

Kommunaler Energieplan Winterthur



Inhalt

1	Einleitung und Anlass	1
2	Zielsetzung	3
2.1	Energiepolitik des Bundes	3
2.2	Energiepolitik des Kantons Zürich	4
2.3	Energiepolitische Ziele von Winterthur	4
2.4	Planungsrechtliche Grundlagen	6
3	Analyse Ist-Situation	7
3.1	Datenauswertung	7
3.2	Energiebezug Wohnen	7
3.3	Energiebezug Arbeiten	8
3.4	Energiebezug Wohnen und Arbeiten	9
3.5	Prognose Wohnen 2035	9
3.6	Gebäudepark Winterthur	11
3.7	Wärmebedarf – Top-Down und Bottom-Up	12
4	Energiepotenziale	13
4.1	Abwärme	13
4.1.1	Ortsgebundene hochwertige Abwärme	13
4.1.2	Ortsgebundene niederwertige Abwärme	15
4.2	Umweltwärme	16
4.2.1	Ortsgebundene Umweltwärme	16
4.2.2	Nicht ortsgebundene Umweltwärme	18
4.3	Regional erneuerbare Energieträger	20
4.4	Nicht erneuerbare Energieträger	21
5	Kommunaler Energieplan	23
5.1	Erläuterungen zu den Festlegungen	23
5.2	Der Energieplan (Plankarte)	25
5.3	Massnahmen - Übersicht	26
5.4	Zielerreichung	30
5.5	Wirtschaftliche Auswirkungen	30

Bearbeitung

PLANAR AG für Raumentwicklung
Rigistrasse 9, 8006 Zürich
Tel 044 421 38 38, Fax 044 421 38 20
www.planar.ch, info@planar.ch

Bruno Hoesli / dipl. Bauingenieur HTL, Raumplaner NDS HTL FSU, Planer REG A
Philipp Meier / dipl. Geograph, Cand. Raumplaner MAS ETH
Thomas Kuster / MSc ETH Umwelt-Natw.

Anhang A	Glossar	31
Anhang B	Massnahmenblätter	33
P1	KVA-Abwärmenutzung Altstadt – Mattenbach – Neuhegi	34
P2	Wärmeverbund Sulzer Stadtmitte	35
P3	Wärmeverbund Tössfeld-Eichliacker	36
P4	Energieverbund Neuwiesen	37
P5	ARA-Abwärmeverbund Wülflingen	38
P6	Abwärmeverbund Wässerwiesen	39
P7	Holzverbund Wyden	40
P8	Erdwärmeverbund Zinzikon	41
P9	Holzenergieverbund Zinzikon	42
P10	Wärmeverbund Guggenbühl	43
P11	Holzverbund Reutlingen	44
P12	Holzverbund Gern	45
P13	Wärmeverbund Tägelmoos	46
P14	Holzverbund Sennhof	47
E1	Eignungsgebiet Inneres Lind	48
E2	Gaserschlossene Eignungsgebiete	49
E3	Eignungsgebiete ohne Gaserschliessung	50
M1	Abwärmenutzung "Betriebe"	51
M2	Nutzung von Wärme aus Trinkwasser	52
M3	Koordinations-Standards für (Nah-)Wärmeverbünde	53
Anhang C	Kommunaler Energieplan	55
Anhang D	Energiepotenziale	59
Anhang E	Wärmebezugsdichte Wohnen und Arbeiten	63

Bearbeitung

PLANAR AG für Raumentwicklung
 Rigistrasse 9, 8006 Zürich
 Tel 044 421 38 38, Fax 044 421 38 20
 www.planar.ch, info@planar.ch

Bruno Hoesli / dipl. Bauingenieur HTL, Raumplaner NDS HTL FSU, Planer REG A
 Philipp Meier / dipl. Geograph, Cand. Raumplaner MAS ETH
 Thomas Kuster / MSc ETH Umwelt-Natw.

1 Einleitung und Anlass

Kommunale Energiepolitik

Angesichts der in den letzten zehn Jahren stark geänderten Rahmenbedingungen in der Energie- und Klimaschutzpolitik soll für die Energiestadt Gold Winterthur das Energiekonzept, der Energieplan sowie das zugehörige Aktivitätenprogramm umfassend überarbeitet und angepasst werden.

Energiepolitische Ziele und Grundlagen Energiekonzept 2050 als Basis für den räumlichen Energieplan

Mit der Erarbeitung des Berichtes "Grundlagen Energiekonzept 2050" wurden die energiepolitischen Ziele aktualisiert sowie Grundlagen für die räumliche Energieplanung erarbeitet¹. Dieses neue Energiekonzept orientiert sich an der langfristigen Vision der 2000-Watt- und 1-Tonne-CO₂-Gesellschaft.

In diesem Grundlagenbericht wurden:

- die Ausgangswerte 2008 für den Winterthurer Absenkpfad ermittelt,
- der Absenkpfad Primärenergie in Watt pro Person bestimmt,
- der Absenkpfad der Treibhausgasemissionen in kg CO_{2eq} pro Person festgelegt,
- die Zielwerte 2050 für die angestrebte Entwicklung im Bereich Wärme (Endenergie) und die dazu erforderlichen Handlungsschwerpunkte festgelegt,
- die heutigen Wärmebezugsdichten im ha-Raster ermittelt und dargestellt,
- die Energiepotenziale an Abwärme und Umweltwärme räumlich dargestellt
- sowie eine Struktur für Massnahmenvollzug und Controlling entwickelt.

Räumliche Koordination der Wärmeversorgung

Auf der Basis des Berichtes "Grundlagen Energiekonzept 2050" und des Energieplanes der Stadt Winterthur aus dem Jahr 1998 wird in enger Zusammenarbeit mit der Kerngruppe Energieplan der "Räumliche Energieplan Winterthur" als Teilprojekt des Energiekonzeptes 2050 erarbeitet. Die Hauptaufgabe des revidierten Energieplanes ist die räumliche Koordination der Wärmeversorgung des Siedlungsgebietes mit dem Ziel, den aufgezeigten Winterthurer Absenkpfad mit konkreten Massnahmen zu erreichen. Es wird eine diversifizierte, sichere und wirtschaftliche Wärmeversorgung angestrebt; weitere "Doppelerschliessungen" mit leitungsgebundenen Energieträgern sollen vermieden werden.

Zeitliche Horizonte

Während der Grundlagenbericht Energiekonzept 2050 sehr langfristige Ziele setzt, beschränkt sich die räumliche Energieplanung auf einen Betrachtungs- und Planungshorizont von 25 Jahren, d.h. das Jahr 2035. Als Handlungshorizont der Umsetzungsmassnahmen wird ein Zeitraum von 10 bis 15 Jahre definiert; längerfristig ausgerichtete Massnahmen sind infolge von nicht absehbaren wirtschaftlichen und technischen Veränderungen nicht zweckmässig.

Behördenverbindlichkeit dient der Führung und der Information

Als Sachplan hat der räumliche Energieplan (analog einem Richtplan) eine behördenverbindliche Wirkung. Er ist ein geeignetes Führungs- und Koordinationsinstrument und erhöht die Rechtssicherheit für Betroffene und Akteure.

Bestandteile

<p>Der Kommunale Energieplan Winterthur besteht aus:</p> <ul style="list-style-type: none">– der Plankarte im Mst. 1:10'000– diesem erläuternden Planungsbericht– und den Massnahmenblättern
--

¹ Der Bericht "Grundlagen Energiekonzept 2050" wurde vom Stadtrat am 23. März 2011 zustimmend zur Kenntnis genommen.

2 Zielsetzung

Der Kommunale Energieplan basiert auf Zielsetzungen und Grundlagen von Bund und Kanton sowie der Stadt Winterthur. Nachfolgend soll ein kurzer Überblick der planungsrechtlichen Grundlagen und Zielsetzungen von Bund, Kanton und Stadt gegeben werden.

2.1 Energiepolitik des Bundes

Bundesverfassung	Mit dem 6. Abschnitt "Energie und Kommunikation" der Bundesverfassung, insbesondere mit den Art. 89 BV "Energiepolitik", Art. 90 BV "Kernenergie" und Art. 91 BV "Transport von Energie", besteht die bundesrechtliche Grundlage für weitere Ausführungsbestimmungen im Energiebereich.
Energiegesetz des Bundes	Das Energiegesetz bezweckt die Sicherstellung einer wirtschaftlichen wie umweltverträglichen Bereitstellung und Verteilung der Energie, die sparsame und rationelle Energienutzung sowie die verstärkte Nutzung von einheimischen und erneuerbaren Energieträgern (+ 5'400 GWh erneuerbarer Strom bis 2030 gegenüber 2000).
Grundsätze des Bundes	<ul style="list-style-type: none">– Jede Energie ist möglichst sparsam und rationell zu verwenden.– Erneuerbare und einheimische Energien sind verstärkt zu nutzen.– Die Kosten der Energienutzung sind möglichst jenen Verbrauchern anzurechnen, die sie verursachen.
Bundesgesetz über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen (CO ₂ -Gesetz)	<p>Mit dem CO₂-Gesetz sollen die CO₂-Emissionen vermindert werden, die auf die energetische Nutzung fossiler Energieträger (Brenn- und Treibstoffe) zurückzuführen sind.</p> <p>Am 1. Januar 2008 wurde die CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen eingeführt (Lenkungsabgabe). In der Botschaft vom 26. August 2009 zur Revision des CO₂-Gesetzes für die Zeit ab 2013 hält der Bundesrat am bekannten Ziel der Reduktion der Treibhausgase bis 2020 um 20% gegenüber 1990 fest. Des Weiteren sollen auch in der künftigen Klima- und Energiepolitik "Energieeffizienz" und "Erneuerbare Energien" wichtige Standbeine bilden (vgl. "Aktionspläne" des UVEK²)</p>
Programm EnergieSchweiz	Auf der Basis des Energiegesetzes und freiwilliger Massnahmen hat der Bundesrat im Jahr 2001 das Programm EnergieSchweiz als Nachfolgeprogramm von Energie 2000 gestartet. Die bislang auf 2010 ausgerichteten Ziele von EnergieSchweiz für Gemeinden wurden jüngst in Anlehnung an die Aktionspläne des UVEK auf die langfristig erforderlichen Reduktionswerte aktualisiert und fortgeschrieben.
Nach Fukushima	Laut Aussagen des Bundesamtes für Energie hat sich die Lage im Energiebereich geändert und der Bundesrat hat das UVEK mit der Erarbeitung neuer Energieszenarien und entsprechender Aktions- und Massnahmenpläne beauftragt. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Massnahmen die Bestrebungen dieser Energieplanung zusätzlich unterstützen werden.

² UVEK = Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

2.2 Energiepolitik des Kantons Zürich

Energiegesetz (EnerG) des Kantons Zürich

Das Energiegesetz bezweckt eine ausreichende, wirtschaftliche und umweltschonende Energieversorgung. Dabei soll der sparsame Umgang mit Primärenergie gefördert, der Energieverbrauch kontinuierlich gesenkt, die Effizienz der Energieanwendungen verbessert, die einseitige Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern vermindert sowie der Einsatz erneuerbarer Energien gefördert werden (vgl. EnG §1).

Vision Energie 2050 (1994, revidiert 2007)

Oberstes Ziel der Vision Energie 2050³ ist die Verhinderung einer Klimaveränderung. Um dieses Ziel zu erreichen soll langfristig nur noch 1 Tonne CO₂ pro Person und Jahr durch das Verbrennen fossiler Energien erzeugt werden. Nicht fossile Energien können im Sinne der Vision frei verwendet werden, da diese "keinen" CO₂-Ausstoss erzeugen. Als Zielszenarien werden die beiden von der "Referenz" abweichenden Szenarien "Fortschritt" und "Verzicht" bezeichnet.

Energieplanungsbericht 2010

Seit 1994 erstattet der Regierungsrat alle 4 Jahre Bericht über die Energieplanung des Kantons Zürich. Der Energieplanungsbericht 2010⁴ beinhaltet eine reich illustrierte Übersicht über die Grundlagen, die strategischen Stossrichtungen sowie den Vollzugsstand für die verschiedenen Handlungsfelder der Bereiche Gebäude, Mobilität und Stromversorgung.

2.3 Energiepolitische Ziele von Winterthur

Legislatorschwerpunkte Winterthur 2010 - 2014

In den Legislatorschwerpunkten Winterthur 2010 bis 2014⁵ wird ein sorgsamer Umgang mit Energie als generelle Zielsetzung angestrebt. Um dieses Ziel zu erreichen werden Vorhaben von hoher Bedeutung definiert:

"Der Stadtrat strebt für den Klimaschutz und eine nachhaltige zukünftige Energieversorgung die 2000-Watt- und 1-Tonne-CO₂-Gesellschaft an. Er tut dies im Wissen, dass es ein ambitioniertes und langfristiges Ziel ist. Der technologische Fortschritt wird einen Teil zur Erreichung des Ziels beitragen. Zusätzlich werden auch die Planung und die Umsetzung von griffigen Massnahmen notwendig sein, welche von der Bevölkerung mitgetragen werden müssen. In dieser Legislatur werden mit dem Energiekonzept 2050 und einem aktualisierten Energieplan die Grundlagen für die Umsetzung erarbeitet. Sie werden aufzeigen, mit welchen Massnahmen, in welchen Schritten und in welchem Zeitraum die Ziele erreicht werden können."

