



Aktenzeichen IV-7 – 042 600 003 C

# Potenziale und technische Optimierung der Abwasserwärmenutzung

KURZBERICHT

Im Auftrag von:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Projektpartner:



ibb





Aktenzeichen IV-7 – 042 600 003 C

# Potenziale und technische Optimierung der Abwasserwärmenutzung

KURZBERICHT

Aachen, im November 2013  
FiW an der RWTH Aachen

Dr.-Ing. F.-W. Bolle



---

## Projektbearbeitung

### Institution

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft  
an der RWTH Aachen (FiW) e.V.

Kackertstr. 15 - 17  
D-52056 Aachen

EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen

Gessnerallee 38a  
CH-8001 Zürich

Ryser Ingenieure AG

Engestr. 9  
CH-3000 Bern 9

RWTH Aachen Lehrstuhl für Baubetrieb und  
Projektmanagement (ibb)

Mies-van-der-Rohe-Straße 1  
D-52074 Aachen

Emschergenossenschaft

Kronprinzenstraße 24  
D-45128 Essen

STAWAG Stadtwerke Aachen AG

Lombardenstraße 12-22  
D-52070 Aachen

### Bearbeiter

Prof. Dr.-Ing. Karsten Müller  
Dipl.-Biol. Karl Billmaier

Dipl.-Geogr. Ernst A. Müller  
Dipl.-Wirt.-Ing. Eliane Graf

Dipl.-Ing. Beat Kobel  
Dipl.-Ing. Yann Roth

Dr.-Ing. Joachim Beyert  
Dipl.-Ing. Georg Vosen

Dr.-Ing. Matthias Weilandt  
Dipl.-Ing. Adrian Treis

Dipl.-Ing. Uwe Lorenz

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einführung und Zielsetzung .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Methodik .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>7</b>
4.1	Gegenüberstellung verschiedener Wärmetauschersysteme.....	7
4.2	Wärme- und Kältepotenzial aus dem Abwasser .....	8
4.3	Methodik zur Suche nach geeigneten Standorten .....	14
4.4	Wirtschaftlichkeit .....	15
<b>5</b>	<b>Empfehlungen für einen Ausbau der Abwasserwärmenutzung in Nordrhein-Westfalen.....</b>	<b>18</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	Gegenüberstellung verschiedener Wärmetauschersysteme.....	7
Tabelle 4-2:	Gegenüberstellung der Schätzungen für Abwasserwärmeentzugspotenziale im Kläranlagenzulauf und Kläranlagenablauf .....	12
Tabelle 4-3:	Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen ARA bei monovalentem Anlagenbetrieb .....	13
Tabelle 4-4:	Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen ARA bei bivalent parallelem Anlagenbetrieb.....	13
Tabelle 4-5:	Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen ARA bei bivalent alternativem Anlagenbetrieb .....	13
Tabelle 5-1:	Potenzialklassen der Abwasserwärmenutzung in Abhängigkeit der Nennweite des Abwasserkanals und der Entfernung von Kanal zum Abnehmer .....	19

## Bildverzeichnis

Bild 4-1:	Summenlinien der Abwasserwärmeentzugsleistung der Kläranlagen in NRW.....	11
Bild 4.2:	Karte mit Gebäudebestand ohne (blau) und mit (rot) Anbindung an das bestehende Fernwärmenetz. Identifikation von geeigneten Standorten für den Einbau von Plattenwärmetauscher (grün) anhand bestehender Abnehmerpotenziale und Nutzungsstrukturen.....	15
Bild 4-3:	Karte mit Nutzungsbereichen zur Abwasserwärmeversorgung. Fernwärmenetz (gelb), Gebäudebestand der nicht mit Fernwärme versorgt wird (blau), geeignete Haltungen (grüne Pfeile) für den Einbau von Wärmetauscher sowie geeigneter Nutzungsradius 200 m (hellgrün) ..	15
Bild 4-4:	Wirtschaftlichkeit einer Abwasserwärmenutzungsanlage im Vergleich mit einer konventionellen Variante ohne und mit Energiepreisteuerung ....	16
Bild 4-5:	Vergleich der Kostenaufteilung zwischen Variante mit Abwasserwärmenutzung und einer konventionellen Anlage.....	17
Bild 4-6:	Spezifische Investitionskosten [€/kWh/a] von 12 projektierten Abwasserwärmenutzungsanlagen.....	17

## 1 Zusammenfassung

Abwasserwärme ist unter Beachtung planerischer Randbedingungen eine langfristig verfügbare und „erneuerbare“ Energiequelle, deren Nutzung nachhaltig ist und dem Gedanken einer Kreislaufwirtschaft in vollem Umfang Rechnung trägt. Sie reduziert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zu fossil betriebenen Erdöl- oder Erdgasheizungen um bis zu 60 % und kann somit einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Zudem bietet eine Abwasserwärmenutzungsanlage für den Betreiber und die Gemeinde einen wertvollen Imagegewinn. Die Technologie fördert zusätzlich die Wertschöpfung im Inland und der Region durch die Investitionen in lokale Gewerbe und Betriebe. Ein weiterer Vorteil ist die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern und schwankenden Energiepreisen.

Eine Nutzung der Abwasserwärme ist aufgrund erheblicher technischer Weiterentwicklungen im Bereich der Wärmetauscher- und Wärmepumpentechnologie und aufgrund der bisherigen Energiepreisteuerung in den letzten Jahren wirtschaftlich geworden und sollte daher heutzutage eine planerische Alternative zu den fossilen Heizsystemen sein. Vergleicht man die Wärmegestellungskosten einer Abwasserwärmenutzungsanlage mit einer konventionellen Erdöl- oder Erdgasheizung stellt man fest, dass die Abwasserwärmenutzung mit Gesteungskosten in Höhe von 7 bis 11 Cent/kWh im konkurrenzfähigen Bereich liegt. Es kann auch davon ausgegangen werden, dass mit zunehmender Verbreitung der Abwasserwärmenutzung die Investitionskosten für diese Technologie noch sinken werden und damit die Attraktivität steigen wird. Wird zudem berücksichtigt, dass die Energiepreise weiter steigen und sich diese Technologie weiter entwickelt und verbreitet, kann die Wirtschaftlichkeit erhöht und damit die Konkurrenzfähigkeit zu Erdöl- oder Erdgasheizungen gestärkt werden.

