

Aquiferspeicherung mit dem Horizontalfilter-Zirkulationsbrunnen und kalte Netze für die Innenstadt

Michael Viernickel¹, Fabian Eichelbaum¹, Thomas Daffner²

¹eZeit - Ingenieure GmbH, Deutschland; ²UBV - Umweltbüro GmbH Vogtland, Deutschland

Zur Umsetzung der Wärmewende sind individuelle Sanierungen komplex, planerisch und in der Umsetzung aufwendig.

Für eine niedrighschwellige Umstellung auf Klimaneutralität wäre es ideal, man bräuchte bloß den Heizkessel gegen eine Wärmepumpe tauschen, die ja inzwischen für den Sanierungsmarkt auch mit ausreichend hohen Temperaturen angeboten werden. Allerdings stellt die Wärmequelle immer noch das Hauptproblem dar. Luftpumpen haben aufgrund ihrer Schallemission und ihrem Platzbedarf Akzeptanzprobleme, für geothermische Anlagen fehlen hingegen die notwendigen Freiflächen.

Zugleich gibt es Synergiepotentiale, wenn bei benachbarten Liegenschaften einerseits Kälte andererseits Wärme benötigt wird. Hier könnten Niedertemperaturnetze Nutzen stiften. Diese Netze mit Betriebstemperaturen zwischen 5°C und 15°C („Kalte Nahwärme“) können mit unisolierten Rohren ausgeführt werden, sind dadurch preiswert, platzsparend und leicht erweiterbar.

In eng bebauten Gebieten ist Umweltwärme zu Zeiten des Bedarfs nur sehr begrenzt verfügbar, saisonale Wärmespeicherung im Erdreich könnte der Schlüssel sein, um Umweltenergie auch im Winter in ausreichendem Maße innerstädtisch nutzbar zu machen.

In Gegenden mit oberflächennahen Grundwasserhorizonten, im norddeutschen Raum sehr verbreitet, ergibt sich die Möglichkeit im Grundwasserleiter „Aquiferspeicher“ zu errichten.

Zur Bedarfs- und Potentialabschätzung ein Beispiel aus Berlin, wo im Stadtkern, innerhalb des S-Bahn-Rings, die verdichtete Bebauung aktuell rund 13 TWh Wärmebedarf (150 kWh/m²a), bei weitgehender Sanierung (50 kWh/m²a) immerhin noch 4,4 TWh Wärmebedarf aufweist.

Der nutzbare solare Ertrag dieser Fläche kann mit rund 44 TWh, also dem Faktor 10 angenommen werden - Energie gibt es demnach schon ohne Abwärme ausreichend. Würde über die gesamte Fläche der Grundwasserhorizont mit einer Mächtigkeit von 20 Metern thermisch genutzt, ergäbe das im Ergebnis zirka 8 TWh Wärmekapazität, also eine ausreichende Wärmemenge, um die Bebauung monovalent mit geothermisch gespeicherter Wärme zu versorgen.

Die gebräuchlichste Form der Aquiferspeicher sind Brunnen-Dubletten, die im Wechselbetrieb als Förder- und Infiltrations-Brunnen betrieben werden. Im Sommer lagert sich warmes Wasser um die Injektionsbrunnen, im Winter wird dieses warme Wasser wieder abgepumpt, mit Wärmepumpen abgekühlt und in den ursprünglichen Förderbrunnen reinfiltiert. Aquiferspeicherung ist ab circa 20 KW Anschlussleistung wirtschaftlich, kann bis zu mehreren MW leisten und ist in den Niederlanden bereits mehr als 3.000fach realisiert.

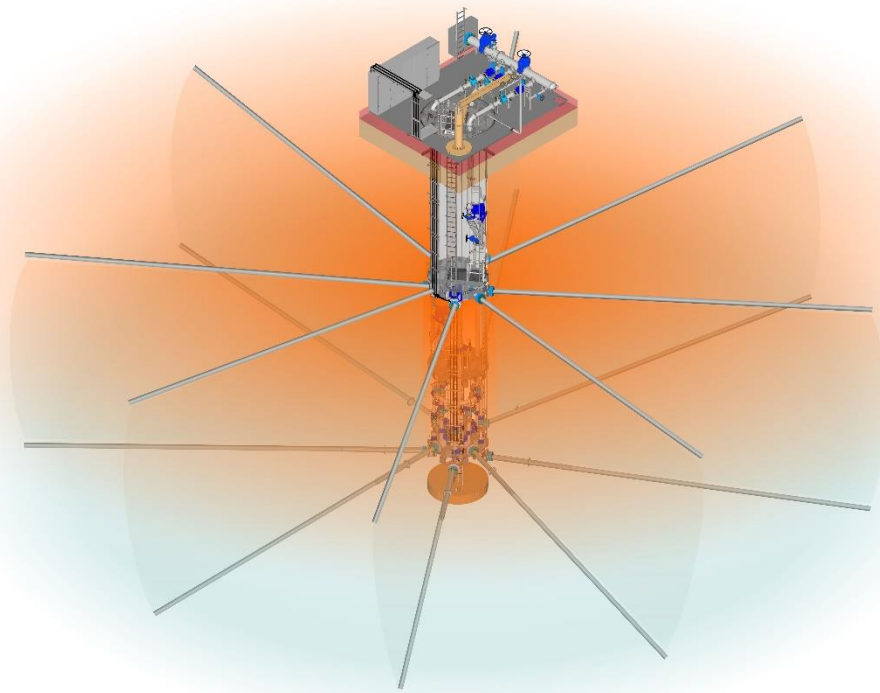
Die richtungsabhängigen Unterschiede in der hydraulischen Leitfähigkeit des Gesteins werden als Anisotropie bezeichnet. Horizontal ist das Gestein um den Faktor 3 bis 10 besser durchlässig als vertikal. Diese Eigenschaft nutzt man bei Grundwasserzirkulationssystemen, bei denen innerhalb eines Bohrloches mit 2 Filterstrecken in einer Ebene Grundwasser zutage gefördert und in der anderen Ebene wieder verpresst wird.

In den 70er Jahren wurden Grundwasserzirkulationsbrunnen häufig zur Atlastensanierung eingesetzt, inzwischen sind sie in Holland und auch in Deutschland zur thermischen Nutzung in Gebrauch.

U.a. zur Grundwasserförderung aus schmalen Grundwasserleitern werden seit über 100 Jahren Horizontalfilter-Brunnen errichtet, indem ein Betonschachtring mit einer Schneidkante abgeteuft und mit weiteren Schachtringen bis zu einer Tiefe von zirka 30 Metern niedergebracht wird. Über vorbereitete Durchbrüche werden dann mit hydraulischen Pressen mehrere Brunnenfilter strahlenförmig bis zu 50 Meter in die Peripherie in das Gestein gepresst. Wird dieselbe Filteranordnung in einem vertikalen Abstand von mehr als 10 Metern aus demselben Schacht in das umgebende Gestein eingebaut, bildet der zwischen diesen beiden Filterebenen befindliche Raum ein Volumen, das als Wärmespeicher genutzt werden kann.

Infolge der Anisotropie bildet sich zwischen den Filtersträngen in der jeweiligen Ebene zunächst eine flächige Wasserverteilung, die sich dann entsprechend dem Druckgradienten auch vertikal in Richtung auf die korrespondierende Filterebene zu entwickelt. Mithilfe numerischer Simulationen zeigte sich die Vorteilhaftigkeit von vollständig verfilterten 8 Filtersträngen pro Ebene. Die Anisotropie bewirkt nicht nur eine Vergleichmäßigung der Strömung innerhalb der Filterebene, sondern auch eine deutlich über das System hinausgehende laterale hydraulische und damit auch thermische Wirkung, die ca. 260 Meter im Durchmesser beträgt.

In einem Beispiel im Großraum Berlins ergab sich bei einer Gesamtmächtigkeit des Aquifers von 20 Metern eine Spitzenleistung von 3 MW und Wärmekapazität von 4.400 MWh.

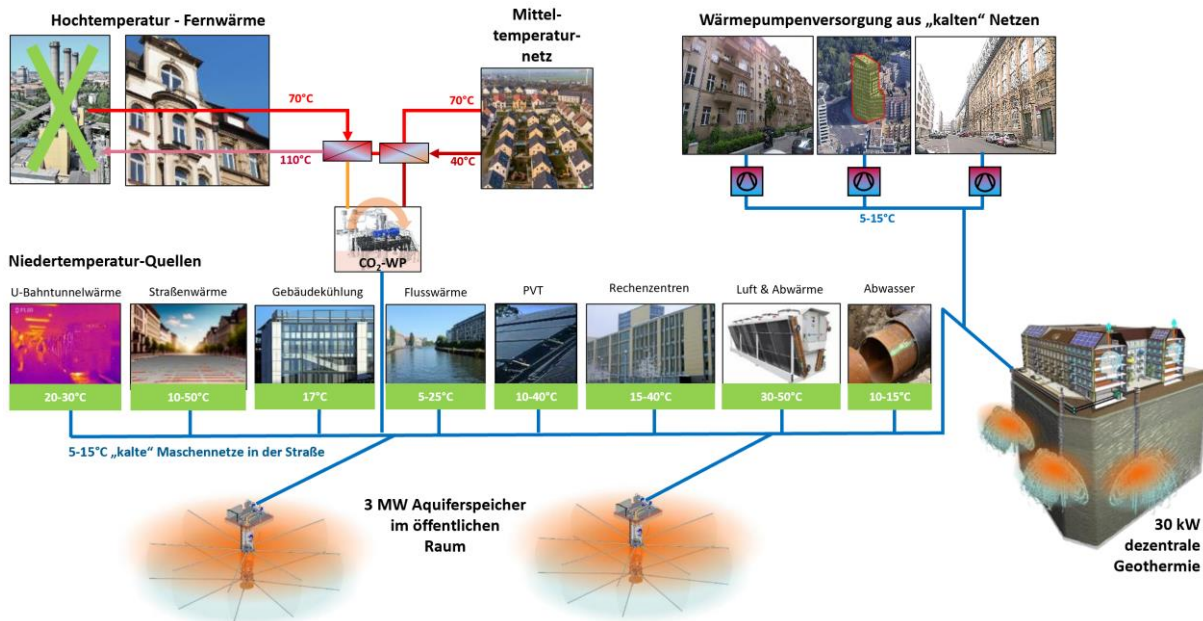


Der hier vorgestellte Horizontalfilter-Zirkulationsbrunnen hat den Vorteil, von einem Punkt oder einem Grundstück ausgehend eine thermische Nutzung unter den umliegenden Gebäuden zu ermöglichen und dabei gegenüber Dubletten-Systemen einen deutlich kleineren, begrenzten hydraulischen Einfluss zu haben, so dass weniger potenziell mit Altlasten kontaminierte benachbarte Grundstücke betroffen werden.

Schadstoffe können jedoch mit solchen Systemen zeitgleich zum thermischen Betrieb abgereinigt werden, so dass Sanierungsmaßnahmen, die sonst aus Kostengründen unterbleiben, durchgeführt werden könnten, insbesondere da es sich in der Regel um sogenannte Ewigkeitsschäden handelt, wo die Sanierung zeitlich aus wirtschaftlichen Gründen befristet wird.

Gegenüber zentralistischen Wärmeversorgungslösungen, wie der Fernwärme, ermöglicht dieser dezentrale Ansatz der Ungleichzeitigkeit von Gebäudesanierung entsprechend, zellular vorgehen zu können, sogenannte Maschen zu bilden, die jeweils ein Umweltwärmenetz und ggfs. geothermische Speicher haben und zusammenwachsen können.

Insbesondere in innerstädtischen Gebieten gibt es zahlreiche Niedrigtemperatur-Wärmequellen, die zur Regeneration der geothermischen Speicher im Sommer dienen können und miteinander zu vernetzen sind. Dazu zählen zum Beispiel Umgebungsluft, Tunnelabwärme, Wärme aus Straßenbelägen, Gebäudekühlung, Flusswärme, solare Wärme aus PVT-Kollektoren, Rechenzentren, gewerbliche und Abwasserwärme. Durch deren Vernetzung bekommen auch Blockrandbebauungen Zugang zu Umweltwärme und sogar die Fernwärme könnte aus der Peripherie heraus mithilfe von Hochtemperaturwärmepumpen aus einem solchen Umweltwärmenetz dekarbonisiert werden.



Durch Horizontalfilter-Zirkulationsbrunnen können Aquifer-Speicher mit sehr hoher Leistung dezentral installiert werden und die Nutzung dieser Wärmequellen unabhängig von Ihrem Erzeugerprofil nutzbar machen. Aufgrund der bodennahen Temperaturen zwischen 5°C und 15°C sind diese Speicher nicht verlustbehaftet.

Thermische Grundwassernutzung hat zusätzlich Nutzen: die Abmilderung der urbanen Wärmeinsel, das heißt des anthropogen erwärmten Grundwassers, die Kühlung der Stadtatmosphäre im Sinne der Klimafolgenanpassung, siedlungsverträgliche Grundwasserhaltung und die Grundwasserreinigung gemäß den Auflagen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie.

Die Investitionskosten für Erdsondenspeicher, Thermalwasseraquifernutzung und Grundwasser basierter Aquiferspeicher sind ungefähr in derselben Größenordnung. Für die offenen Systeme / Brunnenlösungen müssen in geringem Umfang zusätzliche Wartungskosten kalkuliert werden.

Die hier beschriebene Technologie ist keineswegs neu, sondern in ihren Bestandteilen etablierte Technik, die Umsetzung bedarf jedoch des Willens und der Kooperation verschiedener Beteiligten, Gewerke und Behörden.

Präsentation vom 17.10.2023

https://ezeit-ingenieure.de/wp-content/uploads/2023/10/ATES_HZBr_KNWN.pdf

Geothermiekongress Essen, den 17.Oktober 2023