

Schlussbericht, 27. April 2019

# **Bericht «Überprüfung der Auslegungskennwerte zur strategischen Planung von Erdwärmesonden»**

Anwendungsbeispiele des  
grundstücksflächenbezogenen  
Wärmeentzugs



**energie schweiz**

Unser Engagement: unsere Zukunft.

**Autoren**

Dr. Joachim Poppei, CSD Ingenieure AG

Christof Wilhelm, CSD Ingenieure AG

Dr. Valentin Gischig, CSD Ingenieure AG

Dr. Maurus Hess, CSD Ingenieure AG

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.  
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

**Adresse**

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern  
Infoline 0848 444 444. [www.energieschweiz.ch/beratung](http://www.energieschweiz.ch/beratung)  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)

## Zusammenfassung

Die Schweiz ist – erfreulicherweise – bezogen auf die bebaute Fläche Weltmeister in der Nutzung der untiefen Geothermie durch Erdwärmesonden. In dicht-bebauten Wohngebieten gelangt die Technologie aber bereits an Grenzen der verfügbaren Ressourcen. Zur optimalen und gleichberechtigten Nutzung des Untergrundes bedarf es daher – insbesondere bei dichter Nutzung in Wohngebieten mit hoher Bedarfsdichte – neuer Auslegungskriterien, die die Ansprüche bestehender und künftiger nachbarschaftlicher Nutzung hinreichend berücksichtigen.

Die Kommission zur Revision der SIA 384/6 hat sich dieser Problematik angenommen. Huber (Huber Energietechnik Zürich) und Poppei (CSD Ingenieure AG) haben als Kennwert den sog. „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzug“ eingeführt. Dieser lässt sich für ein zu planendes Grundstück oder Versorgungsgebiet aus dem aktuellen oder zu erwartenden Wärmebedarf, aus der effektiven Grundstücksfläche, dem COP der Wärmepumpe und einer zu unterstellenden Wärmebedarfsdeckungsrate ermitteln. Je nach Höhe dieser Kennzahl kann die Raumplanungs- oder Genehmigungsbehörde erhöhte Anforderungen an die Auslegung festlegen, die entweder durch höhere Wärmeträgertemperaturen (also tiefere Erdwärmesonden) oder Regeneration (Wärmeeinspeisung aus Kühlung in der nicht zur Heizung benutzten Jahreszeit) erfüllt werden können. Damit steht den Anlagenplanern (von Erdwärmesonden-Anlagen) oder Energie- und Raumplanern (von Städten und Gemeinden) ein Werkzeug zur Verfügung, die Ressourcen optimal und gerecht in Abhängigkeit von der eigenen Inanspruchnahme zu verwalten. CSD hat in einem Projekt der *energieschweiz* das Verfahren an exemplarischen Wohngebieten der Städte Zürich und Bern getestet.

## Résumé

*La Suisse, et c'est une bonne nouvelle, est le pays au monde qui valorise le mieux la géothermie basse profondeur à l'aide de sondes géothermiques, si on considère la quantité de mètres de forage par rapport à la surface habitable. Ceci étant, dans les zones densément construites, la valorisation de cette ressource arrive déjà à saturation. Afin de garantir une utilisation thermique du sous-sol qui soit optimale et équitable pour tous, il est donc nécessaire de définir des nouveaux critères de déploiement des sondes. Ceci est surtout vrai dans les zones d'habitation denses, qui présentent des besoins thermiques conséquents. Dans ces zones, les critères de déploiement devront suffisamment bien tenir compte, aussi bien des besoins des installations existantes, que des besoins des futures installations voisines.*

*La commission qui s'occupe de la révision de la norme SIA 384/6 s'est saisie de cette problématique. Huber (Huber Energietechnik Zürich) et Poppei (CSD Ingénieur SA) ont introduit une valeur caractéristique définissant la Chaleur extraite par unité de surface de terrain. Cette valeur peut être déterminée, pour un terrain ou une zone, à partir des besoins de chaleur actuels ou futurs, de la surface effective du terrain (ou de la zone), du COP de la pompe à chaleur, et de la fraction de chaleur à fournir avec la pompe à chaleur. Selon la valeur obtenue, les autorités compétentes*

*peuvent alors poser des exigences plus élevées par rapport au dimensionnement et au déploiement des sondes, comme par exemple des températures plus élevées pour le fluide caloporteur (grâce à des sondes plus profondes), ou encore de la régénération estivale du sous-sol. Ainsi, les ingénieurs en charge du dimensionnement des sondes, ainsi que les autorités en charge de l'énergie ou de l'urbanisme (des villes et des communes), ont à disposition un outil qui permet de gérer l'utilisation du sous-sol de façon optimale et adéquate. CSD a expérimenté l'outil dans le cadre d'un projet de SuisseEnergie, dans des quartiers des villes de Zurich et Berne.*

# Inhalt

|          |                                                                                                                   |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung und Aufgabenverständnis .....</b>                                                                   | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>„Grundstücksflächenbezogener Wärmeentzug“ und erhöhte Anforderungen.....</b>                                   | <b>8</b>  |
| <b>3</b> | <b>Exemplarische Anwendung auf zwei Wohnzonen in der Stadt Zürich .....</b>                                       | <b>10</b> |
| 3.1      | Charakterisierung der Wohnzonen .....                                                                             | 10        |
| 3.2      | Exemplarische Anwendung des „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzugs“ auf die<br>zwei Wohngebiete in Zürich..... | 15        |
| <b>4</b> | <b>Exemplarische Anwendung auf eine Wohnzone in Bern.....</b>                                                     | <b>20</b> |
| <b>5</b> | <b>Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....</b>                                                                   | <b>23</b> |
| <b>6</b> | <b>Literatur.....</b>                                                                                             | <b>24</b> |

# 1 Einleitung und Aufgabenverständnis

Die Schweiz ist – bezogen auf die bewohnte Grundfläche des Landes – Weltmeister in der Nutzung der untiefen Geothermie durch Erdwärmesonden (EWS). Derzeit werden ausserhalb von Fernwärmegebieten in der Stadt Zürich etwa 2/3 aller Neubauten durch erdgekoppelte Wärmepumpen versorgt. Das BFE unterstützt mit energieschweiz diese zukunftssträchtige, energiesparende und umweltfreundliche Entwicklung.

Die Chance der zunehmenden Erdwärmenutzung ist aber auch mit Risiken im Bereich der Qualitätssicherung verbunden. Diese ist in der Erdwärmenutzung dank zahlreichen Forschungsprojekten und einer guten Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Akteuren mittlerweile auf einem hohen Niveau. Die positive Entwicklung in der Qualität darf nicht durch den wachsenden Kostendruck gegenüber anderen Heizsystemen beeinträchtigt werden.

Mit der zunehmenden Verdichtung gelangen auch Fragen der nachhaltigen und gleichberechtigten Nutzung des Untergrunds in den Fokus. Konkurrierende Ansprüche bedürfen einer strategischen Planung. Exemplarisch dazu ist die Ausgangslage in der Stadt Zürich mit heute über 7'000 Erdwärmesonden. Gemäss vorliegenden Gesamtenergiekonzepten ist ein Zubau der Erdwärmenutzung von der derzeit 120 GWh auf 450 GWh geplant, was etwa eine Vervierfachung des Wärmeentzuges zur Folge haben wird.

Ein wichtiger Aspekt einer nachhaltigen Erdwärmenutzung ist die Regeneration des Untergrunds, also die Einspeisung von Wärme (z.B. Abwärme aus Gebäudekühlung oder solar erzeugter Wärme). Der vorliegende Bericht nimmt die Möglichkeit der Regeneration mit auf, diskutiert aber nicht die einzelnen technischen Möglichkeiten, deren Vor- und Nachteile sowie deren Effizienzgewinne, die sich zwischen Einzelsonden und Sondenfeldern unterscheiden.

CSD und Huber Energietechnik haben sich in 2018 im Auftrag des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich mit der strategischen Planung von EWS befasst und dazu einen Bericht erstellt (Poppei/Huber 2018 im Auftrag der Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich). Der vorliegende Bericht baut auf diesem Bericht auf, welcher u.a. einen Vorschlag zur künftigen Berücksichtigung wachsender Ansprüche in Wohnzonen enthält, wo in der Regel kein (namhafter) Kältebedarf besteht und eine Sondenregeneration nicht aus anderen Gründen sowieso erfolgt. Das Verfahren basiert auf einer neuen Planungskennziffer, dem sogenannten „Grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzug“, und berücksichtigt erhöhte Anforderungen an den Untergrund in Abhängigkeit von der Ausnützungsziffer in Bauzonen und Zuwachsraten<sup>1</sup>. Das Verfahren wurde bisher noch nicht an konkreten Gebieten überprüft.

Mit der vorliegenden Studie wird der „Grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzug“ anhand des Gebäudeparkmodells der Stadt Zürich sowie einer Wohnzone der Stadt Bern auf die Praxistaug-

---

<sup>1</sup> In diesem Bericht wird – wie bei der Auslegung von EWS i.A. – ausschliesslich ein konduktiver Wärmeentzug aus dem (trockenen) Gestein unterstellt. Grundwasserflüsse, die u.U. zur Regeneration beitragen können, werden nicht betrachtet

lichkeit dieser strategischen Planungskennzahl überprüft. Zusätzlich werden praktische Handlungsempfehlungen zur Umsetzung/Anwendung aufgearbeitet.