Ziele gemäss Grundlagenbericht Energiekonzept 2050

Gestützt auf die Vorgaben von Bund und des Kantons Zürich definiert der Bericht "Grundlagen Energiekonzept 2050" auf Winterthur zugeschnittene Absenkpfade für die Primärenergie, die Treibhausgasemissionen sowie die Endenergie für die Wärmeversorgung⁶. Dazu wurden zuerst die Ausgangswerte von Winterthur für 2008 ermittelt. Anschliessend wurden darauf abgestimmt plausibilisierte Werte der Einzelziele und Absenkpfade festgelegt und mit den Vorgaben von Energiestadt⁷ verglichen.

³ http://www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/energie_radioaktive_abfaelle/veroeffentlichungen.html

⁴ Download: www.energie.zh.ch

⁵ http://stadt.winterthur.ch/fileadmin/user_upload/Portal/news/beilagen/doc/pdf3102761100.pdf

⁶ Der Bericht "Grundlagen Energiekonzept 2050" wurde vom Stadtrat am 23. März 2011 zustimmend zur Kenntnis genommen.

⁷ http://www.energiestadt.ch/files_all/2000_Watt/2000-Watt-Gesellschaft_EsfG_energiepolitischeZiele.pdf

Für die räumliche Energieplanung direkt von Bedeutung sind die festgelegten Zielwerte 2050 der Endenergie und des Energiemixes für die Wärmeversorgung⁸. Der Endenergiebedarf soll im Jahr 2050 max. 80% des heutigen Energiebedarfs betragen – trotz dem grossen erwarteten Wachstums an Gebäudefläche. Die grosse Herausforderung wird vor allem die angestrebte Veränderung des Energieträgermixes sein. So soll der Anteil an fossilen Energieträgern an der Wärmeerzeugung von heute (2008) 86% auf rund 16% (ohne Berücksichtigung der wärmegeführten Stromproduktionsanlagen) für das Jahr 2050 sinken.

Zwischenziele 2020 und 2035

Basierend auf diesen Zielen 2050 werden für die räumliche Energieplanung entsprechend den kürzeren Planungs- und Handlungshorizonten (vgl. Kap. 1) Zwischenziele für die Jahre 2020 und 2035 definiert. Diese Zwischenziele stellen Etappenziele auf dem Weg zu den definierten Zielen im Jahre 2050 dar.

Der Endenergieverbrauch⁹ für die Wärmeerzeugung soll bis 2050 um 20% reduziert werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass Massnahmen zu Beginn des Absenkungspfades einfacher umzusetzen sind und einen grösseren Wärmeeinsparungseffekt erzielen. Daher wird für 2008 bis 2020 mit einer Reduktion um 10% und in den nachfolgenden Zeitperioden jeweils um 5% gerechnet.

Die Zwischenziele zur Reduktion der fossilen Energieträger betragen bis 2020 minus 30% und bis 2035 minus 60% gegenüber den Werten von 2008.

Absenkpfad Endenergie und Veränderung Energiemix mit Zwischenzielen

- Strom für Wärme
- Abwärme aus Abwasser, Kühlung und Wärmerückgewinnung
- Umweltwärme
- Energieholz
- KVA-Abwärme
- Erdgas
- Heizöl

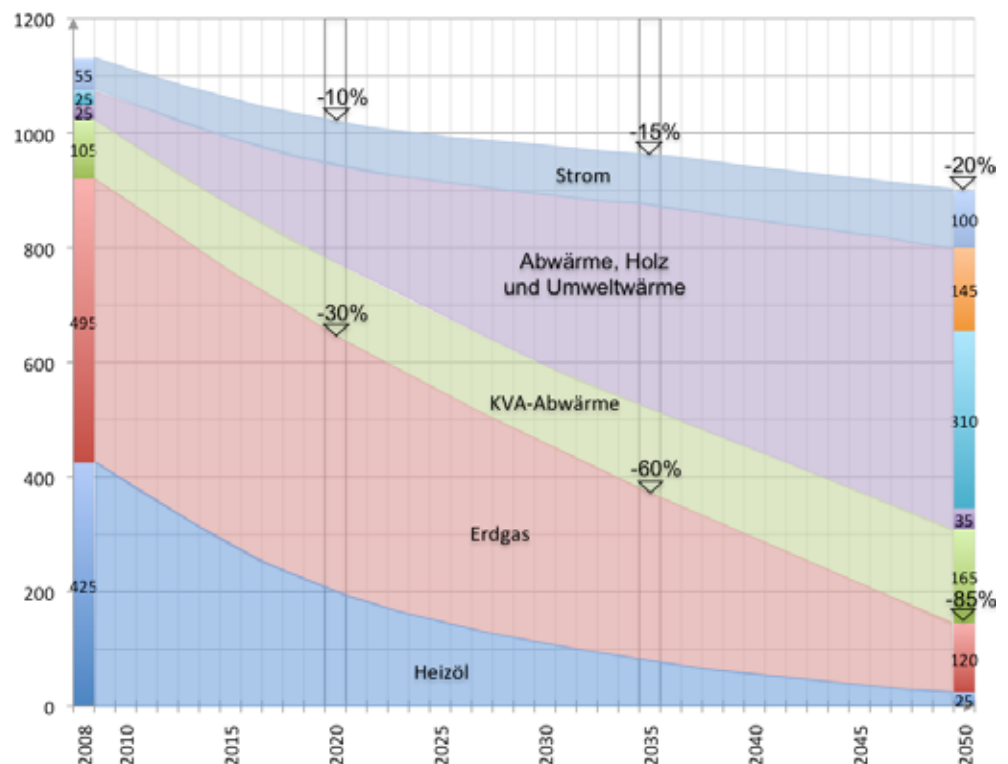


Abb. 1: Absenkpfad Wärmebedarf für die Zeitstände 2020, 2035 und 2050 (in GWh/a)

⁸ vgl. Kap. 5.2.2, Grundlagen Energiekonzept 2050, Abb. 12

⁹ Endenergie: vgl. Glossar in Anhang A

2.4 Planungsrechtliche Grundlagen

Kantonale Grundlagen

Die wichtigsten kantonalen Grundlagen für die kommunale Energieplanung sind das kantonale Energiegesetz (EnG) mit den zugehörigen Verordnungen, die Energieplanungsberichte, das Planungs- und Baugesetz (PBG) sowie die kantonale Richtplanung. Die rechtliche Basis für den Energieplan bildet § 7 EnG:

"Energieplanung der Gemeinden

¹ Die Gemeinden können für ihr Gebiet eine eigene Energieplanung durchführen. Die zuständige Direktion des Regierungsrates (Direktion) kann einzelne Gemeinden oder die Gemeinden eines zusammenhängenden Energieversorgungsgebiets zur Durchführung einer Energieplanung verpflichten.

² Die Energieplanung kann für das Angebot der Wärmeversorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern Gebietsausscheidungen enthalten, die insbesondere bei Massnahmen der Raumplanung als Entscheidungsgrundlage dienen.

³ Die kommunale Energieplanung unterliegt der Genehmigung der Direktion."

Kantonale Richtplanung

Die Kantonale Richtplanung legt die Grundzüge der künftigen Raumentwicklung des Kantons fest. Im Versorgungsplan, Kap. 5.4 Energie¹⁰ werden Ziele, Potenziale und raumwirksame Massnahmen von überkommunaler Bedeutung festgelegt. Für den Energieplan Winterthur von Bedeutung sind folgende Festlegungen des kantonalen Richtplanentwurfes:

KVA Winterthur, Abwärmepotenzial 300 GWh/a

ARA Winterthur, Abwärmepotenzial 67 GWh/a

Energieholzpotenzial Winterthur 26 GWh/a

Planungsprioritäten

Die kantonale Prioritätenfolge (Richtplan Entwurf Kapitel 5.4.1) berücksichtigt primär die Belange Wertigkeit, Ortsgebundenheit und Umweltverträglichkeit:

"Für die Wärmeversorgung sind – unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit sowie der Versorgungs- und Betriebssicherheit – die Wärmequellen gemäss nachstehender Reihenfolge auszuschöpfen und entsprechende Gebietsausscheidungen vorzunehmen:

1. Ortsgebundene hochwertige Abwärme
Abwärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) und langfristig zur Verfügung stehende Industrieabwärme, die ohne Hilfsenergie direkt verteilt und genutzt werden kann.
2. Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme
Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und Industrien sowie Wärme aus Flüssen, Seen und Grundwasser.
3. Leitungsgebundene fossile Energieträger
Gasversorgung für Siedlungsgebiete mit hoher Energiedichte; für grössere Bezüger ist der Einsatz von gasbetriebenen Wärmekraftkoppelungsanlagen (WKK) anzustreben.
4. Regional gebundene erneuerbare Energieträger
Einheimisches Energieholz in Einzelanlagen, Anlagen für Grossverbraucher oder Quartierheizzentralen (Holzschnitzelfeuerungen mit Wärmeverbund), Vergärungsanlagen.

Zudem ist für die Wärmeversorgung ausserhalb von Wärmeverbunden die Nutzung von örtlich ungebundener Umweltwärme aus der Umgebungsluft, der Sonnenenergie und der untiefen Geothermie anzustreben."

Anschlussverpflichtung

Gestützt auf den Kommunalen Energieplan und § 295 Abs. 2 PBG kann die Gemeinde fallweise eine Anschlussverfügung sowohl für Neu- und Umbauten als auch für bestehende Bauten erlassen.

"Wenn eine öffentliche Fernwärmeversorgung lokale Abwärme oder erneuerbare Energien nutzt und die Wärme zu technisch und wirtschaftlich gleichwertigen Bedingungen wie aus konventionellen Anlagen anbietet, kann der Staat oder die Gemeinde Grundeigentümer verpflichten, ihr Gebäude innert angemessener Frist an das Leitungsnetz anzuschliessen und Durchleitungsrechte zu gewähren."

¹⁰ Richtplan Kanton Zürich, Entwurf zur öffentlichen Auflage 2011

3 Analyse Ist-Situation

3.1 Datenauswertung

Für die Analyse des heutigen Energiebedarfs der Wärmeversorgung wurden einerseits die verfügbaren Daten der kommunalen Feuerungskontrolle, des kantonalen GIS-Browsers¹¹ sowie von Stadtwerk Winterthur (Elektrizität, Erdgas, Fernwärme) verwendet. Andererseits wurden Daten des Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR) und der Betriebszählung 2005 ausgewertet und kombiniert mit spezifischen Durchschnittswerten (Energiekennzahlen nach Gebäudealter und Wärmebedarfswerte nach Art der Arbeitsplätze) die Wärmebezugsdichte der Bereiche Wohnen und Arbeiten ermittelt.

Diese Daten wurden ortsbezogen im GIS erfasst und aufbereitet. Damit können sie im ha-Raster oder gebietsweise kombiniert, ausgewertet und dargestellt werden:

- Energiebezug Wohnen
Spezifische Wärmedichte für Heizung und Warmwasser im ha-Raster
- Energiebezug Arbeiten (Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebetriebe)
Spezifische Wärmedichte für Heizung und Prozesse (ohne Elektrizität) im ha-Raster
- Energiebezug für Wohnen und Arbeiten
Spezifische Wärmedichte für Heizung, Brauchwarmwasser und Prozesse im ha-Raster
- Übersichtskarte Energiepotenziale
Räumliche Darstellung der wichtigsten Abwärmequellen (KVA, ARA, Sammelkanäle), der Grundwasservorkommen als mögliche Umweltwärmequelle, der Gebiete mit zulässiger Erdwärmenutzung sowie bestehender leitungsgebundener Energien.
- Installierte Leistung Gaskessel
- Installierte Leistung Heizölkessel
- Strombezug Arbeiten (Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebetriebe)

3.2 Energiebezug Wohnen

Der im ha-Raster ausgewertete Energiebezug Wohnen umfasst lediglich die für Wärmezwecke (Heizung und Warmwasser) erforderliche Energie, exkl. Elektrizität für Licht oder Haushaltgeräte. Basis der Auswertung bilden nationale Geodaten (Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister 2010, bezogen vom Statistischen Amt des Kt. Zürich). Ermittelt werden die spezifischen Energiedichten über Gebäudenutzflächen Wohnen, Gebäudealter und den Bauperioden zugeordnete typische Energiekennzahlen¹² (vgl. Abb. 7).

