

Arbeitsgruppe Energiezukunft

Grundlagen für eine «Strategie Energiezukunft» im Knonauer Amt

Schlussbericht
18. März 2010

1018_be_schlussbericht_v4.doc



Besten Dank an die Partner, welche diese Studie ermöglichten



Erarbeitet durch

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

AutorInnen

Michèle Bättig, Dr. sc. ETH, dipl. Umwelt-Natw. ETH
Georg Klingler, dipl. Umwelt-Natw. ETH

Dateiname: 1018_be_schlussbericht_v4.doc Speicherdatum: 18. März 2010

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Fragestellung	1
1.2	Berichtsaufbau	1
2	Energieverbrauch heute und im Jahr 2050	3
2.1	Energieverbrauch heute	3
2.1.1	Wärmeverbrauch	4
2.1.2	Stromverbrauch	8
2.2	Geschätzte Energienachfrage bis im Jahr 2050	9
2.2.1	Referenzszenario gemäss Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich	9
2.2.2	Anwendung des Referenzszenarios auf das Knonauer Amt	11
3	Potenzial an erneuerbaren Energien und Energieeffizienz	14
3.1	Potenzial an erneuerbaren Energien	14
3.1.1	Erneuerbare Wärme und Abwärme	16
3.1.2	Erneuerbarer Strom	20
3.2	Energieeffizienzpotenzial	22
3.2.1	Effizienzpotenzial im Gebäudebereich	22
3.2.2	Effizienzpotenzial in der Nutzung der Elektrizität	23
3.2.3	Effizienzpotenziale im Mobilitätssektor	24
4	Grundlagen für eine Umsetzungsstrategie und energiepolitische Massnahmen	25
4.1	Vergleich der Potenziale mit der Energienachfrage heute, 2035 und 2050	25
4.2	Erkenntnisse aus anderen Energieregionen	28
4.3	Eckwerte einer möglichen Strategie Energiezukunft Knonauer Amt	29
4.3.1	Vorschlag: Leitbild und Ziele Strategie Energiezukunft Knonauer Amt	30
4.3.2	Vorschlag: Energie- und klimapolitische Massnahmen	31
	Literatur	35

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Fragestellung

Im Oktober 2008 wurde die Idee der «Energiregion Knonauer Amt» von verschiedenen Akteuren im Knonauer Amt aufgegriffen und konkretisiert. In der Zwischenzeit wird die Initiative durch eine breite Trägerschaft¹ unterstützt, die sich in der Arbeitsgruppe «Energiezukunft» zusammengeschlossen hat. Eines der Ziele dieser Initiative ist es, den Energiebedarf im Knonauer Amt langfristig durch einen möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energien aus der Region zu decken. Dies soll einerseits durch die Förderung der Energieeffizienz (bzw. eine Reduktion des Energiebedarfs) und andererseits durch eine breite Nutzung der vorhandenen, erneuerbaren Energiequellen wie Holz, Sonne, Wind, Geothermie, Wasser etc. erreicht werden.

Als Basis zur konkreten Ausgestaltung dieses Ziels – den Energiebedarf im Knonauer Amt langfristig durch einen möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energien aus der Region zu decken – will die Arbeitsgruppe Energiezukunft für die Region folgende Fragen beantwortet haben:

- Wie viel Energie (Wärme und Strom) wird heute im Knonauer Amt nachgefragt? Wie wird diese Energie produziert (erneuerbarer Anteil aus der Region)? Mit welcher Entwicklung ist zukünftig zu rechnen?
- Über welches Potenzial an erneuerbaren Energien, differenziert nach Abwärme, Biomasse, Sonne, Wind und Umweltwärme verfügt das Knonauer Amt?
- Über welches Effizienzpotenzial verfügt das Knonauer Amt?
- Welcher Anteil der Energienachfrage könnte in Zukunft durch erneuerbare Energien gedeckt werden?
- Wie können die regionalen Ziele auf Ebene der Gemeinden erreicht werden? Welche Massnahmen müssten dafür umgesetzt werden?

Der vorliegende Bericht fasst die Antworten auf obige Fragen zusammen.

1.2 Berichtsaufbau

Der Bericht gliedert sich in folgende Kapitel:

- Das nachfolgende Kapitel 2 gibt einen Überblick des Energieverbrauchs heute im Knonauer Amt mit Fokus auf die beiden Bereiche Wärme und Strom. Ebenfalls wird

¹ Zur Trägerschaft gehören: AGIR AG, Mobiliar Versicherungen General Agentur a.A., Zürcher Kantonalbank – Filiale Affoltern am Albis, Gewerbeverband des Bezirks Affoltern, Arbeitgeberverband Bezirk Affoltern, FDP Bezirk Affoltern und Standortförderung Knonauer Amt.

der Energieverbrauchs bis ins Jahr 2050 geschätzt, der die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung der Energienachfrage bei einer stabilen energiepolitischen Entwicklung abbildet.

- Kapitel 3 zeigt die Potenziale an erneuerbaren Energien und Energieeffizienz für das Knonauer Amt auf. Auch hier liegt der Fokus auf den Bereichen Wärme und Abwärme sowie Elektrizität.
- Kapitel 4 bildet schliesslich die Grundlage für eine Umsetzungsstrategie Energiezukunft im Knonauer Amt. Im ersten Teil werden die beiden Szenarien der Energienachfrage für die Jahre 2035 und 2050 den Potenzialen an erneuerbaren Energien gegenübergestellt. Im zweiten Teil werden Erkenntnisse aus anderen erfolgreichen Energieregionen diskutiert. Darauf basierend werden im dritten Teil Eckwerte einer möglichen Strategie Energiezukunft Knonauer Amt entwickelt sowie Massnahmen zu deren konkreten Umsetzung vorgeschlagen.

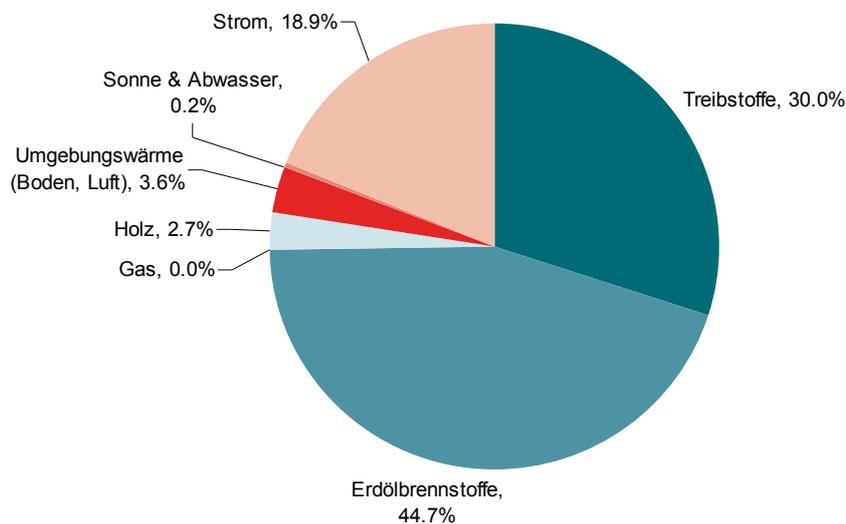
2 Energieverbrauch heute und im Jahr 2050

Im vorliegenden Kapitel wird der heutige Energieverbrauch sowie der geschätzte Energieverbrauch im Jahr 2050 für das Knonauer Amt beschrieben.

2.1 Energieverbrauch heute

Die nachfolgende Grafik zeigt den heutigen Energieverbrauch im Knonauer Amt nach Energieträger aufgeteilt.

Gesamter Endverbrauch an Energieträgern im Knonauer Amt 2007 Verbrauch total: 1'175 GWh



econcept

Figur 1: Gesamter Energieverbrauch im Knonauer Amt im Jahr 2007 (Quellenangaben im nachfolgenden Text).

Es zeigt sich, dass der gesamte Energieverbrauch im Jahr 2007 im Knonauer Amt zu 45% durch Erdölbrennstoffe, zu 30% durch Treibstoffe und rund 19% durch Strom gedeckt wurde. Der Energieträger Gas wurde bis ins Jahr 2007 nicht genutzt. Wärme wird zu 6.5% aus erneuerbaren Energieträgern wie Holz, Umgebungswärme, Sonne und Abwasser genutzt.

In der vorliegenden Studie wird der Fokus auf die beiden Bereiche Wärme und Strom gelegt. Dabei wurden detaillierte Daten für die heutige Energienachfrage erhoben. Die nachfolgende Tabelle zeigt im Überblick die Primärenergiequellen, Endenergieträger und die jeweiligen Verwendungszwecke für Wärme und Strom. Zusätzlich sind die Datenquellen der Endenergieverbräuche angegeben.

Primärenergiequellen	Endenergieträger	Datenquellen	Verwendungszweck im Untersuchungsgebiet			
Fossile Energieträger: Erdöl, Erdgas und Kohle	Heizöl EL	Daten gemäss Gemeindedatenblätter 2005 für das Knonauer Amt (AWEL 2007c).	Wärme: Raumwärme und Warmwasser, Prozesswärme			
	Erdgas	Daten gemäss GIS-Browser des Kantons Zürich (ARV 2009).				
Kernbrennstoffe	Strom aus fossilen Quellen	Daten gemäss GIS-Browser des Kantons Zürich (ARV 2009), der EKZ, Axpo Kompogas AG sowie AWEL, Kanton Zürich.	Strom: Licht, Geräte und Haustechnik, WP, teilw. Widerstandsheizungen, Antriebe und Strassenbeleuchtung			
	Strom aus Atomkraft					
	Strom aus Wasserkraft					
	Strom aus Photovoltaik					
	Strom aus Windkraft					
	Strom aus Biomasse (Holz, Biogas) und Abfall					
	Erneuerbare Energieträger (inkl. Abwärme)			Wärme aus Biomasse (Holz und Biogas)	<i>Holz, Umgebungswärme:</i> Daten gemäss GIS-Browser, Kanton Zürich (ARV 2009) sowie IGE Knonauer Amt. <i>Biomasse:</i> Daten gemäss Axpo Kompogas AG. <i>Sonne:</i> Abschätzungen gemäss Daten Gesamtenergiestatistik 2008 (BFE 2009) <i>Abfall und Abwasser:</i> Daten gemäss Energieplanungsbericht 2006 (AWEL 2007a), AWEL und Gde Bonstetten. <i>Abwärme aus industriellen Prozessen:</i> Angaben der industriellen Betriebe.	Wärme: Raumwärme und Warmwasser; Prozesswärme
				Wärme von Sonnenenergie		
				Nutzung von Umweltwärme		
				Wärme aus Abfall und Abwasser		
Abwärme aus industriellen Prozessen						
Graue Energie	Die für die Produktion von Dienstleistungen und Konsumgüter aufgewendete Energie wird für das Knonauer Amt nicht ausgewiesen.					

Tabelle 1: Primärenergiequellen, Energieträger und verwendeten Datenquellen für den heutigen Energieverbrauch im Knonauer Amt.

In den beiden nachfolgenden Kapiteln wird der heutige Wärme- und Stromverbrauch für das Knonauer Amt detailliert beschreiben.

Die Abschätzungen zu den Treibstoffen beruhen auf den Energiedaten des Kantons Zürich (AWEL 2007b). Darin wird der Treibstoffanteil (inkl. Luftverkehr) am Gesamtenergieverbrauch des Kantons mit 30% ausgewiesen. Dieser prozentuale Anteil wird für das Jahr 2007 für das Knonauer Amt übernommen.

2.1.1 Wärmeverbrauch

Erdölbrennstoff

Der Erdölverbrauch wird in der Schweiz basierend auf den Einkäufen, der Veränderung beim Lagerbestand etc. erhoben. Somit liegen die Daten auf eidgenössischer Ebene in der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik 2008 (BFE 2009) vor. Daraus ergeben sich für den Verbrauch an Erdölbrennstoffen im Knonauer Amt zwei Möglichkeiten der Abschätzungen: Einerseits über den schweizerischen pro Kopf Verbrauch und andererseits über die Angaben in den Gemeindedatenblättern 2005 des Knonauer Amtes (AWEL 2007c), in welcher der Erdölverbrauch an die regionalen Rahmenbedingungen angepasst wurde. Da im Knonauer Amt bis 2007 kein Erdgas verbraucht wurde, kann davon ausgegangen werden, dass der Erdöl-Absatz über dem Schweizer Durchschnitt liegt. Diese

Situation wurde in den Gemeindedatenblätter berücksichtigt, weshalb diese Zahlen als Basis verwendet werden. Wir gehen davon aus, dass sich zwischen 2005 und 2007 keine wesentlichen Änderungen im Erdöl-Absatz ergeben haben. Es zeigt sich, dass der Verbrauch an Erdölbrennstoff mit 525 GWh bzw. 45% am Gesamtenergieverbrauch relativ hoch liegt.