Die ökologischen und ökonomischen Vorteile der Abwasserwärmenutzung kommen allerdings nur bei fundierter Planung und Umsetzung der Anlagen zum Tragen. Gerade die Planungsdaten, wie z. B. Abwasserangebot, Temperaturverhältnisse im Abwasser, müssen für den Anlagenstandort belastbar sein. Auch muss das Know-how für die Planung, die Realisierung sowie den Betrieb von Anlagen erweitert werden, sodass von den Fachplanern Entwicklungen aufgenommen und bei der Projektierung direkt umgesetzt werden können. Die Aus- und Weiterbildung und der Erfahrungsaustausch sind zentrale Punkte zur Verbreitung der Technologie.

Um zur Etablierung der Abwasserenergienutzung beizutragen, wurden im Rahmen des Projektes für NRW zunächst das Abwasserwärmenutzungspotenzial für die Zu- und Abläufe der Kläranlagen unter pessimalen und optimalen Ansätzen berechnet.

Geeignete Standorte für Abwasserwärmenutzungsanlagen innerhalb des Einzugsgebietes einer Kläranlage lassen sich nach Erstellung einer detaillierten Abwasserwärmepotenzialkar-

te identifizieren. Kriterien und Vorgehensweise zur Erstellung der Potenzialkarten sind in der Langfassung aufgeführt.

Zusammenfassend stellen Abwasserwärmepotenzialkarten eine flächendeckende Ermittlung aller möglichen bzw. technisch sinnvollen Standorte für Wärmetauscheranlagen in einem Entwässerungssystem sowie die Erfassung von Gebäuden in deren Umfeld dar. Entsprechend können potentielle Bauherren das nutzbare Wärmedargebot für einen Standort erfassen und zielgerichtet die Durchführung einer Machbarkeitsstudie in Erwägung ziehen.

Um die Nutzung des vorhandenen Potenzials an Abwasserwärme zu unterstützen, wird empfohlen, die Erstellung von Abwasserwärmepotenzialkarten auf kommunaler Ebene zu fördern, wenn diese Karten nach einheitlichen Kriterien erstellt und deren webbasierte Veröffentlichungen auf einer Plattform des Landes zugestimmt wird.

## 2 Einführung und Zielsetzung

Abwasserwärme ist unter Beachtung planerischer Randbedingungen eine langfristig verfügbare und „erneuerbare“ Energiequelle, deren Nutzung nachhaltig ist und dem Gedanken einer Kreislaufwirtschaft in vollem Umfang Rechnung trägt. Sie reduziert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zu fossil betriebenen Erdöl- oder Erdgasheizungen um bis zu 60 % und kann somit einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Eine Nutzung der Abwasserwärme ist aufgrund erheblicher technischer Weiterentwicklungen im Bereich der Wärmetauscher- und Wärmepumpentechnologie und der bisherigen Energiepreisteuerung in den letzten Jahren wirtschaftlich geworden und stellt somit eine planerische Alternative zu fossilen Heizsystemen dar.

Die ökologischen und ökonomischen Vorteile der Abwasserwärmenutzung kommen allerdings nur bei fundierter Planung und Umsetzung der Anlagen zum Tragen. Gerade die Kenntnisse über grundlegende Planungsdaten, wie z. B. Abwasserangebot und Temperaturverhältnisse im Abwasser sind häufig für den ausgewählten Anlagenstandort nicht verfügbar oder sind nicht belastbar. Auch muss das Know-how für die Planung und Realisierung sowie den Betrieb von Anlagen dieser zumindest in Deutschland noch wenig bekannten Technik erweitert werden, sodass von den Fachplanern Entwicklungen aufgenommen und bei der Projektierung direkt umgesetzt werden können. Die Aus- und Weiterbildung von neu in diesen Fachbereich stoßenden Ingenieurbüros ist ein zentraler Ansatzpunkt zur Verbreitung der Technologie.

Mit den hier vorliegenden Untersuchungen soll daher ein wesentlicher Beitrag zur Etablierung der Abwasserenergienutzung erreicht werden. Dazu müssen nicht wirtschaftlich begründete Hemmnisse identifiziert, analysiert und u. a. folgende Fragen beantworten werden:

- Wie sind die Erfahrungen zu Planung, Bau und Betrieb von bestehenden Abwasserenergienutzungsanlagen?
- Wo bestehen Wissensdefizite bei den für die Umsetzung einzubindenden Akteuren (Behörden, Betreiber, Planer und Bauherren)?
- Wie groß ist das Potenzial der Abwasserwärme- und -kältenutzung in NRW unter Berücksichtigung der verfügbaren Technik, nutzungswürdiger Standorte und wasserwirtschaftlicher Aspekte tatsächlich?
- Welche Wärmetauschertechnik ist in Abhängigkeit lokaler Randbedingungen technisch und wirtschaftlich sinnvoll und wie sind die Wärmetauscheranlagen zu dimensionieren?
- Wie können nutzungswürdige Standorte sowohl hinsichtlich des Dargebots als auch der Nachfrage zielgerichtet identifiziert und den Entscheidungsträgern Informationen zu den Nutzungsmöglichkeiten vermittelt werden?

