

# INTEGRALES UND NACHHALTIGES WÄRMEVERSORGUNGSKONZEPT FÜR DIE URBANE STADTTEILENTWICKLUNG AM BEISPIEL WIEN DONAUFELD

Gerhard HOFER, Christof AMANN, Daniela BACHNER

e7 Energie Markt Analyse GmbH, Walcherstraße 11/43, 1020 Wien, Tel. 01/907 80 26,  
[gerhard.hofer@e-sieben.at](mailto:gerhard.hofer@e-sieben.at), [www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at)

**Kurzfassung:** Seit einigen Jahren drängt sich die Frage der Energieraumplanung – darunter z.B. die Frage integralen Planung der nachfrage- und aufbringungsseitigen Energiekonzepte in Stadtentwicklungsgebieten – mit neuer Dringlichkeit auf. Ausschlaggebende Gründe dafür sind unter anderem:

- Technischer Fortschritt im Hinblick auf die verbesserten Nutzungsmöglichkeiten lokaler Energiequellen (überwiegend erneuerbare Energieträger);
- Wegen der zunehmend besseren thermisch-energetischen Qualität von Neubauten wird in Stadtentwicklungsgebieten die gleichzeitige Erschließung durch mehrere Energienetze (Gas, Wärme, Strom) aus ökonomischen Gründen verstärkt hinterfragt;
- Der Spielraum einer weiteren Reduktion der Energienachfrage ist zum Beispiel auf Ebene der Einzelgebäude zunehmend begrenzt. Entwicklungssprünge sind daher eher in der besseren Vernetzung der einzelnen Energienachfrager zu erwarten;
- Durch die Liberalisierung der Energiemärkte haben sich die ökonomischen Rahmenbedingungen verändert: Neue Marktteilnehmer drängen in den Markt; die Investitionssicherheit auf der Angebotsseite hat sich deutlich reduziert.

Ziel des von der Stadt Wien beauftragten Projektvorhabens war die Schaffung von technischen, ökologischen und ökonomischen Grundlagen für alternative Wärmeversorgungskonzepte für neue Stadtentwicklungsgebiete, unter Berücksichtigung von lokalen, erneuerbaren Energiequellen zur Einhaltung der städtischen Smart City Ziele. Darüber hinaus soll aus diesem Projekt eine allgemeine Methode abgeleitet werden, die auch für weitere Stadtentwicklungsgebiete angewandt werden und die als Instrument für die Energieraumplanung dienen kann.

**Keywords:** Smart City, urbane Wärmeversorgung, Wärmepumpen, Erdsondenfeld, Regeneration, 2000 Watt Gesellschaft, CO<sub>2</sub> Emissionen

## 1 Hintergrund

Aufgrund des konstanten Zuzugs im urbanen Raum stehen Städte vor der Herausforderung, neue Stadtteile zu entwickeln und bestehende Stadtteile zu verdichten. Dieser Prozess umfasst auch die Entwicklung von Energieversorgungslösungen für diese Stadtteile. Die herkömmlichen Lösungen sind in der Regel Gasnetze und ein dezentraler Einsatz von Gas-Kesseln in Gebäuden oder eine Fernwärmeversorgung. Beide Systeme sind für zukunftsfähige Stadtgebiete jedoch nicht zufriedenstellend: Die einfache Gasversorgung ist

nicht im Einklang mit dem zunehmenden Bedürfnis nach Nachhaltigkeit und mit den Zielen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Aufgrund der Änderungen in den Strommärkten ist die Fernwärme (mit Kraft-Wärme-Kopplung als Hauptquelle) derzeit mit ernststen wirtschaftlichen Problemen konfrontiert, sodass städtische Energieversorger vermeiden, die Fernwärmeanlagen zu erweitern. Zusätzlich kommt die Fernwärmeversorgung bei geringeren Energiedichten in den Versorgungsgebieten an die Grenze der Wirtschaftlichkeit. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob bei geringer werdendem Wärmeverbrauch zwei Infrastrukturen für Wärme und Strom ökonomisch sinnvoll sind.

Die Stadt Wien steht dabei vor einer ganz besonderen großen Herausforderung: Derzeit leben in Wien 1,77 Mio. [1] (Jahr 2013) Menschen. Die Prognose für die nächsten Jahre geht davon aus, dass bereits im Jahr 2028 mehr als 2 Mio. [2] Menschen in der Stadt leben. Das entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von mehr als 15.000 Menschen. Aus diesem Grund werden in Wien mehrere neue Stadtteile „auf der grünen Wiese“ errichtet, um den Wohnbedarf zu decken.

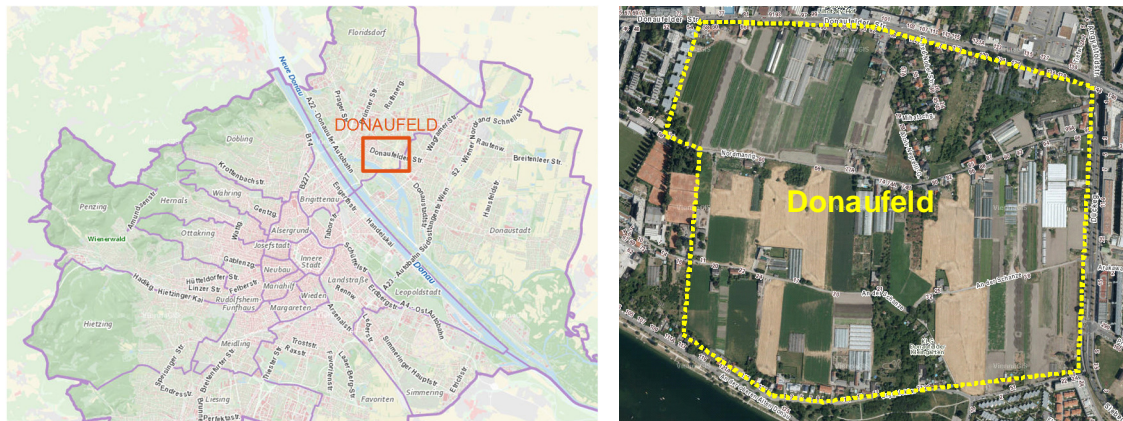
Die Stadt legt dabei großen Wert auf die Nachhaltigkeit dieser Entwicklungsgebiete. Im Rahmen der Smart City Initiative werden Ziele für Lebensqualität, Ressourcenschonung und Innovationen gesetzt. In der Smart City Rahmenstrategie [3] sind dabei auch Zielwerte für die CO<sub>2</sub> Emissionen pro Kopf gesetzt. Diese Ziele orientieren sich an den Anforderungen der Züricher 2000-Watt-Gesellschaft [4]. Zur Erreichung einer nachhaltigen und gerechten Gesellschaft hat Zürich das 2000-Watt Modell beschlossen. Diesem Modell entsprechend, reicht die bekannte Primärenergie für eine Dauerleistung jedes Menschen von ca. 2.000 Watt aus, was einem jährlichen Energiebedarf von ca. 17.500 kWh pro Kopf entspricht. Für Wohnzwecke steht dabei rund ein Viertel dieser Leistung zur Verfügung, also 500 Watt Primärenergieleistung [5].

Aus den genannten Gründen beauftragte das Magistrat der Stadt Wien – MA20 Energieplanung eine Studie, in der für ein konkretes Untersuchungsgebiet im Stadtgebiet von Wien geprüft werden soll, welche technischen Lösungen für die Energieversorgung unter Einbeziehung von lokalen erneuerbaren Energiequellen plausibel und sowohl ökologisch als auch ökonomisch vertretbar sind. Das Untersuchungsgebiet ist das Stadtentwicklungsgebiet Donaufeld im Norden der Stadt.

## **2 Stadtentwicklungsgebiet Donaufeld**

Das Stadtentwicklungsgebiet Donaufeld umfasst rund 60 ha und befindet sich im 21. Wiener Gemeindebezirk Floridsdorf (Abbildung 1). Gemäß Leitbild [6] soll eine Energiestrategie erarbeitet werden, die zu einem umwelt- und klimaverträglichen Stadtteil führt. Dabei spielt neben einer hochwertigen Grünraumversorgung und der Ausstattung mit sozialer Infrastruktur auch eine stadtverträgliche, ressourcenschonende, umweltfreundliche Mobilität eine zentrale Rolle.

Dieses Areal wird überwiegend für Wohnbauten genutzt. Geplant sind Gebäude im Ausmaß von 757.000 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche und 6.000 Wohnungen. Es ist eine sehr dichte Bebauung vorgesehen mit fünf bis sieben Obergeschoßen bei den Gebäuden.



**Abbildung 1: Überblick und Lageplan des Stadtentwicklungsgebietes Donaufeld (Quelle: Leitbild Donaufeld; eigene Ergänzungen)**

Das Untersuchungsgebiet wird in drei Bauabschnitten realisiert. Der erste Bauabschnitt befindet sich im Südosten des Donaufeldes, der zweite Bauabschnitt nördlich davon. Beide Gebiete sind östlich des Grünstreifens und werden in den nächsten Jahren errichtet. Der dritte Bauabschnitt liegt westlich des Grünstreifens und wird – aus jetziger Sicht – erst Mitte der 2020er Jahre errichtet.

### 3 Methoden

#### 3.1 Prozess zur Studienentwicklung

Ziel des Projektes war die Entwicklung möglicher Energieversorgungslösungen für den neuen Stadtteil Donaufeld unter Berücksichtigung von lokalen erneuerbaren Energieressourcen, die Prüfung der technischen Machbarkeit sowie die ökologische und ökonomische Bewertung. Darüber hinaus war es das Ziel, wesentliche Stakeholder der Stadt Wien für neue Lösungen der Wärmeversorgung einzubeziehen. Aus diesem Grund wurde ein Projektbeirat definiert, der die folgenden Institutionen einbezieht: wohnfonds Wien, MA25 Stadterneuerung und Prüfstelle für Wohnhäuser, Energy Center der Tina Vienna, den städtischen Energieversorger Wien Energie sowie den Auftraggeber MA20. Der wohnfonds Wien ist der größte Grundstückseigentümer im Donaufeld und wickelt die städtischen Bauträgerwettbewerbe ab. Die MA25 gibt die Kriterien für die Wohnbauförderung vor. Die MA20 und das Energy Center der Tina Vienna haben den Auftrag die Rahmenbedingungen in der Stadt zu schaffen, um den Energieeinsatz und die CO<sub>2</sub> Emissionen reduziert werden. Die Wien Energie ist jedoch der Hauptadressat der Studie: der Energieversorger soll in einem nächsten Schritt die neu konzipierten Wärmeversorgungsvarianten bei konkreten Entwicklungsgebieten umsetzen.

Zu Beginn des Projektes wurden die Mitglieder des Projektbeirates gebeten, eigene Vorschläge einzubringen, wie eine zukunftsfähige Wärmeversorgung für das Donaufeld gestaltet werden kann. Im nächsten Schritt einigte man sich auf eine Shortlist von möglichen Wärmeversorgungsvarianten. In den weiteren Sitzungen des Projektbeirates wurden der aktuelle Stand und die Zwischenergebnisse eingebracht und diskutiert, sodass die Teilnehmenden stets am Laufenden gehalten wurden und aktiv ihre Erfahrung und ihr Know-how einbringen konnten. Die Wärmeversorgungsvarianten wurden dadurch auch auf die

Wiener Rahmenbedingungen abgestimmt und können somit mit einer höheren Akzeptanz rechnen.

### **3.2 Methoden für Berechnungen und Dimensionierungen.**

Die Entwicklung der Wärmeversorgungslösungen baut auf die Festlegung des Niveaus und der Dichte der Energienachfrage sowie der Analyse von Energieressourcen vor Ort auf. Daraus ableitend wurden für das gesamte Donaufeld Leistungswerte für Raumheizung und Warmwasser ermittelt. Je nach Wärmeversorgungslösung wurde die Anlagengröße berechnet und die Betriebsweise definiert.

Die Definition der Energienachfrage basiert einerseits auf der Ermittlung von maximal zulässigen Kennwerten für den Heizwärmebedarf und für die zu erwartende Kompaktheit der Gebäude im Untersuchungsgebiet, andererseits ist sie abhängig von internen Erhebungen und Messungen von Wien Energie für Gebäude in ähnlicher Größenordnung mit einem Baustandard um dem Jahr 2010. Für den Warmwasserwärmebedarf [7,8,9] und den Strombedarf der Haushalte [10,11,12] wurden noch weitere Studien berücksichtigt.

Maßgeblicher Kennwert für den Wärmebedarf ist die Wärmemenge zur Befriedigung des Heizwärmebedarfs und des Warmwasserwärmebedarfs sowie für die vorgelagerten Verluste bis zur Technikzentrale im Gebäude. Die Systemgrenze des Wertes ist vergleichbar mit dem  $Q^*_H$  für Raumheizung sowie  $Q^*_{TW}$  für Warmwasser nach ÖNORM H 5056 [13]. Das Niveau des Kennwerts liegt bei der Raumheizung auf einem Wert von 35 kWh/m<sup>2</sup>a und beim Warmwasser bei 28 kWh/m<sup>2</sup>a (bezogen auf die konditionierte Bruttogrundfläche). Diese Werte (im Projekt als Wärmebedarf Gebäude benannt) sind auf den ersten Blick relativ hoch, insbesondere im Vergleich zu einem Heizwärmebedarf beim Passivhaus von rund 10 kWh/m<sup>2</sup>a (nach Rahmenbedingungen der OIB-Richtlinie 6 [14], bezogen auf die konditionierte Bruttogrundfläche). Für den Wärmebedarf der Raumheizung wird jedoch auch eine höhere Innenraumtemperatur von 22°C und die Verluste der Anlagen im Gebäude berücksichtigt.

Für die lokalen erneuerbaren Energieressourcen wurde das Untersuchungsgebiet und die angrenzenden Nutzungen untersucht. Ausgangsbasis war die Studie „Optionen für die Gestaltung des Wiener Energiesystems der Zukunft“ [15] der TU Wien. Für die in der Studie genannten Energiequellen wurden in einem ersten Schritt die lokalen Gegebenheiten hinsichtlich erneuerbarer Energiequellen geprüft. In einer zweiten Eingrenzung wurden zusätzliche projektspezifische Aspekte berücksichtigt. Als vielversprechend gilt die Nutzung der Erdwärme und der Solarenergie.

Da dieses Stadtentwicklungsgebiet fast zur Gänze aus Wohngebäuden besteht, liegt auch keine nennenswerte Abwärmemenge innerhalb des Untersuchungsgebietes vor (z.B. durch Kühlung von Gewerbeflächen), die in die Konzeptionierung aufgenommen werden konnte. Großes Abwärmepotential liegt bei Objekten außerhalb des Untersuchungsgebietes, wie zum Beispiel der Albert-Schulz-Halle oder dem Donauzentrum. Diese Objekte wurden nicht berücksichtigt, da der Abstand bis zu Grenze des Untersuchungsgebietes mehr als 500 m beträgt und weitere Stadtentwicklungsgebiete geplant sind, die näher an diesen Objekten liegen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Liste an Energieversorgungslösungen, die detailliert untersucht worden sind (Shortlist)

Die Auswahl der Energieversorgungsvarianten gliedert sich in Referenzvarianten, Varianten mit Wärmenetz (mit/ohne Fernwärme) und eine Variante ohne Wärmenetz (siehe Abbildung 2).

Referenzvarianten sind jene Varianten, die derzeit in der Regel zum Einsatz kommen. Das ist zum einen der Anschluss der Fernwärme an die Gebäude (**Variante 0**) oder ein Gas-Kessel in jedem Gebäude (**Variante 4**). Die Anforderung der Wiener Bauordnung ergibt jedoch, dass Wärmeversorgung nicht ausschließlich durch einen Gas-Kessel bereitgestellt werden darf. Zur Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen ist im konkreten Fall eine Solarthermie im Ausmaß von 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche je 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche der Gebäude zu berücksichtigen.

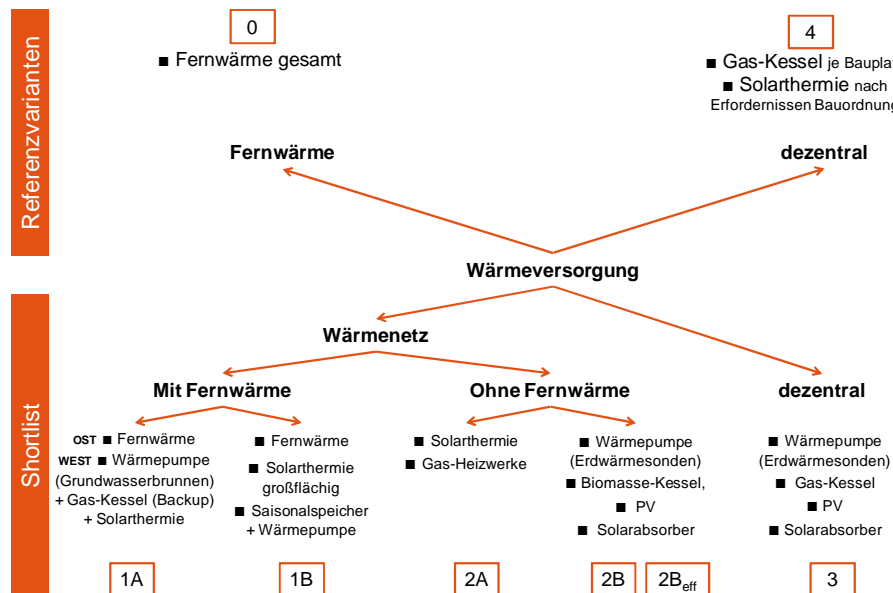


Abbildung 2: Shortlist der Energieversorgungsvarianten (Quelle: eigene Darstellung)

