlagen bei Mehrfamilienhäusern mit einer Leistung von 40kW und 85% der Erdsondenanlagen in Einfamilienhäusern mit einer Leistung von 10kW betrieben werden. Beide Anlagenkategorien verfügen über rund 1'800 Betriebsstunden pro Jahr.

Das Potenzial der nutzbaren Umweltwärme wird durch die Wärmenachfrage der zu versorgenden Bauten bestimmt (nachfragelimitiertes Potenzial). Für den Kanton Solothurn wurde die Fläche in der Bauzone ermittelt, für welche Erdsonden zulässig sind (62%). Vom Gebiet, in welchem sowohl Erdwärmesonden als auch Grundwassernutzung mög-

lich sind (11% der Bauzone), werden drei Viertel der Fläche der Wärmeversorgung mit Erdsonden und ein Viertel der Fläche der Wärmeversorgung mit Grundwasser zugerechnet. Weiter nehmen wir an, dass aus technischen Gründen nur 80% der nachgefragten Wärme in den ermittelten Gebieten tatsächlich mit Wärmepumpen und Erdsonden gedeckt werden kann. Diese Einschränkung berücksichtigt, dass in bereits dicht überbauten Gebieten die räumlichen Voraussetzungen für das Bohren der Erdwärmesonden nicht gegeben sind. Zusätzlich wird der Teil der Wärmenachfrage, welcher durch Abwärme aus gereinigtem Abwasser von ARA gedeckt werden kann (Kapitel 5.9.6) der Wärmenutzung mittels Erdsonden abgezogen (1%). Somit beläuft sich das Potenzial der Erdsonden auf 47% der Wärmenachfrage.

Der Bedarf an Raumwärme und Warmwasser in den Sektoren Haushalte und Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) beträgt gemäss der Software ECORegion Pro rund 3'900 GWh/a. Hier ist anzumerken, dass keine Klimakorrektur berücksichtigt ist.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beläuft sich somit auf rund 95 GWh/a, das Potenzial auf 1'840 GWh/a und das ungenutzte Potenzial auf 1'745 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Oberflächennahe Erdschichten	1'840	95	1'745

Table 19: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von oberflächennahen Erdschichten (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das langfristige Potenzial wird durch zwei gegenläufige Faktoren bestimmt. Einerseits steigt die Wärmenachfrage durch neue Gebäude, andererseits nimmt der Wärmebedarf in den bestehenden Bauten durch Gebäudesanierungen laufend ab. Damit sinkt die Nachfrage und damit das ökologische Potenzial. Für die Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass die Abnahme der Wärmenachfrage gesamthaft betrachtet trotz den Neubauten abnehmen wird. Damit nimmt auch das langfristig nutzbare Potenzial ab.

5.9.4 Umgebungsluft

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die Wärme der Umgebungsluft kann mittels Luft/Wasser-Wärmepumpen genutzt werden. Laut Angaben des AFU Solothurn bestehen heute etwa doppelt so viele Luft/Wasser-Wärmepumpen wie Wärmepumpen mit Erdsonden. Die Anzahl der installierten Erdsondenanlagen beläuft sich auf 3'646 Stück. Die Anzahl installierter Luft/Wasser-Wärmepumpen wird somit auf 7'000 geschätzt. Da Luft/Wasser-Wärmepumpen vor allem in kleineren Objekten wie Einfamilienhäusern eingesetzt werden, gehen wir von einer Wärmeleistung von 10kW pro Anlage und 1'800 Betriebsstunden pro Jahr aus.

Das Potenzial der Luft/Wasser-Wärmepumpen wird, analog den Erdwärmesonden, durch die Wärmenachfrage der zu versorgenden Bauten bestimmt (nachfragelimitiertes Potenzial). Das Potenzial wird berechnet, indem von der Bauzone die für Erdsonden und für Grundwasserwärme zulässigen Flächen abgezogen werden (62% resp. 44%, die Überschneidung von 11% wird berücksichtigt) und angenommen wird, dass auf der verbleibenden Fläche (5% der Bauzone) Luft/Wasser-Wärmepumpen gebaut werden können. Der Bedarf an Raumwärme und Warmwasser der Haushalte und Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) beträgt gemäss der Software ECORegion Pro rund 3'900 GWh/a. Hier ist anzumerken, dass keine Klimakorrektur berücksichtigt ist.

Dieses Vorgehen impliziert, dass an Stelle von Luft/Wasser-Wärmepumpen mit einem geringen Wirkungsgrad, primär Anlagen mit einem höheren Wirkungsgrad, beispielsweise solche zur Nutzung der Umgebungswärme aus oberflächennahen Erdschichten und aus Grund- und Oberflächenwasser, eingesetzt werden.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beläuft sich auf rund 125 GWh/a Wärme, das Potenzial auf 195 GWh/a und das ungenutzte Potenzial auf 70 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Umgebungsluft	195	125	70

Tabelle 20: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Luft/Wasser-Wärmepumpen (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Laut Angaben der Energiefachstelle Solothurn werden zukünftig auf Grund der Lärmemissionen von Luft/Wasser-Wärmepumpen tendenziell mehr Erdsonden als Luft/Wasser Wärmepumpen neu erstellt, wodurch in Zukunft der Anteil an Luft/Wasser-Wärmepumpen in Gebieten, in welchen Erdsonden oder Grundwasserwärmepumpen möglich sind, sinken könnte.

5.9.5 Grundwasser

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die Umweltwärme aus Grundwasser kann mit Wärmepumpen für Heizzwecke und Warmwassererzeugung genutzt werden. Grundwasserfassungen sind nicht in allen Gebieten erlaubt und deshalb bewilligungspflichtig. Laut Angaben des AFU Solothurn bestehen im Kanton Solothurn 46 Anlagen mit Grundwasserfassungen. Für die Berechnung der heutigen Nutzung wird angenommen, dass 90% der Grundwasserfassungen bei Mehrfamilienhäusern mit einer Leistung von 40kW und 10% der Grundwasserfassungen

in Einfamilienhäusern mit einer Leistung von 10kW betrieben werden. Beide Anlagenkategorien verfügen über rund 1'800 Betriebsstunden pro Jahr.