Erdgas

Der Gasverbrauch kann im kantonalen GIS-Browser (ARV 2009) auf Ebene der Gemeinden für das Jahr 2007 abgefragt werden. Im Knonauer Amt wurde im Jahr 2007 kein Erdgas bezogen. Aktuell ist jedoch im Knonauer Amt ein Gasnetz am Entstehen: Eine Leitung wurde von den Wasserwerken Zug erstellt, die die Gemeinden Affoltern am Albis, Knonau, Mettmenstetten, Obfelden und Ottenbach mit Erdgas versorgt (geschätzter Gasverbrauch im Jahr 2010 rund 12-13 GWh). Die Gemeinden nördlich von Affoltern werden durch die Erdgas Zürich betreut.

Der bis 2007 tiefe Gasverbrauch kennzeichnet das Knonauer Amt im Vergleich zum restlichen Kanton aus: Der Gasverbrauch im gesamten Kanton Zürich betrug im Jahr 2005 rund 15% des gesamten Energieverbrauchs. Im Sinne der Zielsetzung der vorliegenden Studie – den Energiebedarf im Knonauer Amt langfristig durch einen möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energien aus der Region zu decken – sollte die aktuelle Gasversorgungssituation im Bezirk möglichst beibehalten und der Ausbau des Gasnetzes nicht vorangetrieben werden.

Wärme aus Holz

Die Holzwärmenutzung im Jahr 2007 wird auf Ebene der einzelnen Gemeinden im kantonalen GIS-Browser (ARV 2009) ausgewiesen. Aufgrund der installierten Leistung von Holzfeuerungen und unter der Annahme von durchschnittlich 1'500 Leistungsstunden pro Jahr, ergibt sich für das Knonauer Amt eine Holzenergienutzung von rund 31'600 MWh im Jahr 2007. Die Zahlen decken sich mit den Angaben der Interessengemeinschaft Energieholz Knonaueramt (IGE), welche rund 80% des genutzten Holzes im Amt zur Verfügung stellt (was rund 30'000 Sm³ pro Jahr entspricht).

Gemäss der Interessengemeinschaft Energieholz Knonaueramt (Angaben: Walter Rost, Präsident IGE) werden in der Region seit über 15 Jahren intensive Anstrengungen zur Nutzung der lokal verfügbaren Holzenergieressourcen vorgenommen. Unter anderem hätten die steigenden Ölpreise dazu geführt, den Prozess zu einem erfreulichen Abschluss zu bringen: Das verfügbare Potenzial sei heute mehrheitlich genutzt. Bei einigen Holzenergie-Nahwärmeverbunden sei noch eine Erweiterung und Netzverdichtung geplant. Nebst den Nahwärmeverbunden gäbe es eine Vielzahl von kleineren Holzschneitzelheizungen. Zur Sicherstellung der Versorgung sei man bereits auf die Zusammenarbeit mit Holzproduzenten aus angrenzenden Regionen und Verträgen mit Holz-Unternehmen aus entfernteren Gebieten angewiesen.

Wärme aus weiteren Biomassefraktionen

Seit dem Jahr 2006 wird in Ottenbach von der Axpo Kompogas AG eine Biogasanlage betrieben, welche jährlich rund 16'000 Tonnen Biomasse vergärt². Gemäss Angaben von Vinzent Schild (Business Development, Axpo Kompogas AG) werden aus den biogenen Abfällen der Region rund 1.7 Mio. m³ Biogas produziert, welche in einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt werden. Dabei werden rund 2 GWh elektrische Energie produziert, die Wärme wird grösstenteils im internen Prozess verwendet. Eine externe Wärmenutzung konnte nicht realisiert werden, da keine optimalen Wärmebezügler in der Umgebung der Anlage vorhanden sind. Von den 16'000 Tonnen verwertete Biomasse stammen rund die Hälfte aus dem Knonauer Amt, die andere Hälfte aus Gemeinden ausserhalb. Somit kann rund die Hälfte der produzierten Energie dem Knonauer Amt kann «gutgeschrieben» werden. Da die Wärme zurzeit als Prozesswärme in der Anlage selbst genutzt wird, steht sie im Knonauer Amt nicht weiter zur Verfügung.

Wärme aus Sonnenenergie

Die Wärmenutzung mittels Sonnenkollektoren wird basierend auf den Daten der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik 2008 (BFE 2009) abgeschätzt. Wir gehen von der Annahme aus, dass der schweizerische pro Kopfverbrauch in etwa dem pro Kopfverbrauch im Knonauer Amt entspricht. Dies ergibt für den gesamten Bezirk rund 1.9 GWh pro Jahr. Da das Knonauer Amt mit der Ernst Schweizer AG über eine lokal gut verankerte Produzentin von Sonnenkollektoren verfügt, kann davon ausgegangen werden, dass diese Schätzung eher zu tief liegt.

Wärme aus der Umwelt (Boden, Wasser, Luft)

Die Wärmenutzung mittels Erdwärmesonden im Jahr 2007 wird auf Ebene der einzelnen Gemeinden im kantonalen GIS-Browser (ARV 2009) ausgewiesen. Wir gehen davon aus, dass zusätzlich etwa dieselbe Menge an Umweltwärme über Luftwärmepumpen genutzt wird. Die genutzte Menge an Umweltwärme (Boden und Luft) entspricht somit rund 42 GWh pro Jahr.

Da das Knonauer Amt über keine nutzbaren Gewässer verfügt, entfällt die Nutzung von See- oder Flusswärme.

Wärme aus Abfall und Abwasser

Im Knonauer Amt wird keine Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) betrieben, weshalb keine entsprechende Abwärme genutzt werden kann.

Für die Reinigung der Abwässer sind im Knonauer Amt zurzeit sieben Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in Betrieb. Die Gemeinden Bonstetten, Wettswil, Stallikon und teilweise Aeugst a.A. leiten ihre Abwässer in die ARA Birmensdorf. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Anlagen und deren heutige Abwärmenutzung gemäss Energieplanungsbericht 2006 (AWEL 2007a), weiterer Angaben des Kantons (Daniel Rensch, Abteilung Gewässerschutz, Sektion Abwasserreinigungsanlagen, AWEL) und zur Gemeinde Bonstetten (Auskunft Herr Wehrli, EKZ Contracting).

² <http://www.axpo-kompogas.ch/index.php?path=produkte/anlagenbau/referenzen/schweiz/97>

Standort der Anlage	Genutzte Abwärme MWh	An die ARA angeschlossene Gemeinden
ARA Affoltern a.A.	0	Affoltern a.A. Aeugst a.A. Hedingen Mettmenstetten Rifferswil ab Ende 2010 teilw. Mettmenstetten ab Ende 2010
ARA Knonau	0	Knonau Mettmenstetten Kappel a.A.
ARA Obfelden	0	Obfelden Maschwanden ab Ende 2010
ARA Ottenbach	0	Ottenbach Jonen (Kt. AG)
ARA Hausen	0	Hausen
ARA Maschwanden	0	Maschwanden
ARA Rifferswil	0	Rifferswil teilw. Mettmenstetten
Kanalabwärme in den Gemeinden Bonstetten, Wettswil, Stallikon und Aeugst a.A.	300 Im Kanal Bonstetten	<i>Anschluss an die ARA Birmensdorf:</i> Bonstetten Wettswil a.A.
Evtl. Kanalabwärme im Zufluss der ARA Affoltern a.A.	0	Stallikon Aeugst a.A. <i>Birmensdorf</i> <i>Uetikon</i> <i>Aesch b.B.</i>

Tabelle 2: Übersicht der Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und theoretisch möglicher Standorte zur Nutzung von Kanalabwärme im Knonauer Amt und der aktuell genutzten Abwärme.

Zurzeit wird in keiner der sieben regionalen ARAs die Abwärme genutzt. In der ARA Knonau sind entsprechende Projekte in Planung.

Die Abwässer der Gemeinden Bonstetten, Wettswil, Stallikon und teilweise Aeugst a.A. werden der ARA Birmensdorf zugeführt. Der Abwasserkanal beim Dorfausgang von Bonstetten führt eine genügend grosse Menge Abwasser, sodass diese im Kanal selbst genutzt werden kann. Im Jahr 2009 wurde eine Anlage zur Abwasserwärmenutzung eingebaut (Wärme für ca. 50 Wohnungen, ein Hotel und Gewerbe). Diese Anlage hat gemäss Herr Wehrli, EKZ (Verantwortlich für das Contracting der Anlage) eine Leistung von 75 kW. Damit wird das ganze Jahr Warmwasser und im Winter eine Basisleistung für die Raumwärme zur Verfügung gestellt. Es kann somit mit rund 4'000 Jahresarbeitsstunden gerechnet werden. Dies ergibt eine Wärmenutzung von rund 300 MWh.

Wärme aus industrieller Prozessabwärme

Neben der Abwärmenutzung aus der Abfallverbrennung und der Abwasserreinigung besteht auch die Möglichkeit, Abwärme aus industriellen Prozessen zu nutzen. In der Region Knonauer Amt gibt es verschiedene Betriebe, bei welchen eine Abwärmenutzung potenziell in Frage kommt. Tabelle 3 gibt einen Überblick über diejenigen Firmen, bei welchen im Rahmen der vorliegenden Arbeiten Abklärungen vorgenommen wurden, ob ein Abwärmepotenzial vorliegt und ob dieses genutzt wird.

Firma, Kontaktperson	Genutzte Abwärme
Schmidlin AG, Affoltern a.A. Herr Schmidlin, Herr Feldmann	Vorwiegend kalte Prozesse, teilweise interne Nutzung der anfallenden Abwärme
Medena AG, Affoltern a.A. Herr Sagri	Keine nutzbaren Abwärmemengen vorhanden
Albis Bettwaren AG, Affoltern a.A. Herr Vögelin	Eine interne Energieanalyse hat gezeigt, dass kein wirtschaftlich nutzbares Wärmepotenzial vorliegt
SRM Präzisionsarbeit, Affoltern a.A. Herr Rützler	Vorhandene Abwärme wird intern genutzt.
Weisbrod Zürrer AG, Hausen Herr Beyeler	Bei den neuen Anlagen wird die Abwärme zurück gewonnen und intern genutzt. Im Betrieb entsteht besonders im Sommer viel Abwärme, die jedoch eher schwierig zu nutzen ist.
Ernst Schweizer AG, Hedingen Herr Schwill	Die vorhandene Abwärme wird intern genutzt.
Schmiedewerk Stooss AG, Hedingen	Die Abwärme von 2 von 12 Ofen wird intern genutzt.
Dr. W. Kolb AG, Hedingen	Die Abwärme wird teilweise intern genutzt.
HAWA AG, Mettmenstetten Herr Kübler	Die im Betrieb erzeugte Abwärme wird im Neubau genutzt. Spitzenlast muss zusätzlich abgedeckt werden.

Tabelle 3: Industrielle Betriebe im Knonauer Amt und ihre genutzte Abwärme.

Die Auflistung in Tabelle 3 zeigt, dass heute – neben der teilweise intern genutzten Abwärme – keine Abwärme an externe Nutzer geliefert wird.

2.1.2 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch im Knonauer Amt im Jahr 2007 wird auf Ebene der einzelnen Gemeinden im kantonalen GIS-Browser (ARV 2009) ausgewiesen. Er beträgt für den gesamten Bezirk 222 GWh im Jahr 2007.

Die Angaben des EKZ (Georg Meier, Produktmanager EKZ) liegen für das Jahr 2008 etwas tiefer. Die Differenz lässt sich zu einem grossen Teil mit der Berücksichtigung des Stromverbrauchs der Bahn erklären, der in den ARV-Daten berücksichtigt ist. Wir beziehen uns, aus Gründen der Vollständigkeit, auf die ARV-Daten.

Der Verbrauch von nach TÜV oder Naturemade Star zertifiziertem Ökostrom im Knonauer Amt beträgt gemäss Angaben des EKZ rund 1.7 GWh und der Anteil Strom aus natürlicher Wasserkraft (ohne Pumpspeicherkraftwerke, nicht zertifiziert) rund 10 GWh. Dieser Strom wird von den EKZ ins Knonauer Amt geliefert, muss aber nicht in der Region produziert werden.

Stromproduktion

Im Knonauer Amt produzieren verschiedene Anlagen erneuerbaren Strom. Dieser wird ins Netz eingespielen und nach Bedarf durch die EKZ an die KundInnen verteilt. Er wird somit hier nicht zusätzlich zu den oben angegebenen Mengen Ökostrom und natürliche Wasserkraft ausgewiesen. Es handelt sich um folgende Anlagen:

- Der in der Biogasanlage Ottenbach produzierte Strom von rund 2 GWh elektrische Energie kann zu rund der Hälfte der erneuerbaren Stromproduktion des Knonauer Amtes gutgeschrieben werden (vgl. dazu auch Ausführungen im Kapitel 2.1.1).

