

Wärmerückgewinnung aus Abwasser

Vermeehrt werden unterschiedliche Energiequellen niedrigen Temperaturniveaus über Wärmepumpen erschlossen. Vergleichsweise neu ist die Wärmerückgewinnung aus Abwasser.

Für den Betrieb einer Wärmepumpe mit möglichst hoher Jahresarbeitszahl sind bei der Auswahl der Energiequelle besonders die Wärmeübertragungseigenschaften und die mittlere Temperatur des Mediums zu berücksichtigen. Technisch weit entwickelt ist die Nutzung der Erdwärme z.B. über Sonden, Kollektoren und Brunnensysteme.

Abwasser wird als „regenerative“ Energiequelle entdeckt

Bislang kaum erschlossen als Energiequelle ist das Abwasser aus häuslicher und gewerblicher Nutzung. Durch das ganzjährig hohe Temperaturniveau von durchschnittlich ca. 14°C [1], [2] und die guten Wärmeübertragungseigenschaften rückt die öffentliche Kanalisation zunehmend als „regenerative“ Energiequelle ins Blickfeld. Hatte man zunächst befürchtet, dass sich der Wärmeentzug negativ auf die Reinigungsleistungen der biologischen Klärstufen auswirken könnte, gelten diese Bedenken heute als ausgeräumt: Bei realistischen Szenarien sind gar nicht so viele Standorte zu realisieren, dass eine entsprechende Abkühlung des Gesamtzuflusses unter eine kritische Temperatur auftritt.

Denn um ein „Abwasser-Wärmerückgewinnungsprojekt“ wirtschaftlich zu realisieren, müssen eine ausreichend ergiebige Kanalstrecke und das zu beheizende Objekt möglichst dicht zusammen liegen, was selbst in Großstädten die Standorte begrenzt. Daneben stellen sich den potenziellen Planungsbeteiligten auf dem noch jungen Geschäftsfeld viele Fragen: Welche Systeme gibt es? Welche Voraussetzungen sind erforderlich, um die Systeme zu realisieren? Welcher zusätzliche Planungsaufwand entsteht durch die Nutzung der Energiequelle Abwasser in einem fremden Eigentumsbereich, der in der Regel dazu sogar baulich zu verändern ist?

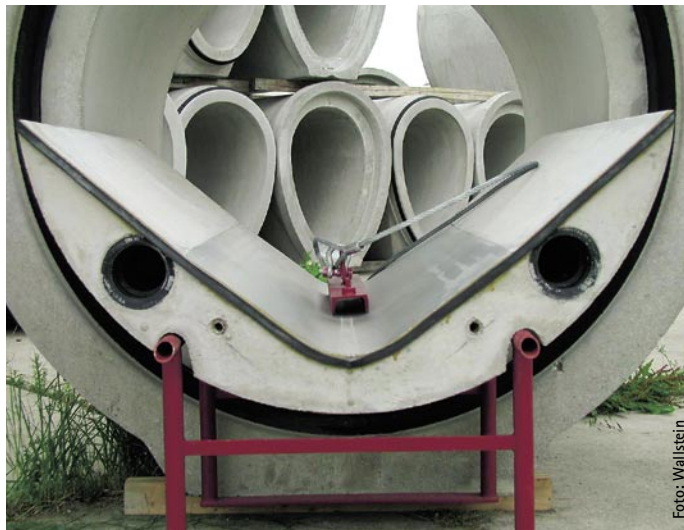


Bild 1 Wärmeübertragungselement aus Edelstahl zur Kanalintegration [Rabtherm]

Überblick über Wärmerückgewinnungssysteme

Das Prinzip des Wärmeentzugs aus Abwasser erfolgt technisch betrachtet meistens mit einem relativ einfachen Aufbau. Wärmeübertrager unterschiedlicher Bauarten werden in Abwasserkanäle, Schächte oder Pumpensümpfe integriert, die Wärmeenergie des Abwassers aufgenommen und durch eine Wärmepumpe auf das zur Beheizung erforderliche Temperaturniveau gehoben. Ideal, wie bei allen Wärmepumpenanwendungen, sind dazu Gebäude mit Niedertemperaturheizflächen geeignet.

Rabtherm

Werden Wärmeübertrager in Abwasserkanäle integriert, so müssen diese nach heutigem Stand der Technik eine Nennweite größer DN 800 (DN 500) aufweisen [1]. Um den finanziellen und technischen Aufwand zu begrenzen, bietet sich der Einbau besonders bei der Erneuerung von Abwasserkanälen an. Bild 1 zeigt ein Wärmeübertragerelement aus einem speziellen Edelstahl, das im Abwasserkanal als Gerinne angeordnet wird. Die hydraulische Verschaltung der Elemente sorgt dafür, dass die 1 bis 3 m langen Wärmeübertrager auf einer Länge von 200 m (300 m) hinter-

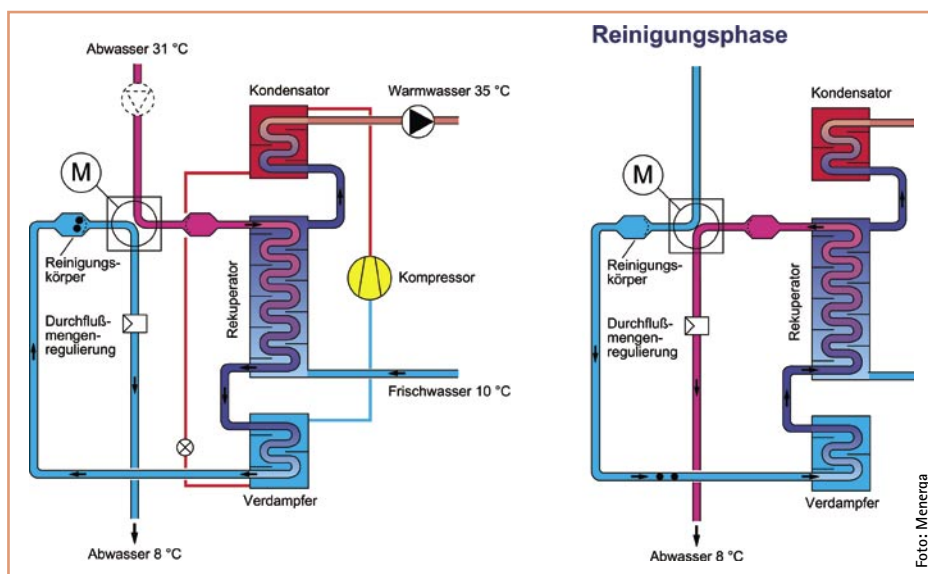


Bild 2 Wärmerückgewinnungs-Gerät für Abwasser mit Rekuperator und Wärmepumpe. Betriebszustand und Reinigungsphase [Menerga]



Bild 3 Prinzipbild einer Wärmerückgewinnung aus Grauwasser mit kombinierter Nutzung als Betriebswasser zur Toilettenspülung oder zur Gartenbewässerung [Aquatronic]

einander geschaltet werden können. Das System wird zurzeit zur Versorgung von Wärmeabnehmern mit mindestens 100 kW in mehreren Anlagen erprobt.

Menerga

Menerga bietet mit dem System AquaCond ein Kompaktgerät mit integrierter Wärmepumpe zur Trinkwassererwärmung an [3]. Bild 2 zeigt die zweistufige Wärmerückgewinnung mittels Rekuperator und Verflüssiger der Wärmepumpe. Besonderes Merkmal dieser Anlagen ist die automatische Reinigung bei schmutzbelasteten Abwässern: Über ein Mischventil wird regelmäßig die Durchflussrichtung des Abwassers durch die Wärmeübertrager geändert. Dabei werden an die Rohrdimensionen angepasste Durchflusskörper durch die Rohrleitungen gepresst. Durch diesen Vorgang werden die Schmutzablagerungen von den Rohrwänden gelöst und abgeschlemmt. Ideale Anwendungsvoraussetzungen sind dort gegeben, wo Abwasser durch warmes Frischwasser ersetzt werden muss, beispielsweise in Schwimmbädern für Becken- und Duschwasser, in Wäschereien, Fotolabors usw.

Aquatronic

Für den Einfamilienhausbereich besteht die Möglichkeit, Grauwasser kombiniert zum Recycling und zur Wärmerückgewinnung zu nutzen. Bedingung hierfür ist ein getrenntes Abwassernetz für Grau- und Schwarzwasser (fäkalienhaltig). Das Abwasser aus Duschen, Badewannen und Waschtischen wird gereinigt und über

einen Wärmeübertrager zur Warmwasservorwärmung geleitet. Das gereinigte Grauwasser steht zusätzlich als Betriebswasser zur Toilettenspülung oder zur Gartenbewässerung zur Verfügung (Bild 3). Um das Temperaturniveau anzuheben, kann eine Wärmepumpe integriert werden.

Feka-Energiesysteme

Aufgrund des nicht stetigen Abwasseranfalls kommen stark dezentralisierte Abwasserwärmerückgewinnungssysteme, insbesondere für Einfamilienhäuser, nicht ohne Abwasserspeicher aus. Nahe liegend ist die Speicherung des Abwassers in Pumpensumpfen oder Behältern mit überflutetem oder externem Wärmeübertrager. Anbieter für solche Systeme ist FEKA-Energiesysteme (Bild 4). Durch vorgeschaltete Filter ist es zudem möglich, fäkalienhaltiges Abwasser zu verwenden [4]. Dadurch ist innerhalb der angeschlossenen (Bestands-)Gebäude eine Trennung der Schmutzwasserleitungen nicht erforderlich. Abgetrennte Feststoffe werden durch Spülleitungen regelmäßig vom Filter abgeschwemmt. Die Ausführungen unterscheiden sich in der Anordnung und Art der Wärmeübertrager:

- direkte Integration des Verdampfer-Wärmeübertragers in den Abwassertank
- Wärmeübertrager an den Außenflächen des Abwassertanks zur Versorgung des Verdampfers
- externer, mit Abwasser durchfluteter Koaxial-Wärmeübertrager zur Versorgung des Verdampfers



Bild 4 Einbau einer Abwasserwärmerückgewinnung mit Filter und Wärmeübertrager [FEKA-Energiesysteme]

Monovalente Abwasserwärmeversorgung für Einfamilienhäuser?

Um der Technik auch im Einfamilienhaus zum Durchbruch zu verhelfen, wäre die dezentrale monovalente Betriebsweise ohne Backup- oder Reservesystem vorteilhaft. Reicht also das durch die eigene Nutzung begrenzte Potenzial des Abwassers aus, ein Einfamilien-Wohngebäude – vergleichbar mit einer Erdwärmesonde – vollständig mit Wärme für Trinkwasser und Heizung zu versorgen? Welche Energiemenge stellt das Abwasser eines Einfamilienhauses zur Verfügung?

FEKA-Energiesysteme geht von einer mittleren Temperatur des Abwassers von 23 °C aus, das im Mittel durch den Wärmeentzug auf ca. 5 °C abgekühlt wird. Bei einem durchschnittlich nutzbaren Abwasseranfall von 120 l/Pers (angesetzt wurden ein Wasserbedarf von insgesamt 150 l/Pers und ein Warmwasserbedarf von 50 l/Pers bei 60 °C) ergibt sich daraus eine Wärmeentzugsmenge im Vierpersonenhaushalt von ca. 10 kWh/d. Diese Wärmemenge reicht aus, um den angesetzten Warmwasserbedarf von 12 kWh/d zu decken.

Die zusätzliche Beheizung des Gebäudes ist bei der ausschließlichen Verwendung des eigenen Abwassers allerdings nur sehr bedingt möglich. Bilanziert man das Trinkwassersystem ohne Verluste mit den Grenzen Kaltwasseranschluss (10 °C) und unterkühlter Abwasserabfluss (5 °C), stellt die Wärmequelle nur die Energiedifferenz aus der Abkühlung um 5 K zur Gebäudeheizung zur Verfügung, der Rest müsste wieder dem Trinkwasser zugeführt werden. Dazu fließt über die Bilanzgrenze der Strom zum Wärmepumpenbetrieb, der der Heizung angerechnet werden könnte. Da aber ein übliches Warmwassersystem erhebliche Verluste aufweist, die nicht vollständig zur Gebäudebeheizung beitragen und gleichzeitig nicht das gesamte Abwasser genutzt werden kann, bleibt die verfügbare Heizleistung deutlich hinter dem Anspruch einer Alternativversorgung für normal gedämmte Gebäude zurück.

Wirtschaftlichkeit bei Klein- und Großanlagen

Fordert man den monovalenten Betrieb für ein Einfamiliengebäude, so ist dies nur vorstellbar, wenn sich der Energiebedarf im Bereich eines 3-Liter-Gebäudes bzw. des Passivhausstandards bewegt. Auch dann muss für die Gebäudebeheizung die Wärmequelle u.U. erweitert werden, z.B. durch einen Erdwärmekollektor. Denkbar ist aber auch unter bestimmten Bedingungen die zusätzliche Beladung eines Erdwärmekollektors über das Abwasser. Wirtschaftlich betreiben lässt sich in einem 4-Personen-Haushalt bereits heute eine Grauwassernutzungsanlage ohne direkte Wärmerückgewinnung aber mit energetischen Vorteilen [5]. Wirtschaftlich lässt sich auch die Abwasserwärmerückgewinnung im Mehrfamilienhausbereich oder bei gewerblicher Nutzung darstellen, wenn die Wärmerückgewinnung und nicht die monovalente Betriebsweise im Vordergrund steht.

Eine aktuelle Studie der Bremerhavener Energiemanagement Agentur GmbH und prosys im Auftrag der Bremer Energie-Konsens hat anhand unterschiedlicher Projektbeispiele und drei Fallbeispielen dokumentiert, dass eine sinnvolle Nutzung der Abwasserwärme technisch und wirtschaftlich unter derzeitigen Marktbedingungen möglich ist.

Betrachtet wurden Großanlagen. Das heißt, Wärme wird dort grundsätzlich aus öffentlichen Abwasserkanälen oder Pumpwerken entsprechend der Systeme „Rabtherm“ und „FEKA-Energiesysteme“ entzogen. Durch hohes Abwasseraufkommen und ausreichend Platz, die Wärmeübertragungsflächen zu integrieren, können die Wärmepumpen monovalent betrieben werden. Für einen wirtschaftlichen Betrieb müssen möglichst gebäudenah Abwasserkanäle zur Verringerung der Rohrleitungswärmeverluste und des Hilfsenergiebedarfs (Pumpleistung) genutzt werden.

Für die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der drei Bremerhavener-Projektbeispiele werden Amortisationszeiten von ca. zwölf Jahren angegeben. Die Berechnungen eines Fallbeispiels „Schwimmhalle“ ergaben sogar eine Amortisationszeit von vier Jahren.

Links

www.wallstein.de [Rabthem]
www.menerga.de
www.aquatronic.info
www.feka.ch
www.energiekonsens.de

Planungsbeteiligte und Eigentumsverhältnisse

Zu hohem Planungs- und Verwaltungsaufwand können diese Systeme durch die vielen unterschiedlichen Eigentumsverhältnisse führen. So sind mit dem Anlagenbetreiber, dem Eigentümer der Abwasserkanäle und dem späteren Endkunden noch gar nicht alle Beteiligten genannt. Was ist mit dem Koordinationsaufwand mit den anderen Medienleitungen (Gas-, Wasser-, Fernwärme-, Elektro-, Telekommunikationstrassen), die meist neben oder über den Abwasserkanälen verlaufen? Hier sind ein hoher Koordinations- und Genehmigungsaufwand sowie die Bereitschaft aller Beteiligten zur Projektrealisierung notwendig. Hinzu kommt der spätere Betrieb: Es muss für die Wärmeabrechnung, die Reinigung der Wärmeübertrager, die Wartung der Wärmepumpenanlagen und den technischen Service gesorgt werden, falls eine „Wärmelieferung“ durch den Anlagenrichter/-betreiber (Contracting) erfolgt.

Trotz dieser Herausforderungen zeigen mehrere Referenzanlagen, dass unter diesen Einflüssen Projekte bereits bei heutigen Energiepreisen wirtschaftlich zu realisieren und zu betreiben sind. Einige Projekte mit gewerblicher Nutzung erhöhen die Wirtschaftlichkeit durch die Verwendung des Abwassers im Sommer als Wärmesenke zur Gebäudeklimatisierung.

Genauere Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen notwendig

Werden dezentrale oder zentrale Wärmepumpenanlagen in Verbindung mit Abwasserwärmeübertragern bei einer Planung favorisiert, sind in jedem Fall im Vorfeld Wirtschaftlichkeitsberechnungen notwendig. Zusätzlich, neben den Kapital-, Energie- und Unterhaltungskosten, müssen aber insbesondere die Standortbedingungen und die spätere Nutzung in die Berechnungen eingehen. Je nach Standort und Gebäudetyp bieten sich folgende Anlagenvarianten zum Einsatz an:

- zentrale Wärmepumpenanlage in Abwasserkanalnähe in Verbindung mit einem Nahwärmenetz
- zentrale Wärmepumpenanlage in Gebäudenähe in Verbindung mit einem „kalten“ Nahwärmenetz
- „kaltes“ Nahwärmenetz mit dezentralen Wärmepumpenanlagen (z.B. bei einem Wohngebiet mit vorwiegend Einfamilienhäusern)

Weiterhin hat sich gezeigt, dass Wohngebäude nicht gleichzeitig Wärme zur Beheizung und für Trinkwarmwasser vollständig aus dem eigenen Abwasser beziehen können. Für den monovalenten Wärmepumpenbetrieb muss der Sammelkanal mehrerer Gebäude angezapft werden. Denkbar sind aber auch Varianten mit dezentral angeordneten Wärmepumpen. Das Wärmeentzugssystem müsste dann von einem Anlagenbetreiber (Contractor) in das öffentliche Abwassernetz integriert werden, der auch die Wärmequelle über ein „kaltes“ Nahwärmenetz in die Wohngebäude „transportiert“. Die besten Voraussetzungen hierfür haben neu entstehende Wohngebiete.

Die Nutzung von Abwasser durch dezentrales Recycling als Betriebswasser oder durch Wärmerückgewinnung steht erst am Beginn – aber in einem Markt mit riesigem Potenzial. Wie auch bei anderen regenerativen Energiequellen zeigen aktuelle Studien, dass solche Anlagen hohe Emissions- und Energieeinsparungen erzielen und mit vertretbaren Amortisationszeiten zu errichten sind. Das erfordert allerdings von allen Beteiligten beim ersten Projekt etwas mehr als die Schublade „Standard“ aufzuziehen. TGA-Planer können sich auf diesen Gebieten besonders schnell einarbeiten und durchaus zum Projektinitiator oder -entwickler werden und so ihr Firmenprofil erweitern. Aus dem Zustandekommen der bisherigen Pilotprojekte ist auch sehr deutlich zu erkennen, dass es für solche Projekte genügend aufgeschlossene Bauherren/Betreiber gibt.

Dipl.-Ing. (FH) Sven Stahlke ←

Literatur

- [1] Jochen Vorländer: Ideale Voraussetzungen für Wärmepumpen. Abwasser – ungenutzte Wärmequelle. Stuttgart: Gentner, TGA Fachplaner 10-2004
- [2] bea – Bremerhavener Energiemanagement-Agentur GmbH und prosys – Gesellschaft für produktionsintegrierte Umweltsystemtechnologien und -management mbH: Potenzialstudie zur Abwasserabwärmenutzung in Bremerhaven. Bremerhaven: Januar 2004
- [3] Menerga: Produktinformation AquaCond
- [4] FEKA-Energiesysteme AG: Schulungsunterlagen
- [5] Heike Ziegler: Bei der Haustechnikplanung die Nachrüstung vorbereiten – Betriebswassernutzung. Stuttgart: Gentner, TGA Fachplaner 10-2004