

Projektstudie

zur Umsetzung einer Abwasserwärmenutzungsanlage am Standort Greenpark Stahnsdorf



Berlin, 20.07.2013

Auftraggeber

Bioenergieregion Ludwigsfelde Plus

Potsdamer Straße 31

14974 Ludwigsfelde

Frau Feldmann

Auftragnehmer

e.qua Services GmbH

Stralauer Platz 34

10243 Berlin

Bearbeiter: Dipl. Ing Jürgen Lang

Inhalt Projektskizze

1. Aufgabenstellung	Seite 3
2. Klärwerk Stahnsdorf	Seite 3
3. Grundlagen Abwasserwärmenutzung	Seite 4
4. Wärmeverbraucher	Seite 8
5. Wärmepumpen	Seite 8
6. Gestaltung Wärmepumpenanlage	Seite 10
7. Wirtschaftlichkeit Wärmepumpenanlage	Seite 11
8. Förderungen	Seite 11
9. Fazit	Seite 12

1 Aufgabenstellung

Es ist geplant den Strom- und Wärmebedarf des Gewerbegebietes Greenpark zukünftig im hohen Maße durch einen Mix aus regenerativen Energien zu decken. Dabei sollen auch umliegende Verbraucher (120 WE und Selgros) mit versorgt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Studie besteht darin, Möglichkeiten zur Nutzung von Energiequellen im Klärwerk Stahnsdorf für den Greenpark zu untersuchen. Das Klärwerk Stahnsdorf grenzt unmittelbar an das Gewerbegebiet Greenpark an.

Die Nutzbarkeit weitere regenerativen Energiequellen für den Greenpark untersuchen andere Ingenieurbüros, dies ist nicht Aufgabe der vorliegenden Studie. Ebenso ist die Abwägung der verschiedenen Energiequellen untereinander hinsichtlich ökologischer und wirtschaftlicher Effekte nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Im Rahmen einer Studie/Vorplanung sollen zunächst Varianten technisch untersucht werden. Auf dieser Grundlage können dann Entscheidungen zur Planung und Ausführung getroffen werden.

2 Klärwerk Stahnsdorf

Im Klärwerk Stahnsdorf wird das Abwasser aus Berlin und dem Umland aufbereitet. Die Reinigungskapazität beträgt bei Trockenwetter ca. 52.000 m³/d. Damit ist es das viertgrößte der sechs Klärwerke der Berliner Wasserbetriebe.

Die Technologie besteht (wie in Klärwerken üblich) aus einer mechanischen und einer biologischen Abwasserreinigung. Der abgeschiedene Klärschlamm wird in zwei Faulkammern entgast. Der Restschlamm wird entwässert und anschließend im Klärwerk Ruhleben und in Kraftwerken als Ersatzbrennstoff mit verbrannt.

Das in den Faulkammern erzeugte Biogas wird über betriebsinterne BHKW in Strom und Wärme umgewandelt und dient auch zwei Heizkesseln als Brennstoff. Der Strom wird intern für die Klärwerkstechnik verbraucht, insbesondere für die Beckenbelüftung. Die erzeugte Wärmeenergie dient für die Schlammwärmung, Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung auf dem Klärwerksgelände.

Es ist prinzipiell möglich auf einem Klärwerk folgende Energiequellen „anzuzapfen“:

- Die Abwärme des ungereinigten Roh-Abwasser im Zulauf des Klärwerkes
- Die Abwärme des Abwassers zwischen den Bearbeitungsstufen auf dem Klärwerksgelände
- Die Abwärme des gereinigten Abwassers im Ablauf nach dem Klärwerk
- Überschüssiges Biogas
- Überschuss an Strom und Wärmeenergie nach dem BHKW

Im Rahmen dieser Studie wurden diese Energiequellen auf eine Eignung für den Greenpark untersucht.

2.1 Überschuss an Biogas, Abwärme und Strom von BHKW auf der KA

Nach Aussagen der Betreiber gibt es derzeit keinen Überschuss an den genannten Energiearten für eine Weitergabe an den Greenpark. Aber die Berliner Wasserbetriebe denken an eine Erweiterung der Klärschlammfaulung auf dem Betriebsgelände. Diese Überlegungen sind aber erst in ca. 5 Jahren relevant.