### 3 Methodik

Entsprechend der Zielsetzungen waren folgende Arbeitsschritte geplant:

- Darstellung der Abwasserwärmenutzung und Recherche zum Stand der Technik betreffend der Aspekte:
  - Wärmetauschertechnik
    - Wärmeentnahme innerhalb von Liegenschaften
    - Wärmeentnahme im Entwässerungssystem
    - Wärmeentnahme im Ablauf der Kläranlage
    - Innovationen
    - Gegenüberstellung und Bewertung der verschiedenen Wärmetauschertypen
  - Wärmepumpentechnik
  - Erfahrungen bei Genehmigung, Planung, Bau und Betrieb von Abwasserwärmenutzungsanlagen
- Erhebung des Gesamtpotenzial der Abwasserwärmenutzung und der Möglichkeiten der Kältenutzung in NRW auf der Basis der IKT-Studie unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und gewässergüterrelevanter Aspekte (Reinigungsleistung der Kläranlage und Temperaturhaushalt Fließgewässer) und unter Berücksichtigung aktueller technischer Entwicklungen. Dies erfolgt differenziert hinsichtlich:
  - Wärmenutzung vor der Kläranlage
  - Wärmenutzung auf bzw. nach der Kläranlage
  - Kältenutzung vor oder nach der Kläranlage
  - Wärme- und Kältenutzung innerhalb von Liegenschaften
- Visualisierung der Potenziale zur Abwasserwärmenutzung für das Einzugsgebiet einer Kläranlage anhand von Abwasserwärmepotenzialkarten
- Erörterung von Wirtschaftlichkeitsaspekten anhand von Praxisbeispielen verschiedener Anlagen
- Ausarbeitung von Vorschlägen , mit denen das Land NRW die Verbreitung von Abwasserwärmenutzungsanlagen dort, wo sie wirtschaftlich sinnvoll sind, unterstützen kann.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Gegenüberstellung verschiedener Wärmetauschersysteme

In der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 4-1) sind die bereits verschiedenen am Markt erhältlichen und derzeit in Entwicklung befindlichen Wärmetauschersysteme gegenübergestellt sowie hinsichtlich jeweiliger Vor- und Nachteile bewertet.

**Tabelle 4-1: Gegenüberstellung verschiedener Wärmetauschersysteme**

Systemstandort	Produkt und Anbieter	Beschreibung	Abwasserart	Vorteile	Nachteile
direkt auf Liegenschaft bzw. hausintern (inhouse)	FEKA Energiesysteme AG	Modul mit integriertem Lochsieb und Wärmetauscher	sämtliches häusliches Abwasser	dezentrale Lösung genehmigungsfreier Betrieb hohe Abwassertemperatur	periodisches Abpumpen / Absaugen der abgesenkten Feststoffe erforderlich nur für größere Wohneinheiten bzw. Gebäude geeignet
	Pontos Heat Cycle System; Pontos GmbH	Wärmerückgewinnungssystem aus Grauwasserströmen	Grauwasser	dezentrale Lösung genehmigungsfreier Betrieb hohe Abwassertemperatur	separates Grauwasserleitungssystem erforderlich nur für größere Wohneinheiten geeignet
	Joulia SA	Direkte Vorerwärmung des Warmwassers mit dem Ablauf des bereits erwärmten Abwassers	Duschwasser	keine zusätzlichen Apparaturen nötig hohe Wassertemperatur	
	KASAG AG	Doppelrohr- und Rohrbündelwärmetauscher mit Reinigungsautomatik und Rückhaltevolumen für zyklisch anfallende Abwassermengen	sämtliches häusliches Abwasser	dezentrale Lösung genehmigungsfreier Betrieb hohe Abwassertemperatur	Individuelle Wärmetauscherlösungen
Abwasserkanal (vor der Kläranlage) „Kanal- oder Sohlewärmetauscher“	Therm-Liner Uhrig GmbH	Kanalwärmetauscher mit und ohne Trockenwetterrinne in bestehenden oder neuen Abwasserkanälen	Rohabwasser	auch für kleine Abflussmengen geeignet modulares System Vor- und Rücklaufleitungen vormontiert	System reagiert sensibel auf Ablagerungen Ggf. Querschnittsverringerung des Abwasserkanals Vor- und Rücklaufleitungen liegen unter dem Wärmetauscher bzw. am Kämpfer

Systemstandort	Produkt und Anbieter	Beschreibung	Abwasserart	Vorteile	Nachteile
Abwasserkanal (vor der Kläranlage) „Kanal- oder Sohlewärmetauscher“	KASAG AG	Kanalwärmetauscher für den nachträglichen Einbau in bestehende oder neue Abwasserkanäle Spezialprofile und werkseitig eingebauter Wärmetauscher	Rohabwasser	modulares System Vor- und Rücklaufleitungen zugänglich Vor- und Rücklaufleitungen vormontiert	System reagiert sensibel auf Ablagerungen und Biofilmbildung Querschnittsverjüngung des Abwasserkanals Vor- und Rücklaufleitungen liegen unter dem Wärmetauscher
	Brandenburger Heatliner Brandenburger Liner GmbH & Co.	zweilagiger Inliner zur Sanierung des Kanals Wärmetauscherermatte in der Kanalsohle zwischen den Inlinerlagen	Rohabwasser	Einsatz auch in nicht begehbaren Dimensionen möglich durch glatte Oberfläche keine betriebliche Beeinträchtigung des Wärmetauschers aufgrund von Ablagerungen zu erwarten	nur für kleine Nennweiten (nicht begehbare Leitungen) sinnvoll
	Sartex Multicom	Kunststoff - Wärmetauscherermatte zwischen Inliner und Altrohr	Rohabwasser	Einsatz auch in nicht begehbaren Dimensionen möglich durch glatte Oberfläche keine betriebliche Beeinträchtigung des Wärmetauschers aufgrund von Ablagerungen zu erwarten	nur für kleine Nennweiten (nicht begehbare Leitungen) sinnvoll
	Saint – Gobain GmbH	Doppelgussrohr zur Nutzung von Abwasser- und Erdwärme	Rohabwasser	einsetzbar im Trink- und Abwasserbereich auch für Druckleitungen geeignet besserer Wärmeübergang als Wärmetauscher aus Kunststoff	

Systemstandort	Produkt und Anbieter	Beschreibung	Abwasserart	Vorteile	Nachteile
Abwasserkanal (vor der Kläranlage) „Kanal- oder Sohlewärmetauscher“	PKS Thermpipe Frank	Kunststoffwickelrohrsystem zur Nutzung von Abwasser- und Erdwärme	Rohabwasser	zusätzliche Nutzung der Erdwärme auch für Druckleitungen geeignet	Kunststoff als Wärmetauschermaterial
	Beton Tille GmbH & Co KG	Betonrohr mit integriertem Wärmetauscher	Rohabwasser	zur Nutzung der Abwasser- und Erdwärme	externe Vor- und Rücklaufleitung für Wärmemedium aus Edelstahl
Externer Entnahmebehälter / Wärmetauscher (Bypass Systeme)	RoWin Huber AG	Oberirdischer Edelstahlbehälter mit Rohrschleifen	Rohabwasser	oberirdischer Aufbau modularer Aufbau große Wärmeaustauscherfläche	benötigt mechanische Vorreinigung des Abwassers
	KASAG	Doppelrohrwärmetauscher	Rohabwasser	oberirdischer Aufbau Große Wärmeaustauscherfläche für Druckleitungen geeignet	
	Gebr. Menzel Maschinenfabrik GmbH & Co	Oberirdischer Edelstahlbehälter mit entnehmbarem Wärmetauscher (ENERGYSAVE-System)	Rohabwasser	Abwasser-Wärmetauscher-System mit entnehmbarem Wärmetauscher-Register	
Kläranlage	RoWin u.a.	Rohrbündelwärmetauscher	gereinigtes Abwasser	keine Restriktionen Abkühlung des Abwassers modularer Aufbau	
	Free Flow Plattenwärmetauscher	Freistromwärmetauscher mit konstant breitem Strömungsquerschnitt	gereinigtes Abwasser	effiziente Wärmetauscher keine Restriktionen Abkühlung des Abwassers hohe Wärmeaustauscherleistung auf kleiner Fläche	nur in Kombination mit weitergehender Reinigung (z. B. Filter) zu empfehlen
	KASAG AG	Druckrohr-, Abwasserrohr-, Doppelrohr-, Rohrbündel-, Plattenwärmetauscher	alle Abwässer bzw. Klärschlamm	effiziente Wärmetauscher größere Angebotsbreite	Individuelle Wärmetauscherlösungen

## 4.2 Wärme- und Kältepotenzial aus dem Abwasser

In welchem Maße die im Abwasser steckende Wärme zukünftig für die Bereitstellung von Wärme einbezogen werden kann, ist nur mit Blick auf die Kanalnetze der jeweiligen Einzugsgebiete von Kläranlagen sowie dem spezifischen Nutzerpotenzial vor Ort zu beantworten.

Für die Nutzung des Wärmepotenzials sind im Wesentlichen die anstehende Abwassermenge, die nutzungsfähige Temperaturdifferenz unter Beachtung der Bemessungstemperatur der nachfolgenden Kläranlage, die Temperaturschwankungen sowie die spezifischen Anforderungen durch die Abnehmerseite maßgebend. Für die Abführung der Abwärme im Zuge der Kältenutzung sind – je nach Einleiterstelle – sowohl die Kapazitäten innerhalb der Kanalstrecke zur Wärmeaufnahme als auch gewässerrelevante Aspekte wesentliche Randgrößen.

Die Nutzung der Wärme aus Abwasser ist prinzipiell vor, auf und nach der Kläranlage möglich. Für alle Nutzungsvarianten gilt, dass für die Realisierung einer Abwasserwärmenutzungsanlage (AWNA) in einem ersten Arbeitsschritt unabhängig vom Standort das verfügbare Wärmepotenzial und in einem zweiten Arbeitsschritt die baulichen Erschließungsmöglichkeiten sowie die nutzerabhängigen Daten zur Infrastruktur zu ermitteln sind.

Die Wärmemenge, die insgesamt aus einem Kanalnetz gewonnen (oder im Falle des Kühlens eingespeist) werden kann, berechnet sich aus der

- permanent verfügbaren Abwassermenge (Minimalabfluss) und
- der nutzbaren Temperaturdifferenz des Abwassers.

Für die Ermittlung der landesweit vorliegenden Potenziale standen nicht die lokalen GEP-Daten zur Verfügung, sondern die kläranlagenspezifischen Jahreswassermengen (ELWAS-IMS).

### Kältenutzung vor, auf oder nach der Kläranlage

Die technischen Elemente wie Wärmetauscher, Wärmepumpe usw., die für einen Entzug von Wärme benötigt werden, können in umgekehrter Funktionsweise zur Abführung von Wärme eingesetzt werden. Durch den reversiblen Betrieb der Wärmepumpe werden die Raumluft zur Wärmequelle und der Abwasserstrom zur Wärmesenke.

Die zentralen Größen zur Ermittlung des Kühlpotenzials im Abwasser sind dieselben wie bei der Abwärmenutzung: Wassermenge und die nutzbare Temperaturdifferenz.

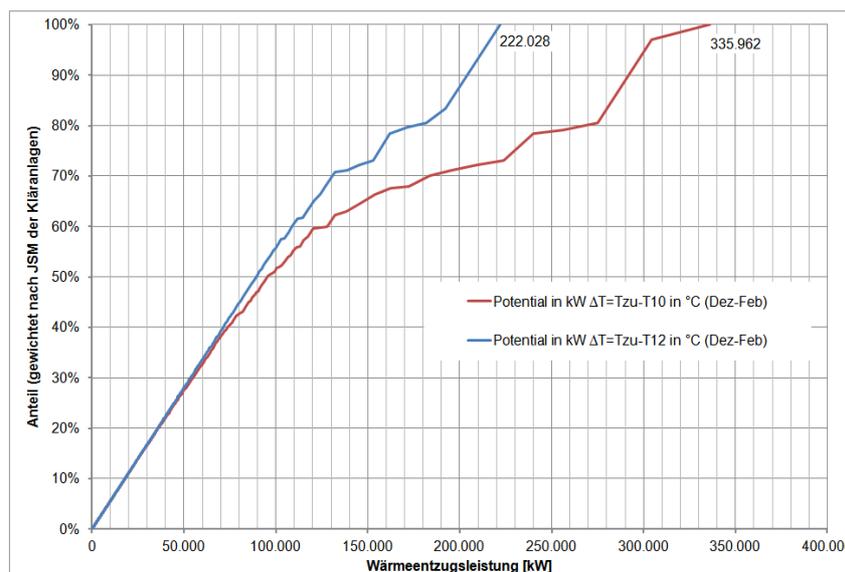
Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist die Nutzung des Abwassers für die Ableitung der bei der Erzeugung von Kälte entstehenden Abwärme insbesondere dann nicht unproblematisch, wenn es zu einer weiten Verbreitung solcher Systeme kommen sollte. Die Raumkühlung führt zu einer Erwärmung des Abwassers, deren Einfluss auf die Kanalisation, die Kläranlage sowie die Gewässer noch zu untersuchen wäre.

Zwischenergebnisse von Untersuchungen in der Schweiz zeigen, dass dies zu einem Mehrverbrauch an elektrischer Energie auf der Kläranlage und zu ungünstigen Einflüssen auf die Gewässergüte führen kann.

Hier ist ein Abgleich mit den Anforderungen gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2011) bzw. Wasserrahmenrichtlinie erforderlich.

### Technisch realisierbare Abwasserwärmeentzugspotenziale in NRW

Die Wärmepotenzialabschätzung resultiert für die Kläranlagen (GK 1 – 5) in NRW unter Beachtung der Bemessungstemperaturen (pessimal: Bemessungstemperatur = 12 °C; optimal: Bemessungstemperatur = 10 °C) und der minimal möglichen Temperaturabsenkung des Abwassers von 0,5 K (Bagatellwert gem. DWA-M 114) ein Zulaufpotenzial von rund 336.000 kW bzw. rund 222.000 kW (Wärmeentzugsleistung bezogen auf den Zeitraum Dezember – Februar). Dabei ist zu beachten, dass bei etwa 20 – 40 % der Kläranlagen die Temperaturabsenkung des Abwassers lediglich der angesprochenen Bagatellgrenze entspricht (siehe Bild 4-1).



**Bild 4-1: Summenlinien der Abwasserwärmeentzugsleistung der Kläranlagen in NRW (GK 1 – 5)**

Der Einfluss der nutzbaren Temperaturdifferenzen zwischen der unteren technischen Temperaturgrenze von 5 °C und dem Dreijahres-Zulaufmittelwert bzw. den Quartalswerten beeinflusst auch deutlich das Wärmeentzugspotenzial im Ablauf der Kläranlagen, welches unter der Annahme, dass das gereinigte Abwasser auf 5°C abgekühlt wird, rund 1.850.000 kW beträgt (Tabelle 4-2).

**Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Schätzungen für Abwasserwärmeentzugspotenziale im Kläranlagenzulauf und Kläranlagenablauf**

Abwasserwärmeentzugspotenzial in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen Kläranlagen in den Monaten Dezember – Februar (Studie ARGE 2011)	
	<b>Abwasserwärmeentzugspotenzial Zulauf KA [kW]</b>
Bemessungstemperatur KA: 10 °C	336.000 (323.000)
Bemessungstemperatur KA: 12 °C	222.000 (209.000)
	<b>Abwasserwärmeentzugspotenzial Ablauf KA [kW]</b>
Technischer Grenzwert 5 °C	1.850.000 (1.845.000)

### Realisierbares Heiz- bzw. Klimatisierungspotenzial

Für die Berechnung des Heizpotenzials ist zu berücksichtigen, dass im Gebäude neben der Wärme, die dem Abwasser entzogen wird, zusätzlich in der Wärmepumpe i.d.R. elektrische Energie zugeführt wird, um die Abwasserwärme auf ein nutzbares Niveau zu heben.

Das Verhältnis von entzogener Wärme und Nutzwärme hängt neben dem über den COP<sup>1</sup> (coefficient of performance) ausgedrücktem Wirkungsgrad des Systems davon ab, ob die Abwasserwärmenutzungsanlage monovalent (Tabelle 4-3), bivalent parallel (Tabelle 4-4) oder bivalent alternativ (Tabelle 4-5) betrieben wird. Die in den folgenden Tabellen aufgeführten Heizpotenziale ergeben sich aus einer Aufsummierung kläranlageneinzugsgebiets-scharf kalkulierter Werte, die in der Langfassung in Form von Potenzialkarten visualisiert wurden.

Das realisierbare Heizpotenzial für NRW kann vor diesem Hintergrund aus nachfolgenden Tabellen abgelesen werden. Bezogen auf einen durch das Bundesministerium für Wirtschaft u. Technologie (BMWi) geschätzten Wärmeenergiebedarf für Gebäude (inkl. industrieller Wärmebedarf) in NRW von ca. 37.000.000 kW lassen sich damit ca. 5% (Abwasserwärmenutzung im Kanalnetz) des Gesamtwärmebedarfs decken.

<sup>1</sup> Um die Wirtschaftlichkeit und Effizienz einer Wärmepumpe beurteilen zu können, wird, wie auch bei anderen Energiesystemen, das Verhältnis von nutzbarem Wärmestrom zu aufgewendeter Energie gebildet. Bei elektrisch betriebenen Wärmepumpen spricht man von der so genannten Leistungszahl  $\epsilon$  beziehungsweise von dem COP-Wert (coefficient of performance). Die beiden Größen unterscheiden sich dahingehend, dass bei dem COP-Wert nach DIN EN 255 nicht nur die Leistungsaufnahme des Kompressors in die Berechnung eingeht, sondern auch die möglichen Hilfsenergien wie zum Beispiel die Leistungsaufnahme aller Steuer- und Regeleinrichtungen sowie die anteilige Leistungsaufnahme der Fördereinrichtungen (z. B. Pumpen) zur Sicherstellung des Transports der Wärmeträger innerhalb des Gerätes bilanziert werden.

**Tabelle 4-3: Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen ARA bei monovalentem Anlagenbetrieb**

Realisierbares Heizpotenzial in NRW aus dem Kanal und aus dem Ablauf kommunaler Kläranlagen monovalente Anlagen	
	Heizpotenzial Zulauf KA [kW]
Bemessungstemperatur Kläranlage 10 °C	470.000
Bemessungstemperatur Kläranlage 12 °C	311.000
	Heizpotenzial Ablauf KA [kW]
Technischer Grenzwert 5 °C	2.590.000

**Tabelle 4-4: Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen ARA bei bivalent parallelem Anlagenbetrieb**

Realisierbares Heizpotenzial in NRW aus dem Kanal und aus dem Ablauf kommunaler Kläranlagen bivalent parallele Anlagen	
	Heizpotenzial Zulauf KA [kW]
Bemessungstemperatur Kläranlage 10 °C	616.000
Bemessungstemperatur Kläranlage 12 °C	407.000
	Heizpotenzial Ablauf KA [kW]
Technischer Grenzwert 5 °C	3.390.000

**Tabelle 4-5: Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen ARA bei bivalent alternativem Anlagenbetrieb**

Realisierbares Heizpotenzial in NRW aus dem Kanal und aus dem Ablauf kommunaler Kläranlagen bivalent alternative Anlagen	
	Heizpotenzial Zulauf KA [kW]
Bemessungstemperatur Kläranlage 10 °C	2.013.000
Bemessungstemperatur Kläranlage 12 °C	1.131.000
	Heizpotenzial Ablauf KA [kW]
Technischer Grenzwert 5 °C	10.739.000

### 4.3 Methodik zur Suche nach geeigneten Standorten

Für die Realisierung einer Abwasserwärmenutzungsanlage sind das verfügbare Wärmepotenzial zu berechnen sowie die baulichen Erschließungsmöglichkeiten abzuklären. Damit kann auf Basis folgender Informationen grundstücksscharf abgeschätzt werden, wo in einem Stadtgebiet der Einbau einer Abwasserwärmenutzungsanlage unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten in Betracht gezogen werden kann:

- **Abwasserabfluss**

Bedingung für die Abwasserwärmenutzung ist ein kontinuierlich genügend hoher Abfluss auf der Kläranlage oder im Kanal. Aus Erfahrungen ist bekannt, dass aufgrund wirtschaftlicher und technischer Gründe die Wärmegewinnung aus Abwasser üblicherweise eine Wassermenge von mindestens 12 – 15 l/s (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) erfordert.

- **Abwassertemperatur**

Wie bei der Abwassermenge sind bei der Wärmegewinnung aus Abwasser Kenntnisse über die Temperaturverhältnisse des Abwassers sowie die jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen – immer im Vergleich zum Verlauf des Wärmebedarfes – sehr wichtig. Höhere Abwassertemperaturen erlauben eine größere Abkühlung und damit einen größeren Wärmeentzug. Günstig sind Voraussetzungen, wenn die Abwassertemperatur auch im Winter deutlich über der Dimensionierungstemperatur der Kläranlage liegt.

- **Kanalisation**

Geeignet für die Wärmenutzung aus Abwasser sind Schmutz- und Mischwasserkanäle. Bei Kanälen mit einem Durchmesser von mehr als 800 mm wird die Zugänglichkeit für die baulichen Arbeiten sowie den Unterhalt erleichtert, sodass eine größere Auswahl an Wärmetauschersystemen zur Verfügung steht. Bei kleineren Kanälen kann ein Wärmetauscher im Bypass-System verbaut werden.

- **Distanz zum Abnehmer**

Der Bau der Verbindungsleitung vom Kanal oder der Kläranlage zur Heizzentrale des Abnehmers stellt einen wichtigen Kostenpunkt dar. Deshalb sind die Distanz und die örtlichen Gegebenheiten wichtige Faktoren bei der Ermittlung von geeigneten Standorten für die Abwasserwärmenutzung. Je geringer die Distanz und je zugänglicher das Gelände, desto kostengünstiger lässt sich die Wärmegewinnung realisieren.

- **Sonstige Randbedingungen**

Die Randbedingungen, die den Einbau einer Abwasserwärmenutzungsanlage beeinflussen wie z. B. das Vorhandensein einer Fernwärmeversorgung, sind bei der Erstellung einer Abwasserwärmepotenzialkarte zu berücksichtigen.

Durch die Zusammenführung von georeferenzierten Informationen sowie der Abwasserwärmepotenziale entsteht auf kommunaler Ebene eine Karte mit Nutzungsschwerpunkten (vgl. Bild 4-2 und Bild 4-3).



**Bild 4.2:** Karte mit Gebäudebestand ohne (blau) und mit (rot) Anbindung an das bestehende Fernwärmenetz. Identifikation von geeigneten Standorten für den Einbau von Plattenwärmetauscher (grün) anhand bestehender Abnehmerpotenziale und Nutzungsstrukturen



