

Realisierung einer Abwasserwärmenutzungsanlage zur innovativen zentralen Wärmeversorgung einer bestehenden Wohnbebauung durch Energienutzung aus Abwasser^{*)}

Jan Brinkmann und Christoph Sappa (Aachen)

Zusammenfassung

Die Hauptader des städtischen Abwasserkanals in Aachen verfügt ganzjährig über ein Temperaturniveau von mindestens 12 °C, weshalb die Nutzung dieser Energie mittels leistungsstarker Wärmepumpen ein durchaus effizientes Versorgungssystem darstellt. Ein großflächiger Wärmetauscher im Kanal versorgt zwei zentrale Abwasserwärmepumpen, die in ein Nahwärmenetz speisen, das fünf angrenzende Liegenschaften versorgt. Zusätzlich wird das System von vier dezentralen Abluftwärmepumpen in den Unterzentralen der Wohnbebauung unterstützt, die wiederum die häusliche Abluft aus den sanierten Bädern als Wärmequelle verwenden. Ganzheitlich betrachtet, liegt hier ein funktionierendes und innovatives System vor.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Entwässerungssysteme, Energie, Kanalisation, Abwasserwärme, Wärmepumpe, Abluft

DOI: 10.3242/kae2017.11.004

Abstract

Implementation of a Wastewater Heat Recovery System for the Innovative Central Heat Supply of an Existing Residential Development through the Utilisation of Energy from Wastewater

The main artery of the city sewer system in Aachen, throughout the year, has available a temperature level of at least 12 °C, which is why the utilisation of this energy by means of high-performance heat pumps represents a thoroughly efficient supply system. A large heat exchanger in the sewer supplies two central wastewater heat pumps, which feed into a district heating network, which supplies five neighbouring properties. In addition, the system is supported by four decentralized exhaust air heat pumps in the sub-master stations of the residential area, which in turn employs the domestic exhaust air from the rehabilitated baths as heat source. Considered as a whole, here there exists a functioning and innovative system.

Key words: wastewater treatment, municipal, drainage systems, energy, sewer system, wastewater heat, heat pump, exhaust air

1 Einleitung

In Aachen wurde eine Abwasserwärmenutzungsanlage zur zentralen Wärmeversorgung einer bestehenden Wohnbebauung durch Energienutzung aus Abwasser realisiert. Das Gemeinschaftsprojekt Abwasserwärmenutzungsanlage (AWNA) Wiesental wurde in Zusammenarbeit der Wohnungsgesellschaft gewoge AG und der STAWAG Energie GmbH durchgeführt. Die gewoge AG ist eine städtische Tochtergesellschaft,

die als größte Aachener Wohnungsgesellschaft rund 10 000 Wohnungen besitzt und verwaltet, von denen etwa 400 im Rahmen des EU-GUGLE-Programms [1] energetisch saniert werden. Im Zuge dieses Projekts wurde für fünf Liegenschaften ein Versorgungskonzept entwickelt, das zwei zentral installierte Abwasserwärmepumpen sowie vier dezentral installierte Abluftwärmepumpen vorsieht. Während dieser energetischen Sanierung wurden die Bäder deshalb mit Abluft-Abauganlagen ausgestattet, um die Wärmepumpen der Unterzentralen mit der warmen Abluft der Badezimmer als Wärmequelle zu versorgen. Bei den Gebäuden handelt es sich um vier Wohnblöcke mit 163 Mietwohnungen (Block I – IV)

^{*)} Förderprojekt „Abwasserwärmenutzungsanlage Wiesental“ im BMUB-Umweltinnovationsprogramm



Abb. 1: Abwasserwärmepumpen (l.) und Abwasserwärmetauscher im Kanal (r.)

