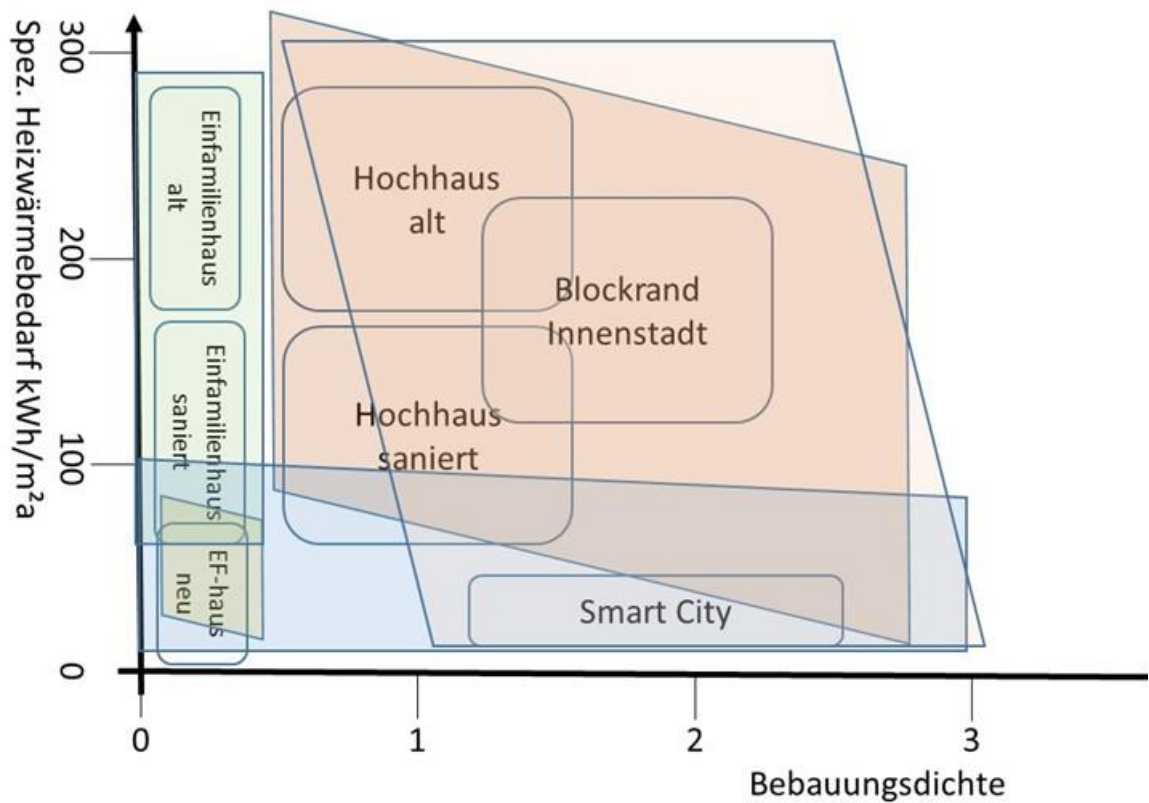


Wärmeenergie für Wohngebäude in Graz Möglichkeiten und Diskussionsgrundlage



Hans Schnitzer
StadtLaborGraz

Bericht an das Umweltamt der Stadt Graz

November 2014

Kurzfassung

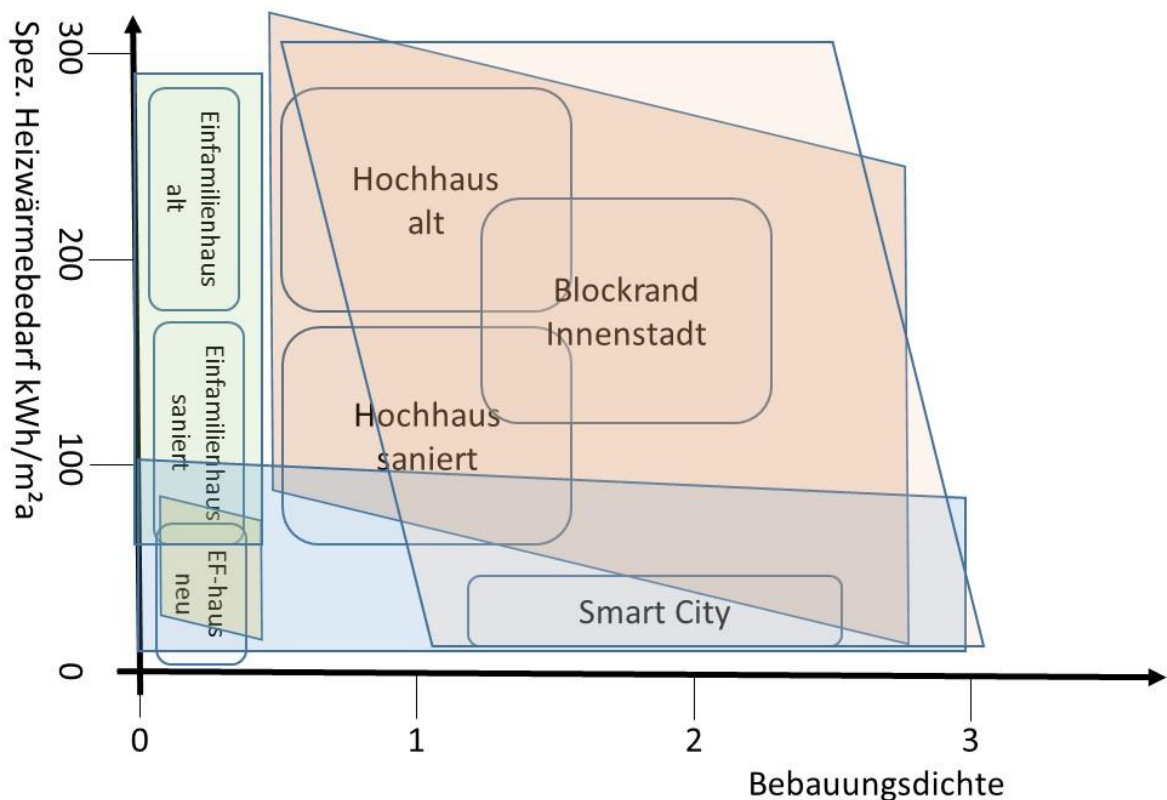
Ausgangssituation/Motivation

Auf Grund der Beschlüsse des Gemeinderates und nationaler und internationaler Verpflichtungen ist auch Graz aufgefordert Schritte in Richtung einer Reduktion von Treibhausgasen und klassischen Emissionen aus der Wärmebereitstellung für Gebäude in der Stadt zu setzen. Graz ist durch seine Beckenlage besonders in der windarmen Heizsaison einer hohen Umweltbelastung durch Luftschadstoffe ausgesetzt und somit kommt es regelmäßig zu Überschreitungen europäischer Grenzwerte.

Knapp über ein Drittel der Wärmeversorgung in Graz erfolgt durch das Fernwärmenetz der Energie Graz GmbH & Co KG. Der weit größere Anteil wird aber durch Einzelgebäudeheizungen und Einzelöfen aufgebracht, wobei hier hauptsächlich fossile Energieträger zum Einsatz kommen. Diese Gebäude und Stadtquartiere sind durch Fernwärme kaum wirtschaftlich zu versorgen und daher schwierig in die Emissionsminderungen und in die Energiewende einzubinden.

Methodische Vorgehensweise

Zur Vereinfachung der Diskussionen über mögliche Umstellungsstrategien wird in dieser Arbeit eine Einteilung der Quartiere nach ihrer Bebauungsdichte und dem thermischen Zustand der Gebäude vorgenommen und in einem Diagramm dargestellt. Parallel dazu werden die wesentlichen Heizungstechnologien kurz besprochen und der oben zitierten Einteilung zugeordnet.



Ergebnisse

Man sieht aus dieser Zuordnung, dass es in einigen Bereichen Überschneidungen der möglichen Technologien und damit eine Konkurrenzsituation gibt. Besonders im Bereich hoher Dichte und energiesparender Bausubstanz besteht die Möglichkeit zwischen Fernwärme, Wärmepumpen und Blockheizkraftwerken zu wählen. Weder Fernwärme noch Blockheizkraftwerke sind derzeit ein Schritt in Richtung erneuerbarer Energien, wenn nicht Solaranlagen bzw. Biogasanlagen eingebunden werden. Biogas und Solarthermie sind aufgrund der Ressourcenverfügbarkeit nur für kleinere Beiträge geeignet jedoch nicht als Hauptenergieträger. Anlagen zur gekoppelten Herstellung von Wärme und Kraft (zentral in Fernwärmenetzen, dezentral in Blockheizkraftwerken) tragen zur Gesamtenergieeffizienz bei und stellen daher einen Beitrag zur Energiewende dar.

Für wenig dicht besiedelte Quartiere bietet sich in Ergänzung einer wärmetechnischen Sanierung als Heizungsvariante mit erneuerbaren Energien faktisch nur die (mit Ökostrom) elektrisch betriebene Wärmepumpe an (Power-to-Heat, P2H), die in vorteilhafter Weise mit einer thermischen Solaranlage gekoppelt ist. Feststofffeuerungen mit Biomasse werden in der Beckenlage von Graz eher kritisch gesehen.

Derzeit sieht es so aus, als ob nur mit einem wesentlich größeren Anteil elektrischer Energie in der Wärmeversorgung höhere Effizienzen bei einer gleichzeitigen Erweiterung des Anteils erneuerbarer Energien erzielt werden könnten.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung, Problemstellung	9
1.1	Drei globale Trends	10
	Klimawandel	10
	Globalisierung und Rohstoffwende	11
	Änderung der demografischen Struktur	11
1.2	Absehbare Herausforderungen für Städte	12
1.3	Abgrenzung der Arbeit	15
2	Nationale und internationale Trends in der urbanen Wärmeversorgung - Ausgewählte Best Practice Beispiele	16
2.1	Die 2000-W-Gesellschaft der Schweiz	16
2.2	Klimaneutrales Berlin	17
2.3	ZEROcarbon Sonderborg	18
2.4	Masterplan Energie der Stadt Zürich	18
2.5	Die Energiethesen von Wien	19
3	Energieportfolio für Siedlungstypen in Graz	20
4	Übersicht über bestehende und zukunftsfähige Technologien zu Wärmebereitstellung in urbanen Bereichen	21
4.1	Sanierung und Passivhaustechniken	22
4.1.1	Sanierung	22
4.1.2	Neubau	22
4.2	Klassische Feuerungen	23
4.3	Fernwärme	24
4.4	Wärmepumpen	26
4.5	Elektrowiderstandsheizungen	28
4.6	Thermische Solaranlagen	29
4.7	Blockheizkraftwerke	30
5	Zuordnung der Wärmebereitstellungstechnologien zu den Siedlungstypen	32
5.1	Bestand, dicht bebaut	32
5.2	Bestand, locker bebaut	32
5.3	Neubau, dicht bebaut	33
5.4	Neubau, locker bebaut	33
6	Empfehlungen	34
6.1	Instrumente	34
6.2	Weiteres Vorgehen	34
6.2.1	Entwurf eines adaptierfähigen Systems	34
6.2.2	Wichtige Elemente des Systemdesigns	36
6.2.3	Nutzung von Synergieeffekten zwischen Energie- und sonstigen (kommunalen) Infrastrukturen	37

7	Schlussfolgerungen	39
8	Literatur.....	41

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1: Wege zur Verringerung der THG-Emissionen in der EU um 80 %	9
Abbildung 1-2: Reduktionsstrategien des Rates für Forschung und Technologieentwicklung zur Minderung des Energieverbrauches in Österreich	10
Abbildung 1-3: Ein- und Mehrpersonenhaushalte 2011 bis 2060	12
Abbildung 1-4: Konzept einer intelligenten Stadt.....	13
Abbildung 1-5: Bevölkerungsentwicklung in Graz	14
Abbildung 3-1: Energieportfolio für Siedlungstypen.....	20
Abbildung 4-1: Einsatzbereich von Einzelöfen und Hauszentralheizungen	24
Abbildung 4-2: Einsatzbereich der Fernwärme.....	25
Abbildung 4-3: Marktsegment für Wärmepumpen mit Außenluft als Wärmequelle	27
Abbildung 4-4: Marktsegment für Wärmepumpen mit Wärmequelle Abwasser, Abwärme, Grundwasser oder Erdreich.	28
Abbildung 4-5: Produktion und Bedarf an Elektrizität in Burgenland als Beispiel für eine Region mit hohem Windkraftanteil in der Aufbringung.....	29
Abbildung 4-6: Einsatzbereich für Blockheizkraftwerke.	31
Abbildung 5-1: Marktsegmente der unterschiedlichen Heizungstechnologien.	32
Abbildung 6-1: Drei Netze mit Speichern und gegenseitigen Umwandlungstechnologien	36
Abbildung 6-2: Zukünftige Koppelung der Energie-Infrastrukturen für Strom, Gas Wärme	37

1 Aufgabenstellung, Problemstellung

Energie ist das Herzblut unserer Gesellschaft. Unsere Lebensweise ist undenkbar ohne eine ausreichende, stabile Energieversorgung: Elektrizität, Wärme und Brenn- und Treibstoffe. Weiter steckt Energie in allen Produkten, die wir konsumieren oder nutzen als graue Energie, die bei der Herstellung und beim Transport eingesetzt wurde.

Die Energiewende beginnt mit einer Wärmewende in der Stadt!

Bis 2050 sollen die Emissionen an Treibhausgasen¹ in der EU um 80% gesenkt werden. In Österreich gibt es drei ca. gleich große Gruppen von Energieverbrauchern²: Industrie, Verkehr und Kleinverbraucher. Somit fallen auch wesentliche Treibhausemissionen in den Bereich der kleinen Endverbraucher (Haushalte, Kleingewerbe, ...) für Verkehr, Raumheizung, Warmwasser und indirekt auch für den Stromverbrauch.

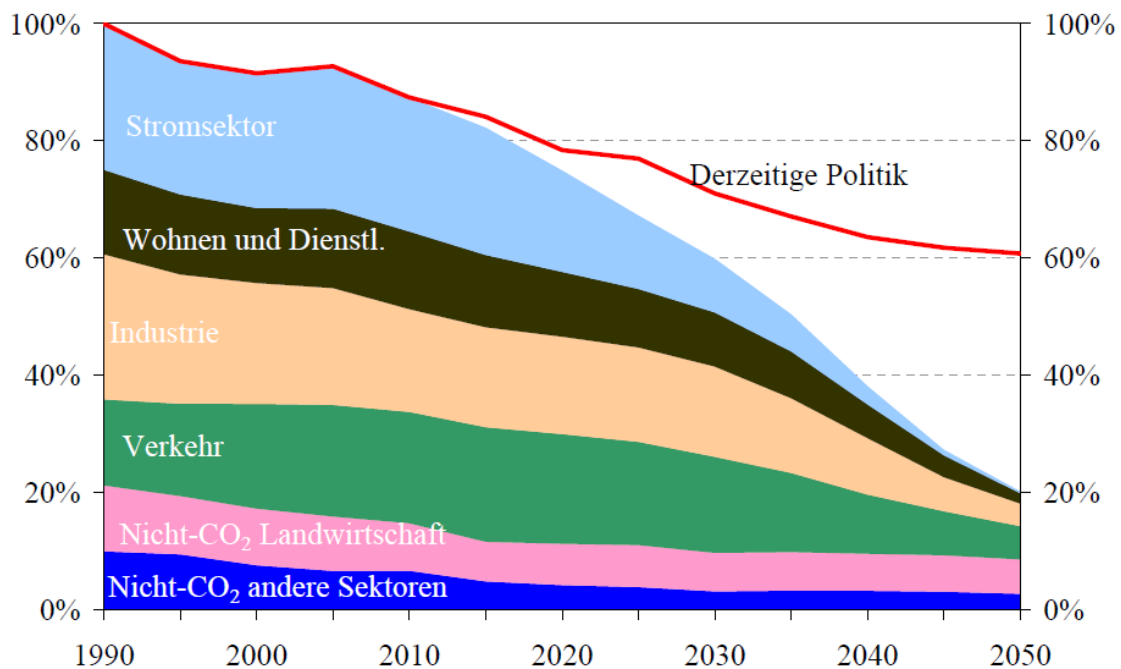


Abbildung 1-1: Wege zur Verringerung der THG-Emissionen in der EU um 80 % (100 % = 1990) [Europäische Kommission, 2011]

Um diese Ziele zu erreichen müssen Anstrengungen unternommen werden, die wesentlich über das „business as usual“ hinausgehen.