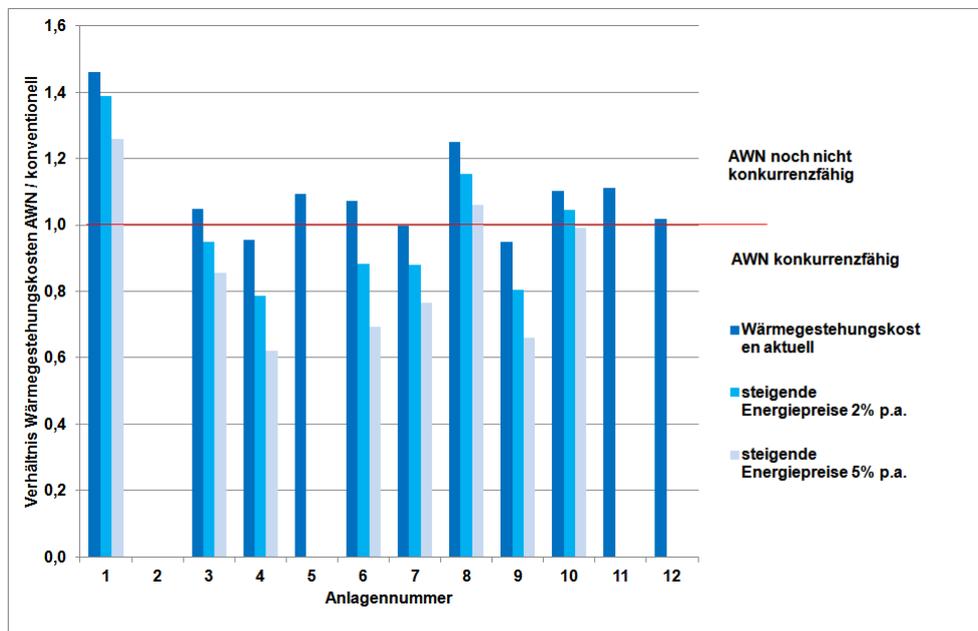
**Bild 4-3:** Karte mit Nutzungsbereichen zur Abwasserwärmeversorgung. Fernwärmenetz (gelb), Gebäudebestand der nicht mit Fernwärme versorgt wird (blau), geeignete Haltungen (grüne Pfeile) für den Einbau von Wärmetauscher sowie geeigneter Nutzungsradius 200 m (hellgrün)

#### 4.4 Wirtschaftlichkeit

Die Abwasserwärmenutzung ist bereits heute in vielen Fällen wirtschaftlich oder im Bereich der Wirtschaftlichkeit. Wichtig bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist, dass die Entscheidungsträger die Entwicklung der Energiepreise über die Lebensdauer der Anlagen bzw. eine realistische Energiepreisteuerung berücksichtigen und mit in die Kostenprognose einbeziehen.

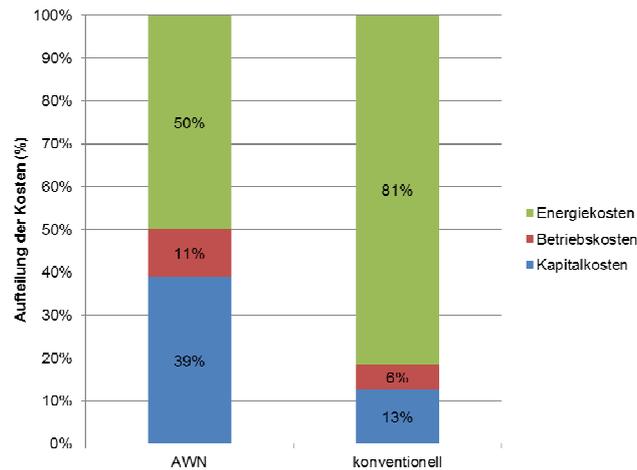
Bild 4-3 zeigt die Wärmegestehungskosten aktuell und mit steigenden Energiepreisen. Für alle Anlagen mit einem Wert unter 1 gilt, dass die Gestehungskosten der Abwasserwärmenutzungsanlage im Vergleich zu einer konventionellen Erdöl- oder Erdgasanlage tiefer sind. Die Darstellung zeigt die Konkurrenzfähigkeit von Abwasserwärmenutzungsanlagen bei heutigen Preisen wie auch unter Berücksichtigung einer entsprechenden Energiepreissteigerung.

Unterstellt man eine Energiekostensteigerung von 2 % bzw. 5 % pro Jahr, ergibt sich folgendes Bild: Anlagen, die bei heutigen Energiepreisen an der Grenze der Wirtschaftlichkeit liegen, werden bei steigenden Energiepreisen – in praktisch allen Fällen – wirtschaftlich. Nur die Kleinanlage (Anlage Nr. 1) bleibt nach wie vor im unwirtschaftlichen Bereich.



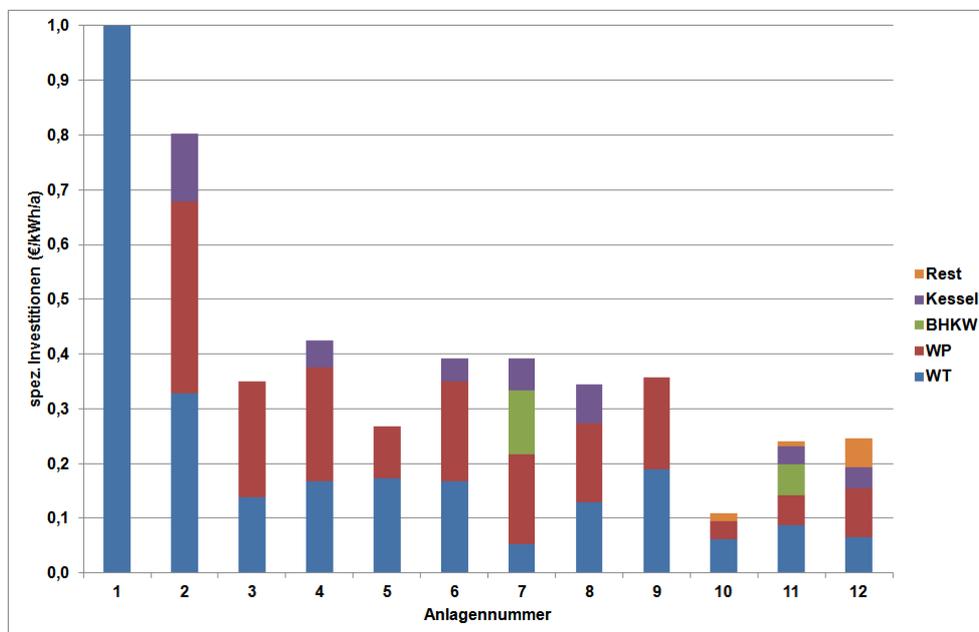
**Bild 4-4: Wirtschaftlichkeit einer Abwasserwärmenutzungsanlage im Vergleich mit einer konventionellen Variante ohne und mit Energiepreisteuerung (Prognose für 12 projektierte Abwasserwärmenutzungsanlagen)**

Dabei ist zu beachten, dass die spezifischen Investitionen [€/kWh/a] bei den meisten untersuchten Anlagen bei rund 0,30 und 0,50 €/kWh/a und damit deutlich über denen konventioneller Anlagen liegen; die Betriebs- und Energiekosten fallen dafür geringer aus (Bild 4-5).