¹¹ GIS: Geografische Informationssysteme

¹² Energiekennzahlen in kWh/m².a: bis 1918: 175; 1919-70: 190; 1971-85: 175; 1986-1995: 130; 1996-2010: 100; ergibt $\bar{\sigma}$ von 154 kWh/m².a

Wärmebezugsdichte Wohnen heute

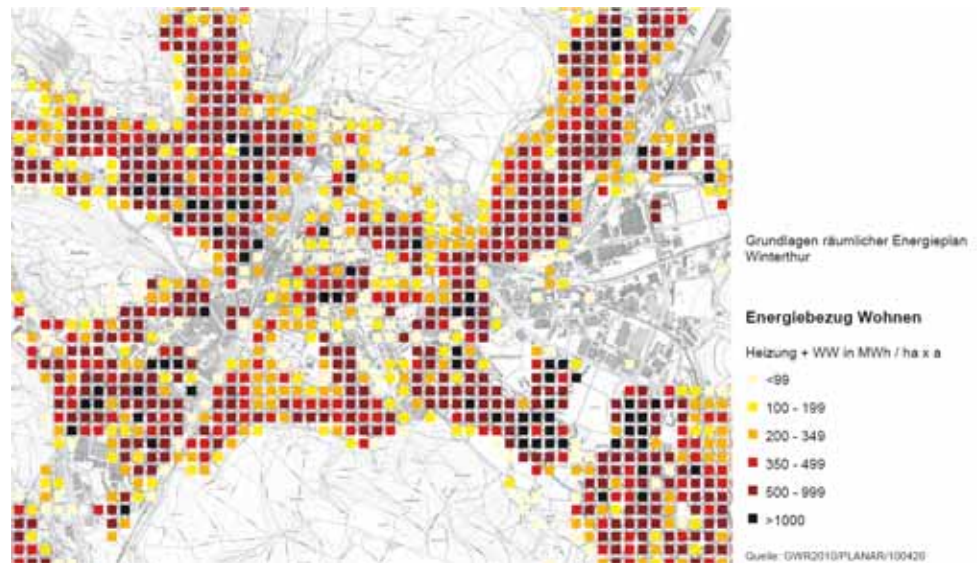


Abb. 2: Wärmebezugsdichte der Wohnbauten im ha-Raster (Quelle: GWR 2010)

3.3 Energiebezug Arbeiten

Der im ha-Raster ausgewertete Energiebezug Arbeiten (Dienstleistungs-, Gewerbe- und Industriebetriebe) umfasst neben der Wärmeerzeugung zusätzlich die für die jeweiligen Prozesse benötigte Energie (exkl. Stromverbrauch).

Basis bilden die Arbeitsplatzzahlen der Betriebszählung 2005 mit, den nach unterschiedlichen Arbeitsplatztypen (nach Branchen) zugeordneten, spezifischen Energieverbräuchen.

Wärmebezugsdichte Arbeiten heute

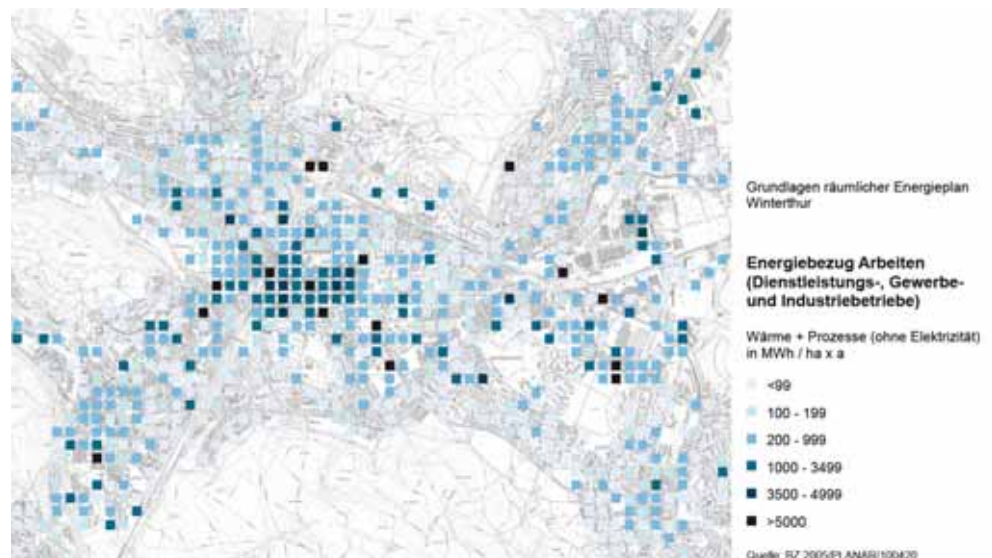


Abb. 3: Wärmebezugsdichte Arbeiten im ha-Raster (Quelle: BZ 2005)

3.4 Energiebezug Wohnen und Arbeiten

Der im ha-Raster dargestellte Energiebezug Wohnen und Arbeiten ist die Summe der beiden vorgängig beschriebenen Auswertungen.

Wärmebezugsdichte Wohnen und
Arbeiten heute
vgl. Anhang E

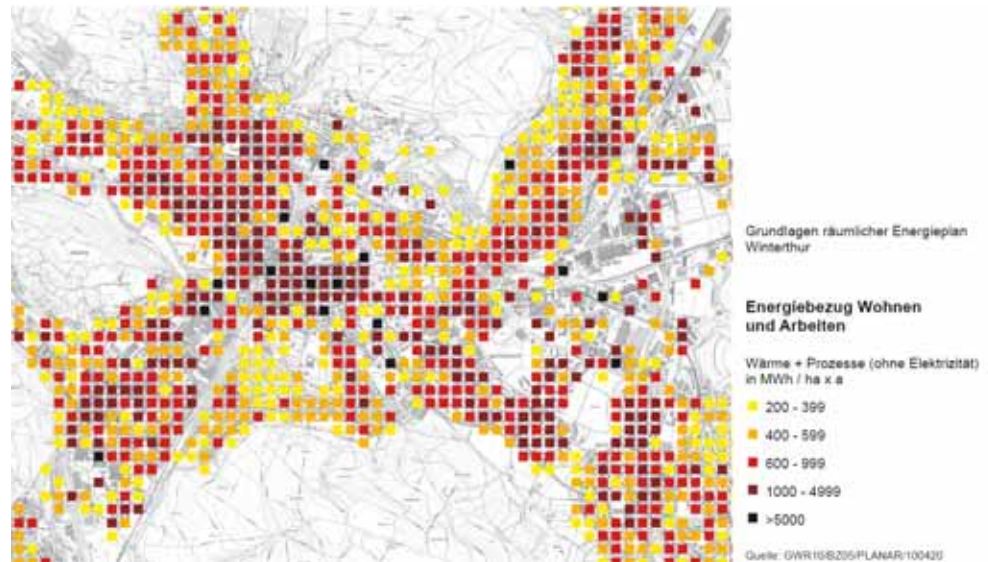


Abb. 4: Wärmebezugsdichte Wohnen und Arbeiten im ha-Raster (Quelle: GWR 2010, BZ 2005)

3.5 Prognose Wohnen 2035

Die Wärmebezugsdichte für das Jahr 2035 wird abgeschätzt¹³ (vgl. Abb. 5).

Die spezifischen Wärmebedarfswerte (Energiekennzahlen (EKZ) in kWh/m².a) werden dank Ersatzneubauten und Gebäudesanierungen erheblich reduziert. Neubauten in Nachverdichtungsarealen und Neubaugebieten werden markant tiefere EKZ aufweisen; sie sind in der untenstehenden Abbildung nicht berücksichtigt. Die Abnahme der Wärmebezugsdichte von heute bis zum Jahr 2035 wird durch nachfolgendes Wärmebezugsdichte-Differenzbild (heute - 2035) dargestellt (Abb. 6). Die grössten Abnahmewerte resultieren in Gebieten mit hohen Wärmebezugsdichten und mit Gebäuden mit anstehendem Sanierungsbedarf.

¹³ Hochgerechnet aus Wohnfläche und Gebäudealter gemäss 3.2 mit folgenden Energiekennzahlen in kWh/m².a: bis 1918: 120; 1919-70: 90; 1971-85: 90; 1986-1995: 100; 1996-2010: 90; ergibt $\bar{\sigma}$ von 98 kWh/m².a. In diesen Energiekennzahlen sind die Ersatzneubauten bereits berücksichtigt. Es wird von einem Zuwachs der Energiebezugsfläche um 25% von 6.7 Mio. m² per 2010 auf 8.3 Mio. m² per 2050 ausgegangen (vgl. Grundlagen Energiekonzept 2050: Kap. 5.1.5, S. 32).

Wärmebezugsdichte Wohnen
2035

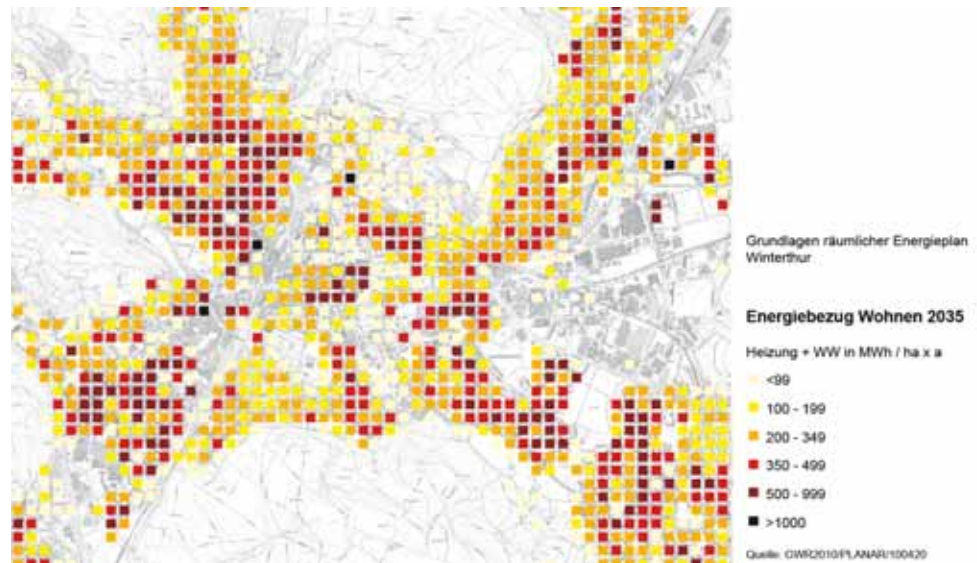


Abb. 5: Prognose Wärmebezugsdichte 2035 der Wohnbauten im ha-Raster (Quelle: GWR 2010)

Abnahme Wärmebezug Wohnen
2010 bis 2035

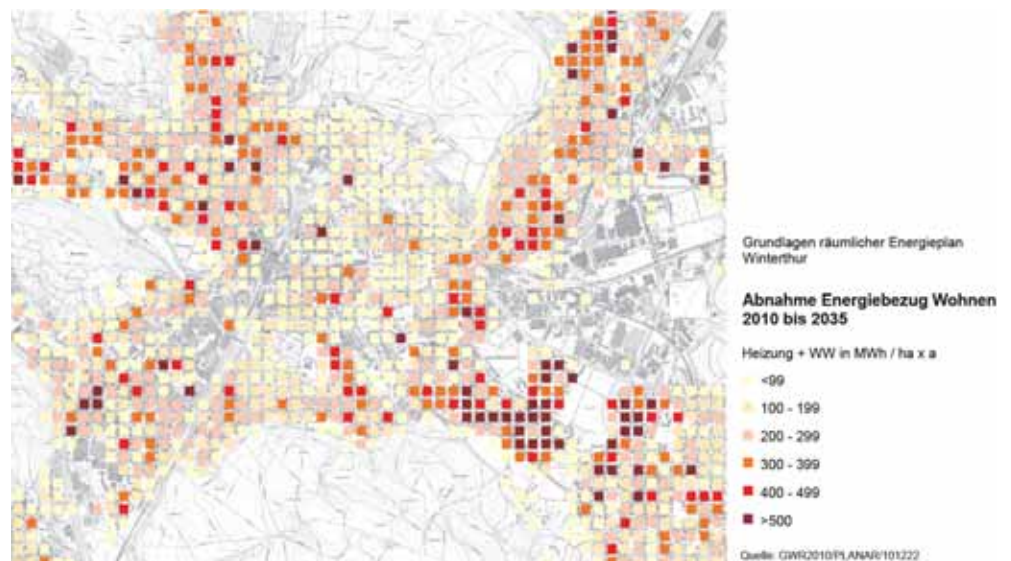


Abb. 6: Prognose Rückgang der Wärmebezugsdichte zwischen 2010 und 2035 der Wohnbauten im ha-Raster (Quelle: GWR 2010)

3.6 Gebäudepark Winterthur

Die totale Wohnfläche in der Stadt Winterthur beträgt zirka 4'200'000 m². Rund 83% der Gebäude wurden vor 1986 erstellt. Aufgrund der hohen Energiekennzahl dieser älteren Gebäude besteht ein grosses Potenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs.

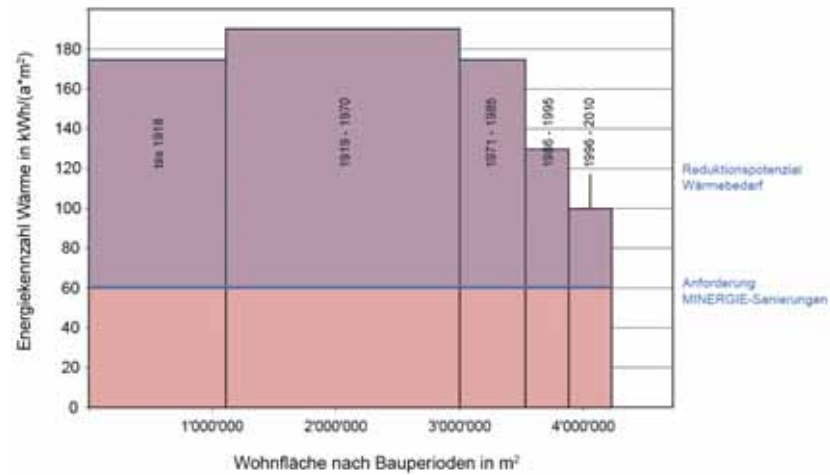


Abb. 7: Wohnfläche der Stadt Winterthur nach Bauperioden mit $\bar{\sigma}$ Energiekennzahlen (Quelle: GWR 2010)

3.7 Wärmebedarf – Top-Down und Bottom-Up

Aufgrund der vorhandenen Daten kann der Energiebedarf für die Wärmeversorgung des Siedlungsgebietes sowohl mit einem Top-Down-Ansatz als auch mit einem Bottom-Up-Ansatz ermittelt und gegenseitig abgeglichen werden (Abb. 8):

Der Top-Down-Ansatz ermittelt den Wärmebedarf für das Wohnen und Arbeiten separat. Der Wärmebedarf für das Wohnen basiert auf dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) und für das Arbeiten wird die Betriebszählung (BZ) von 2005 verwendet mit entsprechenden spezifischen Bedarfswerten (vgl. Kap. 3.1 bis 3.3).

Der Bottom-Up-Ansatz basiert auf den Verbrauchsdaten von Stadtwerk Winterthur und den Brennerleistungen der Feuerungsanlagen. Der Bottom-Up-Ansatz ermöglicht die Quantifizierung des Energiebedarfs sowie die Herleitung des Energiemixes (vgl. Abb. 9).

Energiebedarf Wärmeversorgung
Siedlungsgebiet heute

Energiebedarf für Wärmeversorgung in GWh/a

		Bemerkungen
Top-Down Datengrundlagen: GWR, BZ, EKZ = ϕ von ZH & BS		
Wohnen (Heizung & WW)	637	entspricht ϕ EKZ = 151 kWh/m ² a
Arbeiten (ohne Strom)	478	
Total	1115	
Bottom-Up Datengrundlagen: Verbräuche (Stadtwerke), Brennerleistungen (Feuerungsdaten), ...		
Erdgas	495	507 abzüglich Nachbargemeinden
Heizöl	413	Brennerleistung x 1344 (h analog ϕ Erdgasbrenner)
Heizöl (Zweistoffbrenner)	12	3 Tage / Jahr
KVA Abwärme	105	Absatz 2008
Holz	20	Brennerleistung x 1400
Strom Wärme	40	ca. 30% des Brauchwarmwassers
Wärmepumpen	20	Strom + Umweltwärme gemäss Grundlagen Energiekonzept 2050
thermische Solarenergie	10	gemäss Grundlagen Energiekonzept 2050
Total	1115	

Abb. 8: Abgleich Wärmebedarf nach Top-Down und Bottom-Up-Ansatz

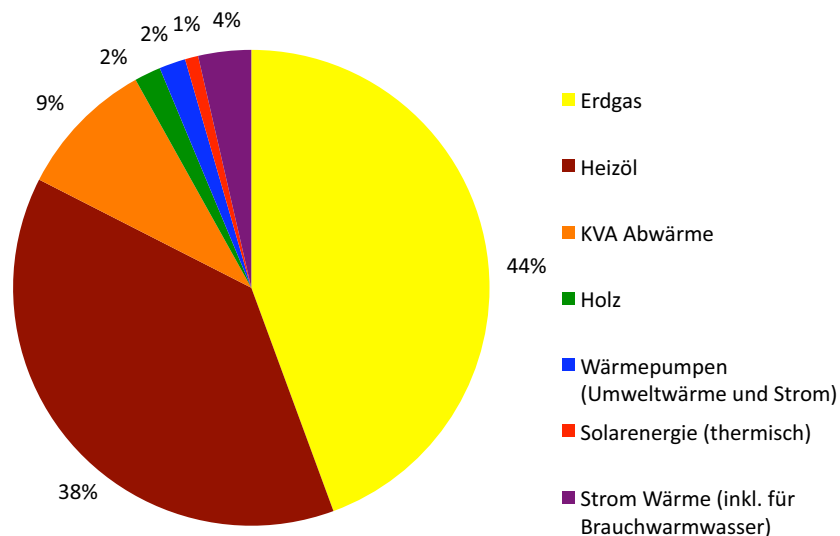


Abb. 9: Energieträgermix (Basisdaten von 2008 bis 2010)

4 Energiepotenziale

Nachfolgend werden die Energiepotenziale der Stadt Winterthur ermittelt und beschrieben. Dabei handelt es sich um reine Potenzialbetrachtungen, d.h. das Vorhandensein eines Potenzials als solches genügt, um aufgeführt zu sein. Die technische Machbarkeit / Erschliessbarkeit und/oder die Wirtschaftlichkeit der Nutzung solcher Potenziale sind damit noch nicht abschliessend geklärt. Zudem werden an dieser Stelle auch keine Aussagen über die zeitliche Realisierbarkeit einer entsprechenden Nutzung gemacht.

4.1 Abwärme

4.1.1 Ortsgebundene hochwertige Abwärme

Abwärme aus Kehricht

Die Kehrichtverwertungsanlage (KVA) Winterthur ist die bedeutendste Wärmequelle mit hochwertiger Abwärme. Neben der Stromerzeugung wurden 2008 rund 105 GWh Wärme über den bestehenden Wärmeverbund abgesetzt.

Mit einem Stromnutzungsgrad von 0,15 und einem Wärmenutzungsgrad von 0,33 liegt die KVA Winterthur über dem Schweizer Durchschnitt und erfüllt den minimalen Gesamtnutzungsgrad gemäss Energieverordnung (vgl. Abb. 10).

Vergleich des Strom- und Wärmenutzungsgrades der KVA

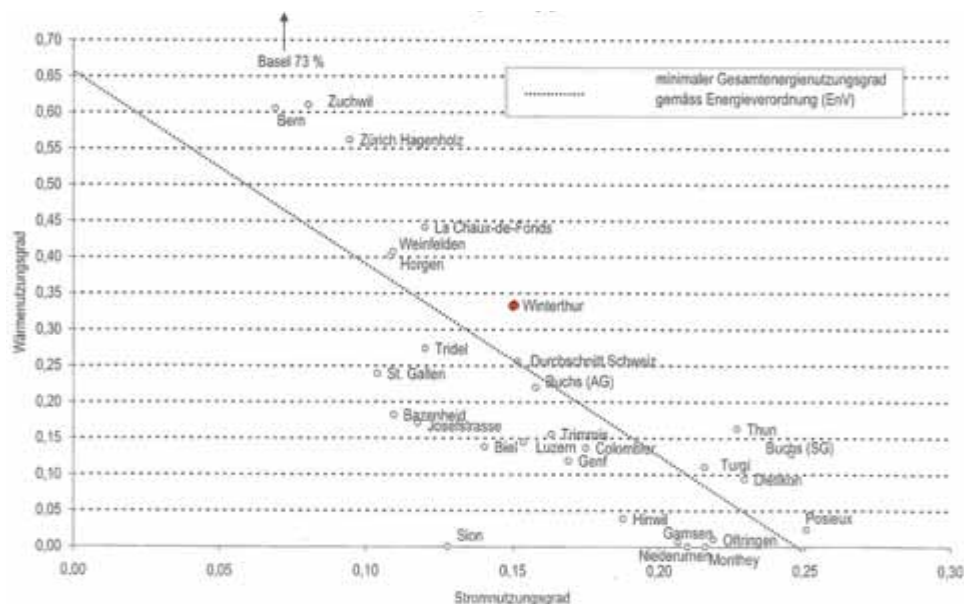


Abb. 10: Gesamtnutzungsgrad KVA 2006 (Quelle: Abfallwirtschaftsbericht 2008, BAFU)

Potenzial der nutzbaren KVA-Abwärme

Gemäss Angaben von Stadtwerk Winterthur kann mit dem Ausbau der KVA künftig maximal 54 MW Abwärme ausgekoppelt und über das Fernwärmenetz verteilt werden. Die nutzbare Abwärme-Jahresmenge ist einerseits von der Grösse des Wärmebedarfes und andererseits von der verfügbaren Spitzendeckung abhängig.

Im heutigen Versorgungsgebiet können mit einer Erhöhung der Anschlussdichte max. 3'000 Voll-Laststunden erreicht werden; d.h. es können rund 160 GWh

Abwärme abgesetzt werden (dies entspricht etwa 34% der theoretischen Jahresproduktion an Abwärme).

Das im kantonalen Richtplan¹⁴ ausgewiesene Abwärmepotenzial der KVA Winterthur von 300 GWh pro Jahr kann nur mit einer Erhöhung der Voll-Laststunden auf über 5'500 h pro Jahr erreicht werden (entspricht etwa 63% der theoretischen Jahresproduktion an Abwärme). Dies kann durch eine Vergrößerung des Versorgungsgebietes und eine entsprechende Erhöhung der Spitzendeckung erreicht werden. Damit wird ausserhalb der Haupt-Heizperiode ein wesentlich höherer Anteil an KVA-Abwärme über das Fernwärmenetz abgesetzt (vgl. Abb. 11).

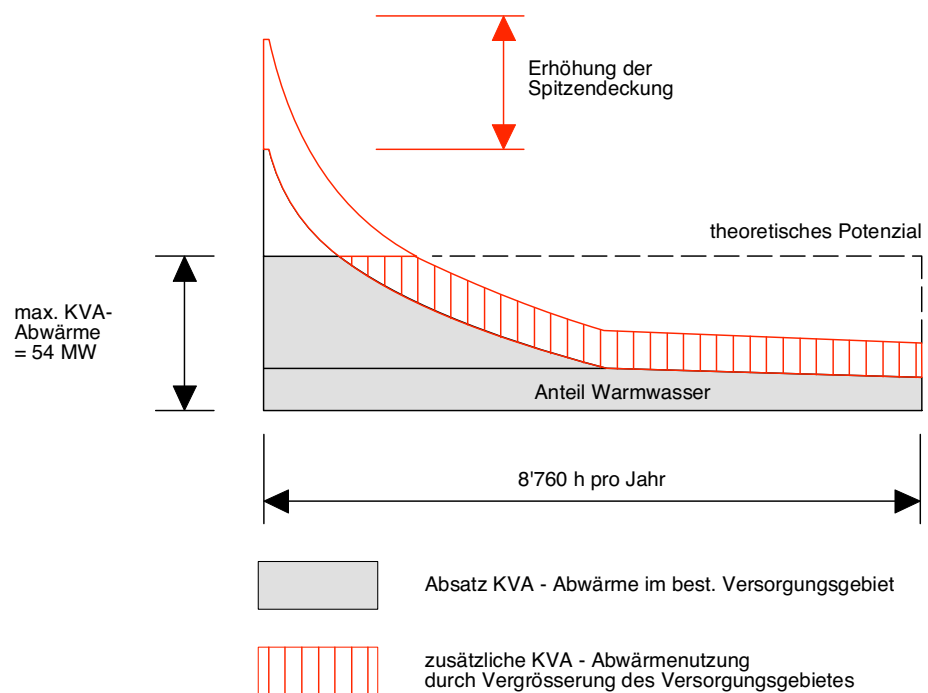


Abb. 11: Vergleich theoretisches und praktisch nutzbares Potenzial der KVA-Abwärme)

Im Rahmen der räumlichen Koordination der Wärmeversorgung und von Betriebsoptimierungen ist vorgesehen, die Möglichkeiten einer Erhöhung des energetischen Gesamtnutzungsgrades des Hausmülls zu prüfen; aus heutiger Sicht mit den folgenden Ansatzpunkten:

- saisonale Optimierung zwischen Stromerzeugung und Wärmeabgabe
- Prüfung einer zusätzlichen Wärmeauskopplung auf tieferem Temperaturniveau (z.B. für grössere Neubaugebiete)
- Optimierung des Wärmeabsatzes (Verdichtung / Vergrößerung Wärmeverbund-Gebiet) allenfalls mit Spitzendeckung (hauptsächlich mit Erdgas) im Winter sowie Kühlung im Sommer mittels Abwärme.