Der Bericht gliedert sich in eine kurze Beschreibung des „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzugs“ (Kap. 2), zeigt die Konsequenzen der Anwendung der Bemessungsgrösse an zwei ausgewählten Gebieten der Stadt Zürich (Kap. 3) und einer Wohnzone der Stadt Bern (Kap. 4) und schliesst mit Schlussfolgerungen und Empfehlungen (Kap. 5).

Die vorliegende Studie zeigt, dass sicher das neue Instrument „Grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzug“ zur strategischen Planung eignet. Durch die Aufnahme dieses Instrumentes in die Norm SIA 384/6 kann dieses Instrument allen Kantonen und Gemeinden zur strategischen Planung zur Verfügung stehen. Die Norm ist zum Zeitpunkt dieser Arbeit in Überarbeitung und die Vernehmlassung ist auf Mitte 2019 geplant.

## 2 „Grundstücksflächenbezogener Wärmeentzug“ und erhöhte Anforderungen

Der „grundstücksflächenbezogene Wärmeentzug“ ( $p_{GSF}$ ), , basiert auf dem aktuellen Wärme- und Warmwasserbedarf eines Gebäudes ( $Q_{H,li}$ ;  $Q_W$ ) pro Energiebezugsfläche, der zum Gebäude gehörenden effektiven Grundstücksfläche ( $GSF_{eff}$ ), einer angenommenen mittleren Leistungszahl der Wärmepumpe ( $COP$ ) und einer angenommenen Deckungsrate an EWS-Nutzung  $f_{ZB}$ :

$$p_{GSF} = (Q_{H,li} + Q_W) \cdot \frac{A_E}{GSF_{eff}} \cdot \frac{COP - 1}{COP} \cdot f_{ZB} \quad \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]$$

|             |     |                                                                                   |
|-------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_{H,li}$  | ... | Raumwärmebedarf bezogen auf die Energiebezugsfläche [kWh/m <sup>2</sup> ]         |
| $Q_W$       | ... | Warmwasserbedarf bezogen auf die Energiebezugsfläche [kWh/m <sup>2</sup> ]        |
| $A_E$       | ... | Energiebezugsfläche [m <sup>2</sup> ]                                             |
| $GSF_{eff}$ | ... | effektive Grundstücksfläche [m <sup>2</sup> ], s.u.                               |
| $COP$       | ... | Leistungszahl der Wärmepumpe ( <i>Coefficient of performance</i> ) [-]            |
| $f_{ZB}$    | ... | geplanter geothermischer Deckungsanteil (einer Wohnzone oder eines Quartiers) [-] |

Für die langfristige Belastbarkeit von Erdwärmesonden sind nicht nur die Grösse der Grundstücksfläche ( $GSF$ ) selbst, sondern auch die angrenzenden Strassenflächen ( $ASF$ ) und nicht bebaubaren Flächen ( $AFF$ ) einzurechnen. Entsprechend (Poppei/Huber 2018) wird die effektive Grundstücksfläche  $GSF_{eff}$  wie folgt definiert:

$$GSF_{eff} = GSF + ASF + AFF \quad [m^2]$$

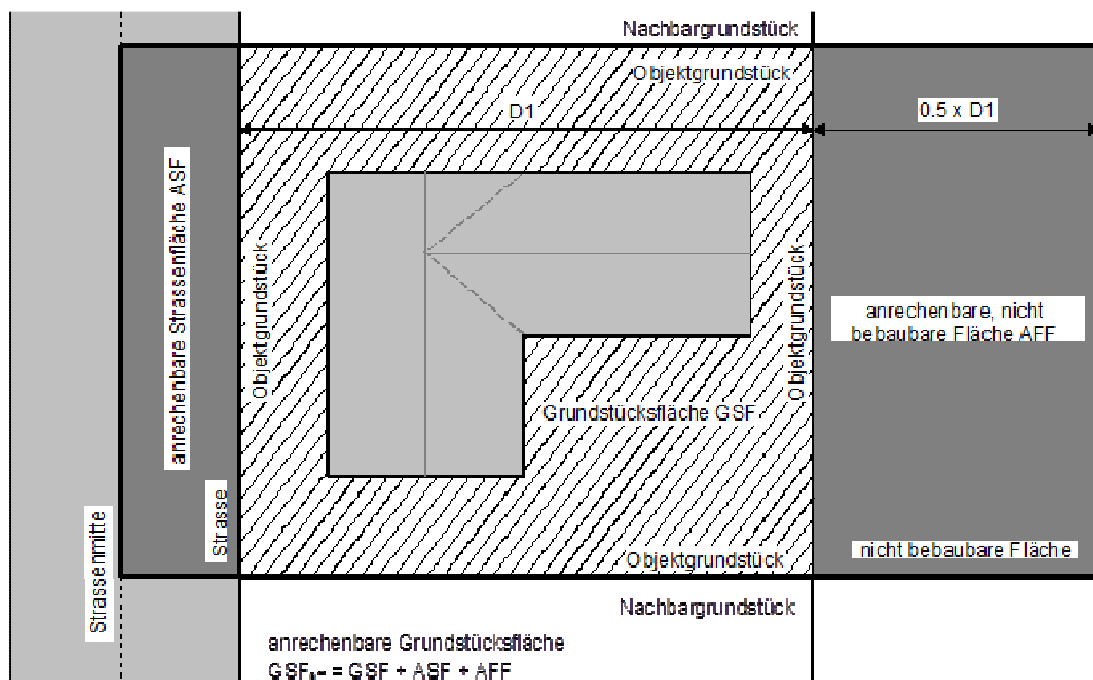




Abbildung 1: Berechnungsbeispiel der effektiven Grundstücksfläche  $GSF_{eff}$  (aus Poppei/Huber 2018)

Da die Wärmebedarfskennwerte  $Q_{H,li} + Q_W$  auf die Energiebezugsfläche  $A_E$  skaliert sind (in  $kWh/m^2$ ) und das Verhältnis  $A_E/GSF_{eff}$  diese Bezugsfläche im Zähler enthält, ist die explizite Ermittlung der Energiebezugsfläche  $A_E$  nicht erforderlich.

Die Deckungsrate<sup>2</sup>  $f_{ZB}$  impliziert eine prognostische, wahrscheinliche oder angestrebte höhere Nutzung des Untergrunds durch EWS in der Zukunft. Ist diese Null (wird also unabhängig von der aktuellen Situation keine weitere Nutzung erwartet oder geplant), bedarf es keiner weiteren Anforderungen. Bei einer vollständigen Bedarfsdeckung ist sie 1.

Mit dem „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzug“ lässt sich anhand von Modellszenarien berechnen, welche Auswirkung der Wärmeentzug auf die Temperatur einer benachbarten (auch möglicherweise noch nicht existenten) EWS hat<sup>3</sup>.

Der nachbarschaftlichen Beeinflussung durch geringere Bodentemperaturen lässt sich im Prinzip durch zwei Massnahmen entgegentreten:

- a) durch höhere Auslegungstemperaturen: Das macht grössere Sondenlängen erforderlich und reduziert entsprechend den spezifischen Wärmeentzug in  $W/m$  oder
- b) durch Regeneration: Einspeisung von Wärme während der nicht zur Beheizung benötigten (Jahres-) Zeit, z.B. aus der Gebäudekühlung.

Der Vorschlag zur Revision der SIA 384/6 sieht vier Kategorien (R1 bis R4) mit steigenden Anforderungen vor (Tabelle 1)<sup>4</sup>.

Die Auslegungstemperaturen sind die mittleren Temperaturen des Wärmeträgers (Mittelwert aus Vor- und Rücklauf nach 50 Jahren Betriebszeit). Die Regenerationsrate bezeichnet das prozentuale Verhältnis der über das Jahr eingetragenen zur entnommenen Energie.

Mit dem Vorschlag wird es bei erhöhten Anforderungen dem Planer überlassen, den spezifischen Wärmeentzug zu reduzieren (durch entsprechende Erhöhung der Sondentiefe) oder die Gebäudekühlung oder anderweitige Wärmeeinspeisung (zur Regeneration) im Konzept zu berücksichtigen.

<sup>2</sup> In einer frühen Diskussion, so auch in (Poppei/Huber 2018), wurde diese Rate als „Zubaurate“ bezeichnet. Da dieser Begriff irreführend sein kann, wurde er hier durch den Begriff „(geothermische) Deckungsrate“ ersetzt, der den Anteil des Wärme- und Warmwasserbedarfs charakterisiert, der durch erdwärmegekoppelte Wärmepumpen gedeckt wird.

<sup>3</sup> Dazu wird ein Standardausbau und –lastprofil, 200 m Teufe und 20 m interner Abstand zugrunde gelegt (s. Poppei/Huber 2018).