- Im Bezirk sind zwei Wasserkraftanlagen in Betrieb: Die eine Anlage befindet sich in Affoltern a.A. und verfügt über eine Leistung von 24 Brutto-kW, die andere Anlage in Ottenbach verfügt über eine Leistung von 85 Brutto-kW (Angaben Marco Calderoni, Abteilung Wasserbau, Sektion Gewässernutzung, AWEL). Bei einer jährlichen Laufzeit von 8750 Stunden produzieren die beiden Anlagen rund 950 MWh Strom.

Der im Knonauer Amt produzierte Anteil Strom aus Sonnenenergie, Windenergie und Kleinwasserkraft ist nicht bekannt.

2.2 Geschätzte Energienachfrage bis im Jahr 2050

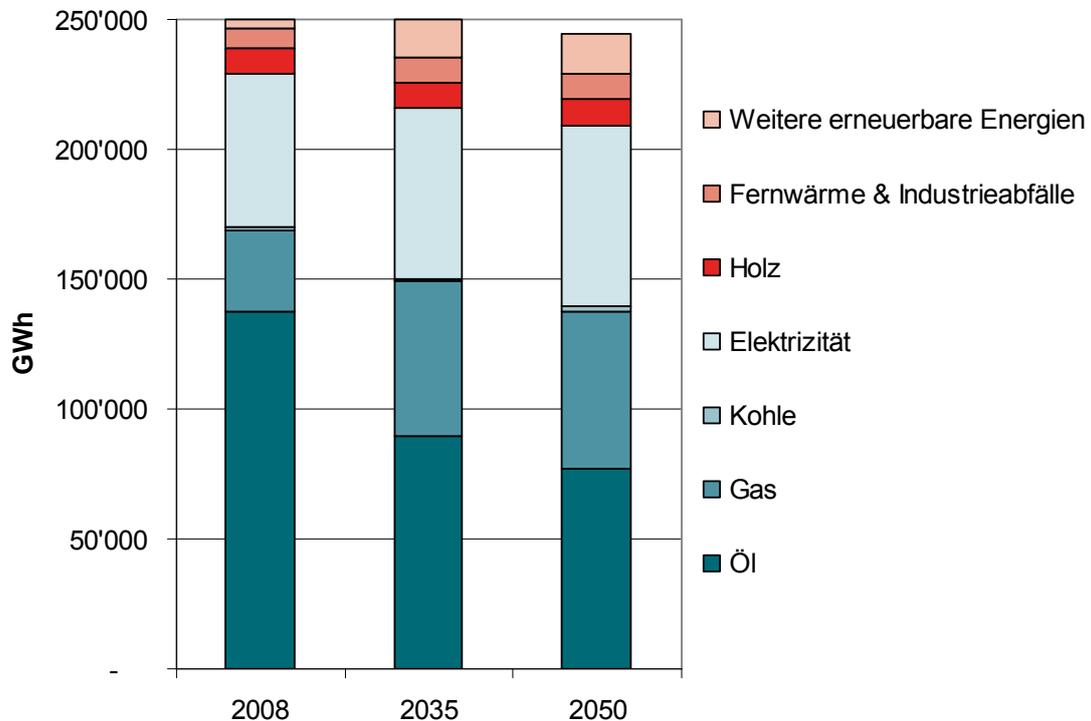
2.2.1 Referenzszenario gemäss Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich

Der Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich (AWEL 2007a) schätzt den Endenergiebedarf nach Energieträgern bis 2050 für die Schweiz. Er unterscheidet vier Szenarien, wovon das Referenzszenario in der vorliegenden Studie verwendet wird. Das Referenzszenario wird wie folgt definiert: *Die heute geltenden respektive zu erwartenden Rahmenbedingungen und Trends sind berücksichtigt* (AWEL 2007a). Dies bedeutet, dass das Referenzszenario die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung der Energienachfrage bei einer stabilen energiepolitischen Entwicklung abbildet. Es werden keine einschneidenden energiepolitische Massnahmen umgesetzt.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Referenzentwicklung gemäss Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich (AWEL 2007).

Ein Vergleich des durchschnittlichen Schweizer Energiebedarfs pro Kopf (gemäss BFE 2009) mit dem durchschnittlichen Energiebedarf des Knonauer Amtes pro Kopf (gemäss Kapitel 2.1) zeigt, dass die durchschnittliche pro Kopf Energienachfrage in der Schweiz (32.5 MWh/a) grösser ist als im Knonauer Amt (25.5 MWh/a). Dieser Unterschied hat einerseits mit der urbanen Struktur und dem guten Ausbau des Öffentlichen Verkehrs im Kanton Zürich zu tun. Dadurch wird im Bereich Verkehr weniger Energie nachgefragt. Andererseits gibt es im Knonauer Amt kaum energieintensive Unternehmen, was die Energienachfrage gegenüber dem Schweizer Durchschnitt ebenfalls deutlich senkt. Trotz dieser Unterschiede beim absoluten Energiebedarf kann der Trend der zu erwartenden Energienachfrage aus dem Szenario des Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich abgeleitet werden.

«Referenzentwicklung Energienachfrage für die Schweiz gemäss Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich»



econcept

Figur 2: Referenzentwicklung der Energienachfrage für die Schweiz in den Jahren 2008, 2035 und 2050, basierend auf den Werten des Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich (AWEL 2007a). Die Werte des Jahres 2008 beruhen auf den Daten der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik (BFE 2009).

Figur 2 zeigt den zukünftig zu erwartenden Trend für die Energienachfrage bei einer entsprechend der heutigen Entwicklung weiter geführten Energiepolitik: Bis ins Jahr 2035 kann gegenüber der heutigen Nachfrage mit einer konstanten Energienachfrage gerechnet werden. Anschliessend kann von einer leicht sinkenden Gesamtenergienachfrage (Abnahme von 2%) bis ins Jahr 2050 ausgegangen werden.

Auf Ebene der einzelnen Energieträger ist die Übertragbarkeit des Referenzszenarios auf das Knonauer Amt nur bedingt möglich. Es wird erwartet, dass der Ölverbrauch bis 2050 laufend sinkt, was auch im Knonauer Amt erwartet werden kann. Beim Gasverbrauch hingegen wird geschätzt, dass er sich auf etwa dem doppelten Niveau von heute einpendelt. Da im Knonauer Amt bis heute kaum Gas verbraucht wird, ist die Übertragbarkeit dieses Szenarios nur bedingt sinnvoll bzw. auf einem deutlich tieferen Niveau. Beim Stromverbrauch sowie beim Einsatz der erneuerbaren Energien und der Abwärmenutzung wird eine laufende Zunahme der Nachfrage erwartet. Mit dieser Entwicklung kann auch für das Knonauer Amt gerechnet werden.

2.2.2 Anwendung des Referenzszenarios auf das Knonauer Amt

Grundsätzlich gehen wir für das Knonauer Amt davon aus, dass sich die Bevölkerung und damit das Siedlungsgebiet bis 2050 etwas stärker entwickeln werden als die durchschnittliche Entwicklung im Kanton. Dies hängt vorwiegend mit der guten Erschliessung der Region durch Autobahn und ÖV sowie mit der nahen Lage zur Stadt Zürich zusammen. Die überdurchschnittliche Siedlungsentwicklung wird wahrscheinlich grösstenteils durch Neubauten abgedeckt werden. Diese benötigen ca. ein Drittel der Energie von heutigen Durchschnittsbauten. Hingegen ist die Wohnfläche in Neubauten durchschnittlich grösser als in Durchschnittsgebäuden. Im Weiteren bietet die überdurchschnittliche Entwicklung die Möglichkeit des Ausbaus mit moderner Infrastruktur wie z.B. Fernwärmenetzen.

Das Referenzszenario gemäss obigem Kapitel 2.2.1 wird wie folgt auf das Knonauer Amt übertragen:

Für den heutigen Gesamtenergieverbrauch gehen wir von den Werten wie in Kapitel 2.1 hergeleitet aus. Die zukünftige Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs in den Jahren 2035 und 2050 verhält sich grundsätzlich analog der Entwicklung gemäss der AWEL-Studie (2007a). Bis ins Jahr 2035 ist in etwa mit der gleichen Energienachfrage wie 2007 zu rechnen. Die Energienachfrage im Jahr 2050 wird leicht tiefer ausfallen als 2007. Aufgrund der nachfolgenden Begründungen gehen wir für das Knonauer Amt von einer leicht stärkeren Abnahme der Energienachfrage im Jahr 2050 gegenüber 2007 aus, als in der AWEL-Studie (2007a) ausgewiesen wird.

Da die Übertragung auf Ebene der einzelnen Energieträger für das Knonauer Amt nur bedingt möglich ist, unterscheiden wir innerhalb des Gesamtenergieverbrauchs nach den drei Bereichen Strom, Wärme und Verkehr.

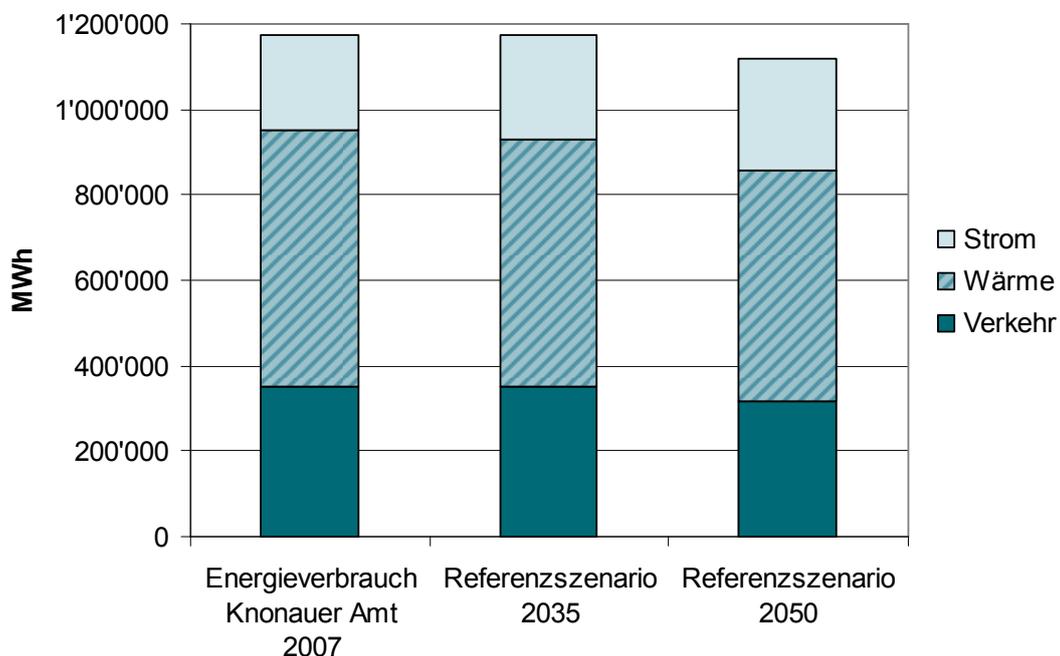
- Für den zukünftigen Stromverbrauch im Knonauer Amt gehen wir von einer analogen Entwicklung aus, wie im Referenzszenario nach AWEL (2007a). Das heisst, dass im Jahr 2035 der Stromverbrauch um rund 12% gegenüber 2008 zunimmt und im Jahr 2050 um rund 17% gegenüber 2008. Diese Zunahme ist durch die erwartete zunehmende Elektrifizierung (z.B. mehr Wärmepumpen zur Nutzung der Umweltwärme, mehr elektrische Geräte etc.) hinterlegt.
- Die erwartete Entwicklung im Wärmebereich gemäss AWEL-Studie (2007a) kann im Grundsatz auf das Knonauer Amt übertragen werden: Bislang wurde die Abnahme des Wärmeverbrauchs infolge energetisch relevanter Erneuerungen durch den wachsenden Bedarf an Energiebezugsfläche kompensiert. Für die zukünftige Entwicklung des Wärmeverbrauchs wird von einer leichten Abnahme bis 2035 bzw. 2050 ausgegangen, da die gesetzlichen Vorschriften für Neubauten weiter verschärft und die Fördermassnahmen für Sanierungen ausgebaut werden. Die leichte Abnahme des Wärmeverbrauchs kann auf das Knonauer Amt übertragen werden bzw. sie wird eher stärker ausfallen als im Gesamtkanton. Dies ist damit zu begründen, dass sich das Knonauer Amt bis 2050 voraussichtlich stärker entwickeln wird als der kantonale

Durchschnitt. Der Anteil der modernen Gebäude wird dadurch gegenüber den älteren Gebäuden steigen und den durchschnittlichen Energiebedarf pro m² reduzieren.