Abnehmerseitig muss gleichzeitig von einer kontinuierlich abnehmenden Energiebezugsdichte ausgegangen werden. Als Folge intensiver Gebäudesanierungen und zahlreicher Neu- und Ersatzbauten wird sich die mittlere Energiekennzahl (EKZ) von heute rund 150 kWh/m²a bis ins Jahr 2035 auf rund 100 kWh/m²a

¹⁴ Richtplanentwurf 2011 zur öffentlichen Auflage, Kap. 5.4, Seiten 5-18

reduzieren¹⁵ – eine Reduktion um ca. 33%. Zusammen mit der möglichen Steigerung der Abwärmeeinspeisung entsteht dadurch ein erhebliches Verdichtungs- und Erweiterungspotenzial des Versorgungsgebietes.

Industrieabwärme

Die Firma Wärtsilä testet Schiffsmotoren. Aufgrund der sehr geringen Betriebsstundenzahl ist eine rentable Nutzung der Abwärme der Versuchsmotoren jedoch nicht möglich.

Es sind keine weiteren nutzbaren hochwertigen Abwärmepotenziale der Industrie bekannt.

Potenzialabschätzung

Gemäss den bisher vorgenommenen Optimierungsmassnahmen kann mit einem KVA-Abwärme-Nutzpotenzial von mindestens 160 GWh/a bis maximal 300 GWh/a gerechnet werden.

4.1.2 Ortsgebundene niederwertige Abwärme

Industrieabwärme

In Winterthur sind zahlreiche Energiegrossverbraucher angesiedelt (ca. 20 Bezüger von jährlich mehr als 2 GWh Erdgas und ca. 40 mit jährlich mehr als 1 GWh Strom). Diese gelten als potenzielle Abwärmequellen. Nur wenige Betriebe eignen sich jedoch für eine allfällige Abwärmenutzung (Dauer und Zuverlässigkeit der Abwärme-Erzeugung). Bei diesen Betrieben sollen bei Bedarf (z.B. bei betrieblicher Sanierung oder bei Neubauprojekten in unmittelbarer Umgebung als möglichen Nutzer) weitere Abklärungen erfolgen (AXA, Vitogas). Die Menge und Verwendung von Kühlungswärme aus den projektierten Eishallen wird gegenwärtig in einem Energiekonzept geklärt.

Potenzialabschätzung

Das Potenzial für Klein-Wärmeverbunde zur Abwärmenutzung aus Industrien und Einrichtungen ausserhalb des KVA-Abwärmeverbundes ist gering. Weitere Abklärungen oder Betriebsbegehungen sind projektspezifisch durchzuführen.

Wärme aus Rohabwasser

Für die Nutzung von Wärme aus Rohabwasser in Einzelprojekten oder Klein-Wärmeverbunden bestehen nutzbare Potenziale direkt beim Verursacher sowie entlang von Sammelkanälen. Der durchschnittliche Trockenwetterabfluss dieser Sammelkanäle muss mindestens 15 l/s betragen. Bei der Nutzung von Wärme aus Rohabwasser sind in der Regel bivalente Systeme vorzusehen, damit eine ausreichende Versorgungssicherheit erreicht wird und weil bei tiefen Temperaturen des Rohabwassers (z.B. durch eingeleitetes Schmelzwasser) eine weitere Abkühlung des Abwassers vermieden werden muss (zur Gewährleistung der Reinigungswirkung der ARA ist eine minimale Wassertemperatur von 9°C erforderlich).

Bereits bestehende und bewilligte Abwärmenutzungen aus Rohabwasser:

- Wässerwiesen: Contracting EBM, 4 GWh/a, davon 50% aus Abwasser
- Wohnüberbauung Maienried: wird zur Zeit saniert
- Wohnüberbauung in Neuhegi; Wärmenutzung aus eigenem Abwasser
- Hochhaus Wintower: Heizen und Kühlen mit Rohabwasser

¹⁵ Energiebezugsdichten von 400 - 600 MWh/ha.a ermöglichen immer noch eine Energieversorgung mittels leitungsgebundenen Energieträgern effizient und rentabel zu betreiben.

Potenzialabschätzung

Für die Nutzung von Wärme (und Kälte) aus Rohabwasser in Einzelprojekten oder Klein-Wärmeverbänden bestehen nutzbare Potenziale direkt beim Verursacher (Wärmerückgewinnung) sowie entlang von Sammelkanälen vor allem zwischen der Stadtmitte und der ARA. Das nutzbare Potenzial ist projektspezifisch abzuklären.

Wärme aus gereinigtem Abwasser

Die Abwasserreinigungsanlage (ARA) Hard in Winterthur Wülflingen reinigt das gesamte Abwasser der Stadt sowie der Gemeinden Zell, Turbenthal, Wila, Kyburg, Elsau und Brütten. Die dezentrale Lage am westlichen Stadtrand – angrenzend an die Gemeinden Pfungen und Neftenbach – spricht für eine Nutzung der Abwärme auch in diesen Nachbargemeinden (ein kleiner Anteil von 0,4 GWh/a wird dort bereits genutzt). Das zusätzlich nutzbare Abwärmepotenzial beträgt 68,6 GWh/a¹⁶ bis 113 GWh/a¹⁷.

Potenzialabschätzung

Das zusätzlich nutzbare Abwärmepotenzial aus gereinigtem Abwasser der ARA beträgt (je nach Grösse des Versorgungsgebietes) zwischen 50 und 70 GWh/a.

4.2 Umweltwärme

4.2.1 Ortsgebundene Umweltwärme

Wärme aus Grundwasser

Grosse Teile von Winterthur liegen über Grundwasserträgern unterschiedlicher Mächtigkeit mit zahlreichen bestehenden Grundwasserbrunnen (vgl. Karte Energiepotenziale). Nur kleinere Teile des Gebietes liegen in für die Trinkwassergewinnung reservierten Grundwasserschutzzonen. Das Wärmenutzpotenzial wird als sehr gross eingeschätzt; es bestehen für die Wärmenutzung aus Grundwasser sehr günstige Voraussetzungen. Im Kanton Zürich erhalten nur grössere Anlagen mit einer Wärmeentzugsleistung ≥ 150 kW eine Konzession (Vermeidung von schlecht kontrollierbaren Kleinanlagen). Grundsätzlich kann auch Kühlen mit Grundwasser in Betracht gezogen werden. Es sind interessante Kombinationen bei gleichzeitiger oder saisonal abwechselnder Nutzung zu Kühl- und Wärmezwecken denkbar.

Wärme aus Trinkwasser

Ein zusätzliches Wärmenutzpotenzial stellt die bestehende Trinkwasserversorgung dar, die Grundwasser aus dem Tösstal im gesamten Siedlungsgebiet verteilt. Die Trinkwasserversorgung ist auf Brandfälle und den Spitzenverbrauch im Sommer ausgelegt. Im Winter besteht daher eine erhebliche Reserve an Trinkwasser (ca. 10'000 m³ pro Tag).

Damit eine Wärmenutzung aus dem Trinkwasser wirtschaftlich konkurrenzfähig wird, sind dazu separate, deutlich tiefere Tarife erforderlich. Zu klären ist die "Entsorgung" des abgekühlten Wassers: kann es direkt in den Vorfluter / Meteorwasserkanäle geleitet werden oder muss es versickert werden. Zudem bestehen ethische Vorbehalte zur Nutzung des "Lebensmittels Trinkwasser" für Heizzwecke.

¹⁶ Wärmeentzug (bei 4'000 Betriebsstd.) gemäss Energieplanungsbericht 2010 des Kt. Zürich, S. 36

¹⁷ Wärmeabgabe gemäss Erläuterungsbericht Energieplan Stadt Winterthur, 1998, S. 21 (gerechnet mit 5'400 Betriebsstunden und einer JAZ der WP von 3.0)

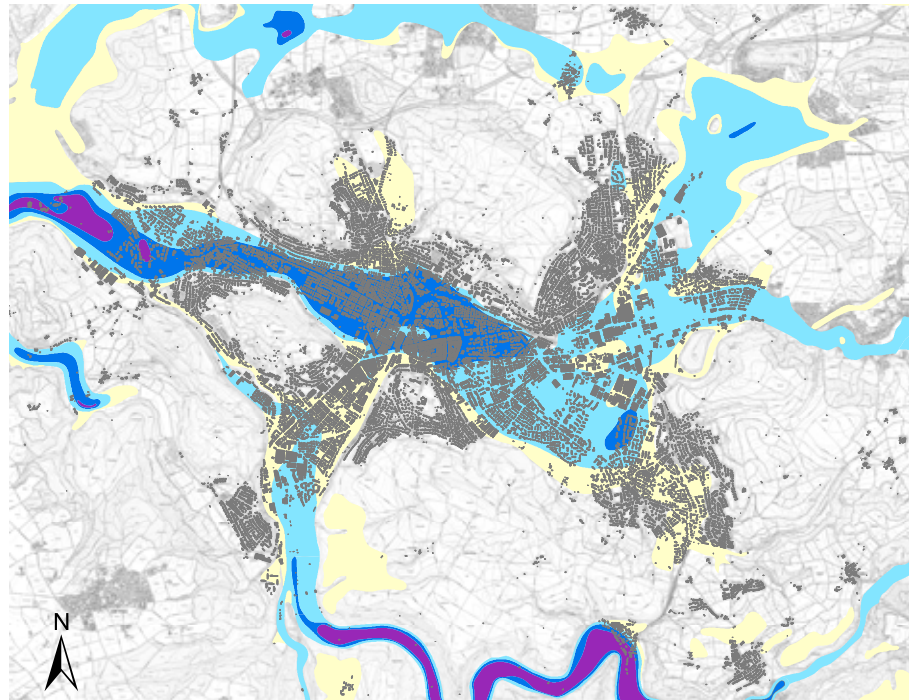


Abb. 12: Grundwasser-Mächtigkeit (vermutet und nachgewiesen):
gelb = gering, hellblau = mittel, dunkelblau = gross, violett = sehr gross

Potenzialabschätzung

Das Potenzial des Grundwassers zu Wärme- und Kühlzwecken ist immens, da Winterthur über ergiebigen Grundwasservorkommen liegt.

Das Potenzial zur Wärmenutzung aus Trinkwasser beträgt rund 10 GWh/a. Speziell in Gebieten ohne Gasversorgung und mit Ausschluss von Erdsonden stellt die Wärmenutzung aus Trinkwasser eine prüfenswerte Option dar.

Erdwärme

Die Nutzung von Erdwärme mittels Erdsonden und Wärmepumpen (untiefe Geothermie) erlebt in den letzten Jahren auch in Winterthur einen regelrechten Boom (vgl. Abb. 13). Zulässig ist die Erstellung von Erdsonden nur in Gebieten ohne Grundwasservorkommen.