<sup>4</sup> Der Vorschlag zur Revision lässt ausdrücklich zu, dass davon abweichende Ziele in einem Planungsvertrag mit dem Bauherren vereinbart werden können.

|                              | <b>R1</b><br>(keine erhöhten<br>Anforderungen) | <b>R2</b><br>(erhöhte<br>Anforderung) | <b>R3</b><br>(stark erhöhte<br>Anforderung) | <b>R4</b><br>(Regenerations-<br>pflicht) |
|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| ohne Regeneration            | -1.5°C                                         | 0°C                                   | +1.5°C                                      | -                                        |
| mit Regenerationsrate 20%    | -1.5°C                                         | -0.5°C                                | +0.8°C                                      | -                                        |
| mit Regenerationsrate 40%    | -1.5°C                                         | -1.0°C                                | 0°C                                         | +1.5°C                                   |
| mit Regenerationsrate 60%    | -1.5°C                                         | -1.5°C                                | -1°C                                        | 0°C                                      |
| mit Regenerationsrate >= 80% | -1.5°C                                         | -1.5°C                                | -1.5°C                                      | -1.5°C                                   |

Tabelle 1: Vorschlag zu Sondenregeneration und/oder erhöhten Auslegungstemperaturen in Kategorien

### 3 Exemplarische Anwendung auf zwei Wohnzonen in der Stadt Zürich

#### 3.1 Charakterisierung der Wohnzonen

Nach Absprache mit der Energiefachstelle der Stadt Zürich wurden Beispielgebiete evaluiert, in denen gewässerschutzrechtliche Gründe EWS nicht verbieten und die nicht für eine Fernwärmeversorgung vorgesehen sind. Von sieben möglichen Zonen wurden letztlich zwei ausgewählt, die sich durch unterschiedliche, aber repräsentative Wärmebedarfsdichten auszeichnen: eine Wohnzone in Witikon am Stadtrandbereich mit EFH-Bebauung und eine Wohnzone in Altstätten-Albisrieden mit einem Gartenstadtquartier. Abbildung 3 und Abbildung 2 zeigen ein Luftbild und einen Grundstücksplan mit derzeit existierenden EWS in Witikon, Abbildung 4 und Abbildung 5 entsprechend jene von Altstätten-Albisrieden. Die rot eingefärbten Gebiete in Abbildung 4 und Abbildung 5 (nördlich der Badenerstrasse) gehören zu Bereichen, in denen aus gewässerschutzrechtlichen Gründen EWS nicht genehmigungsfähig sind.



Abbildung 3: Luftbild des Wohngebietes in Witikon (Orthofoto Swissimage 2013)

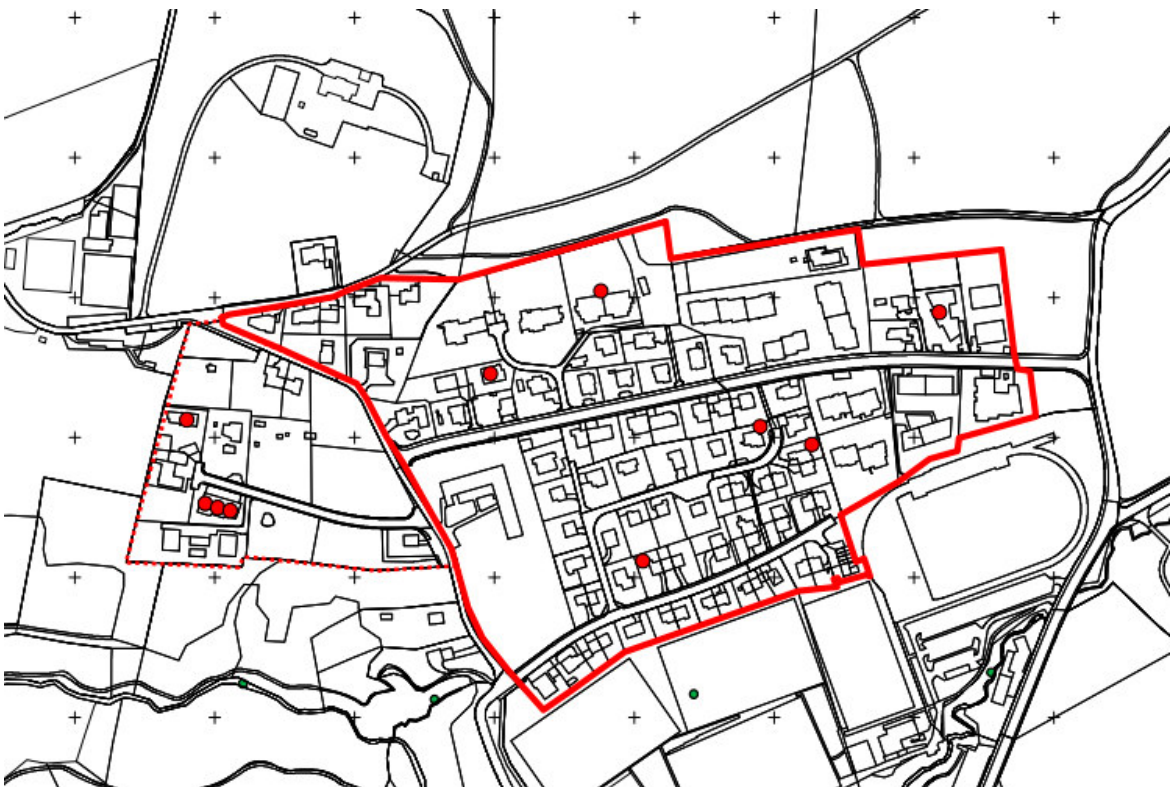


Abbildung 2: Grundstücksplan des Wohngebietes in Witikon und existierende EWS





Abbildung 4: Luftbild des Wohngebietes in Altstätten-Albisrieden (Orthofoto Swissimage 2013); rot: EWS nicht genehmigungsfähig

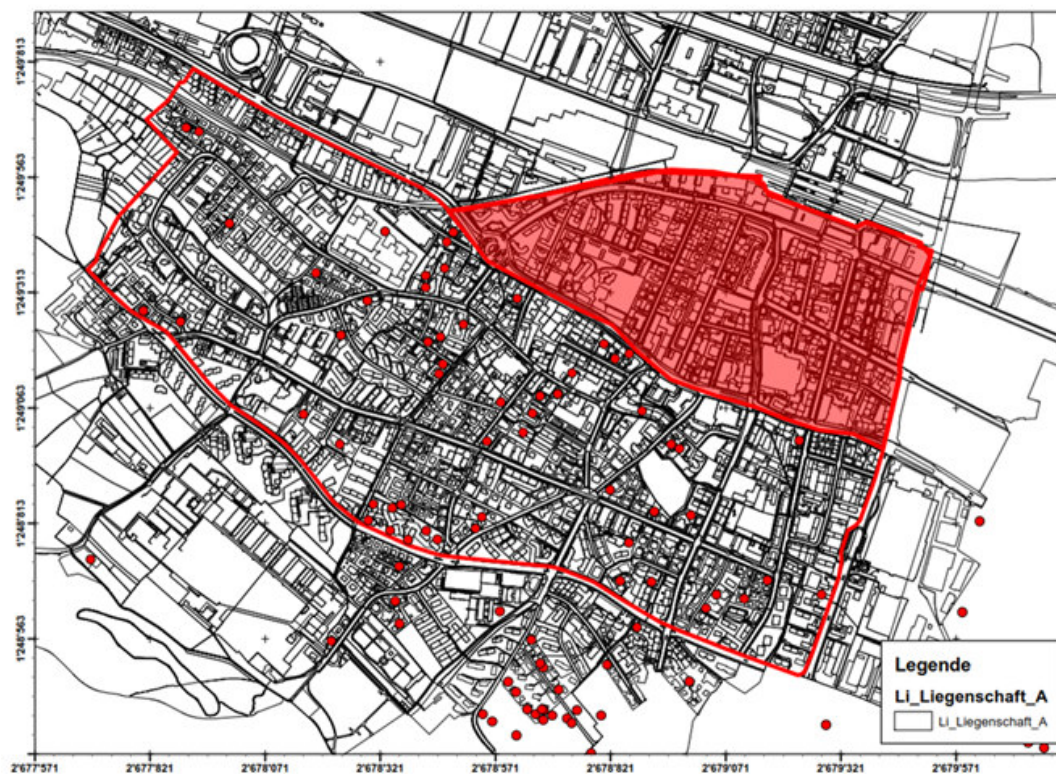


Abbildung 5: Grundstücksplan des Wohngebietes in Altstätten-Albisrieden und existierende EWS

In Witikon (Fläche des Untersuchungsperimeters ca. 11 ha) beträgt der Wärme- und Warmwasserbedarf derzeit ca. 4'700 MWh/a (430 MWh/ha a). Es ist beabsichtigt, die Wohnzone von W2 auf W3 aufzuzonen, ohne dass sich dabei bis 2050 der Wärmebedarf deutlich erhöht. Derzeit existieren im Gebiet bereits 20 EWS an 13 Standorten (stetig erweitert seit Beginn in 2001) mit Tiefen zwischen 87 und 275 m, die entsprechend Datensatz der Stadt Zürich (EWS ZH 2018) im Auslegungsfall ca. 170 kW Wärme entziehen.

Aus den Angaben der Datei (EWS ZH 2018) mit den Koordinaten der EWS<sup>5</sup>, den Zeitpunkten ihrer Inbetriebnahme, Entzugsleistung und Teufe lässt sich berechnen, welcher „Abkühlungstrichter“ sich langfristig einstellen wird. Die Berechnung basiert auf einem Octave-Programm des AHB ZH (2018). Abbildung 6 zeigt exemplarisch die Temperaturabsenkung in 100 m Tiefe für das Jahr 2034 unter Berücksichtigung der unterschiedlichen bisherigen Betriebsdauer der Sonden. Diese Information wird zur Ermittlung der erhöhten Anforderungen nach Kap. 2 nicht benötigt und dient hier nur zur Illustration der zu erwartenden Verhältnisse aufgrund der aktuellen Nutzung.

