Grazer ENERGIEAgentur

BERLINER energie AGENTUR

AbwasserWärmeNutzung

Leitfaden zur Projektentwicklung

WasteWaterHeat

Intelligent Energy Europe

LEV

Das Projekt „Waste Water Heat"

Dieser Projektentwicklungsleitfaden zum Thema Abwasserwärmenutzung entstand im Rahmen des EU-Projekts „Waste Water Heat". Das Projektteam bildet eine europäische Informationsplattform für die marktorientierte Förderung von Abwasserwärmesystemen zur dezentralen Energiegewinnung. Die Projektergebnisse bieten Unterstützung zur Umsetzung von Abwasserwärmesystemen auch in anderen Ländern der europäischen Union.

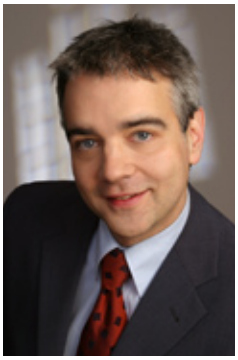
Die Erstellung dieser Informationsbroschüre wurde von der Europäischen Kommission im Rahmen der Programmlinie „Intelligent Energy Europe" unterstützt. Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Leitfadens liegt bei den AutorInnen. Sie gibt nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Gemeinschaften wieder. Die Europäische Kommission übernimmt keine Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

Ein herzlicher Dank für die Unterstützung dieses Leitfadens gilt dem
Landesenergieverein Steiermark, Burggasse 9, 8010 Graz; www.lev.at.

Autoren
Grazer Energieagentur GmbH: DI (FH) Daniel Schinnerl, DI Gerhard Bucar
Berliner Energieagentur GmbH: DI Sabine Piller, Dipl.-Kfm. Florian Unger

Partner bei der Erstellung des Leitfadens
Bernhard Fercher, Österreich
FEKA Energiesysteme AG, Deutschland
Rabtherm AG, Schweiz
Stadt Wien, Magistratsabteilung 30 - Wien Kanal, Österreich
Steirische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H., Zentrale Krankenhauswäscherei, Österreich
Uhrig Kanalsysteme GmbH, Deutschland

Abwasser, eine innovative Wärmequelle



Die Energie-Strategien der Städte und Regionen in Europa reagieren auf eine zunehmend kritisch werdende Energieversorgungssituation: Nicht nur der Ölpreis steigt, auch die Importabhängigkeit nimmt zu und die Klimaveränderung stellt uns vor gänzlich neuen Herausforderungen.

Energieverluste zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern hat oberste Priorität. Moderne Gebäude brauchen immer weniger Heizwärme, doch auch bei energieoptimierten Gebäuden und Betrieben bleibt ein Wärmeleck: die Abwasserleitung. Das Wasser, das zum Duschen, Waschen, Putzen oder in Betrieben verwendet wird, fließt warm in die Kanalisation.

Die warmen Abwasserströme in Städten, größeren Gemeinden und von Betrieben stellen damit eine Wärmequelle dar, die mit Wärmepumpen für die Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden genutzt werden kann.

Durch Rückgewinnung diese Abwärme können fossile Energieträger eingespart werden, womit ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung geleistet wird. Gerade im urbanen Raum kann die Abwasserwärmenutzung optimal in städtische Energiekonzepte integriert werden. Die Kanalisation erhält so einen zusätzlichen Nutzen.

Wir möchten Ihnen mit diesem Leitfaden zeigen:

- Wie funktioniert die Nutzung der Abwärme aus dem Abwasser?
- Ist der Einsatz wirtschaftlich bzw. wo ist der Einsatz sinnvoll?
- Wie kann ein Abwasserwärmeprojekt erfolgreich entwickelt werden?

Zahlreiche Beispiele im In- und Ausland dokumentieren den erfolgreichen Einsatz dieser innovativen Technologie.

In der vorliegenden Broschüre werden verschiedene Möglichkeiten der Abwasserwärmenutzung vorgestellt, angefangen von der Nutzung in Kläranlagen, zur Kühlung, in großen Gebäudekomplexen und bis zu attraktiven Contracting-Lösungen für Investoren.

Der vorliegende Leitfaden richtet sich insbesondere an Energie- und Umweltverantwortliche in Städten und Gemeinden, an Abwasserverbände bzw. die für Abwasser zuständigen Ämter, an Projektentwickler, Energiedienstleistungsunternehmen und Planer.

Ein herzlicher Dank gilt allen Partnern, die mit Know-how und Information zu diesem Leitfaden beigetragen haben, und dem Landesenergieverein Steiermark, der die Broschüre und die Verbreitung der Ergebnisse auch finanziell unterstützt.

Wir hoffen, Ihnen damit einen konkreten Einblick in die Möglichkeiten der Nutzung von Abwasser als Wärme- und Kühlquelle sowie eine geeignete Hilfestellung für die Realisierung innovativer Energie-Projekte in die Hand zu geben. Gerne stehen wir Ihnen bei Umsetzungsprojekten beratend und unterstützend zur Seite.

DI Boris Papousek
Geschäftsführer Grazer Energieagentur

Impressum

Herausgeber
Grazer Energieagentur GmbH
Kaiserfeldgasse 13/1, 8010 Graz
Tel.: +43 (0)316-811848-0
Fax: +43 (0)316-811848-9
Email: office@grazer-ea.at
Web: www.grazer-ea.at

Berliner Energieagentur GmbH
Französische Str. 23, 10117 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 29 33 30-34
Fax: +49 (0) 30 29 33 30-99
Email: office@berliner-e-agentur.de
Web: www.berliner-e-agentur.de

Bezug
Direkt bei den Herausgebern oder elektronisch im Internet unter www.wastewaterheat.net oder www.grazer-ea.at.

Nachdruck und Vervielfältigung, auch in Auszügen, sind nur mit Genehmigung der Herausgeber gestattet.

Ausgabe: 12/2007

Bilder erste Seite: Grazer Energieagentur, Institut für Grundbau und Bodenmechanik – TU Wien, Patrick Hollerbach/PIXELIO
Bild letzte Seite: Uhrig Kanaltechnik GmbH

Haftungsausschluss
Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung der Herausgeber und AutorInnen auch für die mit dem Inhalt verbundenen potentiellen Folgen ist ausgeschlossen.

Inhalt

1 Grundlagen 6
1.1 Abwasserwärme – Ein Gewinn! 6
1.2 Marktpotential – Wärme- und Kälteabnehmer 7
1.3 Wirtschaftlichkeit – durch geringere Betriebs- und externe Kosten 7
1.4 Allgemeine Rahmenbedingungen 9
1.5 Ökologie - Abwasser ist eine kontinuierliche Wärmequelle 11
1.6 Technik – Wärmegewinnung und Wärmeerzeugung 11

2 Beispiele aus Österreich, Deutschland und der Schweiz 14
2.1 Wärmegewinnung in der Kläranlage Waiblingen 16
2.2 Wärme und Kälte für das Betriebsgebäude der MA30 – Wien Kanal 18
2.3 Wärmerückgewinnung in einer Krankenhauswäscherei – Graz 20
2.4 Direkte Wärmenutzung in der Wohnanlage Eulachhof 22
2.5 Wärmepumpenanlage Binningen – Contractingmodell 24

3 Projektentwicklung – Schritt für Schritt 26
3.1 Schritte zum Erfolg 26
3.2 Vorstudie und Abwasserwärmekarte 26
3.3 Die Machbarkeitsstudie – Schlüssel zum Erfolg 28
3.4 Was sollte organisatorisch, vertraglich und rechtlich beachtet werden? 30
3.5 Bau und Inbetriebnahme 31

4 Energiedienstleistungen & Abwasserenergie 32

5 Häufig gestellte Fragen 34

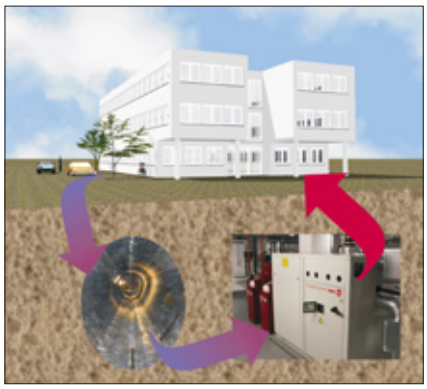
1 Grundlagen

1.1 Abwasserwärme – Ein Gewinn!

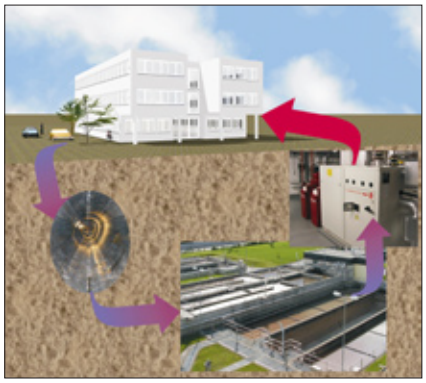
Mit Abwasser aus Haushalten, Industrie und öffentlichen Einrichtungen gehen kontinuierlich große Mengen Wärmeenergie verloren. Die wenig beachtete Wärmequelle Abwasser bietet ein erhebliches Potential für die „RückGEWINNung" von Wärme. Der größte Vorteil der Abwasserwärme ist, dass sie dort gewonnen werden kann, wo Wärme am dringendsten gebraucht wird – in unseren Städten. Abhängig von der Betriebsart können somit bis zu 100 % des fossilen Primärenergieeinsatzes eingespart werden. Die Abwasserwärmenutzung hat auch in der Zukunft noch Potential: In sehr gut gedämmten Bauwerken wie z. B. Passivhäusern ist das Abwasser eines der letzten nicht genutzten „Energielecks" im Gebäude.

Wärme aus der Kanalisation

Abwasserwärme kann im urbanen Umfeld direkt aus der Kanalisation zurück gewonnen werden. Hierbei wird die Abwasserwärme entweder mittels vorgefertigter Wärmetauscherelemente, die direkt in die Kanalsohle eingebaut werden, oder mittels vorgefertigter Kanalrohrelemente mit integriertem Wärmetauscher dem Abwasser entzogen. Im Rahmen der Sanierung oder des Neubaus von Abwasserkanälen können dadurch erhebliche Kostensynergien genutzt werden. Für die Wärmenutzung aus der Kanalisation müssen vertragliche Vereinbarungen mit dem Kanalbetreiber geschlossen werden. Das schafft ein neues und interessantes Geschäftsfeld für Abwasserbetriebe und Energieversorger.



Quelle: Grazer Energieagentur



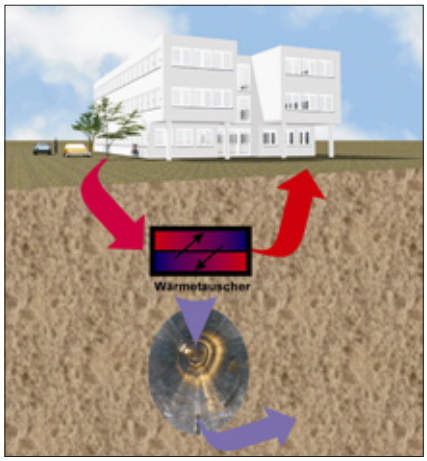
Quelle: Grazer Energieagentur

Wärme aus der Kläranlage

Eine weitere Möglichkeit der Abwasserwärmenutzung bieten kommunale Kläranlagen. Der Wärmeentzug im Ablauf der Anlage ist technisch einfach umsetzbar. Zum einen handelt es sich um bereits gereinigtes Abwasser, zum anderen verfügen Kläranlagen über eine kontinuierlich große Abwassermenge. Die Wärmeabnahme erfolgt in der Regel durch den Betreiber selbst, durch benachbarte Gebäude oder durch die Einbindung in ein Nahwärmenetz.

Direkte Nutzung von Abwasserwärme

Für Gebäude oder Betriebe mit hohem konstantem Abwasservolumen stellt die Wärmerückgewinnung im hauseigenen Abwasserkanal ein attraktives Wärmekonzept dar. Um einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten, sollte die Anlage über eine kontinuierlich anfallende Abwassermenge verfügen. Dies gilt dann, wenn Unternehmen wie z.B. aus der Lebensmittel- oder Textilbranche über einen hohen Wasserverbrauch auf hohem Temperaturniveau verfügen. In manchen Fällen können Wärmetauscher ohne Wärmepumpe für die reine Vorerwärmung von Frischwasser genutzt werden.



Quelle: Grazer Energieagentur

1.2 Marktpotential – Wärme- und Kälteabnehmer

Erste Anlagen in Deutschland, Österreich, der Schweiz, Norwegen und Schweden zeigen, dass Abwasserwärme durch unterschiedliche Systeme für die Versorgung von Wohngebäuden, Büro- und Betriebsgebäuden und öffentlichen Liegenschaften geeignet ist. Bereits heute existieren Anlagen in unterschiedlichen Größenordnungen (von 100 kW Heizleistung bis zum Heizwerk mit 40 Megawatt) und Ausführungen – der Marktdurchbruch in ganz Europa steht bevor!

Darüber hinaus kann die Wärmepumpenanlage nicht nur als Heizung, sondern auch zur Klimatisierung von Gebäuden reversibel betrieben werden. Im Hinblick auf den steigenden Klimatisierungsbedarf von Gebäuden, stellt dieser Einsatz ein wichtiges Entwicklungsfeld dar. Die Verwendung von Abwasserheizungen ist prinzipiell vorteilhaft, wenn Abwasserkanäle bzw. Kläranlagen sich in der Nähe von größeren Wärmeabnehmern befinden. Nutzungspotentiale sind grundsätzlich in Kommunen ab 5.000 Einwohnern gegeben.

Abwasserwärmepotential

In Österreich fließen pro Stunde mehr als 110 Millionen Liter Abwasser mit einer Temperatur zwischen ungefähr 8°C im Winter und 22°C im Sommer ab. Mit diesen Abwassermengen könnte mit Wärmepumpenanlagen folgendes Potential erreicht werden:

- Heizleistung bis zu 150 MW
- Wärmeenergie bis zu 450 GWh/a
- Kühlleistung bis zu 605 MW
- Kühlenergie bis zu 363 GWh/a
- Deckung des Heizwärmebedarfs von bis zu 3,4 Mio. m² Bürofläche
- Deckung des Kühlbedarfs von bis zu 11,7 Mio. m² Bürofläche
- Vermeidung von CO_2-Emissionen bis zu 200.000 t/a
- Anlagen-Investitionspotential bis zu 1.300 Mio. Euro
- Wärme- und Kältelieferungspotential bis zu 51 Mio. Euro pro Jahr

1.3 Wirtschaftlichkeit – durch geringere Betriebs- und externe Kosten

Innovative Energieanlagen wie z.B. die Abwasserwärmenutzung weisen gegenüber konventionellen Heizanlagen (Öl, Gas) oft höhere Investitionskosten auf. Langfristig stellt die Abwasserwärmenutzung jedoch eine nachhaltige Investition dar, da die Energieverbrauchs- und Anlagenbetriebskosten niedrig sind und externe Kosten vermieden werden:

1. Langfristig stehen den Investitionskosten niedrige Betriebskosten gegenüber: Was zählt ist die Vollkostenbetrachtung über den Lebenszyklus der Anlage!
2. Durch die geringe Marktdurchdringung von Abwasserwärmeanlagen ist zukünftig davon auszugehen, dass bei zunehmender Standardisierung der Produkte die Investitionskosten nachhaltig sinken.
3. Neben den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten fallen externe Kosten der Energiegewinnung an, welche nur schwer abzuschätzen sind – z. B. durch Schäden von CO_2-Emissionen, durch Umweltschäden aufgrund des Transports, durch Gesundheitsrisiken aufgrund von Partikelemissionen. Diese externen Kosten sind bei einer Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser geringer einzuschätzen als bei der Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Öl, Gas).

Voraussetzungen

Um Abwasserwärmeanlagen wirtschaftlich zu betreiben, müssen unterschiedliche technische Vorbedingungen erfüllt werden. Zum einen stellt die richtige Anlagenauslegung im Hinblick auf den Wärmebedarf inklusive Temperaturniveau, Grundlast und Spitzenlast eine wichtige Voraussetzung dar.

Darüber hinaus sind die Voraussetzungen der Wärmequelle – wie Abwasser-Durchschnittstemperatur, mögliche Temperaturabsenkung und Abwasserwärmemenge – wichtige Einflussfaktoren.

Da Abwasserwärmeanlagen als Bestandteil eines Wärmeversorgungssystems konzipiert werden, kommt der exakten Abstimmung der einzelnen Komponenten eine wichtige Funktion zu:

- Wärmequelle – Abwasser, Platzverhältnisse im Kanal oder in der Kläranlage
- Wärmegewinnung - Wärmetauscher, Wassertransportleitungen, Wärmepumpe, Spitzenlastkessel und
- Wärmebedarf des Abnehmers – Heiz- und Kühlsystem, Warmwasserbedarf.

Die beiden Diagramme zeigen einen beispielhaften Vergleich der typischen Investitionskosten und jährlichen Vollkosten von vier unterschiedlichen Anlagen zum Heizen und Kühlen in der Leistungskategorie von ca. 120 kW:

1. Ölkesselanlage kombiniert mit konventionellen Kühlgeräten

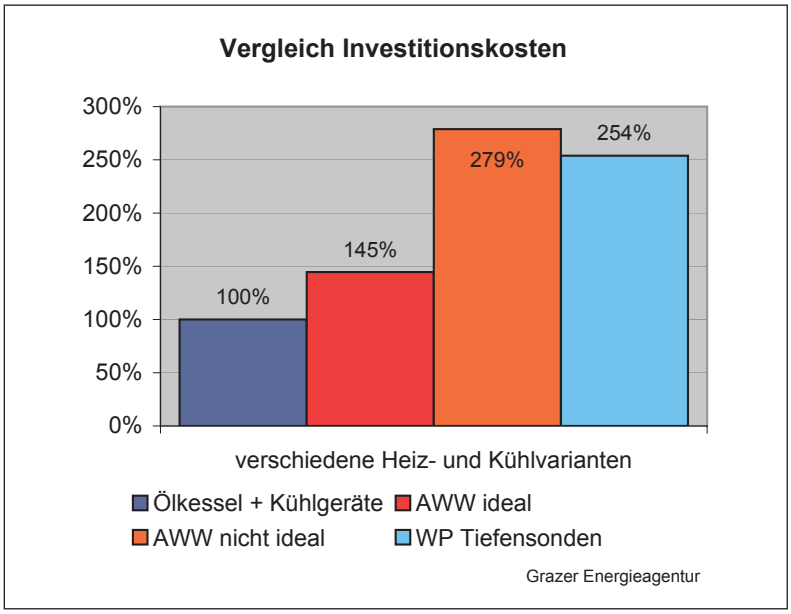
2. Abwasserwärmepumpenanlage mit idealen Standortvoraussetzungen (Wärmequelle gereinigtes Abwasser, geringe Entfernung zu Energienutzern)

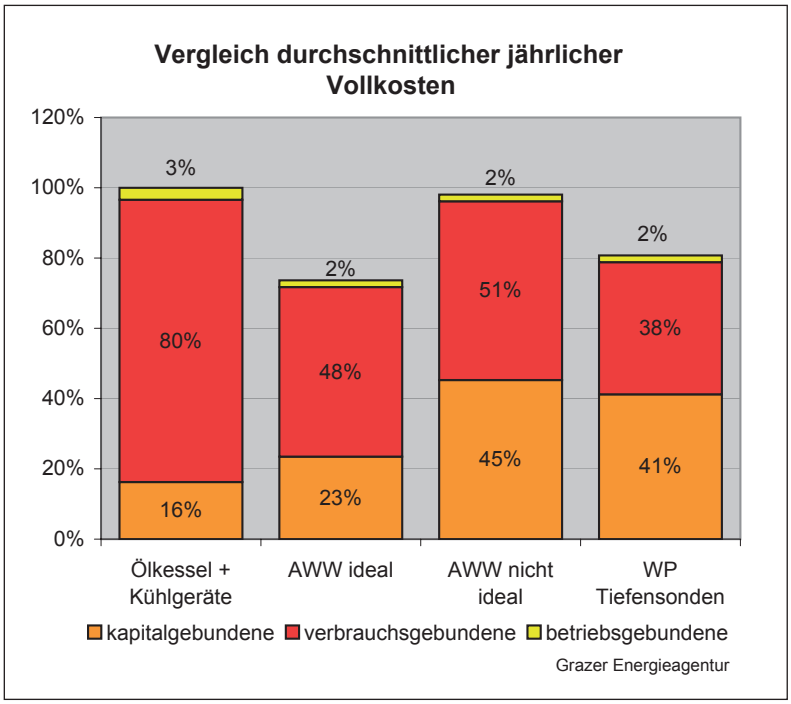
3. Abwasserwärmepumpenanlage mit nicht idealen Standortvoraussetzungen (Wärmequelle Rohabwasser, mittlere Entfernung zu Energienutzern)

4. Wärmepumpenanlage mit Tiefensondenfeld

Das erste Diagramm zeigt eindeutig, dass die Investitionskosten von Abwasserwärmenutzungsanlagen zwischen 45 und 180 % höher sind als jene von konventionellen Heiz- und Kühlanlagen. Aber auch eine Wärmepumpenanlage mit einem Tiefensondenfeld liegt bereits ca. 150 % über einer konventionellen Anlage.

Der Vergleich der jährlichen Vollkosten zeigt deutlich, dass bei konventionellen Anlagen die Energieverbrauchskosten einen beträchtlichen Anteil ausmachen. Dieser Anteil ist bei Abwasserwärmenutzungsanlagen und bei Wärmepumpenanlagen mit Tiefensonden deutlich geringer, jedoch steigen die Anteile der kapitalgebundenen Kosten. Die Summe der Kapital-, Energieverbrauchs- und Betriebskosten sind bei Abwasserwärmenutzungsanlagen jedoch bis zu 30 % geringer als bei konventionellen Anlagen. Die Amortisationszeit von Abwasserwärmenutzungsanlagen kann demnach zwischen 8 und 20 Jahren betragen, was bedeutet, dass die Kosten über den gesamten Lebenszyklus niedriger sind als bei konventionellen Anlagen. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und deren Preisschwankungen sinkt.





Berechnungsgrundlagen

für den Vergleich der durchschnittlichen dynamischen Jahresvollkosten sind:

Kalkulatorischer Zinssatz	5,0 %
Energiekostensteigerung Heizöl EL	4,0 %
Energiekostensteigerung Strom	2,0 %
Allgemeine Preissteigerung	1,0 %
Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Stromkosten	0,13 €/kWh
Kosten Heizöl EL	0,57 €/l
Vollbetriebsstunden Heizen	1800 h/a
Vollbetriebsstunden Kühlen	600 h/a

1.4 Allgemeine Rahmenbedingungen

Die Zusammenarbeit mit lokalen Entscheidungsträgern im Abwasserbereich ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Erfolg eines Abwasserwärmeprojekts, zu dieser Gruppe gehören: Kommunen, Abwasserentsorger. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, um die technische Machbarkeit von Abwasserwärmestandorten durch die Einbindung in die kommunale Energieplanungs-Strategie zu vollziehen. Gebäude mit größerem Heiz- und Kühlbedarf sind für die Abwasserwärmenutzung besonders geeignet. Für den Investor bietet eine kommunale Energieplanung den Vorteil im Rahmen von Bau- und Sanierungsvorhaben, die Möglichkeiten der Abwasserwärme bereits frühzeitig in die Planung integrieren zu können.

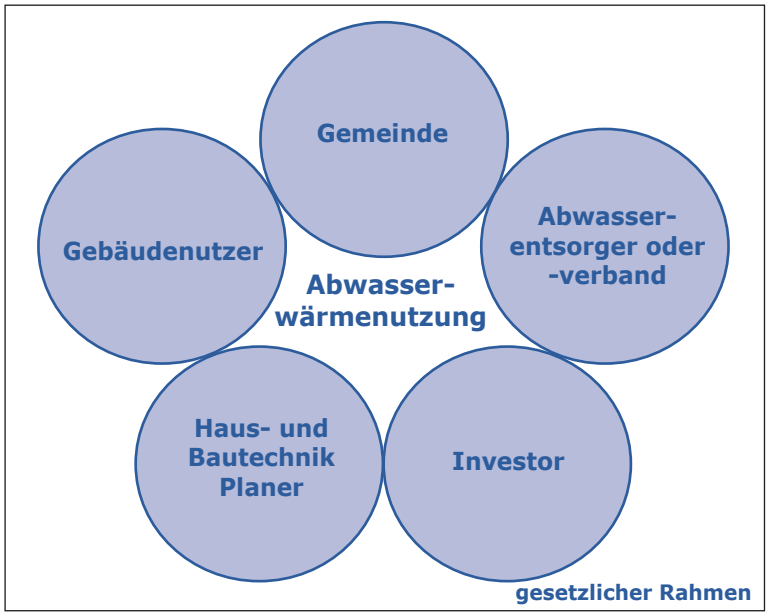
Grundsätzlich sind in Österreich meist die kommunal organisierten Abwasserverbände zuständig für die Abwasserreinigung. Jedoch können diese Aufgaben auch von der Gemeinde übernommen werden. Das heißt die Zuständigkeiten müssen bei jedem Projekt im Detail geklärt werden, besonders welche Aufgaben des Betriebs des Kanalnetzes und der Kläranlage die Kommune übernimmt und welche etwaige Abwasserverbände übernehmen.

Gründe für die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit:

- Das Abwasser und die Anlagen zur Abwassersammlung und -reinigung sind im Eigentum der Abwasserreinigungsunternehmen bzw. der Kommune;
- Genaue Kenntnisse der Anlage sind notwendig für die Anlagenplanung (Abfluss, Temperaturniveau, Kanalnetz, …); das Know-how ist im Abwasserreinigungsunternehmen vorhanden;
- Die Abwasserreinigung erfolgt in Österreich hauptsächlich biologisch und ist auf bestimmte Parameter des Abwassers abgestimmt; Eingriffe ins System sind nur unter gewissen Bedingungen und nur in Absprache und mit Zustimmung der zuständigen Kläranlagenbetreiber möglich;
- Es kommt zu Änderungen der Parameter durch die Nutzung von Abwasserwärme: das Temperaturniveau sinkt, höhere Widerstände treten im Kanal durch Einbauten auf oder die Reinigung der Wärmetauscherflächen verursacht einen höheren Aufwand.

Die Zusammenarbeit mit dem Abwasserverband bzw. der Kommune erfordert eine Einbindung aller Beteiligten bereits in einer frühen Planungsphase und in diesem Zusammenhang die Nutzung des dort vorhandenen Know-hows von Experten für Abwasser und Kanalnetz. Zusätzlich ist ein optimaler Informationsfluss zwischen den Beteiligten für den Projekterfolg unbedingt erforderlich.

Die folgende Grafik umreißt die Akteure, die potentiell an einem Abwasserwärmeprojekt beteiligt sind:



Akteure eines Abwasserwärmeprojektes (Quelle: Grazer Energieagentur)

In der Planungsphase sollte auch die Möglichkeit von Förderungen der Kommune, von regionalen und nationalen Förderprogrammen abgeklärt werden. Eine Förderung kann in verschiedener Weise erfolgen und muss nicht automatisch ein Investitionszuschuss sein. Es ist beispielsweise denkbar, ein Projekt über die Schaffung der notwendigen Rahmenbedingungen zur Umsetzung zu fördern, dazu gehören:

- Einbauten in das Kanalnetz zu ermöglichen
- Keine Einhebung von Gebühren für die Energienutzung
- Erstellung von Abwasserwärme-Karten für eine leichtere Identifizierung von möglichen Nutzungsgebieten
- Reinigung der Wärmetauscher im Zuge der üblichen Kanalreinigung

Gesetzliche Rahmenbedingungen in Österreich

Die wichtigste gesetzliche Grundlage bei der Nutzung von Abwasserwärme stellt das Wasserrecht dar. Es ist in Österreich auf Bundesebene einheitlich in einem Wasserrechtsgesetz und den dazugehörenden Abänderungsgesetzen und Verordnungen geregelt. Allerdings sind einige Kompetenzen (Landesgesetzgebung in manchen Belangen möglich) und vor allem die Ausführung dieses Gesetzes auf die Bundesländer, die Bezirkshauptmannschaften und die Kommunen übertragen. Das bedeutet, dass diverse Bestimmungen in Österreich unterschiedlich geregelt sein können, zum Beispiel ist der Ort des Eigentumsübergangs bei Kanälen und Abwasser unterschiedlich ausgestattet.

Das österreichische Wasserrechtsgesetz unterscheidet grundsätzlich öffentliche und private Gewässer. Kommunales Abwasser und auch Abwasser von Betrieben und Wohnungen gelten als privates Gewässer. Es kann daher vom Eigentümer innerhalb der gesetzlichen Beschränkungen benutzt werden. Die rechtliche Regelung einer Wärmenutzung erfolgt deshalb direkt mit dem Eigentümer des Wassers.

Eine Bewilligung durch die Wasserrechtsbehörde ist nur dann notwendig, wenn es Auswirkungen durch die Nutzung des Wassers oder durch die Anlagen zur Wassernutzung auf fremde Wasserrechte oder öffentliche Gewässer gibt (WRG § 32). Konkret kann das zum Beispiel im Fall der Wärmenutzung aus dem gereinigten Abwasser mit abschließender Einleitung in ein öffentliches Gewässer vorkommen, wenn befürchtet werden muss, dass sich z.B. die Temperatur, die Abflussmenge oder der ökologische Lebensraum im öffentlichen Gewässer negativ verändert.

Aufgrund dessen, dass das Wasserrecht ein sehr komplexes Rechtsgebiet ist und immer der örtlich vorherrschende Zustand des Wasserhaushaltes berücksichtigt werden muss, sollte eine frühe Zusammenarbeit mit der Wasserrechtsbehörde angestrebt werden. Die zuständigen Wasserrechtsbehörden sind bei Anlagen zur Abwassersammlung, -reinigung und -einleitung

- die Bezirksverwaltungsbehörde (z.B. Magistrat Graz),
- der Landeshauptmann bei Anlagen mit einem Bemessungswert von größer als 20.000 Einwohnerwerten (z.B. Fachabteilung 19a des Landes Steiermark) und
- der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft bei Anlagen mit einem Bemessungswert von größer als 400.000 EW (WRG §§ 98 – 100).

Die Temperatur ist, neben sehr vielen anderen, der wichtigste Parameter des Abwassers bei einer Wärmenutzung. Das Wasserrecht sieht folgende Bestimmungen für die Einleitung vor (Abwassere missionsverordnung AAEV 1996, Anlage A):

- Das Abwasser darf höchstens eine Temperatur von 35°C bei der Einleitung in eine öffentliche Kanalisation und
- höchstens 30°C bei der Einleitung in ein Fließgewässer aufweisen.

Eigentumsrechte

Kanäle und Anlagen zur Abwasserreinigung sind im Eigentum des jeweiligen Abwassererzeugers bis zu einem Übergabepunkt an der Grundstücksgrenze, bei dem das Eigentum des Kanals und des Abwassers auf den Kanalnetzbetreiber übergeht. Kommunale Abwassersammelkanäle und Anlagen zur Reinigung von kommunalen Abwässern sind meist im Eigentum der Gebietskörperschaft bzw. der Abwasserverbände, welche diese Aufgaben der Abwassersammlung und -reinigung übernehmen.

Die Nutzungsrechte (Wärmeenergie zu nutzen, Einbauten vorzunehmen oder Abwasser zu entnehmen) müssen demnach privatrechtlich mit dem jeweiligen Eigentümer geregelt werden. Die Praxis zeigt, dass durchaus private Einbauten in kommunale Abwassersammelkanäle vorgenommen werden können (zB Telekommunikationsleitungen).

1.5 Ökologie - Abwasser ist eine kontinuierliche Wärmequelle

Ein großer Teil der Wärmeenergie für Prozesse und Warmwasserbereitung für die Sektoren Haushalte, Industrie, Gewerbe und Dienstleistung wird über das Abwasser und den Kanal abgeführt und geht verloren. Anlagen zur Rückgewinnung der Abwasserwärme sind effiziente Energiesysteme, die deutlich geringere Primärenergie benötigen als herkömmliche Öl- und Gasheizungen. Aufgrund der ganzjährig hohen Temperatur, die die Wärmequelle Abwasser aufweist, können Abwasserwärmepumpen Jahresarbeitszahlen (JAZ) von über 4 erreichen. Dieser Wert bedeutet, dass für die Bereitstellung von 4 Einheiten Wärme oder Kälte lediglich 1 Teil Strom für den Betrieb der Wärmepumpe aufgebracht werden muss. Die verbleibenden 3 Teile Wärme werden dem Abwasser selbst entzogen. Ein möglichst hoher Anteil des verwendeten Stroms sollte jedoch aus erneuerbaren Energien stammen, um der Ökologie gerecht zu werden.

Bei der Abwassernutzung zu Heiz- und Kühlzwecken wird nur ein kleiner Teil der gesamten Abwassermenge verwendet und nur geringfügig erwärmt oder abgekühlt (2 bis 4°C). Werden solche Anlagen zusätzlich im gesetzlichen Rahmen und in Absprache mit den Abwasserentsorgungsunternehmen errichtet, sind keine nennenswerten Auswirkungen auf die Abwasserreinigung zu erwarten.

1.6 Technik – Wärmegewinnung und Wärmeerzeugung

Zentrale Elemente einer Abwasserwärmeanlage sind der Wärmetauscher und die Wärmepumpe (aktive Systeme). Der Wärmetauscher ist das Verbindungsglied zwischen der Wärmequelle Abwasser – aus industrieller und häuslicher Nutzung – und der Wärmepumpe. Abhängig von der Voraussetzung der Wärmequelle und des Wärmeverbrauchers können für die Wärmegewinnung unterschiedliche Systeme genutzt werden.

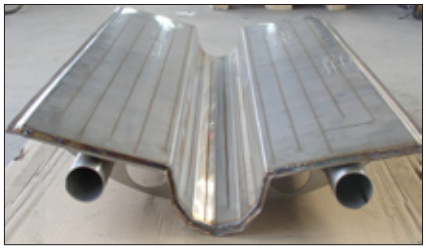
Wärmetauscher – Wärmegewinnung

Im Wärmetauscher wird dem Abwasser Wärme entzogen und über ein Zwischenmedium der Wärmepumpe zugeführt. Der Tauscher erfüllt somit zwei Funktionen: Er entzieht dem Abwasser nicht nur Wärme, sondern trennt das Heizsystem vom verunreinigtem Abwasser.

Sohlewärmetauscher Rabtherm AG – Das Wärmetauscher-System besteht aus Wärmetauscherflächen, welche von einem Zwischenmedium durchflossen werden, und Kunststoffrohren, in denen das Zwischenmedium zur Wärmepumpe transportiert wird. Der Einsatz für dieses System ist in der Kanalisation vorgesehen. Je nach Heiz- oder Kühlbedarf können die Elemente dem Abwasser Wärmeenergie entziehen oder zuführen. Die Wärmetauscherfläche ist aus Chromstahl gefertigt. Die Elemente werden mit einem speziellen Fließmörtel mit guten Wärmeleitungseigenschaften hinterfüllt. Die Elemente selbst weisen eine Länge von 3 m auf und können in verschiedenen Kanalprofilen montiert werden. An den beiden Enden des Wärmetauscherabschnitts werden Montage- und Wartungsschächte errichtet. Die Schächte dienen zur Aufnahme der Armaturen der Kreisläufe. Der gesamte Wärmetauscher ist nahezu wartungsfrei. Allerdings muss in regelmäßigen Abständen die Sielhaut (Anhaftung von Bakterien) von der Tauscheroberfläche durch Hochdruckreinigung entfernt werden. Dieser Vorgang erfordert, abhängig vom Verschmutzungsgrad des Abwassers, eine ca. halbjährliche Begehung und Reinigung des Wärmetauschers.

Sohlewärmetauscher mit Montagestangen (Quelle: Rabtherm AG)
Anlagenbeispiele mit Sohlewärmetauscher der Rabtherm AG:

- *Zürich Wipkingen, Billingen (CH)*
- *Maienried Wülfingen (CH)*
- *Zwingen (CH)*
- *Ludwigshafen (D)*



Wärmetauscherelement
(Quelle: Uhrig Kanaltechnik GmbH)

Montage Kanalwärmetauscher in Berlin
(Quelle: Uhrig Kanaltechnik GmbH)

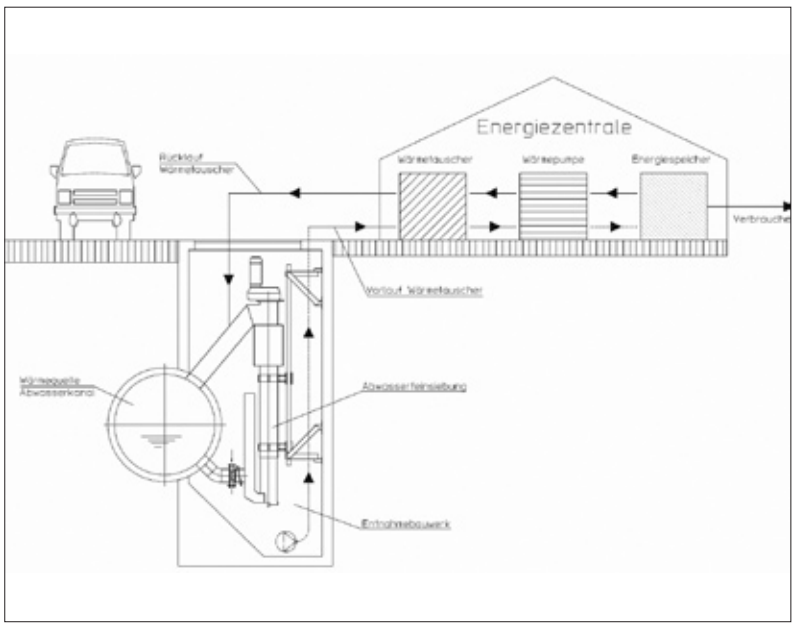
Anlagenbeispiel mit Sohlewärmetauscher von Uhrig:
- *Sporthalle in Berlin*

Sohlewärmetauscher Uhrig Kanaltechnik GmbH – Der Sohlewärmetauscher besteht aus einer Wärmetauscherfläche und Rohren, die beide mit einem Zwischenmedium durchflossenen werden. Auch dieser eignet sich sowohl für Heiz- als auch für Kühlzwecke. Die Wärmetauscher-Elemente können in den verschiedensten Kanalprofilen ab einen Durchmesser von 800 mm eingebracht werden. Die Wärmeübergangsleistung wird vom Hersteller mit ca. 2 kW/m² und die Querschnitteinengung mit ca. 8-10 % angegeben. Die aus Edelstahl bestehenden Elemente werden vorgefertigt und müssen vor Ort nur noch fixiert und verbunden werden. Durch die geringe Größe von ca. 1,0 m Länge und 0,8 m Breite können die Elemente durch die bestehenden Kanalschächte eingebracht werden. Durch die einfache Montage und die besseren Oberflächeneigenschaften von Edelstahl im Vergleich zu bestehenden Kanälen eignen sich diese Wärmetauscherelemente gut für Kanalsanierungen. Die Sielhautbildung muss bei der Auslegung und Wartung des Systems beachtet werden.

Integriertes Kanalwärmetauscher
(Quelle: Rabtherm AG)

Anlagenbeispiele mit integrierten Wärmetauschern von Rabtherm:
- *Zürich (CH)*
- *Zwingen (CH)*
- *Binningen (CH)*
- *Leverkusen (CH)*

Integrierte Wärmetauscher Rabtherm AG – sind direkt in das Kanalelement einbetoniert. Die Betonelemente werden abhängig von der benötigten Leistung miteinander gekoppelt. Durch die Entwicklung dieser integrierten Lösung konnte wesentlich das Problem der Verunreinigung des Wärmetauschers durch das Abwasser behoben werden. Im Rahmen der Erneuerungen und der Sanierung von Kanalabschnitten ermöglicht der Einbau von integrierten Wärmetauschern kürzere Bauzeiten und niedrigere Investitionskosten.



Schema Wärmenutzung aus gesiebtem Abwasser
(Quelle: Hans Huber AG)

Siebstufen System Hans Huber AG – Bei diesem System wird das im Kanal fließende Rohabwasser zunächst einer Siebstufe zugeführt, in der das Siebgut abgeschieden wird. Dies ist notwendig, um den Wärmetauscher einerseits vor Verstopfungen zu schützen und ihn andererseits möglichst kompakt und kostengünstig auszuführen. Anschließend wird das Abwasser durch den Wärmetauscher geleitet. Die unkomplizierte Installation des Systems erfordert nur geringe Eingriffe in den Abwasserkanal. Die Montagekosten können dadurch niedrig gehalten werden Ein weiterer Vorteil ist die sehr gute Zugänglichkeit zum Wärmetauscher durch die Aufstellung in einer Energiezentrale statt in einem Kanal. Dieses System ist für die Nutzung von Rohabwasser aus Kanälen, unabhängig von der Geometrie, und Pumpenschächten geeignet.

Sammelschachtwärmetauscher FEKA Energiesysteme AG – werden in einem speziell erstellten Schacht eingebaut, indem das Abwasser gefiltert, gesammelt, abgekühlt und anschließend wieder ins Kanalsystem geleitet wird. Der Schacht selbst ist immer bis zu einer bestimmten Grenze mit Abwasser gefüllt, um auch dann eine kontinuierliche Wärmeübertragung zu gewährleisten, wenn nur geringe Abwassermengen zur Verfügung stehen. Als Richtwert für einen wirtschaftlichen Einsatz des Schachtwärmetauschers gilt eine Abwassermenge von mindestens 8.000 bis 10.000 Liter pro Tag. Dies entspricht dem Abwasseraufkommen von ca. 25 Wohneinheiten.

Rohre als Wärmetauscher in Sammelschacht

Seit 1997 versorgt die Abwasserwärmeanlage der Stadtwerke Güstrow den Wärmebedarf für ein Büro- und Werksgebäude.

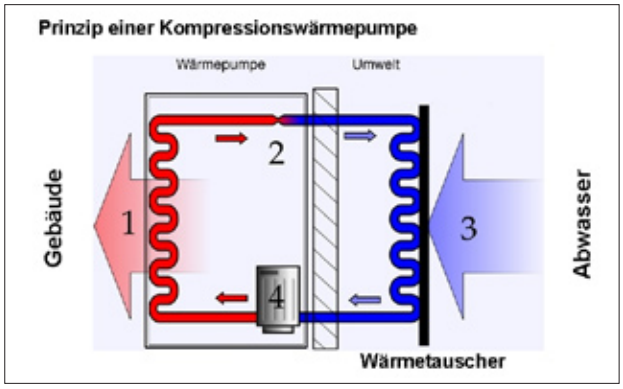
Schachtwärmetauscher (Quelle: FEKA Energiesysteme AG)

Wärmetauscher im Klärwerk – im Vorlaufbecken, in einer Pump-station oder im Klärwerksabfluss: Wärme aus ungereinigtem bzw. gereinigtem Abwasser. Durch die Installation von Kunststoffrohren kann eine kostengünstige Wärmeentnahme in Pumpstationen oder Vorlaufbecken erfolgen. Die Entnahme von gereinigtem Abwasser stellt wahrscheinlich die beste Variante zur Wärmenutzung dar, denn das gereinigte Abwasser kann problemlos gepumpt und zwischengespeichert werden und auch die Wärmetauscher müssen nicht so aufwändig konzipiert sein.

Wärmepumpe – Wärmeerzeugung

Wärmepumpen heben Wärmeenergie von einem relativ niedrigen Temperaturniveau auf ein höheres. Abhängig von den thermischen Voraussetzungen der Wärmequelle – hier Abwasser (durchschnittliche Temperatur ca. 15°C) – und den Anforderungen des Wärmeabnehmers ist die Leistung der Wärmepumpe zu dimensionieren. Abwasser-Wärmepumpen erreichen wirtschaftlich Nutztemperaturen von bis zu 45°C. Zur Erreichung von höheren Temperaturen und zur Sicherstellung eines größeren Wärmebedarfs kann die Abwasserwärmeanlage im bivalenten Betrieb mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) oder einem Brennwertkessel kombiniert betrieben werden. Durch die Kombination mit energieeffizienten Techniken wie einem BHKW kann besonders viel Primärenergie eingespart werden. Der Einsatz einer zusätzlichen Wärmequelle kann außerdem die Versorgungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage erhöhen.

Bei niedrigen Temperaturanforderungen, wie der reinen Vorerwärmung von Frischwasser, ist unter Umständen keine Wärmepumpe erforderlich und die Wärmeenergie kann ausschließlich durch den Wärmetauscher bereitgestellt werden.



Prinzip: Kondensator (1), Drossel (2), Verdampfer (3), Kompressor (4) (Quelle: Grazer Energieagentur)

Einsatz im urbanen Raum

Innovative, erneuerbare Energien können aufgrund der notwendigen Infrastruktur im innerstädtischen Bereich häufig nicht eingesetzt werden. Abwasserwärme hingegen ist von einer hohen Einwohnerdichte und Abwasserabflusswerten abhängig und auf ideale Weise im städtischen und kommunalen Umfeld zu nutzen.

Einsatz in Nah- und Fernwärmeversorgung

Die Einbindung von Abwasserwärme in Nahwärmesysteme ist interessant, um im städtischen Raum die Erschließung von Energie- und CO_2-Einsparpotentialen durch den Ersatz von Ölheizungen und von Kleinklimageräten voranzutreiben. Der Einsatz in der Fernwärmeversorgung ist aufgrund des höheren Temperaturniveaus nicht zu empfehlen.

2 Beispiele aus Deutschland, Österreich und der Schweiz

Auf den nächsten beiden Seiten sehen Sie eine Übersicht über die fünf Beispiele, welche Ihnen auf den darauffolgenden Seiten näher beschrieben werden.

Wärmegewinnung in der Kläranlage Waiblingen

Bereits seit 1986 nutzen die Stadtwerke Waiblingen Abwasser als Wärmequelle. Im Jahre 2004 wurde die bestehende Anlage durch eine moderne Wärmepumpe und ein klärgasbetriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW) ersetzt. Das Nahwärmenetz versorgt somit 26 Gebäude mit Wärme aus umweltfreundlichen Energiequellen.

Seite 16

Kläranlage Waiblingen
(Quelle: Berliner Energieagentur)

Wärme und Kälte aus der Kanalisation in Wien

Auf der Betriebsaußenstelle Süd der MA30 – Wien Kanal wurde eine Abwasserwärmepumpenanlage realisiert, die ungefähr 925 m² Nutzfläche der Verwaltungs- und Betriebsgebäude mit Wärme und Kälte aus dem Abwasser versorgt.

Seite 18

Sohlewärmetauscher mit Montagestangen
(Quelle: Rabtherm AG)

Wärmerückgewinnung in einer Krankenhauswäscherei in Graz

Ein Wärmetauscher im Ablauf der heißen Abwässer wärmt das zufließende Frischwasser der Krankenhauswäscherei auf – eine Energiesparmaßnahme im optimalen Betrieb.

Seite 20

Wäscherei (Quelle: KAGES)

Ansicht Eulachhof (Quelle: Allreal AG)

Direkte Wärmenutzung in der Wohnanlage Eulachhof

Auf einem Grundstück des ehemals industriell genutzten Sulzer-Areals in Oberwinterthur wurde eine Null-Energie-Wohnüberbauung errichtet. Das Energiekonzept setzt auf den kombinierten Einsatz von Abwasser-Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen. Das anfallende Abwasser der Wohnsiedlung wird konsequent zur Wärmegewinnung genutzt.

Seite 22

Wärmeversorgung Binningen AG (Quelle: EBM)

Wärmeversorgung der Binningen – Contractingmodell

Die Wärmepumpenanlage des Wärmeversorgers Binningen AG versorgt seit 2001 öffentliche und private Kunden mit Wärme aus dem Abwasserkanal.

Seite 24

Im Rahmen des Projektes WasteWaterHeat wurde ein Best-Practice-Katalog mit verschiedenen europäischen Beispielen der Abwasserwärmenutzung entwickelt, in dem auch große Anlagen aus Norwegen und Schweden zu finden sind. Erhältlich ist dieser auf der Projekthomepage www.wastewaterheat.net.

2.1 Wärmegewinnung in der Kläranlage Waiblingen

In der Kläranlage der Stadt Waiblingen wird durch den Einsatz einer Kompressionswärmepumpe, die Wärme aus Abwasser nutzt, zusammen mit einem klärgasbetriebenen Blockheizkraftwerk (BHKW) die Grundlastversorgung für 26 Gebäude gesichert. Durch den kombinierten Betrieb ist die Energieversorgung besonders effizient gestaltet.

Links BHKW; rechts Wärmepumpe
(Quelle: Berliner Energieagentur)

Wärmepumpe
(Quelle: Berliner Energieagentur)

Kläranlage der Stadt Waiblingen, Deutschland

Wärmeversorgung:	26 Gebäude
Länge des Nahwärmenetzes:	3,6 km
max. Wärmebedarf:	6.500 kW
Heizleistung der Wärmepumpe:	563 kW
Leistungszahl (COP)	3,57
Jahresarbeitszahl (JAZ):	4,1
Leistung des BHKW	elektrisch: 115 kW thermisch: 210 kW
Heizleistung Spitzenkessel:	6.500 kW
Umweltenergieanteil an der Wärmeproduktion:	15,7 %
Bauherr:	Stadtwerke Waiblingen GmbH
Bauleitung:	EnBW Energy Solutions
Wärmepumpenhersteller:	Combitherm GmbH

Allgemeine Informationen

In der Kläranlage Waiblingen wird bereits seit 20 Jahren Wärme aus gereinigtem Abwasser genutzt. Im Jahre 2004 erfolgte die Modernisierung der Anlage. Die bestehende Absorptionswärmepumpe wurde durch eine moderne Kompressionswärmepumpe (COP: 3,57) und ein BHKW ersetzt. Das angeschlossene Nahwärmenetz mit einer Länge von 3,6 km versorgt insgesamt 26 Gebäude. Die Heizleistung der Wärmepumpe beträgt 563 kW, die des BHKW 210 kW. Zusätzlich zur Wärmepumpenanlage liefern 3 Spitzenlastkessel bis zu 6.500 kW Heizleistung.

Eingesetzte Technologie

Die Wärmeproduktion erfolgt durch den multivalenten Betrieb der Kompressionswärmepumpe, eines Klärgas-BHKWs und eines zusätzlichen Heizkessels (570 kW). Der Heizkessel kann mit Erdgas oder Klärgas befeuert werden. Zur Spitzenlastabdeckung sichern außerdem drei weitere Heizkessel (5.600 kW Wärmeleistung) die Versorgung. Diese Kessel können wahlweise mit Erdgas oder Heizöl

betrieben werden. Das BHKW ist mit einer thermischen Leistung von 210 kW ausgelegt. Die Anlage ist so konzipiert, dass das vor Ort gewonnene Klärgas möglichst vollständig für den Betrieb des BHKWs genutzt wird. Im kombinierten Betrieb mit der Wärmepumpe wird eine Grundlast von 500 bis 700 kW erreicht. Dieses Betriebsregime ermöglicht für das BHKW eine optimale Jahreslaufzeit von 6.000 Stunden.

Rohrbündelwärmetauscher der Wärmepumpe (Quelle: Berliner Energieagentur)

Die neue Wärmepumpe der Firma Combitherm verfügt über 6 Kompressorstufen mit einer Heizleistung von insgesamt 563 kW. Die Wärmepumpe wird mit Abwasser aus dem Nachklärbecken der Anlage versorgt. Die Länge der Zulaufleitung beträgt insgesamt 60 m. Direkt hinter der Pumpe wird das Abwasser über einen Beutelfilter gereinigt, damit sich der Rohrbündel-Wärmetauscher (Verdampfer) der Wärmepumpe nicht zusetzt. Der Filter wird in einem Intervall von 4 Wochen gereinigt.

Betrieb

Die zunehmende Störanfälligkeit und schwierige Ersatzteilversorgung der 18 Jahre alten Absorptionswärmepumpe machte die Modernisierung der Anlage notwendig. In den ersten Monaten des Betriebs der neuen Wärmepumpe wurde die im üblichen Rahmen auftretenden „Kinderkrankheiten" beseitigt. Seit dem Frühsommer 2005 läuft die Abwasserwärmeanlage weitestgehend störungsfrei im Dauerbetrieb.

Innovative Energieversorgung

Das Energiekonzept der Wärmeversorgung in Waiblingen basiert auf der Idee, auf intelligente Weise das bereits bestehende lokale Energieangebot (Abwasser, Klärgas) in die Nahwärmeversorgung zu integrieren. Der Anteil der aus Abwasser gewonnen Energie beträgt heute 15,7 % der Gesamtwärmeproduktion.

Blick auf die Kompressoren der Wärmepumpe (Quelle: Berliner Energieagentur)

Umweltentlastung

Mittels der Modernisierung der Nahwärmezentrale konnten alte Heizsysteme ersetzt werden und ca. 280.000 Liter Heizöl jährlich eingespart werden. Die Einsparung entspricht einer CO_2-Emissionsreduktion von jährlich 750 Tonnen.

2.2 Wärme und Kälte für das Betriebsgebäude der MA30 – Wien Kanal

Die neue Betriebsaußenstelle Süd der MA30 - Wien Kanal liegt auf dem Areal der ehemaligen Schmutzwasserkläranlage Blumental und wurde als Ersatz für die bisherigen Lager und Werkstätten, sowie 5 Bezirksaußenstellen der MA30 – Wien Kanal, errichtet. Ungefähr 925 m² Nutzfläche der Verwaltungs- und Betriebsgebäude werden mittels „Wärme und Kälte aus Abwasser" versorgt. Die Wärmepumpe wurde auf die Kühllast des Gebäudes ausgelegt und deckt zu 100 % den Kühlbedarf der versorgten Flächen. Im Winter wird die Anlage durch die Fernwärme unterstützt.

Wärme- und Kälteversorgung

Die Kompressionswärmepumpe wurde installiert um die gesamte Kühlleistung der versorgten Gebäude abzudecken. Die Wärme wird dabei in das Abwasser des Hauptsammelkanals mit Hilfe einer Wärmpumpe oder im „Free Cooling" nur mit Wärmeübertragung abgegeben.

In der kalten Jahreszeit wird die Wärmepumpe zur Raumheizung und zusätzlich während des gesamten Jahres zur Warmwasserbereitung eigesetzt – deckt gesamt ca. 70% der Heizenergie pro Jahr. Die Fernwärme deckt die fehlende Heizenergie und ist als Notsystem für den Fall eines Ausfalls der Abwasserwärme ausgelegt.

Wärmepumpe (Quelle: Grazer Energieagentur)

Betriebsaußenstelle Süd der MA30 – Wien Kanal, Österreich

Wärme und Kälteversorgung:	925 m² der Verwaltungs- und Betriebsgebäude
Kälteleistung:	148,6 kW
Wärmeleistung:	190,1 kW
Thermische Energie:	366.000 kWh/Jahr
Leistungszahl Wärmepumpe:	3,7
In Betrieb seit:	Jänner 2006
Eigentümer:	Magistrat der Stadt Wien, MA 30 – Wien Kanal
Ansprechperson:	Ing. Josef Gottschall

Technologie

Mittels Wärmetauscher im Verbindungskanal mit einem Durchmesser von DN 1600 mm, der eine Leistungsfähigkeit von mehr als 2.000 l/s aufweist, wird dem Abwasser Wärmeenergie mit Hilfe einer Wärmepumpe entzogen bzw. zugeführt, je nach Heiz- oder Kühlbedarf.

Der Wärmetauscher wurde aus 10 Elementen zu einer ca. 30 m langen Wärmetauscherstrecke zusammengesetzt. Die Elemente wurden mit einem speziellen Fließmörtel verfüllt, der gute Wärmeleitungseigenschaften aufweist. An den beiden Enden des Wärmetauschers wurde je ein Montage- und Wartungsschacht errichtet, die die Armaturen der Kreisläufe beherbergen.

Die Anlage ist in ihrer Funktion umkehrbar und kann daher Heizen und Kühlen. Die mit 4 Verdichtern hat 4 Leistungsstufen und in den 2 Kältekreisen wird das Kältemittel R407C verwendet. Die Distanz zwischen dem Wärmetauscher und der Wärmepumpe beträgt ca. 15 m.

Betrieb der Anlage

Die Durchflussmenge des Kanals schwankt bei Trockenwetter zwischen 150 und 800 l/s. Die Abwassertemperatur schwankt je nach Jahreszeit zwischen 11°C und 21°C.
Nach Erkenntnissen der TU-Wien reduziert die Sielhaut (Anhaftung von Bakterien auf der Oberfläche) die Wärmedurchgangsleistung des Wärmetauschers entgegen den Erwartungen nur um ca. 5 %. Die mögliche Wärmeübertragungsleistung durch den Wärmetauscher sind daher deutlich höher als in der Planungsphase berechnet.

Wirtschaftliche Daten

Die MA 30 verfolgt generell eine Energie- und Kosteneinsparungs-Strategie. Mit der Abwasserwärmenutzungsanlage wird eine Reduktion der Betriebskosten um ca. 12.000 €/Jahr erreicht. Die Anlage wurde für Forschungs-Zwecke realisiert, die gemeinsam mit der Technischen Universität Wien durchgeführt werden.

Umwelteffekte

Durch den Einsatz dieser Abwasserwärmepumpenanlage wird eine Reduktion der CO_2-Emissionen um ca. 47.000 kg/Jahr erreicht.

Probenahme der Sielhaut vom Wärmetauscher (Quelle: Institut für Grundbau und Bodenmechanik – TU-Wien)

Pufferspeicher (Quelle: Grazer Energieagentur)

Sonstige Rahmenbedingungen

Das Abwasser im Kanal und das Grundstück auf dem die Anlage realisiert wurde sind im Eigentum des Abwasserentsorgungsunternehmens, es werden daher bei diesem Projekt keine fremden Eigentumsrechte berührt und es waren auch keine Wasserrechtlichen Bewilligungen notwendig.

2.3 Wärmerückgewinnung in einer Krankenhauswäscherei in Graz

Diese Energiekosteneinsparungsmaßnahme wurde von der Zentralen Krankenhauswäscherei Graz der Steiermärkischen Krankenanstaltengesellschaft m.b.H. (KAGes) umgesetzt: Das heiße Abwasser aus der Wäscherei wird dabei mittels eines Wärmetauschers für das Vorheizen des kalten Frischwassers verwendet.

Wärmenutzung

Der Wärmetauscher überträgt die Wärmeenergie vom ca. 38°C heißen Abwasser aus der Wäscherei zum ca. 14°C kalten Frischwasser im Zulauf zur Waschanlage. Das Abwasser wird zuerst in einem Zwischenspeicherbecken gesammelt und dann mit einer Schmutzwasserpumpe zum Wärmetauscher transportiert. Danach wird das Abwasser der öffentlichen Kanalisation zugeführt.
Das Frischwasser wird aus dem Weichwasserbecken entnommen und dem Wärmetauscher mit ca. 22°C zugeführt. Im Gegenstrom erfolgt die Wärmeenergieübertragung vom Abwasser auf das Frischwasser, welches auf ca. 29°C erwärmt wird.
Die Anlage ist ungefähr 3200 Stunden pro Jahr im Einsatz, das heißt sie wird während der Betriebszeit ca. 200 Tage im Jahr zu je 16 Stunden genutzt.

Wäscherei (Quelle: KAGes)

Zentrale Krankenhauswäscherei Graz, Österreich

Wärmeversorgung:	Installiert zur Vorheizung des Frischwassers für die Wäscherei
Abwasserabfluss:	ca. 5 l/s
Frischwasserzulauf:	ca. 5,6 l/s
Thermische Leistung:	180 kW
Thermische Energiemenge:	ca. 750.000 kWh/Jahr
Elektrischer Energiebedarf:	ca. 9.600 kWh/Jahr
In Betrieb seit:	Oktober 2002
Eigentümer:	Steierm. Krankenanstaltengesellschaft m.b.H.
Ansprechperson:	Ing. Harald Molli
Wärmetauscher-hersteller:	Fa. Bernhard Fercher

Flächen des Abwasserwärmetauschers (Quelle: KAGes)

Technologie

Der Abwasserwärmetauscher der Fa. Bernhard Fercher arbeitet auf Grund der offenen Bauweise besonders wartungsfrei – eine Reinigung mit einem Hockdruckreiniger auch ohne Betriebsunterbrechung ist oft ausreichend. Das Abwasser strömt frei über die Oberfläche der Wärmeübertragungsplatten. Die dabei entstehende Filmströmung und die Verwirbelungen sorgen für einen raschen und effizienten Wärmeübergang und nahezu vollstän-

dige Selbstreinigung. Die Bauweise aus rostfreiem Edelstahl garantiert eine lange Lebensdauer und Beständigkeit gegen Chemikalien und säurehältige Abwässer. Einsatzgebiete finden sich zum Beispiel auch in Färbereien, Krankenhäusern, Hotels, Großküchen, Sportzentren und der Industrie.

Die Anlage weist nur einen sehr geringen elektrischen Energieverbrauch auf, der sich hauptsächlich aus dem Stromverbrauch der Pumpen zusammensetzt. Es gibt keine Einschränkungen bezüglich der Temperatur-Parameter des Ab- bzw. Frischwassers, auch Schwankungen bei den Abwasser- und Frischwassermengen kann das Abwasserwärme-Rückgewinnungssystem gut verarbeiten.

Wirtschaftliche Daten

Investitionssumme	49.000	€
Betriebs- und Wartungskosten	500	€/Jahr
Energiekosten (für Strom)	1.000	€/Jahr
Andere Kosten	0	€/Jahr
Gesamte Betriebskosten	**1.500**	**€/Jahr**
BK pro MWh Energie	**2**	**€/MWh**

Mit der Abwasserwärmerückgewinnung können erhebliche Einsparungen im Energieverbrauch erreicht werden. Die Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H. folgen mit diesem und noch anderen Wärmerückgewinnungsprojekten ihrer Strategie zur Energie- und Kosteneinsparung.

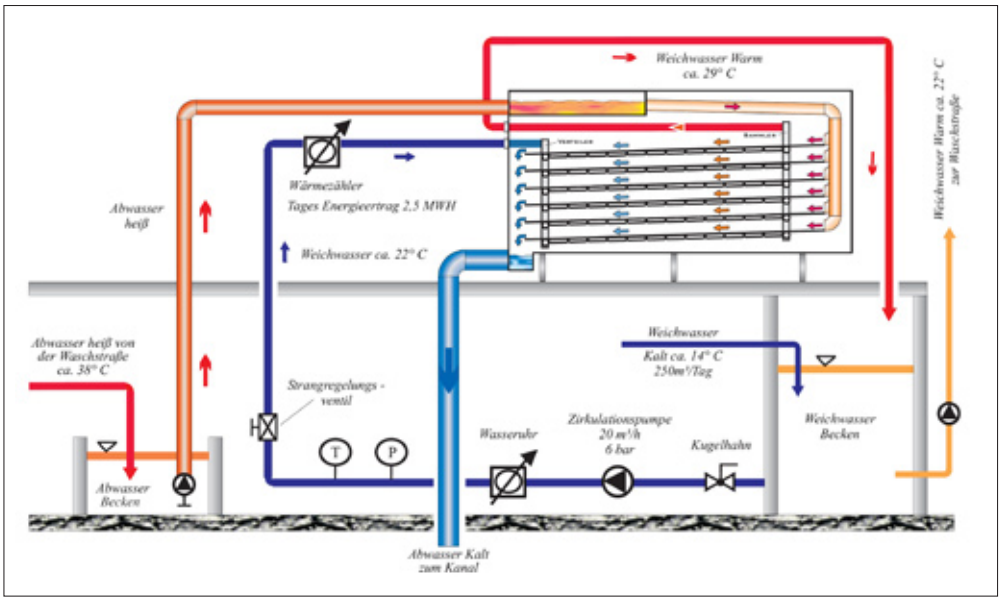
Die Investitionssumme wurde mit der Energiekosteneinsparung refinanziert: Die Hälfte der Einsparung wurde dem Anlagenhersteller über 4 Jahre bezahlt. Somit wurde auch für die Krankenhauswäscherei sofort ein Kostenvorteil schlagend. Die Amortisationszeit kann deshalb mit 2 Jahren angegeben werden.

Umwelteffekte

Eine Einsparung von CO_2-Emissionen durch die Reduktion von ca. 2400 kWh Erdgas pro Tag wurde mit dieser Anlage erzielt. Zusätzliche ökologische Vorteile ergeben sich für die Abwasserentsorgung durch die Einleitung von kühlerem Abwasser ins öffentliche Kanalnetz.

Sonstige Rahmenbedingungen

Das Abwasser aus der Wäscherei sowie auch das Gebäude, in dem die Anlage montiert wurde, sind im Eigentum der Krankenhauswäscherei, es wurden daher bei diesem Projekt keine fremden Rechte berührt. Auch eine wasserrechtliche Bewilligung war nicht notwendig, im Gegenteil werden sogar die Auflagen zur Einleitung in das öffentliche Kanalnetz nun einfacher erfüllt – die Temperatur des Abwassers darf nicht über 30°C liegen.



Schema Wärmerückgewinnung in der Krankenhauswäscherei (Quelle: Fa. Bernhard Fercher)

2.4 Direkte Wärmenutzung in der Wohnanlage Eulachhof

Auf einem Grundstück des ehemals industriell genutzten Sulzer-Areals in Oberwinterthur wurde eine Null-Energie-Wohnüberbauung errichtet. Das Energiekonzept setzt u.a. auf den kombinierten Einsatz von Wärmepumpen (Abwasser und Abluft) und Photovoltaikanlagen. Dadurch wird das anfallende Abwasser der Wohnsiedlung konsequent zur Wärmegewinnung genutzt.

Allgemeine Informationen

Der Eulachhof entstand auf einem 11.500 m² großen Teilgrundstück des ehemals industriell genutzten Areals. Die Bebauung umfasst zwei mit Holz verkleidete Wohnkomplexe, bestehend aus zwei sechsgeschossigen Gebäuden und je zwei zweigeschossige Nebengebäuden. Die Gebäude beherbergen 132 Mietwohnungen und acht Geschäftseinheiten. In der Gebäudehülle wurden speziell entwickelte Glasfassadenelemente eingesetzt. Diese mehrschichtigen Solargläser wirken im Sommer kühlend und im Winter heizend.

Die Wohnsiedlung wurde 2007 mit dem Schweizer Solarpreis ausgezeichnet. Dem Bau wurde das Minergie-P® und das Minergie-P-ECO®-Label für ein Gebäudekonzept mit geringem Energieverbrauch zugesichert.

Abwasserwärmenutzung in der Wohnanlage Eulachhof Winterthur, Schweiz

Gesamtenergiebedarf:	945.000 kWh
Eigenenergie-erzeugung:	598.200 kWh
davon:	
Photovoltaikanlage:	164.000 kWh
Energie aus Siedlungsabfall:	51.000 kWh
Wärmepumpen (Umweltwärme):	383.000 kWh
davon	
Abwasserwärme:	140.000 kWh
2 Abwasser-Wärmepumpen	
Kondensatorleistung:	80 kW (je 40 kW)
Schachtgröße:	15 m³
Jahresarbeitszahl (JAZ):	4,2 (bei 60°C Speicher-temperatur)
Bauherr:	AllianzSuisseImmobilien AG und Profond Versorungseinrichtung
Projektentwicklung:	Allreal Generalunter-nehmung AG
Energiekonzept/ Haustechnik:	Amstein + Walthert AG
Wärmetauscher-hersteller:	FEKA-Energiesysteme AG
Wärmepumpen-hersteller:	Kälte Wärmetechnik AG

Ansicht Eulachhof (Quelle: Allreal AG)

Feka-Abwasserschacht (Quelle: FEKA)

Eingesetzte Technologie

Das Energiekonzept des Eulachhofs basiert auf vier Säulen: Wärmepumpen, solare Stromgewinnung, Nutzung der passiven Solarenergie durch die Bauweise und die Ausrichtung der Gebäude sowie Fernwärme aus der Verbrennung der anfallenden Abfälle.

Abwasserwärmenutzung

Der durch die 1.240 m² große Photovoltaikanlage gewonnene Strom (164.000 kWh/a) wird zum Betrieb der Wärmepumpen (Wärmequelle Abwasser und Abluft) genutzt. Die Wärmepumpen-Anlage deckt den gesamten Heizungs- und Warmwasserbedarf für insgesamt 20.400 m² beheizte Geschossfläche. Zur Nutzung der Abwärme des häuslichen Abwassers kommt ein Feka Wärmetauschersystem zum Einsatz. Das Energiekonzept umfasst die folgenden Aspekte:

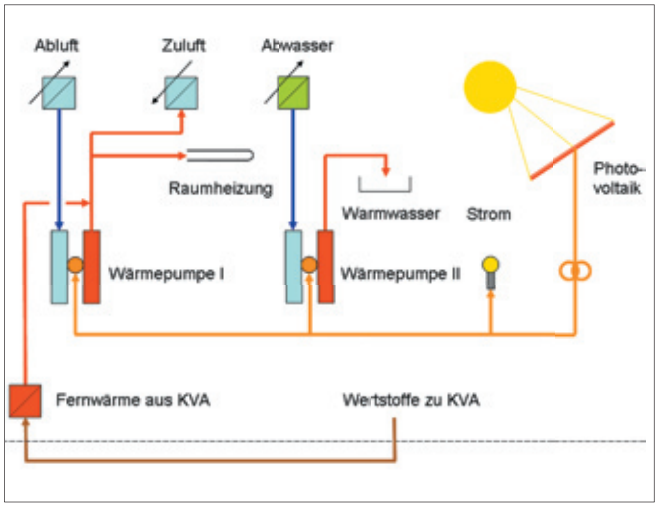
- die Bereitstellung des Warmwasserbedarfs durch Abwasserwärmenutzung
- die Wohnungsentlüftung mit zentraler Wärmerückgewinnung für die Heizwärme
- die Erzeugung von Heizwärme durch die Nutzung von Abluft
- die Abdeckung von Spitzenlasten durch Fernwärme (Abfallverwertung).

Der FEKA-Abwasserschacht

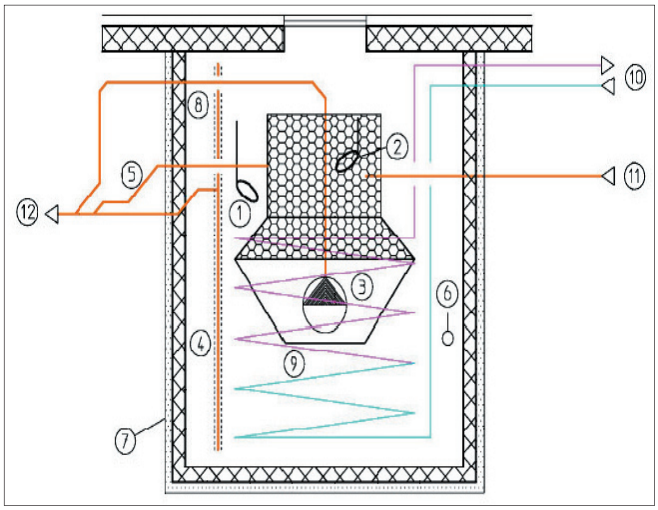
Der FEKA-Wärmetauscher wurde in einem speziell erstellten Abwasserschacht installiert. Durch die Grobfilterung des Abwassers wird Schmutz und Sand zurückgehalten. Zur Verhinderung der Verstopfung des Filters, wird dieser im Normalfall einmal täglich und zwar frühmorgens automatisch rückgespült. Im Schacht selbst wird das Abwasser des Gebäudekomplexes gesammelt, abgekühlt und anschließend in die Kanalisation eingeleitet. Um den optimalen Wärmeübergang zu gewährleisten, ist der Schacht immer bis zu einem bestimmten Level mit Abwasser angefüllt.

Wirtschaftlichkeit der Abwasserwärmenutzung

Wärmepumpe/SPS/WP-Modul	59.000	Euro
Bauarbeiten	18.000	Euro
Anbindung an die Haustechnik	9.000	Euro
Gesamtkosten	**86.000**	**Euro**



Energiekonzept des Eulachhof (Quelle: Allreal AG)



Schematische Darstellung eines FEKA-Abwasserschachts (Quelle: FEKA)

Blick in die Heizzentrale (Quelle: FEKA)

2.5 Wärmeversorgung der Binningen AG – Contractingmodell

Die Wärmepumpenanlage des Wärmeversorgers Binningen AG (WBA) nutzt Abwasserwärme aus der Kanalisation. Das Abwasser weist eine Temperatur von mindestens 10°C auf. Die Grundlast für Heizwärme und Warmwasseraufbereitung wird mittels einer Abwasser-Wärmepumpe aus der ca. 70 m entfernt gelegenen Kanalisation in die Heizzentrale gepumpt. Zusätzlich liefern zwei Blockheizkraftwerke (BHKW) den Strom für den Antrieb der Wärmepumpe. Zur Abdeckung der Spitzenlasten stehen konventionelle Gas- und Ölheizkessel bereit. Das Gesamtsystem deckt den jährlichen Bedarf für Heizwärme und Warmwasser für 300 Wohnungen.

Allgemeine Informationen

Seit 2001 versorgt eine Wärmepumpe öffentliche und private Kunden mit Wärme aus Abwasser. Das Wärmenetz stellt heute in der Gemeinde Binningen (14.000 Einwohner) für insgesamt 99 Gebäude eine Alternative zur eigenen Heizanlage dar. Anteilig setzen sich die versorgten Gebäude aus 73 privaten und 26 Gemeindegebäuden zusammen. Im Geschäftsjahr 2005-2006 wurden im Gesamtwärmenetz 763 Wohnungen mit 14.350 MWh Wärme versorgt. Mit der Erweiterung des Wärmenetzes um die Abwasserwärmepumpe konnte der Umweltenergieanteil gemessen am Anteil der Nutzenergie von 9,4 % auf 31,4 % angehoben werden.

Wärmeversorgung öffentlicher und privater Kunden in Binningen Binningen, Schweiz

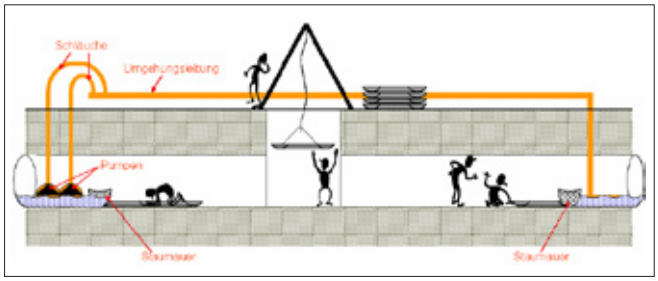
Endenergiebedarf (2002):		8.736 MWh
davon	Strom:	319 MWh
	Erdgas:	5.648 MWh
	Erdöl:	380 MWh
Umweltenergie:		2.389 MWh
Wärmetauscher:		Kanalwärmetauscher
Dimensionen:		47 Elemente je 3 m Länge
Thermische Leistung:		260 kW
Wärmepumpe:		Elektrowärmepumpe
Kondensatorleistung:		380 kW
Jahresarbeitszahl (JAZ):		3,2
Wärmeträger Zwischenkreis:		80 % Wasser, 20 % Ethylenglykol
Arbeitsmittel:		R 134 A
Bauherr:		Wärmeversorgung Binningen AG
Projektentwicklung:		Elektra Birseck Münchenstein (EBM)
Wärmetauscher-hersteller:		Kasag AG
Wärmepumpen-hersteller:		Kälte Wärmetechnik AG
Wärmepumpen-hersteller:		Schindler AG

Wärmeversorgung Binningen AG (Quelle: EBM)

Wärmeversorgung Binningen AG (Quelle: EBM)

Eingesetzte Technologie

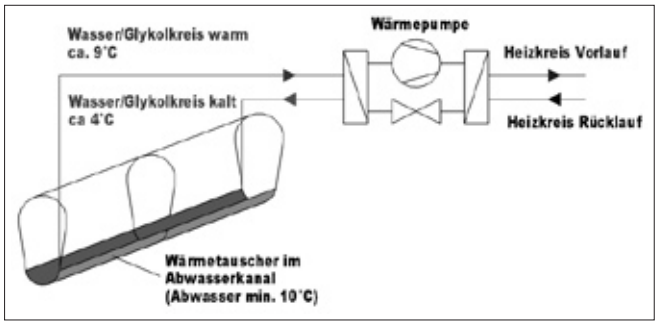
Für die Umwandlung von Wärmeenergie aus Abwasser wird mittels einer Wärmepumpe das thermische Wärmepotential einer in unmittelbarer Nähe der Grundlastzentrale befindlichen Kanalisation genutzt. Damit wurde die bereits bestehende Umweltenergienutzung der Birsig (lokaler Fluss) als Wärmequelle um die Nutzung des kommunalen Abwassers ergänzt. Die Birsig dient bereits seit 1988 als Wärmequelle.



Installation der Wärmetauscherelemente im Kanal (Quelle: EBM)

Wärmepumpe und Wärmetauscher

Die Grundlast des Teilwärmenetzes „Dorf" wird durch die Abwasserwärmepumpe mit 380 kW und zwei Blockheizkraftwerke (BHKWs) sichergestellt. Die Abdeckung der Spitzenlast erfolgt durch konventionelle Gas- und Ölheizkessel. Der Wärmetauscher der Anlage besteht aus 47 Teilelementen von je 3 m Länge und 0,80 m Breite. Auf einer Gesamtlänge von 141 m wurde auf der Sohle des eiförmigen Kanals (1.80 x 1.20 m) jeweils eine Gruppierung von vier Wärmetauscherelementen angebracht. In einem 70 m langen Schacht zwischen Abwasserkanal und Grundlastzentrale wurden die Vor- und Rücklaufleitungen mit der Wärmepumpe verbunden. Da der Wärmetauscher direkt im Kanal installiert ist, muss jedes Wärmetauscherelement resistent gegen Korrosion und Bewuchs ausgelegt sein.



Schema des Abwasserwärmesystems (Quelle: EBM)

Kommune als Vorreiter in Sachen Klimaschutz

Durch den Einsatz der Abwasser-Wärmepumpe, können pro Jahr rund 2.400 MWh Umweltenergie in das Wärmenetz eingespeist werden. Dadurch wird eine CO_2-Emissionsreduktion von 675 t pro Jahr erreicht. Die jährliche Substitution von 200 t Öl führt darüber hinaus zu einer Verringerung der Luftverschmutzung in der Region. Das Ergebnis der Nutzung von effizienten Technologien und Umweltwärme trägt maßgeblich dazu bei, dass die Gemeinde Binningen die Ziele der Schweizer Klimapolitik erreicht. Das kooperative Engagement der Gemeinde kann daher als beispielhafte Vorgehensweise zur Reduzierung des CO_2-Ausstoßes und zur Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Energieressourcen angesehen werden.

Wirtschaftlichkeit der Abwasserwärmenutzung

Wärmetauscher	300.000	Euro
Wärmetauscher	120.000	Euro
Bauliche Nebenkosten	200.000	Euro
Planung	110.000	Euro
Wartung und Instandhaltung	3.200	Euro
Kosten je erzeugter MWh	**59**	**Euro**

Installation des Sohlewärmetauschers (Quelle: EBM)

3 Projektentwicklung – Schritt für Schritt

3.1 Schritte zum Erfolg

Die Projektphasen (Quelle: Grazer Energieagentur)

Von der ersten Idee bis zum abgeschlossenen Abwasserwärmeprojekt müssen eine Reihe unterschiedlicher Schritte getätigt werden. Von einer ersten Voruntersuchung (Vorstudie) bis zum betriebsfertigen Einsatz einer Anlage müssen – abhängig vom Konzept der Anlage – unterschiedliche Voraussetzungen beachtet werden. Die Entwicklung eines Abwasserwärmeprojekts umfasst die folgenden Schritte:

- Vorstudie und Abwasserwärmekarte
- Konkrete Machbarkeitsstudie und Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Vertragliche Bedingungen
- Detailplanung und Ausschreibung
- Bau und Inbetriebnahme
- Betrieb und Energiecontrolling

Abwasserwärmepumpen sind für größere Gebäude und für die Versorgung eines Nah- bzw. Fernwärmenetzes geeignet. Als mögliche Wärmeabnehmer kommen Mehrfamilienhäuser, Büro- und Betriebsgebäude, Schulen, Turnhallen und Schwimmbäder in Betracht. Auch der Einsatz in Industrieanlagen ist möglich. Allerdings muss in diesem Zusammenhang ein entsprechend großer Wärmebedarf bzw. eine potentielle „Wärmesenke" in unmittelbarer Nähe des Wärmeproduzenten vorhanden sein. Normalerweise ist für die Nutzung von Abwasserwärme von einem minimalen Wärmebedarf von 100-150 kW auszugehen. Es gilt, dass die zu versorgenden Wärmeabnehmer möglichst „nah" am Abwasserwärmekanal bzw. an der Kläranlage gelegen sein sollten. Wenn der Wärmebedarf durch die Nutzung von hausinternem Wasser technisch realisierbar ist, entfällt diese räumliche Anbindung an die öffentliche Wärmequelle Abwasser.

3.2 Vorstudie und Abwasserwärmekarte

Um die Möglichkeit der Abwasserwärmenutzung in einer frühen Projektphase zu erheben, ist es notwendig, einige Rahmenbedingungen zu überprüfen und Daten zu sammeln. Es sind für die Vorstudie bereits Checklisten vorhanden, welche über das Internet abrufbar sind (siehe Serviceseite am Ende der Broschüre).

Die Hauptpunkte einer Vorstudie für die Abwasserwärmenutzung sind:

- Ist die Abwassermenge und -temperatur für eine Nutzung ausreichend und konstant genug?
- Passt die Entfernung zwischen Energiequelle und Abnehmer?
- Ist eine aktive Nutzung (in Kombination mit Wärmepumpe) oder eine passive Abwasserwärmenutzung (nur Wärmetauscher) sinnvoller?
- Grundsätzliche rechtliche, vertragliche und administrative Rahmenbedingungen - welche Personen müssen konkret einbezogen werden
- Finanzieller Rahmen für Investitionen

Voraussetzungen – Wärmenutzung aus dem Kanal

Entscheidend dafür, ob eine Abwasserwärmenutzung direkt aus dem Kanal (Rinnenwärmetauscher) möglich ist oder nicht, sind die folgenden Mindest- bzw. Maximalwerte:

- Kanalgeometrie: Mindest-Nennweite 800 mm, Nennweite am besten kleiner 1800 mm, maximal 3500 mm;
- Gefälle des Kanals sollte im Bereich 1 bis 10 ‰ liegen;
- Fließgeschwindigkeit sollte im Bereich 0,2 bis 0,8 m/s liegen;
- Abwassermenge: Ab ca. (15)-20 l/s ist eine Nutzung sinnvoll, die Überströmung des Wärmetauschers soll gewährleistet werden. Das Tagesmittel (10:00 bis 16:00 Uhr) sollte im Bereich 20-80 l/s liegen, die Abwassermenge nachts (0:00 - 5:00 Uhr) sollte zwischen 10 und 80 l/s liegen;
- Hydraulische Auslastung des Kanals sollte zwischen 5 und 40% betragen;
- Abwassertemperatur sollte über 12°C liegen;
- Wärmeentzug: Die Abwassertemperatur beim Kläranlageneinlauf muss mindestens 10°C betragen;
- Mindestbedarf Wärmeleistung liegt wirtschaftlich bei 100 kW;
- Niedertemperaturheizungssysteme mit einer Vorlauftemperatur von kleiner als 50°C können mit Wärmepumpen effizient versorgt werden.

Es ist sinnvoll für ein Abwassernetz vorweg zu prüfen, welche Bereiche für eine Abwasserwärmenutzung geeignet sind. Dies sollte in einem Abwasserwärmekataster grafisch dargestellt werden, damit auf einen Blick ersichtlich ist, ob bei einem geplanten Neubau oder einer Sanierung die Abwasserwärmenutzung möglich ist.

Wie erfolgt die Erstellung des Abwasserwärmekatasters?

Beispiel für einen Abwasserwärmekataster (Quelle: Grazer Energieagentur)

An Hand des Kanalkatasters werden ausgehend von der Kläranlage entgegen die Fliessrichtung die nutzbaren Kanalstränge bis zur Nennweite DN 800 mm bewertet und in der grafischen Darstellung markiert (z.B. grün für geeignete Stränge, rot für ungeeignete Bereiche). Das Gebiet in unmittelbarer Umgebung der geeigneten Kanalstränge (50-100 m) kann für die Abwasserwärmenutzung gekennzeichnet werden – man erhält so eine übersichtliche Darstellung über Gebiete, in denen die Abwasserwärmenutzung näher betrachtet werden kann.

3.3 Die Machbarkeitsstudie – Schlüssel zum Erfolg

Wenn sich das Projekt von Seiten des Abwassers als grundsätzlich geeignet darstellt, geht es in die nächste Projektphase. In der konkreten Machbarkeitstudie werden weitere Details erhoben (Abwasserganglinien, Temperaturganglinien, Auslegungsparameter für Heizung und Kühlung etc.), die Anlage vordimensioniert und alle technischen, rechtlichen, organisatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen geprüft.

Zusammenspiel Kanalbetreiber – Planer – Berater – Energieversorger

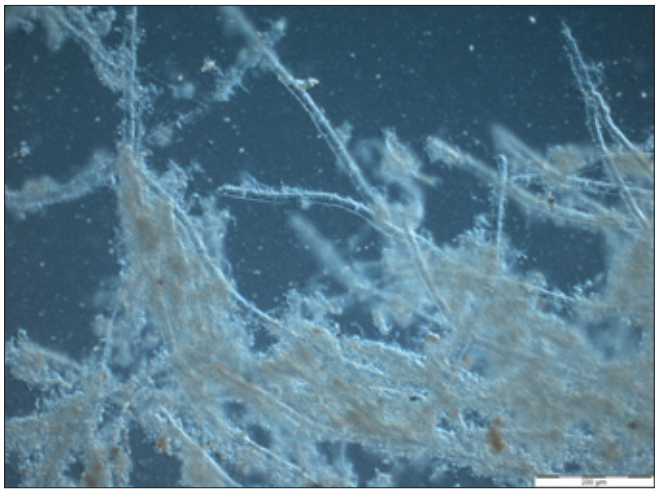
Die Machbarkeitsanalyse ist wesentlich für den Projekterfolg. Lassen Sie diese Analyse nur von erfahrenen Beratern im Bereich Abwasserwärmenutzung erstellen, es ist hierfür Spezialwissen erforderlich. Ein enger Kontakt zum Kanalbetreiber, den Planern (Bau- und Haustechnik) und den Behörden ist bereits in dieser Phase des Projektes unbedingt notwendig.

Energieangebot – Energiegewinnung

Zu Beginn der Vordimensionierung der Anlage steht die genaue Ermittlung des Abwasser-Energieangebots. Hierzu sind die Tages-, Monats- und Jahresabflussganglinien des Abwasserstroms samt Temperaturgang notwendig.

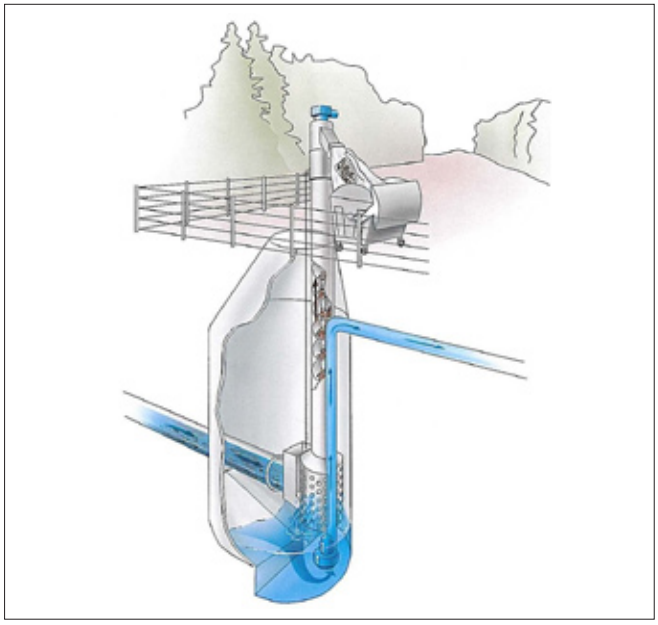
Beachten Sie, dass sich auf der Oberfläche des Wärmetauschers ein so genannter Biofilm mit isolierender Wirkung bildet, der die Wärmeübertragung beeinflusst. Diese in der Fachsprache als Sielhaut bezeichnete Schicht kann je nach Abwasserzusammensetzung (Gewerbe, Haushalt, Industrie) sehr unterschiedlich sein. Diese Minderung der Wärmeübertragung auf den Wärmetauscher sollte für die Auslegung der Anlage eingeschätzt werden. Basierend auf empirischen Daten und Untersuchungen kann von einer Minderung der Wärmeübertragung zwischen 30% bis 50% ausgegangen werden – im Idealfall kann dieser Wert auch deutlich darunter liegen.

Als ersten Anhaltswert können pro m² überströmter Wärmetauscherfläche rund 1 bis 4 kW an Heizleistung gewonnen werden (abhängig von der möglichen Abkühlung des Abwassers nach dem Wärmetauscher) und daher in der Vordimensionierung angesetzt werden – genauere Werte liefert der Hersteller des Wärmetauschers.



Biofilm unter dem Mikroskop (Quelle: TU Wien)

Der Einbau eines Rinnenwärmetauschers in die Kanalsohle ist nur eine Form der möglichen Energiegewinnung. Es können auch gefilterte Abwässer z.B. über Röhrenwärmetauscher außerhalb des Kanals in einem Schacht, der über eine Bypassleitung mit der Kanalsohle verbunden ist, herangezogen werden. Wirtschaftlich besonders interessant sind auch die Nutzung des geklärten Abwassers und die Nutzung in Pumpstationen.



Energienutzung mit gesiebtem Abwasser (Quelle: Hans Huber AG)

Die Wahl der Systemkomponenten

Wählen Sie ausschließlich langlebige Bauteile, die für das vorhandene Abwasser geeignet sind. Die Komponenten im Kanal sollten auf eine Nutzungsdauer von 25 - 30 Jahre ausgelegt werden. Es gibt mittlerweile mehrere Anbieter von Technologien zur Abwasserwärmenutzung und auch die Zahl der Anbieter von zuverlässigen und effizienten Wärmepumpen steigt ständig – holen Sie mehrere Vorschläge von Anbietern ein. Beachten Sie auch die Vorschriften für Einbauten in den Kanal seitens des Kanalbetreibers.

Kostenschätzung und Wirtschaftlichkeitsanalyse

Was zählt sind die Vollkosten! Betrachten Sie den gesamten Lebenszyklus der Anlagen von mindestens 20 Jahren – der Vergleich zeigt, dass sich die Abwasserwärmenutzung unter Einbeziehung der Vollkosten rechnet. Bei der Abwasserwärmenutzung sind zu Beginn die Investitionskosten höher als bei konventionellen, mit fossilen Energieträgern betriebenen, Anlagen – die Betriebskosten sind jedoch deutlich günstiger. Beziehen Sie alle Kostenkomponenten (verbrauchsgebundene Kosten, betriebsgebundenen Kosten, kapitalgebundene Kosten) mit in die Berechnung ein und vergleichen Sie. Die mögliche zusätzliche Kälteerzeugung erhöht die Wirtschaftlichkeit und bietet einen weiteren Vorteil gegenüber konventionellen Heizungsanlagen. In dieser Projektphase ist es sinnvoll, eng mit den Anlagenherstellern zusammenzuarbeiten, jedoch ist es vernünftig mit mehreren Anbietern Kontakt aufzunehmen.

Was soll die Studie enthalten

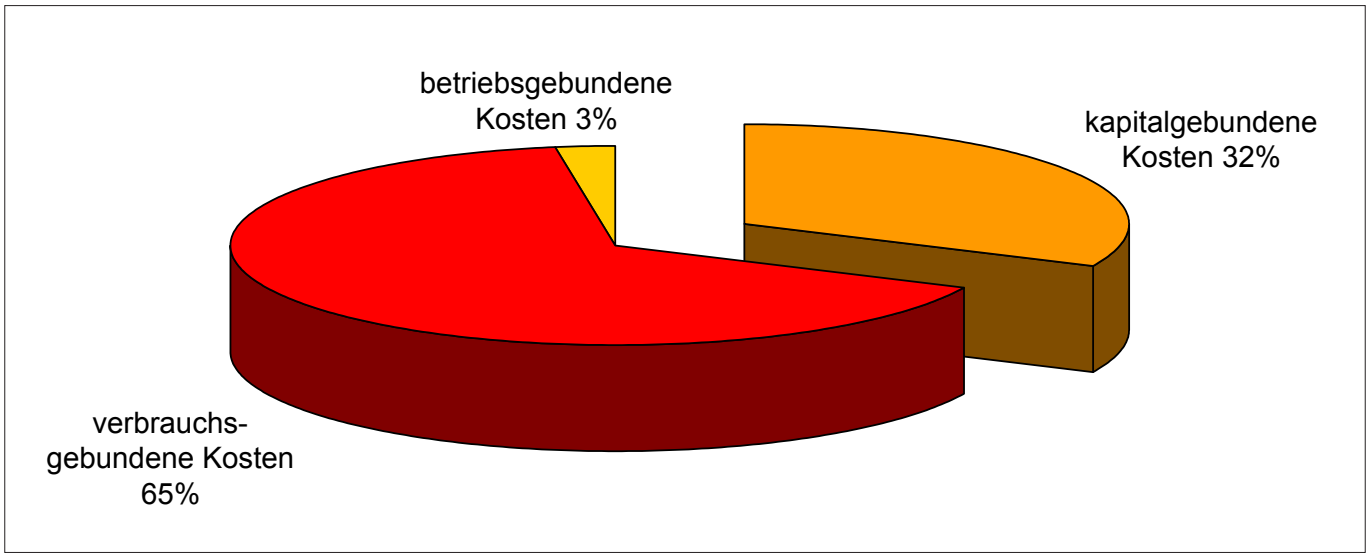
Die genaue Machbarkeitsanalyse soll in möglichst kompakter Form die Situation objektiv darstellen und Lösungen für kritische Elemente vorschlagen. Details können in einem Anhang gesammelt werden.

Die Studie soll sich nicht nur auf technische Dinge konzentrieren, sondern das Projektvorhaben von der technischen, wirtschaftlichen und rechtlich-organisatorischen Seite in ausgewogener Form betrachten.

Wichtig ist dabei die Darstellung der Rahmenbedingungen (Abwasser, Wärme- und Kälteabnehmer), welche Ansprechpartner und Stellen für die Erstellung der Studie einbezogen wurden und welche Annahmen bei den Berechnungen in dieser Projektphase getroffen wurden – die Machbarkeitsstudie ersetzt nicht die Detailplanung, es handelt sich bei den Dimensionierungen um erste Abschätzungen.

Die Erstellung eines Finanzierungs- und Umsetzungsmodells unter Einbeziehung von Energiedienstleistungen und Garantiemöglichkeiten ist im Rahmen der Machbarkeitsstudie erfahrungsgemäß äußerst wichtig für den Projekterfolg. Für einen externen Berater ist es wichtig, nie die Kundensicht zu verlieren.

Die Studie soll eine Empfehlung für die weitere Vorgehensweise und Begründungen für Vorschläge enthalten. Hilfreich und übersichtlich kann dabei eine Nutzwertanalyse in Matrixform für verschiedene Alternativen sein. Bei bisherigen Machbarkeitsstudien hat sich die Gliederung auf der nächsten Seite bewährt:



Kostenaufteilung bei der Abwasserwärmenutzung (Quelle: Grazer Energieagentur)

Gliederung einer Machbarkeitsstudie

1. Zusammenfassung und Empfehlung zum weiteren Vorgehen: Ergebnismatrix oder Nutzwertanalyse, empfohlenes Umsetzungsmodell, Vergleich externe Energiedienstleistung mit Eigenregie
2. Aufgabenstellung und Zielsetzung: Was will der Auftraggeber konkret wissen?
3. Ausgangssituation: z.B. Probleme, Energiebedarf u. –kosten, örtliche Situation, Rahmenbedingungen
4. Technische Machbarkeit: z.B. wichtigste Maßnahmen und Technologien, technische Rahmenbedingungen
5. Organisatorische Rahmenbedingungen: z.B. maximale Laufzeiten für Verträge, wer ist für Wartung zuständig – ist eigenes technisches Personal vorhanden, Vorschlag für Schnittstellen, mögliche Betriebsunterbrechungszeiten und Umbauzeiten, Reaktionszeiten bei Störungen
6. Wirtschaftliche und finanzielle Rahmenbedingungen
7. Rechtliche Rahmenbedingungen: z.B. Eigentumsverhältnisse, Verträge, Wasserrecht

3.4 Was sollte organisatorisch, vertraglich und rechtlich beachtet werden?

Bei der Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser ist eine der Grundvoraussetzungen die Unterscheidung zwischen privatem Abwasser und Abwasser, das sich bereits im Bereich der kommunalen Abwasserreinigung befindet. Abhängig davon, welches Abwasser verwendet wird und welche Systeme zur Nutzung von Abwasser als Wärmequelle eingesetzt werden, bestehen differenzierte organisatorische, vertragliche und rechtliche Anforderungen. Einige wichtige sind hier beschrieben:

- Klärung wer die Eigentümer des Abwassers und der Abwasseranlagen, von denen entnommen wird, sind und in welchem Ausmaß die Anlagen verwendet werden dürfen.
- Kontaktaufnahme mit dem zuständigen Abwasserverband und der Gemeinde.
- Kontaktaufnahme mit der zuständigen Wasserrechtsbehörde und Erstabklärung, welche wasserrechtlichen Vorschriften berührt werden.
- Benennung von Ansprechpersonen und Definition der Informationspflichten – eine frühzeitige Einbindung aller Projektbeteiligten und ein optimaler Informationsfluss ist für den Projekterfolg unumgänglich.
- Abklärung der abwasserseitigen Bedingungen wie zum Beispiel: Abwassermenge, Temperatur, Inhaltsstoffe, tägliche, wöchentliche oder jahreszeitliche Schwankungen oder ständige Verfügbarkeit des Abwassers.
- Klare Regelung mit dem Eigentümer wie viel Wärmeenergie dem Abwasser entzogen bzw. zugeführt werden darf (Leistung des Wärmetauschers davon abhängig) – bei Wärmenutzung aus dem rohen Abwasser darf zum Beispiel der spätere Reinigungsprozess nicht gefährdet werden, das heißt eine Abstimmung mit dem Kläranlagenbetreiber ist notwendig.

- Klare Definition des Eigentumsüberganges und der Schnittstellen der neu zu errichtenden Anlagen.
- Rechtliche Abklärung mit der Wasserrechtsbehörde, welche Vorschriften einzuhalten sind und ob ein eigener Wasserrechts-Bescheid zu beantragen ist.
- Bedingungen zur Reinigung der Wärmetauscheranlagen.
- Sicherheitsmaßnahmen bei Installation, Betrieb und Inspektionen der Anlagen.
- Verantwortung für Installation und Betrieb.
- Vertragliche Regelung mit dem Abwassereigentümer über die Nutzung der Wärmeenergie bzw. über die Entnahme und Rückeinleitung des Abwassers; Achtung abwasserseitige Bedingungen bezüglich Menge, Temperatur oder Inhaltsstoffe können oft nur aufgrund von statistischen Größen garantiert werden – zusätzliche Sicherheitseinrichtungen (zum Beispiel Pufferspeicher) können hier notwendig sein.
- Abklärung des Heiz- und Kühlbedarfs mit dem Energienutzer hinsichtlich Leistung, Bedarfsschwankung und Energiemengen; zusätzlich wird ein Energieliefervertrag notwendig sein.

Einige detaillierte Ausführungen zu diesen Themen werden bereits im Kapitel 1 Grundlagen angegeben. Bei der Planung und Umsetzung von Abwasserwärmenutzungsprojekten wird die Zusammenarbeit mit Beratungsunternehmen, welche Erfahrung auf diesem Gebiet haben, empfohlen.

3.5 Bau und Inbetriebnahme

Der Einfluss der Qualitätssicherung in der Bauausführung wird oft unterschätzt bzw. aus Zeitgründen vernachlässigt. Eine enge Kooperation mit dem Kanalbetreiber ist dabei in der Phase des Baus unumgänglich.

Wichtige Mittel für die Qualitätssicherung können - neben sorgfältiger Bauaufsicht – speziell zugeschnittene Contracting- bzw. Garantiemodelle sein. Details hierzu finden Sie im Kapitel 4.

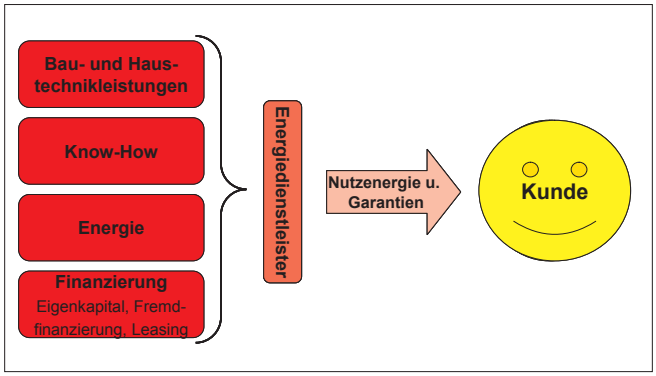
Wärmetauscher- und Wärmepumpeneinheit (Quelle: Hans Huber AG)

4 Energiedienstleistungen & Abwasserenergie

Wie können Barrieren und Hindernisse überwunden werden?

Energiedienstleistungen (auch Contracting genannt) sind umfangreiche Servicepakete, die von spezialisierten Dienstleistern (meist aus dem Energieversorger- oder Regeltechnikbranche) angeboten werden und zielen darauf ab, eine garantierte (Energie-)Effizienzsteigerung in Gebäuden zu erreichen. Ein externes Energiedienstleistungsunternehmen führt dabei ein individuell zusammengestelltes Dienstleistungspaket aus (z.B. Planung, Bau, Wartung und Betrieb, Finanzierung etc.) und übernimmt dafür das technische und wirtschaftliche Risiko. Energiedienstleistungen eröffnen die Möglichkeit innovative Energieeffizienzstrategien und -ideen wie z.B. die Abwasserwärmenutzung umzusetzen und ohne Risiken zu finanzieren.

Warum Energiedienstleistungen?

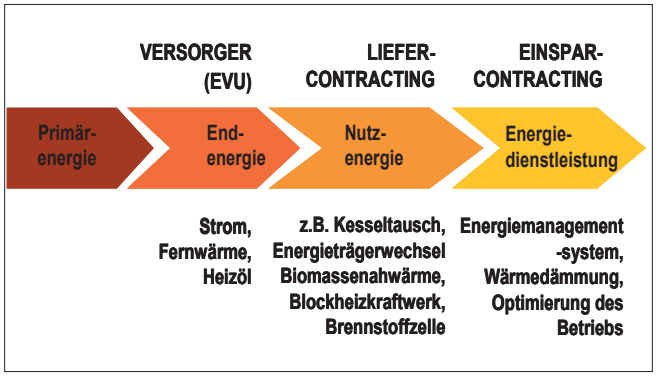


Quelle: Grazer Energieagentur

Die Energieeffizienz von Gebäuden und Anlagen kann gesteigert werden und die Realisierung von Energie-, Kosten- und CO_2-Einsparungen wird ermöglicht, ohne dass dafür eigenes (oder zumindest weniger eigenes) Kapital herangezogen werden muss. Darüber hinaus gibt es garantierte Kosten und Servicegarantien, die gerade bei der Umsetzung von innovativen Technologien für den Kunden interessant sind. Wichtig dabei ist die Dienstleistung flexibel zu gestalten und an die Kundenwünsche anzupassen.

Energiedienstleistungen steigern die Akzeptanz bei den Kunden und verlängern die Wertschöpfungskette bei den Anbietern – Sie können daher auch Hemmnisse und Barrieren bei der Umsetzung der Abwasserwärmenutzung überwinden.

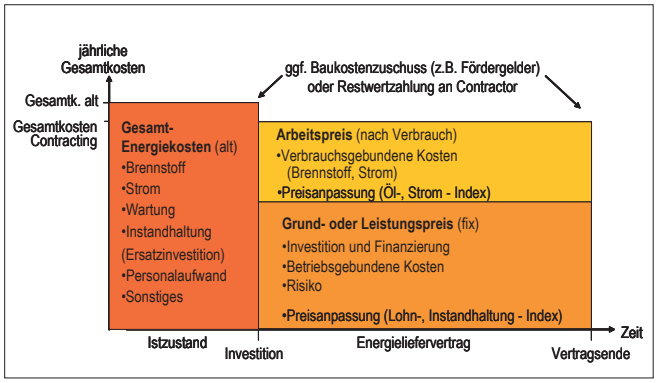
Entwicklungsstufen der Energiedienstleistungen



Quelle: Grazer Energieagentur

Energieliefer-Contracting

Der Energiedienstleister plant, baut, betreibt und/oder finanziert die Energieanlagen, kümmert sich um alle Versorgungsaufgaben und liefert dem Kunden Nutzenergie mit garantierten Preisen. Die Abrechnung erfolgt an Hand des tatsächlichen Verbrauchs. Abwasserwärmeanlagen können ideal mit diesem Modell realisiert werden, da der erfahrene Energiedienstleister sein Know-How einbringt und die Risiken der Umsetzung und des Betriebs übernimmt.

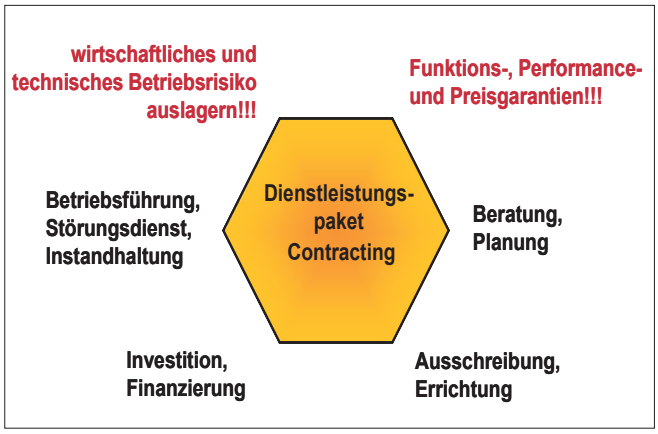


Das Business-Modell Energielieferung in der Übersicht (Quelle: Grazer Energieagentur)

Einsparcontracting

Der Energiedienstleister plant, baut, betreibt und/oder finanziert die Energiesparmaßnahmen im Gebäude (z.B. neue effizientere Energieerzeugungsanlagen) und liefert das entsprechende Service dazu. Ziel sind warme Räume (oder gekühlte im Sommer) zu fixen Preisen mit garantierten Effizienzsteigerungen. Der Energiedienstleister garantiert den maximalen Verbrauch (Bonus-Malus-System). Abwasserenergie lässt sich sehr gut mit anderen Energieeffizienz-Maßnahmen kombinieren.

Die individuell zugeschnittenen Dienstleistungspakete können aus folgenden Teilen bestehen



Dienstleistungspaket Contracting (Quelle: Grazer Energieagentur)

Die Vorteile für Kunden (Wärme- bzw. Kälteabnehmer) auf einen Blick

✓ Auslagerung der technischen und ökonomischen Risiken an den Energiedienstleister

✓ Garantierte Ergebnisse und Preise

✓ Service aus einer Hand – von der Planung bis zum Betrieb

Ziel ist es, für den Kunden und dem Anbieter eine Win-Win Situation zu schaffen. Die Stärken des Instruments Contracting sind dabei vielfältig:

- Contracting bezieht für die energetisch-nachhaltige Effizienz wichtige Serviceaspekte wie Wartung, Betriebsführung, Störddienst und die Nutzermotivation mit ein. Die Anlagen werden aus eigenem wirtschaftlichem Interesse des Contractors professionell betreut.
- Kostengünstigkeit und geringst mögliche Gesamtkosten durch die gemeinsame Optimierung und Bewertung von Investitions- und Betriebskosten.
- Die mit dem Instrument verbundenen Garantien für die Energieeinsparung und die bereitgestellte Wärme/Kälte schaffen die notwendige Akzeptanz beim Kunden.
- Contracting fördert durch die Garantien auch die Einführung innovativer Technologien in den Markt, indem ein Contractor das Risiko und die laufende Betreuung der neuen Technologie übernimmt.

Abwasserlieferung als neue Energiedienstleistung?

Für die Abwasserwärmenutzung sind über die klassische Nutzenergielieferung hinausgehend neue Formen der Energiedienstleistung möglich. Es sind auch Zwischenformen zwischen Energieversorgung und Nutzenergielieferung denkbar. Auf Wunsch des Kunden kann zum Beispiel das gereinigte warme Abwasser bis zum Kunden in einem gedämmten Rohr geliefert werden und dieser nutzt dann die Abwasserenergie in der eigenen Wärmepumpenanlage auf eigene Verantwortung. Dies stellt vor allem für Betreiber von Abwasserreinigungsanlagen eine neue und interessante Dienstleistung dar.

5 Häufig gestellte Fragen

- **Wann ist der Einsatz von Abwasserwärme sinnvoll und wirtschaftlich?**

  Abwasserwärmenutzung ist in Städten und Gemeinden mit mehr als 5000 Einwohnergleichwerten möglich bzw. dort, wo ein größerer Sammler mit vergleichbaren Abwassermengen vorhanden ist. Die Wirtschaftlichkeit hängt von mehreren Faktoren ab, deshalb sollte eine kurze Vorstudie durchgeführt werden. Der wichtigste Wirtschaftlichkeitsfaktor ist eine hohe Auslastung des Systems – es wird daher ein bivalenter Betrieb (Heiz- und Kühlbetrieb) empfohlen.

- **Wie weit darf das betreffende Gebäude von Kanal/Kläranlage/Pumpenschacht entfernt sein, damit eine Abwasserwärmenutzungsanlage realisiert werden kann?**

  Der Abstand zwischen Abnehmer und dem Punkt der Wärmeentnahme im Abwasserkanal sollte wie folgt sein:

  - kleiner als 100 m in städtischen (verbauten) Gebieten
  - kleiner als 500 m in unbebauter Umgebung
  - kleiner als 1000 m bei der Nutzung von gereinigten Abwässern in unbebauten Gebieten

- **Ist es möglich, mit Abwasser zu kühlen?**

  Das Abwassersystem ist eine hervorragende Wärmesenke für die Kühlung von Gebäuden, solange eine Abwassertemperatur von 35°C nicht überschritten wird. Das Abwassersystem kann daher besonders effizient im Sommer für die Kühlung und im Winter für die Beheizung in Kombination mit Wärmepumpen verwendet werden – das System wird dadurch noch wirtschaftlicher!

- **Wird durch den Einbau eines Wärmetauschers in den Kanal der Durchfluss verringert bzw. steigt die Gefahr von Verklausungen – wie groß ist die Reduzierung des Querschnitts?**

  Die Querschnittsverengung liegt normalerweise im Bereich von unter 10 %, aber die hydraulischen Rahmenbedingungen verbessern sich durch die Oberfläche des Wärmetauschers deutlich. Wenn der Abwasserkanal bereits mit großen Wassermengen belastet ist, sollte eine genaue Untersuchung der Hydraulik erfolgen.

- **Beeinflusst der Entzug der Abwasserwärme die biologische Abbautätigkeit in der Kläranlage negativ?**

  Die biologische Aktivität innerhalb der Kläranlage wird nicht gestört, solange die Abwassertemperatur bei der Kläranlage 8°C nicht unterschreitet. Die bisherigen Erfahrungen von gebauten Anlagen zeigen, dass bei Abwassersystemen mit mehr als 3000 Einwohneräquivalenten keine Probleme entstehen – auch deshalb, weil das Abwasser in ständigem Energieaustausch mit der Kanalwand und mit dem umgebenden Erdreich steht.

- **Welche Mindestmenge an Abwässern benötige ich und wie groß soll der Rohrdurchmesser sein? Wie groß darf das Gefälle des Kanals sein?**

  Die durchschnittliche Abwassermenge sollte mehr als 15 l/s (54 m³/h) betragen. Die tatsächlich notwendige Mindestmenge hängt von der benötigten Heiz- und Kühlleistung ab.

  Der Rohrdurchmesser des Abwasserkanals sollte einen Innendurchmesser von mindestens 80 cm haben und ein Gefälle zwischen 1 und 10 ‰. Bei einer Abwasserwärmenutzung in einer Pumpstation sollte ein Zulauf von mindestens 60 cm Durchmesser mit entsprechender Wassermenge und entsprechender Platz am Boden und an den Wänden vorhanden sein.

- **Für welche Heiz- und/oder Kühlsysteme ist der Einsatz von Abwasserwärme geeignet?**

  Für das Heizen mit Abwasserwärme werden Niedrigtemperatur-Systeme empfohlen (Heizsystemtemperatur unter 45°C wie z.B. Fußbodenheizung) - dies erhöht die Wirtschaftlichkeit. Bei der Kühlung eignen sich alle Flächenkühlsysteme und Luftkühlsysteme – es sind keine speziellen Anforderungen erforderlich.

- **Wie hoch ist der Personal- und Wartungsaufwand für den Wärmetauscher im Kanal? Wie hoch werden die Betriebskosten der Anlage ungefähr liegen?**

  Das Wartungsintervall des Wärmetauschers ist identisch mit dem des Abwasserkanals – abgesehen von der regelmäßigen Spülung sind keine laufenden Arbeiten notwendig. Die Betriebskosten (Wartung und Instandhaltung) für die Anlagen bewegen sich im Bereich von 5 bis 9 € pro kW und Jahr (gültig für Anlagen ab ca. 100 kW Leistung).

- **Mit welchen Investitionskosten muss ich rechnen?**

  Die Kosten für den Kanalwärmetauscher sollten in nächster Zeit auf rund € 500 pro kW fallen. Derzeit sind die Kosten jedoch auf Grund der geringeren Stückzahlen noch etwas höher, es sind aber verschiedene Anbieter auf dem Markt im Wettbewerb. Die Preise für Wärmepumpen sind identisch mit den handelsüblichen Wärmepumpensystemen. Die Gesamtkosten für Anlagengrößen zwischen 200 und 400 kW Spitzenleistung bewegen sich im Bereich von € 1200 bis 2000 pro kW, können jedoch bei der Nutzung von gereinigtem Abwasser bis auf die Hälfte sinken.

- **Wie hoch ist die Lebensdauer der Komponenten, insbesondere des Wärmetauschers?**

  Achten Sie auf eine hohe Qualität der Anbieter. Die Wärmetauscher sollten dabei eine Lebensdauer von mehr als 30 Jahren haben. Einige Wärmetauscher-Produkte bieten auch die Möglichkeit, den Wärmetauscher im Zuge der Lebensdauer zu ersetzen (Defekt) und zu erweitern (höherer Leistungsbedarf). Die Lebensdauer der Wärmepumpen liegt gewöhnlich bei 15 bis 20 Jahren.

- **Wie sicher ist die Versorgung mit Abwasserwärme, insbesondere wenn betriebliche Abwasserlieferanten ausfallen?**

  Aus wirtschaftlichen Gründen macht es Sinn, die Abwasserwärmenutzung auf 50 - 70% der erforderlichen Spitzenleistung auszulegen und die restliche Leistung mit einem Spitzenlastsystem abzudecken. Dieses System kann auch als Sicherheitssystem bei Störungen verwendet werden. Die Versorgungssicherheit ist daher höher als bei gewöhnlichen Heizungsanlagen. Es wird für die Abwasserwärmenutzung empfohlen, Abwasserkanäle mit gemischten Abwässern (aus Industrie/Gewerbe und Haushalt) zu verwenden, da der Abwasserstrom konstanter ausfällt und daher besser nutzbar ist.

- **Wie zuverlässig ist die Technik?**

  Wärmepumpen und Abwasserwärmetauscher sind – unter Einhaltung empfohlener Planungsparameter und Materialien - sehr zuverlässige Technologien. Beispiele in Skandinavien und der Schweiz können bereits 30 Jahre Betriebserfahrung vorweisen.

- **Wer trägt das Risiko für die Bereitstellung der Abwasserwärme/-kälte?**

  Generell ist das Risiko eher gering. Das geringe Betriebsrisiko des Wärmepumpensystems trägt üblicherweise wie auch bei anderen Versorgungssystemen der Endkunde, es ist jedoch möglich, dieses Risiko per Vertrag an Dritte (Energiedienstleister) mit Betriebsgarantien und fixen Preisen auszulagern. Siehe hierzu auch das Kapitel Energiedienstleistungen & Abwasserenergie.

- **An wen muss ich mich wenden, wenn ich Abwasserwärme einsetzen möchte?**

  Eine enge Kooperation zwischen Abwasseranlagen-Betreiber, dem lokalen Energieversorger und einem erfahrenen und unabhängigen Berater wird empfohlen. Für Auskünfte können Sie sich gerne an die Verfasser der Broschüre wenden.

WasteWaterHeat

AbwasserWärmeNutzung

Weitere Informationen und Kontakt

Projekthomepage „Waste Water Heat“:
www.wastewaterheat.net

Grazer ENERGIEAgentur

Grazer Energieagentur GmbH
Kaiserfeldgasse 13/I
A-8010 Graz
Tel.: +43 (0)316-811848-0
Fax: +43 (0)316-811848-9
office@grazer-ea.at
www.grazer-ea.at

Berliner Energieagentur GmbH
Französische Straße 23
D-10117 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 29 33 30-34
Fax: +49 (0) 30 29 33 30-99
office@berliner-e-agentur.de
www.berliner-e-agentur.de

Intelligent Energy Europe