- Auch für die zukünftige Entwicklung des Verkehrs können die Annahmen des Energieplanungsberichts 2006 des Kantons Zürich (AWEL 2007a) im Prinzip auf das Knonauer Amt übertragen werden. Die Verkehrsnachfrage wird in den nächsten 15 bis 25 Jahren weiter zunehmen (entsprechend dem Gesamtverkehrskonzept), gleichzeitig wird der Verbrauch der Motoren pro gefahrenem Kilometer sinken. Unter der Annahme, dass sich diese beiden gegenläufigen Trends aufheben, ergibt sich eine konstante Entwicklung des gesamten Energieverbrauchs des Verkehrs bis in 15 bis 25 Jahren. Nach 2035 ist aufgrund der erwarteten Erdölknappheit, der Kapazitätsengpässe beim Strassenverkehr, der Folgen der Klimaänderung etc. damit zu rechnen, dass die Verkehrsnachfrage nicht weiter zunimmt bzw. nicht mehr im selben Mass zunimmt wie bisher. Dies könnte insgesamt zu einer leichten Abnahme des gesamten Energieverbrauchs durch den Verkehr führen.

Basierend auf obigen Annahmen ergibt sich für das Knonauer Amt folgende geschätzte Energienachfrage bis ins Jahr 2050:

«Referenzentwicklung Energienachfrage für das Knonauer Amt»



econcept

Figur 3: Referenzentwicklung der Energienachfrage für das Knonauer Amt in den Jahren 2008, 2035 und 2050 (Quellen und Annahmen gemäss Angaben im Text).

Es zeigt sich, dass bei einer entsprechend der heutigen Entwicklung weiter geführten Energiepolitik die Energienachfrage bis ins Jahr 2035 gegenüber der heutigen Nachfrage

als konstant eingeschätzt wird. Anschliessend wird von einer leicht sinkenden Gesamtenergienachfrage bis ins Jahr 2050 ausgegangen.

3 Potenzial an erneuerbaren Energien und Energieeffizienz

Im vorliegenden Kapitel werden die Potenzialabschätzungen für erneuerbare Energien sowie Energieeffizienz für das Knonauer Amt vorgenommen:

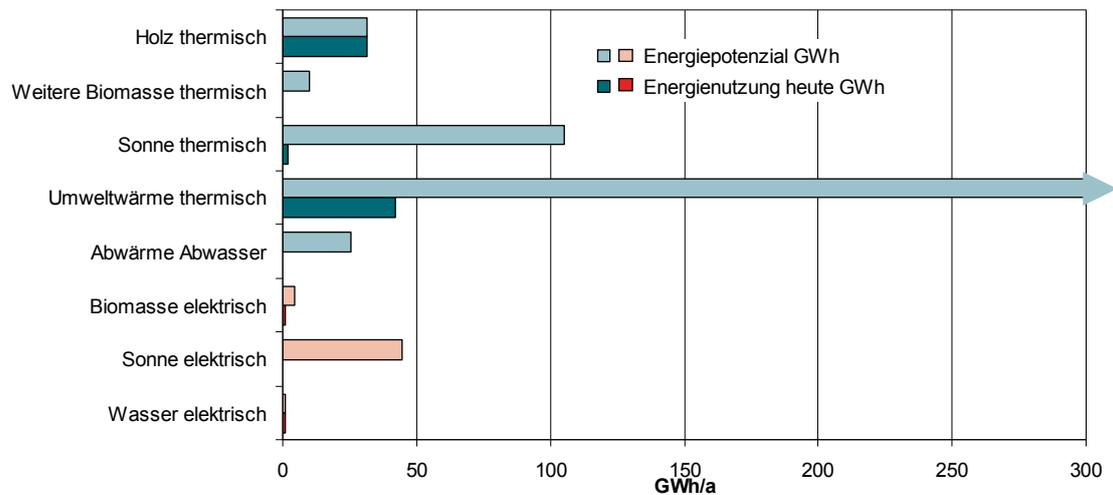
3.1 Potenzial an erneuerbaren Energien

Basierend auf den Ergebnissen des Arbeitsschrittes 1 zur Energienachfrage und weiterer regionaler Daten, Vergleichsgrößen anderer Regionen sowie Potenzialstudien wird im vorliegenden Kapitel eine Abschätzung des *ökologischen Potentials*³ an erneuerbaren Energien für das Knonauer Amt vorgenommen.

Folgende Figur 4 gibt einen Überblick der heutigen Nutzung und Potenziale an erneuerbaren Energien für Wärme und Strom im Knonauer Amt.

³ Bei der Analyse der Potentiale sind verschiedene Potentialbegriffe zu unterscheiden: Das *theoretische Potential* (z.B. Sonneneinstrahlung auf Untersuchungsgebiet) basiert auf den physikalischen Möglichkeiten zur Nutzung von Ressourcen. Welcher Anteil davon effektiv genutzt werden kann, wird mit dem *technischen Potential* umschrieben (z.B. Wirkungsgrad von Sonnenkollektoren). Bei vielen erneuerbaren Energieträgern ist es wiederum sinnvoll, ihren Nutzungsgrad aus ökologischen Gründen weiter zu begrenzen, beispielsweise indem nur Dach- und Fassadenflächen statt ökologisch wertvoller Flächen für Sonnenkollektoren genutzt werden. Dieses *ökologische Potential* zeigt vermehrte und gleichzeitig nachhaltige Verwendungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energieträger auf. Das *wirtschaftliche Potential* zur Nutzung erneuerbarer Energieträger hängt schliesslich sehr stark von den energiepolitischen Rahmenbedingungen ab (bspw. Förderung durch kostendeckende Einspeisevergütung, KEV). In der vorliegenden Studie wird das ökologische Potential zu verwenden, da dieses eine realistische nachhaltige Verwendungsmöglichkeit von erneuerbaren Energien aufzeigt. Das wirtschaftliche Potential hängt stark von den politischen Rahmenbedingungen ab. Es ist deshalb impliziter Teil der Umsetzungsstrategie.

«Heutige Nutzung und Potenziale für erneuerbare Energien im Knonauer Amt»



econconcept

Figur 4: Vergleich der heutigen Nutzung (Jahr 2007) mit den Potenzialen an erneuerbaren Energien für Wärme (blaue Balken) und Strom (rote Balken) im Knonauer Amt. Im Bereich der industriellen Prozess-Abwärme wird heute – neben der teilweise intern genutzten Abwärme – keine Abwärme an externe Nutzer geliefert. Es besteht jedoch ein grösseres Abwärmepotenzial (insbesondere beim Schmiedewerk Stooss AG in Hedingen), dessen Nutzung bereits in Planung ist. Aufgrund zurzeit nicht vorhandener Daten, werden die heutige Nutzung und vorhandenen Potenziale in der Grafik nicht ausgewiesen.

Aus der Grafik wird ersichtlich, dass im Jahr 2007 im Knonauer Amt bereits verschiedene erneuerbare Energiequellen genutzt wurden. Dazu gehören im Wärmebereich in grösserem Umfang Umgebungswärme und Holz, in kleinerem Umfang Sonne und Abwärme aus dem Abwasser (erst seit 2009). Insgesamt sind es rund 76 GWh/a. Im Strombereich werden heute erneuerbare Energien in den Bereichen Biomasse (ohne Holz) und Wasser genutzt, insgesamt rund 2 GWh/a. Zum Umfang der Sonnenenergienutzung fehlen zurzeit die Angaben.

Im Weiteren zeigen sich in verschiedenen Bereichen grosse Potenziale. Das grösste Potenzial liegt bei der Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen. Weitere relevante Potenziale sind bei der Nutzung von Sonnenenergie sowie bei der Abwärmenutzung des Abwassers. Das Energienutzungspotenzial von Biomasse (ohne Holz) erscheint auf der Grafik sehr klein, sollte aber trotzdem nicht vernachlässigt werden. Insgesamt besteht ein Potenzial an erneuerbarer Wärme von rund 591 GWh/a. Im Bereich der erneuerbaren Stromproduktion liegt ein grösseres Potenzial bei der Nutzung der Sonnenenergie und ein kleiner bei der Nutzung von Biomasse. Insgesamt besteht ein Potenzial an erneuerbarem Strom von rund 50 GWh/a.

Im Folgenden werden die Potenziale bzw. ihre Abschätzungen detailliert beschrieben:

3.1.1 Erneuerbare Wärme und Abwärme

Wärme aus Holz

Gemäss der Interessengemeinschaft Energieholz Knonaueramt (Angaben: Walter Rost, Präsident IGE) ist das verfügbare Holzpotenzial im Knonauer Amt heute mehrheitlich genutzt. Bei einigen Holzenergie-Nahwärmeverbunden sei noch eine Erweiterung und Netzverdichtung geplant. Nebst den Nahwärmebunden gäbe es eine Vielzahl von kleineren Holzschnitzelheizungen. Zur Sicherstellung der Versorgung sei man bereits auf die Zusammenarbeit mit Holzproduzenten aus angrenzenden Regionen und Verträgen mit Holz-Unternehmen aus entfernteren Gebieten angewiesen. Über den gesamten Bezirk wird des Holzpotenzial somit als ausgeschöpft angenommen.

Wärme aus weiteren Biomassefraktionen

In der Schweiz wurden im Jahr 2006 rund 883'195 Tonnen biogene Abfälle an Kompostier- und Vergärungsanlagen (mit einer Verarbeitungskapazität von mind. 100 Tonnen pro Jahr) geliefert und verarbeitet (BAFU 2008). Dies entspricht einer Pro-Kopf-Menge von rund 118 Kilogramm Biomasse. Weitere rund 720'000 Tonnen – vor allem Nahrungsmittel – werden mit den rund 2.68 Mio. Tonnen Kehrriecht in Kehrriechtverbrennungsanlagen verbrannt (BAFU 2008). Zu dieser Gesamtmenge von rund 1'600'000 Tonnen (oder 210 Kg/Kopf) kommen noch in privaten Gärten kompostierte Grünabfälle, die nicht quantifiziert werden können. Auf das Knonauer Amt hochgerechnet ergäbe sich aus den rund 210 Kilogramm pro Kopf potenziell vorhandener biogener Abfälle eine Gesamtmenge von rund 9'600 Tonne. Davon werden heute in der Vergärungsanlage in Ottenbach rund 8'000 Tonnen bereits verwertet. Die entstehende Wärme wird vorwiegend als Prozesswärme in der Anlage selbst genutzt. Die mögliche Erhöhung des gesammelten Grüngutes und dessen Verwertung in Ottenbach bzw. einer analogen Anlage ergäbe für das Knonauer Amt somit kein zusätzliches nutzbares Wärmepotenzial.

Im Knonauer Amt wurden gemäss Statistischem Amt des Kantons Zürich im Jahr 2008 gut 12'000 Grossvieheinheiten gezählt (Statistisches Amt Kanton Zürich 2009). Werden zukünftig 20% der anfallenden Gülle- und Mistmengen energetisch genutzt, beträgt der gewonnene Energieinhalt in Form von Biogas rund 22 GWh/a (BFE 2004). Es wird davon ausgegangen, dass in einer landwirtschaftlichen Biogasanlage Gülle und Mist zu je 50 Prozent für die Wärme- und Stromproduktion eingesetzt werden und bei der Wärmeproduktion ein Wirkungsgrad von 90, bei der Stromproduktion ein Wirkungsgrad von 30 erreicht wird. Daraus resultiert ein Potenzial von 9'860 MWh/a Wärme und 3'290 MWh/a Strom.

Wärme aus Sonnenenergie

Frei und Hawkins (2004) gehen davon aus, dass etwa 35% des gesamten Wärmebedarfs der Haushalte (ohne Industrie und Gewerbe) durch solarthermische Anwendungen gedeckt werden könnten. econcept (2009) hat in eigenen Berechnungen das Potential für die Nutzung von Sonnenenergie für Raumwärme und Warmwasser in der Gemeinde Kilchberg auf rund 13% des Wärmeverbrauches im Jahr 2005 geschätzt. Es ist jedoch

anzumerken, dass diese Schätzung eher konservativ ist und deswegen tendenziell tiefer als das reale Nutzungspotenzial liegen dürften.

Basierend auf diesen beiden Studien schätzen wir das Potenzial für die solare Wärme­produktion im Knonauer Amt mit einem mittleren Wert von rund 25% des gesamten Wärmebedarfs der Haushalte⁴ ab. Dies entspricht einem Potenzial von rund 105 GWh pro Jahr für Heizung und Warmwasser durch gebäudeintegrierte Solaranlagen in Wohnhäusern.

Wärme aus der Umwelt (Boden, Wasser, Luft)

Zur nutzbaren Umweltwärme werden die Wärme der Erde, von Seen, Flüssen und Grundwasser sowie der Luft gezählt.