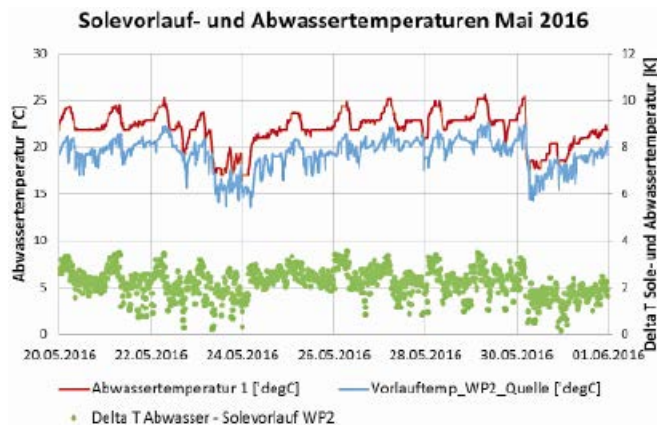


Abb. 2: Temperaturverlauf des Abwassers sowie der Sole

sowie ein Gebäude für betreutes Wohnen (Block V). Abbildung 1 zeigt die Abwasserwärmepumpen sowie den Wärmetauscher im Abwasserkanal.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

2.1 Ausgangssituation

Hintergrund dieses Projekts ist die Substitution vorhandener Gasetagenheizungen im Zuge der energetischen Sanierung einer Wohnbebauung. Zum Schutz der Mieter wurde eingangs festgelegt, dass die Umsetzung der Maßnahme keine Erhöhung der Nebenkosten des Einzelnen nach sich ziehen darf, weshalb die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Projekts unabdingbar ist. Aufgrund der hohen Abwassertemperaturen des Aachener Stadtgebiets fiel die Entscheidung auf eine Abwasserwärmenutzungsanlage als ökologische Alternative. Der Einsatz der Technologie der Wärmepumpe, mit der die bestehende Energie einer Wärmequelle über einen Wärmetauscher (hier im Abwasserkanal) entzogen und auf eine nutzfähige Heizwassertemperatur angehoben wird, war die logische Schlussfolgerung. Neben der Primärenergieeinsparung werden durch die Wärmenutzung des Abwassers auch die Kohlenstoffdioxidemissionen (CO₂) gesenkt.


Abbildung 2 zeigt die Abwassertemperatur im Kanal vor dem Wärmeübertrager (rote Kurve) und die Sole-Vorlauftemperatur der Abwasserwärmepumpe (AWWP) II (blaue Kurve) sowie deren Temperaturunterschied (grün) beispielhaft über zehn Tage im Mai 2016. Die Solevorlauftemperatur liegt während des einstufigen Betriebs der AWWP kontinuierlich mindestens ein, maximal vier Kelvin unterhalb der Abwassertemperatur. Dies trifft innerhalb der gesamten Schwankungsbreite der Abwassertemperatur zu, wie in der Abbildung zu erkennen ist. Der Jahresmittelwert beträgt dabei 2,4 Kelvin.

2.2 Zielsetzung

Im Zuge des EU-GUGLE-Programms wird die Umsetzbarkeit von Niedrigstenergie-Sanierungsmodellen im Gebäudebestand demonstriert. Dies bedeutet eine Senkung des Primärenergieeinsatzes sowie der CO₂-Emissionen. Hierzu ist bei Bestandsgebäuden die energetische Sanierung der Gebäudehülle zur Absenkung des Wärmebedarfs und der Heizleistung zwingend erforderlich. Mittels eines Variantenvergleichs wurde zur Reduzierung der Emissionen der Einsatz zweier zentraler Abwasserwärmepumpen berechnet, die zusätzlich durch dezentrale Anlagen unterstützt werden. Somit ist bereits in den ersten Zügen der Planung die Installation von Abluftschächten berücksichtigt worden, um Abluftwärmepumpen in den Unterebenen der Wohnblöcke betreiben zu können. Das aufgestellte Konzept wurde ausgearbeitet und dient als Basis einer effizienten Wärmeerzeugung.


2.3 Vorgehen und Lösungsansatz

Elementar sind die Wärmequelle und die vorherrschenden Temperaturen, weshalb eingangs die Kanaltemperaturen über einen längeren Zeitraum ermittelt wurden. Die dabei festgestellten hohen Wassertemperaturen begründen sich in natürlichen Thermalquellen, die zusätzlich zu den üblichen Schmutzwassereinleitern in Aachen in das Entwässerungsnetz einleiten. Diese garantieren eine ganzjährige Temperatur von 12 bis



MECANA

A Metawater Company

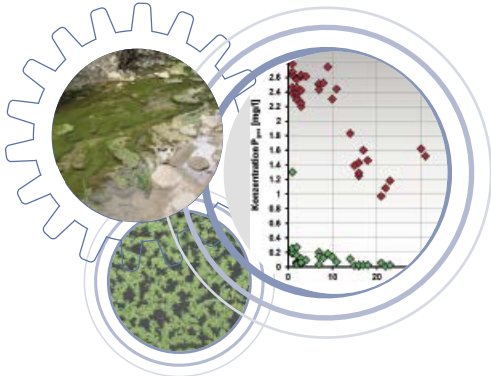


Phosphorelimination mit Tuchfiltern

Im Zuge der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind für bestimmte Vorfluter sehr niedrige P-Ablaufwerte gefordert.

Flockungsfiltration mit Mecana Tuchfiltern ist ein zuverlässiger und effizienter Prozess zur weitestgehenden Phosphor-Elimination.

Ablaufwerte bis unter 0.1 mg/l P_{ges} sind möglich.



Mecana Polstoffiltration
effizient, wirtschaftlich und robust!

Mecana Umwelttechnik GmbH
CH-8864 Reichenburg | T +41 55 464 12 00

www.optifibermedia.com
www.mecana.ch | info@mecana.ch

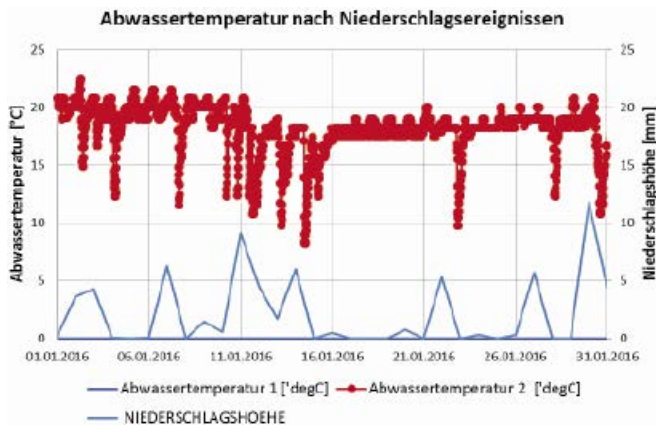


Abb. 3: Abwassertemperatur nach Niederschlagsereignissen

20 °C, wodurch eine sehr gute Wärmequelle für die Sole der Abwasserwärmepumpe vorliegt, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist.

Die für den Betrieb der Abwasserwärmepumpen erforderliche thermische Energie wird somit aus dem Hauptsammler des Abwasserkanals der Stadt Aachen in räumlicher Nähe zu der Liegenschaft Wiesental gewonnen. Das hohe Leistungspotenzial von über 6000 kW bei 5 Kelvin Spreizung und einem Abfluss des Nachtminimums von 300 Litern pro Sekunde zeigt, dass die Energiequelle beim Anschluss einer Wärmepumpenanlage noch lange nicht erschöpft ist.

Abbildung 4 zeigt schematisch die Verschaltung der Module im Kanalquerschnitt. Es wurden jeweils 25 Module zu einem Block zusammengefasst. Die vier Blöcke sind nach Tichelmann verrohrt [2], sodass das Wärmetauscher-System hydraulisch abgeglichen ist.

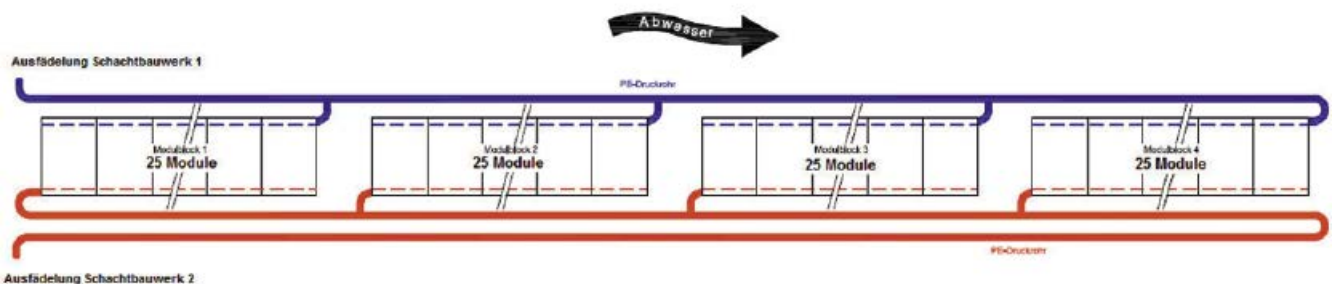


Abb. 4: Schematische Darstellung der Abwasserwärmetauscher (Tichelmann) [2]

Die Dimensionierung der Anlage basiert auf einer vollständigen Versorgung der angeschlossenen Wohnblöcke mit einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,6. Bis auf wenige Ausnahmen ist dieser Wert seit der Inbetriebnahme kontinuierlich in Sommer- sowie Wintermonaten erreicht worden, bei einer minimalen JAZ von 3,3. Neben des ganzjährig hohen Abwassertemperaturniveaus ist die Wahl des Solemediums und die Größe des Wärmetauschers im Kanal der ausschlaggebende Grundstein dieser technischen Lösung.

Der Coefficient of Performance (COP), der die Effizienz der Anlage beschreibt, wird wie folgt berechnet:

$$COP = \frac{\text{erzeugte Wärme [kWh]}}{\text{eingesetzter elektrischer Strom [kWh]}}$$

In der elektrischen Arbeit der Wärmepumpen sind die Quellenpumpen und somit auch die Hilfsenergie mit berücksichtigt. Die JAZ des Gesamtsystems sind in Abbildung 5 zusammen mit der eingesetzten elektrischen Arbeit sowie der ausgekoppelten Wärmearbeit dargestellt.

In Spitzenlastzeiten wird das System durch zwei vorhandene Niedertemperaturgaskessel unterstützt. Diese zwei Gaskessel waren bereits im Bestand des Gebäudes vorhanden und werden nur dann betrieben, wenn die AWNA die Solltemperatur von 55 °C nicht erreicht. In diesem Fall erfolgt die Umschaltung automatisch, sodass keine Wärme der Gaskessel an die Wohnblöcke 1–4 geliefert wird, wenn die AWNA in Betrieb ist.

Zur technischen Einordnung werden in Tabelle 1 die Kenndaten der jeweiligen Wärmepumpen aufgeführt. Hierbei ist sowohl zwischen den Typen der Wärmepumpen, der Wärmequellen sowie der Anlagenleistung differenziert. Die Hauptzentrale

	Hauptzentrale: DS 5235.5T	Block 1: DS5010.5AI	Block 2–4: DS5017.5AI
Spannung: Kompressor	400 V, 3 ~, 50 Hz	400 V, 3 ~, 50 Hz	400 V, 3 ~, 50 Hz
Anzahl der Wärmepumpen	2 Stück	1 Stück	3 Stück
Maximaler Betriebsstrom: Kompressor	2 × 65,4 A	6,0 A	10,3 A
Anzugstrom: Kompressor	375,4 A	38 A	51,5 A
Spannung: Steuerung	230 V, 1 ~, 50 Hz	230 V, 1 ~, 50 Hz	230 V, 1 ~, 50 Hz
Heizleistung	181,5–238,1 kW	7,3–9,8 kW	13,3–17,9 kW
COP	4,6–5,7	4,9–6,8	5,0–7,0
Kältemittel/Füllmenge	R410A/27 kg	R410A/2,40 kg	R410A/2,70
Masse	1100 kg	155 kg	172 kg
Abmessungen B × H × T [mm]	1104 × 1366 × 1044	750 × 1470 × 611	750 × 1470 × 611

Tabelle 1: Eigenschaften der eingesetzten Wärmepumpen

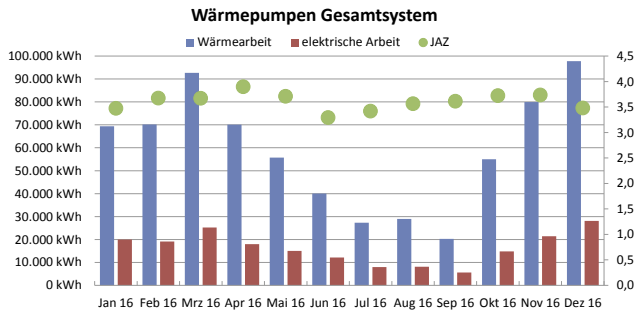


Abb. 5: Monitoring des Wärmepumpengesamtsystems

beinhaltet zwei Abwasserwärmepumpen, Block 1 hat eine kleinere Abluftwärmepumpe, und die Blöcke 2–4 sind mit leistungsstärkeren Wärmepumpen ausgestattet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Wohnblock 1 weniger Wohneinheiten beinhaltet als die anderen drei Liegenschaften.

Die Trinkwarmwasserbereitung ist ein weiterer wichtiger zu berücksichtigender Faktor. Bei einer zentralen Trinkwarmwasserversorgung gelten die technischen Regelungen im Sinne der Trinkwasserverordnung [3], nach der eine Wärmepumpenanlage nicht in der Lage ist, die entsprechenden Heizungswassertemperaturen von 70 °C auszukoppeln. Aufgrund der dezentralen Trinkwarmwasserbereitung innerhalb der Wohnungen

kann zu den vorgeschriebenen hohen Temperaturen aus Gründen des Hygieneschutzes in Trinkwasseranlagen abgewichen werden, da es sich hier um Kleinanlagen im Sinne der Trinkwasserverordnung handelt.

2.4 Beurteilung des Vorhabens mitsamt Umweltbelastungen

Durch die beschriebene Maßnahme sind die dezentralen mit Erdgas befeuerten Etagenheizungen durch eine zentrale Wärmeversorgung, bestehend aus Wärmepumpen, ersetzt worden. Somit wird der Energieträger Erdgas durch elektrische Energie substituiert. Die damit verbundenen spezifischen CO₂-Emissionen von 565 Gramm CO₂-Äquivalenten (deutscher Strommix 2015 der Lebenszyklusbetrachtung von GEMIS 4.95) bedeuten eine Reduktion der Gesamtemissionen. Für die Berechnung zugrunde gelegt sind die gemittelten Werte des jährlichen Gasverbrauchs von 1290 MWh sowie des Allgemeinstroms von 10900 kWh/a. Dabei handelt es sich um Mittelwerte des Verbrauchs der Jahre 2011 bis 2013. Diese Verbräuche sind mit den spezifischen CO₂-Emissionswerten von 565 g/kWh_{Strom} sowie 250 g/kWh_{Gas} (GEMIS 4.95) [4] multipliziert worden. Daraus ermittelt sich eine durchschnittliche Emission beim Einsatz der GEH von 322 t_{CO2} pro Jahr. Unter Berücksichtigung der spezifischen CO₂-Emissionen des deutschen Strommixes treten für den heutigen und künftigen Verbrauch lediglich 40 % der

LET'S MEET IN PARIS

12 > 14 DEC 2017

REGISTER NOW

JOIN THE WECONNECT
COMMUNITY

SPECIAL OFFER

KA KORRESPONDENZ
ABWASSER, ABFALL

15% DISCOUNT

ON FULL ACCESS PASSES
WITH THE CODE

C1550KAWAS

WORLD EFFICIENCY
SOLUTIONS

	2011	2012	2013	heute
Gasverbrauch	1141 MWh/a	1331 MWh/a	1394 MWh/a	0 MWh/a
Stromverbrauch	10 700 kWh/a	10 800 kWh/a	11 200 kWh/a	211 888 kWh/a
CO₂-Emissionen	285 250 kg _{CO2}	332 750 kg _{CO2}	348 500 kg _{CO2}	119 717 kg _{CO2}

Tabelle 2: Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

CO₂-äquivalenten Emissionen im Vergleich zum Einsatz der dezentralen Gasthermen auf. Die Anlage wird jedoch mit klimaneutralem Ökostrom betrieben, wodurch die Emissionen deutlich stärker reduziert werden. Die Umweltbelastung basiert also nahezu nur noch auf den bauseitigen netzspezifischen Emissionen.

Tabelle 2 ist eine Übersicht, die sowohl den Strom- als auch den Gasverbrauch enthält. Die Emissionswerte laut GEMIS 4.95 betragen wie erwähnt:

Gas: 250 g_{CO2}/kWh
Strom: 565 g_{CO2}/kWh

Bei der Betrachtung der eingesetzten Energiemedien ist eine Reduktion der CO₂-äquivalenten Treibhausgase um nahezu 200 Tonnen pro Jahr festzustellen (Tabelle 2). Nicht berücksichtigt hierbei sind die Umbauarbeiten sowie die dabei verwendeten Materialien.

3 Fazit

Der Einsatz von Wärmepumpen hat sich in den vergangenen Jahren als eine bewährte Technologie etabliert, die verstärkt in Neubauten eingesetzt wird. Diese Entwicklung zeigt, dass die grundsätzliche Übertragbarkeit weiterer Abwasserwärmepumpen möglich ist. Die Voraussetzung ist selbstredend das ganzjährige Temperaturniveau sowie die Ergiebigkeit des Abwassers des städtischen Abwasserkanals, beides liegt in Aachen vor. Die Fließgeschwindigkeit des Abwassers im Kanal sollte durch Messung über einen längeren Zeitraum inklusive Nacht- und Wochenendstunden unbedingt geprüft werden (Sommer- sowie Wintermonate). Sollten die Temperaturen jedoch eine gleichwertige Ausgangslage bieten, ist bereits heute der Einsatz einer Abwassernutzungsanlage empfehlenswert, um CO₂-Emissionen zu reduzieren und ein wartungsarmes, funktionierendes Heizsystem aufzubauen.

Durch dieses Projekt ist ein funktionierendes System mit einer Abwasserwärmenutzungsanlage in eine bestehende Wohnliegenschaft erfolgreich integriert worden. Die Wohnungen

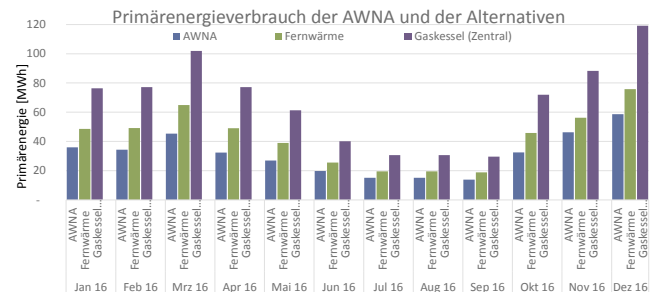


Abb. 6: Primärenergieverbrauch der AWNA im Vergleich zu den Alternativen (FH Aachen)

können effizient und ressourcenschonend versorgt werden ohne Einbußen im Wohnkomfort zu verzeichnen. Abbildung 6 zeigt die im Voraus ermittelten Varianten.

Literatur

- [1] EU GUGLE, Brüssel, <http://eu-gugle.eu/de>, abgerufen am 9. März 2017
- [2] Tichelmann-System, San Francisco, <https://de.wikipedia.org/wiki/Tichelmann-System>, abgerufen am 9. März 2017
- [3] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001), in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I, S. 459), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I, S. 2615) geändert worden ist
- [4] Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA), Karlsruhe, www.kea-bw.de/service/emissionsfaktoren, abgerufen am 9. März 2017

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Jan Brinkmann
Christoph Sappa, M. Sc.
STAWAG Energie GmbH
Projektentwicklung dezentrale Erzeugung
Lombardenstraße 12–22, 52070 Aachen

E-Mail: jan.brinkmann@stawag.de

KA

www.dwa.de

DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

KA und KW im Digital-Abo

DWApapers and more

Als DWA-Mitglied erhalten Sie mit der kostenlosen App **DWApapers and more** jederzeit Zugriff auf Ihre Verbandszeitschrift KA oder KW.

Die jeweils andere Zeitschrift können Sie zusätzlich zum Preis von jährlich 71,50 € (KA) bzw. 38,50 € (KW) abonnieren.