Die Varianten mit Wärmenetz und Fernwärme teilen sich wie folgt auf:

- Variante 1A: Bauabschnitt 1 und 2 (östlich des Grünstreifens) werden mit Fernwärme versorgt. Die Versorgung von Bauabschnitt 3 (westlich des Grünstreifens) erfolgt mittels Wärmepumpe im Bauplatz und einem zentralen Gas-Kessel zur Spitzenlastabdeckung sowie Solarthermie auf den Dächern der Gebäude.
- Variante 1B: Diese Variante versucht eine größtmögliche Abdeckung mit Solarthermie zu erreichen. Die Solarwärme wird in einem Saisonalspeicher je Bauabschnitt gespeichert. Für den zusätzlichen Wärmebedarf steht eine Wärmepumpe je Saisonalspeicher sowie Fernwärme zur Verfügung:

Jene Varianten – mit Wärmenetz, jedoch ohne Fernwärme – sind wie folgt gegliedert:

- Variante 2A: Solarthermie ist auf ca. 30% der Dachfläche vorgesehen. Der restliche Wärmebedarf wird mit zentralen Gas-Heizwerken je Bauabschnitt bereitgestellt.
- Variante 2B: Kleine Mikro-Wärmenetze je Baufeld, die die Wärme mittels Wärmepumpe und Erdwärmesonden bereitstellen. Für das Warmwasser wird eine (Ab-)Luft-Wärmepumpe im Gebäude eingesetzt, für die der Stromertrag der PV-Anlage am Dach direkt genutzt wird.

- Variante 2B<sub>eff</sub>: Entspricht Variante 2B, hat jedoch eine verringerte Energienachfrage und der Wärmelasten durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Variante 3 kommt ohne ein Wärmenetz aus. Hier wird eine Wärmepumpe je Bauplatz eingebaut. Die Wärmequelle sind Erdwärmesonden sowie Solarthermie, die im Sommer auch zu Regenerierung der Erdwärmesonden genutzt werden.

Für die Variante mit Nutzung von Erdsonden muss neben der Wärmebereitstellung für das Gebäude auch eine Regeneration der Sonden berücksichtigt werden. Bei Erdsondenfelder - entsprechend den Konzepten in den Variante 2B, 2B<sub>eff</sub> und - 3 ist es erforderlich, die Erdsonden ausgeglichen zu bilanzieren. Das heißt, jene Energiemenge, die im Winter für Raumheizung und Warmwasser genutzt wird, muss im Sommer wieder eingebracht werden. Ansonsten drohen langfristig eine Abkühlung des Erdreiches (bis hin zum Einfrieren der Sonden) und eine Verringerung der Effizienz der Wärmeversorgungslösung [16].

Für die Regeneration der Erdsonden wird Free-Cooling der Wohnungen vorgesehen sowie mit Wärmebereitstellungssystemen Wärme eingebracht. Als Wärmebereitstellungssysteme werden Solarabsorber, Trockenrückkühler (genutzt als „Rückwärme“), PVT-Kollektoren, thermische Solaranlagen und die Warmwasser-Wärmepumpe geprüft. Entscheidende Faktoren sind die Einsatzmöglichkeit im Sommer sowie geringe Gestehungskosten für die Wärme. Die konkreten Technologien für die Regeneration wurden noch nicht endgültig festgelegt.

## 4.2 Ökologische Bewertung der Energieversorgungsösungen

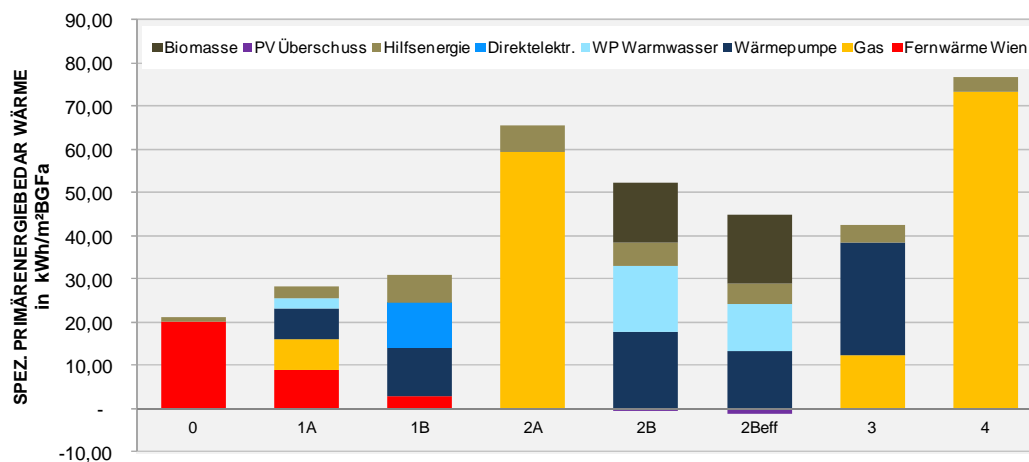
Ziel der ökologischen Bewertung ist die Ermittlung des erforderlichen Energieeinsatzes je Energieversorgungsvarianten sowie die Auswirkungen auf den Primärenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Berechnung des Energieverbrauchs je Versorgungsvariante erfolgt mittels Jahresbilanzierung auf Basis der Rechenmethoden der ÖNORM H 5056. Der Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser wurde bereits definiert (siehe Abschnitt 3). Darauf aufbauend wurden die Verluste für Wärmeverteilung, Wärmespeicherung sowie die Wärmebereitstellung ermittelt. Ergebnis der Jahresbilanzierung sind die Endenergiekennwerte der jeweiligen Energieversorgungsvariante. Für die Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiekennwerte wurde die Endenergie mit den Konversionsfaktoren in Tabelle 1 multipliziert:

