

Energie aus Abwasser mit Rohren aus duktilem Gusseisen

1 Einleitung 1.1 Allgemeines

In der Wasserwirtschaft bzw. der Abwasserwirtschaft werden derzeit die Themen

- Starkregenereignisse
- Regenwasserbewirtschaftung
- energieeffizienter Betrieb von Pumpwerken
- bedarfsorientierte Kanalreinigung
- energieeffizienter Betrieb von Kläranlagen und Energiequelle Abwasser diskutiert

In der Studie „Energiepotenziale der deutschen Wasserwirtschaft“ heißt es: „In Abwasserkanälen steckt eine große Wärmemenge, die mittels moderner Wärmepumpentechnologie zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden kann. Aufgrund steigender Energiepreise einerseits und dem technologischen Fortschritt im Bereich der Wärmepumpen und Wärmetauscher andererseits wird die Abwasserwärmenutzung wirtschaftlich zunehmend interessanter. Bei richtiger Planung und Durchführung können diese Anlagen schon heute betriebswirtschaftlich arbeiten.“

Aus Gründen des Klimaschutzes, der Ressourcenschonung und nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen (rasant steigende Energiepreise) wird die Wärme(rück)gewinnung aus Abwasser - aber auch aus Trinkwasser - immer interessanter.

Zahlreiche Anlagen zur Energiegewinnung entstehen zurzeit in Deutschland. In begehbaren

Kanälen erfolgt die Wärmegewinnung mittels Wärmeübertragern auf der Kanalsohle, sogenannte Rinnen-Wärmeübertrager.

Das – sehr große – Potenzial in kleineren Abwasserkanälen (Freispiegel) unterhalb DN 1000 sowie in Druckleitungen für Wasser und Abwasser kann bisher nicht wirtschaftlich genutzt werden. Energie aus Freispiegelleitungen sowie Druckleitungen für Wasser und Abwasser könnte durch einen Doppelrohrwärmetauscher mit Rohren aus duktilem Gusseisen gewonnen werden. Im Ringspalt fließt Wasser als Wärmeträger. Ähnliche Wärmetauscher existieren bereits: In Berlin (Ost) war fast zwei Jahrzehnte eine solche Anlage zur Wärmerückgewinnung aus einer Abwasserdruckleitung in Betrieb mit einer Einzelanfertigung des Wärmeübertragers. Darüber hinaus existieren fast auf jeder Kläranlage einzelgefertigte Rohr-in-Rohr-Wärmeübertrager zur Erwärmung des Faulschlammes.

2 Das DWA-Merkblatt M 114

2.1 Allgemeines

Die im Abwasser vorhandene Wärmemenge ist groß. Geschätzt wird, dass 10% von allen Gebäuden in Deutschland beheizt werden könnten. Dies war für die DWA Motivation genug, ein Merkblatt „Energie aus Abwasser – Wärme- und Lageenergie“ zu erarbeiten. Den Schwerpunkt bildet die Wärmegewinnung aus Abwasserleitungen und -kanälen.

2.2 Einsatzgebiete

Die Abwasserwärmenutzung wird zum Beispiel eingesetzt für:

- die Heizung von Gebäuden,
- die Wassererwärmung,
- die Heizung von Schwimmbädern und
- die Trocknung des Klärschlammes.

Werden die Wärmepumpen „umgekehrt“ betrieben, können sie auch zur Kühlung eingesetzt werden.

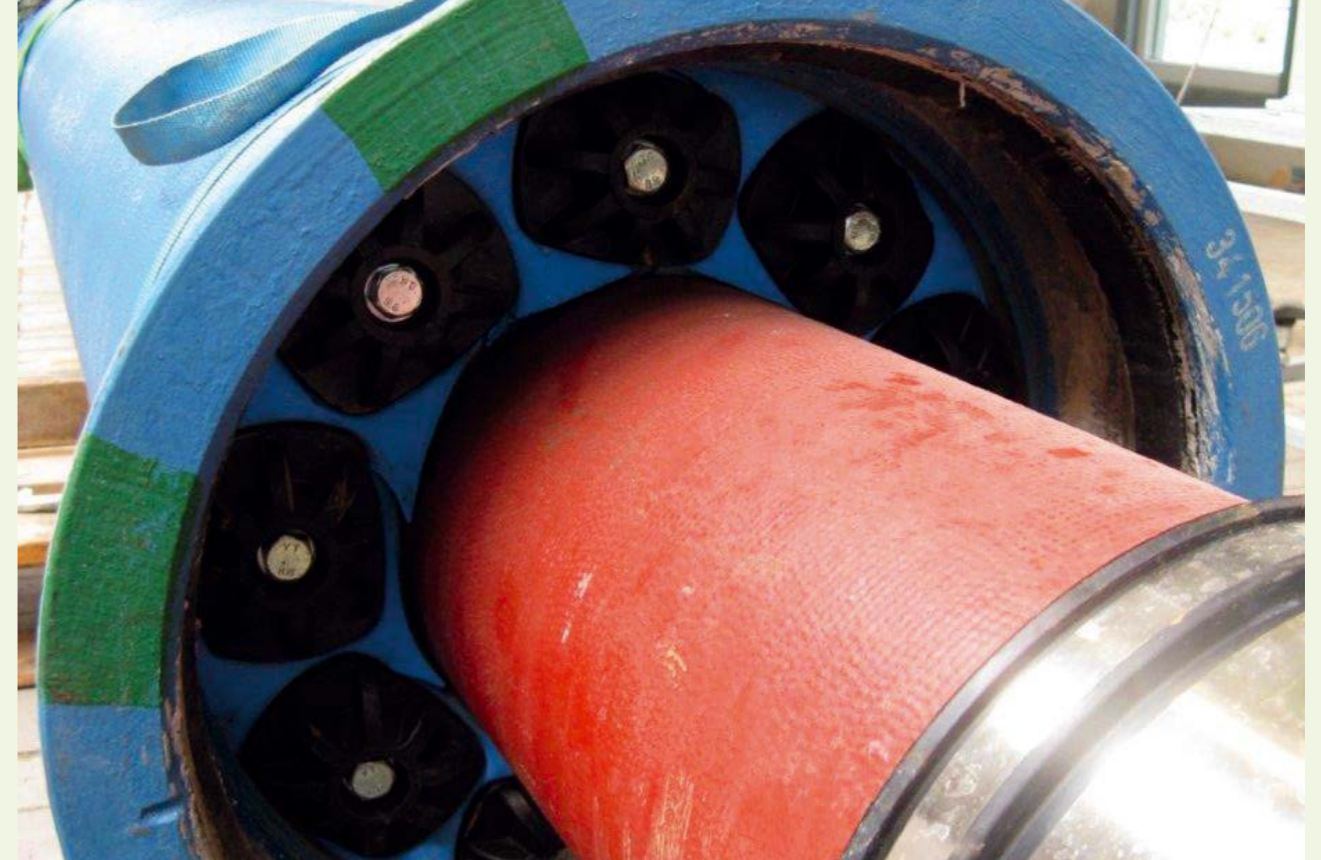


Bild 1: Ringraumabdichtung am Wärmetauscher

2.3 Standorte

Für die Wärme- und Kältengewinnung aus Abwasser kommen verschiedene Standorte in Frage:

Im Gebäude

- findet man relativ hohe Abwassertemperaturen und sehr kurze Wärmetransportwege.
- Der Betreiber der Wärmenutzungsanlage ist gleichzeitig der Wärmeverbraucher.
- Der Betrieb ist unabhängig vom Betreiber des öffentlichen Kanals.
- Niederschlagswasser spielt keine Rolle.
- Der Abfluss ist gering und unterliegt tageszeitlich großen Schwankungen.
- Im Abwasser befinden sich störende Inhaltsstoffe.
- Es handelt sich um dezentrale Anlagen mit hohem Betriebsaufwand.

Im Entwässerungssystem

- sind die Abwassermengen größer und deren Inhaltsstoffe teilweise homogenisiert.
- Die Wärmetransportwege sind in der Regel länger.
- Der Betrieb ist abhängig vom Betreiber des öffentlichen Kanals.
- Einbauten im Kanal müssen überwacht werden.

Auf bzw. nach der Kläranlage

- haben Wärmenutzungsanlagen keinen Einfluss auf die Abwasserreinigung.
- Hier ist die größte Abwassermenge und damit das größte Wärmeangebot.
- Das Abwasser ist deutlich weniger verunreinigt als im Entwässerungssystem.
- Zusätzliche Betriebsstellen sind nicht erforderlich.
- Die Wärmetransportwege sind oft lang, da keine geeigneten Abnehmer in der Nähe sind.



Bild 2: Messcontainer mit Wärmepumpe (iro, Oldenburg)

Rohrmaterial:

Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 bzw. nach DIN EN 545

Rohr in Rohrsystem:

DN 200 in DN 400, DN 300 in DN 500, DN 400 in DN 600, usw.

Ringspalt:

Symmetrisch oder auf Sohle aufliegend (nur bei Vollfüllung, sonst Auftrieb)

Abdichtung Ringspalt:

Im Test mit nachspannbarer Dichtung. In Serie mit Sonderformstücken

Betriebsdruck im Ringspalt:

ca. 2 bar

2.4 Anordnung der Wärmegewinnungsanlagen in Kanälen

Die Wärmegewinnungsanlagen können im Haupt- oder im Nebenstrom (Bypass) angeordnet sein. Das Merkblatt M 114 beschreibt die Vorteile der jeweiligen Anordnungen wie folgt:

Im Hauptstrom:

- kein zusätzlicher Platzbedarf
- kein Ausleitbauwerk (mit Grobstoffentfernung) notwendig
- keine Förderpumpe notwendig
- keine Entsorgung von Rückständen.
- Im Nebenstrom (Bypass): unabhängig vom Kanalbetrieb
- begehbare Kompaktanlage und trockene Aufstellung möglich (guter Zugang für Wartung und Instandsetzung möglich)
- einfach rückbaufähig
- Wärmetauscher nicht von Geometrie des Kanals abhängig.

2.5 Wärmetauscher im Entwässerungssystem

Heute werden je nach Kanalform und Größe unterschiedliche Wärmetauscherelemente eingebaut. Die Wärmetauscherfläche kann durch den Einbau und das Verbinden mehrerer Elemente auf der Sohle von Kanälen variiert und damit die notwendige Wärmeentzugsleistung erreicht werden.

Dieser „Stand der Technik“ führte bei Saint-Gobain PAM Deutschland, Saarbrücken, zu einer Entwicklung, bei der der Wärmetauscher außen auf dem „Mediumrohr“ angeordnet ist – ein Doppelrohrwärmetauscher (Rohr-in-Rohr-Wärmetauscher). Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass von innen der Wärmetauscherbereich nicht erkennbar ist. Der Kanalbetrieb wird also in keinsten Weise beeinflusst. Ziel war es, einen Doppelrohrwärmetauscher aus Rohren aus duktilem Gusseisen zu entwickeln – mit folgenden Vorgaben:

Mit Labor- / Insitu -Versuchen sollten geklärt werden:

- Die Wärmeübertragungsparameter ($Watt/m^2$).
- Das Wärmeabgabe- und Wärmeaufnahmeverhalten unterschiedlich ausgekleideter Gussrohre.
- Der Einfluss der Strömung im Ringspalt (turbulent / laminar).
- Der Einfluss „Biofilm/Sielhaut“.

3 Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden in der iro - Forschungshalle in der Lesumstraße in Oldenburg durchgeführt. Der 6 m lange Prototyp des Wärmetauschers besteht aus einem inneren Medium-Gussrohr DN 200 sowie einem äußeren Mantel-Gussrohr DN 400 (Bild 3).

Das Mediumrohr wird mittels Zentrierungseinrichtung in das Mantelrohr lagestabil eingebracht. Die Ringraumabdichtung des Doppelrohres erfolgt jeweils an den Enden mit Dichtungen vom Typ Link-Seal® (Bild 1).

Der Anschluss an den Vor- und Rücklauf des Primärkreises der Wärmepumpe bzw. an die mobile Messeinheit des iro wird jeweils über werkseitig konfektionierte und modifizierte Anbohrstücke hergestellt. Der Abstand der beiden „Einspeisepunkte“ (Zu- und Ablauf des Wärmetauscher-Mediums) zueinander bestimmt die effektive Wärmetauscherlänge, da nur dieser Bereich vom WT-Medium durchströmt und für den Wärmetauscherprozess ausschließlich zur Verfügung stehen wird.

4 Ergebnisse

Die Wärmeleistung des Wärmetauschers ist proportional zum Volumenstrom QWT und zur Differenz der Vor- und Rücklauftemperatur $TWT_{out} - TWT_{in}$ des Wärmetauschermediums (hier Wasser) und kann aus diesen Größen berechnet werden:



Bild 3: Wärmetauscherprototyp in der Versuchshalle iro GmbH Oldenburg

$WWT = c_w \cdot P_w \cdot Q_{WT} \cdot (T_{WTout} - T_{WTin})$ mit:

WWT	Leistung des Wärmetauschers [W]
c_w	spezifische Wärmekapazität Wasser, $c_w = 4200 [Ws/kg/K]$
P_w	Dichte von Wasser, $P_w = 1000 [kg/m^3]$
QWT	Volumenstrom Wärmetauscherkreis [m^3/s]
$T_{WTout} - T_{WTin}$	Temperaturdifferenz Wärmetauscher $\Delta TWT [K]$

Zusammenfassend stellt das iro fest: „Während der Versuchsdurchführung wurde im Primärkreis der Wärmepumpe ein deutlicher Wärmetauscherprozess festgestellt und somit die Wärmetauscherfunktion des Prototyps grundsätzlich nachgewiesen.“

„Die wärmetauscherspezifische Entzugsleistung von 3,5 KW bis 4 KW kann unter Berücksichtigung der hier simulierten Versuchsbedingungen als belastbar angenommen werden und somit als Grundlage für die Weiterentwicklung des Wärmetauschers dienen.“ Umgerechnet (konservativ) bedeutet dies 1,25 kW/m² benetzter Fläche.

5 Literatur

Merkblatt DWA-M 114 „Energie aus Abwasser – Wärme- und Lageenergie“. Bericht der iro GmbH Oldenburg: „Ermittlung der Wärmeleistung eines Doppelrohrwärmetauschers“.