Projektbericht
AnergieUrban – Stufe 1

Die Stadt als Energiespeicher

Eine Studie im Auftrag/mit Unterstützung des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), der Stadt Wien - MA 20 und dem Österreichischen Städtebund

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

Geologische Bundesanstalt

© zeininger architekten

Impressum AutorInnen DI Gerhard Bayer/ÖGUT, Bianca Pfefferer MSc/ÖGUT, Mag Gregor Götzl/GBA, Mag. Martin Fuchsluger/GBA, Mag. Stefan Hoyer/GBA, Dipl.-Ing. Robert Kalasek/TU Wien, Mag. Thomas Brus/TU Wien, Arch Johannes Zeininger/zeininger architekten
Für den Inhalt verantwortlich Monika Auer/ÖGUT
Hollandstraße 10/46, A-1020 Wien Tel +43.1.315 63 93 Fax +43.1.315 63 93-22 Email office@oegut.at Web www.oegut.at

AnergieUrban – Stufe 1

Die Stadt als Energiespeicher

Herausgeber:

Projektteam: ÖGUT, GBA, TU Wien, © zeininger architekten

Mit Unterstützung von:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Stadt Wien, MA 20 Energieplanung

Österreichischer Städtebund

AutorInnen:

Bianca Pfefferer MSc, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)
DI Gerhard Bayer, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)
Mag. Martin Fuchsluger, Geologische Bundesanstalt (GBA)
Mag Gregor Götzl, Geologische Bundesanstalt (GBA)
Mag. Stefan Hoyer, Geologische Bundesanstalt (GBA)
Dipl.-Ing. Robert Kalasek, Technische Universität Wien, Institut für Raumplanung
Mag. Thomas Brus, Technische Universität Wien, Institut für Raumplanung
Arch Johannes Zeininger, zeininger architekten

Wien, Juni 2020

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung 7

2. Einleitung 9

2.1. Hintergrund Energiewende 9
2.2. Hintergrund klimatische Rahmenbedingungen 10
2.3. Pilotprojekt SMART Block Geblergasse 11
2.4. Ziele und Aufgaben des Projekts 13

3. Grundlagen 15

3.1. Anergienetze 15
3.2. Flächen für Erdwärmesonden 19
3.3. Potenzial Erdwärmesonden 20
3.4. Methoden zur Ermittlung der Speicherkapazität 21
3.5. Bohrtechnik 22

4. Auswahl der Testgebiete 23

4.1. Vorauswahl 23
4.2. Testgebiet 5: 16. Bezirk, Lerchenfelder Gürtel 26
4.3. Testgebiet 12: 14. Bezirk, Linzer Straße / Anzbachgasse 28

5. Wärmebedarf 30

5.1. Grundlagen 30
5.2. Parameter für die Berechnung des Wärmebedarfs 32

6. Wärmequellen 34

6.1. Eingangsdaten Wärmequellen 34
6.2. Parameter für die Berechnung der Wärmequellen 34

7. Erdwärmespeicher 35

7.1. Eingangsdaten zur Ermittlung der Potenzialflächen 35
7.2. Bewertung der Flächenzugänglichkeit für Bohrgeräte 35
7.3. Ermittlung der Potenzialflächen für Erdwärmesonden 36
7.4. Parameter für die Berechnung des Speicherpotenzials 39
7.5. Berechnung des Speicherpotenzials - Verortung von Bohrlöchern 40

8. Ergebnisse 43

8.1. Potenzialflächen 43
8.2. Energiebilanzen 45
8.3. Schlussfolgerungen 52
8.4. Empfehlungen 54

9. Tabellenverzeichnis 63

11. ANHANG 1 - ExpertInnen-Workshop 67

12. ANHANG 2 - Workshop mit Österreichischen StädtevertreterInnen 68

14. ANHANG 3 - Bohrtechnikumfrage.....71
15. ANHANG 4 - Fotos vom Testgebiet 5.....76

1. Kurzfassung

Derzeit werden noch rund 60% der Wohnungen in der Stadt mit fossilem Erdgas beheizt. Für die Umsetzung der Energiewende müssen **für die bestehenden fossilen Heizungssysteme in diesen Gebieten nachhaltige Alternativen** gefunden werden. Da die Verwendung von Biomasse und Luftwärmepumpen in dicht bebauten Gebieten erhebliche Nachteile aufweist, spielen Wärmepumpensysteme mit Erdwärmesonden hier eine immer wichtigere Rolle. Auch die Möglichkeit, durch den Einsatz von Erdwärmesonden mit geringem Energieaufwand kühlen zu können und die Abwärme im Erdreich zu speichern, ist hinsichtlich der Hitzeproblematik in den Städten von Vorteil.

Die Machbarkeit einer großflächigen Wärmeversorgung von bestehenden Stadtteilen mit einem Solar/Erdwärmesonden/Wärmepumpen-System in Verbindung mit Anergienetzen wurde anhand von **zwei Testgebieten** in Wien, welche derzeit noch mit fossilem Erdgas beheizt werden, analysiert. Die Testgebiete sind:

- am Lerchenfelder Gürtel im 16. Wiener Gemeindebezirk, Gründerzeithäuser mit 10.000 BewohnerInnen und
- an der Linzer Straße/Wolfersberggasse im 14. Bezirk, Wohnsiedlung aus den 1960er-Jahren mit rund 2.000 EinwohnerInnen.

Das **Ergebnis** der Studie ist, dass in beiden Testgebieten genügend Platz für die Errichtung der notwendigen Erdwärmesonden sowie ausreichend Potenzial an Wärmequellen in Form von Abwärme und Solarenergie vorhanden ist. Auch im sehr dicht bebauten Testgebiet am Lerchenfelder Gürtel mit vergleichsweise wenig nutzbaren Freiflächen kann die Heizleistung, welche für Heizung und Warmwasser benötigt wird, durch die Erdwärmesonden bereitgestellt werden. Einen wichtigen Beitrag hinsichtlich des Flächenpotenzials – etwa 60 Prozent insgesamt – leisten dabei die öffentlichen Flächen wie Gehsteige, Parkplätze und Straßen. Auch Wärmequellen sind im urbanem Raum ausreichend vorhanden – durch die Nutzung der Dachflächen durch thermische Solarenergie und der Abwärme von Gebäuden liegt das Potenzial für Wärmequellen bei rund dem 4-fachem des Wärmebedarfs der Gebäude.

Der **Vollkostenvergleich** für ein Gründerzeithaus für einen Zeitraum von 20 Jahren zeigt, dass die Fortführung der Gas-Heizungen insgesamt etwa die gleichen Kosten verursacht wie der Umstieg auf ein Solar/Erdwärmesonden/Wärmepumpen-System. Als Zusatznutzen ist die moderate Kühlung des Anergiesystems im Vergleich zum konventionellen Gas-Heizungssystem zu nennen. Ab dem zwanzigsten Jahr ist das Solar/Erdwärmesonden/Wärmepumpen-System aufgrund der geringeren Betriebskosten deutlich günstiger als das gasbetriebene System.

Um die Umsetzung nachhaltiger Anergiesysteme in bestehenden Stadtteilen zu fördern, **wird empfohlen**, möglichst zeitnahe Richtlinien für die Nutzung öffentlicher Flächen durch Erdwärmesonden festzulegen. Des Weiteren sollen Anreize geschaffen werden, damit bei Neubauprojekten oder Neugestaltungen des öffentlichen Freiraums zukünftig das gesamte Potenzial für Erdwärmesonden genutzt und etwaige Überschüsse an Wärmespeicherkapazität benachbarten Häuserblöcken zur Verfügung gestellt wird. Die in Wien bereits begonnenen Maßnahmen der Energieraumplanung in Form von Klimaschutzzonen sollen rasch in allen Städten Österreichs umgesetzt werden. Im Wohnrecht sollen für den mehrgeschossigen Wohnbau Anreize zur Schaffung zentraler Wärmeversorgungssysteme und Niedertemperaturheizungen geschaffen

werden, welche eine Voraussetzung für die Nutzung von Anergienetzen sind. Im technologischen Bereich besteht Forschungsbedarf bezüglich der Entwicklung geeigneter Elektroantriebe für Bohrgeräte für dicht bebaute Gebiete sowie technologische Möglichkeiten, um auch bei geringen Arbeitshöhen kostengünstig vom Kellergeschoß aus Erdwärmesonden bohren zu können. Ergänzend sollte eine Analyse der ökologischen Auswirkungen von Anergienetzen auf Erdsondenbasis hinsichtlich der Errichtung, dem Betrieb und der Entsorgung nach Ablauf der Nutzungsdauer dieses Energiesystems erstellt und darauf aufbauend Empfehlungen für die ökologische Optimierung erarbeitet werden.

2. Einleitung

Für die Umsetzung der Energiewende gemäß der österreichischen Klimaziele bedarf es neuer Lösungen für die Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser in der bebauten Stadt. In Wien liegt der Anteil an Wohnungen, welche derzeit mit Erdgas beheizt werden, bei etwa 60 %. Für diese Wohnungen gilt es, nachhaltige Formen der Wärmeversorgung zu entwickeln.

Gleichzeitig wächst aufgrund der Klimaerwärmung der Kühlbedarf in Wohngebäuden. Selbst in Gründerzeithäusern, welche bisher aufgrund ihrer großen thermischen Speichermassen vergleichsweise gut gegen die sommerliche Überhitzung geschützt waren, wächst aufgrund der zunehmenden Dauer der Hitzeperioden der Kühlbedarf.

Eine nachhaltige Energielösung, sowohl für die Heizung als auch für die Kühlung, stellt die saisonale Nutzung von Erdspeichern dar. Dabei wird im Sommer Umgebungswärme eingelagert und der Erdkörper gleichzeitig zur Kühlung genutzt. Im Winter wird diese Energie wieder entnommen und zu Heizzwecken verwendet. Für ein solches Energiesystem werden Wärmequellen, saisonale Speicher, Transportleitungen sowie dezentrale Wärmepumpen benötigt. Als Erdspeicher kann das Erdreich unter privaten oder öffentlichen Freiflächen, aber auch unter Bauwerken genutzt werden. Wärmequellen können Solarkollektoren, die Abwärme aus Wohnungen, Bürogebäuden und gewerblichen Nutzungen (z.B. Supermärkte), aber auch Beton- oder Asphaltflächen darstellen.

Im gegenständlichen Projekt wurde beantwortet, in welchem Ausmaß nutzbare Speichermassen und Wärmequellen im urbanen Raum zur Verfügung stehen, um künftig bestehende Häuserblöcke und ganze Stadtviertel mit nachhaltigen solaren Energielösungen zu versorgen. Es wurden sowohl private als auch öffentliche Flächen für Erdwärmespeicher und Wärmequellen wie etwa Straßen, Parkplätze, Bahntrassen, Parks etc. erhoben und mit dem umliegenden Wärme- und Kältebedarf verglichen. Dabei wurde eine dynamische Entwicklung des Wärmebedarfs der Gebäude infolge künftiger thermischer Sanierung berücksichtigt.

Auf Basis der Ergebnisse bezüglich verfügbarer Flächen, der Wärme- und Kältebilanzen sowie anhand der Erfahrungen aus dem Pilotprojekt „SMART Block Geblergasse“ und der Studie „DEGENT-Net“ wurden Empfehlungen zu rechtlichen, organisatorischen und technischen Maßnahmen ausgearbeitet, welche Städte in ihrem Wirkungsbereich setzen können, um eine Verbreitung von nachhaltigen Energiesystemen auf solarer Basis zu fördern.

2.1. Hintergrund Energiewende

Vor dem Hintergrund der Umsetzung der Energiewende müssen für die bestehenden fossilen Erdgas- bzw. Erdöl-Heizungssysteme in urbanen Gebieten nachhaltige Alternativen gefunden werden. Wärmepumpen spielen in diesem Zusammenhang eine immer wichtigere Rolle. In den letzten Jahren wurden deutliche technologische Fortschritte bei der Entwicklung effizienter Wärmepumpen und bei der Errichtung von Geothermie-Bohrungen für saisonale Wärmespeicher erzielt.

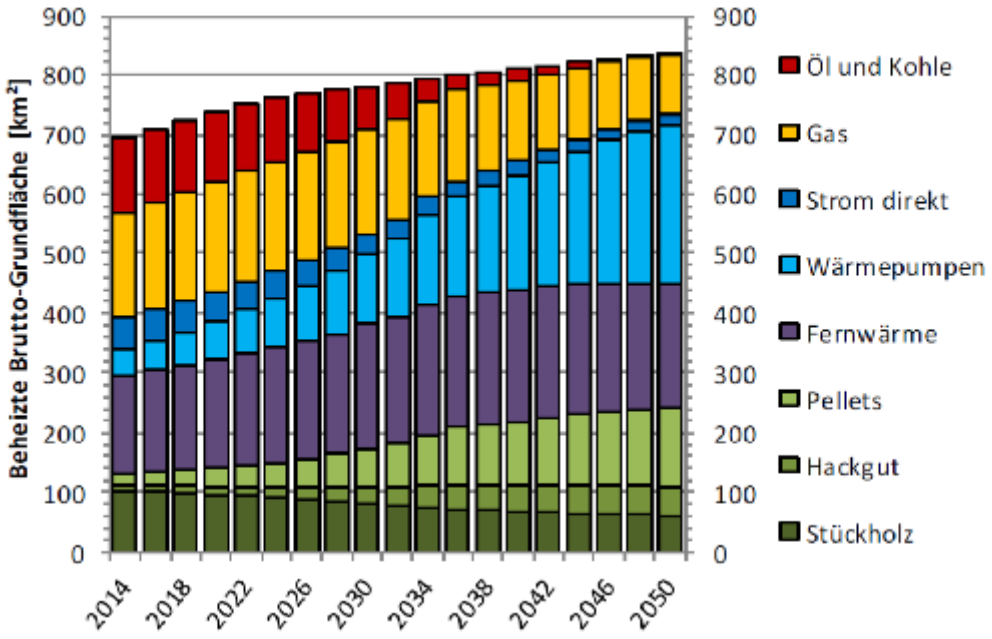


Abbildung 1: Entwicklung der beheizten Brutto-Grundfläche im Wärmewende-Szenario, Quelle: „Wärmezukunft 2050 – Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich“, Endbericht 2018, S. 54. Energy Economics Group, TU Wien.

Die Studie „Wärmezukunft 2050“[1] kommt zu dem Ergebnis, dass für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ein massiver Umstieg von Erdöl und Erdgas hin zu Wärmepumpen notwendig ist. Um den damit verbundenen Stromverbrauch – vor allem im Winter – auch durch erneuerbare Energien decken zu können, soll die Jahresarbeitszahl sowie der Leistungsfaktor im Winter möglichst hoch liegen. Während bei Luftwärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von 3 kaum überschritten wird, ist bei Sole-Wärmepumpen mit saisonaler Aufladung des Erdspeichers eine Jahresarbeitszahl von 6 möglich und auch im Winter, wenn Strom „Mangelware“ ist, kommt es kaum zu einem Abfall des Leistungsfaktors.

2.2. Hintergrund klimatische Rahmenbedingungen

Die fortschreitende Erderhitzung bewirkt einen Anstieg der sommerlichen Überwärmung in den Städten. Insbesondere die Zahl der Hitzetage (Tage mit einer Temperatur über 30 Grad Celsius) sowie die Zahl der Tropennächte (Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20 Grad Celsius sinkt) ist in den letzten Jahrzehnten gestiegen. Die nachfolgende Grafik zeigt die Anzahl der Hitzetage für die Stadt Wien für die Periode 1955 bis 2017. Die Trendlinie zeigt, dass die Anzahl von 5 Hitzetagen/Jahr auf 25 Tage gestiegen ist.

[1] Wärmezukunft 2050: Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich, Autoren: Lukas Kranzl, Andreas Müller, Iná Maia, Richard Büchele, Michael Hartner, Auftraggeber: Erneuerbare Energie Österreich Projektdurchführung: Technische Universität Wien, Energy Economics Group, Jänner 2018

Diese Entwicklung fordert neue Konzepte bei der Temperierung von Wohnräumen in der Stadt. War es in der Vergangenheit in Wohngebäuden nur in besonderen Fällen notwendig, eine Kühlung vorzusehen (z.B. schlecht gedämmten Dachgeschoßen), so wird dies in Zukunft immer häufiger der Fall sein.

Gleichzeitig steigt durch die höhere Lufttemperatur auch das Wärmeangebot für ein ganzjähriges Energiesystem. Durch die Erderhitzung wird es leichter, im Sommer Wärme aus den Solaranlagen oder aus der Umgebungsluft zur Regeneration der Erdspeicher zu nutzen, insbesondere, da bei Erdspeichern die Vorlauftemperaturen mit 5-25 Grad Celsius sehr niedrig sind.

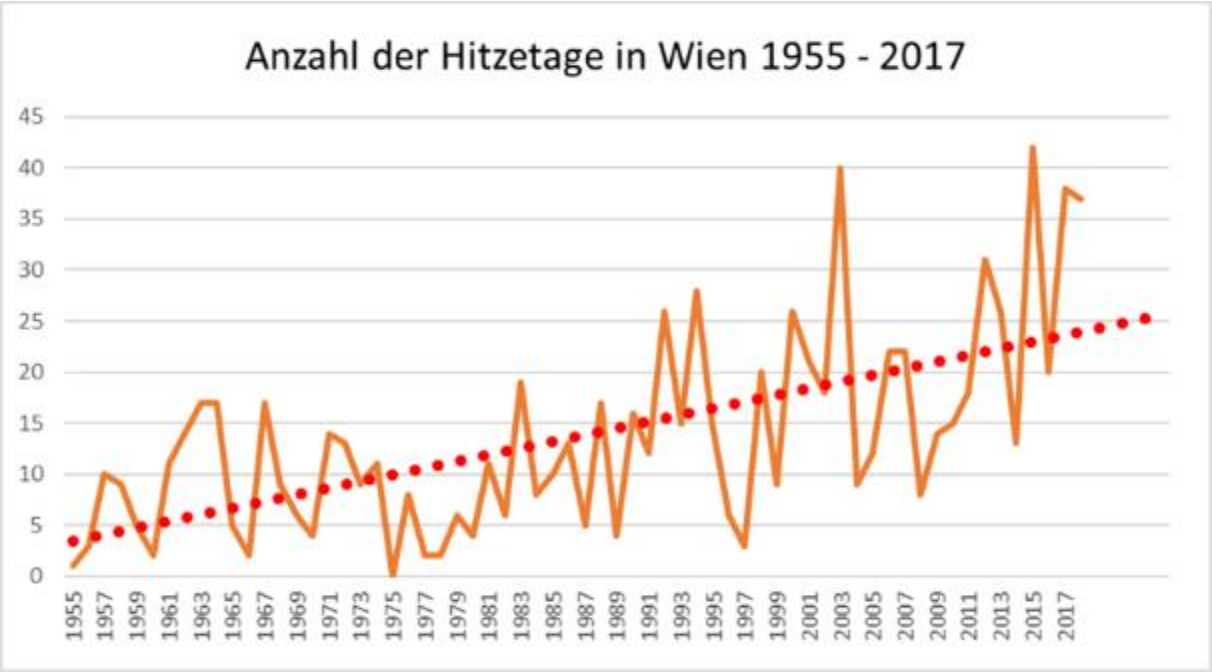


Abbildung 2: Klimatologische Kenntage in Wien 1955 bis 2018 [2]

2.3. Pilotprojekt SMART Block Geblergasse

Im Rahmen der Forschungsprojekte „SMART Block Step II – Energy“[3] sowie „SMART Block Geblergasse“[4] wurde die Machbarkeit eines Anergienetzes in einem konkreten Häuserblock im 17. Wiener Gemeindebezirk (Geblergasse / Ottakringerstraße / Hernalser Gürtel / Veronikagasse) untersucht. Im August 2018 wurde die Umsetzung der ersten Stufe des Pilotprojekts „SMART Block Geblergasse“ gestartet. Dabei wurden zwei Gebäude (Geblergasse 11 und Geblergasse 13) mit Erdsonden und Hybridsolarkollektoren aus-

[2] ZAMG – Klimaabteilung https://www.wien.gv.at/statistik/lebensraum/tabellen/eis-hitze-tage-zr.html

[3] SMARTBLOCK Step II - Energie, Mobilität, Finanzierung, Kommunikation, Sondierungsprojekt im Auftrag des Klima- und Energiefonds, Projektpartner: Burtscher-Durig ZT-GmbH, ÖGUT, Komobile w7 GmbH, Martin Gruber, Johannes Zeininger, Projektabschluss Okt. 2017

[4] Pilotprojekt SMART Block Geblergasse, für welches im Rahmen des Projekts SEFIPA www.sefipa.at ein Finanzierungs- und Geschäftsmodell entwickelt wurde

gestattet und ein Anergienetz errichtet, das bereits Leitungsverbindungen für weitere Anschlüsse im Häuserblock vorsieht. Mit fünf weiteren Gebäuden werden derzeit Verhandlungen über einen Anschluss geführt.

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt ein Luftbild des Häuserblocks Geblergasse, Veronikagasse/Ottakringer Straße in Wien 1170. Die farbigen Kreise markieren jene Gebäude, die in der ersten Bauphase an das Anergienetz angeschlossen werden.

Abbildung 3: Luftbild Gründerzeit-Häuserblock des Pilotprojekts „Anergienetz 1170 Wien“, Grafik: zeininger architekten, BauConsult Energy GmbH

Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt eine Systemskizze des Pilotprojekts und schematisch den Anschluss einzelner Häuser sowie deren Solaranlagen bzw. Tiefenbohrungen an das Anergienetz. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass durch die Anbindung mehrerer Verbraucher und Einspeiser eine ausgeglichene Bilanzierung von Wärmeeinspeisung und -entnahme erfolgt, welche für ein Einzelgebäude nicht möglich wäre. Beispielsweise kann ein Gebäude, welches selbst keine verfügbaren Flächen für Tiefenbohrungen, dafür aber z.B. Platz für die Installation einer Solaranlage hat, an das Netz angeschlossen werden und die „geerntete“ Energie einspeisen. Im Gegenzug profitiert es von der Speicherkapazität anderer Anergienetz-Teilnehmer, indem es die eingespeiste Wärmenergie bei Bedarf wieder nutzbar machen kann.

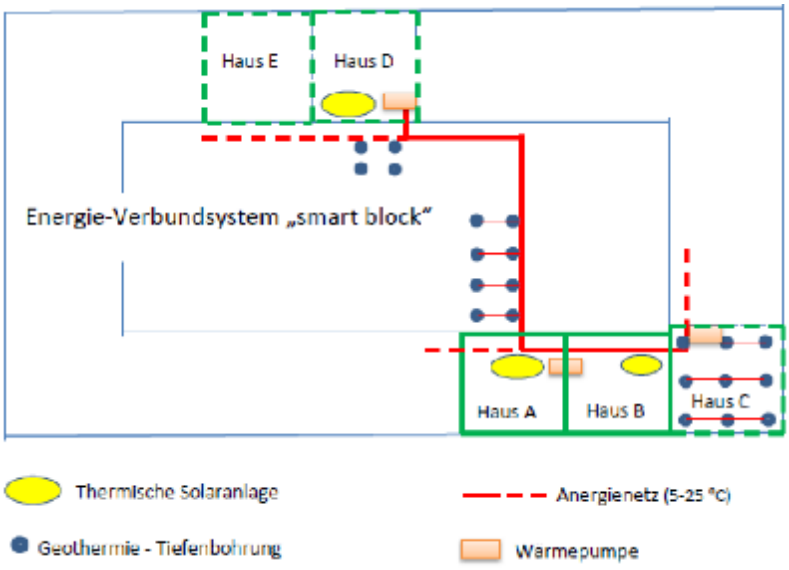


Abbildung 4: Systemskizze Pilotprojekt Geblergasse „Anergienetz 1170 Wien“, Grafik: ÖGUT

Abbildung 5 zeigt den Innenhof während den Bohrarbeiten (links). Nach Fertigstellung der Bohrarbeiten und Neugestaltung des Innenhofes ist von den unterirdischen Einbauten nichts mehr zu sehen (rechts).

Innenhof während der Geothermie-Bohrarbeiten (Foto: ÖGUT)

Innenhof nach Fertigstellung der Bohrarbeiten und Neugestaltung des Innenhofs (Foto: Lisi Zeininger)

Abbildung 5: Innenhof des Pilotprojekts „SMART Block Geblergasse“ in Wien 1170 während und nach den Bohrarbeiten

2.4. Ziele und Aufgaben des Projekts

Das Ziel des Projekts war zu prüfen, ob eine großflächige Wärmeversorgung mit einem Solar-/Abwärme-/Geothermie-Tiefenspeicher-/Wärmepumpen-System in Verbindung mit Anergienetzen in Städten im Bestandsbau aufgrund der Siedlungsstruktur, der Flächenverfügbarkeit und des Wärmebedarfes möglich ist.

Darüber hinaus wurde ermittelt, inwieweit die Nutzung öffentlicher Flächen für eine solche Energieversorgung einen wesentlichen Beitrag zur Machbarkeit sowie zur Senkung der Investitionskosten bringen kann.