Gegenwärtig ist eine Nutzung der genannten Energiearten für den Greenpark nicht möglich.

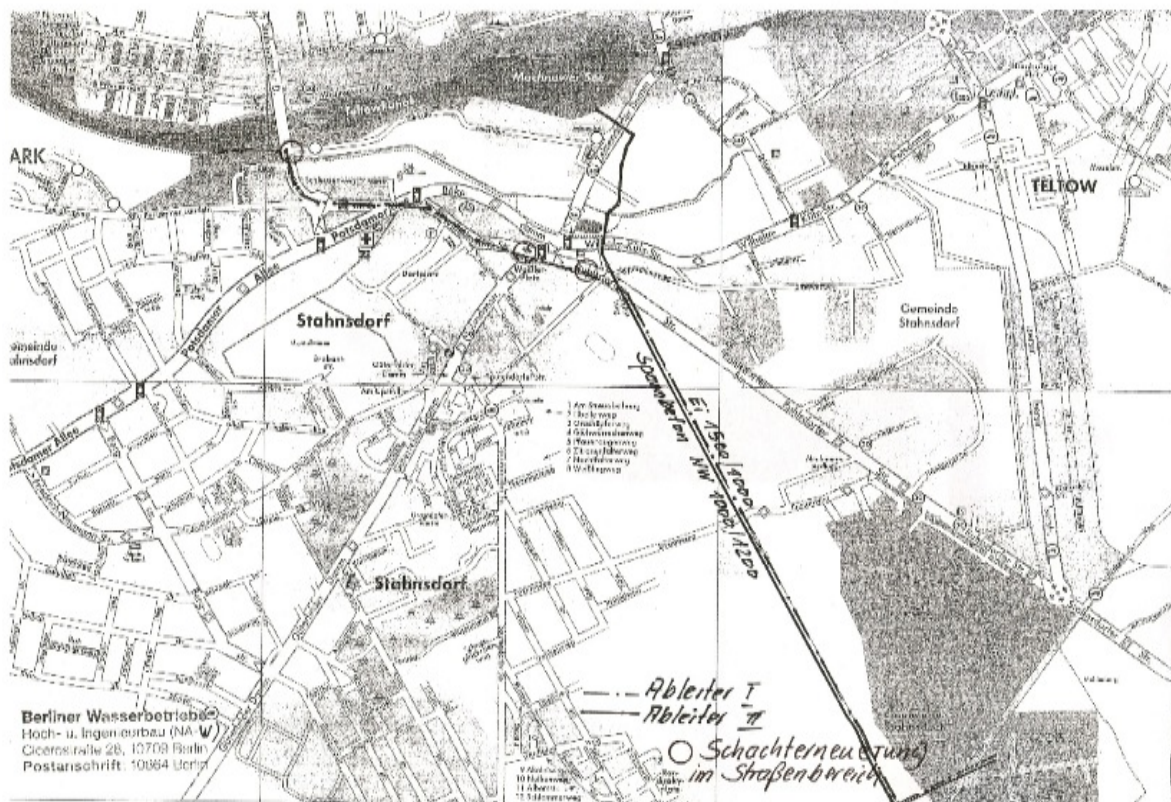


Abbildung 2 Übersicht Ableiter 1 und 2 KA Stahnsdorf der Berliner Wasserbetriebe

3 Grundlagen Abwasserwärmenutzung (AWN)

Mit Wärme aus häuslichen und gewerblichen Abwässern lassen sich in Verbindung mit Wärmepumpen vom Angebot her ca. 5% aller Gebäude in Deutschland beheizen. Diese Art der Energierückgewinnung senkt nicht nur den Primärenergiebedarf und den CO₂-Ausstoß sondern trägt auch zur thermischen Entlastung der Gewässer bei.

Daher rückt die Nutzung dieser Wärmequelle gegenwärtig immer mehr in den Fokus des öffentlichen Interesses.

Es gibt schon zahlreiche Wärmepumpenanlagen in Deutschland, die diese Wärmequelle nutzen. Dabei werden Heizleistungen bis 1,5 MW erbracht, deren sichere Betriebsführung ist nachgewiesen.

3.1 AWN aus unbehandeltem Rohabwasser

Dem Klärwerk Stahnsdorf wird das Abwasser hauptsächlich über Abwasser-Druckrohrleitungen aus Berlin und dem Umland zugeführt. Zu nennen sind z.B. zwei Druckrohrleitungen aus Stahl mit Nenndurchmesser DN 1000 „Wilmersdorf R1 und R2“.