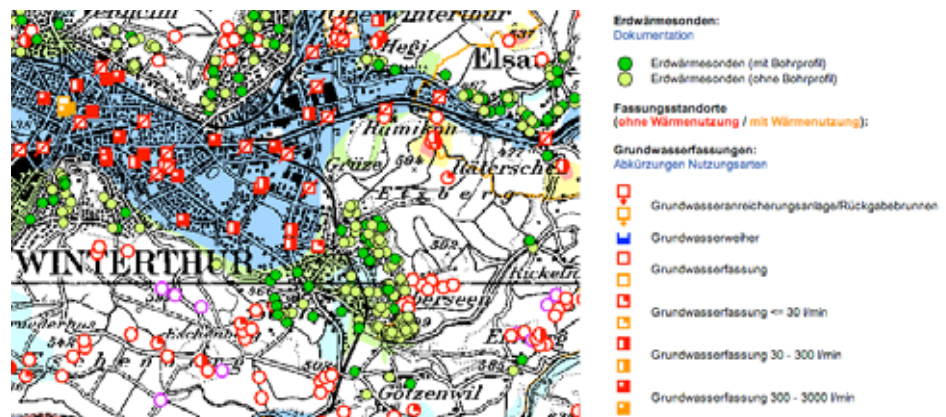


Abb. 13: GIS-Browser Kanton Zürich (Quelle: <http://www.gis.zh.ch/gb4/bluevari/gb.asp>)

Gebiete mit zulässigen
Erdwärmesonden

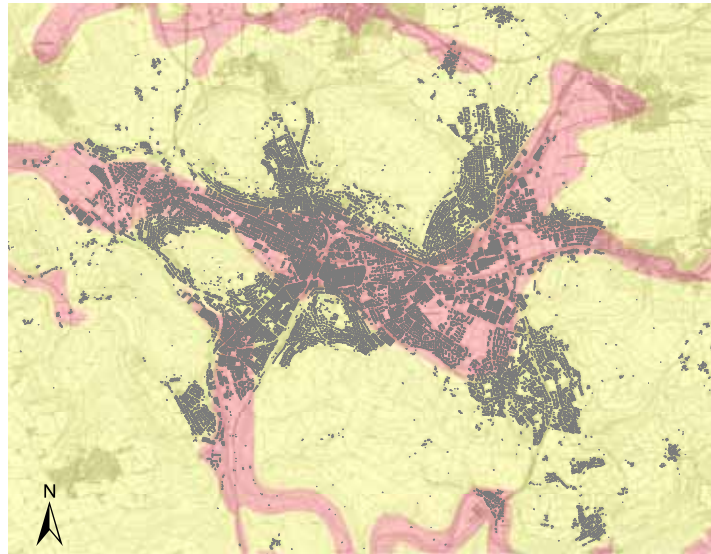


Abb. 14: Erdwärmesondenkarte: rot = Erdwärmesonden nicht erlaubt, gelb = Erdwärmesonden erlaubt¹⁸

Zur Gewinnung von Strom und Abwärme wurde 2010 die "Machbarkeitsstudie Tiefe Geothermie Winterthur" erarbeitet. Die lokalen geologischen Verhältnisse sind diesbezüglich nicht geeignet; das Projekt wird nicht weiter verfolgt.

Zunehmend von Interesse ist auch die direkte Nutzung von Erdwärme aus der (mittel-) tiefen Geothermie (ohne Wärmepumpen). Solche Anlagen kombiniert mit Nahwärmeverbänden sind insbesondere für Neubaugebiete mit Niedertemperaturheizungen (Vorlauf mit 30°C bis 35°C) sehr attraktiv und werden vom Kanton Zürich zurzeit speziell gefördert.

Potenzialabschätzung

Das Potenzial der Wärmenutzung aus der Erde kann allgemein als immens bezeichnet werden.

4.2.2 Nicht ortsgebundene Umweltwärme

Wärme aus der Umgebungsluft

Bei der Nutzung der Umgebungsluft ist keine räumliche Koordination erforderlich. Sie lässt sich überall und ohne kantonale Bewilligung oder Konzession nutzen. Jedoch haben Luft-Wasser-Wärmepumpen im Winter – in der Zeit des grössten Wärmebedarfs – einen tieferen Wirkungsgrad als solche, die Grundwasser oder Abwasser nutzen (vgl. Abb. 15). Luft-Wasser-Wärmepumpen bedingen jedoch die geringsten Investitionskosten hinsichtlich einmaliger Anschaffungs- und Installationskosten.

¹⁸ Es gilt der jeweils aktualisierte und nachgeführte Wärmenutzungsatlas des AWEL

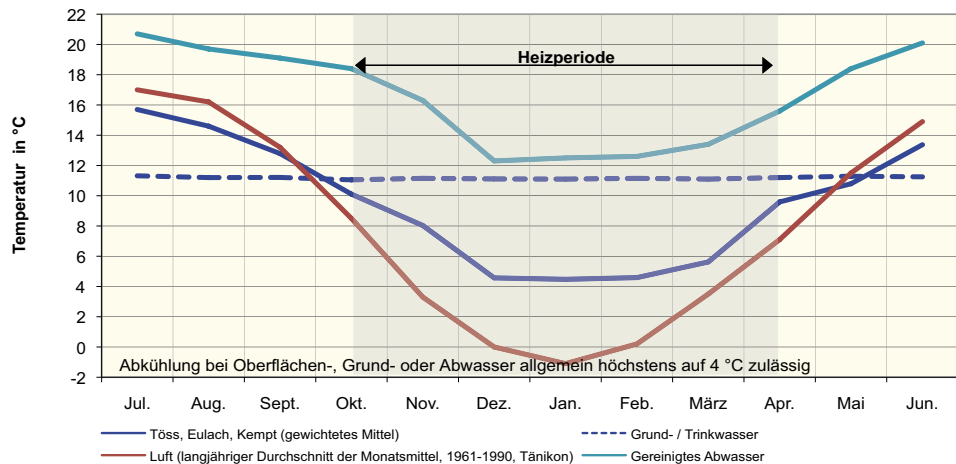


Abb. 15: Typischer Temperaturverlauf verfügbarer Umwelt- und Abwärmequellen (Quellen: <http://www.hydrodaten.admin.ch>, <http://www.awel.zh.ch>, <http://www.meteoschweiz.admin.ch>, ARA Winterthur)

Solarthermie

Sonnenenergie ist grundsätzlich überall nutzbar. Vorbehalte bestehen bzgl. Ortsbildverträglichkeit¹⁹ oder ungünstiger Exposition (z.B. steile, nordexponierte Schattenhänge, hohe Baumbestände, störende Blendwirkungen). Bei der thermischen Nutzung der Sonnenenergie zur Erzeugung von Brauchwarmwasser oder Raumwärme ist zudem die Ortsgebundenheit mit den Nutzern zu beachten.

Potenzialabschätzung

Das Potenzial der thermischen Solarnutzung ist immens (bei 1 m² Kollektor pro Einwohner beträgt der solare Deckungsgrad für Brauchwarmwasser rund 60%). Zu berücksichtigen ist jedoch die Saisonalität des anfallenden Solarertrags und des Wärmebedarfs.

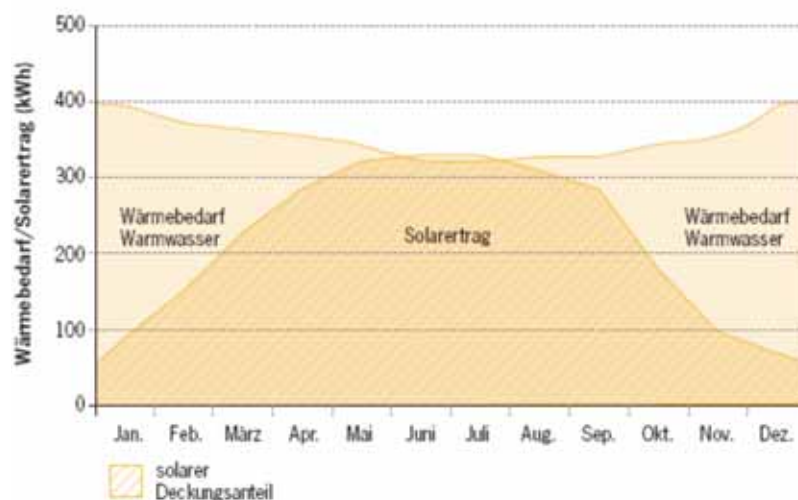


Abb. 16: Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung für einen 5-Personenhaushalt und Solarertrag von 5 m² Flachkollektoren im Jahresverlauf²⁰

¹⁹ Vgl. Art. 18a RPG – Solaranlagen: In Bau- und Landwirtschaftszonen sind sorgfältig in Dach- und Fassadenflächen integrierte Solaranlagen zu bewilligen, sofern keine Kultur- und Naturdenkmäler von kantonaler oder nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden.

²⁰ Quelle: Broschüre "Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung" des deutschen Wirtschaftsministeriums.

Die Energieausbeute eines Quadratmeters Kollektorfläche beträgt 250 kWh/m².a, wenn damit geheizt und Warmwasser aufbereitet wird, bis zu 600 kWh/m².a bei einer solaren Vorwärmung des Brauchwarmwassers. Allgemein ist auch das Potenzial der passiven Sonnenenergienutzung im Gebäudebereich bedeutend, welches durch eine optimale Bauweise und Ausrichtung der Gebäude wesentlich gesteigert werden kann.

Zwecks besserer Ausnützung der bestehenden Möglichkeiten in den empfindlichen Ortsbildschutzgebieten könnte dort – in bewilligungsfähigen Fällen – auf nicht nutzergewundene Photovoltaikanlagen (zur Stromgewinnung) verzichtet werden. D.h. dezentrale, ortsgebundene thermische Solaranlagen (Wärme) sind in empfindlichen Gebieten zu bevorzugen.

4.3 Regional erneuerbare Energieträger

Energieholz

Holz zur energetischen Nutzung stellt nach der Wasserkraft den zweitwichtigsten einheimischen und erneuerbaren Energieträger der Schweiz dar. Energieholz hält einen Anteil von 28% an der schweizerischen Holznutzung²¹. In der Stadt Winterthur wird heute zirka 2% des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser mit Holz gedeckt²². Die Stadt Winterthur will den eigenen Wald optimal nutzen, indem etwa 50% des jährlichen Holzzuwachses auf Stadtgebiet als Energieholz eingesetzt werden soll.

Potenzialabschätzung

Das Winterthurer Energieholzpotenzial (Schnitzel und Stückholz) beträgt 25 GWh pro Jahr (50% des Holzzuwachses).

Zusätzliches Nutzpotezial entsteht durch zugekauftes Energieholz (Schnitzel aus der Region und insbesondere Holzpellets). Dieses Potenzial wird durch den Markt bestimmt; es wird zurückhaltend mit zusätzlich 10 GWh pro Jahr veranschlagt.

Organische Abfälle

Die Stadt Winterthur plant gemeinsam mit Frauenfeld und der Axpo die Erstellung einer Vergärungsanlage für organische Abfälle mit einer Verarbeitungskapazität von 20'000 t pro Jahr. Das gewonnene Biogas soll aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist werden. Eine allfällige Verstromung des Biogases beschränkt sich auf die Deckung des eigenen Wärmebedarfes mit der dabei anfallenden Abwärme. Zusätzliche Abwärme fällt nicht an, womit kein räumlicher Koordinationsbedarf besteht. Als Anlagestandort ist das Gebiet Riet im Norden von Winterthur vorgesehen.

²¹ Quelle: Taschenstatistik "Forstwirtschaft der Schweiz 2008"

²² Quelle: Grundlagen Energiekonzept 2050 der Stadt Winterthur, S. 34

4.4 Nicht erneuerbare Energieträger

Erdgas

Das heutige Erdgasnetz der Stadt Winterthur hat eine Länge von ungefähr 230 km und erschliesst nahezu das ganze Stadtgebiet. Der Absatz von Erdgas beträgt aktuell rund 500 GWh pro Jahr.

Aufgrund der gemäss Energiekonzept²³ angestrebten Reduktion von den nicht-erneuerbaren Energieträgern und um die Versorgungsgebiete von Erdgas und Fernwärme zu entflechten wird ein Teilrückzug der Erdgasversorgung angestrebt. Ein Basis-Erschliessungsnetz zur Versorgung mit Prozesswärme, Treibstoff, Biogas und zur Spitzendeckung in Heizzentralen soll jedoch auch langfristig erhalten werden.

Strategie Stadtwerk

Stadtwerk Winterthur erarbeitet auf der Basis dieser Energieplanung eine längerfristig ausgerichtete Erdgas-Strategie. Neben der Bezeichnung eines langfristig zu betreibenden Stammnetzes werden auch mittelfristige Rückzugsgebiete bestimmt, in denen auf eine Erneuerung von Gasleitungen verzichtet wird. Bestandteil ist auch eine Biogas-Strategie, z.B. mit der Sicherung von Biogas-Anteilen aus der AXPO-Anlage Riet. Ebenso werden die Tarife für Haushalt- und Heizgas laufend überprüft.

Exkurs WKK-Anlagen

Der Betrieb von Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK-Anlagen) ist eine sehr effiziente Erdgas-Nutzung: Stromerzeugung für Wärmepumpen mit gleichzeitiger Nutzung der anfallenden Abwärme. Die witterungsgesteuerte Gleichzeitigkeit der Wärmenachfrage und Stromproduktion macht WKK-Anlagen zu einer attraktiven Option.

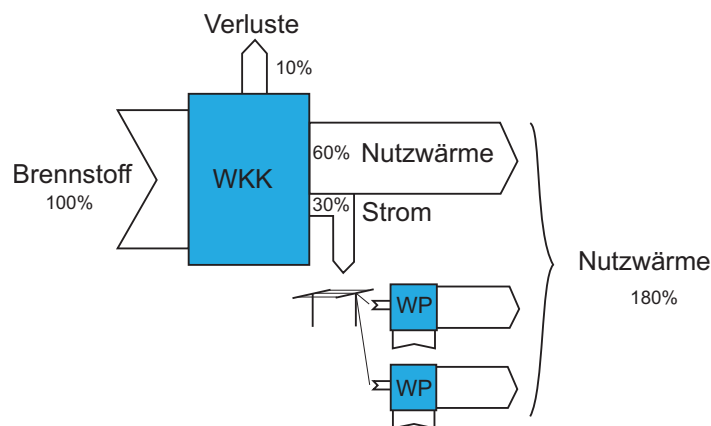


Abb. 17: Prinzipskizze und Nutzungsgrad einer wärmegeführten WKK-Anlage

Mit dem produzierten Strom können mittels Wärmepumpen (WP) mit einem Teil Strom drei Teile Umweltwärme (z.B. Erdwärme) genutzt werden; damit kann mit dem 30%-Anteil Strom 120% Nutzwärme erzeugt werden (entspricht einer Jahresarbeitszahl der WP von 4.0).

Die bisher üblichen WKK-Anlagen werden durch einen Verbrennungsprozess angetrieben. Entsprechende wärmegeführte WKK-Anlagen können auch mit Energieholz betrieben werden. Zunehmend werden auf dem Markt auch Brennstoffzellen erhältlich sein, die mit einem chemischen Prozess aus Erdgas Strom

²³ Der Bericht "Grundlagen Energiekonzept 2050" wurde vom Stadtrat am 23. März 2011 zustimmend zur Kenntnis genommen.

und Wärme erzeugen (deren voraussichtlicher Vorteil ist ein noch besserer Wirkungsgrad).

Potenzialabschätzung

Das Potenzial zum Einsatz von WKK-Anlagen ist gross, ist jedoch stark von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig.

Falls der gemäss dem angestrebten Absenkpfad ausgewiesene zusätzliche Strombedarf von 45 GWh/a (vgl. Abb. 1) durch WKK-Anlagen und Brennstoffzellen erzeugt würde, entsteht dadurch nutzbare Wärme von rund 90 GWh/a und ein zusätzlicher Gasabsatz von rund 150 GWh/a.

Exkurs gasbetriebene
Wärmepumpen

Wärmepumpen können auch mit Erdgas betrieben werden; es kann damit gegenüber der Erdgas-Verbrennung ein Effizienzgewinn von ca. 40% erreicht werden.

5 Kommunalen Energieplan

Der kommunale Energieplan legt Massnahmen fest zur Erreichung einer zukunftsgerichteten Energieversorgung. Er ist ein Planungsinstrument zur Umsetzung der kommunalen energiepolitischen Ziele (vgl. Kapitel 2.3). Durch die Festlegung von Prioritäts- und Eignungsgebieten mit entsprechenden Umsetzungsmassnahmen wird die räumliche Koordination der zukünftigen Wärmeversorgung (und Kälteversorgung) vorgenommen.

Rechtsgrundlage

Die kommunale Energieplanung stützt sich auf § 7 des kantonalen Energiegesetzes (EnG). Sie wird als Sachplan mit behördenanweisender Wirkung vom Stadtrat beschlossen und unterliegt der kantonalen Genehmigung (vgl. Kap. 2.4).

5.1 Erläuterungen zu den Festlegungen

Die Festlegung von Prioritäts- und Eignungsgebieten erfolgt durch Abstimmung und Zuordnung der vorhandenen Energiepotenziale mit den heutigen und zukünftigen Energienutzung (vgl. Kapitel 3). Dabei werden die kantonalen Planungsprioritäten berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.4).

Die Siedlungsstruktur lässt heute wie morgen nicht überall eine wirtschaftliche Versorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern zu²⁴. Um im Rahmen der Energieplanung auch für solche Gebiete Hinweise zugunsten einer zukunftstauglichen Wärmeversorgung geben zu können, werden für diese Fälle Eignungsgebiete bezeichnet.

Prioritätsgebiete

Prioritätsgebiete bezeichnen Gebiete, in welchen Wärmeverbunde vorgesehen sind (bestehende oder geplante). Die grobe Machbarkeit muss abgeklärt sein und es wird eine möglichst hohe Anschlussdichte angestrebt. Dazu kann die Stadt Winterthur in diesen Gebieten gestützt auf den Energieplan und § 295 PBG Anschlussverpflichtungen für Neu- und Umbauten im Baubewilligungsverfahren oder für bestehende Bauten mittels Verfügungen (mit angemessenen Fristen) erlassen.

... als Voraussetzung für die bedingte Anschlussverpflichtung

PGB § 295 Abs. 2:

"Wenn eine öffentliche Fernwärmeversorgung lokale Abwärme oder erneuerbare Energien nutzt und die Wärme zu technisch und wirtschaftlich gleichwertigen Bedingungen wie aus konventionellen Anlagen anbietet, kann der Staat oder die Gemeinden Grundeigentümer verpflichten, ihr Gebäude innert angemessener Frist an das Leitungsnetz anzuschliessen und Durchleitungsrechte zu gewähren." ²⁵

²⁴ Erforderliche Energiebezugsdichte min. 400 MWh/ha.a

²⁵ Gemäss der Rechtssprechung kann ein privat betriebener Wärmeverbund (z.B. durch Contractor) als **öffentliche Fernwärmeversorgung** gemäss § 295 Abs. 2 PBG gelten, sofern für dieses Verbundwerk eine entsprechende Festlegung in der kommunalen Energieplanung besteht (öffentliches Interesse). **Lokale Abwärme oder erneuerbare Energien:** Unter diese Begriffe fallen Biomasse, Umweltwärme, Abwärme aus Kehrriechverbrennungs- oder Abwasserreinigungsanlagen sowie aus der Industrie. Bei bivalenten Systemen mit fossiler Spitzendeckung oder Ergänzung ist ein Mindestanteil an erneuerbaren Energien oder Abwärme im Ausmass von 2/3 sicherzustellen.

Technische Gleichwertigkeit: Ein Anschluss an ein Fernwärmenetz ist einer konventionellen Anlage gleichwertig, wenn der Bezüger seinen Bedarf an Warmwasser mit minimal 55°C ganzjährig und seine Raumtemperaturbedürfnisse während der Heizperiode abdecken kann.

Wirtschaftliche Gleichwertigkeit: Als zumutbar und verhältnismässig beurteilt werden bei der

Eignungsgebiete	<p>Eignungsgebiete zeigen auf, in welchen Gebieten sich ein bestimmter oder mehrere Energieträger für die Wärmeversorgung besonders eignen (aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und den Planungsprioritäten). Die Eignungsgebiete sind als Empfehlungen zur Nutzung der entsprechenden Energieträger in Einzelanlagen oder in lokalen Wärmeverbunden zu verstehen.</p>
Zeithorizonte	<p>Als Planungs- und Betrachtungshorizont wird ein Zeitraum von 25 Jahren zugrunde gelegt (Ausblick bis 2035). Der Handlungshorizont beträgt hingegen max. 10 bis 15 Jahre; längerfristig ausgerichtete Massnahmen sind infolge nicht absehbarer wirtschaftlicher und technischer Veränderungen nicht zweckmässig.</p> <p>Die Umsetzung der Massnahmen wird entsprechend Dringlichkeit und Projektreife zeitlich in drei Stufen eingeteilt (vgl. auch Kapitel Massnahmen zur Umsetzung):</p> <ul style="list-style-type: none"> – kurzfristig < 5 Jahre – mittelfristig 5 bis 10 Jahre – langfristig > 10 Jahre – laufend Daueraufgabe
Struktur der Massnahmenblätter	<p>In den Massnahmenblättern sind die einzelnen Vorhaben beschrieben. Sie sind allesamt gleich aufgebaut und strukturiert. Im Wesentlichen geben Sie Auskunft über den Gegenstand, die Zielsetzung, das Vorgehen, den Stand der Koordination und über die direkt Beteiligten.</p>
Koordinationsstand	<p>Die Massnahmen werden – entsprechend der Praxis in der Raumplanung – gemäss dem vorhandenen Problemlösungsstand in Kategorien unterteilt. Auf diese Weise wird der anstehende Abstimmungs-, Koordinations- und Abklärungsbedarf transparent gehalten.</p> <p>Festsetzungen zeigen auf, wie raumwirksame Tätigkeiten aufeinander abgestimmt sind. Die Koordination der Massnahme wurde erfolgreich abgeschlossen und die Beteiligten sind sich inhaltlich einig, wie sie vorgehen wollen. Vorbehalten bleiben die Beschlüsse der finanzkompetenten Organe. Festsetzungen binden die Beteiligten in der Sache und im Vorgehen.</p> <p>Zwischenergebnisse zeigen auf, welche raumwirksamen Tätigkeiten noch nicht aufeinander abgestimmt sind und was vorzukehren ist, um eine zeitgerechte Abstimmung zu erreichen. Die Beteiligten sind sich über Ziele und Vorgehen einig, während einzelne Fragen noch offen sind. Zwischenergebnisse binden die Beteiligten im weiteren Vorgehen.</p> <p>Vororientierungen zeigen auf, welche raumwirksamen Tätigkeiten sich noch nicht in dem für die Abstimmung erforderlichen Masse umschreiben lassen, aber erhebliche Auswirkungen auf die Nutzung des Raumes haben können. Es besteht Einigkeit über die Zielsetzung der Massnahme, die konkreten Folgen lassen sich jedoch noch nicht in genügendem Masse aufzeigen. Eine Vororientierung verpflichtet die planenden Stellen, bei wesentlichen Änderungen des Vorhabens die übrigen Beteiligten rechtzeitig zu informieren.</p>

Fernwärme bis zu 10% höhere Jahreskosten (Kapital- und Betriebskosten) gegenüber einer konventionellen Heizanlage (> aus Gründen energetischer, lufthygienischer und ökologischer Vorteile).

5.2 Der Energieplan (Plankarte)

Die festgelegten Prioritäts- und Eignungsgebiete sind entsprechend mit "P" und "E" bezeichnet.

Die Numerierung in der Plankarte entspricht derjenigen des Massnahmen-Beschriebes (Kap. 5.3) und der Massnahmenblätter im Anhang B. Der Originalmassstab des Energieplanes ist 1:10'000; eine verkleinerte Kopie befindet sich im Anhang C.

Energieplan Winterthur
vgl. Anhang C

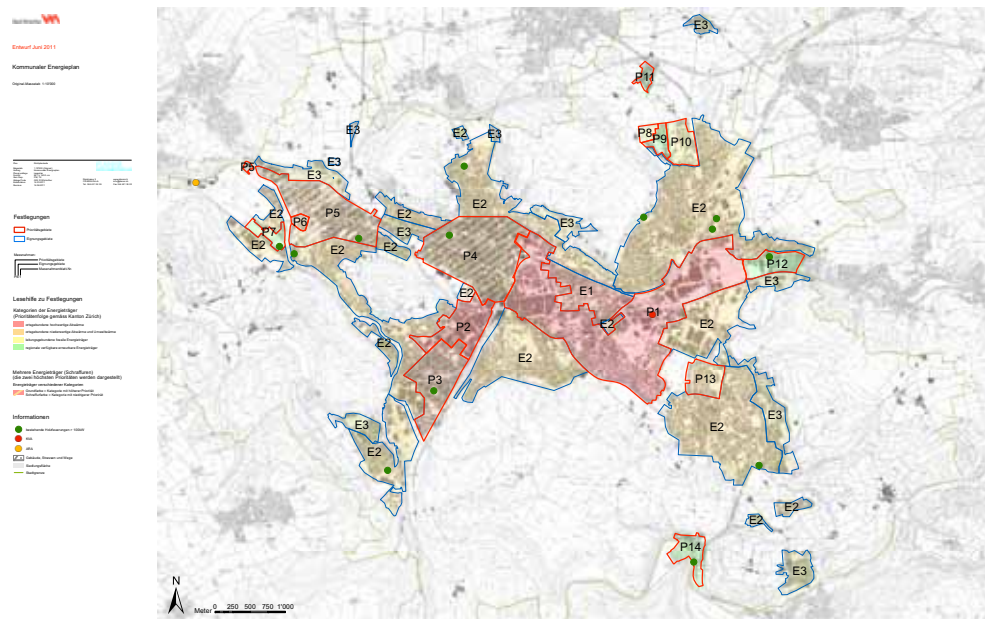


Abb. 18: kommunaler Energieplan; mit Prioritätsgebieten (P) und Eignungsgebieten (E)

5.3 Massnahmen - Übersicht

Nachfolgend werden die einzelnen Massnahmen kurz erläutert (geordnet nach den Planungsprioritäten der Energieträger). Ausführlicher sind die Massnahmen und deren Umsetzung in den jeweiligen Massnahmenblättern im Anhang B beschrieben.

Prioritätsgebiete für
ortsgebundene hochwertige
Abwärmenutzung

P1 KVA-Abwärmenutzung Altstadt – Mattenbach – Neuhegi

Die Kehrichtverwertungsanlage (KVA) Winterthur produziert Strom und liefert hochwertige KVA-Abwärme in das bestehende Versorgungsgebiet, wo eine Steigerung der Abnehmerdichte angestrebt wird (bessere Wirtschaftlichkeit sowie Substitution von Heizöl). Anlagenseitig wird gleichzeitig eine Optimierung der Abwärmegewinnung (z.B. Reduktion der Vorlauftemperatur und Wärmerückgewinnung aus den Rauchgasen) mit der Stromproduktion angestrebt.