**Tabelle 1: Konversionsfaktoren für Primärenergie und CO<sub>2</sub> (Quelle: OIB Richtlinie 6, Ausgabe 2015; Wien Energie)**

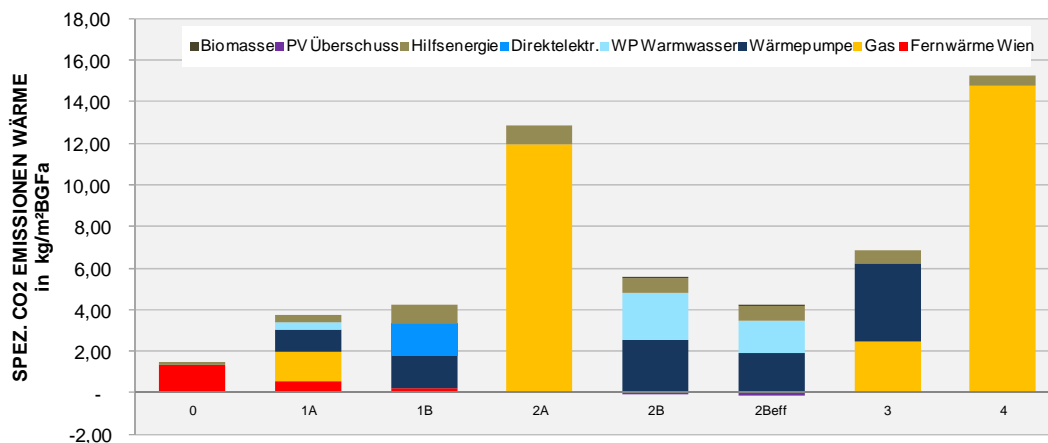
Energieträger	Primär- energiefaktor	Primär- energiefaktor erneuerbar	Einheit	CO <sub>2</sub> -Emissions- kennwert	Einheit
Strom	1,91	0,59	-	276	g/kWh
Gas	1,17	0,00	-	236	g/kWh
Fernwärme Wien	0,33	0,06	-	20	g/kWh
Biomasse	1,08	1,02	-	4	g/kWh

Die Werte für den Primärenergiebedarf sind vorläufige Ergebnisse, da noch Änderungen in der Variantendefinition erfolgen können (Abbildung 3). Der flächenspezifische Primärenergiebedarf für die einzelnen Varianten liegt zwischen 21 und 75 kWh/m<sup>2</sup>a. Der geringste Primärenergiebedarf (rund 21 kWh/m<sup>2</sup>a) wird durch eine Versorgung mittels Fernwärme verursacht (Variante 0). Dieser Wert wird durch einen niedrigen Primärenergiefaktor von 0,33 für die Fernwärme Wien ermöglicht. Demgegenüber sind die Werte für Gasheizungen am höchsten (Variante 4 und 2A). Die Varianten mit Wärmepumpe (2B, 2B<sub>eff</sub> und 3) benötigen einen spezifischen Primärenergiebedarf zwischen 40 und 50 kWh/m<sup>2</sup>a. Effiziente Wärmepumpen schaffen gute Voraussetzungen für einen niedrigen Primärenergiewert, wohingegen die Spitzenlastkessel (mit Biomasse oder Gas versorgt) diesen Wert erhöhen. Die mit Fernwärme und Wärmepumpe gemischten Varianten (Variante 1A und 1B) liegen bei rund 30 kWh/m<sup>2</sup>a.



**Abbildung 3: Flächenspezifische Primärenergie der Energieversorgungsvarianten (Quelle: eigene Berechnung)**

Ein ähnliches Bild ist bei der Bewertung der CO<sub>2</sub> Emissionen für das Untersuchungsgebiet zu sehen (siehe Abbildung 4). Auch hier sind es noch vorläufige Ergebnisse. Bei diesem Indikator sind die Varianten mit Gasversorgung für die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Varianten mit Fernwärme hingegen verursachen nur sehr geringe Emissionen. Varianten mit Biomasse Kessel (Variante 2B und 2B<sub>eff</sub>) schaffen aufgrund des niedrigen CO<sub>2</sub> Faktors von 4 g/kWh – im Vergleich zur Primärenergie – einen besseren Wert.



**Abbildung 4: Flächenspezifische CO<sub>2</sub> Emissionen der Energieversorgungsvarianten (Quelle: eigene Berechnung)**



In Abbildung 5 sind die Energieversorgungsvarianten am 500 W-Primärenergieleistungsziel (auf Basis des erneuerbaren Anteils der Primärenergie) gemessen. Hier wird dargestellt, dass die Varianten mit überwiegender Gasversorgung die Smart City Ziele nicht einhalten können, da diese bereits beim Energiebedarf für Raumheizung und Warmwasser (RH+WW) die Ziele nur knapp unterschreiten oder sogar überschreiten. Die Werte für Stromnutzung in den Wohnungen sind hier noch nicht berücksichtigt (248 Watt/Person Primärenergieleistung). Varianten mit Fernwärme sowie mit Wärmepumpe liegen deutlich unter dem Wert von 500 W/Person und können dieses Ziel auch unter Berücksichtigung der Stromnutzung in den Wohnungen einhalten.