**Bild 4-5: Vergleich der Kostenaufteilung zwischen Variante mit Abwasserwärmenutzung und einer konventionellen Anlage (Mittelwert aus Kostenschätzungen für 12 projektierte Abwasserwärmenutzungsanlagen)**

Hauptkostenpunkt bei den Investitionen sind der Wärmetauscher sowie die Wärmepumpe. Bei den Wärmetauschern machen die Investitionen bei den Anlagen über 300 kW häufig 0,05 bis 0,20 €/kWh/a aus, bei der Wärmepumpe 0,10 bis 0,20 €/kWh/a. Auch die Leitungskosten mit 0,05 bis 0,1 €/kWh/a machen einen beachtlichen Teil der Kosten aus, aber nur in Extremfällen mehr als 30 % der gesamten Investitionen (vgl. Bild 4-6).



**Bild 4-6: Spezifische Investitionskosten [€/kWh/a] von 12 projektierten Abwasserwärmenutzungsanlagen**

## 5 Empfehlungen für einen Ausbau der Abwasserwärmenutzung in Nordrhein-Westfalen

Eine Abwasserwärmenutzungsanlage bietet für den Betreiber und die Gemeinde einen Imagegewinn. Die Technologie fördert die regionale Wertschöpfung durch die Investitionen in lokale Gewerbe und Betriebe. Ein weiterer Vorteil ist die Unabhängigkeit von anderen Energieträgern und schwankenden Energiepreisen. Letztlich wird mittels Nutzung der Abwasserwärme die Energieeffizienz der öffentlichen Abwasseranlagen optimiert.

Es kann auch davon ausgegangen werden, dass infolge zunehmender Verbreitung der Abwasserwärmenutzungstechnologie die Investitionskosten sinken. Dadurch kann die Abwasserwärmenutzung an heute unrentablen Standorten die Grenze der Wirtschaftlichkeit erreichen. Die heute aus ökonomischer Sicht minimale Einsatzgrenze von 150 kW würde sich damit weiter nach unten schieben.

Ungeachtet dessen, steht oftmals die Unkenntnis der Bauherren und Kommunen bzgl. den Möglichkeiten und Grenzen zur Abwasserwärmenutzung der Verbreitung der Technologie entgegen.

Insbesondere die Erstellung von Potenzialkarten in Form von Energiekarten bietet die Möglichkeit, das Thema „Abwasserwärme“ öffentlichkeitswirksam, also so, dass potentielle Bauherren erreicht werden, zu präsentieren. Voraussetzung dafür ist, dass die Karten einheitlich georeferenziert erstellt und webbasiert veröffentlicht werden. Auftraggeber solcher Potenzialstudien müssen aufgrund der bereitzustellenden Daten (z. B. Kanalstammdaten, Fernwärmenetz) Kommunen bzw. Netzbetreiber sein. Diese können die Erstellung solcher Karten zwar als Dienstleistung am Bürger betrachten und einen Imagegewinn vermuten, letztlich aber keinen unmittelbaren wirtschaftlichen Nutzen aus den Potenzialstudien ziehen.

Um in Nordrhein-Westfalen zu einer Verbreitung der Abwasserwärmenutzung zu kommen, wird daher empfohlen, die Erstellung von Potenzialstudien zu unterstützen, wenn die Ergebnisdaten in einer Internetplattform des Landes NRW veröffentlicht werden können. Als mögliche Plattform böte sich das ELWAS-IMS an, da wesentliche Funktionalitäten und topografische Karten dort bereits vorliegen. Zu ergänzen wäre der Layer „Abwasserwärmepotenzial“ und zugehörige Tabellenstrukturen sowie idealerweise die Möglichkeit, über eine Adresseingabe Auskunft für das Abwasserwärmepotenzial an einem konkreten Standort zu bekommen. Diese Aktivitäten sollten mit denen des Clusters Umwelttechnologien.NRW im Bereich der Erstellung von Energiekarten mit dem Ziel, ein einheitliches Kartenwerk für die standortbezogenen Potenziale regenerativer Energien zu schaffen, abgestimmt werden.

Bei der Erstellung von Abwasserwärmepotenzialkarten sollten die an geeignete Abwasserkanäle anschließenden Gebäude in Abhängigkeit der Nennweite des Abwasserkanals und dessen Abstand zum potentiellen Nutzer in „Potenzialklassen“ unterteilt werden, die sich gem. Tabelle 5-1 ergeben. Dies ermöglicht eine Priorisierung möglicher Maßnahmen und eine erste Einschätzung hinsichtlich des wirtschaftlichen Nutzens einer Abwasserwärmenutzungsanlage.

**Tabelle 5-1: Potenzialklassen der Abwasserwärmenutzung in Abhängigkeit der Nennweite des Abwasserkanals und der Entfernung von Kanal zum Abnehmer (6: erwartungsgemäß sehr hohes Nutzpotezial; 1: erwartungsgemäß geringes Nutzpotezial)**

Distanz zum Abnehmer	Nennweite		
	< DN 500	DN 500 bis < DN 800	≥ DN 800
< 200 m	4	5	6
200 m bis < 500 m	3	4	5
500 m bis < 1.000 m	2	3	4
1.000 m bis 1.500 m	1	2	3

Die o.g. Unterstützung sollte sich auf Netzbetreiber bzw. Kommunen beschränken, in denen ein Abwasserwärmeentzugspotenzial bei angenommener Bemessungstemperatur der Kläranlagen von 10 °C von mehr als > 100 KW existiert. Die entsprechenden Kläranlagen sind im Anhang der Langfassung aufgeführt.

Darüber hinaus sollte die Umsetzung konkreter Maßnahmen dann unterstützt werden, wenn die Abwasserwärmenutzungsanlagen Modell- bzw. insbesondere Informationscharakter haben.