

# Erdreichgebundene Abwasser-Wärmetauscher als Wärmequelle, Energiespeicher und erfolgswirksame Komponente im zukünftigen Smart Grid

Das Abwasser wird als eine immer stärker beachtete Wärmequelle (Wärmerückgewinnung) gesehen. Über Wärmepumpen und Kältemaschinen kann man diese immense Wärmequelle erschließen. Nachdem der Strom, aufgrund des steigenden Anteils der regenerativen Erzeugung, immer umweltfreundlicher wird, ist der Einsatz von elektrisch betriebenen Wärmepumpen und der zusätzlich gewonnenen Umweltenergie aus dem Abwasserkanal und dem umgebenden, erwärmten Erdreich eine logische zukunftsfähige Technologie. Das System PKS-ThermPIPE® der Firma Frank GmbH aus Mörfelden erschließt dieses bisher brach liegende Energiepotential.

## 1 Das Smart Grid

Das Smart Grid ist ein sogenanntes virtuelles Kraftwerk. Alle in ein erweitertes Netz eingeleiteten Energieformen und deren Entnahmen wie z. B. Strom, Wärme, Kälte, Gas, ... werden intelligent geregelt. Der Energieanfall, wie es z. B. bei der Windkraft oder Photovoltaik gegeben ist, differiert zeitlich und örtlich mit dem Energiebedarf. Transportmöglichkeiten und Zwischenlagerungen der Energie gilt es zu erweitern und zu optimieren. Eine übergeordnete Regelung stellt Spitzenlastzeiten und Schwachlastzeiten fest. In Spitzenzeiten werden Energieverbraucher (z. B. Geräte wie Waschmaschinen) abgestellt und in Schwachlastzeiten diese übergeordnet wieder aktiviert. Das Ziel ist eine ständige niedrige Durchschnittslast zu erzielen, um die Netze zu entlasten und effektiver zu machen. Auch die Dimensionen der Netze können so geringer ausfallen. Gleichzeitig dürfen jedoch Energieverbraucher, bzw. die Energienutzer keine Nachteile, wie z. B. abgestellte Heizanlagen oder fehlendes warmes Trinkwasser erhalten. Derzeit wird von einem Lastmanagement gesprochen, was sich jedoch bisher nahezu auf die Energieform Strom bezieht. Da die Energieform Strom auch in andere Energieformen wie Wärme, Kälte oder Gas umgewandelt und gespeichert werden kann, sind diese gesamtheitlich mit einzubeziehen.

Die Menge an regenerativer Energie ist in der Summe gesehen weltweit prinzipiell unendlich! Da Energie gemäß dem Energieerhaltungssatz nie verloren geht, ist es eine technische, wirtschaftliche und ökologische Herausforderung diese in einem Zustand der

Wiedernutzbarkeit zu erhalten. Durch Rückgewinnungsmöglichkeiten soll sich der Energiekreislauf ständig schließen. Energietransportverluste stellen keine Vernichtung von Energie dar, sondern lediglich Umwandlungen in nicht nutzbare Energie, sogenannte Anergie. In erster Linie gilt es jedoch örtlich Energieverbräuche einzusparen, um nicht zu viel Energie transportieren oder nutzbar speichern zu müssen. Der zeitliche und örtliche Versatz von Energieangebot und Energienachfrage erfordert jedoch einen Ausgleich. Es bedarf intelligenter Lösungen, um die vorhandene Energie zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Güte und Menge zur Verfügung zu stellen. Die Speichertechnik ist hier die Kernaufgabe. Das Abschalten von Windrädern, trotz Wind, oder das Abschalten von Photovoltaikanlagen, trotz Sonne, sollte vermieden werden. Die Energiespeichertechnik wird zukünftig eine immer größer werdende Schlüsselrolle übernehmen.

## 2 Der Energiespeicher Erdreich und Abwasserkanalrohr

Einer dieser Energiespeicher wird das Erdreich auf unterem effektivem Temperaturniveau sein. Im Erdreich lässt sich die Energieform Wärme (Kälte) speichern. Das Erdreich ist eine vorhandene Speichermasse, die gratis zur Verfügung steht. Aufgrund dieser „Sowieso-Verfügbarkeit“ ist eine Wirtschaftlichkeit - trotz Wirkungsgradminderungen, immer gegeben. Befinden sich im betrachteten Erdreich Abwasserleitungen, so findet eine erhöhte Einspeicherung der Abwärme des Abwassers in das Erdreich statt. Häusliches Abwasser verlässt das Eigenheim in Richtung öffentliche Kanalisation mit einer durchschnittlichen Temperatur von 20-24°C. Industrielles Abwasser teils noch höher. Dieses Abwasser gelangt in die Kläranlage mit ca. 10-16°C. Bei Mischwasser, sprich Schmutzwasser, Regenwasser, Oberflächenwasser und Fremdwassereintritt entsteht eine Mischtemperatur mit erhöhtem Abwasservolumenstrom und entsprechend höherer Energiemittelführung. Jeder Liter Abwasser gibt nahezu 10 Grad und die damit verbundene große Wärmeenergie an das kanalumgebende Erdreich ab. Diese riesige Energiemenge ist bis dato nicht genutzt, eine sogenannte Anergie. Um diese Anergie wieder zu nutzbarer Energie umwandeln zu können, gibt es das erdreichgebundene Abwasserwärmetauscher-Rohr PKS-ThermPIPE. Entgegen den am Markt vorhandenen

Abwasserwärmetauschersystemen, die lediglich das im Kanalverlauf abgekühlte Abwasser im Kanal oder auf der Kläranlage direkt abkühlen, nimmt das PKS-ThermPIPE, ein querschnittsfreies Abwasserrohr mit außenliegendem Wärmetauscher, indirekt die Abwasserwärme (Energie) über das erwärmte Erdreich auf. Die Abwasserenergie im Erdreich ist um ein Vielfaches größer als die Restabwasserenergie im Abwasser direkt. Die Möglichkeiten der direkten Entwärmung des Abwassers sind aufgrund der biologischen Reinigungsstufe vor den Kläranlagen begrenzt. Gemäß dem DWA Merkblatt M-114, Energie aus Abwasser, kann das Abwasser ungeprüft um 0,5°K abgekühlt werden. Vergleicht man hierzu nochmals die bereits verlorene Wärmeenergie des Abwassers an das kanalumgebende Erdreich von ca. 10 °K, macht dies die unterschiedlichen Energiepotentiale deutlich. Auch ist die Veränderung der Konzentration des Ammoniums auf der Kläranlage zu beachten. Bei der Entwärmung im gereinigten Abwasser nach der Kläranlage (Vorflut) sind die Temperaturverhältnisse des öffentlichen Gewässers, in das eingeleitet wird, maßgebliches Begrenzungskriterium. Die im Erdreich gespeicherte Abwärme und die natürliche Geothermie-Energie wird über eine Wärmepumpe einem Nutzer und somit dem Smart Grid (virtuelles Kraftwerk) zur Verfügung gestellt. Neben dem Aspekt der natürlichen Geoabwärme addiert sich die Wärmerückgewinnung aus Abwasser und führt die so gewonnene und gespeicherte Energie dem Nutzer dann zu, wenn der diese zeitlich benötigt. Das Abwasser selbst kann ein großer Energielieferant im Smart Grid werden. Da es selbst im Tagesverlauf mit extrem schwankenden Mengen und somit auch Energiemengen, ähnlich der Windenergie oder Sonnenenergie, anfällt, kann die Wärmeenergie über das umgebende Erdreich zwischengespeichert werden. Diese gespeicherte Wärmeenergie kann nach den Anforderungen des Nutzers und auch zeitgleich nach den Anforderungen der übergeordneten Regelung des Smart Grids verwendet werden.

Das gesamte Energievolumen wird so zeitlich flexibel erhöht ohne dass Netzkapazitäten erweitert werden müssen. Ein wesentlicher Baustein im zukünftigen Smart Grid werden Energiespeichersysteme über Wärmepumpen und Kältemaschinen sein. Mit den Wärmepumpen sollten in den Heizzentralen auch große Pufferspeicher für Heizungswasser installiert sein. Dies um die Laufzeiten der Wärmepumpen/Kältemaschinen zu erhöhen und ein ständiges an- und abschalten zu verhindern. Durch den relativ konstanten niedrigen Betrieb von Wärmepumpen mit großen Pufferspeichern stellt sich ein wirtschaftliches Arbeiten des Heizsystems ein. Die Wärmepumpen können Heizungspuffer in Strom-Schwachlastzeiten aufheizen, unabhängig von der momentanen Wärmeanforderung der Nutzer. Der Wärmenutzer ruft die so zwischengespeicherte Wärme ab, dann wenn er diese benötigt. Strom-Spitzenlastzeiten können umgangen werden. Die derzeit stark in der Diskussion stehenden teuren und aufwendigen Stromtrassenerweiterungen können mit diesen dezentralen Wärmespeichern minimierter ausfallen.

### 3 Das „System“ PKS-ThermPIPE®


Die PKS-ThermPIPE-Rohre sind querschnittsfreie Abwasser-Wickelrohre die eine Grundwand besitzen,

sowie außenliegende Stützzschläuche zur statischen Lastaufnahme des Erdreichs. Die Stützzschläuche werden mit einem Wärmeträgermedium (Glykolgemisch oder Wasser) durchströmt. Dieses Wärmeträgermedium führt die im Kanalbereich entzogene Wärme an eine Wärmepumpe (oder Kältemaschine) welche das niedrige Temperaturniveau mittels einem Verdichter auf höhere Heiztemperaturen zur Gebäudeheizung bringt.

Das „System“ PKS-ThermPIPE entzieht direkt Wärme aus dem Abwasser ohne Staustellen und zusätzlich entnimmt es gleichzeitig die Energie aus dem umgebenden erwärmten Erdreich. Dieses anliegende Erdreich dient als Wärmespeicher. Man entzieht ca. 20 Prozent Wärmeenergie aus dem Abwasser direkt und 80 Prozent aus dem vom Abwasser erwärmten Erdreich. Das Erdreich mit seiner Speicherfunktion ist gerade in den Fällen wichtig, wenn diskontinuierlich Abwasser mit unterschiedlichen Temperaturhöhen anfällt. Man kann über die Pufferwirkung eine relativ gleichbleibende und verlässliche Wärmeentzugsleistung erzielen. Das Erdreich wird laufend durch nachfließendes Abwasser in den Abwasserrohren thermisch regeneriert. Bei ganz hohen Abwassertemperaturen, z. B. aus industriellem Prozessabwasser mit über 30-40°C, kann auch ohne Wärmepumpeneinsatz Trinkwasser vorerwärmt werden. Benötigt man die Abwasserwärmerückgewinnung zu Gebäude- oder Prozessheiz Zwecken mit entsprechendem Vorlauftemperaturniveau, wird eine oder mehrere Wärmepumpen ihre Verwendung finden. Das PKS-ThermPIPE ist im Grunde eine optimierte waagrechte Geothermie und hat als Wärmequelle höhere Temperaturen gegenüber der klassischen Geothermie. Aus diesem Grund sind auch die Leistungszahlen der Wärmepumpen mit dem PKS-ThermPIPE höher. Sofern ein Kanalneubau ansteht sind die Mehrkosten, um neben der Abwasserentsorgung auch die Wärme zu nutzen, recht gering.

Ein ganz wichtiger Punkt ist auch, dass man mit dem PKS-ThermPIPE über reversible Wärme-pumpen oder Kältemaschinen gleichzeitig effektiv Gebäude kühlen kann. Ebenso ist auch ohne maschinellen Einsatz ein passives Kühlen möglich! Im Sommer wird die aus den Gebäuden entzogene Wärme (Kühlung) an das Erdreich und an das Abwasser mit sehr guten Leistungszahlen aufgrund der höheren Temperaturdifferenz im Vergleich zur Außenluft abgegeben. Das zusätzliche Aufheizen der Innenstädte im Sommer aufgrund der wärmeabgebenden Klimageräte (Wärmeinseleffekt – Smog ...) kann über die erdreichgebundene Wärmeabfuhr umweltfreundlich umgangen werden. Der in das Erdreich eingespeiste Wärmeenergieanteil steht im winterlichen Heizfall unter bestimmten Konstellationen wieder zur Verfügung. Prinzipiell stellen sich bei allen Wärme-Kälte-Kopplungen erhöhte Leistungszahlen (COP) gegenüber reiner Wärme- oder Kälteherstellung ein. Durch das PKS-ThermPIPE-System erhält man aufgrund der hohen Wärmequellentemperatur (Abwasser und erwärmtes Erdreich) im winterlichen Heizfall und der relativ niedrigen Temperaturen der Wärmesenke (ebenfalls Abwasser und Erdreich) im sommerlichen Kühlfall eine weitere zusätzliche Steigerung der Leistungszahlen.

## Systemlösung: Heizen, Kühlen und Speichern aus dem Kanalabwasser und erwärmtem umgebenden Erdreich mittels Kunststoff-Wärmetauschern



**PKS-Thermpipe®**

**Wärme aus dem Abwasser 20%  
aus dem erwärmten Erdreich 80%**

**Heizen & Kühlen**

- ab 5 l/s Abwasser
- ab DN 300 Kanälen
- min. Temperaturabsenkung
- keine Kanaleinbauten
- beständig werthaltig
- wartungsfrei
- regenerativ umweltfreundlich
- versorgungssicher

#### 4 Erdrechoptimierung im Sinne von Speicheroptimierung

Um die Energiespeicherfähigkeit des Erdreichs zu erhöhen, ist der Einsatz von thermisch optimierten Verfüllbaustoffen möglich. Diese flüssig in den Abwasserrohrgraben eingebrachten Baustoffe härten spatenstichfest um das PKS-Thermpipe-Rohr formschlüssig aus. Sie haben, was die spezifische Wärmekapazität und die Wärmeleitfähigkeit betrifft, bessere Werte als die gängigen Einsandungen und das natürliche Erdreich. Durch die Formschlüssigkeit zum Wärmetauscher entstehen keine wärmeübergangsbehindernden Luft einschlüsse. Befinden sich die Abwasserleitungen jedoch bereits im Grundwasser, so ist aufgrund der hohen Feuchtigkeit der Erdboden gesättigt und sehr energieaufnahmefähig.

Stauraumkanäle aus großen PKS-Wickelrohren mit umliegenden Stützschläuchen als Wärme-tauscherrohre können zur Zwischenlagerung von Abwasser und somit von Energie hilfreiche Energiespeicher sein. Netzüberschüssiger Strom kann über Wärmepumpen in die Abwasser-speicher eingelagert und bei Bedarf wieder entzogen werden.

#### 5 Abwasserwärmepumpen mit Erdreichspeicher im Nahwärmenetz

Erdreichgebundene Abwasserwärmetauscher mit Wärmepumpen können neben der Anwendung bei einem

einzelnen Gebäude zu Heiz- und Kühlzwecke auch für die Nah- und Fernwärmenetze eingesetzt werden. Dezentral kann bei einem Fernwärmenetz an jeder Stelle mit dem System eine temperaturtechnische Rücklaufanhebung erzielt werden. Bedarfsgerecht, dann wenn das Heiznetz Spitzenlasten benötigt. In Ruhezeiten speichert das Erdreich die Abwasserwärme.

#### 6 Abwasserwärmepumpen im Altbau und Hochtemperaturnetzen

Aufgrund der mit Abwasserwärmepumpen erzielbaren hohen Leistungszahlen ist es heute möglich auch hohe Heizungsvorlauftemperaturen zu annehmbaren Bedingungen zu erzielen. Das am Markt teils noch bestehende Vorurteil, dass Wärmepumpen im Hochtemperaturbereich, wie sie im nicht sanierten Altbau und in Nahwärmenetzen bestehen, nicht einsetzbar sind, ist technisch und wirtschaftlich längst in Frage gestellt. In bivalenten oder multivalenten Heizzentralen (zwei oder mehrere Heizquellen) kann die Abwasserwärmepumpe über die Rücklaufanhebung einen erheblichen und optimierten Anteil an der Gesamtversorgung eines Gebäudes oder Netzes leisten. Die Heiztemperaturen können auch im Altbau mit Anpassungen am Heizsystem zu niedrigerem und vor allem verlustärmerem Temperaturniveau gebracht werden. Auf niedrigerem Temperaturniveau (Rücklauf) sind Abwasserwärmepumpen bestens einsetzbar, auf höherem Temperaturniveau bereits gut machbar.

## 7 Fazit:

- Erdreichgebundene Abwasserwärmetauscher sind eine Speicherform, welche die Energiequelle Abwasser erschließen, diese Energie speichern und bei Bedarf zur Verfügung stellen.
- Erdreichspeicher um PKS-Thermpipe-Rohre können bei Stromlasttiefen aufgeheizt werden und bei Stromlastspitzen ausgleichen. Es ist zudem eine Leistungsanpassung der Wärmepumpen an das Strom- und Abwasserpotential mit Smart-Grid-fähigen Wärmepumpen machbar. Elektrische Energie des Smart Grids kann in Wärme oder Kälte umgewandelt und thermisch gespeichert werden. Das Erdreich als Speicher ist gratis vorhanden.
- Abwasserwärmepumpen können entsprechend den Regeln des Smart Grids lastschonend, und umweltfreundlich eingesetzt werden - ohne Komfortverlust für die Nutzer.
- Die Wärmepumpen-Heizungspuffer in den Gebäuden helfen zusätzlich die Lastspitzen des Stromnetzes zu kompensieren.
- Stauraumkanäle aus PKS-Rohre (Abwasserreservoirs) können gezielt bei Lasttiefen auf niedrigem Temperaturniveau als Wärmespeicher aufgeheizt, und dann bei Wärmebedarf angezapft werden.
- Erdreichgebundene Abwasserwärmenutzungsanlagen können im Altbau oder in Nah- und Fernwärmenetzen einen überaus großen eingespeisten Energieanteil über die Anhebung des Heizungsrücklaufs wirtschaftlich und ökologisch übernehmen.

## AUTOREN



**BERNHARD LÄUFLE**  
Frank GmbH, Mörfelden-Walldorf  
Tel. +49 6105 4085-209  
E-Mail: b.laeufle@frank-gmbh.de



**THOMAS FRANK**  
Frank GmbH, Mörfelden-Walldorf  
Tel. +49 6105 4085-0  
E-Mail: t.frank@frank-gmbh.de