- Die **Erdwärme** wird meist mittels Erdwärmesonden, die rund 50 bis 300 Meter tief in den Boden ragen, genutzt. Die Nutzung von Erdwärme in mittleren (300 bis 2'000 m) und grossen Tiefen (4 bis 6 km) ist in der Schweiz zurzeit noch weniger verbreitet. Die verbreitete Erdwärmennutzung in geringen Tiefen ist sowohl für kleinere wie grössere Objekte geeignet. Im Knonauer Amt ist die Nutzung von Erdwärme in den meisten Siedlungsgebieten möglich, jedoch nicht flächendeckend, da sich in verschiedenen Gemeinden Grundwasserschutzzonen befinden (vgl. dazu die Erdwärmesondenkarte im GIS-Browser des Kantons Zürich (ARV 2009)).
- Die Wärme des Wassers kann aus Seen, Flüssen und dem Grundwasser genutzt werden. Im Knonauer Amt wird vereinzelt die Wärme des **Grundwassers** mittels Wärmepumpen genutzt. Das Potenzial der Wärmenutzung in Seen und Flüssen ist vernachlässigbar.
- Die Wärme der **Luft** kann mittels Wärmepumpen genutzt werden. Da die Leistung einer Wärmepumpe primär von der Temperatur der Wärmequelle abhängt, nimmt die Wärmeleistung einer Luft-Wärmepumpe, die die Aussenluft nutzt, mit abnehmender Aussentemperatur ab. Dies wirkt sich besonders im Winter, bei tiefen Aussentemperaturen und gleichzeitig hohem Wärmebedarf, negativ aus. Aus Effizienzgründen ist deshalb – wo immer möglich – grundsätzlich eine Nutzung der Erdwärme vorzuziehen.

Die Nutzung von Umweltwärme hat sich in Gebäuden und teilweise in Industrie und Gewerbe als Standard etabliert. Neben der bereits vorhandenen Nutzung der Erdwärme und der Luft (und vereinzelt von Grundwasser) besteht im Knonauer Amt weiteres Potenzial. Theoretisch könnte 100 Prozent des Wärmebedarfs von Wohn- und Dienstleistungsbauten mit Umweltwärme gedeckt werden. Zusätzlich besteht ein Potenzial für öffentliche Gebäude und in geringem Mass in der Industrie. Der gesamte Wärmebedarf im Knonauer Amt beträgt rund 600 GWh/a. Wir gehen davon aus, dass davon etwa 70% mittels Umweltwärme abgedeckt werden könnten (Einschränkungen aufgrund teilweise Grundwas-

⁴ Basierend auf der Situationsanalyse in Kapitel 2.1 gehen wir davon aus, dass der Wärmeverbrauch im Knonauer Amt rund 600 GWh/a beträgt. Im Weiteren gehen wir von der Annahme aus, dass davon rund 70% den Haushalten (420 GWh/a) und rund 30% den öffentlichen Gebäuden sowie Industrie und Gewerbe zugeschrieben werden können.

serschutzzonen sowie Anteil öffentliche Gebäude und Industrie), was einem Nutzungspotential für Umweltwärme von 420 GWh/a entspricht. Davon werden heute rund 42 GWh genutzt (vgl. Ausführungen im Kapitel 2.1.1).

Setzt man marktübliche Technologien zur Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen voraus, muss für die Erstellung der 420 GWh Wärme pro Jahr mit einem zusätzlichen Elektrizitätsbedarf von 105 GWh pro Jahr gerechnet werden (bei einer Jahresarbeitszahl von 4). Da wir aber davon ausgehen, dass zukünftig aufgrund besserer Isolierungen von Neubauten und zunehmenden Sanierungen von Altbauten der Wärmebedarf von Gebäuden im Durchschnitt gesenkt werden kann, wird weniger Wärmeleistung aus Umweltwärme benötigt werden. Zudem ist in Zukunft als Folge der technologischen Entwicklung mit einer weiteren Steigerung des Wirkungsgrades von Wärmepumpen zu rechnen.

Wärme aus Abfall und Abwasser

Im Knonauer Amt wird keine Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) betrieben, weshalb keine entsprechendes Abwärmepotenzial vorhanden ist.

Für die Reinigung der Abwässer sind im Knonauer Amt zurzeit sieben Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in Betrieb. Die Gemeinden Bonstetten, Wettswil, Stallikon und teilweise Aeugst a.A. leiten ihre Abwässer in die ARA Birmensdorf. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Anlagen und ihres Abwärmepotenzial gemäss Energieplanungsbericht 2006 (AWEL 2007a). Ebenfalls wird die Eignung des ARA-Standortes für eine Abwärmeebenutzung eingeschätzt.

Anlagen	Genutzte Abwärme MWh/a	Abwärmepotenzial MWh/a	Anschlussmöglichkeit für Wärmenutzung
ARA Affoltern a.A.	0	12'500	Gute Anschlussmöglichkeit zur Nutzung des gereinigten Abwassers.
ARA Knonau	0	4'100	Gute Anschlussmöglichkeit zur Nutzung des gereinigten Abwassers. Wärmenutzung momentan in Planung.
ARA Obfelden	0	3'400	Gute Anschlussmöglichkeit zur Nutzung des gereinigten Abwassers.
ARA Ottenbach	0	2'900	Gute Anschlussmöglichkeit zur Nutzung des gereinigten Abwassers. Erneuerung der ARA momentan in Planung.
ARA Hausen	0	ca. 2'500	Beschränkte Anschlussmöglichkeiten zur Nutzung des gereinigten Abwassers.
ARA Maschwanden	0	-	Anlage wird ca. Ende 2010 geschlossen. Die Abwässer werden dann nach Obfelden geleitet.
ARA Rifferswil	0	-	Anlage wird ca. Ende 2010 geschlossen. Die Abwässer werden dann nach Affoltern geleitet.
Kanalabwärme in Bonstetten, Wettswil oder Stallikon	300	Nicht bekannt	2009 wurde eine Pilotanlage für die Nutzung von 300 MWh im kommunalen Abwasserkanal von Bonstetten gebaut. Für die Nutzung von zusätzlichem energetischen Potenzial müssten Abklärungen getroffen und Bewilligungen (AWEL, ARA Zweckverband) eingeholt werden. Ob bei weiteren Abwasserkanälen eine Abwärmepotenzial besteht, müsste ebenfalls abgeklärt werden.

Tabelle 4: Übersicht der Abwasserreinigungsanlagen im Knonauer Amt, der aktuell genutzten Abwärme, der Abwärmepotenziale, der Anschlussmöglichkeiten für Wärmenutzung und der angeschlossenen Gemeinden.

Gemäss Aussagen der verantwortlichen Person des Kantons (Daniel Rensch, AWEL, Abteilung Gewässerschutz) reinigen die ARAs des Knonauer Amtes eher kleine Abwassermengen. Die Wärmenutzung ist deshalb prioritär beim gereinigten Abwasser sinnvoll und weniger bei den Zuflusskanälen (da die vorhandene Wärme für den Reinigungsprozess benötigt wird). Einzig bei der ARA Affoltern a.A. besteht unter Umständen ein Potenzial für die Nutzung von Abwärme in den Abwasserkanälen. Dieses müsste jedoch noch definitiv bestimmt werden.

Die Abwässer der Gemeinden Bonstetten, Wettswil, Stallikon und teilweise Auegst a.A. werden der ARA Birmensdorf zugeführt. Diese ist grösser als alle ARAs im Knonauer Amt. Wie in der Tabelle 2 festgehalten, kann deshalb auch die Abwärme im kommunalen Abwasserkanal von Birmensdorf genutzt werden. Ob weitere Abwärmepotenziale in kommunalen Abwasserkanälen bestehen, müsste abgeklärt werden.

Insgesamt kann im Knonauer Amt von einem zusätzlichen Abwärmepotenzial aus Abwasser von rund 25'400 MWh/a ausgegangen werden.

Wärme aus industrieller Prozessabwärme

Neben der Abwärmenutzung aus der Abfallverbrennung und der Abwasserreinigung besteht auch die Möglichkeit, Abwärme aus industriellen Prozessen zu nutzen. In der Region Knonauer Amt gibt es verschiedene Betriebe, bei welchen eine Abwärmenutzung potenziell in Frage kommt. Nachfolgende Tabelle 5 gibt einen Überblick derjenigen Firmen, bei welchen im Rahmen der vorliegenden Arbeiten Abklärungen vorgenommen wurden, ob ein Abwärmepotenzial vorliegt, welches genutzt werden könnte.

Tabelle 5 zeigt, dass im Schmiedewerk Stooss AG in Hedingen ein grösseres Abwärmepotenzial vorhanden ist. Im Rahmen der laufenden Energieplanung Hedingen wird abgeklärt, wie dieses Potenzial genutzt werden kann. In Diskussion ist eine Einspeisung ins vorhandene Holzwärmenetz von Renercon. Genaue Daten über den Umfang der Abwärme sind zurzeit nicht bekannt. Bei der Firma Dr. W. Kolb AG ist zurzeit noch unklar, ob ein weiteres Abwärmepotenzial vorhanden ist und wie dieses allenfalls genutzt werden könnte. Entsprechende Abklärungen laufen ebenfalls im Rahmen der Energieplanung Hedingen.

In den weiteren, grösseren industriellen Betrieben des Knonauer Amtes ist entweder kein Abwärmepotenzial vorhanden, dieses wird bereits intern genutzt oder ist nicht einfach nutzbar (Potenzial entweder nur im Sommer vorhanden oder in Form von Luft, die eingesammelt werden müsste).

Firma, Kontaktperson	Genutzte Abwärme	Ungenutztes Abwärmepotenzial
Schmidlin AG, Affoltern a.A. Herr Schmidlin, Herr Feldmann	Vorwiegend kalte Prozesse, teilweise interne Nutzung der anfallenden Abwärme	Luftabwärme (aus Betrieb und Büros) während den Betriebszeiten vorhanden. Potenzial und Nutzungsmöglichkeit müssten abgeklärt werden.
Medena AG, Affoltern a.A. Herr Sagri	Keine nutzbaren Abwärmemengen vorhanden	Kein Potenzial vorhanden
Albis Bettwaren AG, Affoltern a.A. Herr Vögelin	Eine interne Energieanalyse hat gezeigt, dass kein wirtschaftlich nutzbares Wärmepotenzial vorliegt	Kein Potenzial vorhanden
SRM Präzisionsarbeit, Affoltern a.A. Herr Rützler	Vorhandene Abwärme wird intern genutzt.	Kein ungenutztes Potenzial vorhanden.
Weisbrod Zürrer AG, Hausen Herr Beyeler	Bei den neuen Anlagen wird die Abwärme zurück gewonnen und intern genutzt. Allgemein im Betrieb entsteht besonders im Sommer viel Abwärme, die eher schwierig zu nutzen ist.	Eher schwierig nutzbares Potenzial im Sommer
Ernst Schweizer AG, Hedingen Herr Schwill	Die vorhandene Abwärme wird intern genutzt	Kein ungenutztes Potenzial vorhanden
Schmiedewerk Stooss AG, Hedingen	Die Abwärme von 2 von 12 Ofen wird intern genutzt.	Grösseres nutzbares Abwärmepotenzial vorhanden. Im Rahmen der laufenden Energieplanung Hedingen werden die Möglichkeiten einer Abwärmenutzung abgeklärt (evtl. Einspeisung ins bestehende Holz-Wärmenetz von Rennercon).
Dr. W. Kolb AG, Hedingen	Die Abwärme wird teilweise intern genutzt.	Evtl. nutzbares Abwärmepotenzial vorhanden. Im Rahmen der laufenden Energieplanung Hedingen wird mögliche Abwärmenutzung abgeklärt.
HAWA AG, Mettmenstetten Herr Kübler	Die im Betrieb erzeugte Abwärme wird im Neubau genutzt. Spitzenlast muss zusätzlich abgedeckt werden.	Kein ungenutztes Potenzial vorhanden

Tabelle 5: Industrielle Betriebe im Knonauer Amt und ihr Abwärmepotenzial.

Tunnelabwärme

Der Uetlibergtunnel ist Teil der Westumfahrung Zürich N4/N20 und verbindet die Umfahrung Birmensdorf (N20.1.4) im Westen mit der bestehenden Nationalstrasse Zürich-Chur (A3) im Osten. Eine mögliche Nutzung der Tunnelabwärme ist prüfenswert. Dazu müssten die genauen Standorte der Lüftungsschächte bekannt sein sowie mögliche Wärmeabnehmer gefunden werden. Eine Nutzungs- und Potenzialabschätzung würde den Rahmen der vorliegenden Studie sprengen, könnte jedoch im Rahmen eines Nachfolgeprojektes durchgeführt werden.