Technologien zum Wärmeentzug aus Abwasser-Druckrohrleitungen (ADL) gibt es bereits.

In den letzten Jahren wurden von e.qua in Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben verschiedene Möglichkeiten zur Abwasserwärmenutzung aus Druckrohrleitungen untersucht. So wurden z.B. analysiert:

- Die Möglichkeit ein Stück der Druckleitung durch einen vorgefertigten Doppelmantelwärmeübertrager zu ersetzen
- Im Bereich der Druckleitung ein neues Kernrohr im Ganzen einzuziehen und somit das vorhandene Druckrohr zum Mantelrohr umzugestalten
- In die vorhandene Druckrohrleitung vorgefertigte Einschübe aus Edelstahl zu montieren, die nach der Endmontage als Doppelmantelwärmeübertrager arbeiten
- den Abwasserwärmeübertrager als absperrbare, externe Rohrschleife nach dem Doppelrohrprinzip parallel zur vorhandenen ADL zu verlegen. Im Kernrohr fließt das Abwasser, im Ringspalt im Gegenstrom das Kaltwasser

Allein in Berlin gibt es bereits drei realisierte Wärmepumpenanlagen, die nach diesen Prinzipien dem Abwasser Wärme entziehen.

Bei dieser Art der Abwasserwärmenutzung gibt es allerdings eine wichtige Forderung des Klärwerksbetreibers zu beachten. Die Abwasserauskühlung darf nicht die biologische Reinigung im Klärwerk negativ beeinflussen, d.h. der Temperaturabfall im Abwasser darf sich am Klärwerks-Zulauf nicht bemerkbar machen.

Bei einer AWN im Stadtgebiet ist diese Gefahr nicht gegeben, da durch das große Kanal- und ADL-Netz immer ein thermischer Ausgleich mit dem umliegenden Erdreich eintritt.

Im vorliegenden Fall wäre eine AWN nur unmittelbar vor dem Klärwerk bzw. auf dem Klärwerk möglich. Eine negative Beeinflussung der biologischen Reinigungsstufe ist daher nicht auszuschließen.

3.2 AWN aus dem Ablaufwasser

Das Abwasser fließt nach dem Durchlauf aller Reinigungsstufen als sogenanntes Ablaufwasser bzw. Vorflut in das nächstliegende fließende Gewässer. Diese Vorflut hat nahezu Trinkwasserqualität und besitzt bedingt durch die biologische Reinigungsstufe in etwa das gleiche Temperaturniveau wie im Zulauf.

Eine Nutzung dieser Vorflut hat den Vorteil, dass keine wesentlichen Verschmutzungsprobleme beim Wärmeübergang zu beachten sind. Außerdem ist eine negative Beeinflussung des Klärwerksprozesses ausgeschlossen. Ein weiterer Vorteil dieser Nutzung liegt darin, dass dieses Abwasser nicht mehr in den Kompetenzbereich der Abwasserbetriebe fällt, der „bürokratische“ Aufwand ist entsprechend geringer.

Vom Klärwerk Stahnsdorf führen folgende zwei Ableiter die Vorflut weg:

- ein Kanal in Eiform DN 1500/1000
- ein Kanal Spannbeton DN 1000/1200

Diese Kanäle liegen unmittelbar nebeneinander ca. 150 m westlich der Grundstücksgrenze des Gewerbegebietes Greenpark (siehe auch Lageplan). Zahlreiche Schächte lassen einen Zugriff auf die Kanäle zu.

e.qua Services GmbH										
BV: AWN Greenpark Stahnsdorf										
Tab. 1: Ablaufmengen 2014 für KA Stahnsdorf (Quelle: Berliner Wasserbetriebe)										
					Auskühlung	Wärme-Entzugsleistung			Heizleistung	
	Mittelwert	Minimum	Mittelwert	Minimum		Mittelwert	Minimum	COP	Mittelwert	Minimum
	m3/d	m3/d	m3/h	m3/h	K	kW	kW	-	kW	kW
Januar	47.068	34.967	1.961	1.457	2	4.550	3.380	4	6.067	4.507
Februar	44.584	41.296	1.858	1.721	2	4.310	3.992	4	5.746	5.323
März	49.076	44.055	2.045	1.836	2	4.744	4.259	4	6.325	5.678
April	48.806	42.425	2.034	1.768	2	4.718	4.101	4	6.291	5.468
Mai	48.923	40.853	2.038	1.702	2	4.729	3.949	4	6.306	5.265
Juni	49.113	43.357	2.046	1.807	2	4.748	4.191	4	6.330	5.588
Durchschnitt	47.928	41.159	1.997	1.715		4.633	3.979		6.177	5.305

Tabelle 1 Ablaufmengen der KA Stahnsdorf 2014

3.3 Fazit Nutzung Abwasser

Es wird empfohlen, für die weitere Bearbeitung nur noch den möglichen Wärmeentzug aus dem Ablaufwasser der Kläranlage Stahnsdorf zu beachten.

3.4 AWN – nutzbare Wärmemenge

Die täglichen Abwassermengen wurden vom Klärwerksbetreiber zur Verfügung gestellt. Die Leistungswerte wurden analysiert und in Tabelle 1 (siehe Anlage) zusammenfassend dargestellt.

Es ergeben sich folgende Werte (Durchschnitt):

Parameter	Dimension	Mittelwert	Minimum
Abwasseranfall	m ³ /h	1.997	1.715
Mögliche Auskühlung	K	2	2
Entzugs-Wärmeleistung	kW	4.633	3.979
COP	-	4	4
Heizleistung mepumpe	Wär- kW	6.177	5.305

Tabelle 1 Abwasserwerte KA Stahnsdorf Berliner Wasserbetriebe

Die nutzbaren Abwärmen aus dem Klärwerksablauf sind vom Potential her ausreichend, um das gesamte Areal Greenpark mit Heizwärme zu versorgen.

Die Abwassertemperatur bewegt sich im Durchschnitt je nach Jahreszeit zwischen 10°C und 20°C und somit immer höher als vergleichsweise Grundwasser..

4 Wärmeverbraucher

Eine Abwasserwärmenutzung (AWN) macht nur Sinn, wenn potentielle Abnehmer im Nahbereich vorhanden sind.

Im Gewerbegebiet Greenpark gibt es gegenwärtig ca. 9 Heizzentralen mit einem Gasverbrauch von ca. 450.000 m³/a (Konzept Projekt und Machbarkeitsstudie EnergieBäketal eG vom 29.10.2013). Das entspricht einer Gesamt-Heizleistung von ca. 2,3 MW.

Es ist zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, den einzelnen Heizzentralen eine passende Wärmepumpenanlage mit AWN zuzuordnen. Das hängt im wesentlichen ab:

- von der Art und vom baulichen Zustand der Heizkessel
- von der Art der Heizwärmeabgabe, z.B. statische Heizflächen, Lüftung, WWB
- vom Sanierungsbedarf der Heizzentralen (Neubau, Rückbau oder Erweiterung)
- von der Möglichkeit Heizzentralen zu einem Verbund mit Nahwärmenetz zusammen zu fassen

- ▶ ***Das nutzbare Potential der AWN ist mehr als ausreichend, um den Wärmebedarf des Greenparks abzudecken.***

5 Wärmepumpen

Wärmepumpen gewinnen zunehmend an Bedeutung, da sie in der Lage sind, Umweltenergien und Abwärmen nutzbringend in die Energieversorgung einzubringen.

Es gibt prinzipiell drei Wärmepumpen-Bauarten:

Kompressionswärmepumpen, Absorptionswärmepumpen und Adsorptionswärmepumpen.

5.1 Kompressions-Wärmepumpe

Das Kältemittel wird über eine mechanische Kompression verdichtet. Es kommen Hubkolben-, Schrauben, Scroll- und Turboverdichter zum Einsatz. In der Regel sind sie elektrisch angetrieben, man spricht von einer elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpe.

Wird der Kompressor von einem Verbrennungsmotor angetrieben, kann noch zusätzlich die Motorabwärme mit genutzt werden. Wird dabei Erdgas eingesetzt, spricht man dann von einer gasbetriebenen Kompressionswärmepumpe.

5.2 Absorptions-Wärmepumpe

Dem Gas- bzw. Elektromotorantrieb steht bei der Absorptionstechnik ein thermischer Antrieb, bestehend aus Austreiber, Absorber und einer Lösungspumpe gegenüber. Statt reinem Kältemittel werden Stoffgemische (z.B. Ammoniak/Wasser) eingesetzt.

Diese Technologie nutzt den physikalischen Effekt der Reaktionswärme bei Mischung zweier Flüssigkeiten oder Gase. Das Lösungsmittel wird im Kältemittel wiederholt gelöst oder ausgetrieben. Die notwendige Energiezufuhr von außen erfolgt über eine Gasflamme oder über Abwärme.

5.3 Adsorptions-Wärmepumpe

Das Funktionsprinzip basiert auf einem festen Lösungsmittel, dem „Adsorbens“, an dem das Kältemittel ad- oder desorbiert wird. Bei der Desorption wird Wärme zugeführt und bei der Adsorption entnommen. Da das Adsorbens nicht in einem Kreislauf umgewälzt werden kann, läuft der Prozess nur diskontinuierlich ab, indem zwischen Ad- und Desorption zyklisch gewechselt wird

Alle Technologien wurden in der Vergangenheit speziell für die Kältetechnik entwickelt. Dabei hat sich ganz klar die elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpe durchgesetzt. Sie erzeugt bei gleicher Abwärme den höchsten Kälteleistungsanteil.

Adsorptionswärmepumpen spielen in der praktischen Anwendung kaum eine Rolle.

Ist nur die Bereitstellung von Heizenergie von Interesse, ist auch die Gas-Absorptionswärmepumpe eine wirtschaftliche Alternative. Soll auch die kalte Seite der Wärmepumpe zur sommerlichen Kühlung genutzt werden, gewinnt wieder die elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpe die Oberhand.

5.4 Wärmequellen/Wärmesenken

Je nach Art der Wärmequelle (Wärmeaufnahme) und Wärmesenke (Verbrauchsseite) spricht man von:

- Luft-/Luftwärmepumpen
- Luft-/Wasserwärmepumpen
- Wasser-/Wasserwärmepumpen
- Sole-/Wasserwärmepumpen
- Wasser-/Luftwärmepumpen

5.5 Betriebsarten

Wärmepumpen können in unterschiedlichen Betriebsarten arbeiten.

Monovalente Betriebsart

Die gesamte Heizlast wird durch die Wärmepumpe gedeckt. Es gibt keinen zusätzlichen Wärmeerzeuger.

Bivalente Betriebsart

Die Wärmepumpe deckt die Grundlast, die Spitzenlast übernimmt ein konventioneller Wärmeerzeuger. Fährt nach Zuschalten des konventionellen Wärmeerzeugers die Wärmepumpe weiter, spricht man von bivalent-paralleler Betriebsart. Geht die Wärmepumpe nach Erreichen des Bivalenzpunktes außer Betrieb, ist es eine bivalent-alternative Fahrweise.

5.6 Wirtschaftlichkeit

Die Effizienz des Wärmepumpenbetriebes wird mit der Leistungszahl (COP, G.U.E.) und mit der Jahresarbeitszahl (JAZ) bewertet.

Die Leistungszahl COP (engl. Coefficient of Performance) bezeichnet das Verhältnis aus nutzbarer Heizenergie und elektrischer Stromaufnahme bei elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpen. Der COP wird unter genau definierten Bedingungen auf dem Prüfstand ermittelt. Dieses Leistungsverhältnis lässt einen wirtschaftlichen Vergleich zwischen verschiedenen Wärmepumpen zu.

Basis bildet die DIN EN 14511, die die Wärmequellenart und Wärmeträgertemperatur vorgibt.

Dabei werden die Buchstaben A (Air, engl. für Luft), B (Brine, engl. für Sole) und W (Water, engl. für Wasser) für verschiedene Kombinationen genutzt, z.B. B0/W35, W10/W45 oder A7/W35 etc.

Bei Gas-Absorptionswärmepumpen beschreibt der energetische Gas-Wirkungsgrad G.U.E. (engl. Gas Utilization Efficiency) das Verhältnis zwischen Heizleistung und Gasverbrauch.

Während die Leistungszahlen nur momentane Verhältnisse widerspiegeln erfasst die Jahresarbeitszahl (JAZ) die gesamte Nutzwärme, die die Wärmepumpe über ein Jahr abgibt, im Verhältnis zur jährlich aufgenommenen Hilfsenergie (Strom oder Gas).

Für eine wirtschaftliche Bewertung des Wärmepumpenbetriebes ist nur die JAZ von Bedeutung. Laut dem „Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG“ des Bundes werden elektrisch angetriebene Wärmepumpen nur als Form der erneuerbaren Energieerzeugung anerkannt, wenn mindestens folgende Werte für die Jahresarbeitszahl bei Neubauten erreicht werden: Luft-Wasser-Wärmepumpe: 3,5 Sole-Wasser oder Wasser-Wasser- Wärmepumpe: 4,0. Gas-Absorptionswärmepumpen müssen eine JAZ von mind.1,2 erreichen.

6 Gestaltung Wärmepumpenanlage

Für die technische Gestaltung der Wärmepumpenanlage können an dieser Stelle nur allgemeine Hinweise gegeben werden. Eine genaue Beschreibung ist erst nach einer objektkonkreten Analyse der Heizzentralen unter Beachtung der anderen regenerativen Energiequellen möglich.

Aus dem Ablaufkanal wird mittels einer Schmutzwasserpumpe das Ablaufwasser bedarfsgerecht über einen Kaltwasserleiter der Wärmepumpenanlage zugeführt. Dafür können die vorhandenen Schächte im Ablaufkanal genutzt werden. Nach durchströmen der Wärmepumpenanlage wird das Ablaufwasser über die nachfolgenden Schächte wieder in den Kanal zurückgeführt.

Je nach konstruktiver Beschaffenheit der Verdampferanlage ist durch Einbau eines Plattenwärmeübertragers eine hydraulische Trennung der Wasserströme vor der Wärmepumpe erforderlich. Das Abwasser gilt als sauerstoffbelastet. Es gibt aber Wärmepumpen, bei denen auf diese hydraulische Trennung verzichtet werden kann.

Wärmepumpen können aus wirtschaftlichen Gründen Heizungsvorlauftemperaturen bis 55°C erreichen. Damit ergeben sich entsprechende Schaltungsvarianten für die hydraulische Einbindung in die vorhandene Hausanlage.

Wärmepumpen können auch zur sommerlichen Kühlung genutzt werden. Das setzt natürlich einen Kühlbedarf in den Objekten voraus. Durch die Ableitung der Abwärme in den Ablaufkanal werden temperaturbedingt bessere wirtschaftliche Effekte erreicht, als bei Ableitung der Abwärmen mittels Kühltürmen über Dach.

7 Wirtschaftlichkeit Wärmepumpenanlage

Auch hier können nur folgende, allgemeine Hinweise bzw. Erfahrungen weiter gegeben werden:

- Für Wärmepumpenanlagen können Laufzeiten von 20 Jahren angesetzt werden
- In zahlreichen Anlagen wurden Amortisationen von 10-12 Jahren erreicht
- Die Amortisation verbessert sich deutlich, wenn eine sommerliche Kühlung mit eingerechnet werden kann
- Die Energietarife bestimmen die Wirtschaftlichkeit wesentlich

8 Förderung

Es besteht prinzipiell die Möglichkeit einer objektkonkreten Förderung oder Finanzierung der Baumaßnahme. In der Anlage werden zwei Varianten dargestellt. Es sind kleine Beiträge, die die Wirtschaftlichkeit der Anlage nicht „auf den Kopf“ stellen.

9 Fazit

Die örtliche Lage des Ablaufwasser-Kanales des Klärwerkes Stahnsdorf bietet gute Voraussetzungen, um die noch vorhandene Abwärme mittels Wärmepumpen im Gewerbegebiet Greenpark sehr effizient zu nutzen. Das vorhandene Energiepotential überschreitet den möglichen Bedarf bei weitem.

Wärmepumpenanlagen mit Abwasserwärmenutzung stellen sich wirtschaftlich und ökologisch besser dar, als Erdsondenanlagen oder Luftwärmepumpen.

Eine bedarfsgerechte Auslegung der Wärmepumpenanlage setzt allerdings eine objektkonkrete, exakte Analyse der vorhandenen Heizzentralen incl. Hausanlagen unter Beachtung der anderen regenerativen Energiequellen voraus.

Berlin, den 25.08.2014

e.qua Services GmbH

Andreas Koschorreck
- Geschäftsführung -