Im Rahmen der *European Innovation Partnership for Smart Cities and Communities* wurden im Auftrag der Europäischen Kommission ambitionierte Zielsetzungen für urbane Ballungsräume formuliert. Während die übergeordneten Ziele und die Prioritätsachsen in einem strategischen Umsetzungsplan (*Strategic Implementation Plan*)³ zusammengefasst wurden, sollen in einem operationalen Umsetzungsplan (*Operational Implementation Plan*)⁴ konkrete Maßnahmen und Ziele für die einzelnen Prioritätsachsen festgelegt werden.

¹ Vorwiegend CO₂ aus fossilen Energieträgern, aber auch CH₄ und andere

² Dies gilt besonders, wenn die Energiewirtschaft nicht als eigene Gruppe angesehen werden, sondern ihr Energieeinsatz auf die Endverbraucher umgelegt wird

³ http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/sip_final_en.pdf

⁴ http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/operational-implementation-plan-oip-v2_en.pdf (Entwurf zur öffentlichen Konsultation)

Jede Stadt sollte intelligenter (smarter) werden als Antwort auf die fundamentalen Herausforderungen, denen wir uns demnächst stellen müssen: Klimawandel, Ressourcenknappheit und demografischer Wandel.

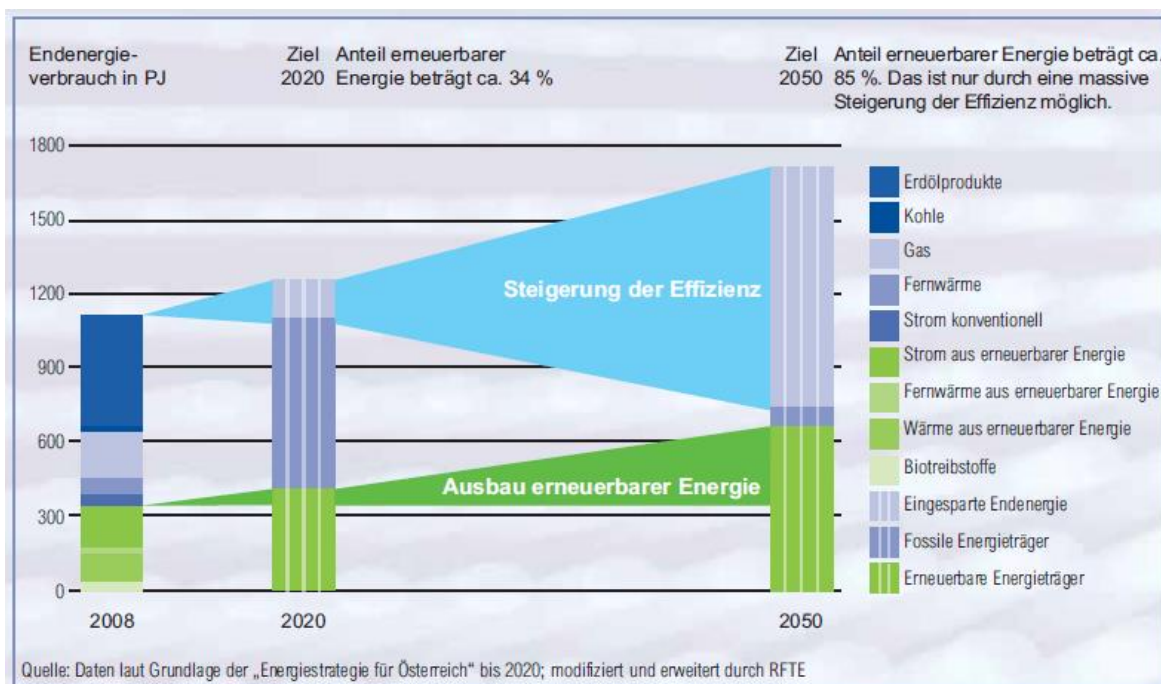


Abbildung 1-2: Reduktionsstrategien des Rates für Forschung und Technologieentwicklung zur Minderung des Energieverbrauches in Österreich [Rat für Forschung und Technologieentwicklung, ohne Datum]

Die Umsetzung der Empfehlungen des Rates für Forschung und Technologieentwicklung für den Bereich der Raumwärme wird an systembedingte Grenzen stoßen. Ein Großteil der Gebäude, die 2050 beheizt werden müssen, besteht heute schon. Eine Steigerung der Energieeffizienz wie vom Rat gefordert bedingt eine massive Steigerung der Sanierungsraten und wärmetechnische Maßnahmen, die weit über heute übliche Qualitäten hinaus gehen.

Anders sieht die Situation für Neubauten aus, wo tatsächlich wesentlich effizientere Lösungen für den Ausbaues erneuerbarer Energien im Bereich Raumwärme möglich sind. Hier erfolgt auch bereits eine Umsetzung.

1.1 Drei globale Trends

Von den vielen globalen Mega-Trends treffen drei die Städte besonders: der Klimawandel, die Ressourcenknappheit und der demografische Wandel.

Klimawandel

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich wurden im jüngst veröffentlichten Österreichischen Sachstandsbericht Klimawandel 2014 [Austrian Panel on Climate Change, 2014] untersucht und deutlich dargestellt. Städte sind heute Verursacher von rund 70% der weltweiten CO₂-Emissionen und Hauptverursacher von Luft-, Wasser und Umweltbelastungen. Gleichzeitig sind Städte durch den Klimawandel spezifischen Risiken ausgesetzt. Dies sind besonders steigende Temperaturen (Hitzeinseln) und extrem starke Regenfälle. Innenstädte erwärmen sich stärker als das Freiland und die nächtliche Abkühlung ist dort deutlich gemindert.

Indirekt werden Städte durch die teilweise durch Klimaänderungen verstärkten globalen Migrationsströme betroffen.

Globalisierung und Rohstoffwende

Ein weiterer Treiber für einen Strukturwandel in Städten ist ein veränderter Ressourcenumgang, die sogenannte Rohstoffwende [B.A.U.M., accenture, ohne Datum]. Es gilt, gerade in Städten, den Konsequenzen durch Konsumsteigerung und insgesamt steigenden Ressourcenverbrauch, bzw. Ressourcenknappheit sowie Überlastungen und Zerstörungen von Ökosystemen zu begegnen, die mit der bisherigen Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft einhergehen. So wie bei den fossilen energetischen Rohstoffen ist auch bei den nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen das Ende der Reserven absehbar bzw. schränkt sich die wirtschaftliche Verfügbarkeit immer weiter ein.

Änderung der demografischen Struktur

Städte werden immer größer - bereits heute leben über 50% der Weltbevölkerung in Städten. Die Tendenz ist stark steigend. Gleichzeitig verändert sich die Altersstruktur, der Anteil älterer Personen steigt besonders in den Städten rasant. Mit anhaltend steigender Lebenserwartung, verbesserten Vorsorge- und Versorgungssystemen sowie sinkenden Geburtenraten wächst der Seniorenanteil – was mit Konsequenzen für die Mobilitäts-, Wohnraum- und Quartiersentwicklung verbunden ist. Dies führt, verstärkt durch andere gesellschaftliche Entwicklungen, zu kleineren Familien sowie mehr Klein-, Kleinst- und Zweithaushalten (Single-Haushalten) und somit zu durchschnittlich geringeren Haushaltsgrößen.

Die durchschnittliche Lebenserwartung Europas lag vor 100 Jahren bei 43 Jahren, sie wird im Lauf des 21. Jahrhunderts auf über 90 Jahre steigen. Dieser Prozess führt aber nicht, wie das in den Medien zumeist dargestellt wird, zu einer „Vergreisung“ der Gesellschaft. Es entwickeln sich vielmehr neue Lebensmuster, die eher eine Verjüngung des Verhaltens, der Wertesysteme und der inneren Einstellung bedeuten und zu einem relativ – auf die Person bezogenen – größeren Raum- und Energiebedarf und einem insgesamt steigenden Bedarf an Ressourcen und Infrastruktur führen.

Gleichzeitig haben immer mehr Personen einen Migrationshintergrund und größere Haushaltsgrößen.

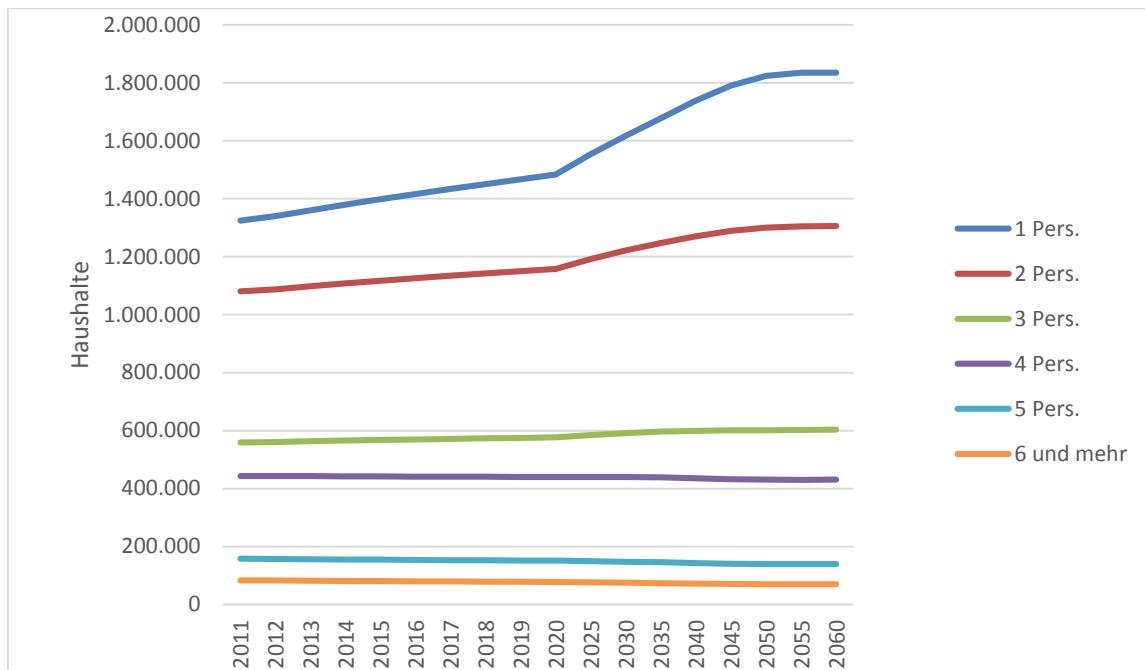


Abbildung 1-3: Ein- und Mehrpersonenhaushalte 2011 bis 2060 [eigene Grafik, Daten: Statistik Austria, 2014⁵] (Zeitskala nicht linear!)

1.2 Absehbare Herausforderungen für Städte

Aus einem Konzept für eine smarte (intelligente) Stadt ergibt sich folgende Begriffsdefinition [B.A.U.M., accenture ohne Datum]:

Die intelligente Stadt stellt die Schlüsselbereiche Energie, Mobilität, Stadtplanung und –verwaltung sowie Wirtschaft ins Zentrum des notwendigen städtischen Transformationsprozesses. Elementares Kennzeichen einer Intelligent City ist die Integration und Vernetzung der genannten Kernbereiche unter Einbeziehung der Querschnittsthemen IKT, Bürgerbeteiligung und innovative Finanzierungsinstrumente.

Urbane Energiekonzepte müssen sich also in die anderen Planungsprozesse einbinden lassen und auf globale Treiber wie auch auf lokale Interessen Rücksicht nehmen.

Städte stellen in Bezug auf die Energieversorgung eine besondere Herausforderung dar und eine erforderliche Neupositionierung der Energieversorger wird hier besonders deutlich. Wie ein Wald mehr als die Summe seiner Bäume ist, ist die Stadt mehr als die Summe ihrer Häuser, und wie die Gefahr besteht, dass man den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sieht, könnte man die Stadt vor lauter Häusern nicht mehr sehen. Eine systemische Betrachtung der Energieversorgung ist daher unumgänglich.

⁵ http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/haushalts_und_familienprognosen/

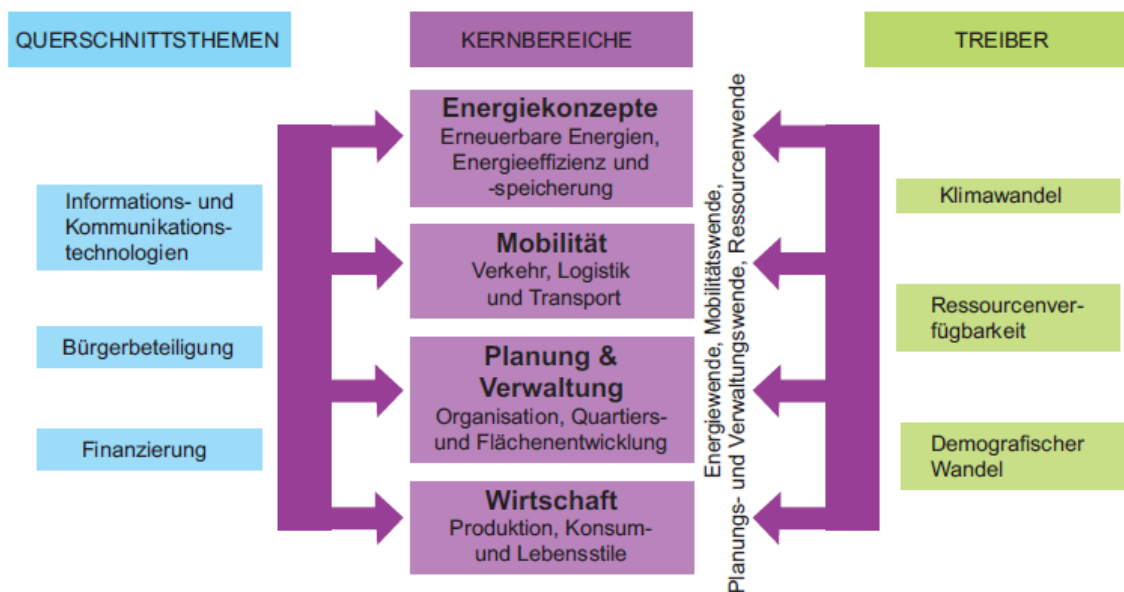


Abbildung 1-4: Konzept einer intelligenten Stadt [B.A.U.M., accenture, ohne Datum]

In der Stadt Graz – der zweitgrößten Stadt Österreichs und Landeshauptstadt des Bundeslandes Steiermark – lebten im Mai 2013 268.602 EinwohnerInnen. Gemeinsam mit den Umlandgemeinden haben derzeit rund 405.000 EinwohnerInnen ihren Hauptwohnsitz in der Region Graz. Der langfristige Trend zeigt einen stetigen Zuwachs an EinwohnerInnen/n. Die aktuellen Prognosen sehen bis 2050 einen Anstieg auf rund 490.000 EinwohnerInnen voraus.

Graz hat durch seine topographische Situation klimatische Nachteile. Durch die Lage der Stadt im Grazer Becken ist vor allem im Winter ein Luftaustausch nur schwer möglich. Durch verschiedene umweltpolitische Maßnahmen konnten die Emissionsmengen von Schwefeldioxid (SO₂) und Kohlenmonoxid (CO) von 1995 bis 2001 stark eingedämmt werden. Die Kohlendioxidemissionen hingegen nahmen in diesem Zeitraum um 29% zu. Bei Betrachtung der Emissionsquellen zeigt sich, dass die Treibhausgasemissionen zu etwa gleich großen Teilen (jeweils rund 39%) aus den Sektoren Industrie/Gewerbe und Haushalte stammen – und der Verkehr für rund 22% verantwortlich ist. Die Feinstaub-Emissionen (PM 10) stammen mit rund 50% zum überwiegenden Teil aus dem Sektor Verkehr, Industrie/Gewerbe und Haushalte sind für rund 27% beziehungsweise rund 23% verantwortlich⁶.

Der Endenergieeinsatz für Heizung, Warmwasser und Kochen in Grazer Wohn- und Dienstleistungsgebäuden lag im Jahr 2009 bei rund 2.100 GWh. Die hauptsächlich genutzten Energieformen hierfür sind Fernwärme (33%), Öle (rund 25%), elektrische Energie (rund 20%) und Gase (rund 15%). Erneuerbare Energieformen (aus Biomasse und sonstigen alternativen Energiequellen) kommen auf einen Anteil von knapp über 5%. Die restlichen 2% werden von Kohle abgedeckt.

Die Fernwärme erreicht vorwiegend dicht besiedelte Stadtteile, während in den weniger dicht besiedelten Zentralheizungen und Einzelofenheizungen mit Öl, Holz und Kohle vorwiegen. Einige Stadtteile sind gasversorgt. Die Fernwärme wird in der Heizperiode in der Grundlast durch eine kohlebeheizte Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt. Die Sommerlast und die Spitzen werden durch Gaskessel ohne Cogeneration abgedeckt. Geringe Beiträge liefern auch eine industrielle Abwärmenutzung (aus einem Stahlwerk), eine Gasturbine in einem Industriebetrieb (läuft 2014 nicht ständig, Betrieb ist abhängig vom Strom- und Gasmarkt) und bei passender Wetterlage einige solarthermische Anlagen. Solche Anla-

⁶ Endbericht des Umweltamtes 2008, zitiert nach [Stadtbaudirektion Graz, 2012].

gen liefern für einige Abnehmer auch ganzjährig Energie für das Warmwasser. Viele Warmwasserbereitungen arbeiten aber trotz Fernwärmeanschluss mit Strom. Ein weiterer Anschluss von Kunden für die Fernwärme scheitert in den nicht dicht besiedelten Bezirken mit vielen Einfamilienhäusern an den zu hohen Kosten.

Der private innerstädtische Verkehr sowie der Gütertransport erfolgen unter Einsatz von fossilen Energieträgern (Benzin, Diesel). Der öffentliche Verkehr erfolgt teilweise elektrisch (Straßenbahnen), sowie durch Busse mit teilweise erneuerbaren Energieträgern (Biodiesel). Der Gemeinderat in Graz hat beschlossen, dass das „Haus Graz“ ab 2015 mit CO₂- und atomstromfreiem Strom versorgt wird.

Wegen den durch diese Energieversorgung verursachten Emissionen sowie wegen importierter Belastungen leidet Graz besonders im Winter stark unter schlechten Luftverhältnissen. Verkehr und Raumwärmeversorgung führen zu wiederholten Überschreitungen der erlaubten Konzentrationen an Feinstaub und anderen Luftschadstoffen (NO_x).

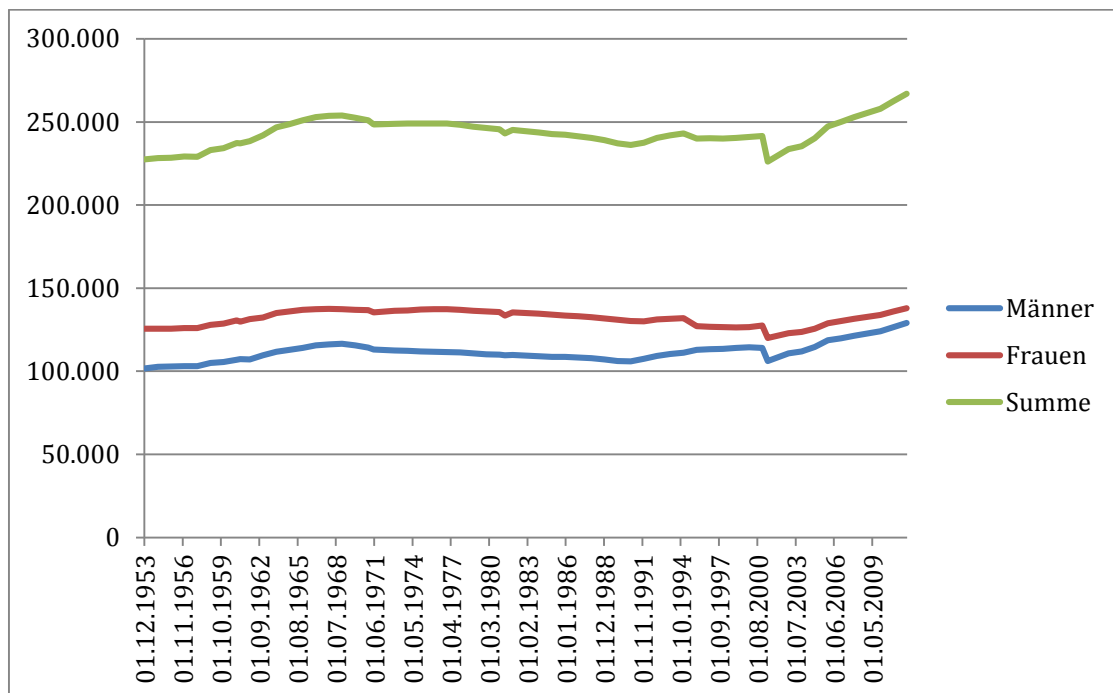


Abbildung 1-5: Bevölkerungsentwicklung in Graz (Quelle: Referat für Statistik Graz, 2012)

Die Entwicklung der Einwohnerzahlen für Graz zeigt, dass es einen engen Zusammenhang zwischen Energiesystemen und Wohnverhalten gibt. In Zeiten billiger Energie und billiger Autos zog die Bevölkerung aus Graz weg in die Umlandgemeinden (1970 – 2000). Danach kehrte sich der Trend um und der Zuzug in die Stadt nahm Fahrt auf (vgl. Abbildung 1-5). Graz ist eine besonders stark wachsende Stadt die zugleich mit einer Reihe von Herausforderungen bezüglich der Wärmeversorgung konfrontiert ist.

- Umweltschutz: Die Luftqualität in Graz ist zeitweise kritisch bezüglich Feinstaub und den klassischen Luftschadstoffen
- Versorgungssicherheit: der Großteil der Wärmeversorgung in Graz hängt von den importierten Energieträgern Kohle, Öl und Gas ab.
- Kosten: Die Kosten der Wärmeversorgung in Graz sind nur zu einem geringen Maße durch die Nutzer und die Politik beeinflussbar. Der Großteil der Kosten ist fremdbestimmt und kaum zu prognostizieren.
- Graz hat sich eigene Ziele für eine nachhaltige Entwicklung gesetzt, ist aber auch in nationale und internationale Zielsetzungen eingebunden. Diese Ziele müssen durch geeignete Maßnahmen erreicht werden.

Sämtliche Abwässer werden in die kommunale Kläranlage geleitet, wobei sie weder als Wärmeträger noch als Kohlenstoffquelle genutzt werden. Oberflächen- und Dachwässer aus den dichter verbauten Bereichen werden ebenfalls durch das Kanalsystem abgeführt, nur in den äußeren Stadtbereichen wird Niederschlagswasser versickert.

Im Projekt „I live Graz“ hat sich die Stadt ihre Visionen als Smart City für die Jahre 2020 und 2050 definiert (siehe Box) [Baudirektion Graz, 2012].

1.3 Abgrenzung der Arbeit

In dieser Arbeit wird die Wärmeversorgung von Wohngebäuden in Graz zur Raumheizung und Nutzwassererwärmung betrachtet. Nicht betrachtet werden gewerbliche und industrielle Wärmeverbraucher und öffentliche Gebäude. Teilweise sind die Ergebnisse aber analog zu verstehen. Nicht diskutiert werden auch andere Energieverbraucher⁷, wie z.B. der Verkehr.

Als Diskussionsgrundlage enthält diese Arbeit keine Szenarienrechnungen und keine Potenzialerhebungen. Diese erfolgen sinnvoller Weise erst in Anschluss an eine Diskussion über die strategische Ausrichtung.

Diese Arbeit entwickelt weder Prognosen noch Strategien zur Wärmeversorgung der Haushalte in Graz. Sie will nur die Möglichkeiten einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung aufzeigen und hierfür eine strukturierte Basis schaffen.

Vision 2020

Graz hat sich als Smart City mit hoher urbaner Lebensqualität sowie als Innovations-, Technologie- und Dienstleistungszentrum mit internationalem Anspruch etabliert und rangiert in den TOP 10 unter Europas mittelgroßen Städten.

Vision 2050: Die zukunftsfähige und lebenswerte Stadt

Graz ist eine dynamische Stadt mit kompakter Bebauung und urbaner Mischnutzung, mit attraktivem öffentlichen Raum und höchster Lebensqualität. Durch die konsequente Verfolgung von Smart City-Strategien und breiter Bewusstseinsbildung konnten der Ressourcen und Energieverbrauch sowie der damit verbundene Schadstoffausstoß erheblich reduziert und entscheidende Schritte in Richtung einer Zero Emission City getan werden. Die in Graz benötigte Energie wird zu 100 % in der Region und aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt.

Als Forschungs-, Qualifizierungs- und Wirtschaftsstandort ist Graz internationaler Maßstab für Wertschöpfung durch innovative urbane Technologien und Systeme.

⁷ Der Autor ist sich bewusst, dass Energie nicht verbraucht werden kann, sondern nur umgewandelt. Eine Umwandlung in technisch nicht mehr brauchbare Energieformen wird in dieser Arbeit als „Energieverbrauch“ beschrieben.

2 Nationale und internationale Trends in der urbanen Wärmeversorgung - Ausgewählte Best Practice Beispiele

Jede Stadt ist individuell und kein Beispiel ist unmittelbar auf Graz übertragbar. Dennoch kann man Wege und Strategien anderer Städte betrachten. Wendet man diese dann auf die Stadt Graz an, kann man durchaus zu anderen Ergebnissen gelangen.

2.1 Die 2000-W-Gesellschaft der Schweiz

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist ein in der Schweiz entwickeltes Konzept, um energiepolitische Aktivitäten zu bündeln und an einer gemeinsamen Vision auszurichten. Immer mehr Städte und Gemeinden haben sich daher zu diesem Weg verpflichtet und die Zielsetzungen der 2000-Watt-Gesellschaft politisch verankert⁸. Ungefähr 2000 Watt Dauerleistung auf Primärenergienstufe pro Person stehen weltweit nachhaltig zur Verfügung. Die damit verbundenen CO₂-Emissionen sollten 1 Tonne pro Person und Jahr nicht übersteigen, weil sich sonst das Klima drastisch verändert.

In einem intelligent aufgebauten Energieversorgungssystem und mit dem nötigen Bewusstsein reichen 2000 Watt Dauerleistung (Stufe Primärenergie) pro Person aus, um in Wohlstand und mit hoher Qualität zu leben. Das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft orientiert sich an den zwei Zielgrößen: Primärenergie und Treibhausgasemissionen. Die definierten Zielwerte sollen für die Schweiz bis ins Jahr 2100 erreicht werden:

- 2000 Watt Dauerleistung (Stufe Primärenergie) pro Person
- 1 Tonne CO₂-Äquivalente pro Person und Jahr

Aktuell liegt der Energiebedarf pro Person in der Schweiz bei 6300 Watt Dauerleistung (Stufe Primärenergie). Die Treibhausgasbelastung beträgt 8.6 Tonnen pro Person und Jahr.

Für die Schweiz bedeutet dies:

- 3 mal weniger Primärenergie
- 8 mal weniger Ausstoß von CO₂-Äquivalenten

Wird der Energiebedarf der importierten Waren und Dienstleistungen ebenfalls berücksichtigt, liegt der Energieverbrauch pro Person im Schweizer Durchschnitt sogar bei rund 8300 Watt Dauerleistung (Stufe Primärenergie). Für das Erreichen der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft bedeutet dies eine zusätzliche Reduktion der beanspruchten Primärenergie und der CO₂-Äquivalente bei den Konsumgütern. Die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft sollen in der Schweiz bis ins Jahr 2100 erreicht werden. Als Orientierungshilfe für Städte und Gemeinden dient der "Absenkpfad zur 2000-Watt-Gesellschaft" mit Zwischenzielen. Im Bilanzierungskonzept sind die methodischen Grundlagen dazu erläutert.

Für die Reduktion des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen gibt es grundsätzlich drei Strategien: Effizienz, Konsistenz und Suffizienz. Privatpersonen, Wirtschaft und öffentliche Hand müssen alle drei Strategien anwenden, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen.

- Effizienz: Weniger Energie für denselben Zweck!
- Konsistenz: Erneuerbare Energieträger anstelle von nicht erneuerbaren!
- Suffizienz: Das richtige Mass - für mehr Lebensqualität!

In der Schweiz haben der Bund, viele Kantone und zahlreiche Energiestädte die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft in ihren Handlungsleitlinien verankert.

⁸ <http://www.2000watt.ch/fuer-staedte-und-gemeinden/>

2.2 Klimaneutrales Berlin

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der besonderen Betroffenheit und Verantwortung der Großstädte hat sich die Berliner Regierungskoalition darauf verständigt, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass sich Berlin bis zum Jahr 2050 zu einer klimaneutralen Stadt entwickelt. Berlin reagiert damit – wie viele andere internationale Metropolen – auf die Gefahren des Klimawandels, aber auch auf die zu erwartenden Preisanstiege bei fossilen Energien. Gleichzeitig sollen die Chancen, die sich durch den Wandel hin zu einer hochmodernen, auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung für Berlin ergeben, genutzt werden [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, 2014].

Die CO₂-Reduktionspotenziale der Berliner Energieversorgung liegen in verschiedenen Bereichen:

- Um das Klimaneutralitätsziel zu erreichen, müssen die emissionsintensiven Energieträger Kohle und Öl aus dem Umwandlungssektor und der Wärmebereitstellung möglichst rasch verdrängt werden.
- Der emissionsärmere Energieträger Erdgas kann diese Lücken weitgehend füllen, muss aber selbst durch die Erhöhung des Anteils erneuerbaren Gases CO₂-ärmer werden, z.B. durch die Integration von „erneuerbarem“-Gas aus erneuerbarem Überschussstrom oder von Gasen biologischer Herkunft.
- Die Anteile der Produktion in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) können noch erhöht, reine Stromerzeugung ohne Wärmeauskopplung kann dagegen reduziert werden. Leitungsgebundene Wärme (z.B. Fernwärme) bleibt weiterhin wichtig, wird aber durch dezentrale Teilnetze ergänzt. Die zunehmende „Intelligenz“ des gesamten Energiesystems inklusive der Netze ermöglicht immer effizientere Kopplungen der verschiedenen Energiemärkte, von Verbrauchern und Erzeugern („Smart City“).
- Die größten Potenziale bei den erneuerbaren Energien in Berlin bietet die Solarenergie, die gut zur urbanen Lastkurve (d. h. dem zeitlichen Verlauf der bezogenen Leistung) und in das städtische Verteilnetz passt. Für einen massiven Ausbau insbesondere von Photovoltaik, aber auch von Solarthermie, bieten schon allein die fast 320.000 Wohngebäude Berlins (Dächer und teilweise auch Fassaden) eine flächenschonende Basis. Studien gehen davon aus, dass in Berlin etwa 300-mal mehr Solarenergie gewonnen werden kann, als dies 2010 der Fall war.
- Bei der Biomasse muss Berlin seine eigenen Potenziale konsequent, aber auch nachhaltig nutzen. Biomasseimporte sind möglich, müssen aber strengen Nachhaltigkeitsanforderungen genügen und können aufgrund ihrer globalen Knappheit insgesamt keinen großen Beitrag liefern.

Berlin kann sein Klimaneutralitätsziel auf mindestens zwei verschiedenen Wegen erreichen (zentral/effizient oder dezentral/vernetzt). Dem Umbau des Energiesystems kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die Kraft-Wärme-Kopplung, die bereits heute wichtig ist, wird deutlich an Bedeutung gewinnen. Auch die netzgebundene Wärmeversorgung wird weiter eine wichtige Rolle in Berlin spielen; die Anschlussdichte wird hierbei steigen müssen,

Was bedeutet Klimaneutralität?

„Klimaneutral“ ist eine Stadt dann, wenn sie einen Ausstoß von Treibhausgasen erzeugt, der das Weltklima unterhalb der gefährlichen Schwelle einer Erwärmung von 2 Grad halten kann – auch bei einer für 2050 prognostizierten Weltbevölkerung von 9 Milliarden Menschen mit gleichen Pro-Kopf-Emissionsrechten von 2 t CO₂-Äquivalenten (lebenszyklusbasiert). Berlins Treibhausgasemissionen bestehen zu 98 % aus CO₂. Unter diesen Voraussetzungen wäre Berlin klimaneutral, wenn die städtischen Emissionen bis zum Jahr 2050 auf rd. 4,4 Mio. t abnehmen würden, also um mindestens 85 % verglichen mit dem Basisjahr 1990. Dabei sind allerdings auch die Aufnahmekapazität der Biosphäre für Treibhausgase („Senken“) und die in Produkten und Infrastrukturen verkörperten Emissionen zu berücksichtigen, die in der gegenwärtigen CO₂-Statistik teilweise nicht abgebildet werden. Der Zielwert von 4,4 Mio. t CO₂ trägt dem Rechnung.

damit der – je nach Szenario – um ca. 10 bis 30 % abnehmende Wärmeabsatz nicht noch weiter fällt. Power to heat im leitungsgebundenen Wärmemarkt wird mit einem Stromverbrauch von 7 bis 9 PJ/a eine hohe Bedeutung erlangen, gleichzeitig ist eine deutlich höhere Wärmespeicherung erforderlich.

Bei den erneuerbaren Energien spielt in Berlin allen voran die Solarenergie, insbesondere die Photovoltaik, in Zukunft eine Schlüsselrolle. Sie passt flächensparend auf die Gebäude und an die Fassaden, das städtische Verteilnetz kann große Mengen Solarstrom aufnehmen und die Gestehungskosten sind bereits heute mit Abstand günstiger als der Strompreis der privaten Haushalte und Gewerbebetriebe. In den Zielszenarien kann die Photovoltaik daher zwischen 9 und 13 PJ/a bereitstellen. Das entspricht etwa dem aktuellen Jahresstrombedarf von 1,2 Millionen Personen bzw. 800.000 Zwei-Personen-Haushalten.

Dieser gestiegene Strombedarf Berlins ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass auch im Verkehrsbereich dieser Energieträger immer mehr zum Einsatz kommt – je nach Szenario entweder in einer größeren Privat-Pkw-Flotte oder in mehr Carsharing-Fahrzeugen. In jedem Fall wird die Berliner Fahrzeugflotte des Jahres 2050 deutlich emissionsärmer unterwegs sein und auch weniger Lärm verursachen.

2.3 ZEROcarbon Sonderborg⁹

Project Zero ist die Vision nach der die Stadt Sonderborg in Dänemark (ca. 77.000 Einwohner) bis zum Jahre 2029 in eine CO₂-neutrale Zone umgewandelt werden soll. Hierfür wurde ein Master Plan 2029 entwickelt in dem die Rahmenbedingungen definiert sind.

Im Masterplan sind sechs Leuchtturmprojekte definiert. Von diesen wird erwartet, dass sie in der Periode 2010 – 2015 signifikant zur Reduktion der CO₂-Emissionen beitragen. Sie sind sozio-ökonomisch kosteneffektiv und der CO₂-Effekt ist messbar. Die Maßnahmen sind:

- Individuelle Wärmepumpen außerhalb der Fernwärmezonen
- Erhöhung des Anteiles erneuerbarer Energien im Fernwärmenetz
- Eine zentrale Biogasanlage
- Windenergieanlagen
- Energetische Sanierungen
- Die Firmenprogramme ZEROshop und ZEROcompany

ProjectZero is the vision of creating a ZEROcarbon Sonderborg by 2029, based on sustainable growth, and the generation of many new green jobs“

2.4 Masterplan Energie der Stadt Zürich

Mit dem Stadtratsbeschluss Nr. 434 vom 16. April 2008 hat sich die Stadt Zürich einen Masterplan Energie gegeben [Stadt Zürich, 2008].

In Übereinstimmung mit der Energie- und Klimaschutzgesetzgebung des Bundes und des Kantons Zürich bezweckt die städtische Energiepolitik in Zürich:

- a) eine ausreichende, wirtschaftliche und umweltschonende Energieversorgung anzustreben sowie die einseitige Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern zu vermeiden oder zu vermindern,
- b) die effiziente Energienutzung zu fördern,
- c) die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern,
- d) die CO₂-Emissionen zu reduzieren.

⁹ Project Zero, Alison 2, DK-6400 Sonderborg www.projectzero.dk

Die städtische Energiepolitik hat für das Gebiet der Stadt Zürich und den Zeithorizont 2005 bis 2020 zum Ziel,

- den Gesamtverbrauch fossiler Brenn- und Treibstoffe um 15 Prozent zu reduzieren,
- den CO₂-Ausstoss um mindestens 15 Prozent zu reduzieren,
- den Zuwachs des Elektrizitätsverbrauchs auf maximal 5 Prozent zu begrenzen,
- die jährliche Elektrizitätsbeschaffung aus erneuerbaren Quellen (ohne Wasserkraft) um 325 Gigawattstunden zu steigern,
- die jährliche Wärmebeschaffung aus erneuerbaren Quellen um 150 Gigawattstunden zu steigern,

Die Ziele betreffend Gesamtenergieverbrauch und CO₂-Emissionen basieren auf den mutmaßlichen Entwicklungen der energierelevanten Mengengrößen Bevölkerung, Beschäftigung und Energiebezugsflächen.

2.5 Die Energiethesen von Wien

In Wien gibt es zahlreiche Ansätze nachhaltig, energiebewusst und lebenswert zu bauen [MA20, 2013]: *Das Konzept der Smart City bedeutet für die Wiener Energieinfrastruktur große Veränderungen. Das bisherige Modell einiger (Groß)Erzeuger und vieler Verbraucher wird sich wandeln hin zu einer Vielzahl von Akteuren, die gleichzeitig Verbraucher und Erzeuger sind und verstärkt erneuerbare Energien und Abwärme vor Ort nutzen. In Kombination mit effizienter Energienutzung soll die Energieversorgung vor Ort erhöht werden. So können CO₂-Emissionen verhindert, die Versorgungssicherheit erhöht und langfristig leistbare Energiedienstleistungen sichergestellt werden.*

Die Stadtentwicklung in Wien hat sieben Energiethesen entwickelt¹⁰, die im Wesentlichen auch für Graz gelten können.

Wien verfolgt im Energie- und Klimabereich ehrgeizige Ziele. Aus den beiden Programmen und Strategien RAP_Vie (Renewable Action Plan Vienna) und SEP (Städtisches Energieeffizienz-Programm) ergeben sich die energiepolitischen Grundlagen für die Smart City Wien mit folgenden zentralen Elementen [MA20, 2012]:

- Effizienter Umgang mit Energie
- Erneuerbare Energien in Wien weiter ausbauen
- An das Angebot erneuerbarer Energien angepasste Verbrauchsstrukturen
- Intelligente Steuerung und Technologieauswahl
- Neue Speichertechnologien entwickeln und ins System integrieren

Die Energiethesen von Wien

1. Reden wir nicht von der Stromwende am Land, sondern von der Wärmewende in der Stadt!
2. Die Stadt der Zukunft ist frei von Fossilien und heizt mit Abwärme und Umweltwärme.
3. Energieverbünde als Lösungen für dichte Stadtteile und schwankende Stromerzeugung.
4. Weniger Heizen durch gezielten Einsatz von „Hirn-Energie“ und Investitionen.
5. Das Erdreich unter der Stadt und die Betonteile der Gebäude sind der neue Energietank.
6. Solarthermie füllt den Erdspeicher für den Winter.
7. „Woher kommt das Warmwasser?“ – wird zur wichtigsten Energiefrage im Wohnbau.

¹⁰ <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/pdf/energiethesen.pdf>

3 Energieportfolio für Siedlungstypen in Graz

Um die Eignung von Heizungstechnologien für die Raumheizung beurteilen zu können ist Information über den wärmetechnischen Zustand der Gebäude und über die Dichte der Bebauung notwendig.

In Abbildung 3-1 wird der Versuch unternommen Bebauungsdichte und spezifischen Heizwärmebedarf in eine Darstellung zu bringen.

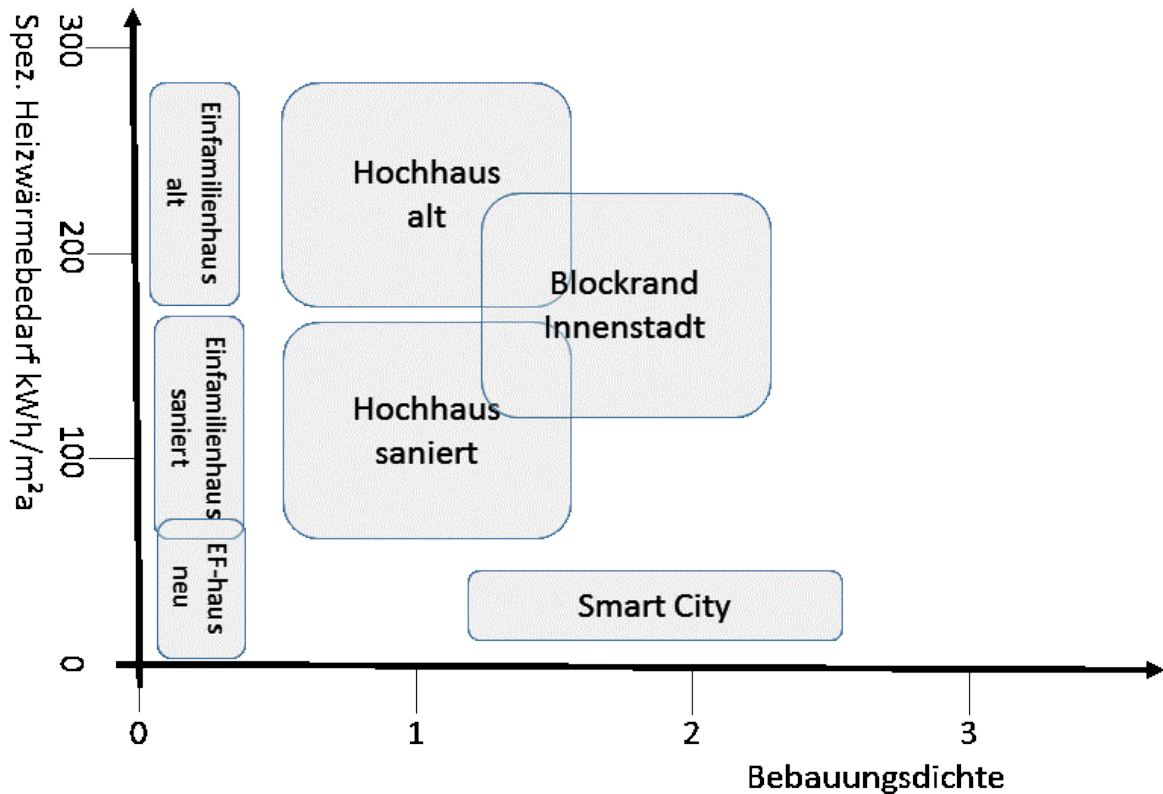


Abbildung 3-1: Energieportfolio für Siedlungstypen.

Diese Darstellung ist eine Vereinfachung der realen Situation und tatsächlich sind die Grenzen nicht so scharf. Die Darstellung wird es aber in den nächsten Kapiteln ermöglichen geeignete Heizungstechnologien geeigneten Bereichen zuzuordnen.

4 Übersicht über bestehende und zukunftsfähige Technologien zu Wärmebereitstellung in urbanen Bereichen

Der Wärmebedarf von Wohngebäuden beinhaltet die Raumwärme und die Bereitung von Warmwasser. Während der spezifische Heizungswärmebedarf (kWh/m²a) hauptsächlich von der energetischen Qualität des Gebäudes abhängt, bestimmt die Anzahl der BewohnerInnen den Energiebedarf für die Warmwasserherstellung (kWh/Pa).

Beide Größen werden nennenswert durch das Komfortbedürfnis und Verhalten der BenutzerInnen beeinflusst. Bei den Raumtemperaturen ist ein Trend zu eher höheren Werten zu sehen, während der Energiebedarf für das Warmwasser tendenziell abnimmt¹¹.

Tabelle 4-1: Heizungen 2011/2012 nach Bundesländern, verwendetem Energieträger und Art der Heizung; Ergebnisse für Steiermark, Quelle: STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: MZ Energieeinsatz der Haushalte 2011/2012. Erstellt am 17.06.2013.

Energieträger	Wohnungen ("Hauptwohnsitze") insgesamt	Heizungsart				
		Einzelofen	Gaskonvektor	Elektroheizung (fest verbunden)	Zentral- und gleichwertige Heizung	Fernwärme ¹⁾
Holz, Hackschnitzel, Pellets, Holzbriketts	126.172	17.557	-	-	108.615	-
Kohle, Koks, Briketts	1.502	-	-	-	1.502	-
Heizöl, Flüssiggas	134.849	3.852	-	-	130.996	-
Elektr. Strom	53.474	2.518	-	45.337	5.618	-
Erdgas	44.768	-	3.434	-	41.335	-
Solar, Wärmepumpen	12.855	-	-	-	12.855	-
Fernwärme	133.181	-	-	-	-	133.181
Zusammen	506.801	23.927	3.434	45.337	300.921	133.181
1) Hauszentralheizungen mit unbekanntem Brennstoff werden als Fernwärme definiert.						

In der Steiermark überwiegen bei der Beheizung von Wohnungen feste Brennstoffe (Holz, Hackschnitzel, Pellets, Holzbriketts, Kohle, Koks, Kohlebriketts) und Heizöl / Flüssiggas. In derselben Größenordnung befinden sich die mit Fernwärme versorgten Wohnsitze, wobei auch Hauszentralheizungen mit unbekanntem Brennstoff als Fernwärme definiert werden. In der Stadt Graz ist der Anteil der Fernwärme etwas größer.

Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben den zukünftigen Einsatzbereich von Wärmetechnologien unter Verwendung erneuerbarer Energien. Die in den Grafiken dargestell-

¹¹ Laut Statistik Austria zwischen 2003 und 2012 von täglich 3,3 auf 3,0 kWh/Person

ten Einsatzbereiche sind nur als grobe Schätzungen zu sehen, denen keine Berechnungen oder Erhebungen zugrunde liegen. Sie dienen nur zur Orientierung und ändern sich durch Preisschwankungen, Verkaufsstrategien und Förderungen; Entscheidungen erfordern immer eine genaue Durchrechnung der Möglichkeiten.

Mit dem neuen Energiesystem, d.h. der Verlagerung von fossilen auf erneuerbare Energieformen, geht eine Systemänderung einher. Die gewachsenen Netzstrukturen sind „Einbahnstraßen“; sie sind darauf ausgelegt Energie vom Erzeuger zum Verbraucher zu bringen, nicht aber von vielen dezentralen Erzeugern aufzunehmen und über das Netz zu verteilen. Während diese Strukturen bei Stromnetzen mit den vielen Photovoltaikanlagen bereits aufgebrochen sind, steht bei der Fernwärme diese Entwicklung noch bevor. Für die intelligenten Energiekonzepte der Zukunft werden Netze benötigt, die eine dezentrale Erzeugung unterstützen, „Gegenverkehr“ zulassen und andere Netze bidirektional einbinden. Eine entscheidende Komponente sind Speichertechnologien, wobei die Speicherfähigkeit anderer Netze genutzt werden muss.

4.1 Sanierung und Passivhaustechniken

Die Verminderung des Wärmebedarfes hat vor neuen Bereitstellungstechniken jedenfalls Priorität. Die Maßnahmen für den Übergang auf energieeffiziente Gebäude unterscheiden sich bei Bestand und Neubau essentiell.

4.1.1 Sanierung

Derzeit haben die Steiermark und Österreich bei der Umsetzung von hochwertig sanierten Gebäuden mit Vorfertigung und geringer Beeinflussung der Mieter eine Vorreiter- und Vorbildfunktion. In zahlreichen internationalen Projekten (IEA, IEE etc.) wurden diese Objekte publiziert und verbreitet. Derzeit beschränken sich die Umsetzungen jedoch auf Einzelgebäude in der Sanierung.

Durch die Erfahrungen und das bestehende KnowHow in diesem Bereich ist eine Ausweitung auf ganze Stadtgebiete möglich. Somit wäre auch auf diesem Gebiet bezüglich der Erhöhung der Energieeffizienz in Stadtteilen und Städten und der Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie wieder eine Vorreiterrolle in Europa gegeben. Ein volkswirtschaftlicher Nutzen für Industriepartner und Produzenten im In- und Ausland wäre gegeben¹².

Sanierungen nur aus energetischen Überlegungen heraus sind selten wirtschaftlich darzustellen. Eine interessante Option stellt die Kombination zwischen Sanierung und Nachverdichtung dar. In diesem Falle wird im Verbund mit der energietechnischen Sanierung (Fenster, Fassaden, ...) eine Aufstockung durchgeführt. Durch die zusätzlich vermietbaren Flächen kann so der Sanierungsaufwand wirtschaftlich dargestellt werden. Gleichzeitig entsteht neuer Wohnraum in einem Gebiet, das bereits an alle Infrastrukturen (Wasser, Kanal, Verkehr, Strom, Telekommunikation, ...) angeschlossen ist und hilft, diese besser zu nutzen.

4.1.2 Neubau

Die energetische Qualität von Neubauten regelt in der Steiermark und hiermit auch für Graz das Steiermärkische Baugesetz (derzeit letzte Fassung LGBl. Nr. 48/2014) im II. Hauptstück, I. Teil, VII. Abschnitt „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ § 80 „Allgemeine Anforderungen“. Hieraus einige wesentliche Zitate:

¹² Dieser Abschnitt basiert u.A. auf einem Diskussionsbeitrag von Karl Höfler (AEE-INETC) bei der Diskussion um eine Teilnahme der Stadt Graz an einem Smart-City Call unter horizon2020 / 2015

(1) *Bauwerke und all ihre Teile müssen so geplant und ausgeführt sein, dass die bei der Verwendung benötigte Energiemenge nach dem Stand der Technik begrenzt wird. Auszugehen ist von der bestimmungsgemäßen Verwendung des Bauwerks; die damit verbundenen Bedürfnisse (insbesondere Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung) sind zu berücksichtigen.*

(5) *Bei der Errichtung neuer Bauwerke (Neubauten) mit einer Gesamtnutzfläche von mehr als 1000 m² müssen alternative Systeme eingesetzt werden, sofern dies technisch, ökologisch und wirtschaftlich zweckmäßig ist. Alternative Systeme sind insbesondere*

- 1. dezentrale Energieversorgungssysteme auf der Grundlage von erneuerbaren Energieträgern,*
- 2. Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen,*
- 3. Fern-/Blockheizung oder Fern-/Blockkühlung und*
- 4. Wärmepumpen.*

(6) *Unabhängig von der Regelung gemäß Abs. 5 hat bei der Errichtung neuer Wohnbauten die Warmwasserbereitung unter Verwendung thermischer Solaranlagen oder direkt aus anderen erneuerbaren Energieträgern, sofern deren Einsatz jeweils nicht wirtschaftlich unzweckmäßig ist, oder über eine Fernwärmeversorgung aus erneuerbaren Energieträgern oder hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung, wenn diese ganzjährig verfügbar ist, zu erfolgen. Der Verwendung thermischer Solaranlagen dürfen in Schutzgebieten nach dem Ortsbildgesetz 1977 und dem Grazer Altstadterhaltungsgesetz 2008 Gründe des Straßen-, Orts- und Landschaftsbildes im Sinne des § 43 Abs. 4 nicht entgegenstehen.*

Es ist bei der langen Lebensdauer von Gebäuden natürlich höchst wichtig keine neuen Sanierungsfälle zu schaffen, sondern jetzt dafür zu sorgen, dass die neu errichteten Gebäude den energiepolitischen Anforderungen für das Jahr 2050 entsprechen.

4.2 Klassische Feuerungen

Ein Großteil der Gebäude in Graz wird heute klassisch mit in den Gebäuden installierten Heizungsanlagen beheizt (Hauszentralheizungen und Einzelöfen). Dies gilt vorwiegend für Siedlungen mit geringer Wohndichte, die durch Fernwärme nicht erreicht werden. Die üblichen Brennstoffe hierfür sind Heizöl EL, Kohle, Holz (Scheitholz, Pellets) und Gas (Erdgas, Flüssiggas). Diese Heizungsanlagen übernehmen – zumindest in der Heizsaison – i.A. auch die Erwärmung des Brauchwassers. Einzelöfen – mit Ausnahme des Kachelofens und der „Schwedenöfen“ – verlieren zunehmend an Marktanteil.

Im Sinne einer Entwicklung zu einer CO₂-neutralen Wärmeversorgung in Graz geht es darum, die fossilen Energieträger Öl, Erdgas und Kohle möglichst weitgehend durch erneuerbare zu ersetzen. Da nicht mit einem wesentlichen Anteil an Biogas im Gasnetz gerechnet werden kann, bleibt für klassische Feuerungen nur Holz (Stückholz, Hackschnittel, Pellets, torrefiziertes Holz) als Alternative. Eine Weiterentwicklung der Feuerungstechniken in Richtung verringerter Staubemissionen und reduziertem CO-Ausstoß ist unbedingt erforderlich, will man der Biomasse im Stadtgebiet mehr Bedeutung zukommen lassen.

Eine einfache Methode Kohle rasch und ohne Investitionskosten durch einen erneuerbaren Energieträger zu ersetzen wäre der Einsatz von torrefiziertem Holz. Torrefizierung ist ein thermischer Prozess zur Steigerung der Energiedichte von Biomasse. Bei der Torrefizierung werden niederenergetische Bestandteile der Biomasse in die Gasphase überführt – dadurch erhöht sich der Heizwert.

Einzelöfen in Wohnungen sollten nur mehr typengeprüften Geräten sein. Selbst wenn dies gesichert ist, besteht die Gefahr des Missbrauches der Anlagen zur „Müllverbrennung“ mit undefinierten Brennstoffen.

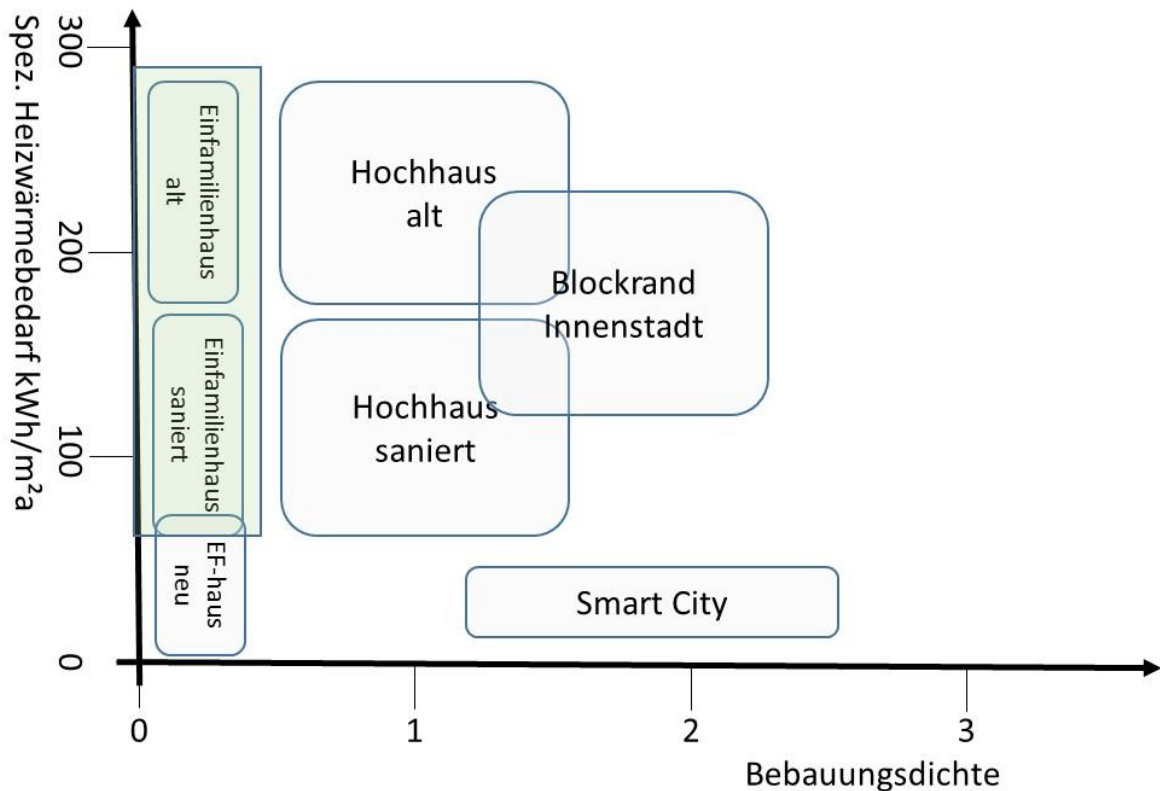


Abbildung 4-1: Einsatzbereich von Einzelöfen und Hauszentralheizungen

Einzelöfen und Hauszentralheizungen werden in Zukunft nur mehr in kleinen Einheiten in Siedlungsgebieten geringer Dichte eingesetzt werden und sollen mit Biomasse betrieben werden (Abbildung 4-1). Biomasse ist nachwachsend, aber nicht in beliebigen Mengen verfügbar. Ein starker Zuwachs des energetischen Einsatzes von Biomasse führt zu verstärkten Importen und zu einer Konkurrenzsituation mit der stofflichen Verwendung von Biomasse (Papier, Spanplatten, Bau, Möbel, ...), auch wenn hier teilweise andere Qualitäten gefordert sind.

Ein großer Vorteil der Biomasse liegt in der integrierten Speicherung. Biomasse kann praktisch verlustfrei und mit wenig Aufwand gespeichert und zum Zeitpunkt des Bedarfes abgerufen werden.

4.3 Fernwärme

Fernwärme versorgt in Graz etwas mehr als ein Drittel der Bevölkerung und zahlreiche Anwender im Nicht-Wohnsektor. In einigen Haushalten erfolgt auch die Warmwasserbereitung durch Fernwärme; vielfach wird dieses aber mittels Strom in kleinen (Tages-) Speichern durch Widerstandsheizungen bereitgestellt.

Mit Ausnahme eines geringen Anteils an Solarenergie und Industrieabwärme kommt die Fernwärme aus Anlagen, die fossile Energie einsetzen. Sofern diese Anlagen in Betrieb sind, kommt Fernwärme als Koppelprodukt aus gas- oder kohlebetriebenen Kraftwerken und ist bilanztechnisch mit CO₂ behaftet und kann nicht als erneuerbar angesehen werden¹³. Die Industrieabwärme kommt ins Grazer Fernwärmenetz aus einem Stahlwerk und

¹³ Koppelwärme aus Kraftwerken ist keine reine Abwärme, da durch ihre Nutzung die Menge des hergestellten Stromes verringert wird. Eine Koppelproduktion von Kraft und Wärme ist aber energietechnisch sehr sinnvoll und reduziert den Primärenergieeinsatz gegenüber einer getrennten Herstellung.

ist als „echte“ Abwärme zu sehen, der kein Primärenergiebedarf zugerechnet werden sollte. Solange sie nicht für ihre Einspeisung ins Fernwärmenetz einen nennenswerten zusätzlichen Energiebedarf (z.B. Wärmepumpen) verursacht kann diese Einspeisung als CO₂-neutral angesehen werden.

Das größte Hindernis für weitere Anschlüsse an die Fernwärme stellt die Tatsache dar, dass diese Heizmethode hohe Investitionskosten verursacht, die nur in einem geringen Maße von der abgenommenen Leistung abhängen. Die Versorgung wenig dicht bebauter Siedlungen in Graz wird daher kaum ausgebaut werden können, da die Fixkosten zu hoch sind.

Eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien in der Fernwärme ist möglich aber nicht einfach. Natürlich könnten auch in Graz Biomasse-Heiz(-kraft)werke mit und ohne Wärmekraftkopplungen eingebunden werden. Dies erscheint aber durch die damit verbundenen Emissionen klassischer Schadstoffe zumindest im Stadtgebiet als problematisch. Eine andere Option stellt der Einsatz von Wärmepumpen dar, die Abwärme oder Umgebungswärme (z.B. Fluss-, Grund- oder Abwasser) nutzen und mit Strom aus erneuerbaren Quellen betrieben werden.

Das Marktsegment für die Fernwärme sind dicht bebaute Stadtteile mit einem Gebäudebestand der nicht den allerhöchsten wärmetechnischen Standard aufweist (vgl. Abbildung 4-2). Sowohl bei einer zu geringen Dichte als auch bei einem hohen wärmetechnischen Standard ist es für den Fernwärmelieferanten schwierig konkurrenzfähig anzubieten. Zusätzliche Marktnachteile bestehen für die Fernwärme, wenn die Kunden auch eine Klimatisierung wünschen und hierfür eigene Anlagen bauen, die im Heizungs- und Kühlbetrieb gefahren werden können.

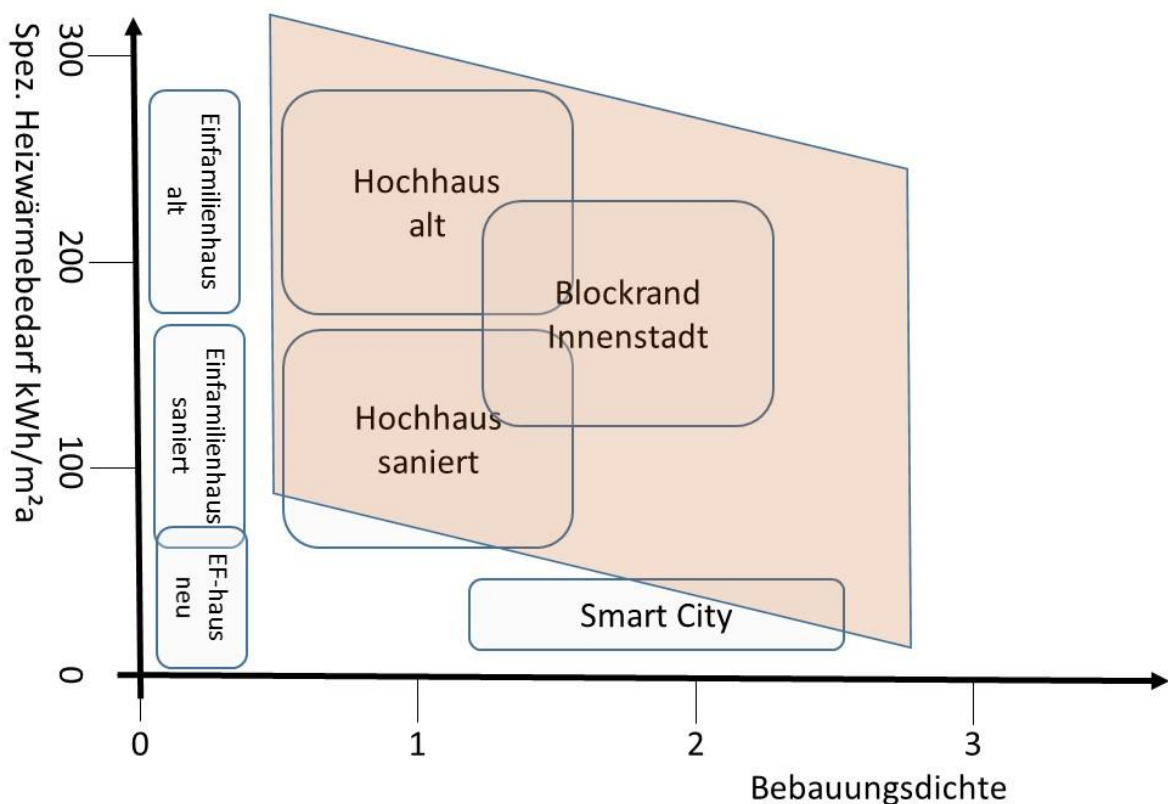


Abbildung 4-2: Einsatzbereich der Fernwärme

Das bisherige Modell einiger (Groß)Erzeuger und vieler Verbraucher wird sich wandeln hin zu einer Vielzahl von Akteuren, die gleichzeitig Verbraucher und Erzeuger sind und verstärkt erneuerbare Energien und Abwärme vor Ort nutzen [MA20, 2013].

4.4 Wärmepumpen

Wärmepumpen sind technische Einrichtungen, die durch die Zufuhr von hochwertiger Energie (Antriebsenergie) in der Lage sind, eine größere Energiemenge auf ein höheres Temperaturniveau zu heben. Folglich benötigen sie sowohl eine Wärmequelle (Anergiequelle stellt den Großteil der Nutzwärme zur Verfügung) und eine Antriebsenergie (Exergiequelle).

Als Anergiequellen für die Beheizung von Wohngebäuden stehen die Umgebungsluft, der oberflächennahe Grundwasserkörper, Abwasser und das Erdreich (mit Tiefensonden oder oberflächennah) oder Oberflächenwasser zur Verfügung. Diese gelten als erneuerbar, sind aber ebenfalls endlich. Ihre Nutzung kann einen Einfluss auf das Ökosystem haben und natürlich auch auf die Verfügbarkeit der Wärmequelle auf Anrainer (gilt besonders für die Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser). Wird das Erdreich genutzt muss auf eine hinreichende Nachladung mit Wärme geachtet werden. Dies kann im Sommer entweder

- natürlich über die Oberfläche (oberflächennaher Wärmeentzug) oder durch nachfließendes Grundwasser erfolgen oder
- technisch durch Nachladen über Solarwärme oder durch die Klimaanlage.

In besonderen Fällen kann auch Abwärme (von Produktionsbetrieben, Klimaanlage, ...) genutzt werden. Die Koppelung von Wärme- und Kälteherstellung durch das Nutzen „beider Enden“ der Anlage stellt eine besonders interessante Variante dar. In Gebäuden, in denen eine Klimatisierung oder Kühlung ohnedies erforderlich ist kann ein und dieselbe Anlage für beide Funktionen verwendet werden. Die Heizanlage bekommt man somit fast ohne zusätzliche Investitionen dazu.

Da die Leistungszahl einer Wärmepumpe von Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Nutzer abhängt, ist diese umso wirksamer, je tiefer das Temperaturniveau der Heizung ausgelegt ist. Für Raumheizungen in neuen Häusern ist dies meist niedriger als die erforderliche Temperatur des Sanitärwarmwassers.

Für den Antrieb werden meist Elektromotoren eingesetzt, aber auch ein Betrieb mit Verbrennungsmotoren (gas- oder ölbetrieben) ist bei größeren Anlagen möglich. Beim Sonderfall der Absorptionswärmepumpe erfolgt der Antrieb durch Wärme auf einem hohen Temperaturniveau. Vollständig mit erneuerbarer Energie arbeiten nur Elektrowärmepumpen unter Einsatz von Ökostrom, Wärmepumpen mit Verbrennungsmotoren unter Einsatz von Biogas oder Biodiesel sowie mit Bioenergie beheizte Absorptionswärmepumpen.

Elektrowärmepumpen sind eine wichtige Technologie beim Übergang auf ein voll-elektrisches Wärmeversorgungssystem. Wenn es tatsächlich gelingt, in Österreich zukünftig die Stromversorgung zu 100% auf erneuerbare Energien umzustellen werden Wärmepumpen – als eine „power-to heat, P2H“ Technologie ein wichtiges Regel- und Steuerelement sein. Die Koppelung einer Elektrowärmepumpe mit einer Photovoltaikanlage am Gebäude verspricht für die Raumheizung wenig (zu geringer Solarertrag in der Heizperiode), kann aber für die Warmwasserbereitung eine sinnvolle Option in Konkurrenz zu solarthermischen Anlagen sein [Vukits et al. 2012, Selvicka 2013].

Ob man eine Power-to-Heat Anlage ausschließlich mit Netzstrom betreibt oder in Kombination mit einem Stromerzeuger wie etwa einem BHKW, spielt für die Integration der Anlage am Regelenergiemarkt nur eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist hingegen, dass eine sinnvolle Wärmeabnahme am Anlagenstandort besteht. Da Regelenergieabrufe nicht vorhersagbar sind, muss diese Wärmeabnahme während des gesamten Angebotszeit-

raums des Regelenergiegebots bestehen und zusätzlich über eine gewisse Trägheit verfügen.

Das Marktsegment für Elektrowärmepumpen hängt von der Wärmequelle ab. Außenluft als Quelle ist nur für kleine Einheiten empfehlenswert (Abbildung 4-3).

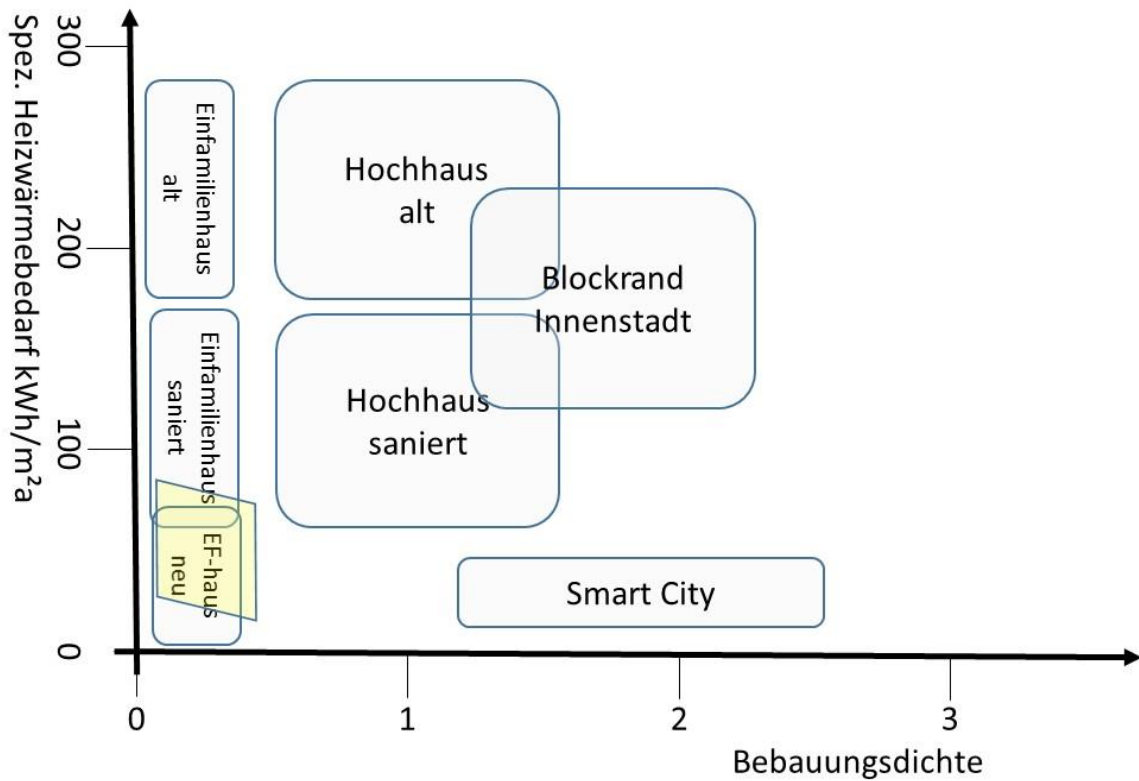


Abbildung 4-3: Marktsegment für Wärmepumpen mit Außenluft als Wärmequelle

Steht hingegen ausreichend Grund- oder Abwasser oder gar Abwärme zur Verfügung ist der Größe der Anlagen keine Grenzen gesetzt (Abbildung 4-4).

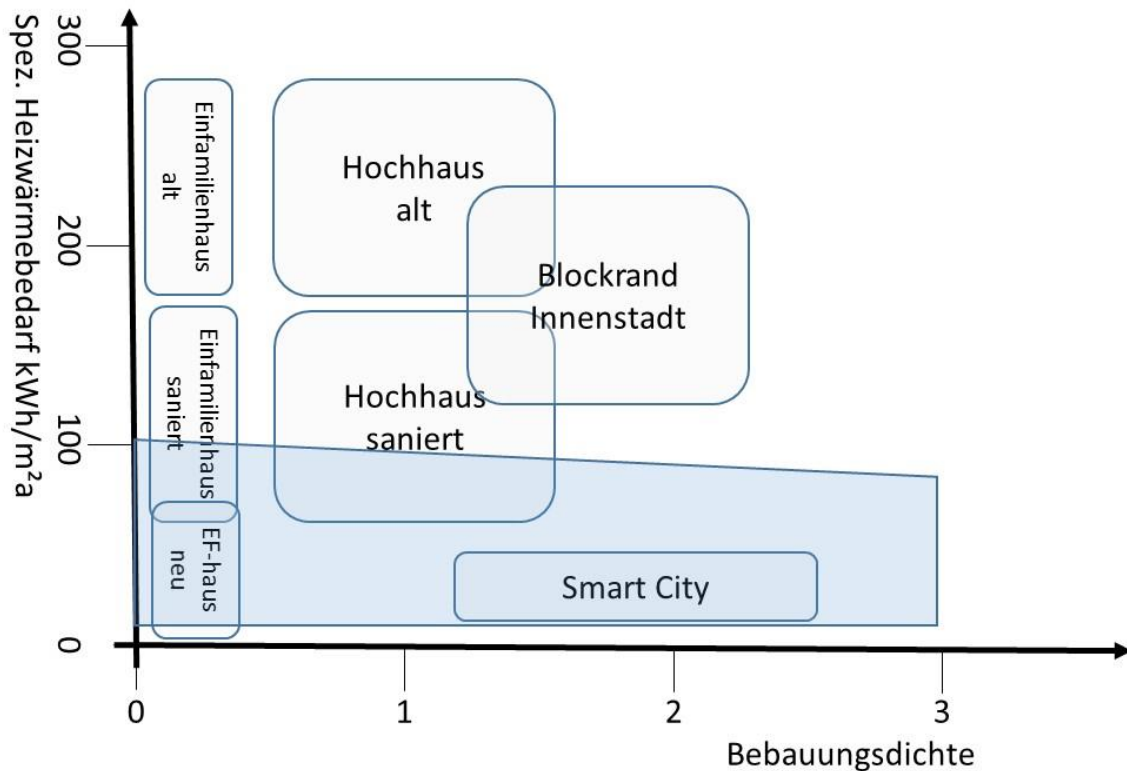


Abbildung 4-4: Marktsegment für Wärmepumpen mit Wärmequelle Abwasser, Abwärme, Grundwasser oder Erdreich.

Elektrisch betriebene Wärmepumpen sind bei Betrieb mit Ökostrom und bei Vorliegen einer geeigneten Wärmequelle (Grundwasser, Abwasser, Abwärmen, ...) geeignet lokale Nahwärmenetze aufzubauen, wenn die Abnehmerdichte vorhanden ist, der Abstand zum zentralen Fernwärmenetz aber zu groß ist.

4.5 Elektrowiderstandsheizungen

Elektroheizungen als Widerstandsheizungen sind die technisch einfachste Lösung für „power-to-heat“. Sie sind bei der Investition wesentlich billiger, aber – bezogen auf die Primärenergie – auch wesentlich weniger effizient als Wärmepumpen. Für die Raumheizung bestehen noch zahlreiche Anlagen, meist aus den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts, wo sie verwendet wurden um Strom, der in der Nacht reichlich vorhanden war, in Form von Wärme zu speichern und später zu nutzen. Zur Warmwasserbereitung sind Widerstandsheizungen als elektrische Nachtspeicher weit verbreitet, selbst in Wohnungen wo eine Wärmeversorgung mit Fernwärme besteht.

In letzter Zeit gibt es in Skandinavischen Ländern mit einem hohen Windstromanteil wieder vermehrt P2H-Anlagen zur Nutzung von Strom aus Wind- und PV-Anlagen (siehe Abbildung 4-5). Hier werden sie einerseits genutzt um Netzbelastungen auszugleichen, aber auch um – bei geringen Einspeisetarifen – den Anteil des selbst genutzten PV-Stroms zu erhöhen. Power to Heat ist auch eine Flexibilitätsoption für den sicheren Betrieb des deutschen Stromnetzes, die in den nächsten Jahren immer wichtiger werden wird.

Das Einsatzgebiet für Elektrowiderstandsheizungen bleibt vorwiegend die Warmwasserbereitung. Beim Neubau von Gebäuden dürfen elektrische Direkt-Widerstandsheizungen derzeit nicht als Hauptheizungssystem eingebaut und eingesetzt werden¹⁴.

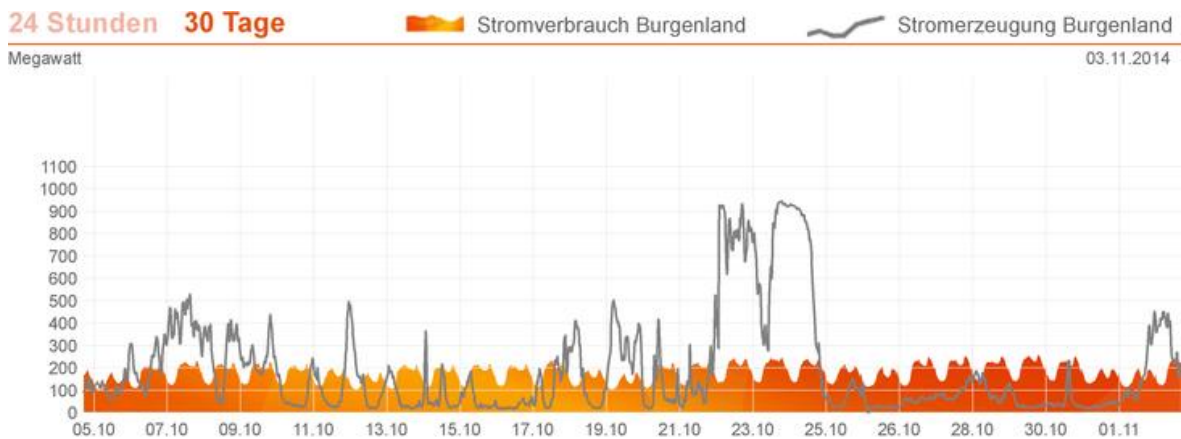


Abbildung 4-5: Produktion und Bedarf an Elektrizität in Burgenland als Beispiel für eine Region mit hohem Windkraftanteil in der Aufbringung¹⁵

Wenn Österreich es wirklich schafft in den nächsten 20 Jahren die Stromaufbringung zu 100% auf erneuerbare Energieträger zu verlagern, dann ist eine Wärmeversorgung über Elektrizität jedenfalls zu forcieren.

Ein zusätzlicher Anwendungsbereich für elektrische Widerstandsheizung bei der Raumwärme über die bestehenden Altanlagen hinaus wird derzeit nicht gesehen, kann aber in Zukunft bei Überschüssen von Strom aus erneuerbaren Quellen im Netz zur Laststeuerung ein Marktsegment darstellen. Dies muss aber dann im Verbund mit Wärmespeichern und eventuell im Rahmen von Wärmenetzen erfolgen.

4.6 Thermische Solaranlagen

Solarthermische Anlagen bilden einen zentralen Eckpfeiler einer zukünftig nachhaltigen Energieversorgung basierend auf erneuerbaren Energieträgern. Experten schätzen das Potenzial für Solarthermie bis zum Jahr 2050 in Österreich bzw. Europa auf einen Deckungsgrad am gesamten Niedertemperaturwärmebedarf (<250°C) von bis zu 50%. Thermische Solaranlagen sind eine inzwischen klassische Technologie zur Wärmeversorgung, werden jedoch selten zur alleinigen Beheizung von Gebäuden eingesetzt. Hierzu wären große Saisonspeicher erforderlich, die derzeit noch nicht wirtschaftlich verfügbar sind. Hausgebundene Anlagen können wirtschaftlich bis zu 50% des Wärmebedarfes abdecken. Systemlösungen zur Erreichung hoher solarer Deckungsgrade (50 bis 100%) für Warmwasser und Raumheizung sind in Entwicklung.

Thermische Solaranlagen werden daher heute und voraussichtlich auch in näherer Zukunft hauptsächlich zur Warmwasserbereitung und zur Unterstützung eines existierenden Heizungssystems betrieben. Dieses Heizungssystem kann klein sein (Einzelgebäude) oder aber auch ein Fernwärmenetz (wie in Graz) oder eine Industrieanlage. Der Wirkungsgrad der solarthermischen Anlagen steigt mit niedrigeren Temperaturen im Wärmenetz.

Im Rahmen des IEA SHC Task 52¹⁶ - Zukunftsfähige Energiesysteme für den urbanen Raum - wird basierend auf energie-ökonomischen Analysen zur nachhaltigen und wirtschaftlichen Energieversorgung von urbanen Gebieten mit einem Zeithorizont bis 2050

¹⁴ OIB 6 (Seite 9 von 23): 12.6 Elektrische Widerstandsheizungen

¹⁵ (www.netzburgenland.com vom 3.11.2014)

¹⁶ <http://task52.iea-shc.org/>

die zukünftige Rolle der Solarthermie in Modellen unter Berücksichtigung des Strom-, Wärme- und Transportsektors sektorübergreifend analysiert¹⁷. In weiterer Folge werden Geschäftsmodelle, Umsetzungsstrategien und technische Lösungen von netzgekoppelten thermischen Solaranlagen anhand von weltweiten Best-Practice Beispielen untersucht sowie angepasste Fallstudien definiert und unter Anwendung bzw. Weiterentwicklung von geeigneten Planungswerkzeugen theoretisch analysiert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in Form von Planungs- und Entscheidungshilfen zusammengefasst.

Thermische Solaranlagen sind bereits heute in das Fernwärmenetz Graz integriert. In Verbindung mit Großspeichern besteht hier ein nennenswertes Ausbaupotenzial besonders in Teilnetzen, die mit niedrigeren Temperaturen gefahren werden können.

4.7 Blockheizkraftwerke

Der Einsatz von Blockheizkraftwerken stellt keinen Schritt in Richtung des verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energie dar, ist aber ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz. Die angebotenen Blockheizkraftwerk-Größen reichen heute bis unter 1 kWel. Sie sind inzwischen weitgehend standardisiert und werden von allen großen Kesselherstellern als Stirling- oder Verbrennungsmotoren-BHKW angeboten. Bei der Vielfalt der Geräte darf man jedoch nicht vergessen, dass die Stückzahlen noch sehr gering sind. Entsprechend hoch sind auch die Preise, die bei der Wirtschaftlichkeit negativ durchschlagen. Von einer Massenfertigung wie bei Kesseln ist man noch weit entfernt.

Daneben kann man heute erste Brennstoffzellengeräte erwerben. Die Preise dafür sind jedoch eher etwas für Technik-Pioniere, für die nicht so sehr die Wirtschaftlichkeit zählt. Eine weitere vor allem für das Gewerbe interessante Entwicklung ist die Kombination eines Blockheizkraftwerks (BHKW) mit einer Adsorptionsmaschine zum Kühlen.

Blockheizkraftwerke sind bei den heutigen Energiepreisen wirtschaftlich sinnvoll, wenn sie:

- die gesamte Wärme und den gesamten Strom nutzen können
- eine lange jährliche Laufzeit aufweisen
- den Strom nicht ins Netz liefern, sondern den Eigenverbrauch abdecken und
- auch zur Kühlung eingesetzt werden.

Den Einsatzbereich für Blockheizkraftwerke zeigt Abbildung 4-6; Kleinstgeräte für einzelne Gebäude sind dabei als derzeit unrealistisch ausgenommen.

¹⁷ <http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projektId=163> vom 15.11.2014

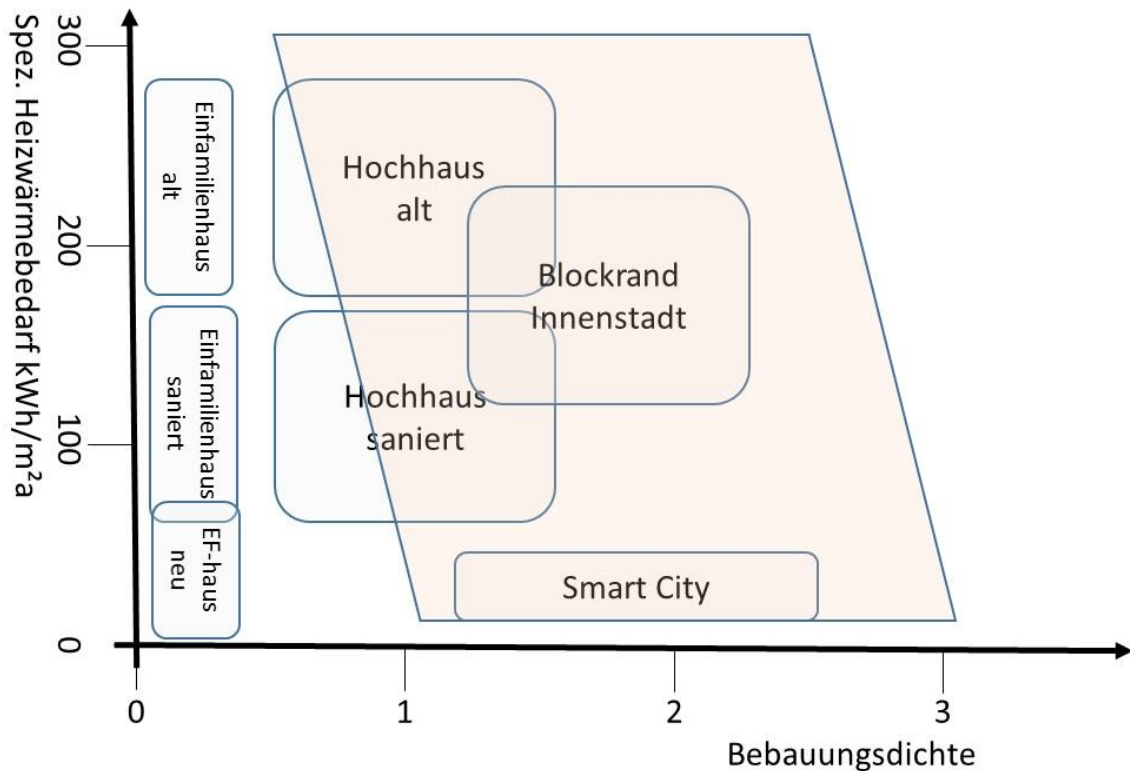


Abbildung 4-6: Einsatzbereich für Blockheizkraftwerke.

Blockheizkraftwerke sind bei ihrem Einsatz zur Wärmeversorgung als Wärme-Kraftkopplungen und nicht als Kraft-Wärme-Kopplungen zu betreiben. Das heißt, dass die Anlagen nach dem Wärmebedarf gefahren werden und somit 100% des Koppelproduktes Wärme genutzt werden können. Stromseitig besteht ein Verbund mit dem Netz, sodass eine bidirektionale Einbindung besteht. Eine möglichst große Eigennutzung des Stromes erhöht die Wirtschaftlichkeit weiter. Diese kann durchaus auch in einer Wärmepumpe bestehen, die den Strom hocheffektiv in Wärme umwandelt. Der Primärenergienutzungsgrad einer derartigen Anlage wird somit deutlich über 100% liegen.

5 Zuordnung der Wärmebereitstellungstechnologien zu den Siedlungstypen

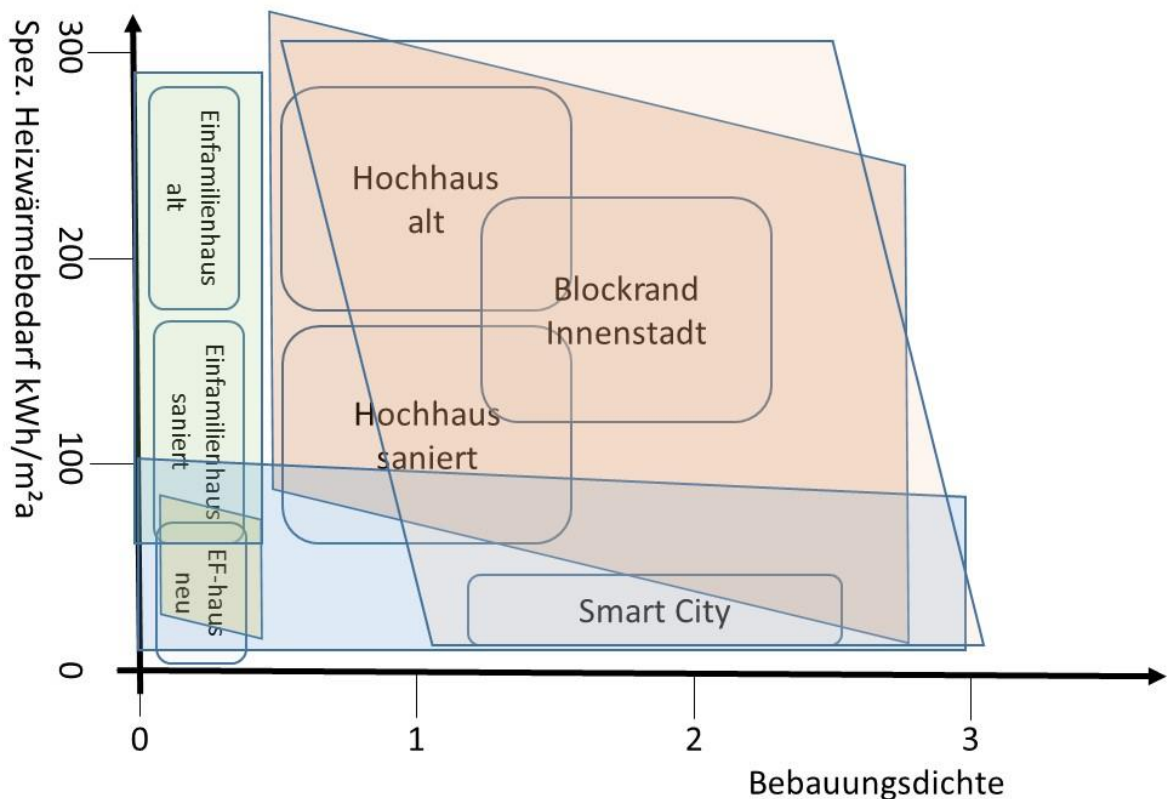


Abbildung 5-1: Marktsegmente der unterschiedlichen Heizungstechnologien.

5.1 Bestand, dicht bebaut

Dieser Typus ist für kapitalintensive urbane Infrastrukturen wie Fernwärme- und Straßennetze geeignet.

Oberste Priorität hier haben die energetische Sanierung und eine Nachverdichtung, optimal wirtschaftlich miteinander kombiniert. Die Beheizung von Einzelgebäuden durch Feuerungsanlagen, besonders mit solchen, die fossile Energieträger einsetzen, ist im Sinne einer Smart City vollständig zu vermeiden. Für dicht bebauten Stadtteile ohne Verbindung zum Fernwärmenetz können Inselnetze unter Nutzung von elektrisch betriebenen Wärmepumpen und/oder dezentralen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen aufgebaut werden.

Der Einsatz erneuerbarer Energien im Fernwärmesystem ist zu steigern, ebenso ist auf eine hohe Effizienz der Wärmebereitstellung (Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen) zu achten.

5.2 Bestand, locker bebaut

In diesem Typus sind kapitalintensive urbane Infrastrukturen wie Straßenbahn- und Fernwärmenetze nicht finanzierbar.

Die Verdrängung von individuellen Feuerungsanlagen mit ihren Emissionen an Treibhausgasen und klassischen Luftschadstoffen wird durch Sanierungen nur unvollständig möglich sein. Auch einer Nachverdichtung sind enge Grenzen gesetzt, auch wenn eine solche erstrebenswert ist. Mittelfristig wird der Einsatz von Elektrowärme (vorzüglich

Elektrowärmepumpen) die beste Möglichkeit sein, die lokalen Emissionen zu vermindern und erneuerbaren Energien in diesem Bereich einen Wärmemarkt zu erschließen.

5.3 Neubau, dicht bebaut

Hier liegt eine Konfliktzone zwischen zentralen, kapitalintensiven und starren Infrastrukturen (Straßenbahn, Wärmenetze) auf der einen Seite und dezentralen, flexiblen auf der anderen Seite vor.

Gebäude und Gruppen von Gebäuden werden immer stärker die Rolle von Energieproduzenten und Energiespeichern erfüllen müssen. Gebäudeintegrierte Technologien aber besonders auch gebäudeübergreifende Energiesysteme spielen eine zunehmende Rolle, wenn Städte „smart“ gemacht werden sollen. Zusätzlich wird Energie für die Mobilität von Personen und Gütern gebraucht werden. Dies erfordert neue, zusätzliche Netze und Speichertechnologien, aber auch Verhaltensänderungen, die wiederum zusätzliche Information(-stechnologien) erfordern. Durch die Koppelung von effizienten Gebäuden und bewussten Nutzern über drei Netze (Wärme – Strom – Gas), die untereinander über geeignete Technologien verbunden sind, kann ein System geschaffen werden, das einen laufenden Übergang von derzeitigen fossilen Energieträgern auf externe und interne erneuerbare ermöglicht.

5.4 Neubau, locker bebaut

Für den Neubau in locker bebauten Gebieten ist zukünftig auf das Erzielen der bestmöglichen energetischen Qualität zu achten (Passivhaus oder Niedrigstenergiehaus). Als die wahrscheinlichste Energietechnologie wird sich voraussichtlich die elektrisch betriebene Wärmepumpe in Verbindung mit Solarthermie (Warmwasserbereitung, Zusatzheizung, Laden des Erdreiches) und eventuell in Verbindung mit Photovoltaik (P2H) erweisen.

6 Empfehlungen

Erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Energiespeicherung, Gebäudesanierung, innovative Neubauten und vieles andere realisieren sich nicht von allein, sondern erfordern immense Investitionen und tatkräftige Unterstützung von allen Seiten, am besten gebündelt und koordiniert. Der langfristige Nutzen besteht nicht nur in der bloßen energiepolitischen Zielerreichung sondern auch in der Verbesserung der Wirtschaftsstrukturen und der Lebensqualität allgemein. Die sich aus dem Engagement ergebenden zusätzlichen Arbeitsplätze und positiven Wertschöpfungsstrukturen stärken auch die lokalen Akteure [B:A:U:M, accenture, (ohne Datum)].

6.1 Instrumente

Zur Durchsetzung politischer Ziele hat der Gesetzgeber drei Instrumente zur Verfügung:

- Legistische Maßnahmen (Verbote, Gebote, ...)
- Fiskalische Maßnahmen (Förderungen, Tarife, Steuern, ...)
- „Sanfte“ Maßnahmen (Motivation, Schulungen, Werbung, Vorbildwirkung,...)

Die legistischen Maßnahmen die Städte ergreifen können, sind äußerst beschränkt. Auch bei den fiskalischen Maßnahmen sind Städten die Hände weitgehend gebunden, die Verfügbarkeit von Fördermitteln ist beschränkt.

6.2 Weiteres Vorgehen

In Ergänzung zu der bisherigen Umwelt- und Energiepolitik der Stadt Graz ist in Zukunft eine maximale Offenheit und Bürgerbeteiligung anzustreben. Die Information über die Strategien der Energieversorgung, besonders der Fernwärmeversorgung ist bisher vor der Öffentlichkeit weitgehend zurück gehalten worden. Dies führt zu einer Verunsicherung der BürgerInnen und Unbehagen. Für die Ausarbeitung weiterführender Maßnahmen wurden nur punktuell ExpertInnen eingebunden. Eine Bürgerbeteiligung existiert beinahe gar nicht, was dazu führt, dass erforderliche Maßnahmen und Investitionen eine geringe Akzeptanz finden.

Im Sinne der allgemein anerkannten Strategien zur Verlangsamung des Klimawandels müssen auch in Graz Maßnahmen in folgenden Punkten gesetzt werden:

- Energieeffizienz durch Verbrauchsminderung (z.B. Sanierung)
- Emissionsminderungen durch Wechsel des Energieträgers
- Verbrauchs- und Emissionsminderungen durch neue Systeme (z.B. im Verkehr)
- Verbrauchs- und Emissionsminderungen durch neue Techniken
- Verbrauchs- und Emissionsminderungen durch ein geändertes Benutzerverhalten.

Maßnahmen werden hierbei auf folgenden Ebenen gesetzt werden müssen:

- Umwandlung und Bereitstellung
- Verteilung und Speicherung
- Verbraucherverhalten

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Elektrizität immer mehr an Bedeutung gewinnen und sich wesentliche Anteile am Wärme- und Mobilitätsmarkt erkämpfen wird. Dies ist im Sinne der Lebensqualität in Ballungsräumen erstrebenswert, da Luftemissionen, Lärmbelastungen und Infrastrukturkosten reduziert werden können.

6.2.1 Entwurf eines adaptierfähigen Systems

Die Energieversorgung der Stadt erfolgt großteils durch Importe, soll jedoch in Zukunft verstärkt mit erneuerbarer regionaler Energie, z.B. mit fluktuierender Energie aus Wind

und Sonne, erfolgen. Es stellt sich dabei die Frage, wie die Energieinfrastruktur einerseits und die Energienutzungskonzepte und -technologien andererseits gestaltet werden müssen, um in Zukunft diese Energie optimal und mit maximaler Wertschöpfung für die Stadt zu nutzen.

Da eine plötzliche Umstellung auf ein Low-Carbon System nicht möglich ist, müssen die eingesetzten Techniken und Systeme wandelfähig sein. Ansätze wie Smart Grids, Flexibilität in städtischen Energiesystemen, Demand Side Management, neue Speicherlösungen, Synergien zwischen Energieträgern, virtuelle Kraftwerke etc. müssen weitergedacht und konkrete Technologien und Lösungen für den urbanen Raum entwickelt werden.

Basis hierfür sind brennbare Gase (Methan/Wasserstoff), Heißwasser und Elektrizität als Energieträger die für Netze geeignet sind. Diese werden derzeit großteils aus nicht erneuerbaren Ressourcen (fossil, atomar) hergestellt, sind aber ebenso durch erneuerbare Ressourcen bereitstellbar. Urbane Systeme, die auf diesen Energiequellen basieren können daher ohne Probleme und ohne interne Anpassungen zu einem steigenden Anteil an Erneuerbaren führen.

Ein adaptierfähiges Wärmeversorgungssystem beruht daher auf drei wesentlichen Energieträgern, die jeweils über eigene Netze vertrieben werden:

1. Elektrizität
2. Wärme (Heißwasser)
3. Gas (Methan oder Wasserstoff)

Zwischen diesen Systemen besteht eine (zum Teil beschränkte) Umwandlungsfähigkeit und jeder Energieträger ist speicherbar, wenn auch mit unterschiedlicher Effizienz und unterschiedlichen Kosten (abhängig von Technologiereife, economies of scale, etc.).

Derzeit – und auch in näherer Zukunft – werden für die Wärmeversorgung in Graz vorwiegend externe Energieressourcen zum Einsatz kommen:

- Fernwärmeversorgung (fossil oder aus erneuerbaren Quellen)
- Stromversorgung (fossil oder aus erneuerbaren Quellen)
- Gasversorgung mit Erdgas (fossil).

Ergänzend hierzu bestehen auch stadt-interne Energiequellen, die immer stärker genutzt werden sollten (die aber z.T. für Graz nicht geeignet sind):

- Sonnenenergie
- Abwasser
- Abfälle
- Oberflächennahes Grundwasser, oberflächennahe Geothermie
- (Tiefe Geothermie)
- (Wind)

Die Energieversorgung der Endverbraucher mit den erforderlichen Dienstleistungen erfolgt über die drei beschriebenen Netze und Energieträger.

Da Fernwärmenetze mit hohen Investitionskosten verbunden sind, ist ihr wirtschaftlicher Einsatz auf Gebiete mit hoher Energieabnahme beschränkt. Gasnetze können Gebiete mit geringerem Bedarf versorgen, Stromnetze sind überall vorhanden.

Die fossilen Quellen sollen kontinuierlich verringert werden. Quartiere mit geringer Dichte, wo sich Fernwärme nicht rechnet, werden mit Gas oder Strom versorgt, woraus lokal die erforderliche Energiedienstleistung produziert wird. Speicherungen sowie alle Umwandlungen können sowohl zentral als auch dezentral erfolgen.

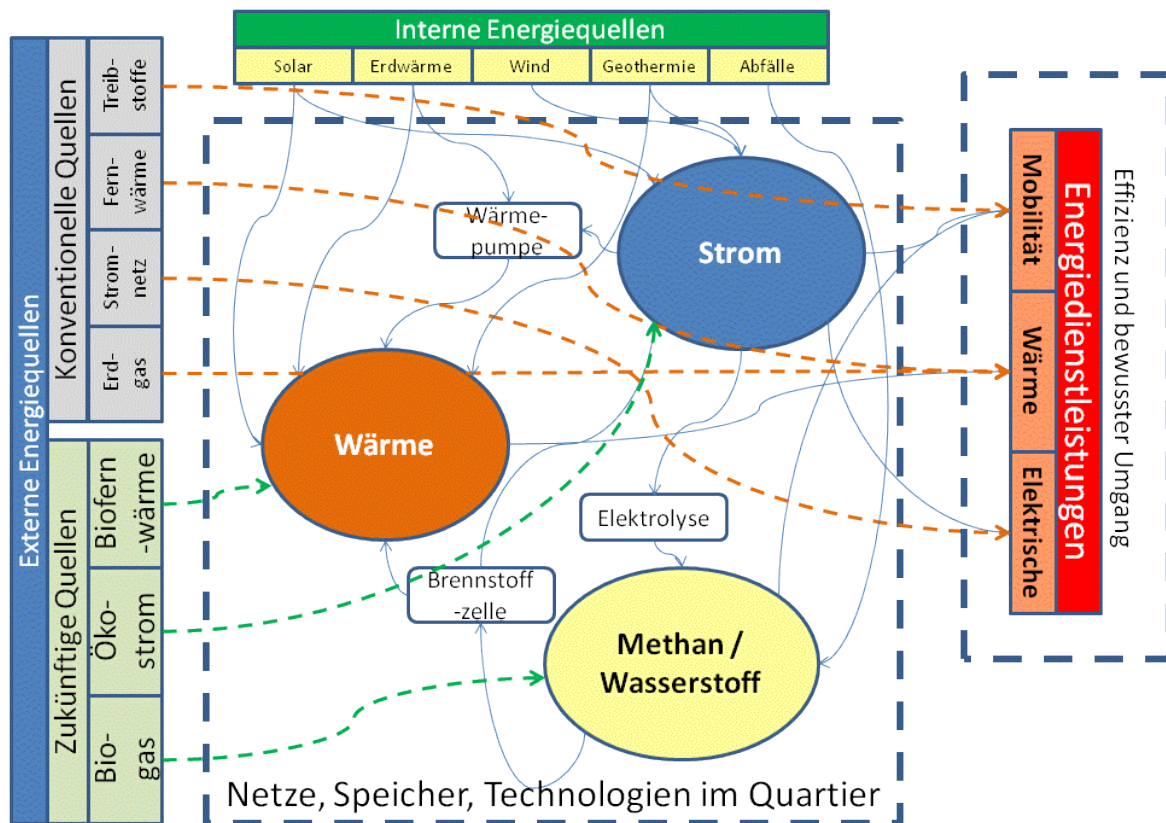


Abbildung 6-1: Drei Netze mit Speichern und gegenseitigen Umwandlungstechnologien

6.2.2 Wichtige Elemente des Systemdesigns

Zusammenarbeit Stadt <> Umland: Stadtquartiere als „Energieschwamm“

Die in urbanen Ballungsräumen verbrauchte Energie wird auch künftig nur teilweise innerhalb der eigentlichen Stadtgrenzen erzeugt werden. Zugleich wird es in den umliegenden ländlichen Regionen – bedingt durch den massiven Ausbau von Windkraft- und PV-Anlagen, – zukünftig immer mehr zu (zeitlich begrenzten) Stromüberschüssen kommen, die regional nicht mehr integriert werden können. Dabei werden die Kapazitäten der erneuerbaren Energieerzeugung jene der thermischen Kraftwerke teilweise bei weitem übertreffen. In Zeiten hoher Produktion muss vielerorts überschüssiger Wind- und Solarstrom über die überregionalen Netze abtransportiert werden, was aber nur begrenzt möglich ist.

Insbesondere in urbanen Regionen wird der Energiespeicherung eine besondere Rolle zukommen. So müssen die energieträger-übergreifenden Flexibilitäten der urbanen Infrastrukturen nicht nur zur Integration von lokal erzeugter Energie (z.B. aus gebäudeintegrierter PV) genutzt werden, sondern insbesondere auch die Nutzung von Stromüberschüssen aus den umliegende ländlichen Regionen (z.B. durch Windkraftanlagen) ermöglichen.

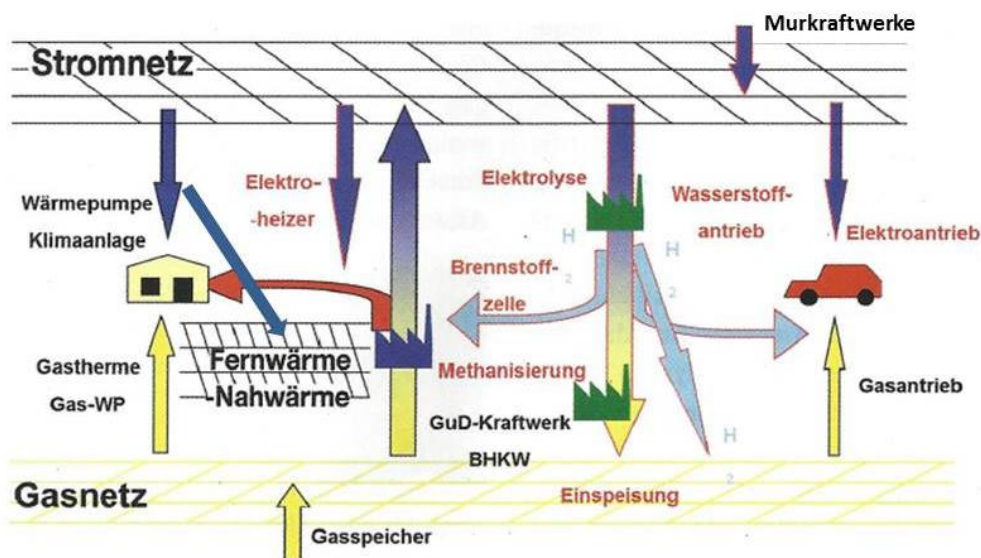
Die zentrale Herausforderung und Fragestellung ist: Wie kann das Energieversorgungs- und Energienutzungssystem der Stadt und ihrer Quartiere so flexibilisiert werden, dass quasi als „Energieschwamm“ das Energiedargebot im Stadtgebiet und deren Umland optimal aufnehmen kann?

Vor allem in größeren Städten und regionalen Zentren können durch eine intelligente Verknüpfung der Strom-, Erdgas- und Fernwärmenetze die städtischen Erdgas- und Fern-

wärmesysteme zu funktionalen „Stromspeichern“ werden, in denen sehr große zusätzliche Energiemengen gespeichert werden können, um nicht nur kurzfristige Stromüberschüsse, sondern z.B. auch Windflauten von mehreren Wochen oder Schwankungen über Monate im Dargebot der erneuerbaren Energien auszugleichen.

Dieses Ziel kann nur durch die Kopplung der unterschiedlichen Netze und Infrastrukturen erreicht werden. Der Nutzen einer solchen Kopplung liegt in der Steigerung der Systemeffizienz durch die intelligente Interaktion der unterschiedlichen Systeme und Netze, was über die reine Optimierung des Energieverbrauches hinausgeht.

Wie kann ein solches System praktisch aussehen? Beispielhaft ist in der folgenden Abbildung 6-2 die Kopplung von Strom-, Erdgas- und Wärmenetzen und –systemen sowie dem Verkehrssektor dargestellt.



Quelle, Solarzeitalter 2/2014, Ergänzung: Schnitzer

Abbildung 6-2: Zukünftige Koppelung der Energie-Infrastrukturen für Strom, Gas und Wärme

Der Ansatz ist jedoch nicht auf den Energiesektor bzw. die Steigerung der Energieeffizienz eingeschränkt. Neben den eigentlichen Energiesystemen und -netzen (Gas-, Strom-, Wärme- und Kältenetze) sollen insbesondere auch Wasser- und Abwasserinfrastrukturen, Verkehrssysteme und sonstige kommunale Infrastrukturen, wie etwa Straßenbeleuchtung oder Verkehrssteuereinrichtungen mit einbezogen werden.

6.2.3 Nutzung von Synergieeffekten zwischen Energie- und sonstigen (kommunalen) Infrastrukturen

Zwischen den Energiesystemen und sonstigen (kommunalen) Infrastrukturen ist eine Vielzahl von Synergieeffekten möglich. Auch das Power-To-Gas Konzept bietet zukünftig vielfältige Möglichkeiten zur Nutzung von Synergiepotenzialen mit kommunalen Infrastrukturen.

Durch die Verschränkung von Energie- und (kommunalen) Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen können Betriebskosten reduziert oder unter Umständen sogar neue Geschäftsfelder erschlossen und Zusatzerträge erzielt werden, etwa wenn im Zusammenspiel zwischen kommunalen Verbrauchern und Energieinfrastrukturen zusätzliche Flexibilitäten generiert werden.

Grundsätzlich sollen dabei folgende synergetische Ziele erreicht werden:

- (a) kommunale Infrastrukturen als funktionale Stromspeicher und Lastausgleichstechnologien;
- (b) Effizienzsteigerung/Zusatzerträge/Kostenminimierung bei kommunalen Infrastrukturen
- (c) Fernwärmeversorgung für schwach besiedelte Stadtteile über „elektrische Fernwärme“ mit wesentlich geringerem Investitionsbedarf als „Heißwasser-Fernwärme“ (allenfalls sind hier neue Geschäftsmodelle erforderlich).

7 Schussfolgerungen

Auf Grund der Beschlüsse des Gemeinderates und nationaler und internationaler Verpflichtungen ist auch Graz gezwungen Schritte in Richtung einer Reduktion von Treibhausgasen und klassischen Emissionen aus der Wärmebereitstellung für die Gebäude in Graz zu setzen.

In der Vision, die im Rahmen des Prozesses zu „I live Graz“ unter Beteiligung zahlreicher Experten entwickelt wurde, bekennt sich Graz zu einer deutlich erhöhten Effizienz bei jeglichem Energieeinsatz und einem Umstieg auf erneuerbare Energieträger.

Um dies zu erreichen müssen – abhängig von Bebauungsdichten und dem thermischen Zustand der Gebäude unterschiedliche Strategien gefahren werden.

Es ist wichtig dafür zu sorgen, dass über **Neubauten** ein möglichst kleiner zusätzlicher Energiebedarf und keine zusätzlichen Emissionen in der Stadt verursacht werden. Neue Gebäude jeder Größe – egal ob Einfamilienhaus oder Wohnblock – sollten nur mehr in bester thermischer Qualität als Nahezu-Nullenergie-Haus gebaut werden. Neue Bereiche sind dabei dicht zu bebauen um Infrastrukturkosten für Energie, Wasser, Kanal, Mobilität und Information möglichst gering zu halten.

Da eine **Sanierung** bestehender Gebäude von sich aus selten wirtschaftlich ist, müssen zum Erreichen einer nennenswerten Sanierungsrate Anreize geschaffen werden. Diese können rein fiskalischer Natur sein, aber auch die Genehmigung einer Nachverdichtung (Aufstockung für mehr Wohnraum) ist als Fördervariante vielversprechend.

Ein Ausbau der **Fernwärmeversorgung** in dicht bebauten Quartieren ist mit einem Ausbau der erneuerbaren Energien im System zu kombinieren. Gleichzeitig ist der Wirkungsgrad der Wärmeerstellung unbedingt anzuheben (keine Wärme ohne Kraft). Dies erfordert implizit die Dezentralisierung der Wärmeeinspeisung an Stellen hin, an denen der Wärmebedarf gegeben ist, wie Industriebetriebe und große Wohneinheiten. Die Anwendungsmöglichkeiten für **Solarthermie** hängen vom Verbund mit Großspeichern und niedrigeren Temperaturen im Wärmenetz ab. Sie werden zweckmäßiger Weise an Stellen im Wärmenetz sein, wo keine sehr hohen Temperaturen gefragt sind.

Essentiell für eine Steigerung des Anteiles erneuerbarer Energien in Quartieren mit einer Bebauungsdichte, die zu gering für eine Fernwärmeversorgung ist, ist der Einsatz von (Öko-)Strom. Elektrizität wird in Österreich großteils – und in Zukunft vielleicht vollständig – aus erneuerbaren Quellen hergestellt. Bei einem verstärkten Anteil fluktuierender Einspeiser aus erneuerbaren Energiequellen (Wind, Photovoltaik, Kleinwasserkraft) wird eine Koppelung der Stromnetze mit Wärmespeichern zunehmend an Bedeutung gewinnen. Eine hohe Effizienz der Energienutzung (z.B. durch Wärmepumpen) in effizient gedämmten Häusern ist dabei natürlich anzustreben. Elektrische Energie kann nicht nur im Bereich einzelner Gebäude sondern auch im Fernwärmenetz – wie wahrscheinlich demnächst mit der Abwärme der Marienhütte demonstriert – auch in großem Maßstab im Fernwärmenetz fußfassen. Eine Zunahme der Stromanteils in der Wärmeversorgung von Graz ist vermutlich der effizienteste Weg die Emissionsziele an klassischen Schadstoffen und Treibhausgasen zu erreichen.

Vision Energie

Im Jahr 2050 befindet sich die Stadt Graz in einem nachhaltigen energetischen Gleichgewicht. Die benötigte Gesamtenergie (inkl. Mobilität, Produktion und Gewerbe) wird zu 100 % in der Region und aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt. Die BürgerInnen kennen den Wert der Energie und handeln entsprechend bewusst und energieeffizient. Öffentliche Energiedienstleister stellen kostengünstig effiziente Infrastruktur zum Energieausgleich und zur Speicherung bereit.

Elektrisch betrieben können auch Blockheizungen (Fernwärmeinseln) werden, die zwar lokal eine genügende Dichte an Abnehmern aufweisen, aber für einen wirtschaftlich vertretbaren Anschluss zu weit vom Netz entfernt sind.

Eine große Herausforderung ist es, die Bereitschaft und Beteiligung der Bevölkerung für Energieeffizienz und den Wechsel zu Erneuerbaren zu erwirken. Derzeit besteht in Österreich eine große Bereitschaft in Anlagen zur alternativen Energiegewinnung zu investieren (Windparks, eigene oder gemeinschaftliche PV-Anlagen, Solarthermische Anlagen, Biomasseheizungen). Dies ist teilweise durch die sehr geringen Sparbuchzinsen bei gleichzeitig wenigen lukrativen Anlagemöglichkeiten mit überschaubarem Risiko bedingt, teilweise aber auch durch das steigende Bewusstsein der Bevölkerung bezüglich der ökologischen und wirtschaftlichen Risiken unseres derzeitigen Energiesystems.

Privates Kapital für Effizienzmaßnahmen aufzustellen ist vergleichsweise viel schwieriger. Innovative Finanzierungsstrategien unter Einbinden der Kunden als Investoren können in Zukunft Geldmittel für Investitionen in die Energiewende und Energieeffizienz bereitstellen.

8 Literatur

Austrian Panel on Climate Change (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien Österreich. ISBN 978-3-7001-7699-2

B.A.U.M., accenture (ohne Datum): Intelligent Cities, Wege zu einer nachhaltigen, effizienten und lebenswerten Stadt Report

Baudirektion Graz (2012): I LIVE GRAZ - smart people create their smart city. Blue Globe report Smart Cities #19/2012

Europäische Kommission (2011): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Brüssel, den 8.3.2011

Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050

MA20 (2012): ENERGIE.Stadt.neu.DENKEN. Publikation zur Ausstellung der Magistratsabteilung 20 – Energieplanung in der Wiener Planungswerkstadt, Wien

MA20 (2013): Wien plus – Aspekt: Architektur + Energie. Publikation der MA20 – Energieplanung

Rat für Forschung und Technologieentwicklung (ohne Datum): Energieforschungsstrategie. Herausgeber und Medieninhaber © austrian council

Referat für Statistik Graz (2012): Bevölkerungsstatistik der Landeshauptstadt Graz, Stand 1.1.2012. Magistrat Graz – Präsidualabteilung, 8011 Graz

Selvicka E. (2013): Solaranlagen in Kombination mit Wärmepumpen. Wärmeversorgung von morgen, Wien, 25.4.2013

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2014): Klimaneutrales Berlin 2050 - Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

Stadt Zürich (2008): Masterplan der Stadt Zürich, Department der industriellen Betriebe, CH 8021 Zürich

Vukits M., Becke W., Fink C., Lerch W., Heinz A., Heimrath R. (2013): Entwicklung von Systemlösungen zur Erreichung hoher solarer Deckungsgrade (50 bis 100%) für Warmwasser und Raumheizung. Neue Energien 2020, Endbericht SolPumpEff