Das Potenzial der nutzbaren Umweltwärme wird, analog den Erdwärmesonden, durch die Wärmenachfrage der versorgten Bauten bestimmt (nachfragelimitiertes Potenzial). Für den Kanton Solothurn wurde die mögliche Fläche innerhalb der Bauzone ermittelt, für welche eine Grundwasserwärmenutzung zulässig ist (31%), inklusive einem Viertel der Fläche, welche sich mit der für Erdsonden geeigneten Gebiete überschneiden.

Der Bedarf an Raumwärme und Warmwasser in den Sektoren Haushalte und Wirtschaft (ohne Grossverbraucher) beträgt gemäss der Software ECORegion Pro rund 3'900 GWh/a. Hier ist anzumerken, dass keine Klimakorrektur berücksichtigt ist.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beträgt somit 3 GWh/a, das Potenzial ca. 1'200 GWh/a und das ungenutzte Potenzial 1'197 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Grundwasser	1'200	3	1'197

Tabelle 21: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Grundwasserwärme

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Für die Entwicklung des langfristigen Potenzials gelten die gleichen Grundsätze wie bei den Erdsonden.

5.9.6 Abwärme aus gereinigtem Abwasser von Abwasserreinigungsanlagen

Bestehende Unterlagen / Methodik

Laut den Umweltdaten (Kanton Solothurn 2009) wurden im Kanton Solothurn im Jahr 2009 60 Mio. m³ Abwasser behandelt. Dies entspricht einem mittleren Jahresabfluss von ca. 2'000 l/s. econcept schätzt, dass der Mindestabfluss im Winter 50% des mittleren Jahresabfluss beträgt, womit sich dieser auf 1'000 l/s beläuft. Es wird angenommen, dass nur gereinigtes Abwasser aus Anlagen mit mehr als 10'000 Einwohnergleichwerten mit Wärmepumpen genutzt werden kann. Aus (Umweltdaten 2009) lässt sich berechnen, dass 85% der Abwassermenge im Kanton Solothurn an ARA, welche mehr als 10'000 Einwohnergleichwerte haben, angeschlossen sind. Somit berechnet sich der Abfluss im Winter auf 850 l/s. Gemäss dem Bericht für erneuerbare Energien (econcept 2011) können, mit einer Minimaltemperatur des gereinigten Abwassers von 12°C und einer Abkühlung des Abflusses durch Wärmenutzung nicht unter 8°C, rund 4°C Temperaturdifferenz energetisch genutzt werden. Mit einer Wärmenutzung während 1'800 Stunden pro Jahr entspricht dies rund 3 GWh pro 100 l/s Abfluss und Jahr. Damit lässt sich mit der angenommenen winterlichen Minimalabflussmenge des Kanton Solothurn eine Wärmenutzung

von 25 GWh/a abschätzen. Dies ist eine konservative Schätzung, da durch die Ergänzung der Abwärmenutzung mit einer fossilen Spitzenlastfeuerung eine deutlich grössere Abwärmenutzung möglich wird. Das geschätzte Potenzial entspricht etwas weniger als 1% der Nachfrage nach Raumwärme und Warmwasser von Haushalten und Wirtschaft (ohne Grossverbraucher).

Potenziale und heutige Nutzung

Heute wird im Kanton Solothurn noch keine Abwärme aus gereinigtem Abwasser von ARA genutzt. Somit beläuft sich die heutige Nutzung auf 0 GWh/a. Das Potenzial beläuft sich entsprechend obiger Berechnung auf 25 GWh/a und das ungenutzte Potenzial ebenfalls auf 25 GWh/a.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Abwärme aus gereinigtem Abwasser von ARA.	25	0	25

Tabelle 22: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial von Abwärme aus ARA

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich das langfristig nutzbare Potenzial proportional zur Bevölkerungsentwicklung verändert.

5.10 Industrielle Abwärme

Bestehende Unterlagen / Methodik

Basierend auf einer Grobanalyse der geeigneten Industrien (u.a. Stahl Gerlafingen) und der Analyse der Nachfragegebiete in der Nähe der Betriebe, liegt das extern nutzbare Abwärmepotenzial bei 10 – 20 GWh/a.

Potenziale und heutige Nutzung

Heute wird keine industrielle Abwärme extern genutzt, womit sich die heutige Nutzung auf 0 GWh/a beläuft. Das Potenzial beträgt ca. 15 GWh/a pro Jahr und das ungenutzte Potenzial ebenfalls ca. 15 GWh/a pro Jahr.

Energieträger	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Industrielle Abwärme	15	0	15

Tabelle 23: Ökologisches Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial industrieller Abwärme

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Auf Grund der wirtschaftlichen Entwicklung ist das langfristige Potenzial industrieller Abwärme mit einer grossen Unsicherheit verbunden.

5.11 Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen

Bestehende Unterlagen / Methodik

Die Methodik und Unterlagen entsprechen den Ausführungen unter Kapitel 4.11. Für die mögliche nutzbare Wärme pro Jahr wird die Elektrizitätsproduktion mit dem Faktor 2 multipliziert.

Potenziale und heutige Nutzung

Die heutige Nutzung beträgt rund 30 GWh/a, das Potenzial 1'180 GWh/a und das ungenutzte Potenzial 1'150 GWh/a.

Energieträger	Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen	1'180	30	1'150

Tabelle 24: Potenzial, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial dezentraler fossiler WKK Anlagen (Wärme)

Bemerkungen zum langfristigen Potenzial

Das Potenzial für dezentrale WKK-Anlagen beruht auf der Annahme, dass die WKK nur bei grösseren Feuerungen eingesetzt werden kann. Brennstoffzellen erlauben eine gleichzeitige Wärme- und Elektrizitätsproduktion auch in kleinen Anlagen, wie zum Beispiel von Einfamilien- oder kleineren Mehrfamilienhäusern. Diese sind im obigen Potenzial nicht berücksichtigt.

6 Effizienzpotenziale Wärme und Elektrizität

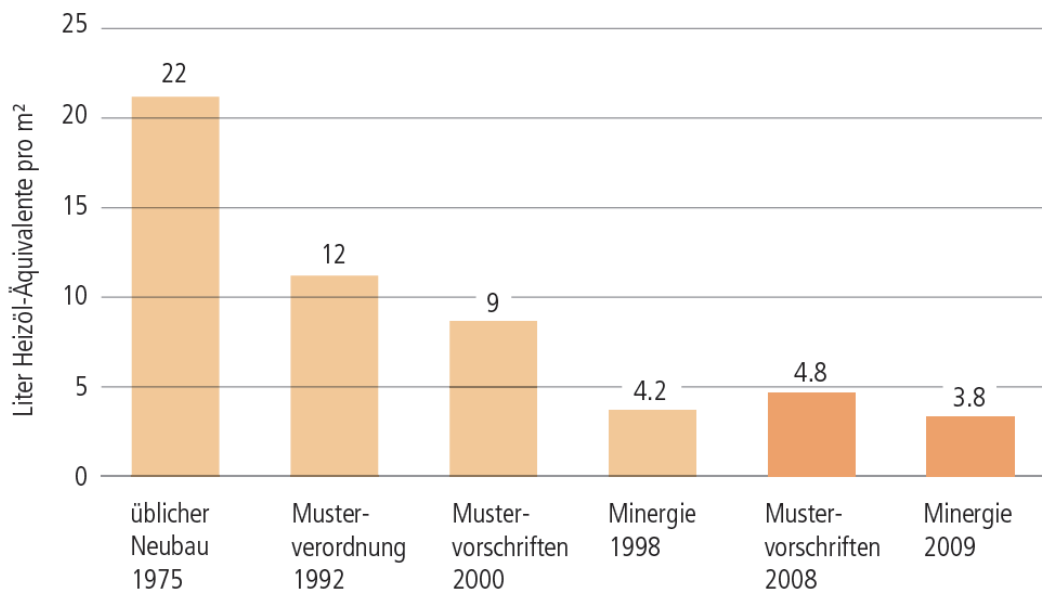
Neben der Produktion von Wärme und Elektrizität aus erneuerbaren Energien oder Abwärme und dem Einsatz von energieeffizienten WKK-Anlagen sind auch die Effizienzpotenziale zur Reduktion des Energiebedarfes für die zukünftige Energiepolitik des Kantons Solothurn von Bedeutung.

Sowohl bei der Wärme als auch bei der Elektrizität unterscheiden sich die Effizienzpotenziale der Industrie von denjenigen der Wohn- und Dienstleistungsbauten.

6.1 Effizienzpotenziale Wärme

Die Vorschriften zum Energiebedarf von Gebäuden wurden in den letzten Jahren deutlich verschärft. Während Neubauten in den 70er Jahren einen Wärmebedarf von über $700 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ (entspricht rund 22 Liter Heizöl pro m^2) auswiesen, wurden die Anforderungen an Neubauten schrittweise reduziert (vgl. Figur 10). Ein Neubau nach den neuen Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich von 2008 (MuKE 2008) verbraucht im Vergleich zu einem Neubau aus dem Jahr 1975 rund viereinhalb Mal weniger Energie.

«Energiebedarf von Neubauten»



Quelle: AWEL 2010

Figur 10: Energiebedarf von neuen Wohnbauten

Der Standard «Minergie» liegt nochmals 20% unter den gesetzlichen Anforderungen für Neubauten.

Die gesetzlichen Anforderungen an den Energiebedarf bei umfassenden Sanierungen liegen 40% über den Anforderungen an Neubauten. Dies entspricht einem Energiebedarf von rund 6.7 Liter/m²a. Geht man davon aus, dass der gesamte Gebäudebestand nach «Minergie» saniert wird, könnte der Energiebedarf für Heizzwecke und Warmwassererzeugung von 22 Liter/m²a auf rund 5.3 Liter/m²a reduziert werden. Dies würde einer Reduktion von rund 75% entsprechen.

Die Effizienzpotenziale in der Industrie sind deutlich schwieriger abzuschätzen, da die Wärmeanwendungen vielfältiger sind als in den Wohngebäuden. Die Effizienzpotenziale liegen über alle Branchen in einer Grössenordnung von ca. 20%.

6.2 Effizienzpotenziale Elektrizität

In der Studie «Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich, Grundlagen für wettbewerbliche Ausschreibungen», die von econcept und INFRAS im Auftrag des BFE gemeinsam erarbeitet wurde (econcept 2009a), wurde das Stromeffizienzpotenzial im Haushaltssektor auf 42%, im Dienstleistungssektor auf 43%, im Industriebereich auf 23% und im Verkehrsbereich auf 20% geschätzt.

7 Zusammenfassende Übersicht

7.1 Übersicht der Potenziale

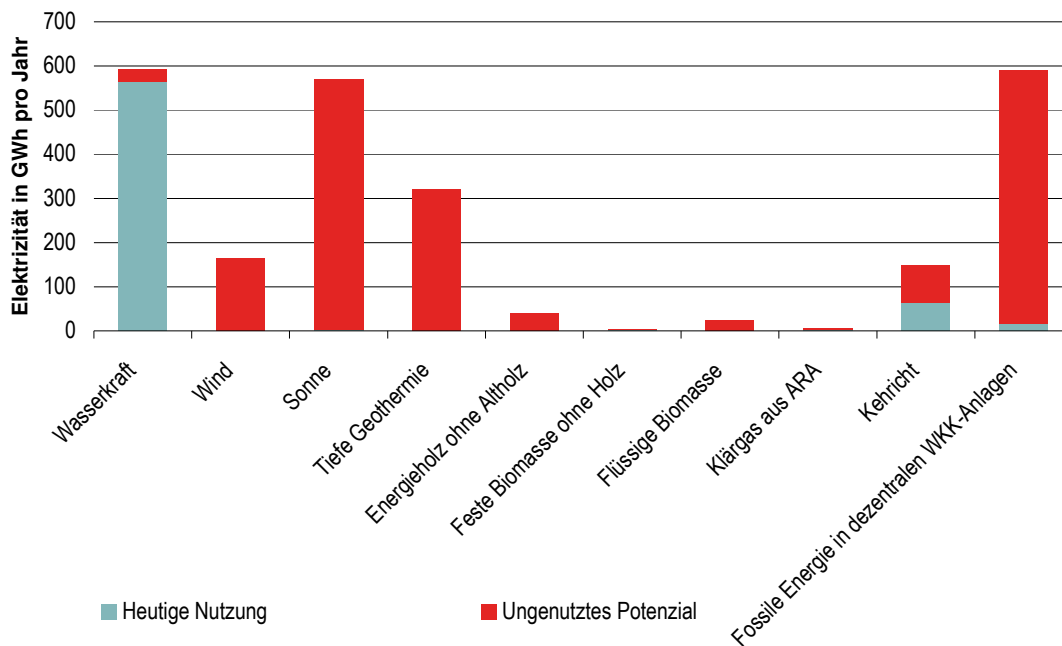
7.1.1 Übersicht Elektrizität

Tabelle 25 und Figur 11 fassen die Potenziale und die heutige Nutzung von erneuerbaren Energien und dezentralen fossilen WKK-Anlagen im Elektrizitätsbereich zusammen. Vom ökologischen Potenzial von rund 2'450 GWh/a werden rund 650 GWh/a bereits genutzt. Das ungenutzte Potenzial von rund 1'800 GWh/a setzt sich vor allem aus dezentralen fossilen WKK-Anlagen (keine erneuerbare Energie), Sonnenenergie, tiefer Geothermie und Windenergie zusammen.

Energieträger für die Elektrizitätsproduktion	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Wasserkraft	592	565	27
Windenergie	160	~0	160
Sonne	570	3	567
Tiefe Geothermie	320	0	320
Energieholz ohne Altholz	40	0	40
Feste Biomasse ohne Holz	5.2	2.7	2.5
Flüssige Biomasse	24	1.5	22.5
Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen	6	3	3
Kehricht	150	65	85
Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen	590	15	575
Summe	2'457.2	655.2	1802
Summe (gerundete Werte)	2'450	650	1'800

Tabelle 25: Übersicht Potenziale, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial der Stromproduktion

«Übersicht Potenziale, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial Elektrizität»



econcept

Figur 11: Potenziale, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial an Strom (GWh/a). Werte welche in Tabelle 25 als Bereich angegeben sind, werden gemittelt dargestellt.

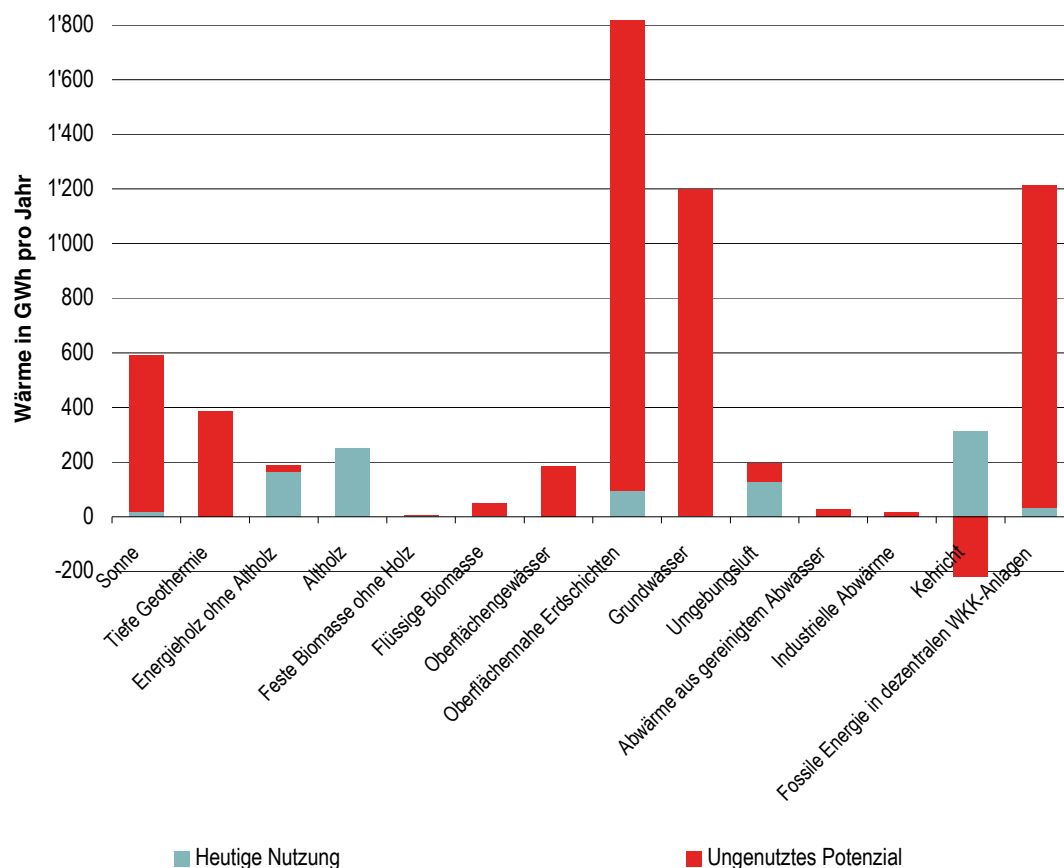
7.1.2 Übersicht Wärme

Tabelle 26 und Figur 12 fassen die Resultate im Wärmebereich zusammen. Vom ökologischen Potenzial von rund 6'200 GWh/a werden rund 1'000 GWh/a bereits genutzt. Das ungenutzte Potenzial von ca. 5'200 GWh/a setzt sich vor allem aus Erdsonden, Grundwasserwärme, dezentrale fossile WKK-Anlagen (keine erneuerbare Energie), Sonnenenergie und tiefer Geothermie zusammen.

Energieträger für die Wärmeproduktion	Ökologisches Potenzial GWh/a	Heutige Nutzung GWh/a	Ungenutztes Potenzial GWh/a
Sonnenenergie	590	17	573
Tiefe Geothermie	390	0	390
Energieholz ohne Altholz	190	165	25
Altholz	250	250	0
Feste Biomasse ohne Holz	5.8	3.0	2.8
Flüssige Biomasse	48	1.7	47
Kehricht	80	310	-230
Oberflächengewässer	185	0	185
Oberflächennahe Erdschichten	1'840	95	1'745
Umgebungsluft	195	125	70
Grundwasser	1'200	3	1'197
Abwärme aus gereinigtem Abwasser von ARA	25	0	25
Industrielle Abwärme	15	0	15
Fossile Energie in dezentralen WKK-Anlagen	1'180	30	1'150
Summe	6'194	1'000	5'195
Summe (gerundete Werte)	6'200	1'000	5'200

Tabelle 26: Übersicht Potenziale, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial der Wärmeproduktion

«Übersicht Potenziale, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial Wärme»



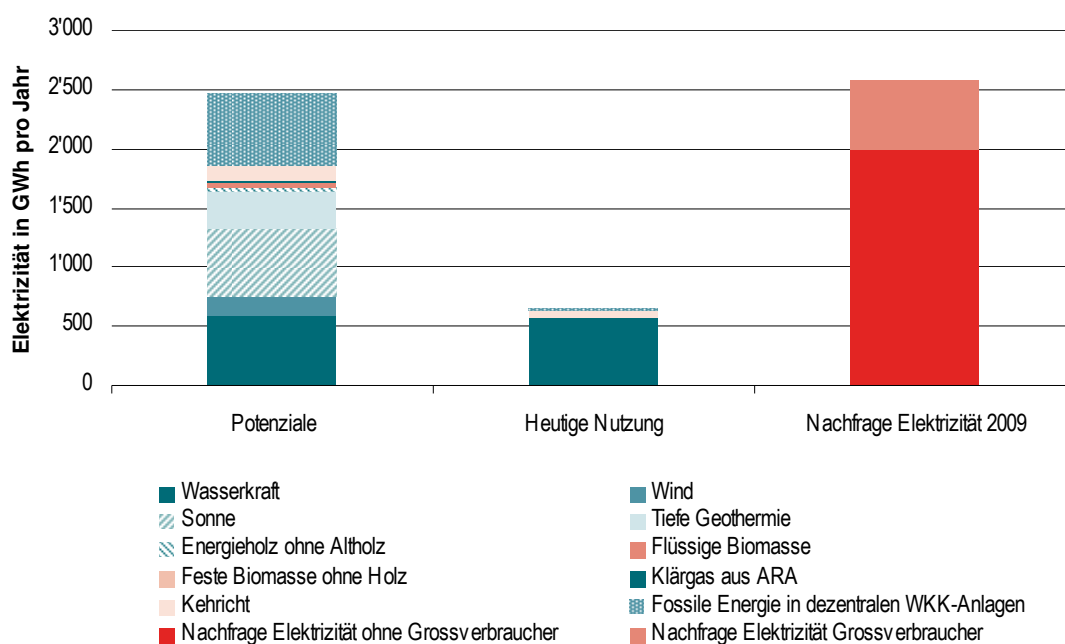
Figur 12: Potenziale, heutige Nutzung und ungenutztes Potenzial an Wärme (GWh/a).

7.2 Vergleich von Potenzialen und Nachfrage

7.2.1 Vergleich Elektrizität

Im folgenden werden die Potenziale der Elektrizitätsproduktion und die Elektrizitätsnachfrage verglichen. Die Elektrizitätsnachfrage im Jahr 2009 betrug im Kanton Solothurn gemäss ECORegion 2'590 GWh. Das Potenzial der Elektrizitätsproduktion (2'450 GWh/a) ist annähernd gleich gross wie die Nachfrage nach Elektrizität. Die detaillierten Zahlen sind in Tabelle 25 aufgelistet.

«Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der Elektrizitätsnachfrage»



econcept

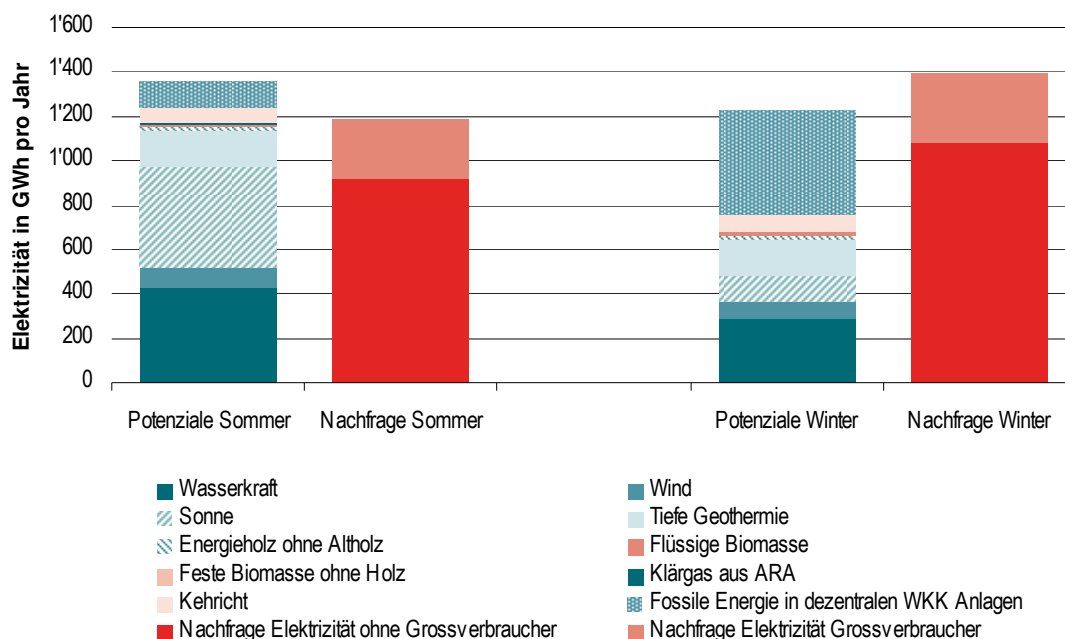
Figur 13: Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der Elektrizitätsnachfrage