3.1.2 Erneuerbarer Strom

Zu den Möglichkeiten der erneuerbaren Stromproduktion zählen grundsätzlich die Stromproduktion aus Solarenergie (Photovoltaik), Windkraft, Wasserkraft, Turbinierung von Trinkwasser, Biomasse (inkl. Holz) und Abfall

Folgende erneuerbaren Energien haben auf im Knonauer Amt **kein Potenzial** zur Stromproduktion:

- **Windkraft:** Windangebot von mindestens 4.5 m/s auf 70 m im offenen Gelände bzw. 5.5 m/s über Wald erforderlich (vgl. Potenzialkarte von suisse eole: www.wind-data.ch/windkarte),
- **Wasserkraft:** Gemäss Angaben des Kantons, besteht kein nennenswertes Potenzial an Wasserkraft im Kanton Zürich und insbesondere nicht im Knonauer Amt (AWEL 2006 sowie Auskunft Marco Calderoni, Abteilung Wasserbau, Sektion Gewässernutzung, AWEL).
- **Abfall:** Das Knonauer Amt verfügt über keine Kehrichtverbrennungsanlage.

Strom aus Holz und weiterer Biomasse

Das Holzpotenzial im Knonauer Amt ist weitestgehend für die Wärmenutzung ausgeschöpft. Es kann somit auch nicht verstromt oder anderweitig eingesetzt werden (vgl. auch Ausführungen in den Kapiteln 2.1.1 und 3.1.1).

In der Biogasanlage in Ottenbach werden jährlich rund 16'000 Tonnen Biomasse vergärt (vgl. auch Ausführungen im Kapitel 3.1.1). Rund die Hälfte dieser Biomasse stammen aus dem Knonauer Amt. Der in der Biogasanlage produzierte Strom von rund 2 GWh/a elektrische Energie kann somit zu rund der Hälfte der erneuerbaren Stromproduktion des Knonauer Amtes gutgeschrieben werden (1'000 MWh). Würde das gesamte Biomasse-Potenzial von rund 9'600 Tonnen im Bezirk ausgeschöpft, könnte rund 1'200 MWh/a Strom produziert werden.

Wie in Kapitel 3.1.1 gezeigt, könnten im Knonauer Amt durch die energetische Nutzung von rund 20% der anfallenden Gülle- und Mistmengen rund 3'290 MWh/a Strom gewonnen werden (Annahmen: landwirtschaftliche Biogasanlage nutzt Gülle und Mist zu je 50 Prozent für die Wärme- und Stromproduktion, Wirkungsgrad Stromproduktion von 30).

Strom aus Sonnenenergie

Gemäss Swisssolar, dem Schweizerischen Fachverband für Sonnenenergie, könnte 20% des heutigen Stromverbrauchs mit Photovoltaik-Anlagen auf Gebäuden erstellt werden.

Abschätzungen aufgrund eines Modells von econcept (2009) für die Gemeinde Kilchberg geben das Potenzial für Elektrizität aus Sonnenenergie in Kilchberg mit rund 24% des heutigen Stromverbrauchs an. Würde man auf die Installation von Sonnenkollektoren verzichten und die ganz Bruttonutzfläche für Photovoltaikanlagen nutzen, käme man in Kilchberg auf ein Potenzial von 32% des gesamten Stromverbrauchs.

Gemäss einer Studie des Energie Dialog Schweiz (2009) bewegt sich das erwartete Potenzial der Photovoltaik zur Stromerzeugung für die Schweiz im Jahr 2050 bei rund 8 bis 12 TWh/a. Diese potenzielle Menge entspricht rund 14% bis 20% des heutigen Strombedarfes der Schweiz.

Basierend auf diesen Studien gehen wir von einem Potenzial von 20% Solarstrom-Anteil des heutigen gesamten Stromverbrauchs des Knonauer Amtes aus. Dies ergibt rund 44 GWh.

Turbinierung von Trinkwasser

Gemäss einem Forschungsartikel zur Energiekostenoptimierung von Wasserversorgungen (gwa 2009) können Trinkwasserkraftwerke bei gegebenen geografischen Verhältnissen selbst Strom produzieren. Dafür kann das Gefälle genutzt und mit einer Turbine Strom erzeugt werden. Dies ist gemäss gwa-Artikel (2009) bereits ab einer Höhendifferenz von z.B. 30 Metern und einer Wassermenge von 500 Litern pro Minute möglich und mit der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV, zur Zeit jedoch ausgeschöpft) sogar häufig wirtschaftlich.

Für eine Potenzialanalyse müssten die einzelnen möglichen Standorte im Knonauer Amt angeschaut und beurteilt werden. Das Programm EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen bietet alljährlich in Zusammenarbeit mit dem Programm Kleinwasserkraftwerke von EnergieSchweiz kostenlose Grobanalysen für Trinkwasserkraftwerke an⁵.

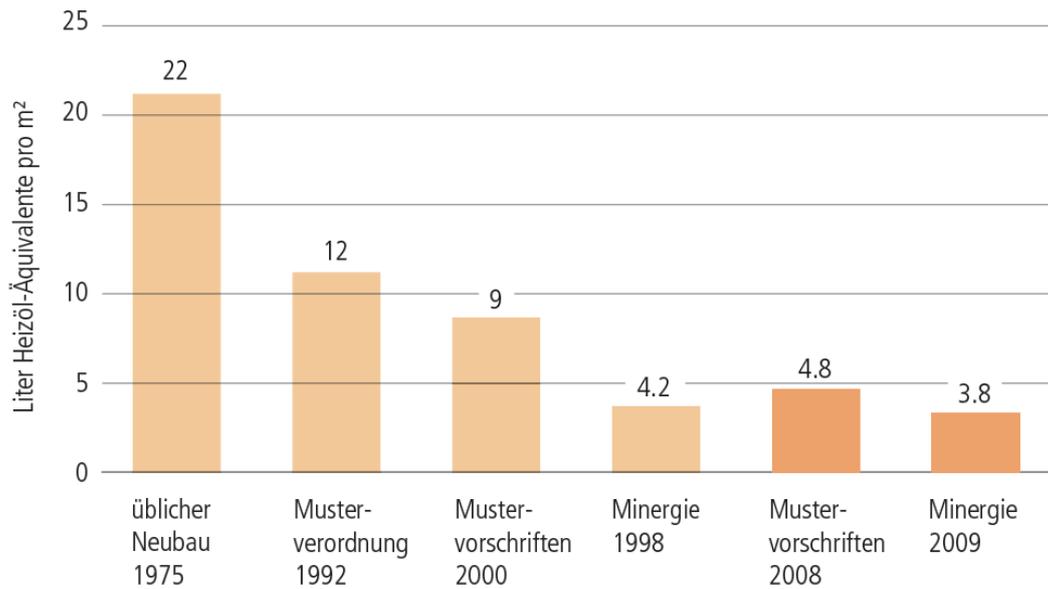
3.2 Energieeffizienzpotenzial

Die Reduktion des Energieverbrauchs ist ein einfacher und oft kostengünstiger Weg, gesetzte Ziele im Energiesektor zu erreichen. Neben dem Verzicht auf einen Verbrauch oder der Verminderung seiner Notwendigkeit (zum Beispiel Vermeidung von elektrischer Beleuchtung durch die bessere bauliche Nutzung von Tageslicht in Gebäuden) kann eine Reduktion des Energieverbrauchs durch Effizienzsteigerungen von Heizungen, Geräten und Anlagen erreicht werden. Die Umsetzung von Effizienzmassnahmen wird aktuell von vielen Industrienationen als wichtiger Weg angesehen, gesetzte Ziele im Rahmen ihrer Klimapolitik zu erreichen und den Ressourcenverbrauch im Energiebereich zu reduzieren.

3.2.1 Effizienzpotenzial im Gebäudebereich

Gemessen am Energieverbrauch liegt im Gebäudebereich das grösste Einsparpotenzial, da hier ca. 60% der eingesetzten Energie verbraucht wird (für Heizung, Warmwasser und Prozesse; AWEL 2007b). Die nachfolgende Figur zeigt den typischen Energieverbrauch von Neubauten in Abhängigkeit des Gebäudealters. Ein Neubau nach den neuen Muster Vorschriften der Kantone im Energiebereich von 2008 (MuKE n 2008) verbraucht im Vergleich zu einem Neubau aus dem Jahr 1975 rund viereinhalb Mal weniger Energie.

⁵ Weitere Informationen unter: <http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01078/01132/index.html?lang=de>



Figur 5: Energiebedarf von neuen Wohnbauten Kanton Zürich (Quelle: AWEL-Index 2009).

Der Wärmeverbrauch im Gebäudebereich kann massiv reduziert werden, wie die Entwicklungen der letzten Jahre bei Neubauten und bei energetischen Sanierungen zeigen. Die Potenziale variieren je nach Effizienzziel: Wenn z.B. der Gebäudebestand (geschätzter durchschnittlicher Endenergie-Verbrauch von $650 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$, Quelle: AWEL 2003) in Zukunft nach Minergie-P Standard mit einem verbleibenden Endenergieverbrauch von $108 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$ saniert würde, könnten über 80% des Energieverbrauchs für Wärme im Gebäudebereich eingespart werden.

Gemäss einer BFE-Studie (BFE 2007) lässt sich bis 70% der im Gebäudebereich eingesetzten Energie einsparen, wenn bei Renovationen und Neubauten konsequent auf den Minergie-Standard gesetzt wird. Abschätzungen von econcept zum Energieeffizienzpotenzial im Gebäudebereich in den Gemeinden Kilchberg und Zollikon (econcept 2009 und 2010) zeigen ebenfalls, dass bei einer flächendeckenden Anwendung neuer Standards bei Sanierungen (MuKE 2008, Minergie und Minergie-P-Standard) ein Energieeinsparpotenzial von rund 55-82% besteht.

Da im Knonauer Amt der Gebäudebereich der weitaus grösste Wärmeverbraucher darstellt (in der Region gibt es eher wenig produzierende bzw. industrielle Betriebe) wird für die Effizienzpotenzialabschätzungen in Kapitel 4.1 von einem Effizienzpotenzial im Wärmebereich von durchschnittlich 50% gegenüber dem heutigen Verbrauch ausgegangen.

3.2.2 Effizienzpotenzial in der Nutzung der Elektrizität

Unter den Massnahmen für mehr Energieeffizienz kommt dem effizienten Elektrizitätseinsatz eine Schlüsselrolle zu, da Elektrizität als hochwertige Energieform sehr vielseitig eingesetzt werden kann und beim Ersatz fossiler Energieträger (bspw. Wärmepumpen, Gebäudetechnik, Elektromotoren) vermehrt eingesetzt wird.

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

Für das Knonauer Amt sind vor allem der Haushaltssektor und der Dienstleistungssektor relevant, da es in der Region eher wenig produzierende bzw. industrielle Betriebe gibt und der Stromverbrauch im Verkehr einen sehr kleinen Anteil ausmacht (vgl. AWEL 2007c). Für die Abschätzung des Stromeffizienzpotenziales des Knonauer Amtes gehen wir demnach von einem durchschnittlichen Stromeffizienzpotenzial von rund 40% gegenüber dem heutigen Verbrauch aus. Bei einem regionalen Stromverbrauch von 222 GWh (vgl. Kapitel 2.1.2) beträgt das Stromeffizienzpotenzial für das Knonauer Amt rund 23 GWh.

3.2.3 Effizienzpotenziale im Mobilitätssektor

Eine Studie des Bundesamts für Energie (BFE 2007) geht für den motorisierten Individualverkehr von einem Einsparpotenzial von rund 40%, für den Schwerverkehr von rund 20-30% aus. Der Verkehrsbereich liegt weitgehend in der Kompetenz des Bundes und kann durch die Gemeinden nur wenig beeinflusst werden. Er steht deshalb nicht im Fokus der vorliegenden Studie. Für die Effizienzpotenzialabschätzungen in Kapitel 4.1 wird für den Verkehrsbereich von einem Effizienzpotenzial von durchschnittlich 35% gegenüber heute ausgegangen.

4 Grundlagen für eine Umsetzungsstrategie und energiepolitische Massnahmen

Kapitel 4 bildet die Grundlage für eine Umsetzungsstrategie Energiezukunft im Knonauer Amt. Im ersten Teil werden die beiden Szenarien der Energienachfrage für die Jahre 2035 und 2050 den Potenzialen an erneuerbaren Energien gegenübergestellt. Im zweiten Teil werden Erkenntnisse aus anderen erfolgreichen Energieregionen diskutiert. Darauf basierend werden im dritten Teil Eckwerte einer möglichen Strategie Energiezukunft Knonauer Amt entwickelt sowie Massnahmen zu deren konkreten Umsetzung vorgeschlagen.

4.1 Vergleich der Potenziale mit der Energienachfrage heute, 2035 und 2050

Aufgrund der in den obigen Kapiteln beschriebenen Daten und Abschätzungen können für das Knonauer Amt der Wärme- und Strombedarf heute, 2035 und 2050 dem Potenzial an erneuerbaren Energien gegenüber gestellt werden.

Die Potenzialabschätzungen für erneuerbare Energien entsprechen den Ausführungen in Kapitel 3.1. Bei der Entwicklung der Energienachfrage bis 2050 unterscheiden wir zwei mögliche Szenarien:

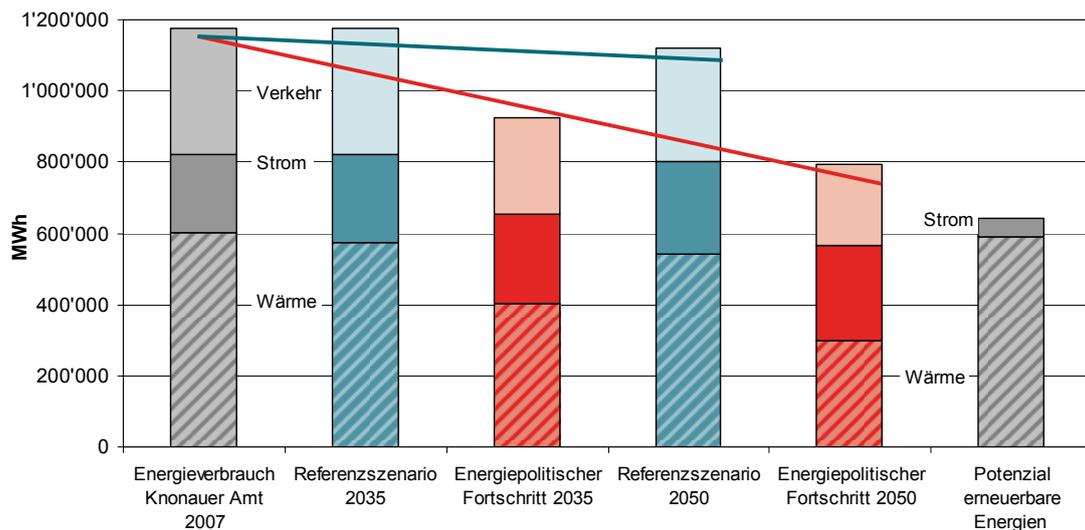
- Das *Referenzszenario* basiert auf dem Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich (AWEL 2007a) und wird im Kapitel 2.2 präsentiert. Es bildet die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung der Energienachfrage bei einer stabilen energiepolitischen Entwicklung ab.
- Das Szenario *Energiepolitischer Fortschritt* geht demgegenüber von verstärkten energiepolitischen Anstrengungen aus, welche dazu führen, dass bis 2050 das geschätzt Energieeffizienzpotenzial und die verfügbaren erneuerbaren Energien ausgeschöpft werden. Die bei der Abschätzung verwendeten Energieeffizienzpotenziale entsprechen den Angaben in Kapitel 3.2⁶. Die hier vorgenommenen Abschätzungen bzw. möglichen Reduktionen beim Gesamtenergieverbrauch entsprechen in der Grössenordnung dem Szenario «Fortschritt» im Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich (AWEL 2007a).

Der Energieplanungsbericht enthält darüber hinaus ein Szenario, mit welchem das Ziel von «1 Tonne CO₂-Emissionen pro Person und Jahr» erreicht werden kann. Dieses kann durch den Einsatz bester Technologien und zusätzlichen Beschränkungen

⁶ Bei einer Ausschöpfung der Effizienzpotenziale muss davon ausgegangen werden, dass die Stromnachfrage gegenüber dem Referenzszenario zunimmt: Rund 50-70% der Wärme kann mittels Wärmepumpen bereit gestellt, was zu einer Zunahme der Stromnachfrage führt. Ebenfalls muss mit einer Zunahme der strombetriebenen Mobilität, bei der Anzahl elektronischer Geräte, der Steuerung von Geräten und Anlagen, etc. gerechnet werden. Deshalb wird im Bereich Strom neben dem Effizienzpotenzial von 40% gegenüber dem heutigen Verbrauch mit einem zusätzlichen Wachstum des Stromverbrauchs gerechnet, was insgesamt zu einem rund 20% gesteigerten Stromverbrauch bis 2050 gegenüber 2007 führt.

in der Mengenentwicklung des Verkehr erreicht werden. Es zeigt, dass neben dem Einsatz von erneuerbaren Energien und der Ausschöpfung von Effizienzmassnahmen mit Hilfe von Suffizienzmassnahmen noch weiterreichende Reduktionen im Energieverbrauch erreicht werden könnten.

«Energienachfrage heute, 2035, 2050 und das Potenzial erneuerbarer Energien»



econcept

Figur 6: Gegenüberstellung der Energienachfrage heute, 2035 und 2050 (basierend auf den beiden Szenarien Referenz und Energiepolitischer Fortschritt) sowie der im Knonauer Amt verfügbaren Potenziale an erneuerbaren Energien im Bereich Wärme und Strom.

Obige Figur zeigt zwei mögliche Entwicklungen der zukünftigen Energienachfrage, die beide auf dem Energieplanungsbericht 2006 des Kantons Zürich basieren (AWEL 2007a). Das **Referenzszenario** berücksichtigt die heute geltenden bzw. zu erwartenden Rahmenbedingungen und Trends. Dabei bleibt die gesamte Energienachfrage im Knonauer Amt bis 2035 gegenüber heute konstant und nimmt bis 2050 leicht ab. Der leichte Rückgang der Energienachfrage in den Bereichen Wärme und Verkehr steht einer leichten Zunahme im Bereich Strom gegenüber. Im **Szenario Energiepolitischer Fortschritt** werden die vorhandenen Energieeffizienzpotenziale und die verfügbaren erneuerbaren Energien bis 2050 ausgeschöpft. Dadurch kann bis ins Jahr 2050 die gesamte Energienachfrage um rund ein Drittel gegenüber heute reduziert werden. Die Nachfrage im Bereich Wärme geht relativ stark zurück, im Bereich Verkehr ist die Abnahme etwas geringer, im Bereich Strom hingegen nimmt die Nachfrage leicht zu.

Die Gegenüberstellung der Szenarien mit dem Potenzial an erneuerbaren Energien zeigt, dass die **Wärmenachfrage** problemlos durch erneuerbare Energien abgedeckt werden kann. Dies gilt sowohl für das Referenzszenario als auch für das Szenario Energiepolitischer Fortschritt. Die wichtigsten Potenziale liegen dabei in den Bereichen Umweltwärme (wo immer möglich Erdwärme und (Grund-)wasser), Sonne, Holz, Abwasser und weitere Biomasse.

Betreffend der **Stromnachfrage** zeigt sich, dass diese durch erneuerbare Produktion im Knonauer Amt nicht abgedeckt werden kann, weder im Referenzszenario noch bei Energiepolitischem Fortschritt. Die grössten Potenziale bestehen in den Bereichen Sonne und Biomasse. Betreffend Turbinierung von Trinkwasser müssen noch detaillierte Abklärungen zum Potenzial vorgenommen werden⁷.

Zum Potenzial der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ist anzumerken, dass für das Knonauer Amt auch die Möglichkeit besteht, in erneuerbare Kraftwerke an ausserregionalen Standorten zu investieren. So kann auf kantonaler und/oder schweizweiter Ebene zur Sicherung einer ausreichenden Stromversorgung und einem zukunftstauglichen Anteil erneuerbarer Energien beigetragen werden. Ebenfalls kann dadurch ein Beitrag zu den schweizerischen und kantonalen energiepolitischen Zielen geleistet werden. In diesem Sinne wird bereits heute beispielsweise ein Grossteil der Wasserkraft für die gesamte Schweiz in den Bergkantonen produziert.

Eine andere Möglichkeit für die einzelnen Gemeinden besteht darin, den Stromverbrauch beispielsweise der Gemeindeverwaltung vollständig auf Ökostrom umzustellen, auch wenn dafür Ökostrom von ausserhalb der Region zugekauft werden müsste. Dadurch würde den versorgenden Elektrizitätswerken den Auftrag gegeben, an geeigneten Standorten im In- und Ausland in die Produktion von erneuerbarer Elektrizität zu investieren.

Als eine Übergangsstrategie zur Deckung des steigenden Stromverbrauchs kann auch der Einsatz von Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen (WKK-Anlagen) in Betracht gezogen werden: WKK-Anlagen werden mit Gas oder Öl betrieben. Sie sollten nach dem Wärmebedarf dimensioniert werden, so dass die Wärme voll genutzt werden kann. Werden bestehende Heizungen durch WKK-Anlagen ersetzt, liefern sie neben der Wärme gleichzeitig Strom, der beispielsweise als Antriebsstrom für Wärmepumpen eingesetzt werden kann (insbesondere in den Wintermonaten, wenn die Stromnachfrage besonders stark steigen wird). Dezentrale Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen mit über 100 kW elektrischer Leistung und vollständiger Wärmenutzung weisen einen guten elektrischen Nutzungsgrad auf (BFE 2008). Mit abnehmender elektrischer Leistung der Anlagen sinkt auch der elektrische Nutzungsgrad. Gemäss den Energieperspektiven des Bundes befindet sich das grösste Potenzial von WKK-Anlagen in der Schweiz im Bereich von 1-20 kW elektrischer Leistung. Der wesentliche Vorteil dieser Kleinanlagen ist der reduzierte Planungsaufwand, sie können allerdings zurzeit in der Regel noch nicht wirtschaftlich betrieben werden.

Eine weitere, zukünftig zu berücksichtigende Technologie sind Brennstoffzellen, welche chemische Energie direkt in elektrische Energie umwandeln. Sie verfügen über ein breites Einsatzpotential: für den Antrieb von Fahrzeugen, für die stationäre Energieversorgung, aber auch für den Einsatz in elektronischen Kleingeräten. Seit Jahren gilt die Brennstoffzelle als eine der Zukunftstechnologien. Allerdings ist die Technologie noch nicht ausgereift und der weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarf ist gross. Wesentli-

⁷ Das Potenzial zur Stromproduktion mittels Turbinierung von Trinkwasser dürfte jedoch in keinem Fall die gesamte bestehende Stromnachfrage abdecken.

che Nachteile der heutigen Brennstoffzellen-Technologie sind die begrenzte Lebensdauer, der hohe Preis der Stacks und die Kosten für die Aufbereitung des Brennstoffs.

4.2 Erkenntnisse aus anderen Energieregionen

In einer von econcept durchgeführten Studie für die Stadt Luzern (econcept 2008) wurde eine Analyse von «fortschrittlichen Energieregionen» durchgeführt. Ziel war es, Gemeinsamkeiten dieser erfolgreichen Energieregionen herauszuarbeiten, um auf mögliche Treiber für eine aktive Entwicklung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz schliessen zu können. In die Analyse wurden folgende Regionen bzw. Fallbeispiele einbezogen:

- Ökoenergiecluster Oberösterreich;
- Modellregion Güssing;
- Energiewende in der Bodenseeregion;
- Energiezukunft Schweiz in der Region Nordwestschweiz;
- Cluster Erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Kanton Aargau.

Die gesamte Analyse inklusive Literaturangaben findet sich im Bericht «Volkswirtschaftliche Marktanalyse für die Energieregion Luzern» (econcept 2008).

Fazit aus der betrachteten Beispielen

Bei den beiden Beispielen aus der Schweiz fällt auf, dass stark auf Massnahmen im Bereich Vernetzung, Organisation, Kommunikation, Information sowie Aus- und Weiterbildung gesetzt wird. Dabei steht die Zusammenarbeit von privaten Trägerschaften im Zentrum.

Die Beispiele aus Güssing, der Bodenseeregion und teilweise auch aus Oberösterreich zeigen dagegen deutlich, dass

- eine aktive Entwicklung von Vorzeige-, Demonstrations- und Pilotprojekten inkl. Realisierung von Projekten nach dem «First Mover»-Prinzip, gekoppelt mit einer
- Anschubfinanzierung sowie
- Investitionen in den Ausbau der Wärmeinfrastruktur und einer
- professionellen Kommunikation und Vermarktung der Aktivitäten

wesentliche Bestandteile sind, um die Voraussetzung für eine erfolgreiche Energieregion zu schaffen.

Die analysierten ausländischen Beispiele zeigen, dass die Massnahmen für eine verstärkte Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz die regionale Wertschöpfung positiv beeinflussen. So verbleiben gemäss den Initiatoren der Energiewende in der Bodenseeregion mehr als zwei Drittel der für regionale Bioenergie eingesetzten Gelder in der Region, fast ein Drittel in Deutschland und nur ca. 3% fliessen ins Ausland ab. Bei

fossilen Energien verbleiben dagegen nur knapp ein Sechstel der eingesetzten Gelder in der Region, und ca. zwei Drittel fliessen ins Ausland ab. Die genauen Zahlen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

	Heizöl [€]	Erdgas [€]	Bioenergien [€] (aus Forst- und Landwirtschaft)
Region	16	14	65
Deutschland	25	12	32
International	59	74	3
Summe	100	100	100

Tabelle 6: Regionaler Kaufkraftverlust verschiedener Energieträger in Euro gemäss solarcomplex 2008.
(Quelle: solarcomplex, Holzenergie-Fachverband CH, Fa. Schellinger)

Der grosse Kaufkraftverlust, der durch den anhaltenden Verbrauch fossiler und anderer importierter Energieträger ausgelöst wird, ist denn auch eines der Hauptargumente für den Umbau in eine Energieregion. Mit den Aktivitäten zur Umstellung auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz werden die negativen Effekte der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und der damit verbundene Abfluss von Mitteln für Energieimporte verringert. Damit wird die Kaufkraft in der Region behalten und vor allem das regionale Handwerk gestärkt. In einer Untersuchung für den Landkreis Konstanz konnte gemäss Müller (2008) gezeigt werden, dass mit Investitionen in erneuerbare Energien erhebliche positive Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte erzielt werden. Davon profitierten bisher vor allem kleine Betriebe mit weniger als 20 Mitarbeitern.

Um die erforderlichen Schritte für den Aufbau einer Energieregion einleiten zu können, braucht es eine von der Mehrheit der relevanten Akteure getragene Vision über die anzustrebende Entwicklung und ein starkes Commitment der Initiatoren. Dieser zentrale Punkt wird in einem Artikel über «Regionales Benchmarking und Politik» bestätigt, in dem eine von der Mehrheit getragene Vision über die anzustrebende Entwicklung als eines der vier zentralen Elemente genannt wird, die eine erfolgreiche Regionalpolitik auszeichnen (Koellreuter 2004). Daneben werden in besagtem Artikel die Wichtigkeit einer «territorialen Entsprechung von Wirtschaftsregion und Zuständigkeiten für die Gestaltung von Rahmenbedingungen der Innovation», eine «gut abgestützte Vorstellung über Art und Qualität der Standortfaktoren» und eine «kollektive Lernbereitschaft» erwähnt.

4.3 Eckwerte einer möglichen Strategie Energiezukunft Knonauer Amt

Basierend auf der Gegenüberstellung von möglichen Entwicklungen der Energienachfrage und dem Potenzial an erneuerbaren Energien (Kapitel 4.1) und den Erkenntnissen aus anderen Energieregionen (Kapitel 4.2), leiten wir nachfolgend Eckwerte einer Strategie Energiezukunft für das Knonauer Amt ab. Wir schlagen vor, die Strategie in die Teile (1) Leitbild und Ziele und (2) energie- und klimapolitische Massnahmen zu unterteilen. «Leitbild und Ziele» geben dabei die strategische Ausrichtung und Zielsetzung vor. «Energie- und klimapolitische Massnahmen» definieren die konkrete Umsetzung.

4.3.1 Vorschlag: Leitbild und Ziele Strategie Energiezukunft Knonauer Amt

Die Gemeinden des Knonauer Amtes setzen sich mit einer langfristigen und nachhaltigen Politik für die Schonung und den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen ein, fördert dadurch die Wohn- und Lebensqualität in der Region und schafft attraktive Bedingungen für energie- und umweltfreundliche Unternehmen.

Die Strategie Energiezukunft Knonauer Amt setzt in diesem Sinne weitreichende energie- und klimapolitischen Ziele:

- **Gesamtenergieverbrauch:** Im Knonauer Amt soll der Energieverbrauch von Wärme und Strom bis 2050 insgesamt um rund 30% gegenüber 2007 gesenkt werden. Dies bedeutet für den Zeitraum 2007 bis 2050 eine regionale Reduktion des Energieverbrauchs von rund 256 GWh/a.⁸ Dafür sind die vorhandenen Energieeffizienzpotenziale weitestgehend auszuschöpfen.
- **Erneuerbare Wärme:** Die gesamte Wärmenachfrage soll bis 2050 mit erneuerbaren Energien aus der Region abgedeckt werden. Dazu sind die Potenziale in den Bereichen Umweltwärme (Boden, (Grund-)wasser), Sonne, Holz, Abwärme aus dem Abwasser und Biomasse auszuschöpfen.
- **Erneuerbarer Strom:** Die erneuerbare Stromproduktion soll bis ins Jahr 2050 im Knonauer Amt rund 50 GWh/a betragen. Dabei sind insbesondere die Potenziale in den Bereichen Sonne, Biomasse und Kleinwasserkraft (Turbinierung von Trinkwasser) auszuschöpfen.
- **Umsetzung:** Obige Zielsetzungen sollen durch eine aktive Entwicklung von Pilot-, Vorzeige- und Demonstrationsprojekten (inkl. Realisierung von Projekten nach dem «First Mover»-Prinzip), gekoppelt mit den dafür notwendigen Anschubfinanzierungen sowie Investitionen in den Ausbau der Wärmeinfrastruktur erreicht werden.
- **Kommunikation und Vermarktung:** Die Aktivitäten im Rahmen der Strategie Energiezukunft Knonauer Amt sollen professionell kommuniziert und vermarktet werden. Dadurch kann sich die Region nach aussen positionieren und nach innen (in Bevölkerung, Gewerbe und Unternehmen, Vereine, Schulen, Parteien etc.) die verstärkte Umsetzung von geeigneten Massnahmen fördern.

Mit der Umsetzung obiger Ziele können für die Region diverse Zusatznutzen geschaffen werden:

Wirtschaft: Durch Massnahmen für eine verstärkte Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz kann die regionale Wertschöpfung positiv beeinflusst werden. Die Kaufkraft wird in der Region behalten und das regionale Gewerbe gestärkt. Mit den positiven Wertschöpfungseffekten werden auch positive Beschäftigungseffekte erzielt. Davon profitierten insbesondere kleine Betriebe.

⁸ Dies entspricht einer Abnahme des Wärme- und Stromverbrauchs von rund 822 GWh im Jahr 2007 auf rund 566 GWh im Jahr 2050.

Gesellschaft: Die Region Knonauer Amt positioniert sich als eine Pilot- und Vorzeigeregion für den nachhaltigen Umgang mit Energie. Sie steigert dadurch ihre Attraktivität als Wohn- und Lebensstandort sowie die Identifikation mit der Region.

Umwelt: Die Abnahme des Energieverbrauchs und der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien reduziert den Einsatz von fossilen Energien und die damit verbundenen Lärm- und Luftbelastungen in der Region. Der bewusste und nachhaltige Umgang mit erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Ressourcen wird gestärkt.

4.3.2 Vorschlag: Energie- und klimapolitische Massnahmen

Zur Umsetzung der Strategie Energiezukunft Knonauer Amt schlagen wir nachfolgende Massnahmen in Tabelle 7 auf regionaler und kommunaler Ebene vor:

Nr. Massnahme	Region	Aeugst a.A.	Affoltern a.A.	Bonstetten	Hausen a.A.	Hedingen	Kappel a.A.	Knouau	Maschwanden	Metmenstetten	Obfelden	Ottenbach	Rifferswil	Stallikon	Wetswil a.A.
Energieberatungen: Aktive Beratungsarbeit zur Erreichung hoher energetischer Standards und zum Einsatz erneuerbarer im Gebäude- und Elektrizitätsbereich.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Homepage: Informationen zur Strategie Energiezukunft und neuen Projekten, zum Beratungsangebot und zu den eidgenössischen, kantonalen und kommunalen Anreiz- und Förderprogrammen auf der Homepage.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Einbezug Bevölkerung mittels Mitwirkungsverfahren, Zukunftskonferenz etc.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gewerbe / Wirtschaft: Informationsveranstaltungen, Gewerbe- Apéros, Gewerbe-Ausstellung, Anreizsysteme, Aktionen etc.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gute Beispiele: Wettbewerb zur Nominierung guter Beispiele und deren Nennung auf einer Referenzliste.	x														
7 Aktivitäten im Rahmen von Energiestadt															
Label Energiestadt: Die Gemeinden werden Mitglied im Trägerverein Energiestadt, führen eine Bestandesaufnahme nach dem Massnahmenkatalog Energiestadt durch und streben das Label Energiestadt an.		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Regionale Aktivitäten: Die Gemeinden treffen sich 1-2 mal jährlich zu einem Erfahrungsaustausch und planen gemeinsame Aktivitäten. Finanzierung der Aktivitäten über die Beratungsgutscheine von Energiestadt.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 7: Vorschläge für energie- und klimapolitische Massnahmen zur Umsetzung der Strategie Energiezukunft Knouauer Amt.

Für die konkrete Umsetzung der Massnahmen empfehlen wir für die kommenden 3-4 Jahre ein Aktivitätenprogramm mit jährlichen Schwerpunkten, Kosten und Zuständigkeiten auf regionaler und kommunaler Ebene zu erstellen. Im Sinne der Zielsetzungen sollen für diese 3-4 Jahre Pilot- und Demonstrationsprojekte definiert, die dafür notwendigen Anschubfinanzierungen bereitgestellt sowie Investitionen in den Ausbau der Wärmeinfrastruktur geplant bzw. umgesetzt werden.

Literatur

- ARV 2009: GIS-Browser. Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Raumordnung und Vermessung ARV, Abteilung GIS-Zentrum. Abgefragt im Winter 2009/ Fröhjahr 2010.
<http://www.gis.zh.ch/gb4/bluevari/gb.asp>
- AWEL 2003: Energieplanungsbericht 2002 für den Kanton Zürich. Bericht des Regierungsrates über die Energieplanung. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL). Zürich, 2003.
- AWEL 2007a: Energieplanungsbericht 2006. Bericht des Regierungsrates über die Energieplanung des Kantons Zürich. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, Abteilung Energie. Zürich. Oktober 2007.
- AWEL 2007b: Energiedaten effektiv (2005) für den Kanton Zürich. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, Abteilung Energie. Zürich. Oktober 2007.
- AWEL 2007c: Energierrelevante Daten (Jahr 2005). Gemeindedatenblätter der Gemeinden des Knonauer Amt. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, Abteilung Energie. Zürich. Oktober 2007.
- AWEL 2006: Das Angebot erneuerbarer Energien. Potenzial erneuerbarer Energieträger im Kanton Zürich. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, Baudirektion Kanton Zürich. Juni 2006.
- BAFU 2008: Abfallwirtschaftsbericht 2008. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. Umwelt-Zustand Nr. 30/08. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.
- BFE 2009: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2008. Bundesamt für Energie BFE. Bern. August 2009.
- BFE 2008: Effizientere Nutzung von fossilen Brennstoffen und Reduktion der CO₂-Emissionen bei der Erzeugung von Raumwärme und Elektrizität in der Schweiz. Bundesamt für Energie (BFE). Bern
- BFE 2007: Plattform für Energieeffizienz von EnergieSchweiz. Für eine nachhaltige Zukunft. Entwurf 22. Januar 2007. Bundesamt für Energie BFE. Bern.
- BFE 2004: Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Bundesamt für Energie BFE. Bern.

- Dettli et al. 2009: Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich. Grundlagen für Wettbewerbliche Ausschreibungen. R. Dettli, D. Philippen (econcept), S. Hammer, F. Moret (INFRAS) im Auftrag des BFE, Oktober 2009.
- econcept 2008: Volkswirtschaftliche Marktanalyse für die Energieregion Luzern. Energieeffizienz und erneuerbare Energien. econcept im Auftrag der Stadt Luzern. 5. September 2008.
- econcept 2009: Grundlagen für die Energiepolitik der Gemeinde Kilchberg. econcept im Auftrag der Gemeinde Kilchberg. Zürich, Dezember 2009.
- econcept 2010: Energieplanung in der Gemeinde Zollikon. econcept im Auftrag der Gemeinde Zollikon. Zürich, März 2010.
- Energie Dialog Schweiz 2009: Erneuerbare Energien: Übersicht über vorliegende Studien und Einschätzung des Energie Dialog Schweiz zu den erwarteten inländischen Potenzialen für Strom-, Wärme- und Treibstoffproduktion in den Jahren 2035 und 2050 inklusive Berücksichtigung der Potenziale aus Abfällen. Grundlagenpapier für die Energie-Strategie 2050. Version 16.6.2009.
- Frei und Hawkins 2004: Solarthermie – wie weiter? Teil 1: Nutzungsmöglichkeiten und Potential, Ueli Frei und Alan Hawkins in HK–GEBÄUDETECHNIK 2 – 04.
- gwa 2009: Forschungsprogramm «Pumpencheck» - Vorgehen zur Energiekostenoptimierung. Artikel von Ernst A. Müller in gwa 6/2009 (Gas Wasser Abwasser).
- Koellreuter 2004: Regionales Benchmarking und Politik. Kapitel aus dem Buch Perspektiven der Wirtschaftspolitik, Herausgegeben von Schaltegger und Schaltegger. Zürich, 2004.
- Müller 2008: Vortragsfolien des Geschäftsführers der solarcomplex GmbH, Bene Müller an der Pusch-Tagung «Erneuerbare Energien: wirtschaftliche Chance für Gemeinden und Regionen» vom 17. April 2008.
- Statistisches Amt Kanton Zürich 2009: Räumlicher Zugang / Gemeindeporträts. Gemeindeportraits der Region Knonauer Amt.
<http://www.statistik.zh.ch/gpzh/zh/index.php?p=gp> abgerufen im Dezember 2009.