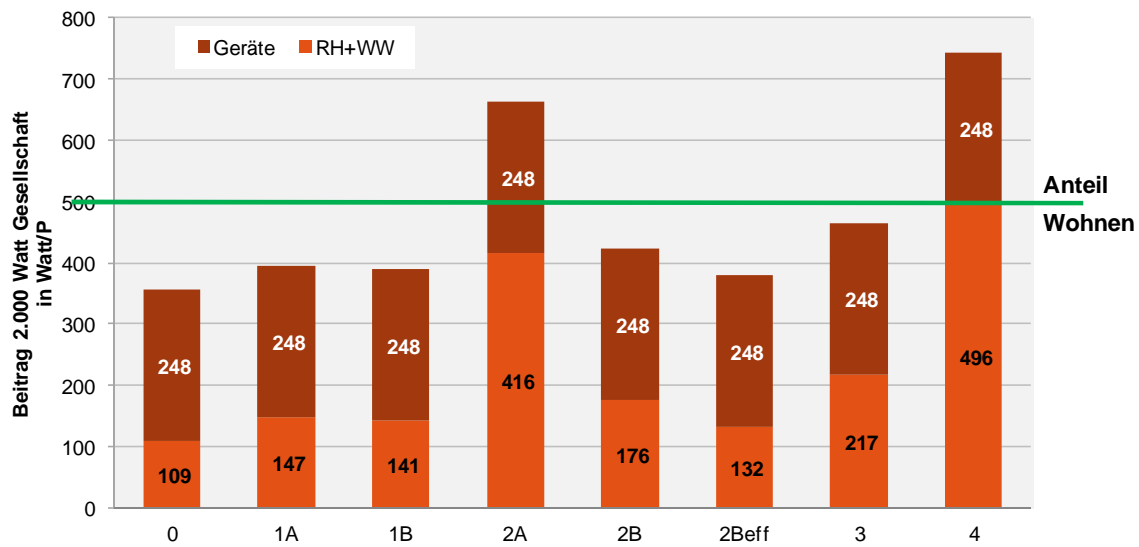


Abbildung 5: Orientierung an 500 Watt Primärleistung je Person für Wohnen (Quelle: eigene Darstellung)

### 4.3 Ökonomische Bewertung der Energieversorgungslösungen

Die Investitionskosten sowie die Lebenszykluskosten stehen noch nicht fest, da im Rahmen des Projekts noch ein weiterer Detaillierungsschritt gesetzt wird, um möglichst realitätsnahe Werte für die Kosten zu erhalten. In diesem nächsten Schritt werden insbesondere die Varianten 2B und 3 untersucht. Aus ersten Untersuchungen abgeleitet wurde für die Varianten 2B und 3 Spitzenlastkessel und verschiedene Lösungen für die Regenerationswärme im Sommer angesetzt. Zusätzlich wurde eine Variante 2Beff entwickelt, in der die Energienachfrage im Gebäude reduziert wurde.

In einem nächsten Schritt wird für ein konkretes Gebiet eine Grobplanung unternommen und die Dimensionierung der Anlagen erstellt. Daraufhin werden auf Basis konkreter Anlagen die Kosten für die Anlagen erhoben und ein Wärmepreis ermittelt. Anhand dieser Ergebnisse werden die Investitions- und Lebenszykluskosten der Varianten aktualisiert. Diese Arbeiten sollen im Frühjahr 2016 abgeschlossen werden.

## 5 Erste Schlussfolgerungen

In den Schlussfolgerungen wird schwerpunktmäßig auf die drei Versorgungsvarianten mit Gas, Fernwärme und Wärmepumpe eingegangen. Diese Versorgungsvarianten sind in den Varianten 0, 2A, 2Beff, 3 und 4 enthalten. Auf Variante 1B wird bei den Investitions- und



Lebenszykluskosten eingegangen; Variante 1A teilt sich in eine Variante mit Fernwärme (Bauabschnitt 1 und 2) und eine Variante mit Wärmepumpe und Wärmenetz (Bauabschnitt 3) auf.

Die Varianten mit Wärmepumpen teilen sich in Lösungen mit kleinem Nahwärmenetz (Variante 2B und 2Beff) und ohne Nahwärmenetz (Variante 3) auf. Variante 2Beff deckt dabei eine geringere Energienachfrage ab.

## **5.1 Schlussfolgerungen in ökologischer Hinsicht**

In der ökologischen Bewertung sind die Indikatoren Primärenergie samt Primärenergieleistung und die CO<sub>2</sub>-Emissionen entscheidend. Die Variante mit Gasversorgung (Variante 4) hat hierbei die höchsten Werte für Primärenergie und CO<sub>2</sub>. Die Varianten mit Gasversorgung (Varianten 2A und 4) erfüllen die Smart City-Ziele der Stadt Wien nicht und können daher von einer zukunftsweisenden Wärmeversorgung ausgeschlossen werden.

Die Fernwärmeversorgung erreicht bezüglichlicher beider Indikatoren die besten Werte. Fernwärme bildet somit aus ökologischen Gesichtspunkten eine Vorzeigerolle. Voraussetzung dafür sind die geringen Konversionsfaktoren für Primärenergie und CO<sub>2</sub>, die auch in Zukunft erreicht werden müssen, um die gute ökologische Bewertung einhalten zu können.

Die Varianten mit Wärmepumpe können in der ökologischen Bewertung gleichauf mit Fernwärme liegen, wenn die Wärmeversorgung alleinig auf Wärmepumpen mit Erdsonden bzw. Luft als Quelle basiert. Aus ökonomischen Gründen wird jedoch zur Abdeckung der Spitzenlast ein Kessel auf Basis von Gas oder Biomasse eingesetzt. Dadurch steigen die Kennwerte für die ökologische Bewertung mit Ausnahme der CO<sub>2</sub>-Bewertung für Biomasse-Kessel. Zusätzlich ist bei Nutzung von Erdsonden noch die Produktion von Regenerationswärme erforderlich, um somit einen saisonalen Ausgleich der Wärmeentnahme und der Wärmeeinbringung zu schaffen. Dadurch wird eine zusätzliche Energienachfrage geschaffen, die sich in der ökologischen Bewertung abbildet. Die Versorgung mit Wärmepumpen bietet aus ökologischen Gesichtspunkten eine sinnvolle Wärmeversorgung, kann jedoch aufgrund der genannten Faktoren nicht mit dem Niveau der Fernwärme mithalten.