Das Potenzial von Geothermie ist relativ unsicher, da lediglich erste grobe Schätzungen vorliegen. Die Elektrizitätsproduktion mittels Windenergie und Photovoltaik unterliegt Schwankungen, welche von Wind- und Sonneneinstrahlungsverhältnissen abhängen. Dezentrale fossile WKK-Anlagen werden vor allem im Winter betrieben und würden daher im Sommer weniger Elektrizität liefern.

Betrachtet man die saisonale Verfügbarkeit der Potenziale und der Nachfrage ergibt sich ein leicht anderes Bild. Gemäss der Elektrizitätsstatistik (BFE 2011a) hat sich die Nachfrage nach Strom in den letzten Jahren immer mehr ins Winterhalbjahr verschoben. So betrug der Verbrauch im Winter 2009/2010 rund 54,0% des Gesamtverbrauchs. Für das Elektrizitätsangebot nehmen wir an, dass im Winterhalbjahr bei der Wasserkraft 40% der Jahresproduktion (BFE 2011a), bei der Sonnenenergie 20 %, bei den fossilen WKK-Anlagen 80%

und bei den übrigen Energieträgern jeweils 50% anfällt. Aus diesen Aufteilungen auf das Sommer- und Winterhalbjahr ergibt sich folgender Vergleich:

«Saisonaler Vergleich der Potenziale und der Nachfrage von Elektrizität»



econcept

Figur 14: Vergleich der saisonalen Verfügbarkeit der Potenziale und der heutigen Elektrizitätsnachfrage

Während im Sommerhalbjahr die ausgewiesenen Potenziale die Nachfrage übersteigen, zeichnet sich für das Winterhalbjahr eine grössere Nachfrage als die lokal verfügbaren Potenziale an erneuerbarer Energie und Stromerzeugung in fossilen, dezentralen WKK-Anlagen ab. Diese Übersicht berücksichtigt die Summe der Energiemengen und damit keine tageszeitlichen Schwankungen und keine Spitzenlasten.

Ein weiteres Potenzial weisen Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich auf. Wendet man die unter Kapitel 6.2 erwähnten Effizienzmassnahmen auf den Elektrizitätsbedarf im Kanton Solothurn an, so sind wesentliche Reduktionen möglich (siehe Tabelle 27).

Sektor	Elektrizitätsbedarf in GWh/a	Effizienzpotenzial (%)	Effizienzpotenzial GWh/a
Wirtschaft	1'300	33%	430
Haushalte	600	42%	250
Verkehr	100	20%	20
Grossverbraucher	590	23%	140
Summe	2'590	32%	840

Tabelle 27: Elektrizitätsbedarf nach Sektoren mit entsprechenden Effizienzpotenzialen

In einer ersten Näherung kann ausgesagt werden, dass das lokale Potenzial der Elektrizitätsproduktion inklusive dem Potenzial für dezentrale WKK-Anlagen die heutige Elektri-

tätsnachfrage unter Ausschöpfung der Effizienzpotenziale ganzjährig sowie im Winter- und Sommerhalbjahr decken kann.

Betrachtet man die zukünftige Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage so ist neben der allgemeinen Entwicklung der Elektrizitätsnachfrage auch der zusätzliche Elektrizitätsbedarf durch die Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen zu berücksichtigen. Die ungenutzten Potenziale der Umgebungswärme betragen rund 3'200 GWh/a, wovon rund 2'500 GWh/a nötig sind, um den Wärmebedarf ohne Grossverbraucher vollständig zu decken. Unter Berücksichtigung von zukünftig effizienteren Wärmepumpen mit einem Jahreswirkungsgrad (Verhältnis von produzierter Wärme zu Elektrizitätseinsatz) von ca. 5 würde sich der Elektrizitätsbedarf durch die Wärmepumpen um maximale 500 GWh/a (20%) erhöhen. Dies jedoch nur unter der Voraussetzung, dass andere Potenziale, wie beispielsweise Sonnenenergie, nicht genutzt würden. Mit dieser Umstellung der Wärmeversorgung der Gebäude auf Umweltwärme würden gleichzeitig bestehende Elektrodirektheizungen im Umfang von rund 6% des gesamten Elektrizitätsbedarfes³ ersetzt werden. Die maximale Zunahme des Elektrizitätsbedarfes durch die vollständige Nutzung der Umweltwärme würde ca. 14% des heutigen Elektrizitätsbedarfes betragen. Diese Werte sind in den Figuren 9, 10 und 11 nicht enthalten.

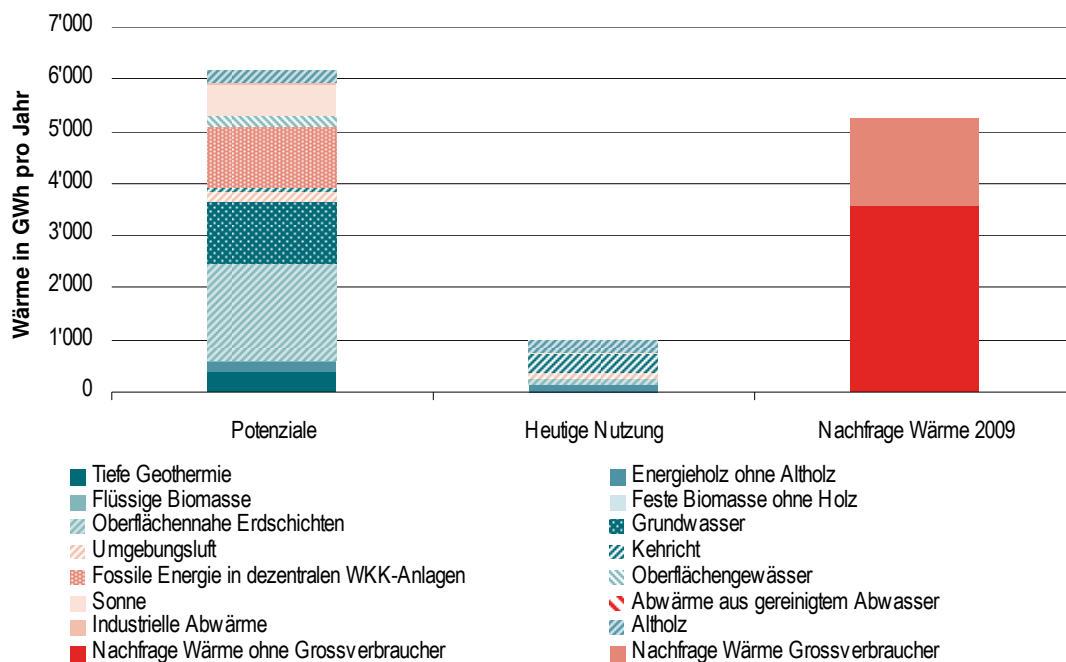
7.2.2 Vergleich Wärme

Im folgenden werden das Angebot und die Nachfrage der Wärmeproduktion verglichen. Das Angebot besteht aus der heutigen Nutzung an erneuerbaren Energien, Kehrlichtverbrennung und dezentralen fossilen WKK Anlagen und deren Potenzialen als zukünftiges Angebot. Die Zahlen sind in Tabelle 26 aufgelistet.

Die Nachfrage stellt den in Figur 8 gezeigten Wärmeverbrauch des Kanton Solothurns dar (5'242 GWh/a) aufgeteilt in Nachfrage an Wärme ohne Grossverbraucher (3'590 GWh/a) und in Nachfrage der Grossverbraucher (1'650 GWh/a).

³ Der Elektrizitätsbedarf der Schweiz für Direktheizungen beträgt zwischen 6% und 12%. Für den Kanton Solothurn mit wenigen temporär bewohnten Gebäuden wie z.B. Ferienhäuser wird ein eher tiefer Wert angenommen.

«Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der Nachfrage von Wärme»



econcept

Figur 15: Vergleich der Potenziale, der heutigen Nutzung und der heutigen Wärmenachfrage

Die Nachfrage an Wärme ist rund 1000 GWh/a tiefer als das Potenzial von 6'200 GWh/a. Somit können die Potenziale an erneuerbaren Energien, Abwärme und dezentralen fossilen WKK-Anlagen die Wärmenachfrage im Kanton Solothurn vollständig decken. Grossverbraucher benötigen meist ein Temperaturniveau der Wärme, welche nicht mittels Abwärme und oder Wärmepumpen erzeugt werden kann. Die Potenziale an erneuerbaren Energien, Abwärme und fossiler dezentraler WKK-Anlagen von rund 6'200 GWh/a übersteigen die Wärmenachfrage ohne Grossverbraucher von 3'600 GWh/a deutlich.

Laut Kapitel 7.1.2 wäre dank Minergiestandards bei Wohn- und Dienstleistungsbauten eine 75% Reduktion von Heiz- und Warmwassererzeugungsenergie im Gebäudebereich möglich. Im Kanton Solothurn ist der hohe Anteil des Wärmebedarfs der Industrie (siehe Figur 8) zu berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

- AWEL (2010): Energieplanungsbericht des Kantons Zürich, AWEL, Zürich, 2010
- Amt für Raumplanung (2008):
Anpassung des kantonalen Richtplans: VE-2.6 Windenergie / Gebiete in Windparks (Öffentliche Auflage), Amt für Raumplanung des Kanton Solothurn, 2008.
- BFE (2006): Potenzial des Solarstroms in der Gemeinde. S. Nowak und M. Gutschner; Bundesamt für Energie BFE und Nowak Energie und Technologie. St. Ursen/Bern, 2006.
- BFE (2010) Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz, Stand 1.1.2010, Bundesamt für Energie, Bern 2010
- BFE (2011): Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2010 – Vorabzug, Bundesamt für Energie, Bern 2011.
- BFE (2011a): Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010, Bundesamt für Energie, Bern 2011.
- econcept (2007): Potenzial erneuerbarer Energien in grösseren fossilen Feuerungen. R. Dettli, M. Baur, D. Philippen (econcept), M. Kernen (Planair SA) im Auftrag des BFE, Januar 2007.
- econcept (2009a): Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich. Grundlagen für Wettbewerbliche Ausschreibungen. R. Dettli, D. Philippen (econcept), S. Hammer, F. Moret (INFRAS) im Auftrag des BFE, Oktober 2009.
- econcept (2009b): Grundlagen für die Energiepolitik der Gemeinde Kilchberg. G. Klingler, M. Bättig, M. Lothar, Dezember 2009.
- econcept (2011): Erneuerbare Energien im Kanton Zug: Stand heute und Perspektiven 2030. R. Dettli, N. Rom, M. Kosch, Januar 2011.
- Energie Dialog Schweiz (2009):
Energie-Strategie 2050 – Impulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht. Zürich.
- Frei und Hawkins (2004): Solarthermie – wie weiter? Teil 1: Nutzungsmöglichkeiten und Potenzial, U. Frei und A. Hawkins in HK-GEBÄUDETECHNIK 2 – 04.
- Frischknecht und Tuchschnid (2008):
Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. Dr. Rolf Frischknecht und Matthias Tuchschnid, ESU-Services GmbH, Uster.

IWK – Integrierte Wärme und Kraft AG 2009:

URL:http://www.iwk.ch/attachments/144_Kompogasanlage%20in%20Oensingen.pdf [Stand: 2.8.2011]

Kanton Solothurn (2009):

Umweltdaten 2009. Amt für Umwelt (AFU), Kanton Solothurn, 2009.

Kanton Solothurn (2011):

Kanton Solothurn in Zahlen. Amt für Finanzen, Kanton Solothurn, 2011.

Kaufmann + Bader GmbH (2010):

Holzenergiekonzept Aktualisierung 2009. Kaufmann + Bader GmbH im Auftrag von Amt für Wirtschaft und Arbeit und Amt für Wald, Jagd und Fischerei Kanton Solothurn, März 2010.

KEBAG (2011): Jahresbericht 2010, Kehrlichtbeseitigungs AG (KEBAG), 2011.

KohleNusbaumer (2008):

Windenergiepotenzialstudie für den Kanton Solothurn, KohleNusbaumer im Auftrag des Kanton Solothurn, Amt für Raumplanung, 2008.

Kompogas AG Kompost und Energie 2011:

URL:

http://www.biomasseenergie.ch/Portals/0/1_de/01_Wie_produzieren/Pdf/IB_Kompogasanlage-Oensingen_Web.pdf [Stand: 3.8.2011]

L. Reissig und S. Mann (2010):

Das Potenzial erneuerbare Energien im Kanton Solothurn (Bio-, Holz-, Solar- und Windenergie) Abschlussbericht, L. Reissig und S. Mann im Auftrag des Kanton Solothurn, Amt für Landschaft, Amt für Wald, Wild und Fischerei, Amt für Wirtschaft und Arbeit (Abt. Energiefachstelle), Juni 2010.

MuKE n (2008): Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE n), Konferenz Kantonaler Energiedirektoren (EnDK), 2008.

Notter (2011): Energiepotenziale Kanton Solothurn – Zusammenstellung Schätzungen, Daten und Berichte für Firma econcept, Amt für Umwelt Kanton Solothurn (AFU), 2011.

Software ECORegion Pro mit KVV-Projektdate n 2009 [Stand 27.7.2011].

Anhang

A-1 Vergleich der Umweltwirkungen verschiedener Elektrizitätserzeugungstechnologien

Technologie	Ökologische Knappheit	Treibhauspotenzial	Primärenergieverbrauch, nicht erneuerbar
	[UBP 06/kWh]	[g CO ₂ -eq/kWh]	[kWh _{eq} /kWh]
Wasserkraftwerk	63	11	0.04
Erdgaskombikraftwerk GuD	269	486	2.34
Kehrichtverbrennungsanlage	53	7	0.02
Blockheizkraftwerk Biogas	221	187	0.16
Kohlekraftwerk	634	1'238	3.89
Kernkraftwerk	294*	18	4.07
Photovoltaikanlage	192	90	0.4
Windkraftwerk	98	29	0.11
Pumpspeicherkraftwerk (CH-Verbrauchsmix)	612	198	3.6
CH-Verbrauchsmix	444	155	2.53
EU-Strommix (UCTE)	647	594	3.32

Tabelle 28: Daten des Vergleichs verschiedener Energieerzeugungstechnologien (Quelle: Frischknecht und Tuchschnid (2008); ecoinvent data v2.01, Systemgrenze: Elektrizitätsbezug via Netz, d.h. alle Prozesse bis zur Abgabe der Einheit an das Niederspannungsverteilnetz des Hauses).

* Der dargestellte Wert von 294 UB/kWh KKW-Strom stellt die Situation nach aktuellem Stand der Bundesratsentscheide bei vollständig lösbarer Endlagerung der radioaktiven Abfälle dar (Entsorgungsnachweis gilt als erbracht und der Sachplan geologische Tiefenlager ist in Kraft). Die Anwendung der UBP-Methodik nach Frischknecht und Tuchschnid (2008) sieht die Endlagerfrage zum heutigen Zeitpunkt erst als halb gelöst an und weist deswegen einen höheren Wert aus 555 UB/kWh.

Technologie / Stromprodukt	Standort	Anlagentyp	Energie-nutzungsgrad	Zeitliche Verfügbarkeit
Wasserkraftwerk	Schweiz	Durchschnitt Anlagenpark Lauf- und Speicherkraftwerke, Kapazität: 0.5-1200 MW	80-82 %	Band-/ Spitzenenergie
Erdgaskombikraftwerk GuD	Westeuropa	Aktuelle GuD-Technologie, Kapazität: 400 MW	57.5 %	Band-/ Spitzenenergie
Gasturbinenkraftwerk	Westeuropa	Klemme Kraftwerk, aktuelle Technologie, Kapazität: 400 MW	40%	Band-/ Spitzenenergie
Kehrichtverbrennungsanlage	Schweiz	Durchschnittliche Energienutzung Schweizer KVA; Kapazität: 48 MWth	8.6 % ^{elektrisch} 18.4 % ^{thermisch}	Bandenergie
Blockheizkraftwerk Biogas	Schweiz	Lambda Motor mit katalytischem Konverter, Kapazität: 160 kW; landwirtschaftliche Anlage mit Abdeckung	33 % ^{elektrisch} 54 % ^{thermisch}	Bandenergie
Kohlekraftwerk	Deutschland	Aktueller Durchschnitt Kraftwerkpark (Steinkohle), Kapazität: 500 MW	35.9 %	Bandenergie
Kernkraftwerk	Schweiz	Druck- und Siedwasserreaktoren, Kapazität: 350-1000 MW	31 %	Bandenergie
Photovoltaikanlage	Schweiz	Durchschnitt Anlagenpark (verschiedene Technologien), Kapazität: 3 kW	6.5-14 %	Unregelmässig (wetter- und saisonbedingt)
Windkraftwerk	Schweiz	Durchschnitt Windpark, Kapazität: 30-800 kW	25 %	Unregelmässig (wetterbedingt)

Tabelle 29: Auswahl und Charakterisierung der zu vergleichenden Technologien und der zeitlichen Verfügbarkeit der produzierten Energie

Quelle: Frischknecht und Tuchschnid (2008) auf Basis von ecoinvent data v2.01