Im Projekt wurden folgende Ergebnisse erarbeitet:

- kartographische Darstellungen der Speicher- und Wärmequellenpotenziale sowie des Wärmebedarfs in zwei urbanen Testgebieten;
- Aussagen darüber, ob und unter welchen Bedingungen eine flächendeckende Versorgung durch ein auf Solar-Anlagen, Wärmepumpen und Geothermie-Speichern basiertes Energiesystem in den getesteten Siedlungstypen möglich ist;
- Vorschläge für die öffentliche Verwaltung, insbesondere die Stadtverwaltungen, wie die künftige Etablierung eines Anergienetz-basierten Wärmesystems durch rechtliche, technische und organisatorische Maßnahmen gefördert werden kann;
- Erarbeitung einer Methode zur Bilanzierung und Planung von Anergienetzen in bestehenden Stadtteilen sowie Vorschläge für Energieraumplanung, wie z.B. Mindeststabstände zu bestehender Infrastruktur. Diese Ergebnisse können auf andere Städte in Österreich übertragen werden;
- Einschätzung der Anzahl von Haushalten in Österreich, die aufgrund der geologischen und siedlungstypologischen Voraussetzungen für eine Wärmeversorgung durch Anergienetze geeignet sind.

3. Grundlagen

3.1. Anergienetze

Ein Anergienetz stellt eine dezentrale thermische Vernetzung von Gebäuden, Wärmequellen und Wärmespeichern für eine nachhaltige und regionale Wärme- und Kälteversorgung in einem Areal dar. Die Wärmeverteilung erfolgt auf sehr niedrigem Temperaturniveau mit großen Rohrquerschnitten, sodass die Verteilverluste recht gering ausfallen und sich eine Rohrdämmung oft erübrigt. Dezentrale Wärmepumpen werden über das Verbundnetz mit Anergie versorgt und heben mit Hilfe von elektrischem Strom (Exergie) die Temperatur an, um Wärme für Gebäudebeheizung und Warmwasser bereitzustellen. Bei Verwendung reversibler Wärmepumpen kann das Gebäude auch aktiv gekühlt werden, wobei Wärmeenergie ins Netz eingespeist wird. Bei ausreichender Dimensionierung ist sogar eine direkte Gebäudekühlung ohne Wärmepumpe mittels „free cooling“ möglich.

Das Gebäude fungiert als Prosumer - es ist also nicht nur Konsument, sondern auch Produzent von Wärmeenergie. Es kann auch von einem bidirektionalen Wärme- und Kälteverteilnetz auf Niedrigst-Temperaturniveau (< 30°C) gesprochen werden. Als Wärmequelle kann jeglicher lokal anfallende Wärmeüberschuss verwendet werden, z.B. Solarthermie, Wärmeabsorber in Straßen und Fassaden, Gebäudekühlung, Kanalwärme oder Prozess- und Abwärme aus Gewerbebetrieben (z.B. Brauereien, Rechenzentren, Gerberei, Supermarktkühlung). Ein unterirdischer saisonaler Wärmespeicher in Form von Erdwärme-Sonden nutzt die Trägheit des Erdreichs und kann die Sommerwärme bis in den Winter speichern. Übers Jahr muss im Areal die Wärmeproduktion aller Quellen die gleiche Größenordnung haben, wie der Wärmebedarf aller Senken (Gebäude).

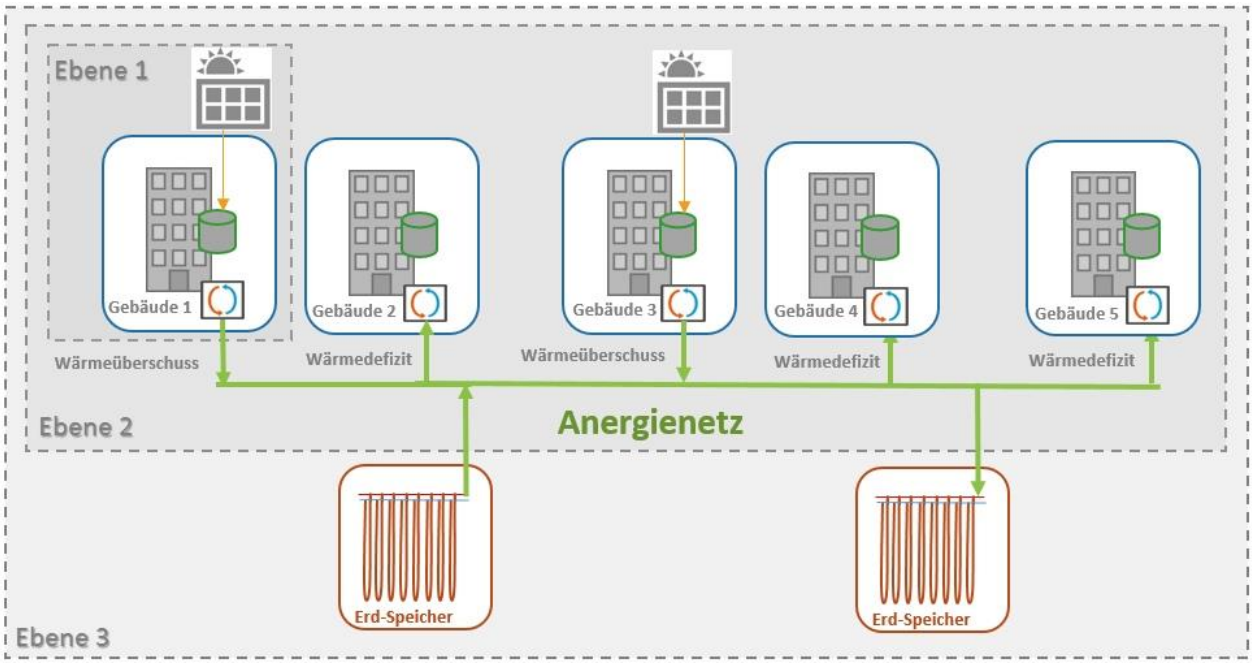


Abbildung 6: Schemata eines Anergienetzes mit Gebäude als Wärmesenke, Solar- und Abwärme als Wärmequelle und Erdwärmesonden als saisonaler Wärmespeicher. Die Wärmepumpe (orange-blau) bildet die Schnittstelle zum Netz. Grafik: GBA

Abbildung 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Anergienetzes in drei Ebenen. In erster Priorität (Ebene 1) versucht das Gebäude mit der eigenen Wärmequelle auszukommen. Hat Gebäude 1 einen Wärmeüberschuss, kann dieser ins Netz eingespeist werden. Wenn Gebäude 2 zu diesem Zeitpunkt einen Wärmebedarf hat, kann es die Wärme von Gebäude 1 direkt verwenden (Ebene 2). Ist immer noch zu wenig Wärmeleistung vorhanden, gleicht der Erdwärmesonden-Speicher die Differenz aus (Ebene 3). Momentane Wärmeüberschüsse und -defizite können auf Ebene 2 untereinander ausgeglichen werden, d.h. eine heterogene Gebäudestruktur im Areal (Wohn-, Büro-, Gewerbemix) kommt dem System entgegen und der Erdspeicher kann kleiner dimensioniert werden.

Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt die Erweiterbarkeit des Systems: Durch Verbindung benachbarter Anergienetze (Ebene 4) ist das System beliebig erweiterbar und langfristige Defizite/Überschüsse können untereinander ausgeglichen werden. Dadurch wird die Systemresilienz verbessert.

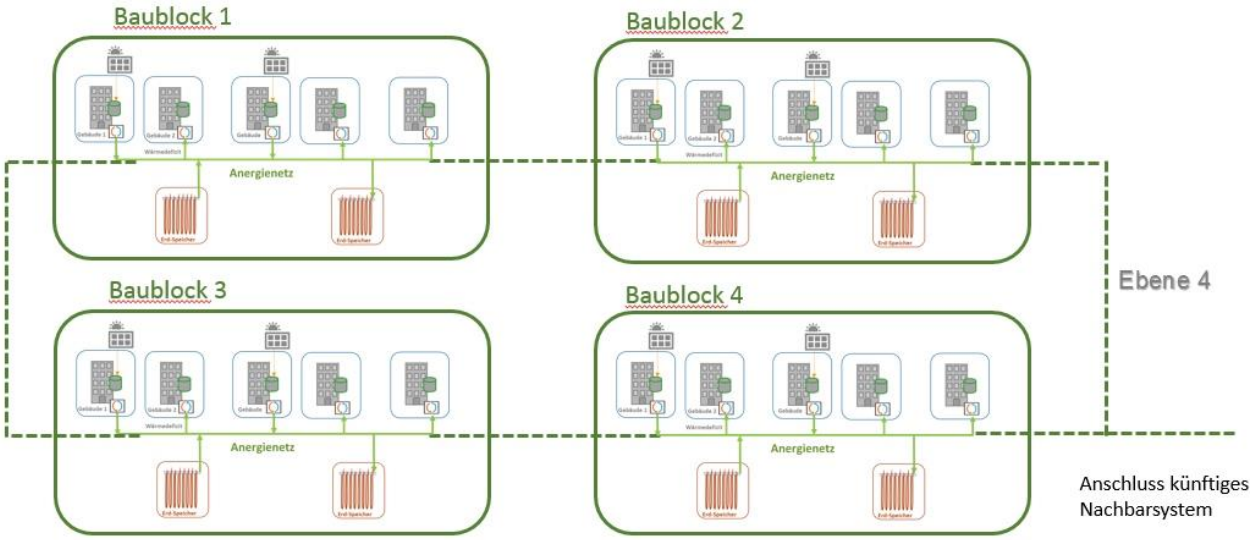


Abbildung 7: Systemerweiterung benachbarter Anergienetze. Grafik: GBA

Abbildung 8 zeigt den Energiefluss zwischen den Hauptkomponenten Wärmequelle, Wärmesenke und Wärmespeicher. Im Sommer ist üblicherweise mit hohen Wärmeerträgen zu rechnen und das Gebäude benötigt hauptsächlich Energie für die Warmwasserbereitstellung. Mit dem Wärmeüberschuss wird der Erdwärmesonden-Speicher beladen, wobei die Erdreichtemperatur um die Sonden von etwa 10-15 °C um ca. 10 Kelvin ansteigt. Auch die Gebäudekühlung stellt eine Wärmequelle für den Erdspeicher dar. Im Winter ist üblicherweise der Wärmeertrag gering und das Gebäude benötigt Energie für Warmwasser und Raumheizung. Der Erdwärmesonden-Speicher wird sukzessive entladen und die Erdreichtemperatur sinkt um ca. 10 Kelvin. Am Ende einer Heiz- und Kühlperiode beträgt die Temperatur des Erdspeichers wieder etwa 10-15 °C, denn der Speicher muss auf eine ausgeglichene Jahresenergiebilanz ausgelegt sein. Das System schwingt im jahreszeitlichen Kreislauf.

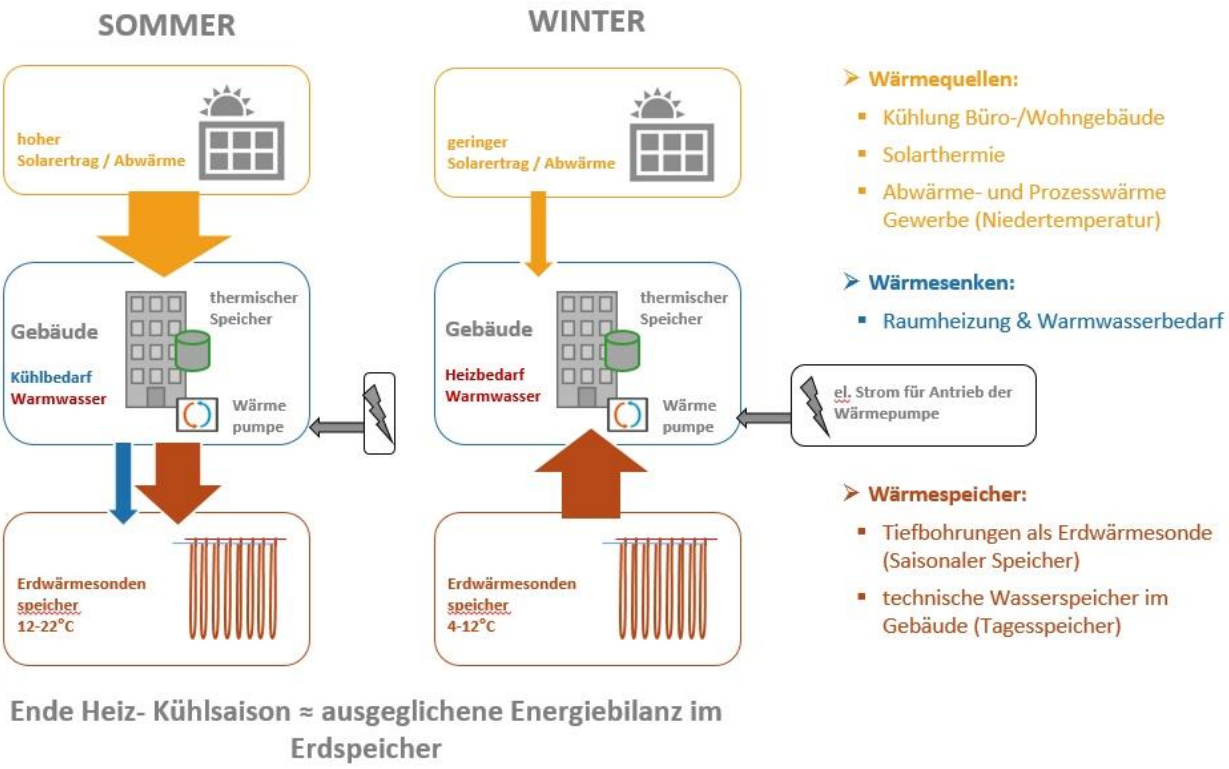


Abbildung 8: Energiekonzept Anergienetz: Saisonaler Wärmefluss im Sommer und Winter. Grafik: GBA

Folgende Faktoren wirken sich günstig auf die Effizienz eines Anergienetzes aus, sind jedoch keine Ausschlusskriterien:

- Wärmebedarf und Kältebedarf im Areal vorhanden und möglichst nahe geografisch beisammen;
- Kurzzeitspeicher: Abfederung von Spitzenlasten mit technischen Wasserspeichern im Gebäude bzw. Speichermassen im Gebäude;
- Ganzjährig konstante Wärmequellen, z.B. aus Rechenzentren oder Prozessabwärme, reduziert die Speichergröße;
- Niedrige Vorlauftemperaturen der Heizsysteme und Warmwasserbereitung;
- Thermische Sanierung von Bestandsgebäuden inkl. Tausch des Wärmeverteilsystems

Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt den maximalen Temperatureinfluss einer Erdwärmesonde im einseitigen Heizbetrieb und im Speicherbetrieb. Im einseitigen Betrieb (nur Wärmeentnahme ohne Regeneration im Sommer) sinkt die Erdreichtemperatur mit jedem Betriebsjahr, die Temperaturwelle breitet sich langsam immer weiter radialsymmetrisch bis zu einer maximalen Distanz von 50 Metern aus. Der gegenseitige Sondenabstand sollte deshalb mindestens 10 m betragen und ein Betrieb mit Frostschutz ist nötig, da die Temperatur des Arbeitsmittels in der Sonde unter 0°C fallen kann. Im Speicherbetrieb wird die Sommertemperaturwelle mit der negativen Winterwelle ausgeglichen. Der Einflussradius liegt hier bei wenigen Metern, weshalb ein gegenseitiger Sondenabstand eines Sondenfeldes von 4-6 m ausreicht und ein Betrieb mit reinem Wasser möglich ist.

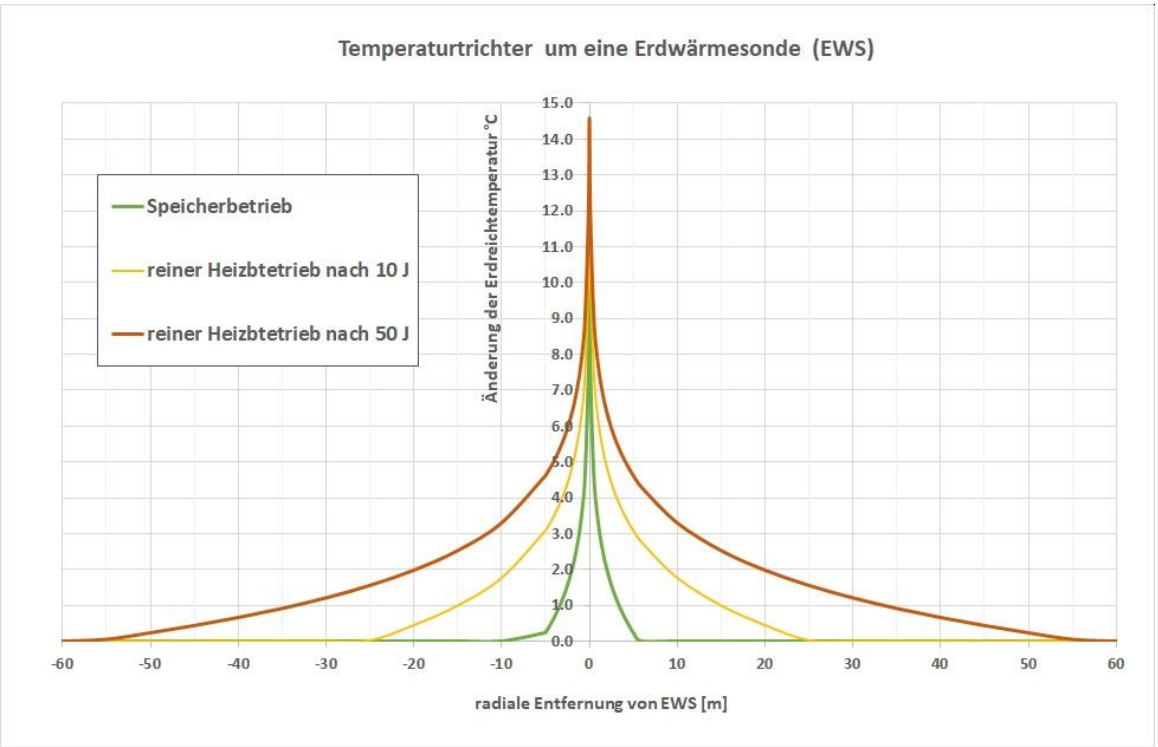


Abbildung 9: maximaler Temperatureinfluss um eine Erdwärmesonde auf das Erdreich im Vergleich: Speicherbetrieb (grün), reiner Heizbetrieb nach 10 Jahren (orange) und 50 Jahren (grün); Grafik: GBA

Für die Kompressionsarbeit der Wärmepumpe wird elektrischer Strom benötigt, welche dem Gebäude als Wärmeenergie zur Verfügung steht. Die Leistungszahl der Wärmepumpe (COP) bzw. die Jahresarbeitszahl des Systems (JAZ) sind die zugehörigen Kennzahlen. Bei entsprechender Planung können Wärmeversorgungssysteme mit Anergienetzen Jahresarbeitszahlen von 6 erreichen, was bedeutet, dass mit 1 kWh elektrischer Energie zum Antrieb des Systems (Pumpen, Wärmepumpen, etc.) schließlich 6 kWh an Wärmeenergie zur Verfügung stehen. Häuser im Bestand, wie z.B. Gründerzeithäuser, verfügen über eine hohe thermische Speichermasse und sind dadurch thermisch „träge“ Systeme. In Kombination mit einer umfassenden thermischen Sanierung können Wärmepumpen mit Überschussstrom betrieben und bei Strommangel einige Stunden überbrückt werden. Das Heizsystem „Anergienetz mit Wärmepumpe“ kann daher künftig eine wichtige Rolle bei der Integration der fluktuierenden erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne spielen.

Während Anergienetze im Neubau bereits häufig geplant und errichtet werden (z.B. „Viertel Zwei“, 1020 Wien), sind solche Netze für bestehende Quartiere in Österreich bisher kaum umgesetzt. In der Schweiz hingegen wurde beispielsweise bereits ein Anergienetz mit Erdsonden für ein Bestandsviertel in Zürich von der Familienheim-Genossenschaft (FGZ)[5] errichtet.

[5] https://www.amstein-walthert.ch/referenzen/familienheim-genossenschaft-zuerich-fgz-energie-und-medienkonzept/

Generell bestehen für Anergienetze im Bestand folgende Herausforderungen:

- Begrenzte räumliche Möglichkeiten für Bohrungen und Solarthermie-Anlagen;
- Bestehende unterirdische Einbauten;
- Bestehende Wärmeverteilungssysteme haben teilweise hohe Vorlauftemperaturen (bis 60 Grad Celsius);
- Gebäudehüllen sind nicht entsprechend thermisch saniert;
- UnterschiedlicheEigentümerInnen-Strukturen der einzelnen Gebäude;
- Bei Miethäusern besteht ein Interessenskonflikt zwischen Vermieter (trägt die hohen Investitionskosten) und Mieter (profitiert von den niedrigen Energiekosten);
- Unsicherheit über die zeitliche Entwicklung der schrittweisen Anschlüsse im Rahmen von Haussanierungen.

3.2. Flächen für Erdwärmesonden

Bisher wurden für die Realisierung von Anergienetzen im Wesentlichen nur private Flächen für die Speicherung, Wärmeerzeugung und die Installation von Leitungsnetzen genutzt. Dabei werden unter anderem Flächen herangezogen, die nur unter schwierigen Bedingungen oder unter Mehrkosten nutzbar gemacht werden können. Hierzu zählen z.B. private Innenhöfe, die nur eine schmale Hofzufahrt haben, oder Flächen, bei denen die Oberflächenwiederherstellung aufwändig ist.

Die Nutzung von Erdwärme in Form von geschlossenen, vertikalen Wärmetauschern (Erdwärmesonden) ist grundsätzlich überall möglich, sofern damit kein unmittelbarer Nutzungskonflikt verbunden ist. Nutzungskonflikte entstehen durch bereits vorhandene Einbauten, dem Grundwasser- oder Naturschutz oder thermischer Wechselwirkungen mit bereits bestehenden Anlagen. Gewisse geologische Rahmenbedingungen führen zu erhöhten Risiken in der Herstellung von Erdwärmesonden. Hierzu zählen gespannte Grundwasserkörper, oberflächennahe Erdgasvorkommen oder Gipsablagerungen. Bei entsprechenden Schutzvorkehrungen und ausreichender Qualifikation des Bohrunternehmens sind diese Risiken jedoch technisch handhabbar. In urbanen Gebieten gibt es im Allgemeinen nur wenige Risikobereiche für die Nutzung der Erdwärme, sodass weite Teile grundsätzlich nutzbar sind.

Aufgrund der geologischen Situation kann in österreichischen Beckenlagen pro Hektar thermisch aktivierter Fläche Wärmearbeit in der Höhe von 700 bis 3.600 MWh pro Jahr verrichtet (entzogen oder eingespeichert) werden[6]. Durch wechselseitige Heiz- und Kühlnutzung bzw. bei saisonaler Wärmespeicherung erhöht sich die Effizienz der Wärmepumpe und Sondenabstände können kleiner gewählt werden, was zu einer deutlichen Steigerung der flächenspezifischen Wärmearbeit führt.

Aus Sicht des Projektteams eignen sich Erdwärmesonden daher vor allem als Speicher in einem urbanen Anergienetz.

[6] Grundlage: systematisch angeordnete Erdwärmesonden mit einer Länge von 150 Meter.

Die Anwendung von Grundwasser-Wärmepumpen ist in Wien auf die Gebiete mit produktivem, oberflächennahem Grundwasserkörper beschränkt. Diese Gebiete umfassen den Großteil der Wiener Gemeindebezirke 2, 20, 21 und 22 sowie Teile der Bezirke 19, 9, 1, 3 und 11. Die flächenspezifische Wärmearbeit ist bei Grundwasser-Wärmepumpen generell deutlich geringer als bei Erdwärmesonden.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass der im Grundwasser vorhandene Wärmevorrat in einem bebauten Grundstück bis zu 20% des Wärmebedarfs in typischen Neubauprojekten mit Wohn- bzw. gemischter Nutzung decken kann. Um den Versorgungsgrad der Gebäude mit Grundwasser-Wärme/-Kälte zu erhöhen, müssen Wärmevorräte aus benachbarten Grundstücken herangezogen werden. Aus Sicht des Projektteams eignen sich Grundwasser-Wärmepumpen als sekundäre Wärmequelle, insbesondere, um Bilanzausgleiche zu erzielen. Eine im Jahresverlauf möglichst ausgeglichene thermische Bilanz trägt auch bei Grundwasser-Wärmepumpen entscheidend dazu bei, die Wärmepumpen-Effizienz zu erhöhen (durch Vermeidung thermischer Kurzschlüsse) und die Ausbreitungsreichweite der thermischen Emission in den Grundwasserkörper (Nutzungskonflikte mit benachbarten Anlagen) zu verringern.

3.3. Potenzial Erdwärmesonden

Das nutzbare Potenzial von Erdwärmesonden kann durch Angabe der Leistung und Jahresenergie vollständig angegeben werden. Sinnvollerweise wird die minimale Sondenleistung am Tag der höchsten Heiz- oder Kühllast und die (immer noch) nutzbare Jahresenergiemenge am Ende der Lebensdauer angegeben. Die Größe des Potenzials ist dabei von geogenen (standortabhängigen) Faktoren und der Betriebsweise der Sonden abhängig, wie in der nachfolgenden Abbildung 10 verdeutlicht wird. Dabei spielt die erzielbare Bohrtiefe eine entscheidende Rolle. Diese ist wiederum abhängig von der Auswahl der Bohrtechnik und den hydrogeologischen Untergrundeigenschaften. Ökonomisch erreichbare Bohrtiefen für Erdwärmesonden liegen in urbanen Gebieten meist zwischen 40 und 160 m (Faktor 4). Dies ist auch der Grund, weshalb in diesem Projekt besonderes Augenmerk auf die Bohrtechnik gelegt wird (siehe hierzu nachfolgendes Kapitel). Die Betriebsweise der Erdwärmesonden wirkt sich ebenfalls auf die Größe des technisch nutzbaren Potenzials aus, beispielsweise ob wenig und kurze Spitzenlasten oder langfristige Grundlasten gefahren werden. Folgende Parameter beeinflussen ebenfalls das Potenzial des Systems mit Faktoren zwischen 1,2 und 1,4 (20-40%):

- der Gebäudebedarf: einseitiger (reiner Heiz- oder Kühlbetrieb) oder regenerativer Betrieb (Heiz- und Kühlbetrieb);
- die Jahresbetriebsstunden der Sonden;
- die geometrische Auslegung des Sondenfeldes und
- die oberen und unteren Temperaturlimits bzw. ob Sole oder Wasser als Wärmeträgermedium eingesetzt wird.

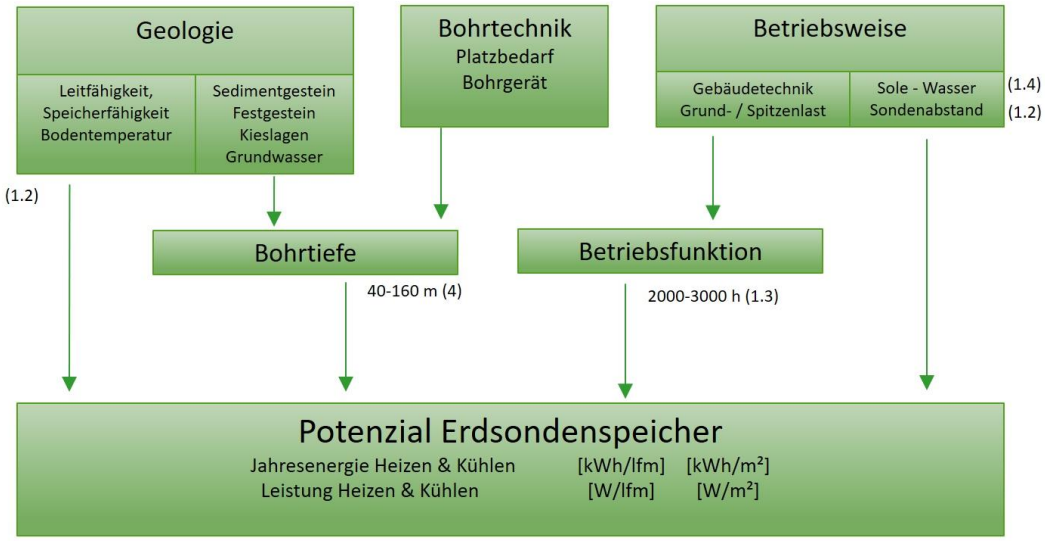


Abbildung 10: Abhängigkeit des Erdsonden-Potenzials von standortabhängigen, technischen und betriebsspezifischen Parametern.

3.4. Methoden zur Ermittlung der Speicherkapazität

Für die Ermittlung der Speicherkapazität bzw. des Energiepotenzials der Erdsondenspeicher stehen zwei Methoden zur Auswahl. Bei beiden Methoden muss zuvor eine Annahme über Jahresenergie und Leistung einer Sonde mit Abschätzung der mittleren Bohrtiefe gemacht werden.

- Ermittlung über thermisch aktivierbare Fläche: Die thermisch aktivierbare Fläche einer Erdwärmesonde ergibt sich aus der Festlegung des gegenseitigen Sondenabstandes. Bei 5 m Sondenabstand würde eine Sonde in Rasteranordnung beispielsweise einen Flächenbedarf von 25 m² haben. Die Jahresenergie (kWh) und Leistung (W) einer Erdwärmesonde kann somit pro Quadratmeter (kWh/m² bzw. W/m²) umgerechnet werden. Durch Multiplikation der oben ermittelten Potenzialfläche mit diesen Flächenwerten, kann das Gesamtpotenzial des Erdspeichers ermittelt werden.
- Ermittlung über Bohrlochverortung: Bei dieser Methode werden die Bohrpunkte auf der Potenzialfläche als Punkte modelliert. Die Verortung übernimmt dabei ein speziell entwickelter GIS Algorithmus auf Basis von „random points". Dabei variiert der Algorithmus zufällig und unter Einhaltung eines vorgegebenen Mindestabstands angeordnete Bohrpunkte auf den Potenzialflächen in mehreren Durchläufen und ermittelt daraus die durchschnittliche Anzahl möglicher Bohrpunkte je Potenzialfläche.

3.5. Bohrtechnik

Für die Ermittlung des Potenzials für Erdwärmesonden spielt die ökonomisch erreichbare Bohrtiefe eine entscheidende Rolle. Diese ist abhängig von der Bohrtechnik und der Bohrbarkeit des Untergrundes. Die Recherche zum aktuellen Stand der Bohrtechnik erfolgte im Rahmen des Projekts vorwiegend durch Befragung von Experten (siehe Bohrtechnikumfrage in Anhang 3). In der Regel hängen die Stärke und Leistung eines Bohrgerätes mit dessen Größe und Gewicht zusammen und korreliert mit dem Platzbedarf und der Manövrierfähigkeit des Geräts. Kurz gesagt, je größer das Bohrgerät, desto größer ist auch die erreichbare Bohrtiefe. Welches Bohrgerät im Einzelfall eingesetzt werden kann, hängt stark von der Zugänglichkeit des Bohrplatzes und des verfügbaren Platzbedarfs während der Bohrung ab. Zusätzlich spielt die Bohrbarkeit des Untergrundes eine Rolle, d.h. ob schluffig, toniges Sedimentgestein, kiesig-sandige Grundwasserkörper, klüftiges Festgestein oder kompaktes Festgestein vorherrscht. Günstig für die Bohrbarkeit ist unter anderem kompaktes Festgestein oder homogenes feinklastisches Sedimentgestein (z.B. Ton, Schluff). Ungünstig auf die Bohrtiefe wirken sich klüftiges Festgestein, starke Wechsellagen, Kiesschichten in größerer Tiefe, sowie gespannte Grundwasserkörper aus.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind verschiedene Bohrgerät-Typen vorgestellt. Für die Potenzialermittlung wurden diese eingeteilt in die Größen Mini, Midi und Maxi. Als Standard bei der Herstellung von Erdwärmesonden werden Midi-Bohrgeräte eingesetzt. Klein-Bohrgeräte werden nur in Spezialfällen eingesetzt, wenn der Bohrplatz, die Höhe für den Bohrturm oder die Zugänglichkeit eingeschränkt ist. Mit Einsatz eines Klein-Bohrgeräts ist mit einem erhöhten Zeitaufwand und damit auch mit höheren Kosten zu rechnen. Die Groß-Bohrgeräte (Maxi) benötigen meist einen Sondertransport und relativ viel Platz. Es gibt auch noch größere Bohrgeräte, die im bebauten urbanen Raum jedoch nicht praktikabel sind.

Größe	Mini (Klein-BG)	Midi (Standard-BG)	Maxi (Groß-BG)
Marke /Type (als Beispiel)	Klemm KR702-2R Kurth KB20/100	Rotomax XL GT Nordmeyer DSB 1-6	Rotomax XL GTC Nordmeyer DSB 2/10 Hütte HBR 204
Minimale Zufahrtsgröße	0,85 x 2,2 m	2,2 x 2,85 m	2,4 x 3,0 m
Mindestgröße Bohrplatz (exkl. Platz für Mulde und Reversieren)	2 x 5 m	5 x 10 m	8 x 10 m
Turmhöhe Bohrung	2,5 – 4,5 m	ca. 7 m	ca. 10 m
Gewicht	5-8 t	10 – 13 t	15 –20 t
Leistung [kW]	55 kW (Elektro) 117 kW (Diesel)	120 – 150 kW (Diesel)	150 – 200 kW (Diesel)

Tabelle 1: Einteilung der Bohrgeräte-Klassen für Tiefbohrungen, die in der Praxis zur Herstellung von Erdwärmesonden verwendet werden. Einige Bohrgeräte-Typen sind beispielhaft aufgeführt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit

4. Auswahl der Testgebiete

Im Rahmen des Projekts wurden zwei Testgebiete im städtischen Raum ausgewählt, um anhand dieser die Flächenpotenziale für Geothermie, Tiefenspeicher sowie der Bilanzierung von Speicher, Quellen und Bedarf darzustellen.

Die Auswahl der Testgebiete erfolgte anhand nachfolgender Kriterien:

- Gebiet ist nicht bzw. weitestgehend nicht bereits von der Fernwärme erschlossen,
- Gebiet ist durch mehrgeschossige Bebauung geprägt und weist damit eine entsprechende Wärmebedarfsdichte auf,
- bei einem Großteil der Gebäude besteht die Möglichkeit diese thermisch zu sanieren und eine Niedertemperaturheizung zu errichten,
- in dem Gebiet liegen keine wesentlichen Ausschlusskriterien oder Konflikte für die Nutzung der Erdwärme vor (z.B. Altlasten, Einbauten oder Schutzzonen),
- Gebiet ist repräsentativ für eine größere Anzahl von Gebieten in größeren Städten Österreichs.

4.1. Vorauswahl

Die Auswahl beruht auf einem mehrstufigen GIS-basierten Auswahlverfahren:

- In einem ersten Schritt wurden die bestehenden Fernwärme-Versorgungsgebiete als ausschließendes Kriterium herangezogen;

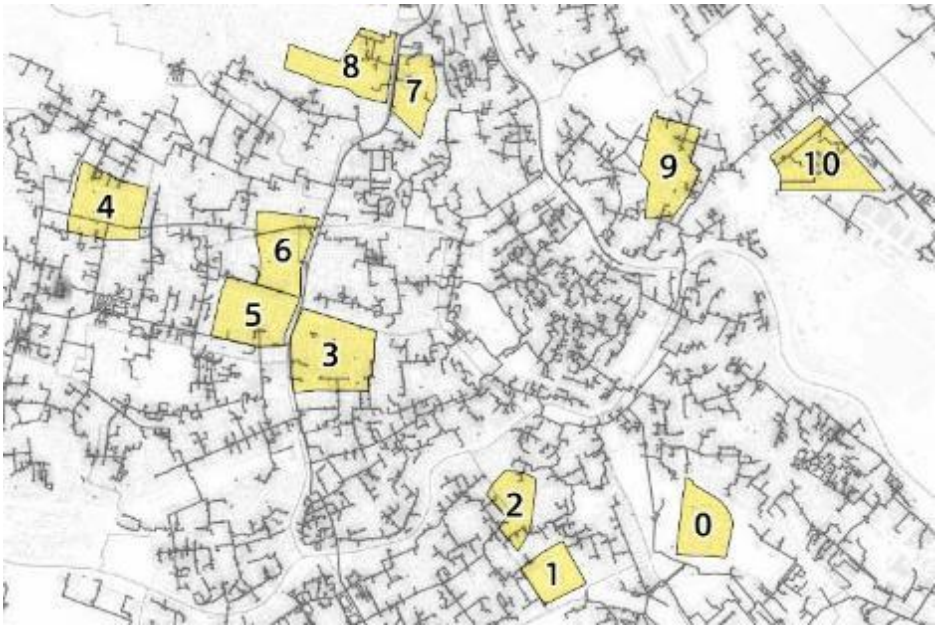


Abbildung 11: Vorauswahl der Testgebiete – Kriterium: bestehendes Fernwärmeleitungsnetz (Quelle: Magistrat Wien, 2017)

- Die nach Anwendung des Ausschlusskriteriums „Fernwärme” in der Auswahl verbleibenden zehn Gebiete wurden hinsichtlich der bestehenden Bebauungsstruktur bewertet. Dabei ist die Gebietscharakteristik - im Sinn einer das Gesamtgefüge bestimmenden Bebauungsstruktur - gemäß der o.g. Auswahlkriterien ausschlaggebend.

Weiters wurden zwei Gebiete außerhalb des in o.g. Abbildung dargestellten, überwiegend innerstädtischen Bereichs in die nähere Auswahl mit aufgenommen. Das größere der beiden Gebiete liegt im 22. Wiener Gemeindebezirk und ist durch Geschoßwohnbau aus mehreren Bauperioden nach 1960 geprägt. Das kleinere liegt im 14. Wiener Gemeindebezirk am SO-Rand des sogenannten Wolfersberges und ist mit der ebenfalls durch Geschoßwohnbau ab etwa 1960 geprägten Gestalt eine Insel in diesem ansonsten von Einfamiliengebäuden dominierten Stadtrandbereich. Hintergrund dieser Auswahl ist die in den Kriterien genannte Anforderung der Repräsentativität für möglichst viele Städte Österreichs.

In Abbildung 12 sowie in Tabelle 2 ist die Vorauswahl an möglichen Testgebieten dargestellt, welche die oben genannten Kriterien berücksichtigt.

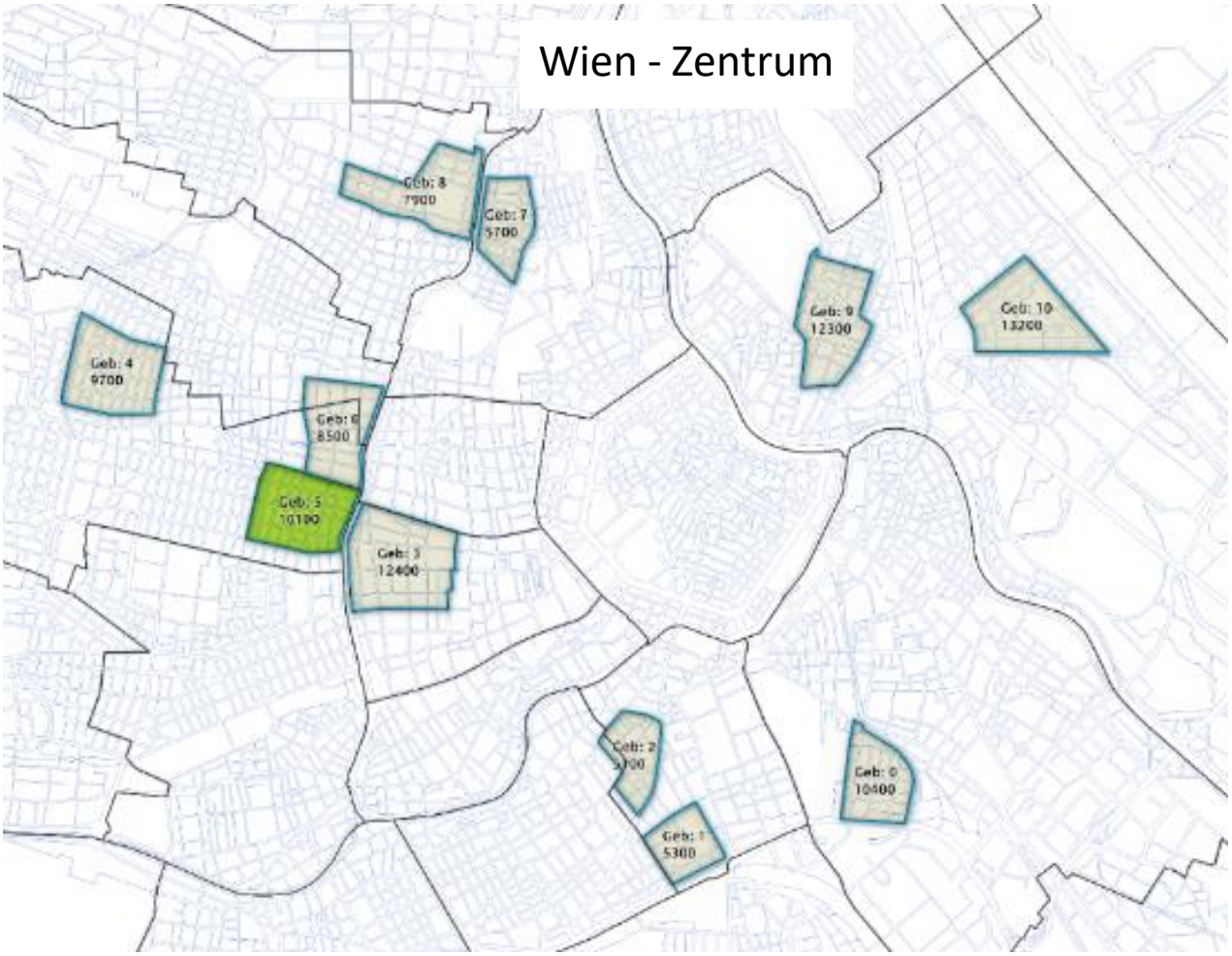


Abbildung 12: Vorauswahl der Testgebiete (Quelle: Magistrat Wien / OGD)

Gebiet lfd. Nr.	Fläche ges.	überbaute Fläche	Grün- und Freifl. ges.	Brutto Geschoßfläche	HWB saniert	WW-Bedarf nach m² BGF	WW-Bedarf nach EW	Summe Einwohner 2011	Wärmebedarf / m² Grün- und Freifl.
	[ha]				[kwh/a] gerundet				[kwh/freifl. a]
0	26,1	13,2	4,9	52,7	16.808.000	7.017.775	10.369.000	10.369	468,4
1	18,5	7,3	7,3	26,7	8.402.000	3.553.483	5.298.000	5.298	159,6
2	19,9	10,1	4	33,5	10.766.000	4.462.733	5.124.000	5.124	343,2
3	47,3	26,3	10,1	79,7	26.016.000	10.614.335	12.436.000	12.436	331,3
4	36,4	16,5	8,4	32,7	11.913.000	4.358.957	9.692.000	9.692	211,3
5	35,5	17,5	7,2	44,5	15.561.000	5.922.818	10.126.000	10.126	301,2
6	31,2	15,9	7,2	39	13.611.000	5.193.028	8.479.000	8.479	259,7
7	21,6	10,8	3,8	38	12.192.000	5.056.805	5.732.000	5.732	410,6
8	36,5	17,5	10	54,2	18.404.000	7.217.349	7.859.000	7.859	231,5
9	36,6	18,5	7	63,6	20.303.000	8.465.952	12.294.000	12.294	393,6
10	40,2	15,7	11,6	58,6	20.163.000	7.804.215	13.204.000	13.204	242,4
11	73	14,4	43,9	23,2	10.387.000	3.086.630	4.858.000	4.858	30,3
12	9,8	1,9	7,1	4,7	1.984.000	623.669	1.832.000	1.832	43,7

Tabelle 2: Profile der Testgebiete und Vorauswahl (grün hinterlegt)

Begriffserklärung:

- Die **überbaute Fläche** ist hier jene Fläche, mit der ein Gebäude den Boden berührt und wird aus den Flächen der Flächenmehrzweckkarte ermittelt.
- Die **Bruttogeschoßfläche** ist jene Fläche, welche sich aus der überbauten Fläche multipliziert mit der Geschoßanzahl, welche sich aus der Gebäudehöhe und der für die Bauperiode angenommene Regelgeschoßhöhe, bildet.
- Der **HWB saniert** ist jener Heizwärmebedarf, welcher nach den OIB-RL6 Kriterien berechnet wurde. Diese gibt einen Mindeststandard hinsichtlich des HWBs für Gebäude nach größeren Sanierungen unter Einbeziehung des lc Wertes vor.
- Für den **Warmwasserbedarf** wurden einmal Standardwerte pro m^2 Bruttogeschoßfläche und einmal pro Einwohner herangezogen, um die Unterschiede bzgl. der Berechnungsergebnisse aufzuzeigen.

Die Auswahl der Testgebiete erfolgte in Abstimmung mit den Auftraggebern. Die Testgebiete wurden auf Basis der zuvor beschriebenen Kriterien und der Berücksichtigung einer bestmöglichen Repräsentation anderer Stadtgebiete in Österreich für die näheren Untersuchungen ausgewählt.

4.2. Testgebiet 5: 16. Bezirk, Lerchenfelder Gürtel

Dieses Gebiet entspricht der Bebauungsstruktur „Gründerzeit mit Blockrandbebauung“, welche in vielen österreichischen Städten vorzufinden ist, und umfasst mehr als 12.000 EinwohnerInnen.

Abbildung 13: Lage des ausgewählten Testgebiets „Lerchenfelder Gürtel“ im 16. Wiener Gemeindebezirk (Quelle: Stadt Wien, Flächenmehrzweckkarte / OGD)

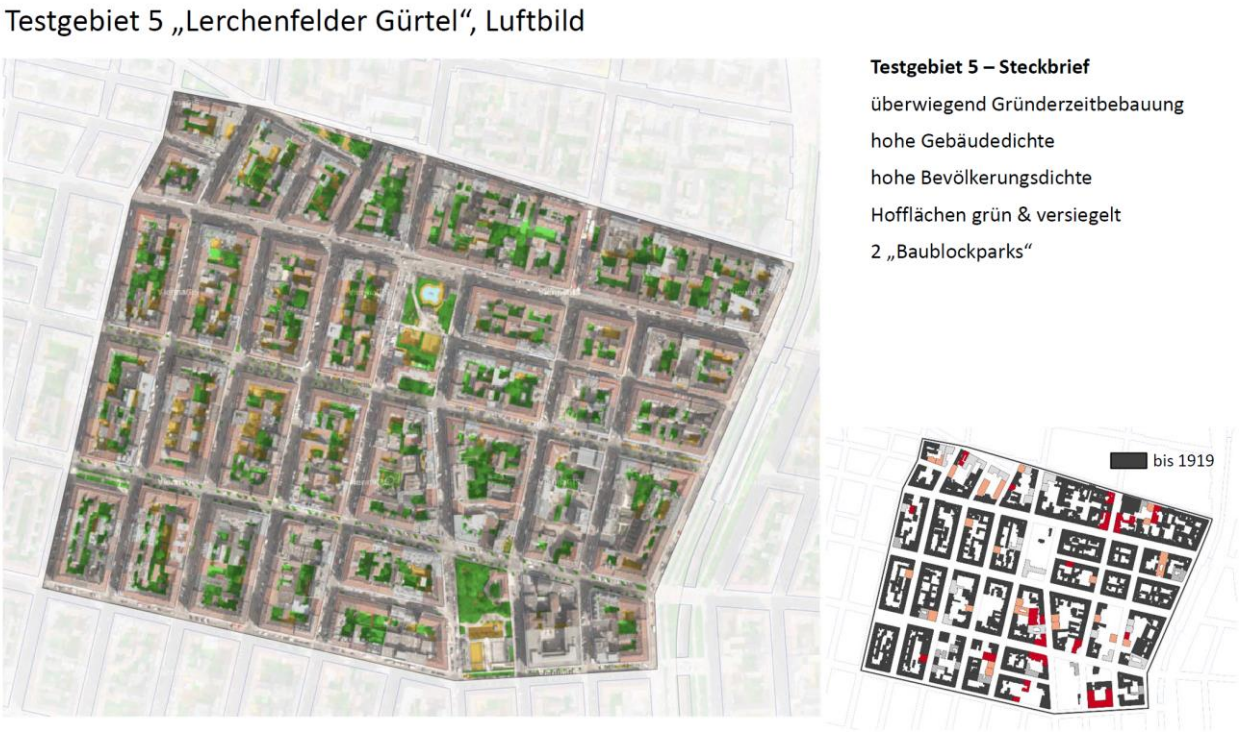
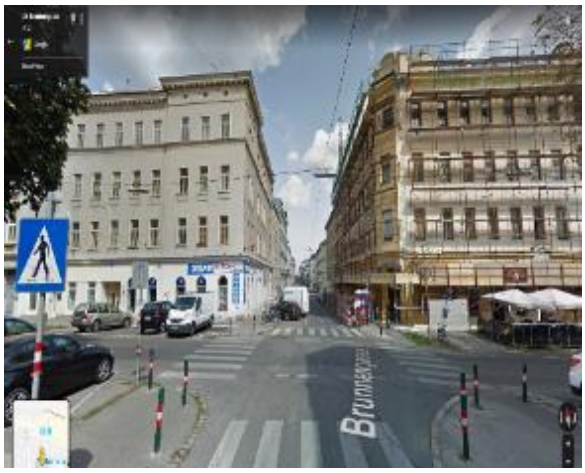


Abbildung 14: Bebauungsstruktur des ausgewählten Testgebiets „Lerchenfelder Gürtel“ im 16. Wiener Gemeindebezirk (Quelle: Stadt Wien, Flächenmehrzweckkarte / OGD)

Wie in Abbildung 14 und Abbildung 15 sowie Tabelle 2 erkennbar, weist das Gebiet durchgängig überdurchschnittlich hohe Bebauungsdichten auf, Hofflächen innerhalb der dominierenden Blockrandbebauung sind zumindest teilweise versiegelt. Öffentlich zugängliche Freiflächen sind nur begrenzt vorhanden: zwei Parks in Baublock-Größe mit unterschiedlicher Ausstattung bilden das Grün- und Freizeitangebot des Quartiers.

Korrespondierend mit der hohen Bebauungsdichte weist das Testgebiet entsprechend hohe Werte der Bevölkerungsdichte und damit verbunden eine hohe Energie-Nachfragedichte auf.



Kreuzungsbereich Brunnengasse/Koppstraße,
Quelle: Google Maps / 2020-01-10

Luftbild von einem Teil des Testgebiets 5,
Quelle: Google Earth / 2020-05-10

Abbildung 15: Straßenansicht und Luftbild von Testgebiet 5 – Lerchenfelder Gürtel

4.3. Testgebiet 12: 14. Bezirk, Linzer Straße / Anzbachgasse

Das Gebiet im 14. Wiener Gemeindebezirk entspricht auf mehr als 50% der Fläche der Bebauungsstruktur „1960er Jahre, Einzelblockbebauung“. Daneben gibt es neuere Geschoßwohnbauten aus den 80er und 90er-Jahren sowie eine Wohnhausanlage aus der jüngsten Vergangenheit. Das Gebiet umfasst rund 1.150 EinwohnerInnen und ist damit das kleinste Gebiet der Vorauswahl. Insgesamt weist dieses Testgebiet eher lockere Bebauung mit großzügigen halböffentlichen Frei- bzw. Grünflächen mit Altbaumbestand, wie sie in Stadtrandgebieten im kommunalen Geschoßwohnbau der 50er bis 90er Jahre üblich war, auf. Im Vergleich zu Testgebiet 5 liegt hier aufgrund der geringeren Bebauungs- und Bevölkerungsdichte auch deutlich geringerer Energiebedarf vor.

Abbildung 16: Lage und Bebauungsstruktur des ausgewählten Testgebiets „Anzbachgasse, 1140“ im 14. Wiener Gemeindebezirk (Quelle: Stadt Wien, Flächenmehrzweckkarte / OGD)

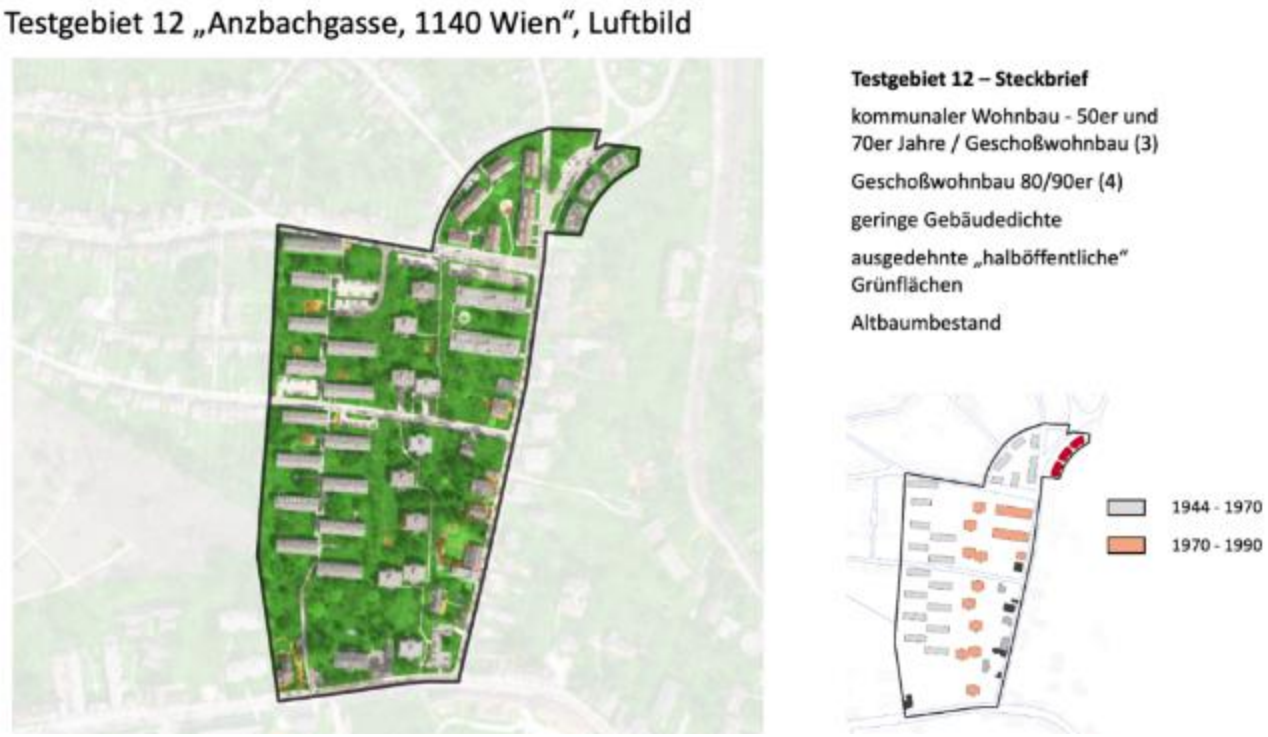


Abbildung 17: Kartenausschnitt mit der Bebauungsstruktur des ausgewählten Testgebiets „Linzer Straße /Anzbachgasse, Wolfersberggasse“ im 14. Wiener Gemeindebezirk. (Quelle: Stadt Wien, https://www.wien.gv.at/stadtplan/)

Straßenansicht Anzbachgasse im Testgebiet 12,
Quelle: Google maps / 2020-01-10

Luftbild des Testgebiets 12,
Quelle: Google Earth/Landsat/Copernicus

Abbildung 18: Straßenansicht und Luftbild von Testgebiet 12 - Anzbachgasse

5. Wärmebedarf

Die Dekarbonisierung des Gebäudesektors, welcher ein Drittel des gesamten Endenergiebedarfs Österreichs ausmacht, stellt einen wesentlichen Bestandteil der österreichischen Klimastrategie dar, wobei die thermische Sanierung von Gebäuden hierbei eine entscheidende Rolle spielt. Aus diesem Grund wird für die Wärmebedarfserhebung der Testgebiete von einer großflächigen thermischen Sanierung der Gebäude ausgegangen.

5.1. Grundlagen

Der Heizwärmebedarf für Einzelgebäude im Bestand wurde aus der FMZK[7], der Kompaktheit der Gebäude unter Berücksichtigung von Nachbargebäuden und der jeweiligen Bauperiode (Daten aus BAGIS[8] bzw. dem AGWR[9]) mit Hilfe der Tabelle „Heizwärmebedarf für verschiedene charakteristische Längen"[10] ermittelt. Der zukünftige Bedarf wurde nach den Kriterien für eine thermische Sanierung von Gebäuden unter Berücksichtigung der OIB-RL6 2019[11] berechnet. Dabei kommt hier der aus der FMZK ermittelten charakteristischen Länge eine zentrale Bedeutung zu, da der HWB für größere Renovierungen wie folgt berechnet wird:

$$HWB_{REF,RK,zul} \text{ in } [kWh/m^2a] = 19 \times (1 + 2{,}7 / lc)$$

Zur Ermittlung der Bruttogeschoßfläche wurde eine Referenztabelle für Geschoßhöhen aus der Verknüpfung der BAGIS Daten, deren Attribute Geschoßanzahl, Bauperiode der jeweiligen Nutzung sowie der Traufenhöhe aus dem FMZK Datensatz erstellt - analog dazu die Geschoßhöhen im AGWR Datensatz. Somit konnte der Energiebedarf pro m^2 und der Gesamtenergiebedarf für das Einzelgebäude bzw. für jeden einzelnen Baublock ermittelt werden.

$$HWB_{Gebäude} \text{ in } [kWh/a] = \text{Grundfläche} \times \text{berechnete Geschoßanzahl} \times HWB_{REF,RK,zul}$$

Die nachfolgende Abbildung 19 zeigt Testgebiet 5 und Testgebiet 12 jeweils vor und nach einer thermischen Sanierung. Für eine spätere Ermittlung des Deckungsgrades hinsichtlich des Heizwärmebedarfs wird der sanierte Gebäudebestand herangezogen.

[7] Flächenmehrzweckkarte der Stadt Wien

[8] nicht flächendeckend verfügbare detaillierte Gebäudedaten; Quelle MA20

[9] Allgemeines Gebäuderegister

[10] Bauphysik 1/1, Pöhn, Springer 2.Auflage S162

[11] https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_12.04.19_1.pdf

Abbildung 19: Theoretischer Wärmeenergiebedarf vor (links) und nach (rechts) Sanierung nach OIB-RL

Am Beispiel Testgebiet 5 zeigt sich, dass bei einer Standard-Sanierung und einer Umstellung des Heizungssystems auf nachhaltige Energieträger unter Berücksichtigung der Konversionsfaktoren zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs PEB und der CO_2eq[12] für den Energieträger Gas die CO_2 Emissionen um mehr als ⅔ reduziert werden können.

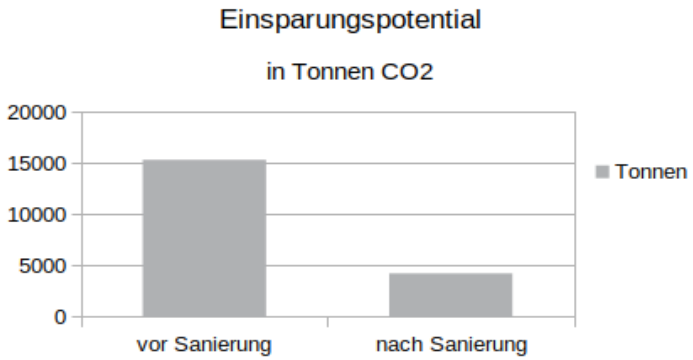


Abbildung 20: Theoretisches Einsparungspotential CO_2 Emissionen

[12] https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2019/oib-richtlinie-6

5.2. Parameter für die Berechnung des Wärmebedarfs

Für die Berechnung des Wärmebedarfs wurden Parameter aus vergleichbaren, bestehenden Projekten (z.B. SMART Block Geblergasse, Wohnbauprojekte mit Geothermie-Heizsystemen in Salzburg) sowie Kennzahlen aus der Haustechnik herangezogen. Diese Parameter wurden im Rahmen eines ExpertInnen-Workshops am 18. Februar 2020, siehe Anhang 1, diskutiert und in einigen Bereichen nachjustiert.

Zur Berechnung des Energiebedarfs für Warmwasser wurde der spezifische Bedarf mit 12,7 kWh/m^2 zur Berechnung herangezogen[13]. In den Berechnungen wird von einem thermisch sanierten Gebäude ausgegangen. Die auftretenden Wärmeverluste des Warmwassersystems verringern den Heizenergiebedarf, sodass in der Berechnung nur der Warmwasserwärmebedarf herangezogen wurde. Alternativ könnte der Warmwasserwärmebedarf auch über die Einwohnerzahl (1.000 kWh/EW.a) ermittelt werden. Da sich die Einwohnerzahl aber laufend ändert (z.B. nach einer umfassenden Sanierung), wird die Methode der Bedarfsermittlung über die Bruttogeschoßfläche angewandt.

Der Heizwärmebedarf für den sanierten Bestand (HWB_{san}) liegt auf Basis der GIS-Auswertungen in den Testgebieten im Bereich zwischen 35 und 45 kWh/m² BGF.a.

Für die spezifische Heizleistung der Gebäude wurden bestehende Gebäude in Massivbauweise mit Wärmepumpenheizungen herangezogen. In der Publikation der MA 20 „Neue Planungsansätze für höchsteffiziente Gebäude mit innovativen Energielösungen", Juni 2019[14], sind Beispiele für die Auslegung der Heizanlagen mit Wärmepumpe bei energieeffizienten Gebäuden dargestellt. In Punkt 6.6.1 (s. 74) der Publikation wird ein Wohnbau in Salzburg (Elsbethen) in Niedrigenergiebauweise mit einer Wärmepumpe betrieben, die Heizleistung beträgt bei 688 m² BGF (2.250 m³ beheiztes Bruttovolumen) 12 kW Heizleistung. Dies entspricht einer Heizleistung von 17,4 W/m^2 BGF für Heizung und Warmwasser. Die Sonden in dem Wohnbau in Elsbethen können zur Kühlung im Sommer verwendet werden, sie werden aber nicht aktiv regeneriert. In Abstimmung mit Haustechnikunternehmen wurde eine Heizleistung von 25 W/m² BGF für die sanierten Gebäude mit hoher thermischer Speichermasse angenommen.

Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe wird auf Basis der Erfahrungen aus dem Pilotprojekt „SMART Block Geblergasse" mit 6 angenommen, was bedeutet, dass mit 1 kWh Strom 6 kWh Wärme erzeugt werden können. Dies ergibt sich aus den Rahmenbedingungen, dass die Sonden regeneriert werden und damit eine vergleichsweise hohe Soletemperatur vorliegt.

[13] Quelle: Publikation "Warm! wasser - effizient bereitstellen, Technologieleitfaden Warmwasser, Herausgeberin: Magistrat der Stadt Wien Magistratsabteilung 20 – Energieplanung, Februar 2016. https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/leitfaden-warmwasser.pdf Seite 18

[14] https://www.wien.gv.at/kontakte/ma20/pdf/hocheffiziente-gebaeude.pdf

Die nachfolgende Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die verwendeten Parameter zur Berechnung des Bedarfs.

Parameter	**Wert**	**Einheit**
Energiebedarf Warmwasser	12,775	kWh/m².a
HWB nach Sanierung	35-45	kWh/m²BGF.a
Spezifische Heizleistung (Heizlast) (HZ+WW nach Sanierung)	25	W/m² BGF
Jahresarbeitszahl (JAZ) Wärmepumpe	1:6	

Tabelle 3: Übersicht Parameter Wärmebedarf

6. Wärmequellen

6.1. Eingangsdaten Wärmequellen

Als Wärmequellen wurden die Abwärme aus der Umgebung (Kühlung von Wohnflächen, Abwärme aus Kühlprozessen aus Gewerbebetrieben) sowie der Ertrag aus Solarthermie-Anlagen herangezogen. Die nutzbaren Dachflächen für die Solarthermie-Anlagen wurden dem Wiener Solarkataster entnommen. Dabei wurden nur Flächen berücksichtigt, welche als „gut“ oder „sehr gut“ eingestuft sind und eine Größe von mehr als 5 m^2 aufweisen.

- Öffentliche Flächen, die als Wärmequellen dienen können sind
  - Abwärme aus öffentlichen Gebäuden
  - Asphalt und Betonflächen, die sich im Sommer stark erhitzen
- Private Flächen, die als Wärmequellen dienen können
  - Dächer, Südfassaden (Solarkataster)
  - Abwärme aus Gewerbebetrieben und Wohnhäusern

Zusätzlich kann als Wärmequelle zur Regeneration der Sonden auch eine Luftwärmepumpe herangezogen werden. Dies kann z.B. bei hohen Temperaturen aber bewölktem Himmel bzw. in der Nacht eingesetzt werden. Die Leistungszahl ist in diesem Fall hoch, da die Lufttemperaturen (z.B. > 20 °C) hoch und die Soletemperatur nieder (10-28 °C) sind. Bei den Berechnungen der Testgebiete wurden Luftwärmepumpen nicht berücksichtigt. Sie können aber bei einem Mangel an Wärmequellen zum Einsatz kommen.

6.2. Parameter für die Berechnung der Wärmequellen

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die Parameter der Wärmequellen als Übersicht dargestellt.

Parameter[15]	**Wert**	**Einheit**
Kühlung Wohnungen	15	kWh/m^2.a
Kühlung Gewerbe (Gastronomie, Einzelhandel)	25	kWh/m^2.a
Thermische Solarkollektoren	500	kWh/m^2.a

Tabelle 4: Übersicht Parameter Wärmequellen

[15] Die festgelegten Werte wurden mit Experten des Haustechnik-Unternehmen Käferhaus GmbH sowie dem Unternehmen Bau-Consult energy GmbH diskutiert und von diesen als plausibel bewertet. Die angenommenen Parameter liegen in derselben Größenordnung jener Werte, die im Pilotprojekt „SMART Block Geblergasse“ zur Anwendung kamen.

7. Erdwärmespeicher

7.1. Eingangsdaten zur Ermittlung der Potenzialflächen

Für die zwei ausgewählten Testgebiete wurden folgende Eingangsdaten im Detail erhoben:

- OGD Flächenmehrzweckkarte (FMZK) und ergänzend OGD Orthofoto-Aufnahmen von Wien zur Differenzierung folgender Flächennutzungen
  - auf öffentlichem Gut: Gehsteige, Straßen, Bahntrassen, Parkplätze, Grünflächen
  - auf privatem Gut: Hofflächen, private Parkplätze, Baulücken
- Geologische und Hydrologische Verhältnisse des Untergrunds: Dazu wurden geologische Bohrprofile aus dem Baugrundkataster der Stadt Wien erhoben in Kombination mit einer Befragung von ExpertInnen und Bohrunternehmen bezüglich Bohrbarkeit, siehe Anhang 3.
- Unterirdische Einbauten: Für die öffentlichen Flächen der Testgebiete wurden die Einbauten gemäß dem digitalen Zentralen Leitungskataster (Wien)[16] erhoben und in Folge die Nutzbarkeit der Flächen bewertet.
- OGD Baumkataster in Kombination mit Orthofotos und Google 3D View

7.2. Bewertung der Flächenzugänglichkeit für Bohrgeräte

Eine Bewertung der Flächen-Zugänglichkeit für Bohrgeräte wurde auf folgenden Flächen durchgeführt:

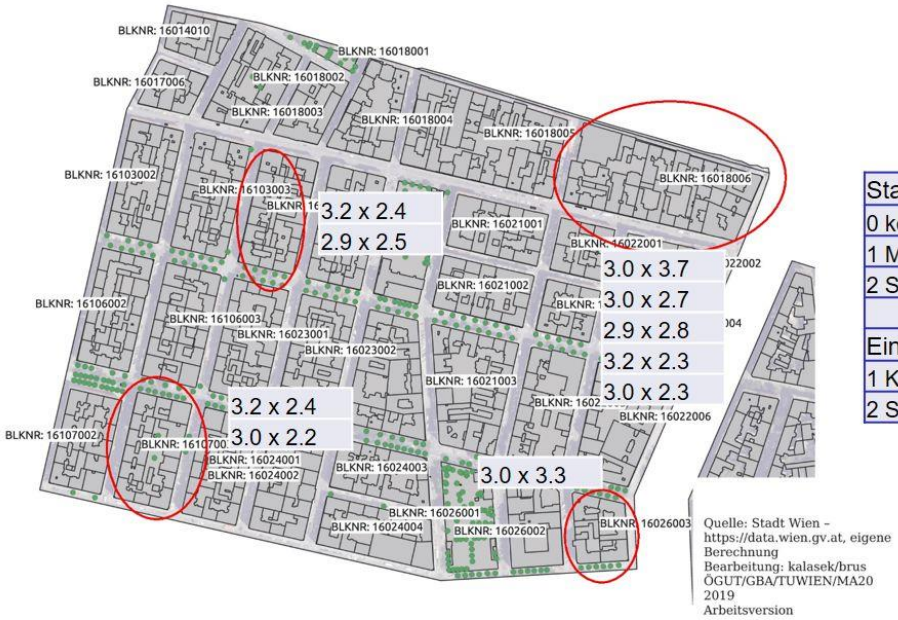
- kleinstrukturierte Innenhöfe in Testgebiet 5
- Straßen/Gehsteige/Parkplätze in Testgebiet 5
- private Grünflächen in Testgebiet 12
- öffentliche Parkflächen, Testgebiet 5 und 12

Aus Befragungen von ExpertInnen wurde ersichtlich, dass alle Flächen mit dem Standard Bohrgerät (Midi BG, siehe Kapitel 3.5 Bohrtechnik) erreichbar sind, mit Ausnahme der kleinstrukturierten Innenhöfe im Testgebiet 5. Aus diesem Anlass wurde vom Projektteam eine stichprobenartige Vermessung der Zufahrten vier ausgewählter Baublöcke in Testgebiet 5 durchgeführt.

Das Ergebnis der stichprobenartigen Vermessung der Zufahrten ergab, dass nur 16 % der Zufahrten für den Einsatz von Standard-Bohrgeräten geeignet sind, siehe nachfolgende Abbildung 21. Bei jedem Baublock ist allerdings mindestens eine große Zufahrt vorhanden, bei der ein Standard-Bohrgerät eingesetzt werden kann.

[16] https://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/leitungskataster/index.html

Es wird die (konservative) Annahme getroffen, dass Innenhöfe nur mit einem Klein-Bohrgerät erreichbar sind. Für alle restlichen Flächen wird angenommen, dass ein Standard-Bohrgerät eingesetzt werden kann.



Statistic	Anzahl	Prozent
0 kein Zugang	12	19 %
1 Mini-BG	41	65 %
2 Standard-BG	10	16 %
	63	
Eingabedaten	Höhe	Breite
1 Klein-BG	2.2	1
2 Standard-BG	2.8	2.2

Abbildung 21: Auswahl der vier Baublöcke für die stichprobenartige Vermessung der Zufahrten/Zugänge in Testgebiet 5 in Rot markiert. Die Maße der Zufahrten, bei welchen das Standard BG eingesetzt werden kann, sind angegeben.

7.3. Ermittlung der Potenzialflächen für Erdwärmesonden

Um das Bohrgerät platzieren zu können und bestehende Leitungen nicht zu beeinträchtigen, wurden Mindestabstände zu Gebäuden und Leitungen definiert. Die Werte wurden durch Expertenbefragung ermittelt und sind vom nutzbaren Bohrgerät abhängig, siehe Anhang 3. Unterhalb der Baumkronen wird keine Potenzialfläche definiert. Die nachfolgende Tabelle 5 gibt dazu einen Überblick.

	Potenzialflächen mit beschränkter Zugänglichkeit (Innenhof)	**Potenzialflächen mit guter Zugänglichkeit (öffentliche Flächen)**
Bohrgerät	Klein-Bohrgerät	Standard-Bohrgerät
Abstand zu Gebäuden	1 m	1,5 m
Abstand zu Leitungen	0,5 m	0,5 m
Baumbestand	Keine Potenzialfläche unter kleinen Baumkronen (≤ 25 m²) bzw. 1 m vom Kronenrand nach innen bei großen Baumkronen (> 25 m²)	

Tabelle 5: Abstände bei der Potenzialflächenermittlung. Die Werte wurden durch Expertenbefragung ermittelt, siehe auch Anhang 3.

Die Flächenbewertung im vorangegangenen Kapitel ergab, dass die Potenzialflächen in den Innenhöfen bei Testgebiet 5 eine beschränkte Zugänglichkeit für Bohrgeräte aufweisen und deshalb nur das Klein-Bohrgerät verwendet werden kann. Alle anderen Potenzialflächen wurden als „gut zugänglich" bewertet,

somit kann das Standard-Bohrgerät eingesetzt werden. Um den Bohrpunkt ansetzen zu können, wurde für das Klein-BG ein Abstand zum Gebäude von 1 m gerechnet und beim Standard-BG 1,5 m. Zu bestehenden unterirdischen Leitungseinbauten wie Gas, Fernwärme, Strom, Telekommunikation, Wasser und Abwasser wurde generell ein Puffer von 0,5 m zu den Potenzialflächen verwendet.

Abbildung 22 bis Abbildung 24 zeigen, wie die Potenzialflächen in den beiden Testgebieten ermittelt wurden. Zuerst wurden jene Flächen differenziert, wo keine Bohrungen abgeteuft werden können. Die verfügbaren Potenzialflächen ergeben sich durch ein negatives Abbild.

Abbildung 22: Testgebiet 5 mit Differenzierung der „Nicht-Potenzialflächen"

Abbildung 23: Testgebiet 5: Negativabbild als Potenzialflächen für Erdwärmesonden

Abbildung 24: Testgebiet 12 mit Differenzierung der Nicht-Potenzialflächen (links) und Negativabbild als Potenzialflächen für Erdwärmesonden (rechts).

Die Potenzialflächen der Testgebiete wurden in private und öffentliche Flächen unterschieden und können folgendermaßen charakterisiert werden:

	Testgebiet 5	**Testgebiet 12**
Private Flächen	Kleinstrukturierte Flächen in Innenhöfen mit beschränkter Zugänglichkeit für Bohrgerät und beschränktem Bohrplatz	Zusammenhängende Flächen mit guter Zugänglichkeit für Bohrgerät und ausreichend Bohrplatz
Öffentliche Flächen	Linienförmige Potenzialflächen auf Straßenfahrbahn/Gehsteige/PKW-Stellflächen werden berücksichtigt. Bereich vor Hauszufahrten wird berücksichtigt und von den Potenzialflächen ausgenommen	Potenzialflächen auf Straßen/Gehsteige werden nicht berücksichtigt.

Tabelle 6: Charakterisierung der Potenzialflächen der Testgebiete

Potenzialflächen, die zu wenig Platz bieten, um ein Bohrgerät positionieren zu können, wurden generell nicht berücksichtigt. Bei den Potenzialflächen mit beschränkter Zugänglichkeit (Innenhöfe) war das Mindestkriterium 20 m² Fläche und bei den Potenzialflächen mit guter Zugänglichkeit (Straßen) 15 m² Fläche. Potenzialflächen unterhalb des Kriteriums wurden nicht berücksichtigt.

Aufgrund der Befragung bzgl. der Bohrtechnik, siehe Anhang 3, wurde vom Projektteam entschieden, Schrägbohrungen oder Bohrungen unterhalb bestehender Gebäude (Kellerbohrung oder unterhalb zukünftiger Neubauten bei Abriss) nicht dezidiert zu berücksichtigen.

Begründung Schrägbohrung: Tiefe Schrägbohrungen zum Ausbau für Erdwärmesonden entsprechen noch nicht dem Stand der Technik. Die Bohrung kann zwar leicht schräg angesetzt werden, es gibt jedoch keine Lenkungskontrolle während des Bohrvorganges. Generell liegt die Horizontalabweichung einer Senkrechtbohrung bei ca. 5 m pro 100 m Tiefe. Seichtere Bohrungen (bis 30 m) können bis 45° schräg von einem Schacht aus gebohrt werden, aber auch hier kann es zu Reibungs-Schwierigkeiten beim Sondeneinbau kommen.

Begründung Kellerbohrungen: Es gibt einige Beispiele in Wien, wo mit einem Klein-BG Tiefbohrungen vom Keller aus erfolgreich durchgeführt wurden. Die technische Möglichkeit besteht, wenn auch mit erhöhtem Aufwand. Bei der Planung müssen jedoch Details zu Untergeschoß-Tiefe, Fundamentaufbau und eventuelle Grundwasserabdichtung sowie der Zugänglichkeit der Untergeschoße abgeklärt werden. Da dem Projektteam keine detaillierten Daten zu den genannten Voraussetzungen dazu vorlagen, wurde entschieden, das zusätzliche Potenzial, welches sich durch die Berücksichtigung von „Kellerbohrungen" ergibt, nicht zu berücksichtigen, es jedoch als Reserve-Potenzial im Hinterkopf zu behalten.

Bohrungen unterhalb Neubauten: Gerade im dicht verbauten Bestandsgebiet, wie Testgebiet 5, sollte die Chance bei Neubauten ergriffen werden, um unterhalb des Gebäudes Erdwärmesonden einzuplanen. Eine genaue Prognose der Neubaurate kann in den Testgebieten nur statistisch geschätzt werden und birgt ein zusätzliches Potenzial für Erdwärmesonden. In der gegenständigen Analyse wurden Neubauten nicht berücksichtigt.

7.4. Parameter für die Berechnung des Speicherpotenzials

Das Erdreich soll mittels Erdwärmesonden als Speicher betrieben werden, d.h. im Speicher soll eine ausgeglichene Jahreswärmebilanz herrschen. Das bedeutet, dass im Winter dem Erdreich annähernd dieselbe Menge an Energie entzogen wie im Sommer eingespeichert wird. Gebäudeseitig steht zusätzlich der Strom zum Antrieb der Wärmepumpe als Heizenergie zur Verfügung. Die Erdreichtemperatur bleibt im Mittel über die Jahre konstant, wodurch der thermische Umwelteinfluss des Systems sehr gering ausfällt. Als Wärmeträger wurde Wasser ohne Frostschutz gewählt, mit dem Vorteil einer höheren Quellentemperatur und folglich einer besseren Jahresarbeitszahl und dem Nachteil einer etwas geringeren Spitzenlast-Fähigkeit im Heizbetrieb. Die Temperaturgrenzen des Anergienetzes mit dem Wärmeträger Wasser wurden zwischen 2 und 30 °C definiert. Diese Systemdefinitionen, die Erfahrungen aus dem Vor-Projekt „SMART Block Geblergasse", der Austausch bei ExpertInnen-Workshops und die ausführlichen analytischen und numerischen Simulationen von Erdwärmesonden führten zu den spezifischen Leistungs- und Energie-Annahmen, angegeben in Tabelle 7.

Die mittlere erreichbare Bohrtiefe wurde vom Projektteam in Kombination mit der Bohrtechnikumfrage (Anhang 3) und einer umfassenden hydrogeologischen Untergrund-Bewertung in den Testgebieten festgelegt. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die ausgewählten Parameter für die Auslegung des Erdsonden-Speichers.

Parameter	**Flächen mit beschränkter Zugänglichkeit**	**Flächen mit guter Zugänglichkeit**	**Einheit**
Bohrgerät	Klein-BG (Mini)	Standard-BG (Midi)	-
mittlere erreichbare Bohrtiefe	60	120	m
Mittlerer gegenseitiger Sondenabstand	4	5	m
spezifische Sondenleistung	30		W/lfm
spezifische Jahresenergie	62,5		kWh/lfm /a
thermisch aktivierbare Fläche	16	25	m²
flächenspezifische Sondenleistung	112	144	W/m²
flächenspezifische Jahresenergie	234	300	kWh/m² /a
Kosten Sondenherstellung*	65	50	EUR/lfm
*) Die Kosten pro Bohrmeter wurden aus der Expertenbefragung abgeleitet und geben einen Richtwert. Diese sind von Faktoren wie Untergrundaufbau, Grundwasser, Rationalisierung bei großen Sondenfeldern, Bohrplatzeinrichtung, usw. stark abhängig			

Tabelle 7: Übersicht Parameter Erdsonden-Speicher. Die grün hinterlegten Werte wurden für die Potenzialermittlung auf Basis der Bohrlochverortung verwendet. Die grau hinterlegten Werte wurden für die Methode der aktivierbaren Fläche umgerechnet und schlussendlich nicht verwendet, siehe nachfolgendes Kapitel.

7.5. Berechnung des Speicherpotenzials - Verortung von Bohrlöchern

Zur Potenzialermittlung standen zwei Methoden zur Auswahl, siehe Kapitel 2.4 Methoden. In Testgebiet 5 wurde die Speicherkapazität und -leistung vorab mit beiden Methoden versuchsweise durchgeführt. Aus nachfolgenden Gründen wurde die Entscheidung zugunsten der Methode „Bohrlochverortung" gefällt:

- höhere Genauigkeit: Die Methode der thermisch aktivierbaren Fläche liefert Ungenauigkeiten am Rand der Potenzialfläche, da die Bohrung zwar auf der vorgegebenen Potenzialfläche abgeteuft werden muss, die thermisch aktivierbare Fläche jedoch darüber hinaus reichen darf (z.B.

auch unter Gebäude). Speziell bei linienförmigen Potenzialflächen (mit kleiner Fläche und großer Längserstreckung), wie beispielsweise auf Straßenbereichen zwischen bestehenden Leitungen, konnten große Unterschiede zwischen den beiden Methoden ausgemacht werden.

- bessere Übersichtlichkeit: Durch Verortung der Bohrlöcher auf der Karte konnte ein besseres Verständnis über das Ausmaß und die Anzahl der Bohrungen erreicht werden.

Verortung mittels "Random Points" Algorithmus:

Die Verortung der Bohrlöcher erfolgte auf den ermittelten Potenzialflächen, d.h. der Abstand zu Gebäuden, Leitungen und Bäumen wurde hier ebenfalls berücksichtigt. Ebenso wurde der gegenseitige Mindestabstand zwischen den Erdwärmesonden von 5 m bei Flächen mit guter Zugänglichkeit und 4 m bei Flächen mit beschränkter Zugänglichkeit berücksichtigt, wie im vorangegangenen Kapitel festgelegt. Ein „Random Points" Algorithmus im GIS erledigt dabei die zufällige Anordnung der Bohrpunkte in einem iterativen Verfahren bis ein Maximum an Bohrpunkten auf den Potenzialflächen errechnet ist. Gegenüber einem Ansatz, der vom typischen Flächenbedarf je Bohrung ausgeht, ergeben sich durch die hier angewandte Methode insbesondere bei Vorhandensein eher kleiner Flächen mit wenig kompakter Form (d.h. ungünstiges Umfang-Flächen-Verhältnis) klare Vorteile. Die Treffsicherheit könnte von manuellen Verfahren, in denen die Verortung potenzieller Bohrpunkte auf der Grundlage detaillierter Plangrundlagen und fundierter Vor-Ort-Kenntnis erfolgen, zwar übertroffen werden; entsprechende Informationen und vor allem die deutlich größeren Ressourcen für den entsprechend höheren Bearbeitungsaufwand standen im Zuge der hier vorliegenden Bearbeitung nicht zu Verfügung.

Der „Random Points" Algorithmus ermittelt unter Einhaltung des vorgegebenen Mindestabstandes eine plausible Anzahl potenziell realisierbarer Bohrpunkte und liefert damit die Grundlage für belastbare Aussagen. Dabei werden auch benachbarte Potenzialflächen berücksichtigt, welche lagemäßig einen geringen Abstand zueinander haben und in deren Randbereichen sich dadurch geringere Abstände für die Bohrungen ergeben könnten. Bei den Straßen-Potenzialflächen im Testgebiet 5 wurde zusätzlich die „Fassadenlinie" (zum Gebäude parallel geführten Linie in 1,5 m Abstand) berücksichtigt. Liegt diese auf einer Potenzialfläche, werden die Bohrpunkte hier prioritär gesetzt und danach erst der „Random Points" Ansatz auf die übrigen Flächen angewandt. Die Zuordnung der ermittelten Bohrpunkte auf den öffentlichen Flächen zu den Baublocks erfolgte nach dessen Entfernung zum nächstgelegenen Baublock.

Tabelle 8 zeigt eine Übersicht der Anzahl der ermittelten Bohrpunkte. In Kombination mit der festgelegten Bohrtiefe und den festgelegten längenspezifischen Energie- und Leistungswerten wurde die potenzielle Erdsonden-Speichergröße berechnet.

	Bohrtiefe [m]	Testgebiet 05	Testgebiet 12
Bohrungen gesamt		**4,461**	**1,476**
davon auf öffentlichen Flächen mit guter Zugänglichkeit (Fassadenlinie)	120	1,139	0
davon auf öffentlichen Flächen mit guter Zugänglichkeit (Random Points)	120	822	0
davon auf privaten Flächen mit guter Zugänglichkeit (Random Points)	120	0	1,476
davon auf privaten Flächen mit beschränkter Zugänglich-keit (Random Points)	60	2,500	0
Gesamtpotenzial an Bohrmeter Erdwärmesonden [m]		**385,320**	**177,120**

Tabelle 8: Ergebnis der Bohrloch-Verortung in Testgebiet 5 und Testgebiet 12: Anzahl der ermittelten Bohrungen und Bohrmeter

Abbildung 25: Ergebnis der Bohrlochverortung in Testgebiet 5 (links) und Testgebiet 12 (rechts) auf Basis des „Random Points" Algorithmus (jeweils Ausschnitte)

8. Ergebnisse

Im nachfolgenden Kapitel werden die Berechnungsergebnisse des Projekts dargestellt. Die **Potenzialflächen** für Erdwärmespeicher sind ein zentraler Input für die weitere Berechnung der Speicherkapazität des Erdspeichers. Deswegen werden sie im Folgenden ebenso als Ergebnis dargestellt.

Für die beiden Testgebiete (Nr. 5 und Nr. 12) werden **Deckungsgrade** der verfügbaren Wärmequellen, der Erdspeicherkapazität und der Erdspeicherleistung in Bezug auf den Gebäudebedarf als Ergebnis dargestellt. Die Bilanzen wurden sowohl für die einzelnen Häuserblöcke (jeweils ein Anergienetz für jeden Block) als auch für den Fall, dass ein Energieaustausch zwischen den Blöcken möglich ist (Anergienetz auf Quartiersebene) erstellt.

8.1. Potenzialflächen

Als Potenzialflächen werden jene Flächen beschrieben, welche sich für Bohrungen zur Errichtung von Erdspeichern eignen (siehe Kapitel 7.3 Ermittlung der Potenzialflächen für Erdwärmesonden). Die Flächen wurden anhand der Wiener Flächenmehrzweckkarte analysiert und Einbauten mithilfe des Leitungskatasters lokalisiert.

Die Potenzialflächen wurden differenziert nach privaten (Innenhöfe, private Grünflächen) und öffentlichen (Straßen, Parks) Flächen. Zusätzlich wurden die Potenzialflächen auf die Bebohrbarkeit bewertet, d.h. ob eine gute oder beschränkte Zugänglichkeit der Flächen für Bohrgeräte (siehe Kapitel 7.2 Bewertung der Flächenzugänglichkeit für Bohrgeräte) existiert.

8.1.1. Testgebiet 5

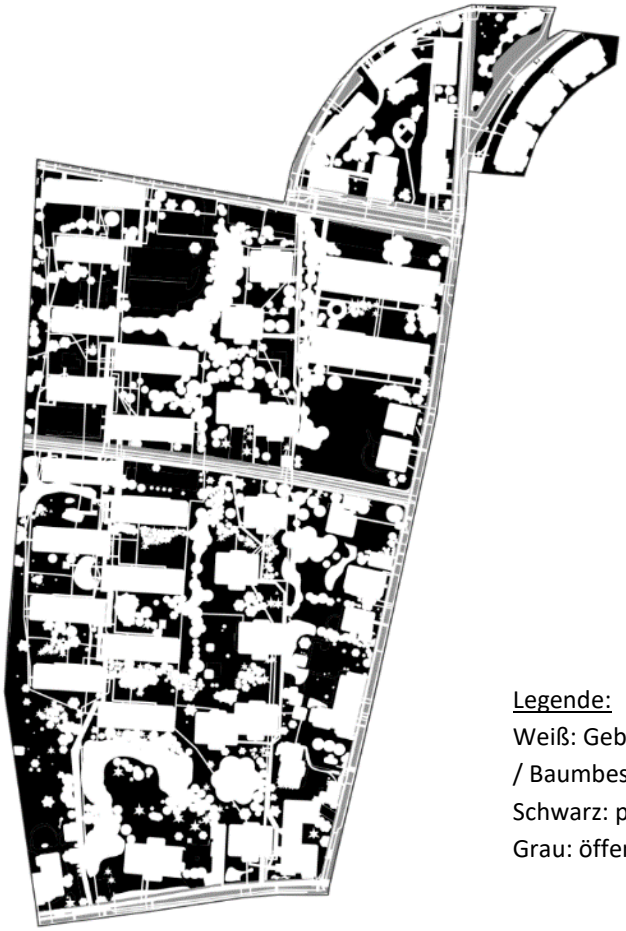
In diesem Testgebiet wird zwischen privaten (Innenhöfe) und öffentlichen (Straßenraum) Potenzialflächen unterschieden. Private Flächen in den Innenhöfen der Baublöcke sind (wie Abbildung 26 zeigt) meist kleinstrukturiert und weisen aufgrund der Anordnung und Ausgestaltung der Hauszufahrten nur eingeschränkte Zugänglichkeit auf. Beide Faktoren wirken deutlich limitierend auf das Ausmaß des Bohrplatzes.

Im Unterschied dazu bestehen im öffentlichen Raum (hier: der Straßenraum im öffentlichen Eigentum) die Beschränkungen hinsichtlich der potenziellen Nutzbarkeit v.a. in der unterirdischen Leitungsinfrastruktur, der Linienführung schienengebundener öffentlicher Verkehrsmittel und der Ausgestaltung des Straßenraumes mit Vegetation (insb. Straßenbäume). Die sich aus diesen zu berücksichtigenden Vorgaben ergebenden Potenzialflächen sind in der Regel Flächen mit großer Längserstreckung und geringer Breite. Charakteristisch ist auch die sich durch die große Zahl unterirdischer Leitungen ergebende kleinteilige Struktur der Flächen. Im Zuge der Identifikation der Flächenpotenziale wurden daher kleine, selbständig nicht nutzbare Teilflächen kleiner als 15m^2 ausgeschieden.

Abbildung 26: Potenzialflächen von Testgebiet 5

8.1.2. Testgebiet 12

Testgebiet 12 weist wie Testgebiet 5 private Flächen und öffentliche (Straßen) Flächen auf. Private Flächen sind in diesem Fall große, zusammenhängende und überwiegend unversiegelte Bereiche mit guter Zufahrtsmöglichkeit und ausreichend Bohrplatz. Öffentliche Flächen sind in diesem Testgebiet linienförmig und liegen zwischen bestehenden Leitungen.



Legende:
Weiß: Gebäudeblöcke / Einbauten (Leitungen) / Baumbestand
Schwarz: private Potenzialflächen
Grau: öffentliche Potenzialflächen (Straßen)

Abbildung 27: Potenzialflächen von Testgebiet 12

8.2. Energiebilanzen

Die Energiebilanzen der Testgebiete stellen das Wärmeangebot, die Speicherkapazität und die Speicherleistung dem Wärmebedarf gegenüber und ermitteln die Deckungsgrade hinsichtlich Energie und Leistung, welche mit dem Anergie-System erreicht werden. Der Deckungsgrad gibt an, wieviel Prozent des Bedarfs in einem Gebiet durch das vorhandene Angebot des Anergienetzes gedeckt werden können.

8.2.1. Testgebiet 5

Die Bilanz für Testgebiet 5 zeigt, dass die erforderliche **Wärmemenge** zu knapp 400% gedeckt werden kann. Das bedeutet, dass viermal so viel Wärme durch Abwärme und Solaranlagen auf den Dächern bereitgestellt werden kann, als für Heizwärme und Warmwasser benötigt wird.

Der Deckungsgrad der **Heizleistung**, welche die Entzugsleistung des Erdspeichers mit der benötigten Heizleistung der Gebäude in Bezug setzt, wird zu 108% erfüllt.

Bei der Gegenüberstellung der **Wärme-Speicherkapazität** des Erdspeichers und dem Wärmebedarf der versorgten Gebäude im Winter wird ein Deckungsgrad von 141% erreicht.

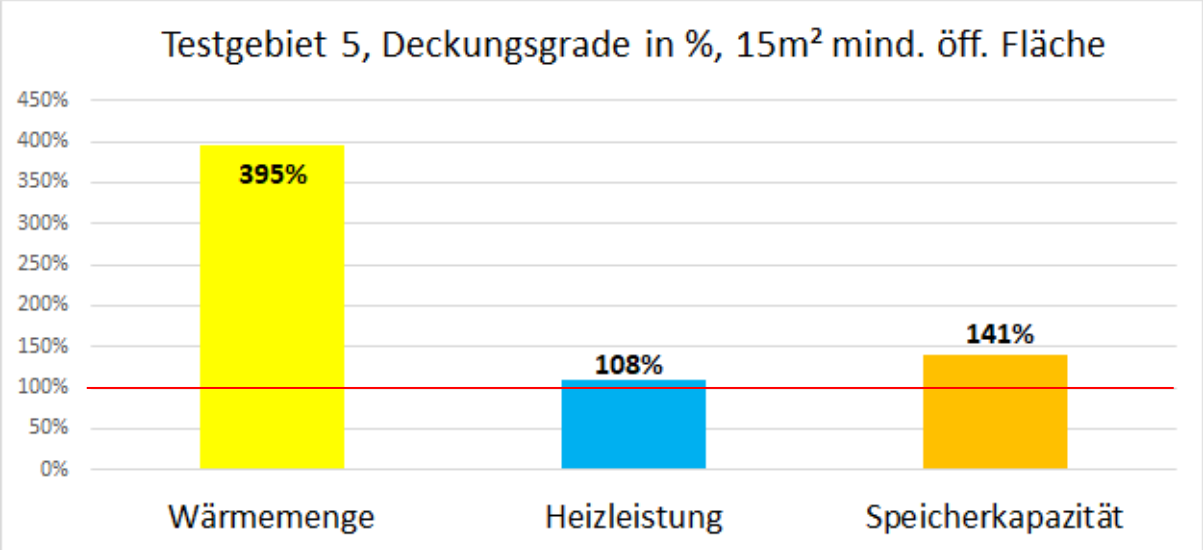


Abbildung 28: Übersicht der Energie- und Leistungsbilanzen von Testgebiet 5

Die nachfolgende Abbildung 29 zeigt, dass in allen einzelnen Baublöcken des Testgebiets 5 ausreichend nutzbare Wärme vorhanden ist. Sogar bei den Baublöcken mit vergleichsweise geringen Wärmequellen liegt die Überdeckung der Wärmemenge noch immer bei 300%.

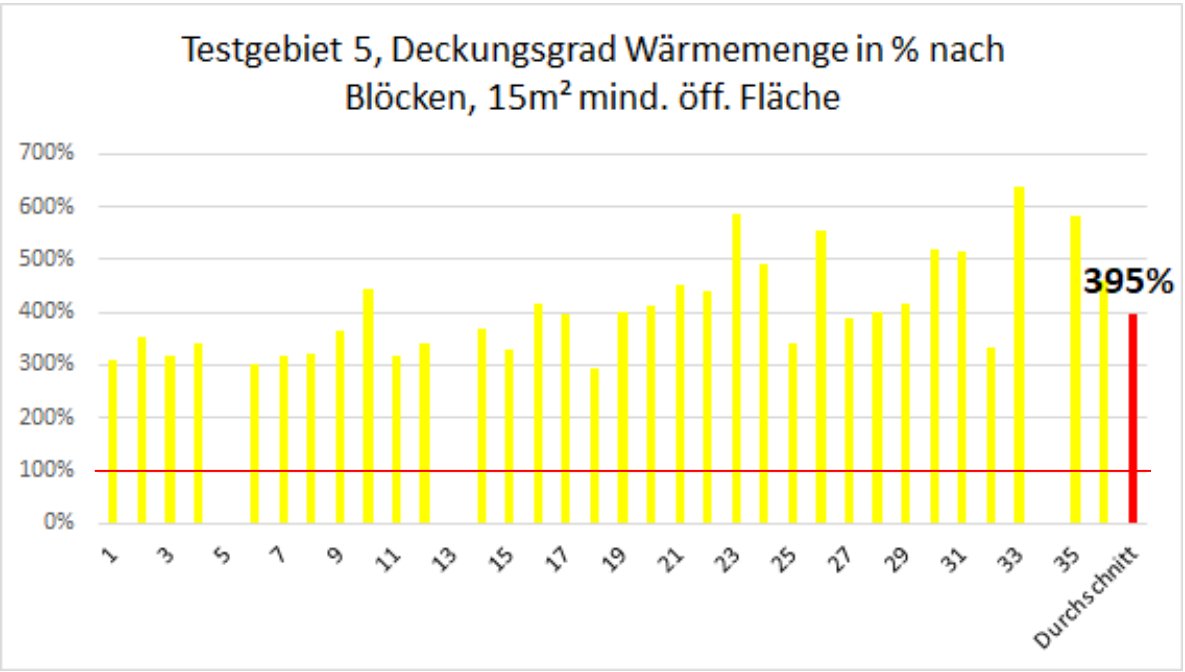


Abbildung 29: Deckungsgrad der Wärmemenge der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 5

In der nachfolgenden Abbildung 30 ist ersichtlich, dass 15 von 36 Baublöcken die Heizleistung selbst nicht vollständig bereitstellen können, im Durchschnitt des Testgebiets kann die erforderliche Heizleistung mit einem Deckungsgrad von 108% aber bereitgestellt werden. Der Zusammenschluss der Baublöcke zu einem

Anergienetz ermöglicht es somit auch Baublöcken, welche selbst nicht ausreichend Heizleistung zur Verfügung haben, diese durch das Netz zu beziehen.

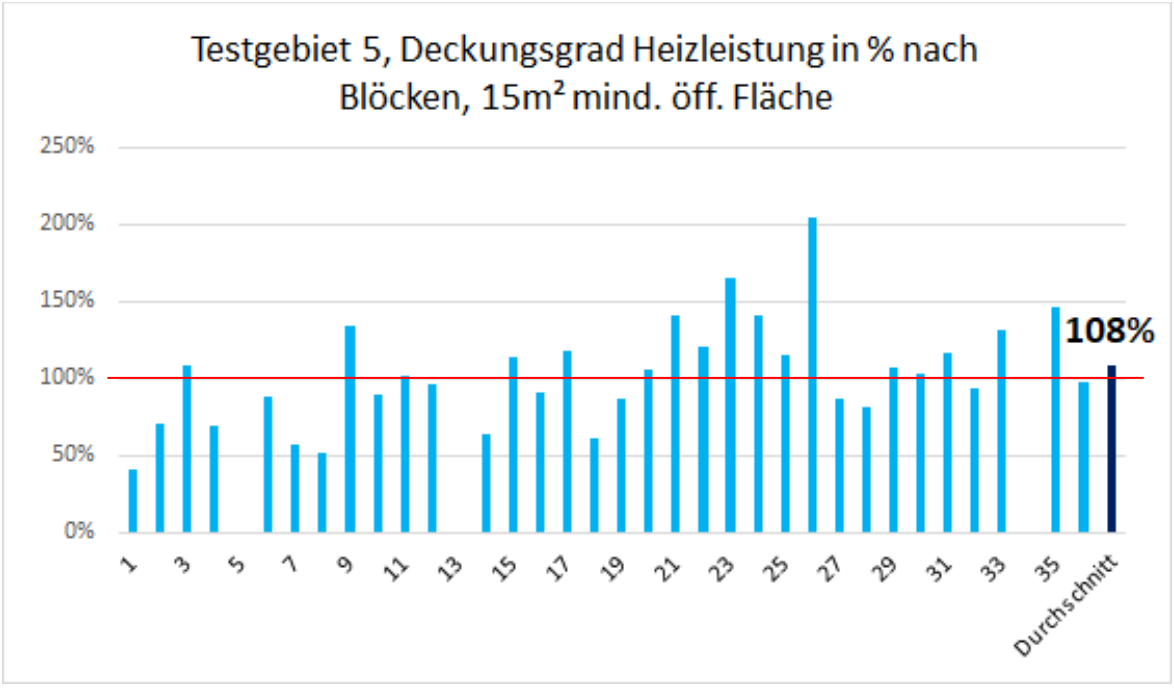


Abbildung 30: Deckungsgrad der Heizleistung der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 5

Die nachfolgende Abbildung 31 zeigt, dass in 26 Baublöcken die erforderlichen Wärmespeicher vorhanden sind, während in 7 Baublöcken die notwendige Wärmespeicherkapazität nicht verfügbar wäre. Letztere können aber die fehlenden Kapazitäten durch die Nachbarblöcke decken. Im Durchschnitt kann der Bedarf zu 140% gedeckt werden.