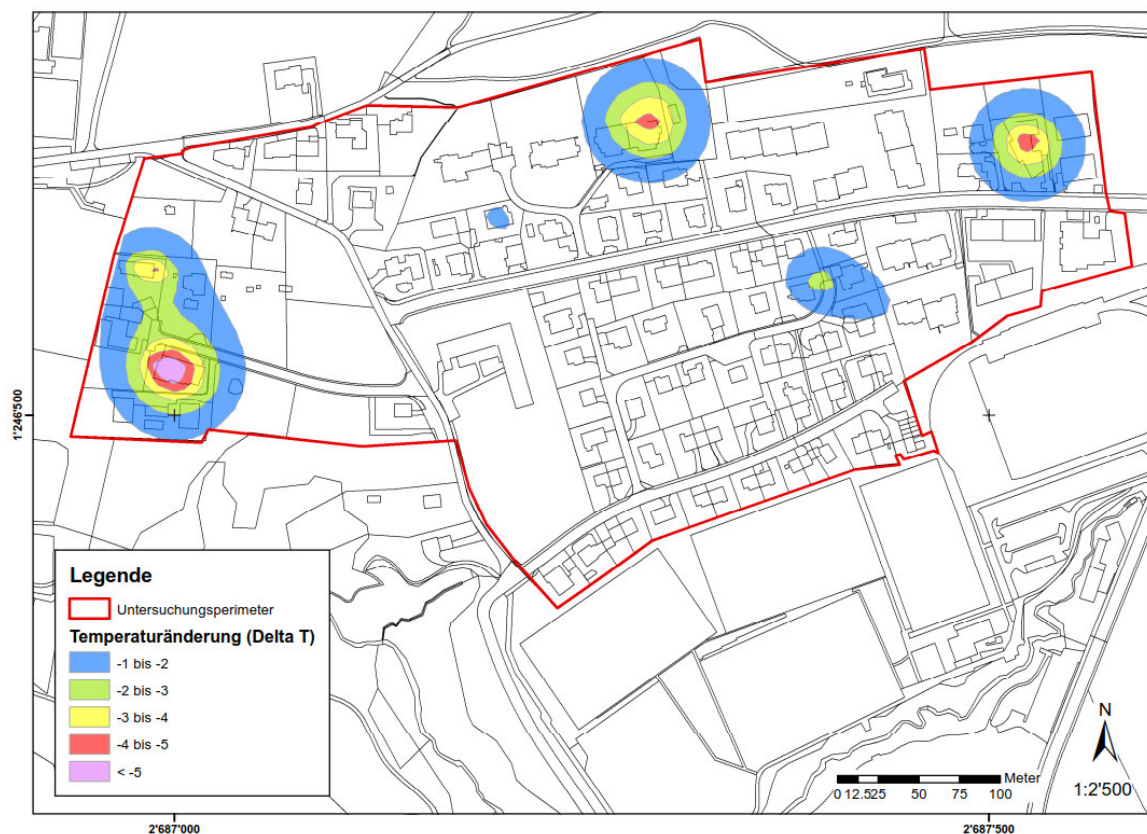


Abbildung 6: berechnete Temperaturabsenkung in 100 m Tiefe ab OK Terrain um derzeit existierende EWS in Witikon im Jahr 2034

<sup>5</sup> Bei mehreren EWS an einem Standort ist nur eine Koordinate erfasst. Es wird der Einfachheit halber angenommen, dass die Sonden im Feld am Standort einen internen Abstand von einheitlich 10 m aufweisen.



Das Gartenstadtquartier in Altstätten-Albisrieden hat einen Wärme- und Warmwasserbedarf von ca. 150 GWh/a<sup>6</sup> (ca. 1'500 MWh/ha a). Eine Fernwärmeversorgung ist derzeit in Prüfung. Im Gebiet existieren bereits 309 EWS an 45 Standorten (EWS ZH 2018). Die EWS zwischen 100 und 300 m Länge entziehen derzeit 2.4 MW Wärme (und decken damit ca. 4% des Wärmebedarfs, einschliesslich jener Gebiete, in denen EWS nicht genehmigungsfähig sind), ca. 600 kW Abwärme wird in den Untergrund eingespiesen.

Die mit dem derzeitigen Bestand (wiederum mit Vereinfachungen der konkreten Felder) für das Jahr 2034 berechnete Temperaturabsenkung, wiederum in 100 m Tiefe, zeigt einige Gebiete, die entsprechend übernutzt werden (Abbildung 7).

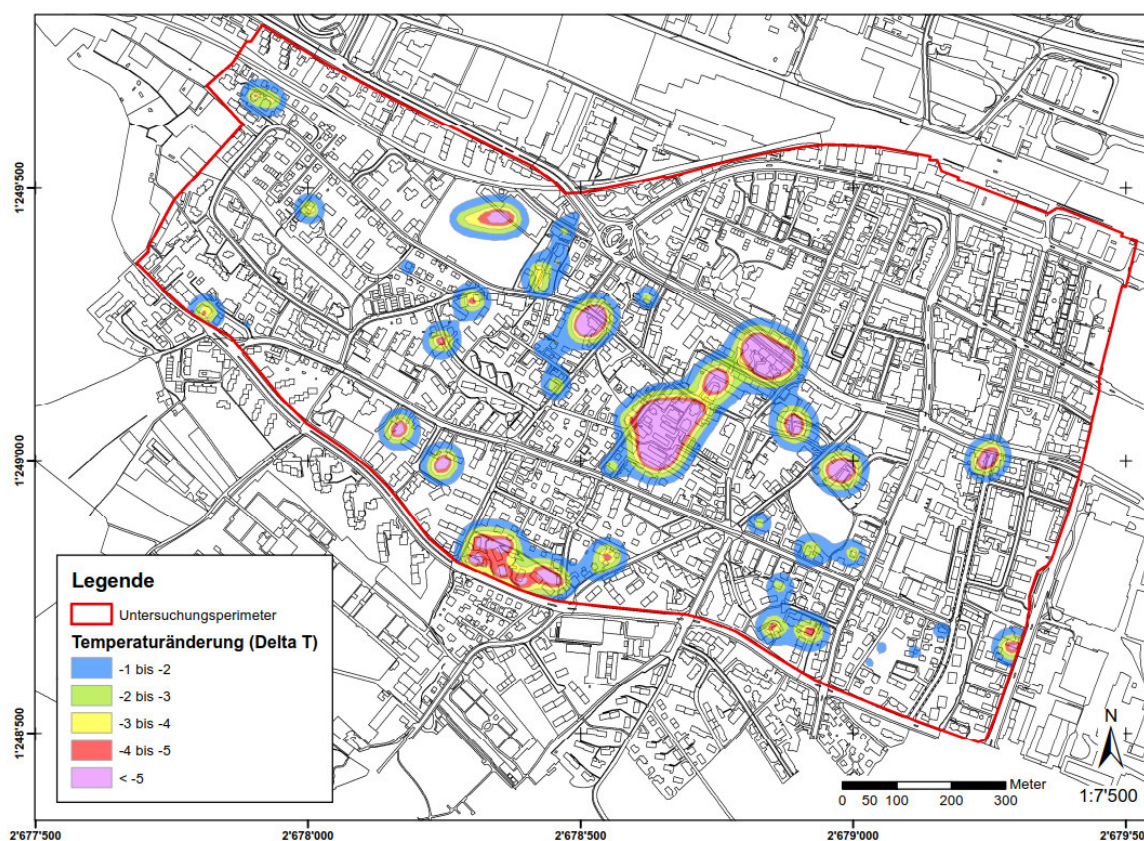


Abbildung 7: berechnete Temperaturabsenkung um derzeit existierende EWS in Altstätten-Albisrieden im Jahr 2034

<sup>6</sup> Für das Jahr 2050 wird ein Wärme- und Warmwasserbedarf von 128 GWh/a prognostiziert.

### 3.2 Exemplarische Anwendung des „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzugs“ auf die zwei Wohngebiete in Zürich

Die Datenbank des Gebäudeparkmodells der Stadt Zürich (GPM 2017) gibt uns den derzeitigen und für das Jahr 2050 erwarteten Wärmebedarf der Gebäude. Das Liegenschaftskataster (DM01AV 2018) liefert die dazugehörigen Grundstücksflächen. Vereinfachend gehen wir davon aus, dass überall 115% der zu dem Gebäude gehörenden Grundstücksfläche die effektive Grundfläche  $GSF_{eff}$  ausmacht (15% Strassen- und nicht-bebaubare Flächen) und einem COP von 4. Betrachtet werden nachfolgend drei Szenarien:

- Wärmebedarf von 2020 und 10% Deckungsrate
- Wärmebedarf von 2020 und 40% Deckungsrate
- Wärmebedarf von 2050 und 40% Deckungsrate.

Abbildung 8 bis 9 zeigen die resultierende Kategorisierung der Grundstücksflächen in Witikon nach den Kategorien gemäss Tabelle 1. Abbildung 11 bis Abbildung 13 zeigen die entsprechende Kategorisierung für den Untersuchungsperimeter in Altstätten-Albisrieden.

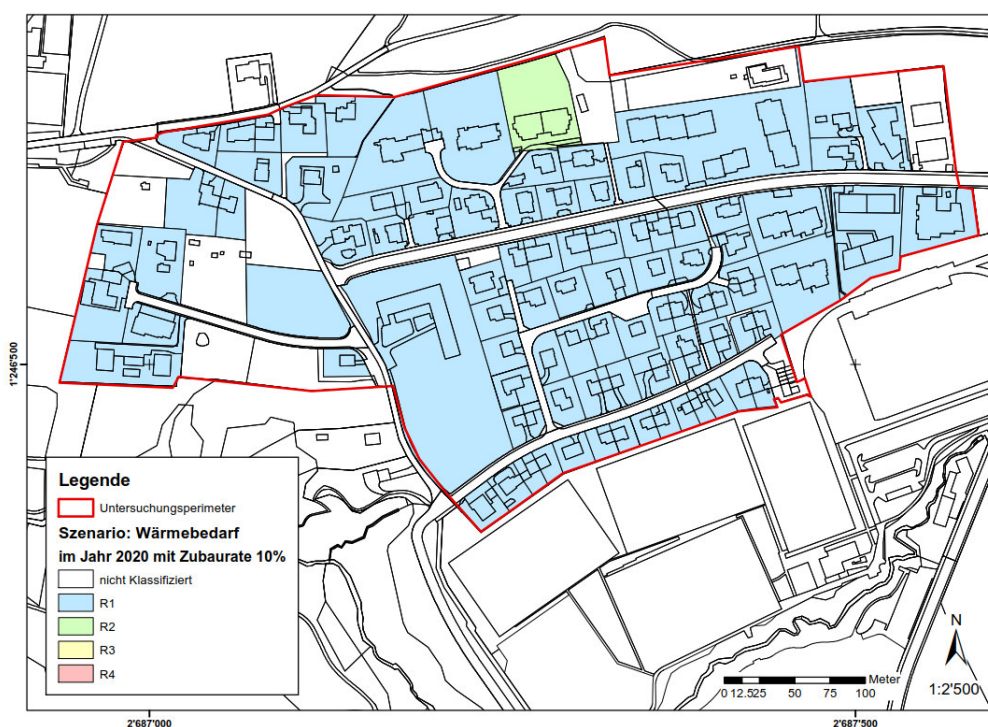


Abbildung 8: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2020 und 10% Deckungsrate in Witikon



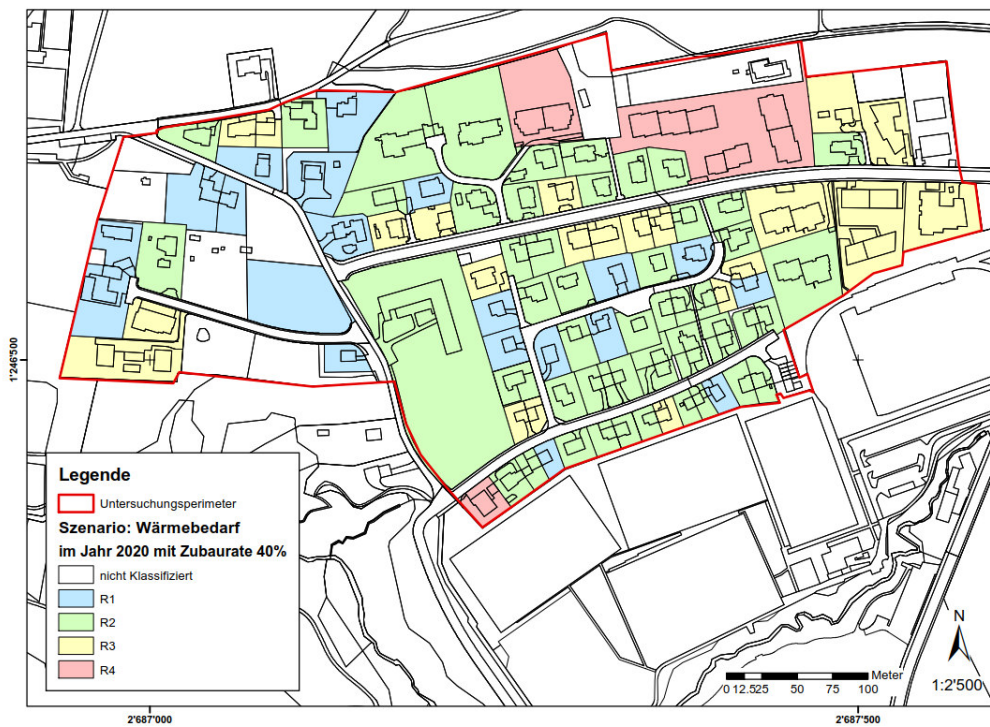


Abbildung 9: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2020 und 40% Deckungsrate in Witikon

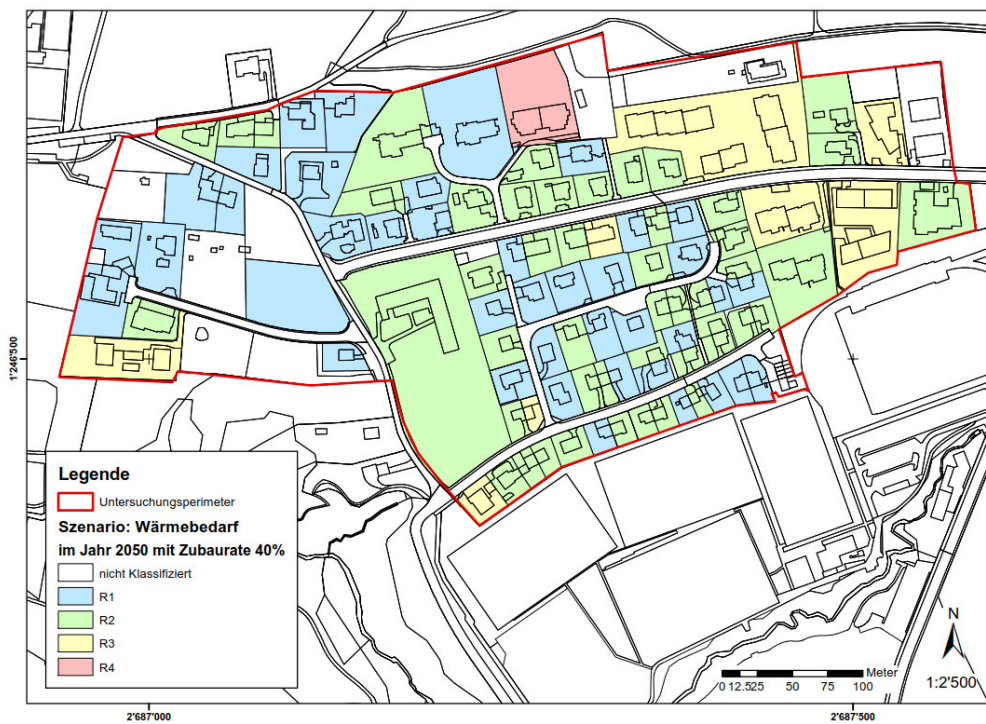


Abbildung 10: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2050 und 40% Deckungsrate in Witikon



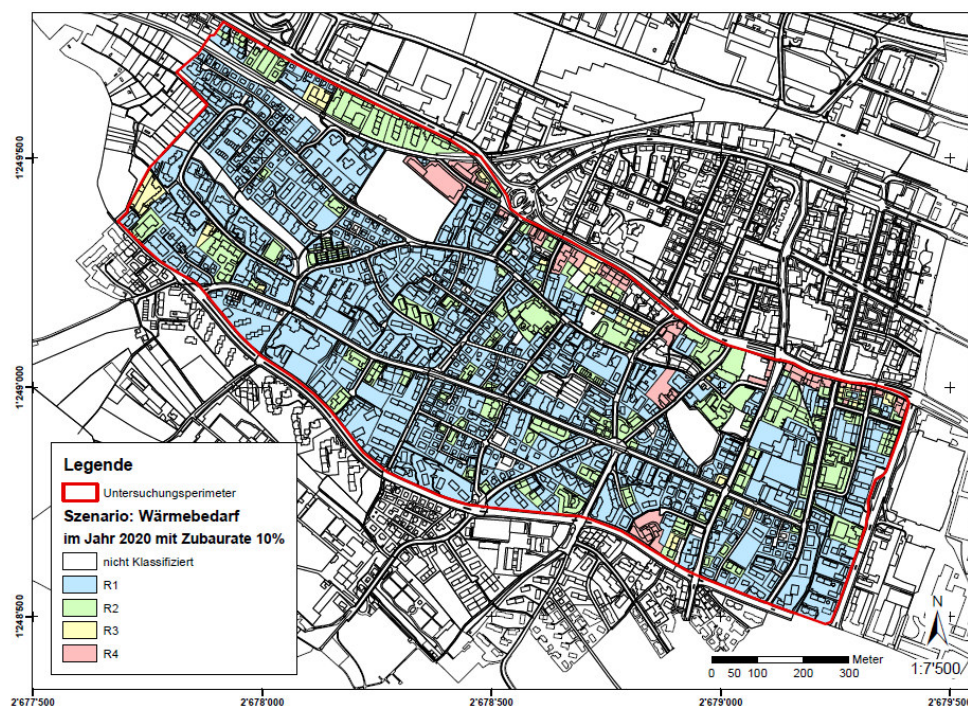


Abbildung 11: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2020 und 10% Deckungsrate in Altstätten-Albisrieden

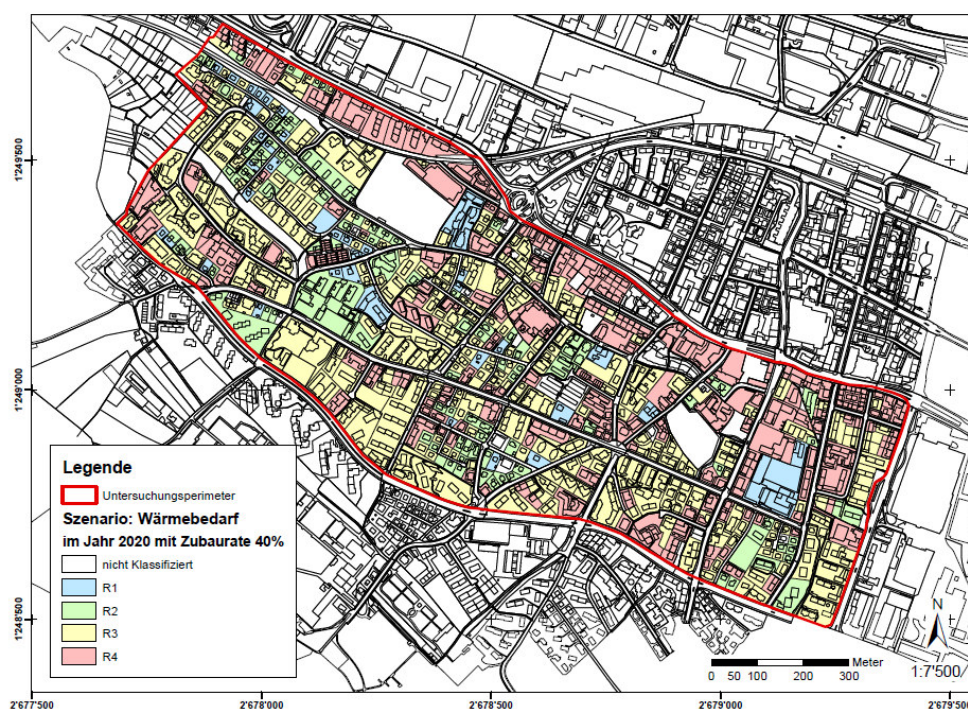


Abbildung 12: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2020 und 40% Deckungsrate in Altstätten-Albisrieden



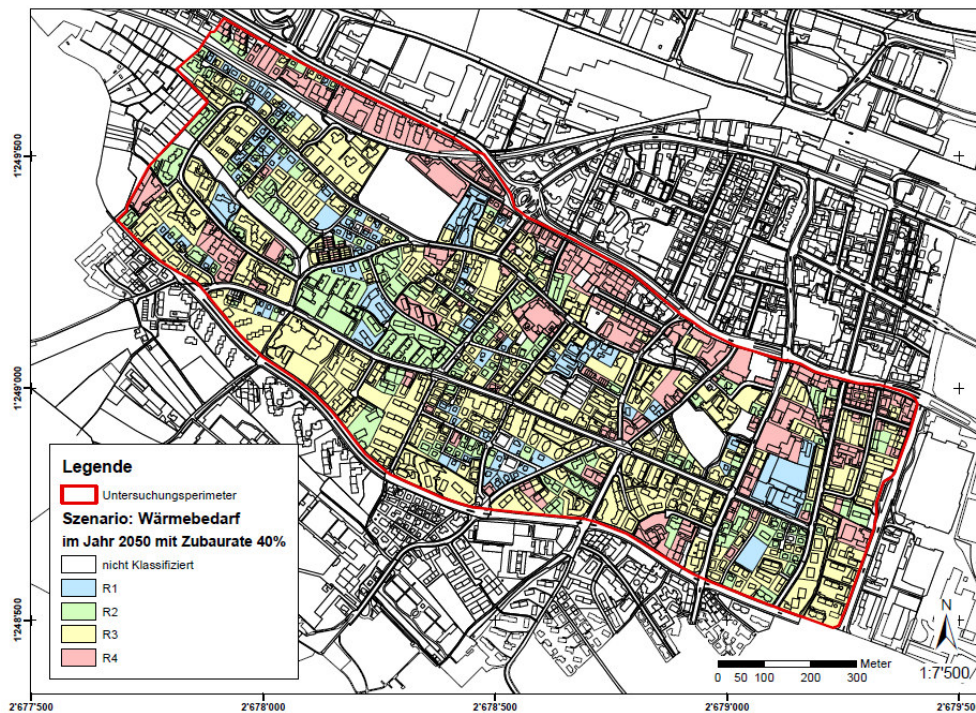


Abbildung 13: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2050 und 40% Deckungsrate in Altstätten-Albisrieden

Es wird deutlich, dass die Bebauungsdichte (und damit Wärmebedarfsdichte) einen erheblichen Einfluss hat: In Witikon wären bei 10% Deckungsrate noch 86% der Grundflächen ohne Anforderungen, in Altstätten-Albisrieden 60%.

Bei einer Deckungsrate von 40% wären in Witikon etwa 40% (42% bei heutigem Bedarf, 38% bei prognostiziertem Bedarf von 2050) der Kategorie R2 (erhöhte Anforderungen) zuzuordnen. Je nach Prognose wären 8% oder 1% der Fläche der Kategorie „Regerationspflichtig“ (R4) zuzurechnen (Abbildung 13).

In Altstätten-Albisrieden wären bei einem Deckungsanteil von 40% etwa 20% der Gesamtfläche (30% der Grundstücke) regenerationspflichtig (R4; Abbildung 14). Der grösste Teil der Flächen (knapp 40%) wäre stark erhöhten Anforderungen (R3) zuzurechnen.

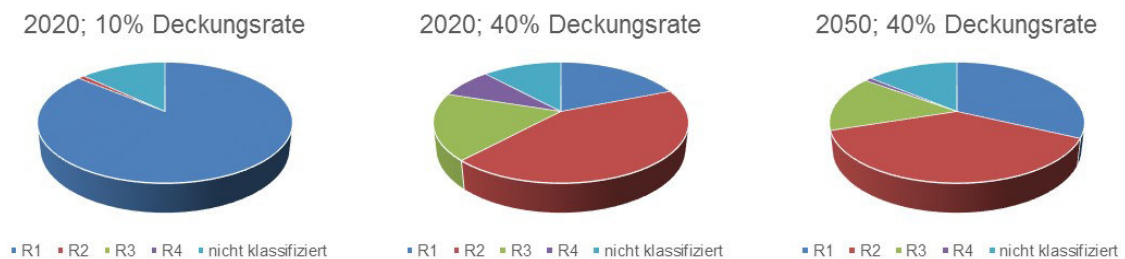


Abbildung 14: Anteil der Grundstücksflächen der drei Szenarien in Witikon

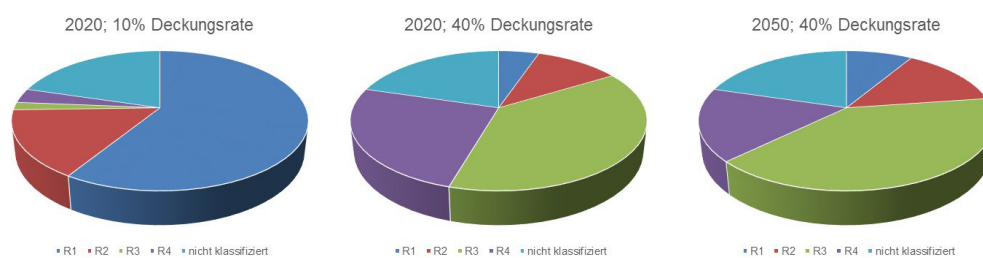


Abbildung 15: Anteil der Grundstücksflächen der drei Szenarien in Altstätten-Albisrieden

## 4 Exemplarische Anwendung auf eine Wohnzone in Bern

In Absprache mit dem Amt für Umweltschutz, Direktion für Sicherheit, Umwelt und Energie der Stadt Bern, wurde ebenfalls ein exemplarisches Wohngebiet ausgesucht. Es handelt sich um einen Teil des Wylergut-Quartiers (je ein Teilgebiet nördlich des Sustenwegs (Bereich 1) und Bebauung zwischen Sustenweg und Grimselstrasse (Bereich 2)).

Die Bebauung ist durch 2- bis max. 4-stöckige Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser charakterisiert und hat eine mittlere Wärmebedarfsdichte von 300 bis 400 MWh/ha a.:

Bereich 1 (nördlich des Sustenwegs):

Gesamtfläche: 11.16 ha, Gesamtwärmebedarf: 3'428 MWh/a

Bereich 2 (zwischen Sustenweg und Grimselstrasse):

Gesamtfläche: 11.43 ha, Gesamtwärmebedarf: 4'381 MWh/a

Gemäss Richtplan ist der Einsatz von Erdwärmesonden geplant. Derzeit sind in den beiden Bereichen auf insgesamt 24 Grundstücken EWS installiert (die genaue Anzahl ist nicht bekannt), die etwa 670 MWh/a des Bedarfs (ca. 9%) decken. Die Berechnung des „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzugs“ und Klassifizierung entsprechend den vier o.g. Kategorien erfolgt für drei prognostizierte Deckungsraten (unabhängig von der derzeitigen Bedarfsdeckung): 10%, 20% und 40% des Wärmebedarfs.

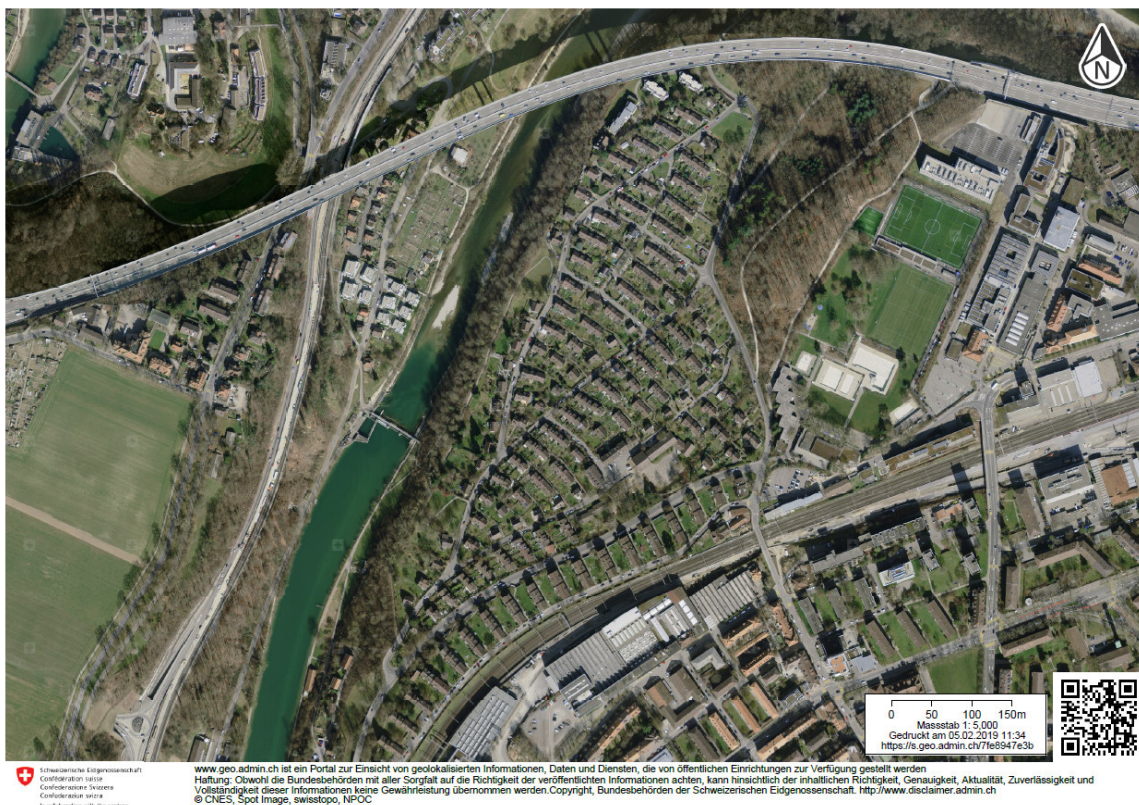


Abbildung 16: Luftbild des Wylergut-Quartiers (www.geo.admin.ch)



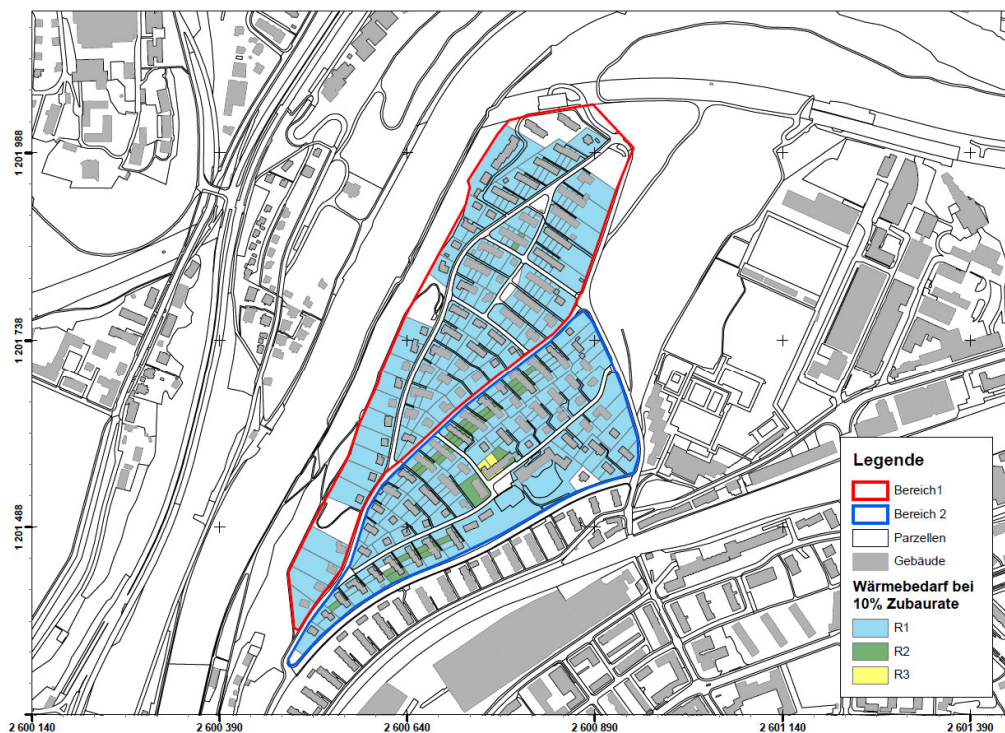


Abbildung 17: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2020 und 10% Deckungsrate im Wylergut-Quartier, Bern

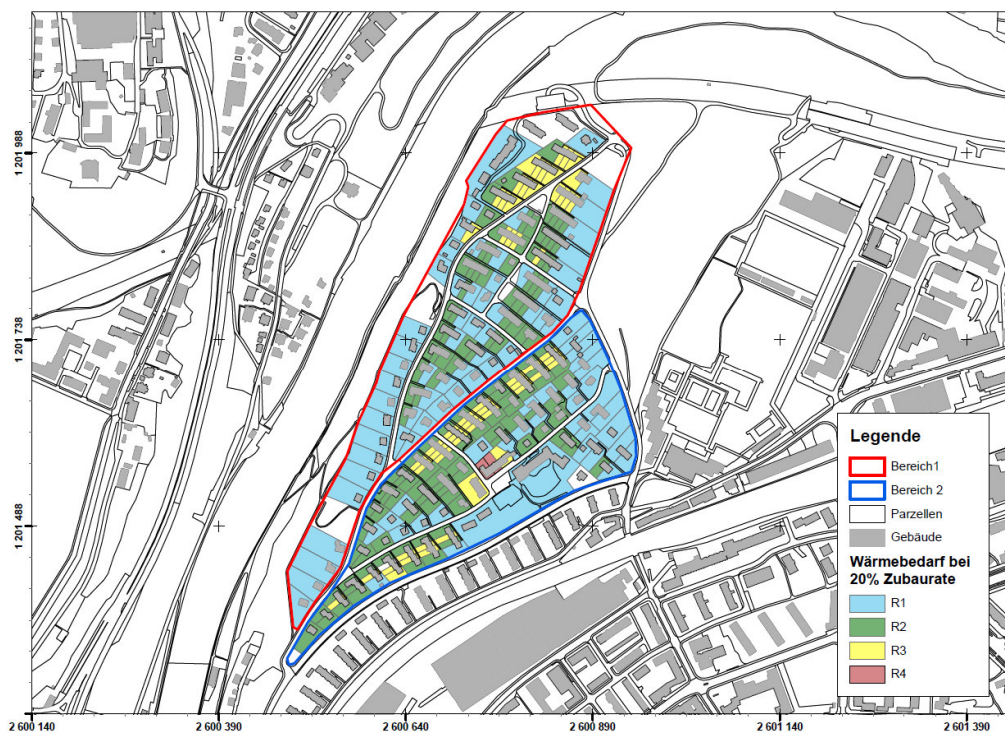


Abbildung 18: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2020 und 20% Deckungsrate im Wylergut-Quartier, Bern



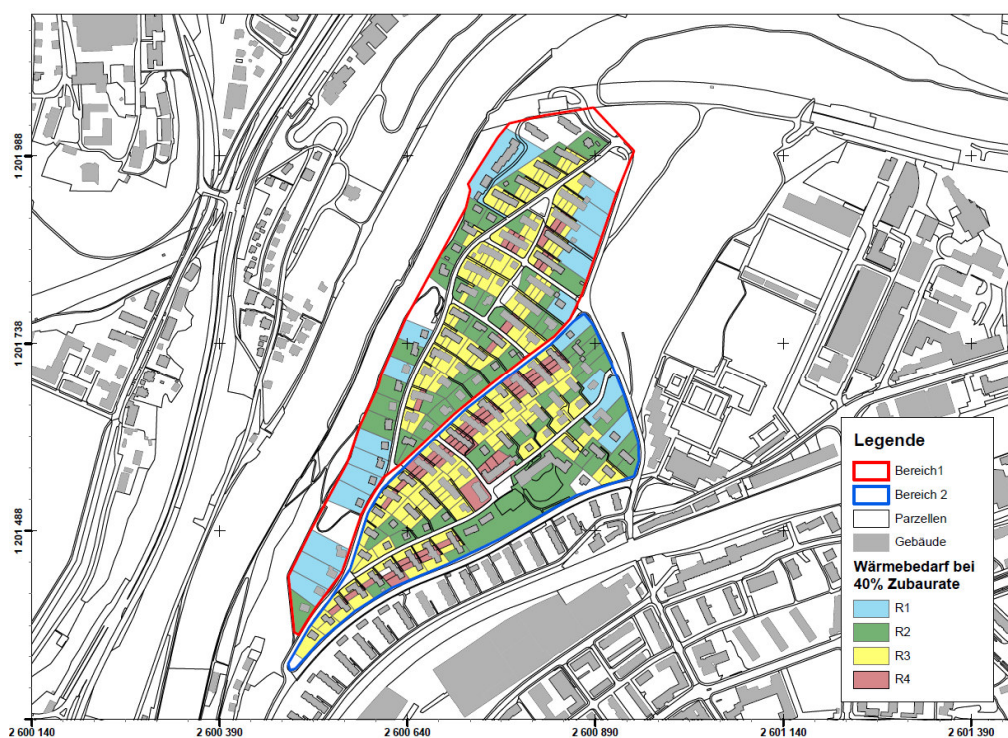


Abbildung 19: Einordnung der Grundstücksflächen in R1 bis R4 für einen Wärmebedarf von 2050 und 40% Deckungsrate im Wylergut-Quartier, Bern

Bei einer Erhöhung der Deckungsrate auf 20% (dies ist etwas mehr als das Doppelte der aktuellen Nutzung, aber verteilt auf alle Grundstücke) liegt weiterhin der grösste Teil der Flächen in Zonen ohne erhöhte Anforderungen, R1 (60%), 34% in Zonen mit erhöhten Anforderungen (R2) und nur zwei Parzellen wären regenerationspflichtig (R4). Bei einer Deckungsrate von 40% wären nur noch 20% der Flächen ohne erhöhte Anforderungen (R1) und 10% regenerationspflichtig (R4), Abbildung 19.

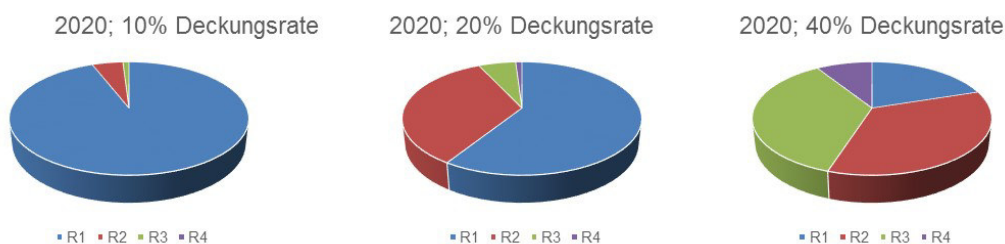


Abbildung 20: Anteil der Grundstücksflächen der drei Szenarien im Quartier Bern-Wylergut

## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die erfreuliche Zunahme der Erdwärmenutzung durch EWS erfordert zum gleichberechtigten und nachhaltigen Wärmeentzug in urbanen Gebieten Überlegungen und Instrumente zur strategischen Planung. Mit dem sog. „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzug“ steht ein einfaches Instrument unter Berücksichtigung der lokalen Konditionen zur Verfügung, existierende oder zukünftige Nutzungen zu berücksichtigen. Die Einteilung in vier Anforderungszonen ist relativ willkürlich: bei einer potentiellen Beeinträchtigung von  $< 1K$  sollen keine erhöhten Anforderungen gelten, bei mehr als  $4K$  soll eine Regeneration vorgeschrieben werden. Zu prüfen, ob dieser Vorschlag praktikabel ist, war Anliegen dieser Studie.

Der Vorschlag sieht planerische Vorgaben für urbane Siedlungsgebiete vor, die nicht für Fernwärmeversorgung (mit anderen Quellen) vorgesehen sind. Der Vorschlag lässt energieplanerische Prognosen oder Pläne mit beliebigem Zubau zur Erhöhung der Bedarfsdeckung mit EWS zu. Er berücksichtigt dabei absichtlich nicht, welcher Versorgungsgrad aktuell bereits vorliegt<sup>7</sup>.

Dem Planer wird – ausser bei sehr hoher Flächeninanspruchnahme (von mehr als  $27 \text{ kWh/m}^2 \text{ GSF}_{\text{eff}}$ ) – überlassen, ob er erhöhte Anforderungen durch a) geringeren spezifischen Wärmentzug (in  $\text{W/m}$ ) = höherer Auslegungstemperatur = tiefere Sonden oder b) durch teilweise Regeneration (Einspeisung von Wärme) erfüllen will. Bei höherer Inanspruchnahme muss regeneriert werden. Eine bivalente Auslegung oder bereits geplante Nutzung zur Kühlung kann bei der Berechnung des „grundstücksflächenbezogenen Wärmeentzugs“ bereits berücksichtigt werden. Dabei soll es – gemäss Entwurf zur Revision der SIA-Norm 384/6 - Planern und Bauherren freigestellt werden, auch abweichende Ziele zu vereinbaren.

Die praktische Anwendung auf drei möglichst repräsentative Wohngebiete in Zürich und Bern mit Wärmebedarfsdichten zwischen 300 und  $1'500 \text{ MWh/ha}\cdot\text{a}$  zeigt, dass die Zuordnung zu den Anforderungszonen grundstücksflächenbezogen und nicht Quartier-bezogen erfolgen sollte.

Obwohl der grundstücksflächenbezogene Ansatz zu einer gewissen Heterogenität führt, lässt sich doch der Ansatz auch für energie- und raumplanerische Strategien auf Kommunalebene nutzen. So lässt sich vergleichsweise einfach ermitteln, bis zu welchem Deckungsgrad keine erhöhten Anforderungen vorzusehen sind, bzw. ab welchem Deckungsgrad erhöhte Anforderungen bestehen und z.B. Regenerationsmassnahmen (z.B. Nutzung zur Kühlung) einzuplanen sind. Dies deckt sich auch mit den Berechnungsergebnissen in Poppei/Huber (2018). Mit der vorliegenden Bemessung wären bei einer Wärmebedarfsdichte von  $350 \text{ MWh/ha}\cdot\text{a}$  (entsprechend etwa dem Mittelwert im Wylerquartier in Bern) ein 25%-Deckungsgrad ohne erhöhte Anforderungen möglich (in diesem Fall eine Verdreifachung der aktuellen Nutzung), bei einer Wärmebedarfsdichte von  $1'500 \text{ MWh/ha}\cdot\text{a}$  (wie das Quartier in ZH Altstätten-Albisrieden) nur etwa 5% (wenig mehr als dort derzeit installiert ist).

<sup>7</sup> Existierende Anlagen sollen nicht umgeplant oder erweitert werden.

Mit dem Kennwert „grundstücksflächenbezogener Wärmeentzug“ steht ein vergleichsweise einfaches Instrument zur Verfügung, die verfügbaren Ressourcen gerecht in Abhängigkeit von der eigenen Inanspruchnahme zu verwalten. Erhöhte Anforderungen zur Vermeidung potentieller Beeinträchtigungen durch nachbarschaftliche Nutzungen können entsprechend dem Grad dieser potentiellen Beeinträchtigung kompensiert werden. Diese Kompensationsmassnahmen dürften im Einzelfall zu moderaten Mehrkosten führen, werden aber gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von kostenintensiven Schadensfällen leisten. Es bleibt zu hoffen, dass diese Mehrkosten für die Vorsorge und optimale Nutzung der untiefen Erdwärme in urbanen Siedlungsgebieten die Verbreitung der Technologie nicht behindern. Das Ziel ist, dass durch diese Kompensationsmassnahmen die Nutzung der untiefen Erdwärme in urbanen Siedlungsgebieten optimiert und zugänglicher gemacht wird und die Verbreitung der Technologie insgesamt gefördert werden kann.

## 6 Literatur

DM01AV 2018: Amtliche Vermessung, Grunddatensatz DM01AVZH24 vom 28.06.2018

EWS ZH 2018: Datensatz der Erdwärmesonden in der Stadt Zürich, file *EWS\_1987bis2000\_Stadt\_Zuerich.xlsx* vom 28.11.2018, bereitgestellt vom Amt für Hochbau der Stadt Zürich

GPM 2017: Auszüge aus dem Gebäudeparkmodell der Stadt Zürich vom 24.05.2017, bereitgestellt als file *GPM Resultate EWS Albisrieden Witikon.xls* vom 28.11.2018 durch TEP Energy GmbH

Poppei/Huber 2018: Beiträge zur strategischen Planung von Erdwärmesonden, Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich, Schlussbericht 10/2018

SIA 384/6: Schweizer Norm SN 546 384/6 Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, in Revision, 2019