## **5.2 Schlussfolgerungen in ökonomischer Hinsicht**

Die ökonomische Bewertung ist noch nicht endgültig abgeschlossen, da für Varianten mit Wärmepumpe noch ein „Reality-Check“ für ein konkretes kleines Versorgungsgebiet durchgeführt wird. Unabhängig davon können jedoch schon einige vorläufige Schlussfolgerungen gezogen werden.

Bei den Errichtungskosten hat die Variante mit Gasversorgung (Variante 4) den niedrigsten Wert. Auch die Fernwärmeversorgung (Variante 0) bietet niedrige Errichtungskosten. Im Vergleich zu den anderen Varianten sind jedoch nicht die gleichen Systemgrenzen angesetzt: die Fernwärmevariante berücksichtigt keine Kosten für die Wärmeerzeugung, da eine Kapazitätserweiterung der Fernwärmeversorgung im Energietarif enthalten ist.

Die Variante mit überwiegender Nutzung von Solarthermie und Saisonspeichern (Variante 1B) weist die höchsten Errichtungskosten auf. Hieraus kann abgeleitet werden, dass für diese Bebauungsdichte eine alleinige Wärmebereitstellung durch Solarthermie nicht möglich ist. Aufgrund der zusätzlichen Spitzenlastabdeckung durch Wärmepumpen und Fernwärme werden die Kosten dramatisch gesteigert.

Bei den Varianten mit Wärmepumpe ist entscheidend, ob die Spitzenlast durch Wärmepumpen und Erdsonden abgedeckt wird oder durch Kessel. Spitzenlastkessel können die Errichtungskosten deutlich reduzieren. Hier sind die Nachteile der Brennstoffbeschaffung und der Wartungskosten (Biomassekessel) sowie die ökologischen Auswirkungen (Gaskessel) zu berücksichtigen. Zusätzlich belastet die Bereitstellung von Regenerationswärme im Sommer die Errichtungskosten. Die Regeneration der Erdsonden ist für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Erdsondenfelder zwingend erforderlich. Nachdem die Abwärme aus den Nutzflächen der Gebäude (Free-Cooling der Wohnungen) zu gering ausfällt, müssen zusätzliche Wärmebereitstellungsanlagen errichtet werden, die im Sommer Wärme in die Erdsonden einbringen. Die Nutzung der Warmwasser-Wärmepumpe im Gebäude mit zusätzlichen Betriebsstunden ist zwar bei den Errichtungskosten neutral, erhöht jedoch die Betriebskosten der Anlage.

Eine detailliertere Aussage zur ökonomischen Bewertung lässt sich erst zu einem späteren Zeitpunkt treffen, wenn die Varianten mit Wärmepumpen ausführlicher ausgearbeitet sind.

Dies trifft auch für die Lebenszyklusanalyse zu. Eines kann jedoch schon vorweggenommen werden: Die Gasvariante ist auch in puncto Lebenszykluskosten am kostengünstigsten. Hohe Investitionskosten bei den Lösungen mit Wärmepumpe und Erdwärmesonden und niedrigere Betriebskosten (insbesondere geringe Stromkosten) führen zu einer Annäherung in den Lebenszykluskosten zwischen den Varianten mit Wärmepumpen und Fernwärme. Inwieweit die Annäherung zwischen Fernwärme und Versorgung mittels Wärmepumpe erfolgt, hängt von den Kalkulationsparametern der Lebenszykluskostenanalyse und den angesetzten Investitionskosten ab.

### **5.3 Allgemeine Schlussfolgerungen**

Die Wärmeversorgung mittels Wärmepumpen und Erdsonden hat höhere Errichtungskosten als eine Versorgung mittels Fernwärme und Gas. Diese Mehrkosten müssen in der Errichtungsphase des Gebäudes abgedeckt werden. Diese sind jedoch schwierig unterzubringen, da für wohnbauförderte Gebäuden in Wien eine Obergrenze für die Errichtungskosten vorliegt, die bereits jetzt nur schwer einzuhalten ist. Im derzeitigen System der Wohnbauförderung sind diese Mehrkosten nicht abzudecken.

Für den Energieversorger ist es ein System mit höheren Investitionskosten, die im derzeitigen Fernwärmetarif nicht einfach abzubilden sind. Dafür wäre ein höherer Baukostenzuschuss erforderlich, der wiederum bei wohnbauförderten Gebäuden nicht einfach unterzubringen ist.

Das würde dazu führen, dass für diese Fälle neue Geschäftsmodelle zu überlegen sind, die die Finanzierung der Erstinvestition ermöglichen. Schließlich können die Varianten mit Wärmepumpenlösungen auch in kleineren Entwicklungsgebieten, unabhängig von der

Fernwärme, eingesetzt werden. Daher ist eine Realisierung ohne den „klassischen“ Energieversorger möglich.

Im Rahmen des Stadt der Zukunft Projekts Smart Services „Smart Services für ressourcen-optimierte urbane Energiesysteme von Stadtteilen“ werden derzeit mögliche Lösungen und Konzepte für Geschäftsmodelle für Wärmeversorgungslösungen mit einem hohen Anteil an lokalen erneuerbaren Energieträgern entwickelt. Mögliche Konzepte werden mit Energieversorgern und anderen Energiedienstleistern diskutiert. Der Endbericht wird im Herbst 2016 vorliegen.

Technisch gesehen ist die Variante mit Wärmepumpen deutlich komplexer als die Fernwärmeverversorgung. Ein Wärmeversorgungskonzept mit Wärmepumpen berücksichtigt mehrere Wärmepumpen, eine Vielzahl von Erdsonden (verteilt im Versorgungsgebiet), Wärmespeicher in den Gebäuden und Systeme für die Regeneration der Erdsonden. Die Technologien zur Wärmeversorgung sind dezentral im Versorgungsgebiet angeordnet und erfordern einen höheren Aufwand zur Betriebsführung, zur Wartung und Instandsetzung.

Gleichzeitig bedeutet das eine höhere lokale Wertschöpfung. Die finanziellen Mittel für die Wärmeversorgung werden zu einem geringeren Anteil für den Ankauf von Energieträgern wie Gas oder Öl ausgegeben und fließen verstärkt in die Errichtung und den Betrieb der Wärmeversorgungsanlagen. Die Aufwände für Energie sind deutlich niedriger als bei anderen Wärmeversorgungskonzepten wie beispielsweise Fernwärme.

Die Wärmeversorgung in Städten wird derzeit vornehmlich mittels Fernwärme und Gaskesseln in den Gebäuden realisiert. Dort wo derzeit Fernwärme verfügbar ist und noch ökonomisch vertretbare Kapazitäten zur Erweiterung gegeben sind, ist es sinnvoll weiterhin auf Fernwärme zu setzen. Es gibt jedoch auch viele Gebiete, in denen keine Fernwärmeverversorgung vorliegt. Das kann sowohl für bestehende Gebäude und Stadtgebiete gelten, als auch für neu errichtete Versorgungsgebiete. Aus ökologischen Gründen (und um die Smart City-Ziele zu erreichen) ist die Neuerrichtung von einer Gasversorgung zur Wärmebereitstellung nicht nachhaltig für die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergiebedarfs. Hier ist es zielführend alternative Lösungskonzepte anzubieten. Die Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpe und Erdsonden bietet hier ein sinnvolles Konzept zu urbanen Wärmeversorgung.

Das Konzept mit Wärmepumpe und Erdsonden benötigt Wärme zur Regeneration der Erdwärmesonden im Sommer. Hier ist es zielführend, im oder in unmittelbarer Nähe des Versorgungsgebiets kostengünstige oder kostenlose Abwärme zu beziehen, um die Kosten sowie den Energieeinsatz zur Regeneration gering zu halten. Das kann durch die Einbeziehung von Gewerbegebäuden erfolgen, die ohnehin im Sommer dem Gebäude Wärme entziehen, um den sommerlichen Komfort sicherzustellen. Das können jedoch auch konkret im Untersuchungsgebiet angeordnete Betriebe sein, die bei Integration in das Versorgungskonzept kostengünstige Kälte im Sommer erhalten und im Gegenzug Abwärme liefern. Dafür sind insbesondere Datacenter gut geeignet, da dort an 365 Tagen im Jahr zum Betrieb der Server Wärme entzogen wird. Diese Wärme kann zur Regeneration der Erdsonden eingesetzt werden. Im Gegenzug erhält das Datacenter dann kostengünstige/-lose Kälte aus den Erdsonden zur Kühlung.

Nicht zuletzt ist der Komfortgewinn für die Wohnungen ein Vorteil der Lösungen mit Wärmepumpen: Die erste Maßnahme zur Generierung von Regenerationswärme ist ein Free-Cooling der Wohnungen im Sommer. Hier wird Wärme aus den Wohnungen entzogen und für die Erdsonden bereitgestellt. Diese Lösung bietet – in Anbetracht der heißen Sommer in den letzten Jahren – einen großen Benefit für die Wohnungen. Eine kostenlose Temperierung der Wohnungen im Sommer bietet den Wohnungsnutzenden einen hohen Komfort, der auch in die ganzheitliche Bewertung von Wärmeversorgungs-lösungen einfließen soll.

## 6 References

- [1] Wien wächst..., Bevölkerungsentwicklung in Wien und den 23 Gemeinde- und 250 Zählbezirken. Magistrat der Stadt Wien, MA 23 – Wirtschaft, Arbeit und Statistik, Statistik Journal Wien 1/2014. p. 20, Wien 2014.
- [2] *ibid.*
- [3] Smart City Wien, Rahmenstrategie. Magistrat der Stadt Wien, MA 18 Stadtentwicklung und Stadtplanung, Wien 2014.
- [4] Fachstelle 2000-Watt-Gesellschaft: Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft. Zürich, 2014.
- [5] Leichter Leben, Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiezukunft — am Beispiel der 2000-Watt-Gesellschaft. Novatlantis, SIA, EnergieSchweiz. Bern, 2010.
- [6] Magistrat der Stadt Wien, MA 21 – Stadtteilplanung und Flächennutzung: Leitbild Donaufeld (2010).
- [7] Fanninger, G (2013): Präsentationsfolien „TOOL zur Vorprojektierung von thermischen Solaranlagen für Warmwasser & Raumheizung. AEE Intec, Gleisdorf 2013.
- [8] Solar Guide (2002): Handbuch zur Planung von thermischen Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser, Austria Solar Innovation Center, 2002.
- [9] Recknagel, Sprenger, Schramek (2008): Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 74. Auflage. Oldenbourg Industrieverlag 2008, Seite 1491.
- [10] Nipkow, J. (2013): Der typische Haushalt-Stromverbrauch. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz S.A.F.E., Dezember 2013.
- [11] Schlomann et al. (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2004.
- [12] Strasser, M. (2013): Strom- und Gastagebuch 2012. Strom- und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte. Projektbericht. Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Energie, 2013.
- [13] ÖNORM H 5050:2011-03-02: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Heiztechnik-Energiebedarf. Österreichisches Normungsinstitut (2011).
- [14] OIB (2015): OIB Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Ausgabe März 2015
- [15] Haas, R. et al. (2013): Optionen für die Gestaltung des Wiener Energiesystems der Zukunft, Endbericht. Wiener Stadtwerke Holding AG, Wien 2013.
- [16] Erdsondenpotenzial in der Stadt Zürich. Schlussbericht. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten (2015)