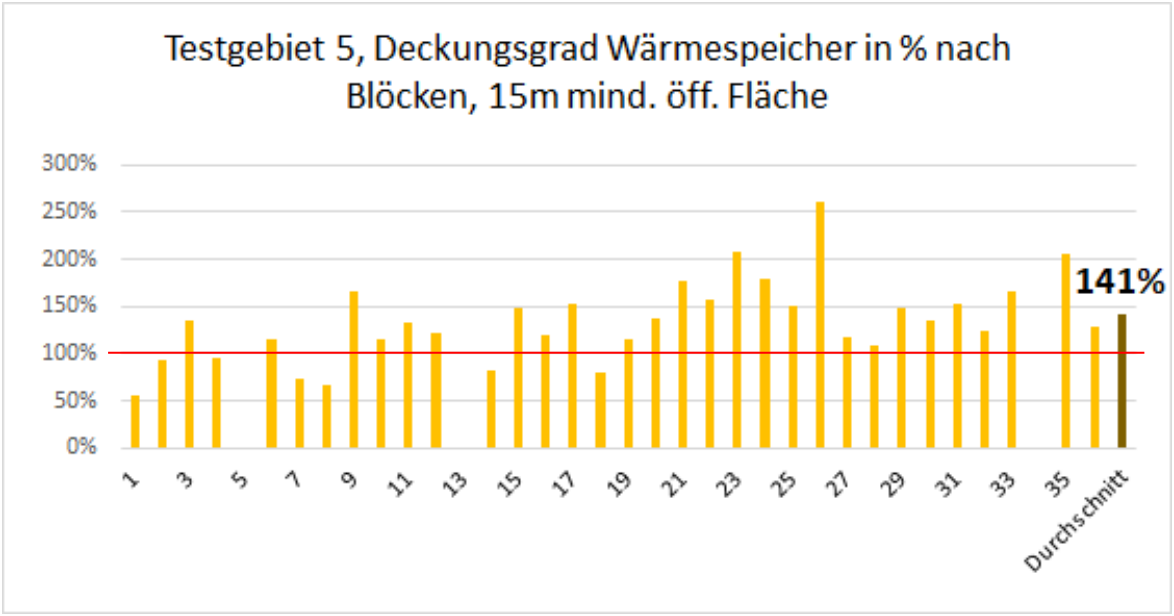


Abbildung 31: Deckungsgrad der Wärmespeicherkapazität der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 5

Die nachfolgende Karte in der Abbildung 32 zeigt die Deckungsgrade für die einzelnen Baublöcke im Testgebiet 5.

Abbildung 32: Deckungsgrade für die einzelnen Baublöcke im Testgebiet 5

Die nachfolgende Abbildung 33 zeigt die Wärmespeicherkapazitäten im Testgebiet 5 für die einzelnen Baublöcke, unterschieden in private Flächen (vorrangig Innenhöfe) und öffentliche Flächen. In den meisten Baublöcken überwiegt der Anteil an öffentlichen Flächen.

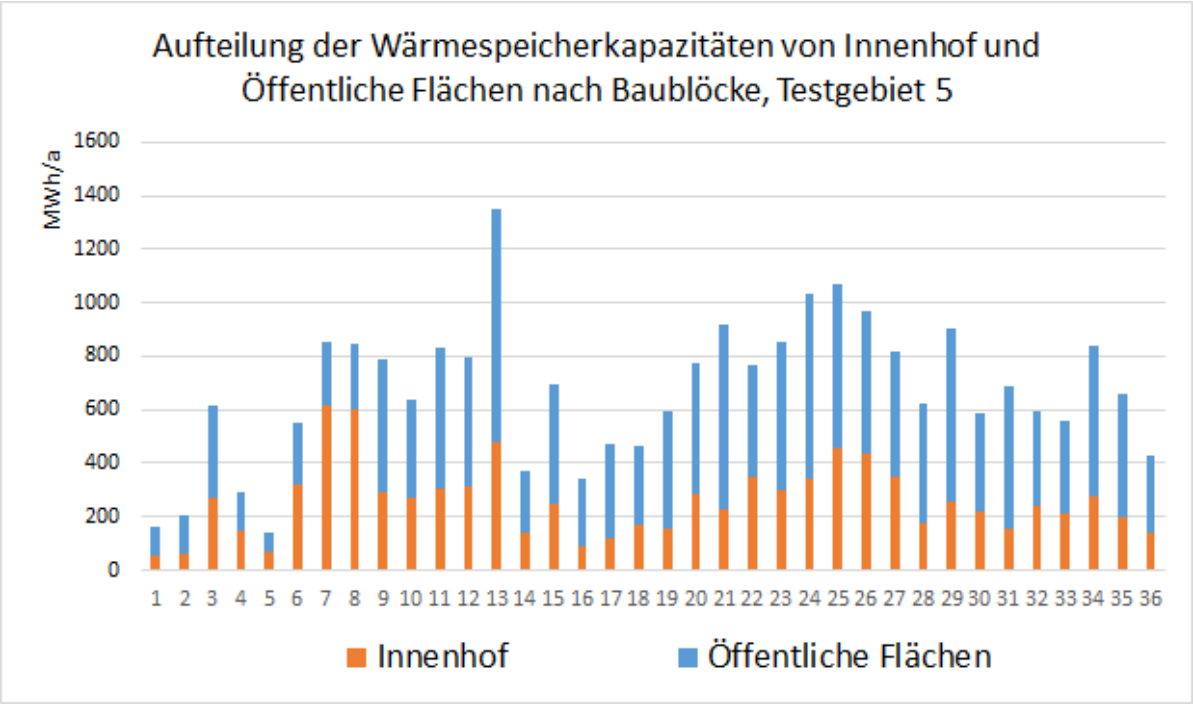


Abbildung 33: Wärmespeicherkapazitäten aufgeteilt nach privaten (Innenhöfe) und öffentlichen (Straßen) Flächen je Baublock in Testgebiet 5

Im Durchschnitt für das Testgebiet 5 tragen die öffentlichen Flächen mit 61% den größeren Anteil zur Schaffung von Speicherkapazität bei, die privaten Flächen tragen dabei 39% der Speicherkapazität bei.

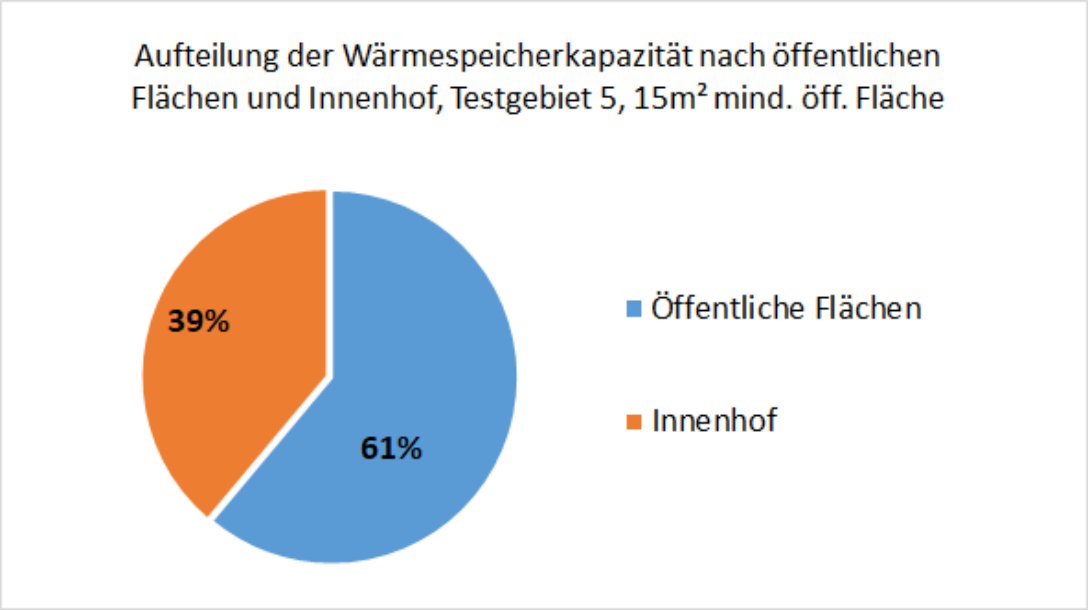


Abbildung 34: Wärmespeicherkapazität gesamt von privaten (Innenhöfe) und öffentlichen (Straßen) Flächen in Testgebiet 5

8.2.2. Testgebiet 12

In der Bilanz von Testgebiet 12 ist deutlich erkennbar, dass alle drei Parameter in Bezug auf den Deckungsgrad weit übererfüllt werden. Die benötigte Wärmemenge kann ca. 2,5-fach durch den vorhandenen Ertrag gedeckt werden, die Heizleistung und auch die Wärmespeicherkapazität können um mehr als das 5-fache bereitgestellt werden. In diesem Testgebiet wurden für die Bilanzierung ausschließlich private Flächen herangezogen, die öffentlichen Flächen wurden nicht berücksichtigt. Die nachfolgende Abbildung 35 zeigt die Deckungsgrade im Testgebiet 12.

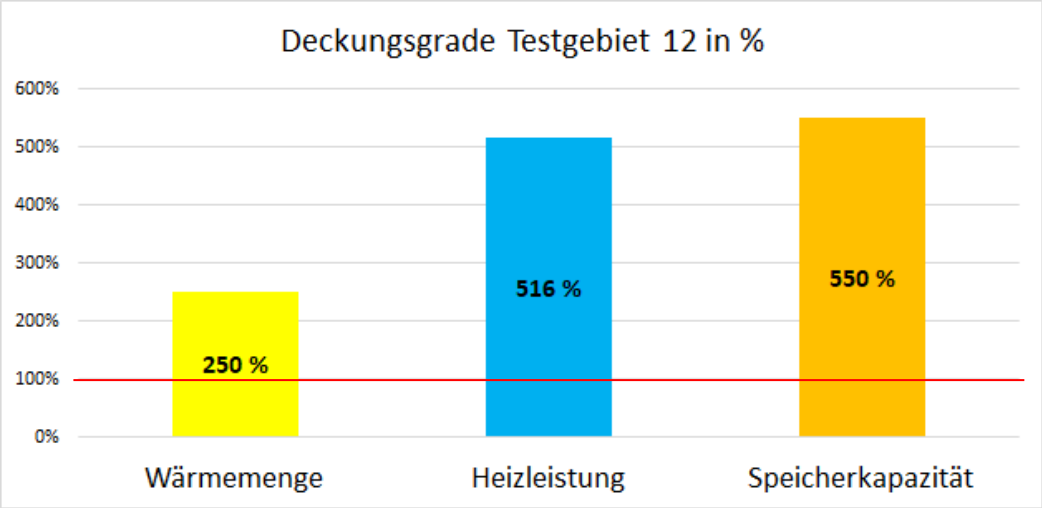


Abbildung 35: Übersicht der Energie- und Leistungsbilanzen von Testgebiet 12

Die nachfolgende Abbildung 36 zeigt den Deckungsgrad bezüglich der bereitgestellten Wärmemenge und dem Wärmebedarf der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12. Baublock 5 weist keinen Bedarf auf, daher ist hier kein Wert eingezeichnet.

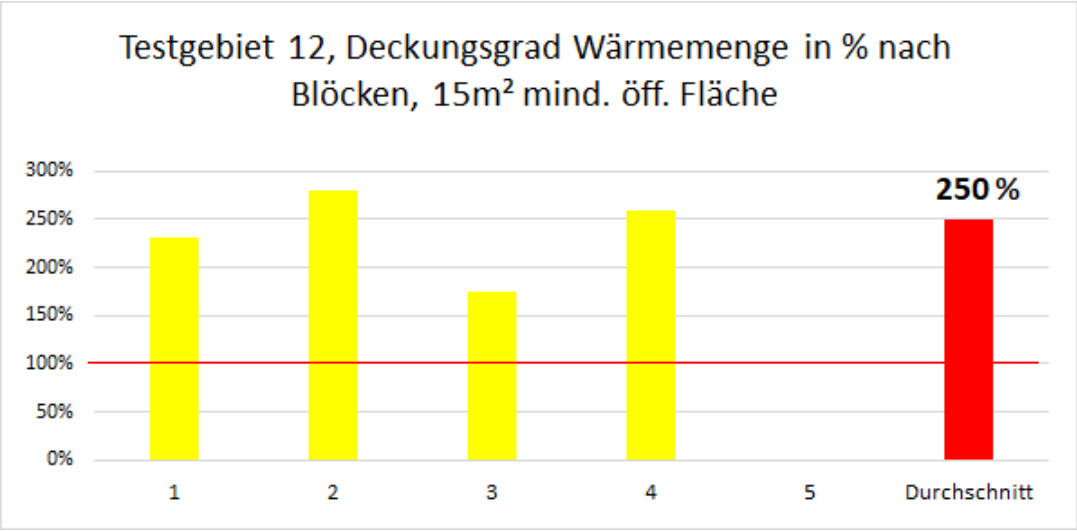


Abbildung 36: Deckungsgrad der Wärmemenge der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12

Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt, dass die benötigte Heizleistung in jedem Block gedeckt und auch der Block mit der geringsten Deckung immer noch mehr als das 3-fache der benötigten Heizleistung liefern kann.

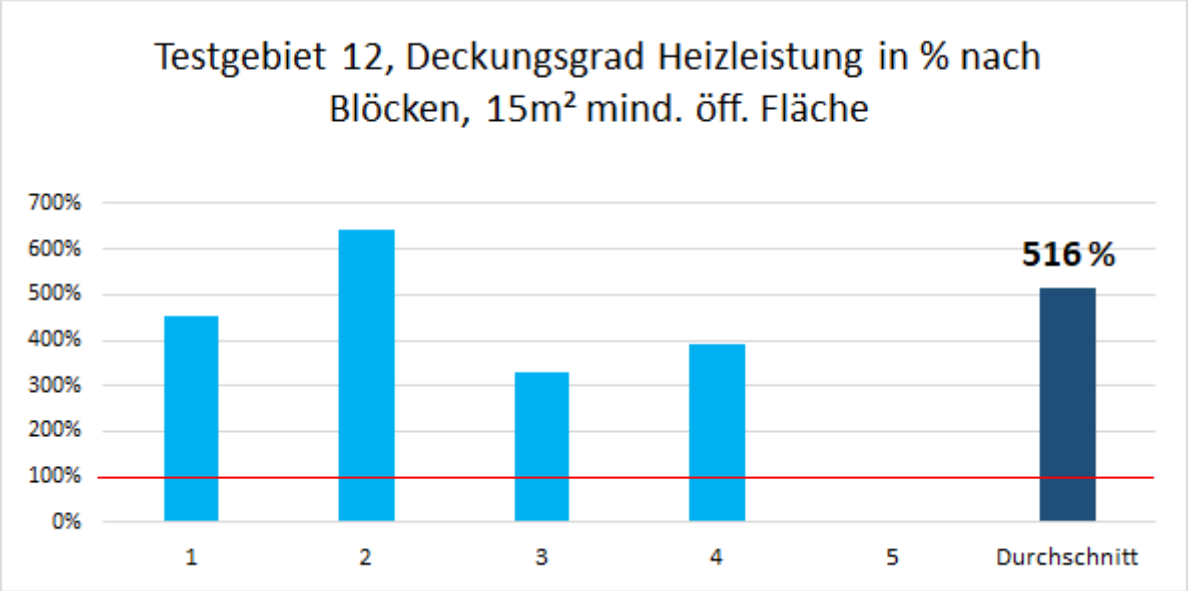


Abbildung 37: Deckungsgrad der Heizleistung der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12

Die Wärmespeicherkapazität der Erdspeicher der einzelnen Baublöcke kann den Bedarf dieser jeweils mindestens zu 350% decken, wie in der nachfolgenden Abbildung 38 ersichtlich ist.

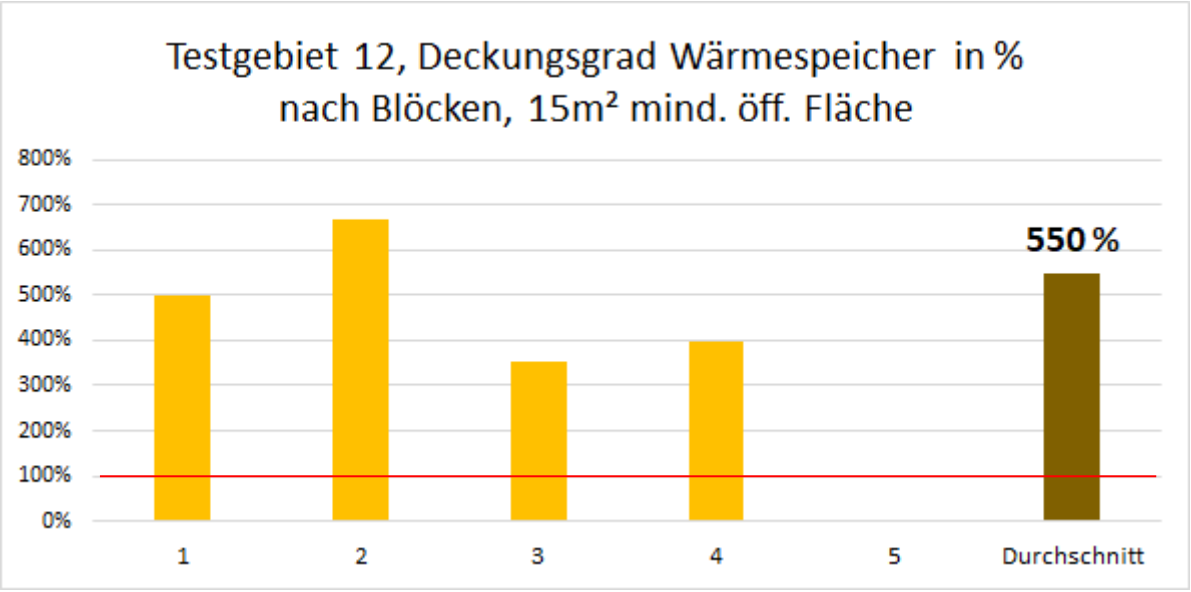


Abbildung 38: Deckungsgrad der Wärmespeicherkapazität der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12

Abbildung 39: Deckungsgrade für die einzelnen Baublöcke im Testgebiet 12

8.3. Schlussfolgerungen

Aus den Berechnungen und der Interpretation der Energiebilanzen der beiden Testgebiete können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Mit den derzeit im Einsatz befindlichen Technologien kann der gesamte **Heiz- und Warmwasserbedarf** in den beiden untersuchten Testgebieten durch ein Anergienetz, bestehend aus Solarenergie, Abwärmenutzung, saisonalem Geothermiespeicher und Wärmepumpe **vollständig gedeckt** werden.
- Im dicht bebauten Gebiet kann ein relevanter Anteil der Baublöcke (15 von 36) die Heizleistung innerhalb des Blocks nicht vollständig bereitstellen. Im Durchschnitt des Testgebiets kann die erforderliche Heizleistung mit einem Deckungsgrad von 108 % bereitgestellt werden. Ein **Austausch der Wärmeüberschüsse** zwischen den einzelnen Baublöcken optimiert das Gesamt-Anergiesystem und **senkt die notwendigen Investitionskosten**, da Bohrungen dort errichtet werden können, wo die entsprechenden Rahmenbedingungen am besten sind.
- Eine **Vernetzung der benachbarten Baublöcke** ermöglicht den Austausch von Wärmeüberschuß und Wärmemangel zwischen den Blöcken und ist eine Bedingung für eine fächendeckende und vollständige Wärmeversorgung größerer Gebiete.

- In dicht bebauten Gebieten ist die Inanspruchnahme **öffentlicher Flächen,** wie z.B. Gehsteige, Parkstreifen, Fahrbahn, Grünflächen für Bohrungen **notwendig**, um eine vollständige Wärmeversorgung zu ermöglichen. Im Testgebiet 5 liefern öffentliche Flächen 61% der Speicherkapazitäten. Das Testgebiet 5 (Gründerzeit-Blockrandbebauung) ist sehr dicht verbaut und weist nur wenige für Bohrungen nutzbare Grün- und Freiflächen auf (301 kWh.a Wärmebedarf pro m² Grün- und Freifläche). Da sogar unter diesen schwierigen Rahmenbedingungen Anergienetze die **vollständige Wärmeversorgung** abdecken können, ist davon auszugehen, dass dies **in nahezu allen urbanen Siedlungsstrukturen** möglich.
- Bohrungen in **Innenhöfen** haben zwar den Vorteil, dass öffentliches Gut nicht in Anspruch genommen wird und somit die Frage der Nutzungsrechte privatrechtlich vereinbart werden kann, allerdings können durch die beschränkten Zufahrtsmöglichkeiten (Hauseinfahrten) nur kleinere Bohrgeräte mit **geringerer Bohrtiefe** verwendet werden. Im **öffentlichen Raum** können hingegen große Bohrgeräte mit **doppelter Bohrtiefe** eingesetzt werden.
- Der **minimierende Faktor** eines auf Geothermiespeicher basierenden Anergienetzes ist die **Leistung der Erdsonden**. Auch wenn im Erdreich genug Wärme gespeichert ist, kann über die Erdsonden die Wärme nur in beschränktem Ausmaß transportiert werden. Gebäude mit hoher thermischer Speichermasse weisen eine geringere Heizlast auf und sind deshalb für Anergienetze gut geeignet.
- Ein **Wärme-Pufferspeicher,** wie z.B. ein Tagesspeicher hilft weiters, die Heizlastspitzen zu glätten und damit die notwendigen Geothermiebohrungen zu verringern.
- Ein **Vollkostenvergleich** zwischen der Weiterführung der bestehenden Erdgas-Heizsysteme einerseits und der Errichtung eines Anergienetzes mit Erdsonden, Solarnutzung und Wärmepumpe anderseits zeigt, dass über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren beide Systeme **etwa gleich hohe spezifischen Heizkosten von rund 10 Euro/m² WNF und Jahr** für Heizung, Warmwasser und moderater Kühlung aufweisen[17]. Bei einer längeren Betrachtungsdauer ist das Anergienetz deutlich günstiger.
- Die **sommerliche Überhitzung der Gebäude** in Folge der Erderwärmung ist ein zunehmendes Problem in den Städten. Während erdgasbasierte Heizungen sowie Fernwärmesysteme keine Möglichkeit bieten, im Sommer zu kühlen, können **Anergienetze** nahezu ohne zusätzlichen Energieaufwand die Gebäude **moderat kühlen** (free cooling). Im Fall einer konventionellen Klimaanlage, z.B. bei einem Gewerbebetrieb, steht das Anergienetz kostengünstig als Kältequelle zur Verfügung und nutzt die Abwärme für das Aufladen der Erdspeicher.
- Die derzeit im Wiener Solarkataster angegebenen potenziellen Solarflächen können rund das 4-fache des Wärmebedarfs des Testgebiets decken. Eine Wärmenutzung der Umgebungsluft im Sommer zur Regeneration der Erdspeicher mithilfe der vorhandenen Wärmepumpen stellt eine

[17] Annahmen: Gebäude mit 1.000 m² WNF; 15 Wohnungen; HWB san.: 50 kWh/m².a.; Vollkosten enthalten Investitions-, Betriebs- und Servicekosten; Betrachtungszeitraum 20 Jahre, moderate Kühlung bei Erdgasvariante durch ein Klima-Splitgerät pro Wohnung. Kosten der Energieträger basieren auf Preise Juni 2018.

zusätzliche Wärmequelle dar. Auch wenn ein Teil der Dachflächen künftig z.B. durch Dachterrassen genutzt wird, werden **ausreichend Wärmequellen zur Deckung des Wärmebedarfs** vorhanden sein.

8.4. Empfehlungen

Auf Basis der Ergebnisse in den beiden Testgebieten, den geführten Interviews sowie den beiden durchgeführten Workshops mit ExpertInnen sowie mit VertreterInnen von Städten ergeben sich folgende Empfehlungen für die öffentliche Verwaltung und die Politik.

8.4.1. Optimale Nutzung des Geothermiepotenzials bei Bauvorhaben

Geothermiebohrungen können im Zuge von Neu- oder Umbauten (Gebäude, Straßenraum, Grünflächen) kostengünstiger (mit)gebaut werden, als wenn sie als Einzelprojekt in der bestehenden Stadt errichtet werden. Derzeit werden Geothermiebohrungen meist nach dem Eigenbedarf des Neubaus dimensioniert, dadurch bleibt ein Teil des geothermischen Potenzials langfristig nicht nutzbar. Wird der Bauplatz hingegen optimal durch Geothermiebohrungen genutzt, kann dieser auch bestehende Nachbargebäude mit saisonalen Wärmespeichern versorgen und damit das Ziel der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung unterstützen. Dafür sollten folgende rechtliche Rahmenbedingungen geprüft werden:

- Änderung im Baurecht: Bei einem Neubauprojekt muss das gesamte Potenzial für Geothermiebohrungen - soweit energietechnisch sinnvoll - realisiert werden. Jener Teil, den der Projektbetreiber selbst nicht nutzen kann/möchte, wird zur Verfügung gestellt, indem:
  - z.B. diese privatwirtschaftlich an Nachbarblöcke/Energieversorger verkauft werden
  - z.B. öffentlich versteigert werden
  - z.B. von der öffentlichen Hand aufgekauft werden
  - ….

8.4.2. Erarbeitung von Richtlinien zur Vergabe von Nutzungsrechten von öffentlichen Flächen

Erarbeitung von Richtlinien, wie öffentliche Flächen (Gehsteige, Kfz-Parkstreifen, Parkplätze, Fahrbahn, Grünflächen, wie z.B. Parks) an Interessenten für die Errichtung von Geothermiebohrungen zur Verfügung gestellt werden können.

Mögliche Lösungen für die Vergabe von Nutzungsrechten könnten sein:

- Gehsteige und angrenzende Kfz-Parkstreifen dürfen durch Anrainer genutzt werden. (Anrainer haben Vorrang bei der Nutzung)
- Das Nutzungsrecht wird kostenfrei an Interessenten vergeben. Wenn innerhalb einer bestimmten Frist die Fläche nicht durch Bohrungen genutzt wird, erlischt das Nutzungsrecht und die Fläche kann wieder neu vergeben werden.

- Das Nutzungsrecht für Bohrungen auf öffentlichen Flächen wird durch eine öffentliche Ausschreibung „versteigert". Der Meistbietende erhält den Zuschlag (ähnlich wie bei Mobilfunk-Lizenzen).

Mögliche Ansätze zur Festlegung der Höhe des Miet-/Kaufpreises von Speicherkapazitäten:

Errichtet die öffentliche Hand (Stadtverwaltung, Stelle des Bundes oder des Landes, ...) als Eigentümerin der Fläche die Bohrungen selbst und verkauft/vermietet die Speicherkapazitäten, so bestehen z.B. folgende Ansätze für die Preisgestaltung:

- Der Miet-/Kaufpreis orientiert sich an der Kostendeckung der Bohrinvestitionen (Kostendeckung des Investors). Dabei ergibt sich die Frage nach der erwarteten Amortisationszeit für die Investition.
- Der Miet-/Kaufpreis erfolgt in Form einer Pauschale, die einen wirtschaftlichen Betrieb durch den Wärmenetzbetreiber ermöglicht (Kostendeckung bzw. Leistbarkeit für den Nutzer). D.h. bei einzelnen Projekten können die Einnahmen über den Investitionskosten liegen, bei anderen Projekten liegen sie darunter. Ähnlich wie bei den Anschlussgebühren der Fernwärme liegen manche Anschlusskosten über und manche Anschlusskosten unter den tatsächlich angefallenen Investitionskosten.

8.4.3. Langfristige Rahmenbedingungen für Umstieg auf Anergienetze festlegen

Bis zum Jahr 2040 soll die Energieversorgung gemäß dem Ziel der seit Jänner 2020 bestehenden Bundesregierung dekarbonisiert werden. Da die begrenzte Menge an „Grünem Gas" in anderen Bereichen (Hochtemperatur-Wärmeanwendungen und KWK) gebraucht wird, müssen die derzeitigen Gasheizungen in den Städten innerhalb von 20 Jahren auf nachhaltige Systeme umgestellt werden. Aus derzeitiger Sicht wird die klassische Fernwärme nur sehr eingeschränkt die derzeitig gasbeheizten Gebäude versorgen können, wenn sie bis 2040 fossilfrei sein muss.

- Für Städte soll daher festgelegt werden, welche Stadtgebiete bis 2040 durch das zentrale Fernwärmesystem nachhaltig versorgt werden können (Energieraumplanung). Die in Wien in Umsetzung befindlichen Energieraumpläne (Klimaschutzgebiete) sind dabei ein erster Schritt.
- Für jene Gebiete, die 2040 nicht mit Fernwärme versorgt werden, wird ein Ausstiegsplan aus der Erdgasversorgung bis 2040 erstellt werden.
- Erarbeitung einer Ausbaustrategie für Anergienetze: Besteht in der Stadt auch ein Fernwärmenetz, so kann der Ausbau der Anergienetze auf zwei Arten erfolgen:
    a) „Bottom up"-Prozess": Der Anergie-Ausbau erfolgt dort, wo gerade ein Neubauprojekt die kostengünstige Errichtung von Geothermiebohrungen über den eigenen Bedarf hinaus ermöglicht. Der Vorteil liegt in den günstigen Baukosten der Wärmespeicher und den fixen Wärmeabnehmern, welche die neuen Gebäude schon zu Beginn sind. Das Anergienetz wächst anschließend vom Neubaugebiet ausgehend in die umliegenden Bestandsgebiete, die nicht mit Fernwärme versorgt sind.

b) Der Ausbau der Anergienetze erfolgt, beginnend von der Stadtperipherie, immer weiter ins Zentrum (Kerngebiet der Fernwärme) hinein. Je nach technologischer Entwicklung bei den fossilfreien Fernwärme-Wärmequellen und dem Leitungsnetzausbau treffen sich die Systeme Anergienetze und Fernwärme zwischen Stadtzentrum und Stadtrand. Der Vorteil liegt darin, dass die Vorrang-Aufteilung flexibel auf technologische Veränderungen reagieren kann.

8.4.4. Ökobilanz der Wärmeversorgung durch Anergienetze

Anergienetze mit Geothermie-Wärmespeicher, Wärmepumpen und Solarfläche sind eine vergleichsweise klimafreundliche Form der Wärmebereitstellung. Dennoch entstehen bei der Errichtung und im Betrieb Auswirkungen auf die Umwelt.

Da im Zuge der Energiewende Anergienetze im weitaus größeren Ausmaß errichtet werden als bisher, ist eine Analyse der Umweltwirkungen von hoher Relevanz. Eine umfassende Darstellung der Auswirkungen und deren Quantifizierung ist die Basis für eine ökologische Optimierung des Systems (vor allem bei der Errichtung). Dies wiederum hilft, v.a. im dicht besiedelten Stadtgebiet die gesellschaftliche Akzeptanz dieser Technologie zu sichern.

Mögliche Themen einer „Ökobilanz" von Anergiesystemen sind:

Errichtung:

- Energieverbrauch (Diesel) für Bohrungen und Leitungsverbindungen
- Graue Energie der eingesetzten Materialien (Kunststoffschläuche, Füllmaterial, Wärmepumpe, Solarflächen, Pufferspeicher bei der Herstellung)
- Transportwege von Materialien
- etwaige langfristige stoffliche Auswirkungen der Kunststoffschläuche auf Boden und Grundwasser inkl. möglicher Einsatz von biogenen Kunststoffen
- Entsorgung bzw. Wiederverwertung von Bohr-Erdmaterial
- Beeinträchtigung von Pflanzen
- Beeinträchtigung des Grundwassers
- Lärmbelastung der AnrainerInnen (Bohrungen, Verbindungsleitungen)

Betrieb:

- Stromverbrauch Wärmepumpe und Hydraulik
- thermische Beeinflussung des Bodens und des Grundwassers
- thermische Beeinflussung von Pflanzen (Wurzelbereich)

Entsorgung:

- Entsorgung bzw. Verwertung von Bohrschlamm bzw. Bohrklein
- Langfristige Wirkung der Kunststoffschläuche im Grundwasserbereich und Boden

8.4.5. Einsatz von Elektroantrieben für Bohrgeräte im dicht verbauten Gebiet

Ein wesentlicher Bestandteil bei der Errichtung eines Anergienetzes sind die Geothermiebohrungen (60-150 m Tiefe). Für die Erstellung der Bohrung sowie der Verbindungsleitungen werden derzeit Baumaschinen mit Dieselantrieb verwendet. Der Dieselantrieb der Bohrmaschinen hat je nach Größe des Bohrgeräts eine Leistung von 40 -140 kW. Nach Angaben von Bohrfirmen wird für eine 100 m tiefe Bohrung ca. ein Arbeitstag benötigt.

Im städtischen, dicht bebauten Gebiet sind Dieselantriebe eine starke Belastung. Sowohl aus Sicht des Klimaschutzes wie auch der Lärm- und Feinstaubemissionen in der Stadt ist eine Umstellung der Bohrgeräte auf Elektroantrieb zu empfehlen. Der Vorteil bei Bohrgeräten liegt darin, dass diese längere Zeit am selben Platz arbeiten (z.B. ein ganzer Tag bis zum nächsten Bohrloch gewechselt wird) und damit ein kombinierter Kabel-/Batteriebetrieb leicht möglich ist. Damit wird nur eine kleine, kostengünstige Batterie benötigt.

Die Stadt Oslo möchte künftig verstärkt auf „Zero Emission"-Baustellen setzen, auf denen ausschließlich elektrisch angetriebene Baumaschinen zum Einsatz kommen.[18] Das Zürcher Start-up „Suncar" entwickelt in Zusammenarbeit mit großen Herstellern Baumaschinen mit Elektroantrieb. Ein neu entwickelter Elektrobagger ist in Oslo auf einer „Zero Emission"-Baustelle im Einsatz. Die Elektrobagger können dabei grundsätzlich sowohl im Batterie- als auch im Kabelmodus betrieben werden. Sie verfügen über ein Onboard-Ladegerät und können an einem Baustromverteiler über eine handelsübliche CEE-Drehstrom-Steckdose geladen werden.

Auch ein Großdrehbohrgerät (LB 16 unplugged) der Firma Liebherr[19] wird von „Suncar"[20] auf Elektroantrieb umgebaut. Dieses 55 Tonnen schwere Bohrgerät ist zwar nicht für die Herstellung von Erdwärmesonden ausgelegt, zeigt jedoch die Möglichkeit eines elektro-hydraulischen Antriebs für Bohrgeräte. Die Akkukapazität des 265 kW starken Motors ist mit 10 Stunden angegeben mit einer Ladezeit von 7 Stunden.

[18] https://www.energie-bau.at/bauen-sanieren/3298-e-bagger-fuer-zero-emission-baustellen

[19] https://www.liebherr.com/de/aut/produkte/baumaschinen/spezialtiefbau/drehbohrgeraete/details/lb16unplugged.html

[20] https://suncar-hk.com/de/aktuelles

Abbildung 40: Bohrgerät mit Elektroantrieb, Quelle: https://suncar-hk.com

8.4.6. Bohrtechnologien mit geringem Bedarf an Arbeitshöhe

Eine konfliktarme Platzierung der Bohrlöcher würde das Bohren vom Kellergeschoß aus durch den Kellerboden ermöglichen. Es gäbe keine Probleme mit Grundeigentumsfragen, eine nur geringe Lärmbelastung der AnrainerInnen und es wäre eine einfache und kostengünstige Erstellung der Verbindungsleitungen im frostfreien Kellergeschoß zwischen den Bohrlöchern möglich.

Die derzeit am Markt verfügbaren Geräte benötigen aber große Arbeitshöhen (ca. 4 m) oder sind wie bei den Minibohrgeräten auf geringere Bohrtiefen beschränkt. Im Falle einer Bohrung im Keller muss auch die Frage des Abtransports des Bohrmaterials sowie von etwaigem Spülwasser gelöst werden.

Es sollte geprüft werden, ob Bohrtechnologien vorhanden bzw. entwickelt werden können, die mit deutlich geringeren Arbeitshöhen auskommen und trotzdem noch vertretbare Kosten für die Bohrlochherstellung aufweisen.

8.4.7. Entwicklung eines leistungsfähigen Anbietermarktes

Durch die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden in Städten bis 2040 wird die Nachfrage nach Errichtern und Betreibern von Anergienetzen stark steigen. Dementsprechend muss auch ein entsprechend großer Anbietermarkt mit den dafür notwendigen Kapazitäten vorhanden sein. Die Planung, Errichtung und der Betrieb von Anergienetzen benötigten gut ausgebildete Fachkräfte und Unternehmen mit der notwendigen Finanzkraft. Der Aufbau einer solchen Abteilung in einem Unternehmen benötigt Vorlaufzeit und Planungssicherheit.

Die öffentliche Hand kann z.B. durch Beauftragung von Anergie-Projekten bei öffentlichen Gebäuden das Interesse potenzieller Anbieter wecken, sodass leistungsfähige Unternehmen die strategische Entscheidung treffen, eine Abteilung für das Geschäftsfeld Anergie-Systeme aufzubauen.

8.4.8. Initiierung von Leuchtturmprojekten im Bestand

Es sollen rasch Leuchtturmprojekte initiiert werden, um die Möglichkeiten von Anergienetzen auf der Nachfrageseite (Gebäudeeigentümer) wie auch auf der Angebotsseite (Energielieferanten) bekannter zu machen. Durch Leuchtturmprojekte können auch die Vorteile einer Nutzung von öffentlichen Flächen für die Errichtung von Geothermiebohrungen sichtbar gemacht werden.

Dadurch wird die Zahl der Unternehmen erhöht, welche die Errichtung und den Betrieb von Anergienetzen anbieten. Dies erhöht einerseits die Qualität der angebotenen Projekte und ermöglicht, die in Zukunft erwartete gesteigerte Nachfrage an Anergienetzen im Rahmen der Energiewende decken zu können.

8.4.9. Öffentlichkeitsarbeit

Derzeit besteht bei ProjektentwicklerInnen, LiegenschaftseigentümerInnen und Hausverwaltungen wenig Bewusstsein für die Potenziale von Anergienetzen. Bei Gebäuden in Privatbesitz wird die Wahl des Heizsystems oft von der Hausverwaltung beeinflusst. Hausverwaltungen haben jedoch meist kein Fachwissen in Heizungstechnik und greifen daher gerne auf „Altbewährtes" zurück, was in den meisten Fällen eine Gasheizung darstellt.

Derzeit gilt das Thema „Heizungsanlagen" nicht zu den Kernaufgaben der Hausverwaltungen. Diese könnten jedoch in Zukunft „Botschafter" für nachhaltige Energiesysteme sein und das Thema ihren KlientInnen - den privaten HauseigentümerInnen - näherbringen. Damit könnten Hausverwaltungen auch ihr bisheriges Geschäftsfeld erweitern und zusätzliche Einkommensmöglichkeiten schaffen. Jene Hausverwaltungen, die künftig eine kompetente Beratung für den Ausstieg aus fossilen Energien bis 2040 für die Liegenschaften anbieten können, sind somit im Wettbewerbsvorteil.

Neben den technischen Möglichkeiten eines Anergienetzes sollen auch verstärkt die möglichen Geschäftsmodelle verbreitet werden. Fragen wie „Wer finanziert die hohen Anfangsinvestitionen?", „Wer übernimmt das technische Risiko, wenn das Energiesystem nicht wie geplant funktioniert?", „Wer ist die nächsten 20 Jahre für den Betrieb zuständig?" und „Wer übernimmt die Verrechnung mit den BewohnerInnen?" schreckt viele HauseigentümerInnen und Hausverwaltungen ab. Hier sollte verstärkt die Möglichkeit eines Wärme-Liefercontractings bekannt gemacht werden, bei dem diese Verantwortlichkeiten und Risiken an einen Contractor übertragen werden. Das Modell ist ähnlich der traditionellen Fernwärme aufgebaut, bei der ein festgelegter Preis pro konsumierter Einheit Wärme bezahlt wird.

Es sollten Informationsmaßnahmen wie z.B. zielgruppenspezifische Informationsveranstaltungen und Exkursionen zu bereits umgesetzten Projekten durchgeführt werden. Weiters sollte geprüft werden, wie ein Ausbildungsmodul „Anergienetze - technische und wirtschaftliche Umsetzungsmöglichkeiten" für Hausverwaltungen erarbeitet und angeboten werden könnte.

8.4.10. Verpflichtender Einbau eines zentralen Wärmeverteilsystems in Mehrparteienhäusern

Der Umstieg von Gasheizungen auf fossilfreie Heizsysteme ist in der Stadt nur mittels zentraler Systemlösungen möglich. Der großflächige Einsatz von Einzelheizungen in Mehrparteienhäusern mit Luftwärmepumpen oder Biomasse (z.B. Pellets, Grünes Gas) ist aufgrund zu hoher Emissionen und der beschränkten Rohstoffverfügbarkeit im urbanen Raum nicht zu erwarten.

Sowohl bei Fernwärme als auch bei Anergienetzen ist ein zentrales Wärmeverteilsystem notwendig. Bei einer umfassenden Sanierung und im Neubau sollte daher der Einbau von Wärmeverteilleitungen bis in die Wohnungen verpflichtend sein.

8.4.11. Verpflichtender Einbau von Niedertemperatur-Wärmeabgabesystemen

Ein Niedertemperatur-Wärmeabgabesystem erhöht die Effizienz eines Anergienetzes. Im Neubau und bei einer umfassenden Sanierung sollte daher im urbanen Bereich, soweit technisch machbar und wirtschaftlich vertretbar, der Einbau eines Niedertemperatur-Wärmeabgabesystems verpflichtend sein.

8.4.12. Thermische Sanierung von Häusern in Anergie-Ausbaugebieten beschleunigen

Für ein energieeffizientes Anergienetz sollen die angeschlossenen Häuser so gut als möglich thermisch saniert sein. Befindet sich ein noch nicht saniertes Gebäude in einem Anergie-Ausbaugebiet, sollten Maßnahmen gesetzt werden, um eine etwaige geplante thermische Sanierung zeitlich vorzuziehen. Dies könnte z.B. durch steuerliche Anreize bei der Investitionsabschreibung (z.B. kürzere Abschreibungszeiten) oder durch einen höheren Fördersatz erreicht werden.

8.4.13. Änderung des Wohnungseigentumsgesetzes (WEG) und des Mietrechtsgesetzes (MRG)

In **Wohnungseigentumshäusern** ist für die Umstellung eines fossilen Heizsystems auf ein Anergiesystem derzeit gemäß dem WEG ein einstimmiger Beschluss aller WohnungseigentümerInnen erforderlich. Dies ist aufgrund der NutzerInnen- und EigentümerInnenstruktur kaum möglich. Die Gründe dafür sind z.B.

- EigentümerInnen nehmen an der Abstimmung nicht teil
- EigentümerInnen stehen jeglichen Veränderungen im Haus ablehnend gegenüber

Die Quorumregelungen im WEG sollten insofern verbessert werden, dass eine Minderheit nicht mehr die Umstellung auf ein klimafreundlicheres Heizsystem blockieren kann.

Weiters sollte für Häuser, die noch fossil beheizt werden oder noch nicht thermisch saniert sind, eine Rücklagenbildung vorgeschrieben werden, ähnlich wie sie im Gemeinnützigkeits-Wohnungsgesetz (GWG) in Form des Erhaltungs- und Verbesserungsbeitrags (EVB) besteht. Eine solche zweckgebundene Rücklage erleichtert die Finanzierung der Investitionskosten für den Umstieg auf ein Anergienetz und verbessert somit die Akzeptanz bei der EigentümerInnengemeinschaft.

In **Mietwohnungshäusern** besteht derzeit ein Interessenskonflikt zwischen MieterInnen und EigentümerInnen. Investieren die HauseigentümerInnen in den Umstieg auf ein Anergiesystem oder führen eine thermische Sanierung durch, so profitieren die MieterInnen von den geringeren Energie- und Betriebskosten, die EigentümerInnen müssen die Investitionskosten zur Gänze tragen und haben bei aufrechten Mietverhältnissen keine Mehreinnahmen.

Es sollten daher im Mietrechtsgesetz Möglichkeiten geschaffen werden, dass ein Teil der Investitionen von den MieterInnen getragen wird, wobei die Höhe des Anteils der MieterInnen unter der Höhe der eingesparten Energie- und Betriebskosten der MieterInnen liegt.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, im Mietrechtsgesetz die Höhe des Richtwertmietzinses mit der thermischen Qualität der Wohnung zu verknüpfen. Liegt der Heizenergiebedarf (HEB) über einem bestimmten Wert, so gibt es einen Abschlag für den Richtwertmietzins der betreffenden Wohnung. Diese Regelung soll in den kommenden 10 Jahren kontinuierlich verstärkt werden, sodass langfristig eine thermische Sanierung für die HauseigentümerInnen finanziell attraktiver wird.

Informationen dazu auch unter http://iibw.at/documents/Ma%C3%9Fnahmenpaket%20Dekarbonisierung%20Wohnungssektor%20(201906).pdf

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Bohrgeräte-Klassen für Tiefbohrungen, die in der Praxis zur Herstellung von Erdwärmesonden verwendet werden. Einige Bohrgeräte-Typen sind beispielhaft aufgeführt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.....22

Tabelle 2: Profile der Testgebiete und Vorauswahl (grün hinterlegt) 25

Tabelle 3: Übersicht Parameter Wärmebedarf.....33

Tabelle 4: Übersicht Parameter Wärmequellen 34

Tabelle 5: Abstände bei der Potenzialflächenermittlung. Die Werte wurden durch Expertenbefragung ermittelt, siehe auch Anhang 3.....36

Tabelle 6: Charakterisierung der Potenzialflächen der Testgebiete.....38

Tabelle 7: Übersicht Parameter Erdsonden-Speicher. Die grün hinterlegten Werte wurden für die Potenzialermittlung auf Basis der Bohrlochverortung verwendet. Die grau hinterlegten Werte wurden für die Methode der aktivierbaren Fläche umgerechnet und schlussendlich nicht verwendet, siehe nachfolgendes Kapitel.....40

Tabelle 8: Ergebnis der Bohrloch-Verortung in Testgebiet 5 und Testgebiet 12: Anzahl der ermittelten Bohrungen und Bohrmeter.....42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der beheizten Brutto-Grundfläche im Wärmewende-Szenario, Quelle: „Wärmezukunft 2050 – Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich“, Endbericht 2018, S. 54. Energy Economics Group, TU Wien. 10

Abbildung 2: Klimatologische Kenntage in Wien 1955 bis 2018 11

Abbildung 3: Luftbild Gründerzeit-Häuserblock des Pilotprojekts „Anergienetz 1170 Wien“, Grafik: zeininger architekten, BauConsult Energy GmbH....12

Abbildung 4: Systemskizze Pilotprojekt Geblergasse „Anergienetz 1170 Wien“, Grafik: ÖGUT 13

Abbildung 5: Innenhof des Pilotprojekts „SMART Block Geblergasse“ in Wien 1170 während und nach den Bohrarbeiten....13

Abbildung 6: Schemata eines Anergienetzes mit Gebäude als Wärmesenke, Solar- und Abwärme als Wärmequelle und Erdwärmesonden als saisonaler Wärmespeicher. Die Wärmepumpe (orange-blau) bildet die Schnittstelle zum Netz. Grafik: GBA....15

Abbildung 7: Systemerweiterung benachbarter Anergienetze. Grafik: GBA....16

Abbildung 8: Energiekonzept Anergienetz: Saisonaler Wärmefluss im Sommer und Winter. Grafik: GBA 17

Abbildung 9: maximaler Temperatureinfluss um eine Erdwärmesonde auf das Erdreich im Vergleich: Speicherbetrieb (grün), reiner Heizbetrieb nach 10 Jahren (orange) und 50 Jahren (grün); Grafik: GBA....18

Abbildung 10: Abhängigkeit des Erdsonden-Potenzials von standortabhängigen, technischen und betriebsspezifischen Parametern. 21

Abbildung 11: Vorauswahl der Testgebiete – Kriterium: bestehendes Fernwärmeleitungsnetz (Quelle: Magistrat Wien, 2017) 23

Abbildung 12: Vorauswahl der Testgebiete (Quelle: Magistrat Wien / OGD) 25

Abbildung 13: Lage des ausgewählten Testgebiets „Lerchenfelder Gürtel“ im 16. Wiener Gemeindebezirk (Quelle: Stadt Wien, Flächenmehrzweckkarte / OGD)....26

Abbildung 14: Bebauungsstruktur des ausgewählten Testgebiets „Lerchenfelder Gürtel“ im 16. Wiener Gemeindebezirk (Quelle: Stadt Wien, Flächenmehrzweckkarte / OGD)....27

Abbildung 15: Straßenansicht und Luftbild von Testgebiet 5 – Lerchenfelder Gürtel 27

Abbildung 16: Lage und Bebauungsstruktur des ausgewählten Testgebiets „Anzbachgasse, 1140“ im 14. Wiener Gemeindebezirk (Quelle: Stadt Wien, Flächenmehrzweckkarte / OGD) 28

Abbildung 17: Kartenausschnitt mit der Bebauungsstruktur des ausgewählten Testgebiets „Linzer Straße /Anzbachgasse, Wolfersberggasse“ im 14. Wiener Gemeindebezirk. (Quelle: Stadt Wien, https://www.wien.gv.at/stadtplan/) 29

Abbildung 18: Straßenansicht und Luftbild von Testgebiet 12 - Anzbachgasse 29

Abbildung 19: Theoretischer Wärmeenergiebedarf vor (links) und nach (rechts) Sanierung nach OIB-RL 31

Abbildung 20: Theoretisches Einsparungspotential CO_2 Emissionen 31

Abbildung 21: Auswahl der vier Baublöcke für die stichprobenartige Vermessung der Zufahrten/Zugänge in Testgebiet 5 in Rot markiert. Die Maße der Zufahrten, bei welchen das Standard BG eingesetzt werden kann, sind angegeben. 36

Abbildung 22: Testgebiet 5 mit Differenzierung der „Nicht-Potenzialflächen” 37

Abbildung 23: Testgebiet 5: Negativabbild als Potenzialflächen für Erdwärmesonden 37

Abbildung 24: Testgebiet 12 mit Differenzierung der Nicht-Potenzialflächen (links) und Negativabbild als Potenzialflächen für Erdwärmesonden (rechts). 38

Abbildung 25: Ergebnis der Bohrlochverortung in Testgebiet 5 (links) und Testgebiet 12 (rechts) auf Basis des „Random Points” Algorithmus (jeweils Ausschnitte) 42

Abbildung 26: Potenzialflächen von Testgebiet 5 44

Abbildung 27: Potenzialflächen von Testgebiet 12 45

Abbildung 28: Übersicht der Energie- und Leistungsbilanzen von Testgebiet 5 46

Abbildung 29: Deckungsgrad der Wärmemenge der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 5 46

Abbildung 30: Deckungsgrad der Heizleistung der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 5 47

Abbildung 31: Deckungsgrad der Wärmespeicherkapazität der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 5 47

Abbildung 32: Deckungsgrade für die einzelnen Baublöcke im Testgebiet 5 48

Abbildung 33: Wärmespeicherkapazitäten aufgeteilt nach privaten (Innenhöfe) und öffentlichen (Straßen) Flächen je Baublock in Testgebiet 5 49

Abbildung 34: Wärmespeicherkapazität gesamt von privaten (Innenhöfe) und öffentlichen (Straßen) Flächen in Testgebiet 5 49

Abbildung 35: Übersicht der Energie- und Leistungsbilanzen von Testgebiet 12 50

Abbildung 36: Deckungsgrad der Wärmemenge der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12.....50

Abbildung 37: Deckungsgrad der Heizleistung der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12 51

Abbildung 38: Deckungsgrad der Wärmespeicherkapazität der einzelnen Baublöcke von Testgebiet 12 51

Abbildung 39: Deckungsgrade für die einzelnen Baublöcke im Testgebiet 12 52

Abbildung 40: Bohrgerät mit Elektroantrieb, Quelle: https://suncar-hk.com.....58

11. ANHANG 1 - ExpertInnen-Workshop

Am 18. Februar 2020 fand ein halbtägiger Workshop mit ExpertInnen aus dem Bereich Energie- und Bohrtechnik statt.

TeilnehmerInnen: Franz Vogl (bauConsult energy), Jochen Käferhaus (Haustechnik-Büro Käferhaus), Martin Hagelbauer (Energie- und Bohrtechnikunternehmen enercret), Anita Angerer (Tiefbauunternehmen Porr), Johannes Zeininger (zeininger architekten), Alexander Schriebl (GBA), Martin Fuchsluger (GBA), Stefan Hoyer (GBA), Robert Kalasek (TU Wien), Gerhard Bayer (ÖGUT), Bianca Pfefferer (ÖGUT).

Im Rahmen des Workshops wurden die Zwischenergebnisse aus dem Projekt AnergieUrban Stufe 1 mit den ExpertInnen kritisch diskutiert. Insbesondere die vom Projektteam angenommenen Parameter, wie die Wärmeleistung pro Laufmeter Bohrung, die Heizlast für sanierte Wohngebäude in Massivbauweise, die erreichbaren Bohrtiefen, der Platzbedarf für Bohrarbeiten oder die Möglichkeiten von Schrägbohrungen wurden mit den ExpertInnen hinsichtlich der Praxistauglichkeit geprüft. Auf Basis des Feedbacks wurde die angenommene Wärmeleistung der Bohrungen von 25 W/lfm auf 30 W/lfm erhöht. Ebenso wurde die Heizlast für sanierte Wohngebäude von 20 W/m² BGF auf 25 W/m² BGF erhöht. Alle anderen Annahmen wurden von den ExpertInnen als plausibel eingeschätzt.

12. ANHANG 2 - Workshop mit Österreichischen StädtevertreterInnen

Die Veranstaltung wurde am 14. Mai 2020 als Online-Workshop durchgeführt. Im ersten Teil wurden die Ergebnisse des Projekts AnergieUrban Stufe 1 VertreterInnen österreichischer Städte vorgestellt. Anschließend wurde von den TeilnehmerInnen Feedback zu den im Projekt getätigten Annahmen und den Ergebnissen eingeholt.

Im zweiten Teil des Workshops wurde in vier Kleingruppen erarbeitet, welche technischen, organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, damit Anergienetze in den Städten Österreichs in einem relevanten Ausmaß ausgebaut werden. Die Präsentation der Projektergebnisse wurde als Video aufgezeichnet und steht Interessierten auf der Webseite der ÖGUT[21] zur Verfügung.

[21] https://www.oegut.at/de/news/2020/05/anergie-urban-workshop.php

Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Stadt Wien

Österreichischer Städtebund

Workshop des Projekts „AnergieUrban – die Stadt als Energiespeicher“

Termin: Donnerstag, 14. Mai 2020 von 13:00 – 16:00 Uhr

Ort: online-Meeting via Zoom
Link: https://us02web.zoom.us/j/810963826?pwd=UnR3d3dSY3FWU2FvTEY3WDE1bDJndz09
Meeting-ID: 810 963 826, Passwort: Oegut

ab 12:40: Meeting-Raum zur Anmeldung und Einrichtung geöffnet

Ablauf

13:00 Begrüßung und Vorstellungsrunde

13:20 Präsentation der Zwischenergebnisse des Projekts AnergieUrban

14:30 Kaffee-Pause

14:50 Breakout Sessions (Kleingruppen)

15:10 Sammlung der Kleingruppenergebnisse

15:30 Kurzstatement der TeilnehmerInnen

15.50 Ausblick, nächste Schritte

16:00 Workshopende

Wir freuen uns auf einen angeregten Austausch.

ÖGUT

TU WIEN TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

Geologische Bundesanstalt

© zeininger architekten

TeilnehmerInnen des Workshops am 14. Mai 2020 mit VertreterInnen von Städten		
Vorname	Nachnahme	Organisation
Guido	Dernbauer	Österreichischer Städtebund
Beatrix	Frenckell	Magistrat Innsbruck, Klimaschutzstrategien
Hannes	Gstrein	Innsbrucker Immobilien GmbH
Sonja	Neuner	Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
Wilfried	Hager	Magistrat Linz
Stefan	Sattler	Stadt Wien, MA 20
Johannes	Zeininger	Konsulent AnergieUrban
Ursula	Lackner	Stadt Villach
Reinhard	Ungerböck	Grazer Energieagentur
Ernst	Meißner	Grazer Energieagentur
Wolfgang	Götzhaber	Stadt Graz
Franz	Vogl	bauConsult energy
Michael	Cerveny	Urban Innovation Vienna
Simon	Gangl	BMK
Sabine	Kamill	BMK
Stefan	Reininger	Klima- und Energiefonds
Philipp	Aumann	Stadtmagistrat Innsbruck
Gregor	Götzl	GBA
Martin	Fuchsluger	GBA
Robert	Kalasek	TU Wien
Thomas	Brus	TU Wien
Gerhard	Bayer	ÖGUT
Bianca	Pfefferer	ÖGUT

14. ANHANG 3 - Bohrtechnikumfrage

Für die Bewertung der Flächennutzbarkeit, des Platzbedarfs von Bohrgeräten (BG) und die Abschätzung der Bohrtiefe wurde vom Projektteam ein Fragenkatalog entworfen. ExpertInnen von Bohr- und Planungsfirmen wurden dazu persönlich, telefonisch oder via E-Mail befragt. Wichtige Parameter für die Ermittlung des Erdwärmespeicher-Potenzials mittels Erdwärmesonden wurden daraus abgeleitet. Eine Befragung bei Herstellern von Bohrgeräten war auf der Geothermie-Messe (geotherm) in Offenburg geplant, musste jedoch aufgrund der CoViD19-Pandemie abgesagt werden. Die Antworten von verschiedenen Personen sind in unterschiedlichen Farben dargestellt und werden im Folgenden unkommentiert wiedergegeben.

Fragenkatalog des Projektteams an die Bohrtechnik:

1. **Welche Bohrgeräte zur Herstellung von Erdwärmesonden haben Sie zur Verfügung bzw. können Sie für den urbanen Raum empfehlen?**

   Wir haben Bohrgeräte in jeder Größe: 2 Klein-Bohrgeräte (Jano und KB20), wodurch Erdwärmebohrungen auf sehr engem Raum möglich sind und wir diese Bohrgeräte auch in Gärten und Gebäuden einsetzen können. Ebenfalls 3 Standard-BG (DSB 1-5 und DSB 1-6 von Nordmeyer, sowie Hütte HBR204) und ein Groß-BG (Nordmeyer DSB 2-10).

   Das Groß-Bohrgerät setzen wir vor allem auf umfangreichen Bauvorhaben ein. Vorteile: Bohrtiefen bedingt bis zu 300 m; Bohrdurchmesser bis max. 324 mm; Nachteile: Hoher Platzbedarf; Hohes Gewicht; Sondertransport

   Die Klein-Bohrgeräte können wir auch in Gärten und Gebäuden einsetzen. Erdwärmebohrungen sind mit diesen Geräten bedingt bis ca. 130 m, Brunnenbohrungen bedingt bis ca. 35 m möglich. Vorteile: Wenig Platzbedarf – 4 x 1,5 m – Durchfahrtsbreite 95 cm und kleiner; Erdwärmebohrungen sind auf sehr engem Raum möglich; Nachteile: Einschränkungen bei der Bohrtiefe; geringes Drehmoment; höherer Zeitaufwand für Bohrungen.

   Wir haben 3 Stk. Rotomax XL GTCi; Doppeldrehkopf 36.000 Nm; 205 kW; Antrieb: 6-Zylinder Turbo-Diesel Stage 5 mit Partikelfilter und AdBlue; Rückzug: 14.000 kg; Andruck: 4.000 kg;

2. **Welche Zugänglichkeit muss ein Innenhof bieten, um (mit Ihren Geräten) bohren zu können?**

   Standardbohrgeräte: Fahrbreite: 2,10 x 3,00 m bei Hütte-BG und 2,20 m x 3,00 m bei Nordmeyer-BG, Fahrlänge ist 7,20 – 8,30 m, Turm mind. 6 m, Gewicht 8-11 to

   Kleinbohrgerät: Wenig Platzbedarf - 4 x 1,5 m - Durchfahrtsbreite 95 cm und kleiner, Bohrung benötigt mehr Zeit

   Unser Klein-BG hat 1,2 m Breite, unsere Standard-BG 2,2m -2,6 m. Wegen der Länge der Geräte brauchen wir mehr Durchfahrtsbreite: für Klein-BG 1,5 m, für Standard-BG ca. 3 m. Die Höhe sollte beim Standard-BG ca. 3 m betragen: Gerätehöhe ist 2,8 + Reserve wegen Länge. Beim Kleingerät ist die Gitterbox (Verrohrung, Gestänge) extra, beim Standardgerät ist alles im Gerät verbaut.

   Das Klein-Bohrgerät braucht im Bohrbetrieb eine Raumhöhe von 2,8 m, ist einen guten Meter breit, gute 2 m lang und braucht zusätzlich Platz zum Reversieren. Bohrklein fällt einfach daneben auf den

Boden, da die Leistung des Geräts nicht ausreicht, um es zu pumpen: Die Leistungsfähigkeit ist schon eingeschränkt.

Für Standard-BG: Breite: 3,0 m; Durchfahrt Höhe: 3,0 m; max. Gewicht für Kran: 18 to

3. Wie viel Platz muss für den Bohrplatz gerechnet werden?

Vor dem Standard-BG wird ca. 1,5 m Arbeitsraum benötigt plus 2 m, um Gestänge und Verrohrung einbauen zu können, Gesamt mind. 8,5 m; Platzbedarf Klein-BG: 2 x 5 m; Standard-BG: 5 x 10 m

Standard-BG: Von Hauswand bis Geräte Ende muss man 8-9 m Platz rechnen + Platz zum Abdrehen.

Standard-BG: Bohrplatz 8 x 10 m; Höhe Bohrplatz: 9 m; Min. Abstand zum Gebäude: 3 m

4. Welche geologischen Verhältnisse wirken sich günstig/ungünstig auf die Bohrtiefe aus?

günstig: Festgestein, homogenes Lockergestein (ohne Kiesschichten); ungünstig: Kiesschichten in Tiefen größer 100 m

Geräte können Imlochhammer-Technik (trocken, Antrieb mit Druckluft, Abluft transportiert Material nach oben, Luft mit Wasser injiziert um Staub zu vermeiden) und Spülbohrung (bei tonig, schluffigen Schichten, benötigt großes Becken möglichst neben Bohrgerät). Umstellung der Bohrtechnik wegen geologischem Schichtwechsel kostet Zeit. Bei Spülbohrung wird keine Verrohrung benötigt, wodurch größerer Tiefen erreicht werden können. Wenn in größerer Tiefe wieder Sand, Kies kommt, muss nachverrohrt werden (erhöht Zeitaufwand). Dabei wird die Verrohrung mitgedreht und muss dann auch wieder gezogen werden. Verrohrung benötigt viel Kraft (Mantelreibung), wodurch man mit kleinen Bohrgeräten dann oft nicht mehr weiter kann.

Das Abteufen der Erdwärmesondenbohrungen, einfach auch Tiefenbohrung genannt, erfolgt im sogenannten Imlochhammer-Bohrverfahren mit Luftspülung (bei Festgestein) oder Direktspülverfahren mit Wasserspülung (bei Sedimentgestein). Der Bohrlochdurchmesser beträgt in der Regel 140 mm. Die oberen Gesteinsschichten (Lockergestein) werden durch eine Hilfsverrohrung vor dem Zusammenbrechen geschützt. Die Bohrlochtiefen sowie die Anzahl der Bohrungen sind vom Energiebedarf und den geologischen Bedingungen am Standort abhängig. Meist werden Bohrlochtiefen bis 100 m angestrebt. Es sind aber auch Bohrtiefen bis 250 m möglich.

5. Bitte schätzen Sie die Tiefen, die mit ihren Bohrgeräten realistisch erreicht werden können?

…sehr von Geologie und Bohrgerät abhängig. Bei schwierigen Verhältnissen mit Klein-BG: 30-50 m; Standard-BG: 50-100 m, Groß-BG: max. 150 m

Tiefe immer abhängig von Geologie und kann pauschal nicht beantwortet werden, 100 m ist normalerweise kein Problem mit Standard-BG, teilweise auch 150 m. Bei schwierigen geologischen Verhältnissen ist mit einem Kleinbohrgerät max. 80 m Tiefe möglich, mit einem Standard-BG bis 120 m. Bei günstigen geologischen Verhältnissen kann mit Klein-BG 120 m erreicht werden und mit dem Standard-BG max. 200 m.

Bohrtiefe des Klein-BG hängt stark von lokalen Untergrundverhältnissen ab: Wenn durchgehend mit Stützverrohrung gebohrte werden muss, schafft man nur 15-20 m; bei sehr guten Bohrbedingungen sind maximal 80 m Tiefe möglich.

6. **Welche Kennwerte des Bohrgerätes sind entscheidend, um tief bohren zu können?**

   Leistung der Spülpumpe und Know-How des Bohrmeisters

7. **Was muss bei Bohrungen in Innenhöfen sonst noch beachtet werden?**

   Bei Spülbohrung wird Mulde benötigt, max. 20 m vom Bohrgerät entfernt

8. **Was kostet die Herstellung eines Laufmeters Erdwärmesonde, exkl. UST, geschätzt?**

   Klein-BG ist der Aufwand/Kosten um ca. 20 Prozent teurer

   Die Kosten sind stark von der Zugänglichkeit, Anzahl der Bohrungen und Untergrundverhältnissen abhängig; Die Richtpreise entsprechen Mittelwerten beim Kleinbohrgerät als Einfach-U Sonde ausgeführt, sonst als Doppel-U-Sonde:
   Standard-BG senkrecht bis 150m inkl. Anbindeverrohrung 55 EUR/lfm
   Standard-BG senkrecht bis 250m inkl. Anbindeverrohrung 70 EUR/lfm
   Kleinbohrgerät bis 80m inkl. Anbindeverrohrung 70 EUR/lfm
   Pumpengruppe Erdsondenfeld 4 EUR/lfm

9. **Bei Spülbohrungen: wie lange darf der Wasserschlauch zum Sammelbehälter des Schlamms sein? Höhenunterschied? Kurvenradien?**

   Entfernung 30 m, 2 m Radius

   20 - 30 m? Höhenunterschied 15 m höher (tiefer nicht) Kurven Radien 5 m

10. **Wie nahe kann der Bohrpunkt an einem Gebäude positioniert werden?**

    1,5 m

    Wenn 6 m Höhe gegeben, dann mindestens 1,5 m, Aufwand steigt bei geringen Platzbedarf

    1,5 - 2 m muss man schon rechnen

11. **Welche Mindestabstände müssen bei Strom-, Gas-, Wasser-, Abwasser-, Telekommunikations- und Fernwärmeleitungen eingehalten werden?**

    0,5 – 1,0 m

    wenn die Lage genau bekannt ist, reichen 0,5 m Abstand - oft ist die Lage nur auf 1 m bekannt.

12. **Hatten Sie schon Probleme mit Vibrationen, sodass nahegelegene Fundamente/Leitungen beschädigt wurden?**

    Nein

    Nein

13. **Können Sie sich vorstellen, die Bohrung auf einem Gehsteig/einer Straße anzusetzen?**

    ja

    Wurde schon gemacht

14. **Welche Probleme könnte es hier zusätzlich geben?**

    Ebene Aufstellfläche

Einbauten sind meist das Problem, Arbeitsraum ist Voraussetzung, das der gegeben ist

15. Was muss bei schräg abgeteuften Bohrungen, z.B. unterhalb von Gebäuden, beachtet werden?

keine Erfahrung

Mit Schrägbohrungen gibt es meist Probleme, da sie stärker abweichen. Auch für die Maschinen nicht unbedingt förderlich. Schräg unterhalb Gebäude vereinzelt möglich und wurde in Salzburg auch schon gemacht.

Bei „SMART Block Geblergasse" wurden einzelne Bohrungen leicht schräg angesetzt und bis ca. 100-110 m abgeteuft. Dann war aus geologischen Gründen Schluss.

16. Welche Winkel können realistisch (bzw. mit ihren Bohrgeräten) erreicht werden?

5-10 Grad

17. In welche Richtung wird die Bohrung am ehesten abgelenkt? In die Horizontale oder Vertikale?

In die Vertikale

18. Haben Sie Erfahrung mit Bohrungen, die von einem Sammelschacht ausgehen und schräg bis vertikal in alle möglichen Richtungen abgeteuft werden? Welche Tiefen/Winkel können erschlossen werden?

nein

Geothermiebohrungen sind keine Richtbohrungen die gesteuert sind (wie im Tunnelbau) Abweichungen kann man nicht berechnen.

19. Sind schräg abgeteufte Bohrungen teurer? Braucht man dafür Spezialmaschinen?

Für Schrägbohrungen, die stark in Neigung gehen, benötigt man zusätzliche Arbeitskraft und technische Hilfsmittel würde es mit 30 % ansetzen

20. Kann die Lotabweichung gemessen/gesteuert werden?

Nein

21. Kann unterhalb einer Baumkrone gebohrt werden, ohne den Baum zu beeinträchtigen? Welche Höhe braucht das Bohrgerät im Betrieb?

Min. Höhe 6 m

22. Kann es zu Schäden an der Erdwärmesonde auf Grund von Wurzelbildung kommen?

In der Regel nicht

23. Haben Sie Erfahrung mit einem Klein-Bohrgerät in Kellergeschoßen/Tiefgaragen von bestehenden Gebäuden?

Solche Bohrungen wurden von uns schon gemacht. Am Beispiel in Wörgl wurde durch die Tiefgaragen Deckenplatte gebohrt. Ebenfalls auch bei einem Projekt in Königsleiten. Mit Klein-Bohrgerät trifft folgendes zu: Brunnen: ja, Erdwärmesonden: nein

Hier wäre der Aufwand schon sehr hoch – nicht empfehlenswert. Gesamte Material muss händisch getragen werden – Bohrmaterial Entsorgung schwierig

Kellerbohrungen: Gerade bei älteren Häusern, wo bei Sanierung die Keller teilweise sowieso abgegraben werden müssen, sehe ich schon Potenzial. Wir haben z.b. ein aktuelles Projekt, wo eine Hebebühnen-Garage in einem Gründerzeithaus gemacht wird (ebenerdige Einfahrt, ein Untergeschoß). Wir wollen den Bauprozess der Garage nutzen, um den Keller zu öffnen und somit das Bohrgerät in den Keller setzen können. Dann werden 3 Erdwärmesonden für ein Dachgeschoß hergestellt. Wegen Infrastruktur unterhalb Gebäude machen wir uns wenig Sorgen.

24. Wie muss die Zugänglichkeit des Untergeschoßes sein?

Mit Kettenfahrzeug Gummi 95 cm Breite

Für generalisierte Flächenplanung würde ich behaupten, dass es bei Gründerzeithäusern gute Chancen gibt, im Keller zu bohren, wenn darunter kein drückendes Wasser ist und keine hohe Dichtheit gefordert wird. Die Keller in Gründerzeithäusern sehen alle sehr ähnlich aus. Meist ist hier nur gestampfter Erdboden. Sie werden oft noch abgegraben zur Fundamentverstärkung, wodurch der Platz für ein Kleinbohrgerät gegeben ist. Zur Einschätzung, ob man die Hälfte der Kellerflächen bis 30 m Tiefe als Potenzial für Erdwärmesonden annehmen kann, würde ich definitiv ja sagen, ohne ein bestimmtes Projekt zu kennen.

25. Gibt es Aussagen über die Kosten möglicher Kellerbohrungen im Vergleich zu Bohrungen von Freiflächen? Welche Tiefen können gebohrt werden?

Kommt immer auf Gegebenheiten an. Oft ist die Einrichtung, bis man bohren kann, das teuerste. Spülbohrung bis 50 m

Geringere Tiefen erzielbar

26. Gibt es Kennwerte zum Dieselverbrauch pro lm Bohrung (Durchschnittswert)?

Ganz schwierig, das variiert sehr nach Boden, bei Spülbohrungen sind es oft nur 0,2 l und bei Hammerbohrungen bis zu 30 l pro Meter

27. Gibt es Bohrgeräte mit elektrischem Antrieb? Wenn ja, bis zu welcher Größe und Bohrtiefe?

nein

Gibt es speziell im Tunnelbau, Problem: Strom mind. 50 kW oder mehr an Anschlussleistung

28. Wie wird der Bohraustrag entsorgt (Bauschuttdeponie? gilt er als inertes Material?)

Bohrschlamm, Sandschlamm, Schlitzwandaushub

Je nach Bohrart in Schlammmulden. Meist durch Absaugen der Mulden und dann auf Deponie

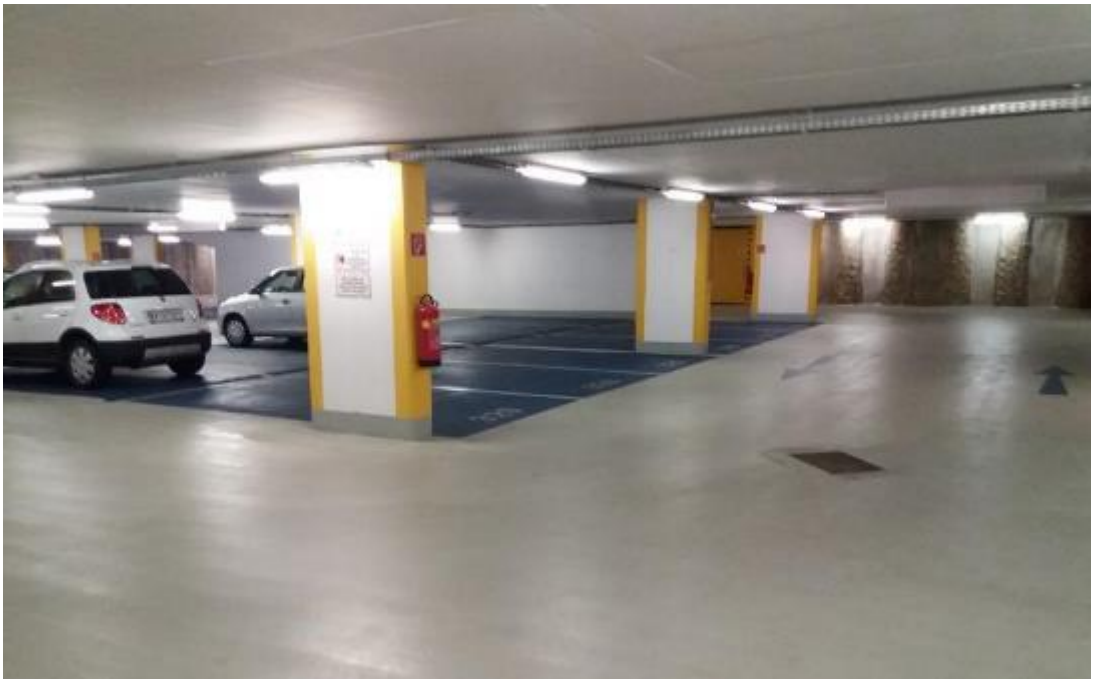
29. Ist es möglich/üblich, die obersten Laufmeter der Bohrung mit Wärmedämmung zu versehen, damit Auswirkungen auf Boden und Vegetation vermieden werden? Um wie viel teurer ist eine derartige Lösung (Annahme Isolierung der obersten 15 bis 20 Meter)?

Isolierung der Rohre ist nicht möglich, da der Bohrdurchmesser 159 mm zu klein ist

15. ANHANG 4 - Fotos vom Testgebiet 5

VertreterInnen des Projektteams bei der Begehung des Testgebiet 5 “Lerchenfelder Gürtel” in 1160 Wien, am 12.11.2019

Vermessung der Zufahrtshöhen und -breiten der Innenhöfe



Tiefgarage unter dem Ludo Hartmann Platz, 1160 Wien

Innenhof an der Thaliastraße, 1160 Wien

Hofeinfahrt in der Fröbelgasse, 1160 Wien

Innenhof in der Hasnergasse, 1160 Wien

Hofzugang in der Haberlgasse, 1160 Wien

Koppstraße stadtauswärts mit Parkstreifen und Alleebäumen