P2 Wärmeverbund Sulzer Stadtmitte

Anschluss bestehender Wärmeverbund Sulzer Stadtmitte (ehemalige Heizzentrale mit WKK-Anlage muss ersetzt werden) an die KVA-Fernwärme.

P3 Wärmeverbund Tössfeld-Eichliacker

Das Quartier Tössfeld-Eichliacker wird heute grösstenteils mit Erdöl und zu ca. 40% mit Erdgas beheizt. Zudem besitzt das Schulhaus Rosenau eine Holzschnitzelfeuerung (Leistung 300 kW). In den Sommermonaten und in der Übergangszeit könnte das Gebiet mit überschüssiger KVA-Abwärme versorgt werden. Im Winter reicht es jedoch nicht für eine solche Versorgung. Für die ergänzende Wärmeerzeugung soll eine Heizzentrale integriert werden. Als Wärmequellen kommen hauptsächlich Wärme aus einer WKK-Anlage, aus Grundwasser oder eine Holzschnitzelfeuerung in Frage.

Prioritätsgebiete zur Nutzung von
ortsgebundener niederwertiger
Abwärme und Umweltwärme

P4 Energieverbund Neuwiesen

Grosse Teile von Winterthur liegen über Grundwasserträgern unterschiedlicher Mächtigkeit (vgl. Karte Energiepotenziale, Anhang D) mit zahlreichen bestehenden Grundwasserbrunnen. Nur kleine Teile gelten als Grundwasserschutzzonen. Ein Energieverbund zur Versorgung mit Wärme (ganzes Gebiet) und Kälte (Teilgebiete) soll geprüft werden: das Wärmenetz kann sowohl durch die Wärme aus dem Grundwasser als auch durch Abwärme aus der Kälteproduktion gespeisen werden. Im Sommer kann allenfalls überschüssige Wärme ans Grundwasser abgegeben werden.

P5 ARA-Abwärmeverbund Wülflingen

Prioritätsgebiet für Abwasserwärmenutzung aus dem gereinigten Abwasser der ARA (für Teilgebiete allenfalls auch aus dem Rohabwasser der Sammelkanäle). Aufgrund der Lage der ARA steht primär die Versorgung des an die ARA grenzenden Stadtgebietes Wülflingen sowie der angrenzenden Gebiete der Gemeinden Neftenbach und Pfungen im Vordergrund. In einer entsprechenden Machbarkeitsstudie ist als Variante auch die Wärmenutzung aus dem Grundwasser zu prüfen.

P6 Abwärmeverbund Wasserwiesen

Bestehendes Versorgungsgebiet mit Abwärme aus dem Abwasser-Sammelkanal (Contracting der EBM: 4 GWh/a, davon Umweltwärme aus Abwasser ca. 50%).

Weitere Prioritätsgebiete

P7 Holzenergieverbund Wyden

Das Gebiet "Niederfeld" wird in mehreren Etappen überbaut und mit einem Holzschnitzel-Wärmeverbund erschlossen. Im Schulhaus Wyden (Inbetriebnahme August 2011) wird die Heizzentrale erstellt.

P8 Erdwärmeverbund Zinzikon

Die heute noch unüberbaute Fläche im Gebiet "Ifang" in Zinzikon kann dank der tiefen Vorlauftemperatur für Minergie-Neubauten mit einem Niedertemperatursystem versorgt werden. Die Realisierung einer mitteltiefen direkten Erdwärmenutzung (ohne Wärmepumpe) im Verbundsystem bietet sich in diesem Neubaugebiet an.

P9 Holzenergieverbund Zinzikon

Der westliche Teil des Gebietes "Ifang" wurde kürzlich neu überbaut und ist heute an eine provisorische Heizzentrale angeschlossen. Mit dem Neubau der Schule wird eine Heizzentrale mit Holzschnitzelfeuerung erstellt. Diese soll künftig das ganze bezeichnete Gebiet mit Wärme versorgen.

P10 Wärmeverbund Guggenbühl

Dieses Gebiet mit einer relativen hohen Wärmebezugsdichte und zahlreichen öffentlichen Bauten ist für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung geeignet. Als Wärmequellen kommen hauptsächlich eine Abwärmenutzung einer WKK-Anlage (mit Erdgas oder Biogas) in Frage, allenfalls ergänzt mit Wärme aus Grundwasser, Erdwärme oder Sonnenenergie.

P11 Holzverbund Reutlingen

Der Dorfteil "Reutlingen" hat aufgrund eines hohen Anteils an älteren Gebäuden einen hohen Energiebezug. Er ist zudem nicht mit Erdgas erschlossen. Das Gebiet eignet sich wahrscheinlich für einen Holzschnitzel-Nahwärmeverbund.

P12 Holzverbund Gern

Im Gebiet "Gern" besteht bereits ein Holz-Wärmeverbund (Heizzentrale an der Rümikerstrasse: 2 Holzschnittel-Heizkessel 1'200 und 900 kW, Spitzendeckung durch Öl: 1 Kessel 1250 kW). Die Heizzentrale beliefert vorwiegend Gebäude südlich der Rümikerstrasse.

P13 Wärmeverbund Tägelmoos

Das Quartier "Tägelmoos" wird heute hauptsächlich mit Öl beheizt. Viele Heizzentralen stammen aus den 80er und 90er Jahren; Sanierungen stehen daher an. Beim Schulhaus Tägelmoos besteht die Möglichkeit, eine Heizzentrale zu errichten. Evtl. ist eine Nutzung des Grundwassers möglich (mittlere Mächtigkeit vermutet) mit einem bivalenten Nahwärmeverbund (mit Gas als Spitzendeckung) oder bei zu geringem Grundwasservorkommen eine zentrale WKK-Anlage.

P14 Holzverbund Sennhof

Im Weiler "Sennhof" besteht bereits ein Holzwärmeverbund (Heizzentrale an der Tösstalstrasse (2 Holzschnittel-Heizkessel à 700 kW, 1 Ölkessel zur Spitzendeckung 1'200 kW). Dieser ist auf den ganzen Weiler (Gemeinden Winterthur und Kyburg) ausgelegt.

Exkurs Energieholzbilanz

Die im Energieplan festgelegten Prioritätsgebiete mit Energieholznutzung P7, P9, P11, P12 und P14 weisen für 2010, 2020 und 2035 gesamthaft einen Wärmebedarf von 23 bis 25 GWh/a auf. Dieser Bedarf kann vollständig durch Energieholz des Waldes auf Winterthurer Stadtgebiet gedeckt werden. Zusätzliche Holzenergienutzungen sind somit auf Zukauf von Holzschnittel oder Stückholz aus umliegenden Gemeinden oder von Holzpellets angewiesen.

Eignungsgebiete

E1 Eignungsgebiet Inneres Lind

Als Folge intensivierter Gebäudesanierungen und der möglichen Steigerung der KVA-Abwärmeeinspeisung – von heute 105 auf 160 bis max. 300 GWh/a (vgl. Kap. 4.1.1) – entsteht ein erhebliches Erweiterungspotenzial der KVA-Abwärmenutzung. Eine entsprechende Ausdehnung des Versorgungsgebietes ins "Innere Lind" wird bezüglich der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit überprüft. Als alternative Wärmequelle steht Grundwasser zur Verfügung.

E2 Gaserschlossene Eignungsgebiete

In diesen mit Erdgas erschlossenen Gebieten sind (vorläufig) keine Wärmeverbünde mit Nutzung von Abwärme oder Umweltwärme vorgesehen. Zu sanierende Ölfeuerungen sollen durch Erdgas, vorzugsweise mit WKK-Anlagen in Kleinverbunden oder Einzelanlagen ersetzt werden. Als Alternativen können in Abhängigkeit der lokalen Eignung auch Erdwärmennutzungen, Wärmenutzung aus Grundwasser und Pelletfeuerungen vorgesehen werden (vgl. Potenzialkarte, Anhang D).

E3 Eignungsgebiete ohne Gaserschliessung

Den Eignungsgebieten E3 zugeordnet werden wenig energiedichte Quartiere mit zulässiger Erdwärmernutzung oder Grundwassernutzung, die nicht mit Erdgas erschlossen sind. Hier ist eine Förderung von Kleinwärmeverbunden oder Einzelanlagen anzustreben (allenfalls auch Energieholznutzung oder Pellets).

M1 Abwärmernutzung "Betriebe"

In Winterthur sind zahlreiche Energiegrossoverbraucher angesiedelt (ca. 20 Bezüger von jährlich mehr als 2 GWh Erdgas und ca. 40 mit jährlich mehr als 1 GWh Strom). Diese sind potenzielle Abwärmequellen. Die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Nutzung dieser Abwärme ist zu prüfen und deren Einspeisung in das bestehende Fernwärmenetz oder in separate Kleinwärmeverbünde anzustreben.

M2 Nutzung von Wärme aus Trinkwasser

Die Wasserversorgung ist dimensioniert für Brandfälle und den Spitzenbedarf im Sommer. Während der Heizsaison bestehen somit ausreichende Reserven für eine allfällige Wärmenutzung aus dem Trinkwasser. Diese kann - im Gegensatz zur Grundwassernutzung - auch ausserhalb von nutzbaren Grundwassergebieten realisiert werden, vorzugsweise in Gebieten, wo weder Abwärme noch Grundwasser oder Erdwärme genutzt werden können (z.B. in Grundwasserschutzgebieten). Bevor entsprechende Eignungsgebiete ausgeschieden und ein Nutzungskontingent festgelegt werden können, sind entsprechende Abklärungen und Vorarbeiten erforderlich.

M3 Koordinations-Standards für (Nah-)Wärmeverbünde

Neu realisierte Nahwärmeverbünde sollen einheitliche Standards²⁶ einhalten, die einen späteren Zusammenschluss von Wärmeverbänden ermöglichen.

²⁶ vgl. Grundlagen Energiekonzept 2050, Kap. 7.5, Seite 46

5.4 Zielerreichung

Für jedes Prioritätsgebiet und Eignungsgebiet wurden der Wärmebedarf für die Referenzjahre 2008/10 ermittelt und für die Jahre 2020 und 2035 mit dem jeweiligen realisierbaren Energieträgermix abgeschätzt.

Hauptergebnis

Die gesetzten Ziele gemäss Absenkpfad und den angestrebten Energieträgern (vgl. Kap. 2.3; Abb. 1) können durch eine konsequente Umsetzung der festgelegten Massnahmen erreicht werden.

Im jetzigen Zeitpunkt sind jedoch nur grobe Abschätzungen und Plausibilitätskontrollen möglich, da in vielen Teilgebieten der exakte Energieträgermix noch nicht bestimmt ist und von Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudien abhängt. Ebenso sind WKK-Anlagen vorläufig nicht berücksichtigt, da die Strategie und die Randbedingungen für deren künftigen Einsatz noch nicht bestimmt sind.

Periodisches Controlling

Es wird vorgeschlagen, periodisch eine Wirkungskontrolle durchzuführen (z.B. 4-jährlich mit dem ReAudit Energiestadt und dem Umweltbericht)²⁷.

5.5 Wirtschaftliche Auswirkungen

Kostenfolgen

Die direkten Kostenfolgen der vorgesehenen Massnahmen können im heutigen Zeitpunkt noch nicht ermittelt werden, da in zahlreichen Teilgebieten vor einer Systemwahl zuerst Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudien durchgeführt werden müssen. Zudem sind die Wirtschaftlichkeit und die Kostenfolgen direkt von der gegenwärtig unsicheren Entwicklung der Energiepreise abhängig. Die Kosten werden jeweils massnahmenbezogen als Teilschritt des Realisierungsprozesses ermittelt und dem Nutzen gegenübergestellt.

Volkswirtschaftlicher Nutzen

Der volkswirtschaftliche Nutzen einer Substitution fossiler Energien durch erneuerbare Energien und der gleichzeitigen Sanierung des Gebäudeparks sowie der vermehrten Nutzung einheimischer Energien wird von verschiedenen Studien als hoch bezeichnet.

Der Nutzen besteht insbesondere

- in der Verringerung des Geldflusses ins Ausland für fossile Energieträger
- der Schaffung von zusätzlichen Arbeitsplätzen und Einkommen im Inland
- der Verringerung der externen Umweltkosten (z.B. für Luftreinhaltung, Gebäudeschäden, Gesundheitsbeeinträchtigungen)²⁸

²⁷ vgl. Kap 10.2, Grundlagen Energiekonzept 2050

²⁸ Externe Kosten vgl. SIA 480; SN 506480, März 2004. Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau