

online | Vorträge der Gesundheitstechnischen Gesellschaft am 11. Mai 2023.

## Strategische Planung von Erdwärmesonden

Die Möglichkeiten der Nutzung oberflächennaher Erdwärme in Ballungsgebieten sind begrenzt. Deshalb sind strategische Planungen zugunsten einer nachhaltigen und gleichberechtigten Nutzung des Untergrunds erforderlich, die den Besonderheiten der Technologie, der Planungssicherheit für Investoren und Projektbeteiligte sowie raumplanerischen Aspekten gerecht werden.

Die Vorträge geben einen Überblick über Neuerungen in der Norm (SIA) 384/6 strategische Planung von Erdwärmesonden des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins, die diesem Aspekt in ihrer Revision durch eine neues Bewertungsverfahren Rechnung tragen. In einem zweiten Teil werden ausgewählte Ergebnisse eines Forschungsprojektes vorgestellt, in dem Möglichkeiten und Grenzen einer autarken Wärmeversorgung urbaner Gebiete mittels Erdwärmesonden und solarer Regeneration untersucht wurden.

Vortrag-1: Unter dem Titel **SIA Norm 384/6 Erdwärmesonden (Revision 2021)** beleuchtete Prof. Adrian Altenburger, Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Co-Institutsleiter Gebäudetechnik und Energie IGE, die Ausgangslage, erläuterte die Entwicklung der Grundlagen und die aus der Revision der Norm SIA 384/6 resultierenden Konsequenzen. Eine der Motivationen für die Revision war der sich in urbanem Gebiet abzeichnende 'Dichtestress' im Untergrund. Mängel oder auch Schadenfälle führten zur Entstehung der SIA Norm 384/6 und Erstpublikation in 2010. Ab 2018 folgte vor dem Hintergrund steigender Energiepreise verbunden mit der Forderung nach Einsparung fossiler Energieträger ein deutlicher Schub. Mit der Abstimmung zur sogenannten '2000 Watt Gesellschaft' setzte man in der Schweiz dann strategisch auf die Wärmepumpen-Anwendung, d.h. auf Erdwärmesonden basierte Wärmequellen und Wärmesenken. Das damalige Postulat: 450 Gigawattstunden pro Jahr oder im Gesamtanteil rund 17 Prozent Erdwärmesonden basierte Wärmepumpensysteme.

>Themenbeitrag: GG | Nachrichten 06-2023, S. 5-9.

Vortrag-2: Unter dem Titel **Berücksichtigung künftiger Nachbarschaftsnutzungen und Möglichkeiten der autarken Wärmeversorgung von städtischen Quartieren durch Erdwärmesonden mit solarer Regeneration** beleuchtete Dr. Joachim Poppei, CSD Ingenieure AG, Aarau / Schweiz, anschließend die Zielstellung, Vorgehensweise und ausgewählte Ergebnisse einer Studie sowie eines Forschungsprojekts zur strategischen Planung von Erdwärmesonden am Beispiel der zwei Stadtquartiere Witikon (suburban) und Albisrieden (urban) in Zürich. Im Fokus der Untersuchungen standen die Wechselwirkungen von Erdwärmesonden in direkter Nachbarschaft in Bezug auf die nachhaltige Nutzung des Untergrunds als Wärmespeicher.

>Themenbeitrag: GG | Nachrichten 7/8-2023, S. 5-9

online | Vortrag-2 der Gesundheitstechnischen Gesellschaft am 11. Mai 2023.

# Strategische Planung von Erdwärmesonden

- **Berücksichtigung künftiger Nachbarschaftsnutzungen**
- **Möglichkeiten der autarken Wärmeversorgung von städtischen Quartieren durch Erdwärmesonden mit solarer Regeneration**

Joachim Poppei, Aarau

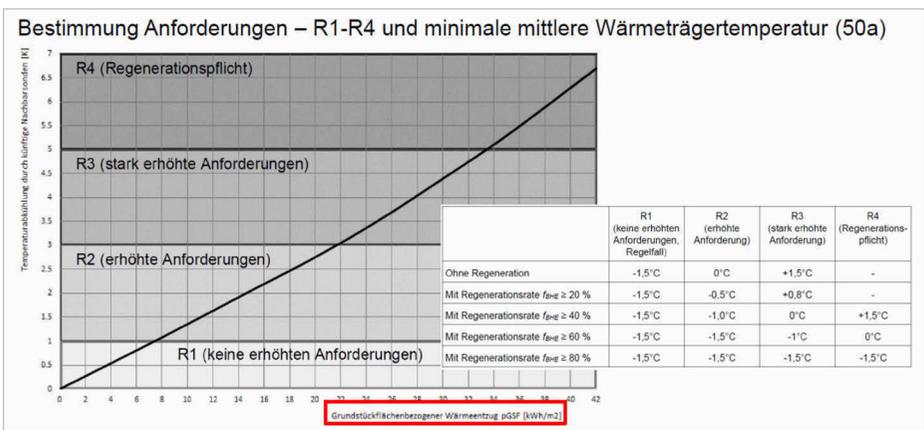
## Einleitung

Im Anschluss an den Vortrag von Prof. Adrian Altenburger, Co-Institutsleiter Gebäude-technik und Energie, Hochschule Luzern HSLU, Technik & Architektur, zur SIA Norm 384/6 Strategische Planung von Erdwärmesonden (Revision 2021) beleuchtete Dr. Joachim Poppei, CSD Ingenieure Aarau, vor Mitgliedern und Gästen der Gesundheits-technischen Gesellschaft ausgewählte Ergebnisse einer Studie und eines Forschungs-projekts. Der Themenbeitrag fasst wichtige Aspekte zusammen.

## Erdwärmesonden – Berücksichtigung künftiger Nachbarschaftsnutzungen

In welchem Umfang beeinflussen sich Erdwärmesonden direkter Nachbarn? Diese Frage führte zu Untersuchungen, deren Ergebnisse in der revidierten Norm SIA 384/6 implementiert sind.

Bild 1 zeigt die Temperaturänderungen durch Erdwärmesonden, die durch den Entzug auf einer bestimmten Grundfläche verursacht werden, aufgeteilt in die verschiedenen Anforderungs-Stufen R1 bis R4. (Quelle: Altenburger, 11.05.23, Folie 17).

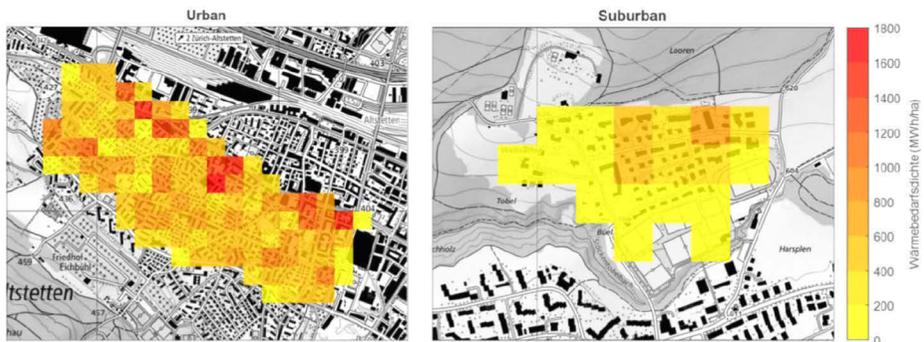


**Bild 1: Auszüge aus der revidierten SIA 384/6 - Relevanz Wärmestromdichte (Definition minimale Wärmeträgertemperatur gemäß Ziff. 3.5 & 3.1.1.6, Tab 2)**

Die Gliederung in diese verschiedenen Stufen in der Novelle der Norm SIA 384/6 hat zur Konsequenz, dass der Planer im Bereich R2 'erhöhte Anforderungen' oder R3 'stark erhöhte Anforderungen' gezwungen ist, eine Regenerationsrate einzuführen, oder er muss die minimale Auslegungs-Temperatur anheben. Das führt zu erhöhten Kosten, da längere Erdwärmesonden benötigt werden. An zwei Beispiel-Gebieten in Zürich, die für eine Erdwärme-Nutzung in Frage kommen, werden diese Konsequenzen näher untersucht und visualisiert.

Im ersten Gebiet (Witikon; suburban), befinden sich auf einer Fläche von ca. 11 ha überwiegend Einfamilienhäuser. In 2019 gab es 20 Erdwärmesonden an 13 Standorten. Die Gesamtlänge dieser Erdwärmesonden beträgt 2,3 km (2001). Die Längen variieren von 87m bis 275m. Der resultierende Wärmeentzug liegt bei 171 kW. Im zweiten Gebiet (Albisrieden; urban), einem relativ dicht besiedeltes Gartenstadt-Quartier in der Nähe des Stadtzentrums mit drei- bis vierstöckigen Häusern auf ca. 94 ha gab es in 2019 bereits 309 Erdwärmesonden an 45 Standorten mit einer Gesamtlänge von 63 km. Der resultierende Wärmeentzug liegt derzeit bei 11.5 MW, der Wärmeeintrag bei 0.6 MW.

Bild 2 illustriert die unterschiedlichen Wärmebedarfs-Dichten in den Gebieten.



**Bild 2: Wärmebedarfsdichte Albisrieden (urban) und Witikon (suburban)**

Wird der Grundfläche das ganze Jahr über gleichmäßig Wärme entzogen, ist es im urbanen Gebiet ungefähr das 100fache des terrestrischen Wärmestroms, der zur Verfügung steht. Es ist also nicht ohne weiteres möglich, eine solche Wärme-Bedarfsdichte durch Erdwärmesonden nachhaltig ohne Regeneration zu versorgen. Basierend auf Datenbanken der Stadt Zürich wurde zuerst der 'grundstücksflächenbezogene Wärmeentzug' mit vereinfachten Annahmen ermittelt:

- COP = 4 (monovalent)
- Zusätzlich anrechenbare Grundstücksfläche = 15% der Grundfläche
- Bestimmung und Zuweisung der Zonen R1...R4

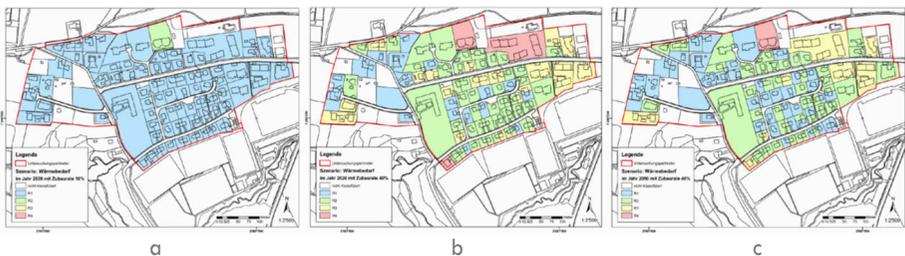
und anschließend drei Szenarien untersucht:

Wärmebedarf 2020; 10% Zuwachs, Wärmebedarf 2020; 40% Zuwachs und Wärmebedarf 2050; 40% Zuwachs

Die Bilder 3a-c und 4a-c zeigen die Auswirkungen in den Gebieten Witikon und Albisrieden für diese drei Szenarien.

Im suburbanen Witikon gibt es überwiegend Ein- oder Zwei Familienhaus-Quartiere und nur zwei oder drei größere Gebäude. Im Prinzip bleiben bei Zuwachs 10% alle Gebäude in der Gruppe R1 (blau); es gibt keine erhöhten Anforderungen. Bei 40% Zuwachs gibt es eine ganze Reihe von Grundstücken oder Gebäuden mit leicht erhöhten Anforderungen R2 (grün) oder sogar mit höheren Anforderungen (gelb) und einige wenige mit Regeneration-Pflicht (rot). Für die Energieprognose von 2050 und 40% Zuwachs sieht das Bild nicht wesentlich anders aus.

Im Ergebnis ist für das suburbane Witikon davon auszugehen, dass es dort zu keiner massiven Regenerations-Verpflichtung kommt.

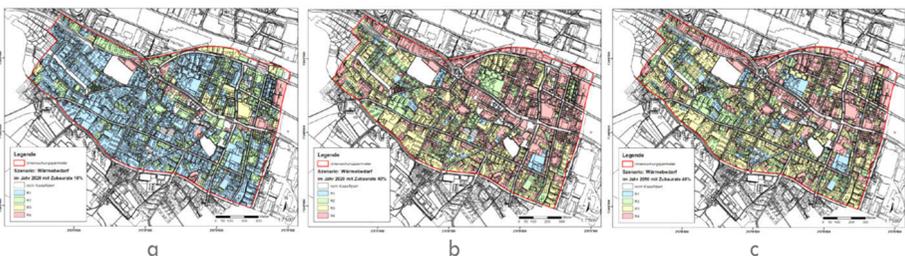


**Bild 3: Witikon (suburban), drei Szenarien**

- (a) Wärmebedarf 2020, Zuwachs 10%,
- (b) Wärmebedarf 2020, Zuwachs 40%,
- (c) Wärmebedarf 2050, Zuwachs 40%

Etwas anders sieht es im urbanen Gebiet Albisrieden aus. Der Zustand mit 10% Zuwachs im urbanen Gebiet zeigt, auch hier bleibt noch ein sehr großer Teil im Bereich ohne erhöhte Anforderungen. Das ändert sich bei einem Zuwachs auf 40% entsprechend und unabhängig vom Szenario für den Ausgangs-Energiebedarf.

Im Ergebnis führt der 40%ige Zuwachs zu stark erhöhten Anforderungen und ungefähr 30% regenerationspflichtigen Grundstücksflächen.



**Bild 4: Albisrieden (urban), drei Szenarien**

- (a) Wärmebedarf 2020, Zuwachs 10%,
- (b) Wärmebedarf 2020, Zuwachs 40%,
- (c) Wärmebedarf 2050, Zuwachs 40%

**Fazit**

Die Studie zeigt auf, dass die strategische Planung in städtischen Gebieten notwendig ist zur langfristigen und gleichberechtigten Nutzung des Untergrunds. Der ‘grundstücksfächenbezogene Wärmeentzug’ ist ein relativ einfaches Instrument, die begrenzten Ressourcen zu berücksichtigen und die nachbarschaftliche Nutzung auch langfristig zu gewährleisten. Unabhängig davon kann der Planer, das steht auch in der Norm, mit dem Bauherrn abweichende Ziele vereinbaren.

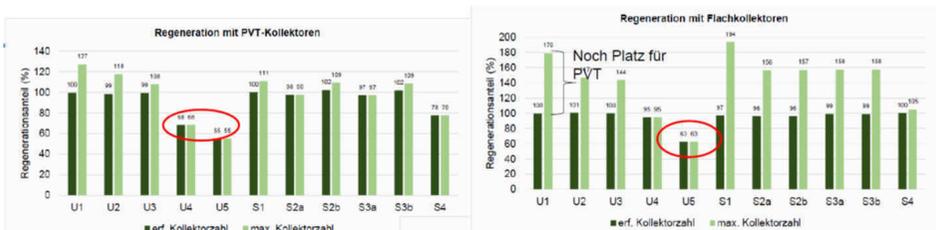
**Möglichkeiten der autarken Wärmeversorgung von städtischen Quartieren durch Erdwärmesonden mit solarer Regeneration**

In einem zweiten Forschungsvorhaben, gemeinsam mit der Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) und mit Unterstützung des Bundesamts für Energie durchgeführt, wurde die Fragestellung untersucht: ist es möglich, eine autarke nachhaltige Wärmeversorgung von städtischen Quartieren durchzuführen mit Erdwärmesonden, wenn man solare Regeneration einbezieht und welche Konsequenzen hätte das? Nachhaltig bedeutet, dass dem Boden nicht mehr Wärme entzogen wird als durch Regeneration wieder zugeführt werden kann.

Zur Beantwortung dieser Frage wurden Typisierungen der Gebiete vorgenommen und Simulationen durchgeführt, mit dem Ziel, die Gebiete und schlussendlich Versorgungslösungen vergleichbar zu machen. Auch diese Untersuchung orientierte sich an den Beispiel-Gebieten Witikon (suburban) und Albisrieden (urban). Sie werden deshalb beispielhaft betrachtet, weil es derartige Quartiere in der Schweiz häufig gibt.

Bei dichterem Bebauung und hoher Dichte von Erdwärmesonden ist eine Abkühlung des Erdreichs zu erwarten. Werden die Abstände verringert, kühlt das Erdreich stärker ab. Es gibt also ein Erfordernis der Regeneration, wenn das Erdreich langfristig zu diesem Zweck genutzt werden soll. Der Untergrund ist als Speicher nur nutzbar, wenn in größerem Maße regeneriert wird. Folgende Möglichkeiten der Regeneration wurden untersucht:

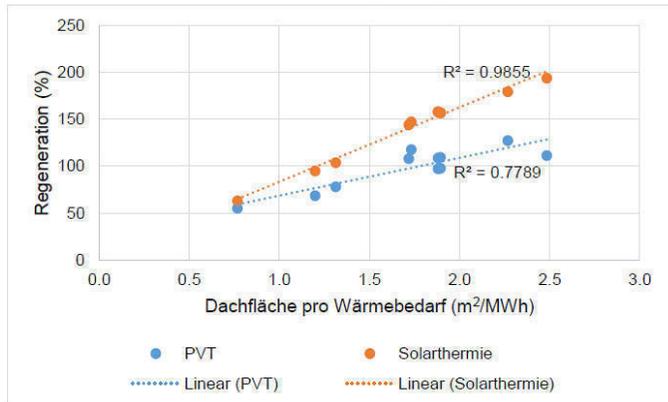
PVT (erforderliche Kollektoranzahl / maximal mögliche Kollektoranzahl), Flachkollektoren (erforderliche Kollektoranzahl / maximal mögliche Kollektoranzahl), Flachkollektoren und Ergänzung durch PV, solarthermische Absorber, Luft-Wasser-Wärmeübertrager, aktive und passive Kühlung, kombinierte Regenerationsmaßnahmen



**Bild 5: Ausgewählte Ergebnisse (Deckungsmöglichkeit und Regenerationsanteil)**

In beiden Diagrammen gibt es zwei Angaben für die Kollektoren-Anzahl: dunkelgrün (erforderlich) und hellgrün (maximal), die auf dem Dach unterzubringen ist. Die erforderliche Kollektor-Anzahl wird benötigt, um 100% zu regenerieren. Bild 5 zeigt, die allermeisten Gebäude-Typen können mit der verfügbaren Dachfläche genügend Fläche zur Verfügung stellen, um 100% zu regenerieren. Nur bei relativ großen Wohnblöcken (rot) reicht die Dachfläche nicht aus für 100%ige Regeneration.

**Bild 6:**  
Regeneration (%)  
als Funktion  
der Dachfläche  
pro Wärmebedarf  
(m<sup>2</sup>/MWh)



## Fazit

Eine autarke Versorgung weitreichender Areale und Quartiere mit Erdwärmesonden und Wärmepumpen ist möglich unter der Voraussetzung ausreichender Regeneration. Bei Konzentrationen großer Gebäude müssen zusätzliche Wärmequellen verfügbar gemacht werden. Abhängig vom Eigenstrombedarf ist, wo möglich, eine Regeneration mit PVT-Kollektoren einer Lösung mit Flachkollektoren vorzuziehen. Aktive und passive Gebäudekühlung sind parallel umsetzbar. Abhängig vom Kühlbedarf der Gebäude ist dieser Beitrag vergleichsweise gering. Wenn möglich, sollte auf die aus Regeneration resultierende Reduktion der Erdwärmesonden-Länge verzichtet werden. Der Winterstrombedarf könnte sonst nicht mehr gedeckt werden.

Es gibt spannende Fragen, denen sich die Studie nicht widmen konnte, z.B. Optimierungspotenziale (Energieeffizienz, Gesamtwirtschaftlichkeit, System) und die Frage, ob Gebäude, die einen Überschuss haben, andere Gebäude mitversorgen könnten. Der vorliegende Beitrag kann nur einen kleinen Einblick vermitteln. Der Schlussbericht **SolSeasStore – Saisonale Wärmespeicherung in städtischen Quartieren mit Erdwärmesonden** (Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation; Bundesamt für Energie, 11/2021) ist öffentlich und abrufbar unter <https://www.aramis.admin.ch/Dokument.aspx?DocumentID=68410>

## Referent | Autor

Dr. Joachim Poppei, CSD Ingenieure AG, Aarau / Schweiz, [j.poppei@csd.ch](mailto:j.poppei@csd.ch)



## Copyright © 2023

Gesundheitstechnische Gesellschaft (GG) – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung