

A photograph of a street scene. In the foreground, a circular manhole cover with a decorative pattern is set into a grey asphalt surface. In the background, a concrete curb separates the road from a pile of dry, brown autumn leaves and some discarded trash. The text is overlaid on the image in a bold, blue font.

Erfassung des Abwasserwärmepotentials in Kommunen

Prof. Karsten Müller

Das FiW

- **Gegründet 1979 als unabhängiges Institut an der RWTH Aachen**
 - enge Verbindung mit zur Universität
 - beste Voraussetzung für das Institut, Problemlösungen in der Wasser- und Abfallwirtschaft zu erschließen
 - Zusammenarbeit mit dem Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen

Das FiW

- **Abwasserwärmenutzung**
 - Mitwirkung am DWA-M 114
 - Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung im kommunalen Kanalnetz der Stadt Aachen im Auftrag der STAWAG
 - Potenziale und technische Optimierung der Abwasserwärmenutzung im Auftrag des MUNLV NRW
 - Untersuchung der Voraussetzungen für Projekte zur Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser im Auftrag des UBA

Fachhochschule Aachen

• Dualer Studiengang Bauingenieurwesen - Netzingenieur

Planung, Bau und Betrieb kommunaler Ver- und
Entsorgungsnetze

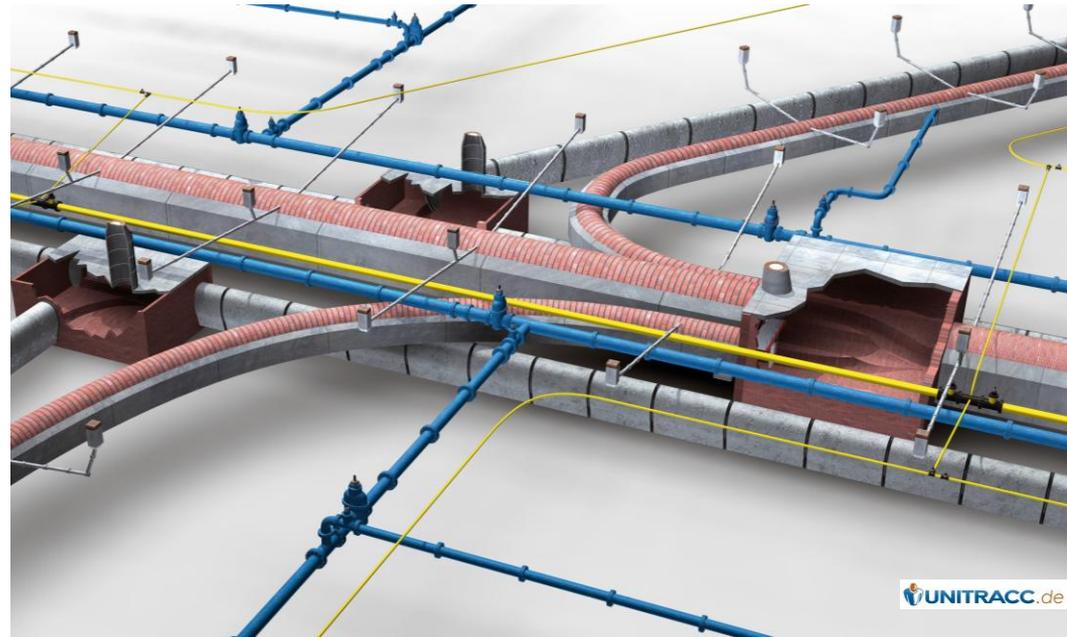
FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



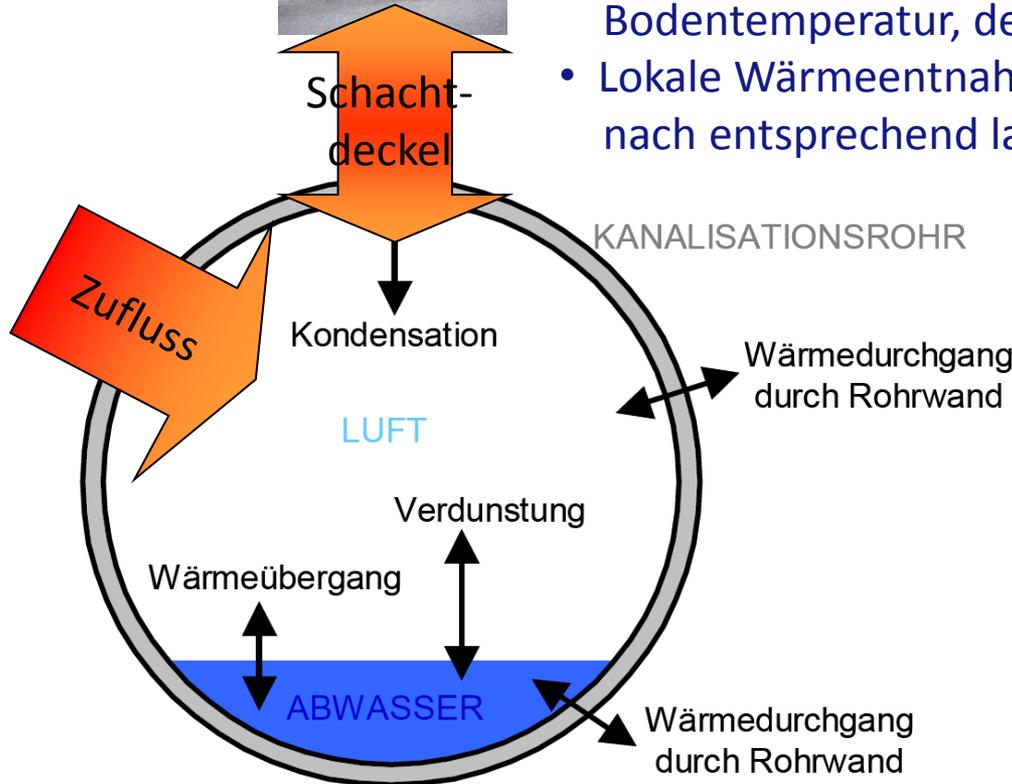
- Wasser
- Abwasser
- Fernwärme



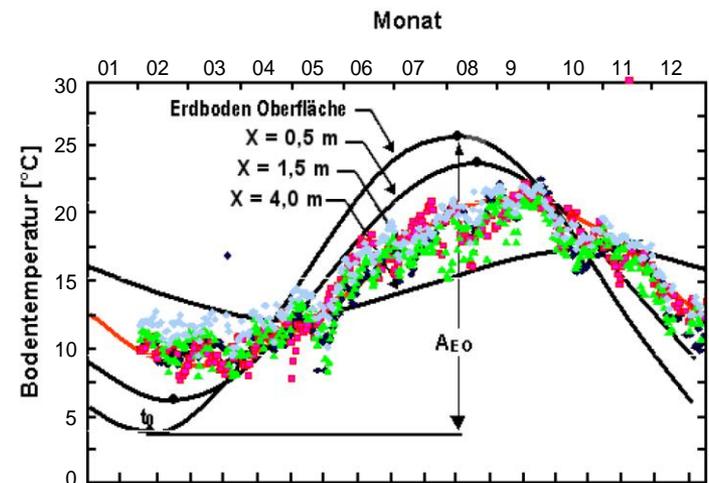
- Gas
- Strom



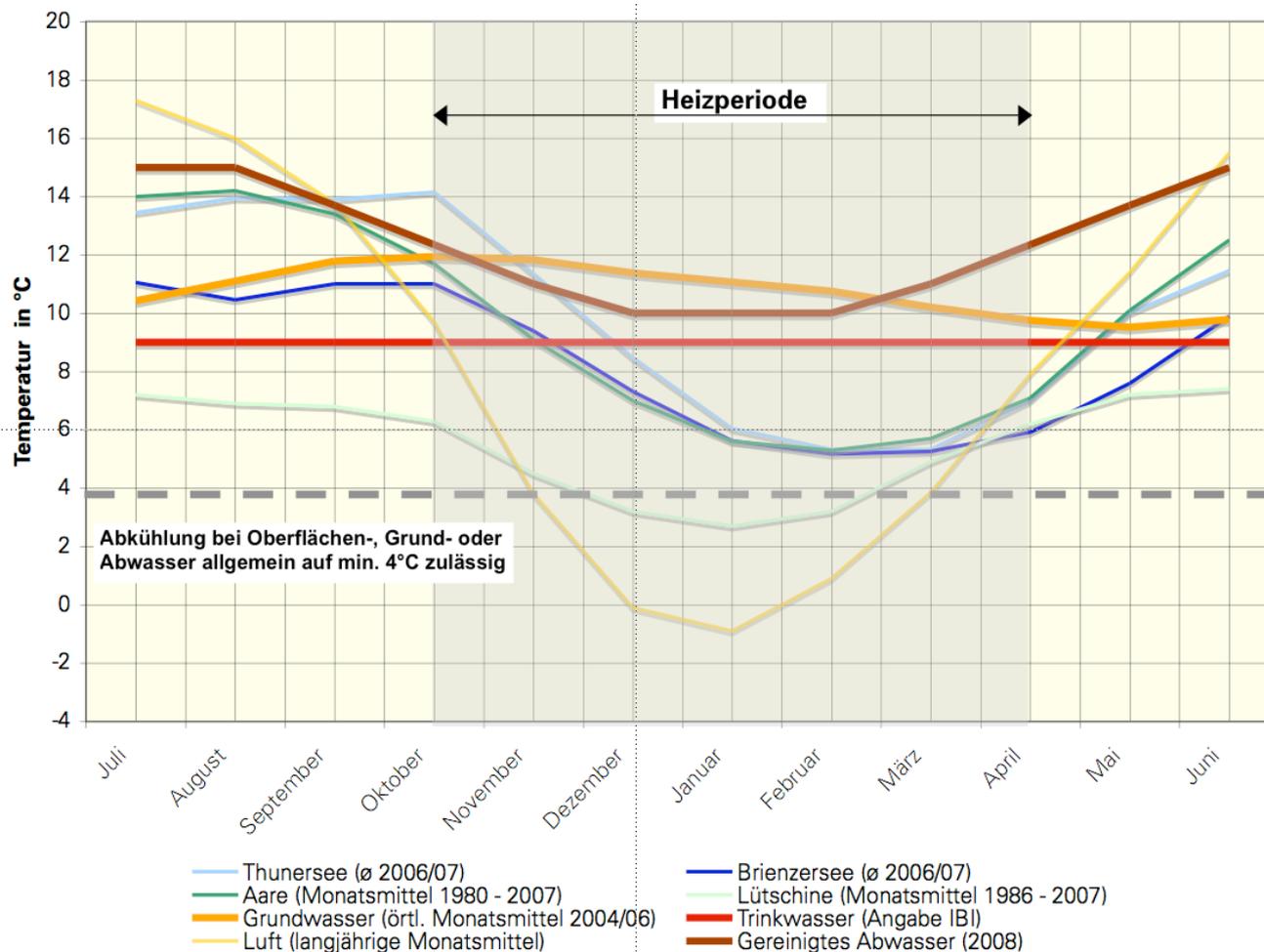
Grundprinzip Abwasserwärmenutzung



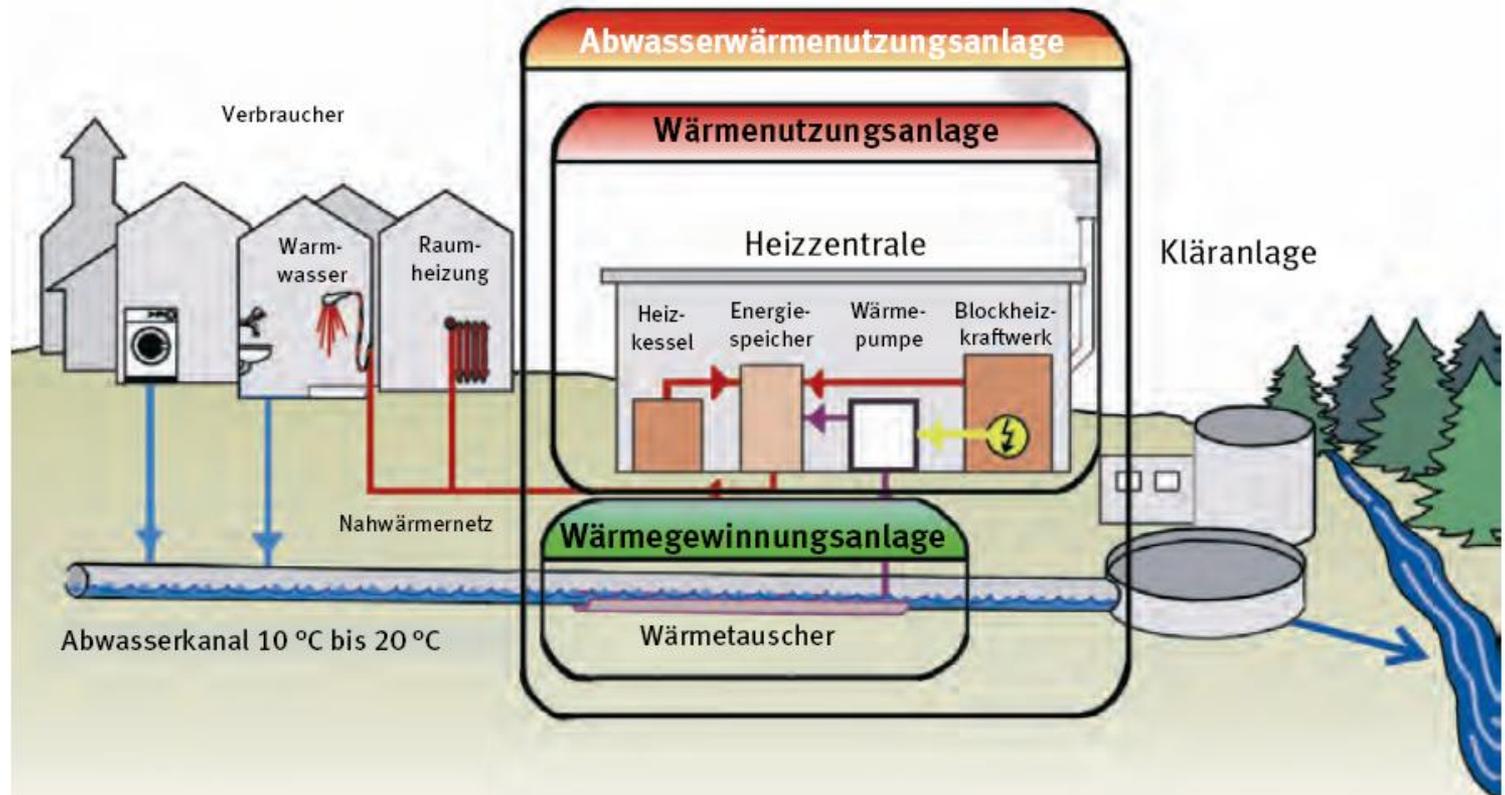
- Der Abwasserkanal als Erd-Wärmetauscher
- Die Abwassertemperatur im Kanal ist abhängig von der Bodentemperatur, der Fließzeit sowie dem Fremdwasserzutritt
- Lokale Wärmeentnahmen durch Kanalwärmetauscher werden nach entsprechend langer Fließzeit regeneriert



Grundprinzip Abwasserwärmenernutzung

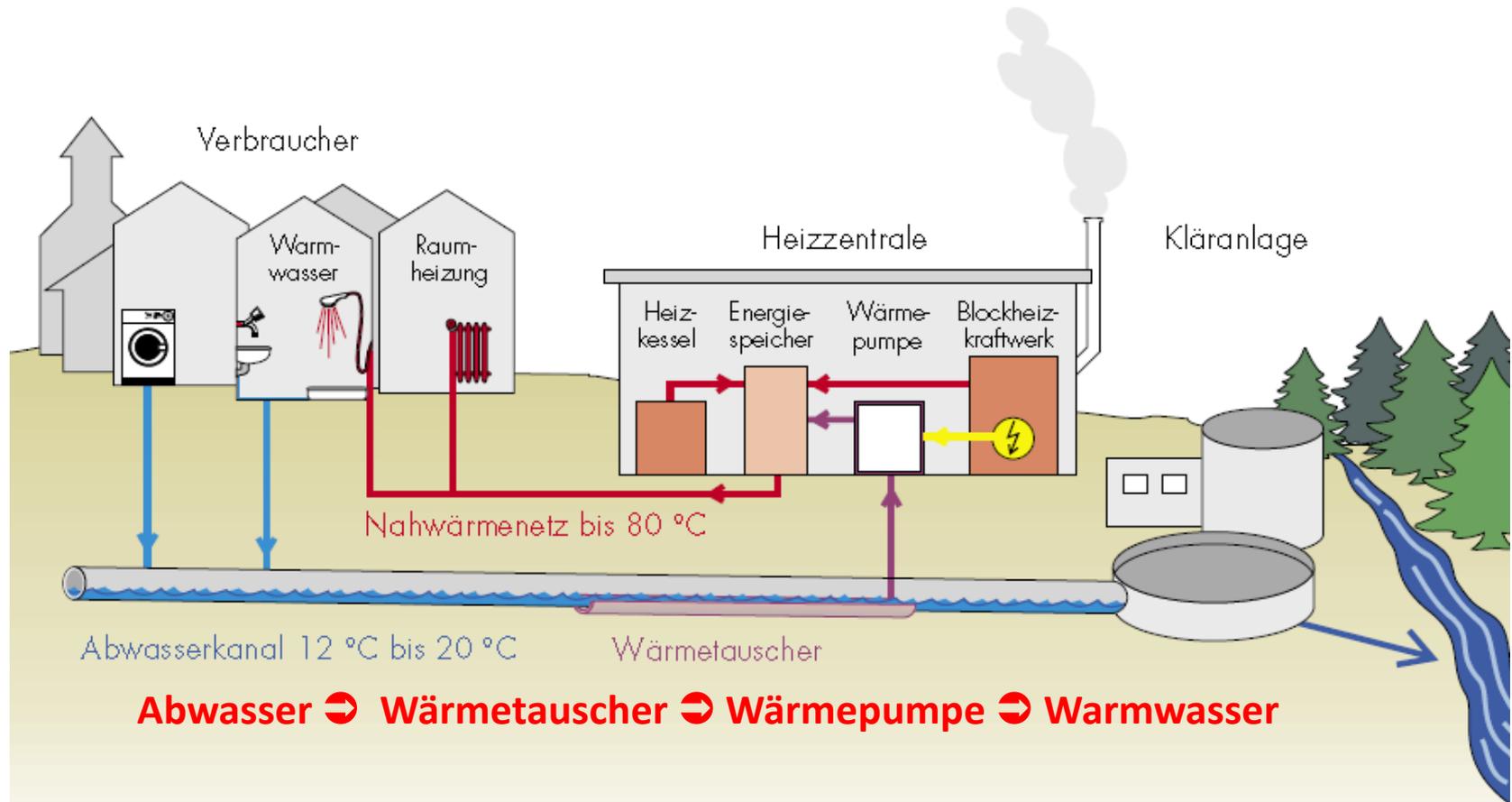


Grundlagen der Wärmegewinnung



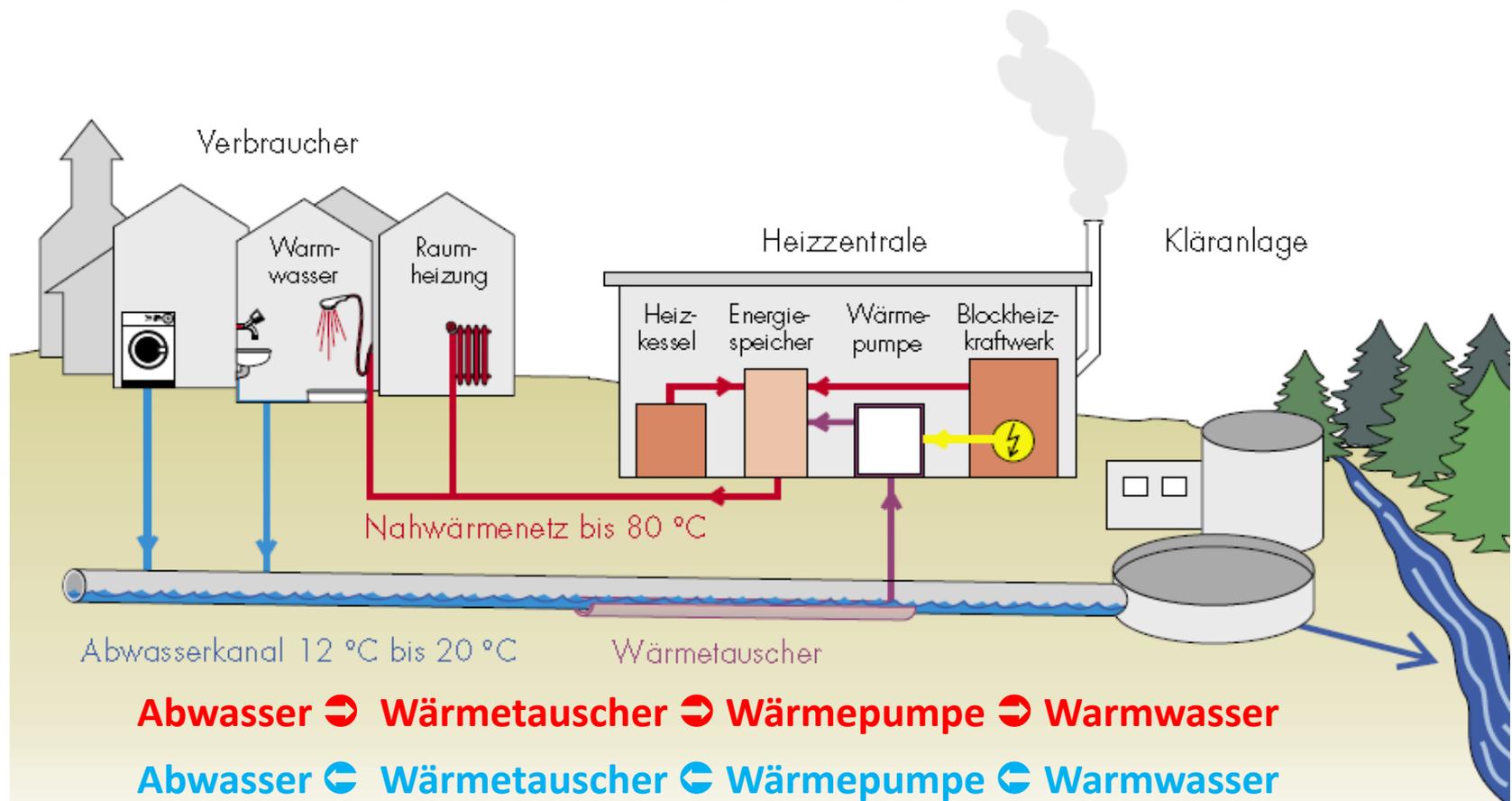
Grundlagen der Wärmegewinnung

- Abwasserwärmeeutzungsanlage



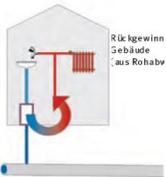
Grundlagen der Wärmegewinnung

- Abwasserkältenutzungsanlage



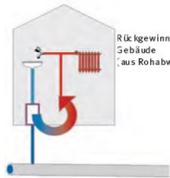
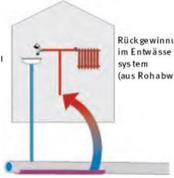
Grundlagen der Wärmegewinnung

■ Mögliche Standorte

Ort der Wärmegewinnung	Vorteile	Nachteile
im Gebäude 	relativ hohe Abwassertemperaturen sehr kurzer Wärmetransportweg Betreiber = Wärmeverbraucher netzunabhängiger Betrieb kein Einfluss durch Niederschlagswasser	geringer Abfluss mit tageszeitlich großen Schwankungen störende Abwasserinhaltsstoffe dezentrale Anlagen mit hohem Betriebsaufwand

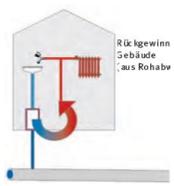
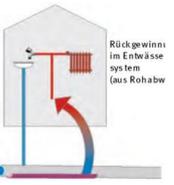
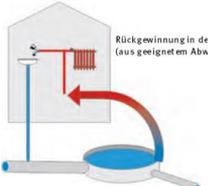
Grundlagen der Wärmegewinnung

■ Mögliche Standorte

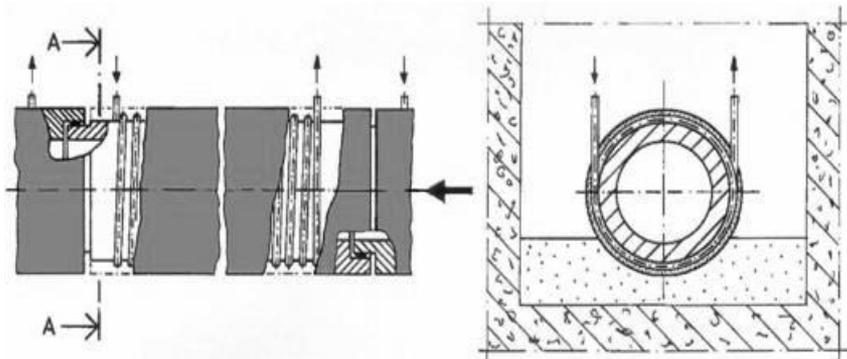
Ort der Wärmegewinnung	Vorteile	Nachteile
im Gebäude 	relativ hohe Abwassertemperaturen sehr kurzer Wärmetransportweg Betreiber = Wärmeverbraucher netzunabhängiger Betrieb kein Einfluss durch Niederschlagswasser	geringer Abfluss mit tageszeitlich großen Schwankungen störende Abwasserinhaltsstoffe dezentrale Anlagen mit hohem Betriebsaufwand
im Entwässerungssystem 	größere Abwassermengen kurze bis mittlere Wärmetransportwege Überwachung und Betriebssicherheit angemessen	Abhängigkeit von Netzbetreiber Einbauten bedingen Überwachung Einfluss auf Abwasserreinigung

Grundlagen der Wärmegewinnung

■ Mögliche Standorte

Ort der Wärmegewinnung	Vorteile	Nachteile
im Gebäude 	relativ hohe Abwassertemperaturen sehr kurzer Wärmetransportweg Betreiber = Wärmeverbraucher netzunabhängiger Betrieb kein Einfluss durch Niederschlagswasser	geringer Abfluss mit tageszeitlich großen Schwankungen störende Abwasserinhaltsstoffe dezentrale Anlagen mit hohem Betriebsaufwand
im Entwässerungssystem 	größere Abwassermengen kurze bis mittlere Wärmetransportwege Überwachung und Betriebssicherheit angemessen	Abhängigkeit von Netzbetreiber Einbauten bedingen Überwachung Einfluss auf Abwasserreinigung
auf bzw. nach der Kläranlage 	kein Einfluss auf Abwasserreinigung (wenn WGA nach der Kläranlage) große/relativ konstante Abwassermenge und damit größtes Wärmeangebot Abwasser ist gereinigt Abkühlung des Abwassers zu Gunsten des Gewässers	wenn keine Abnehmer in der Nähe sind, langer Wärmetransportweg Abhängigkeit vom Kläranlagenbetreiber

Wärmetauscher



Nachträglich eingebaute Rinnenwärmetauscher (UHRIG)



- + Für geringe Abwassermengen, da mit Trockenwetterrinne ausgestattet
- VL/RL sind unter dem Wärmetauscher, eine Entlüftung von im Wärmetauscher „gefangener“ Luft ist schlecht möglich

Fest verbauter Sohlwärmetauscher (Rabtherm)



- + **Vorfabrikation möglich, schnelle Verlegung, keine Querschnittsminderung (keine Einbauten in Profil)**
- **Einmal eingebaut ist der Wärmetauscher nicht mehr zugänglich und bei Defekt nicht austauschbar; exakte Verlegung für Dichtigkeit unerlässlich**

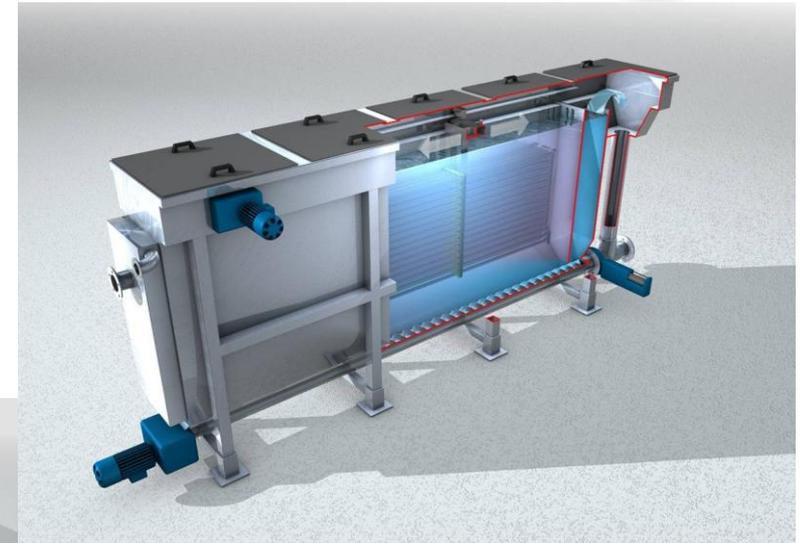
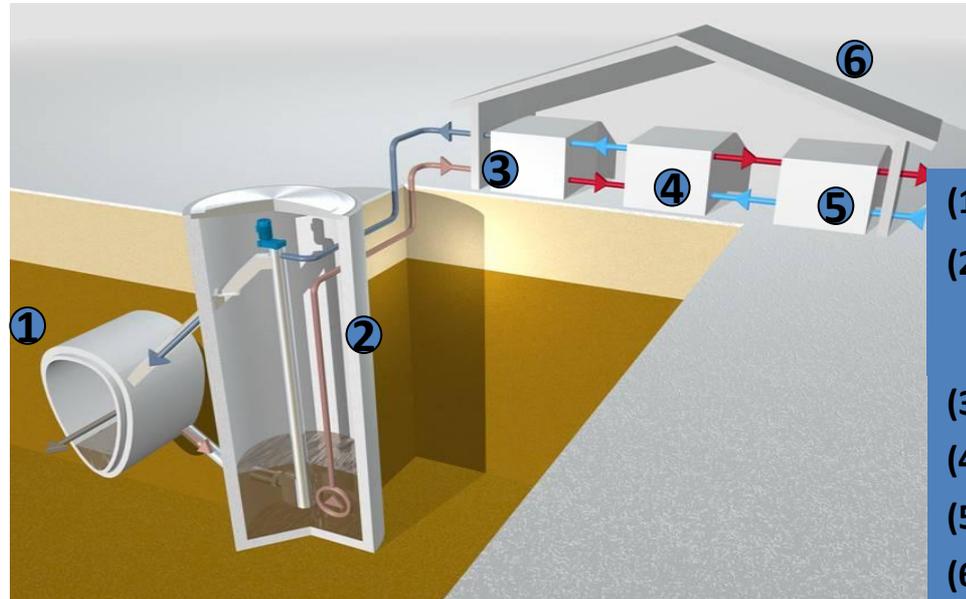
Nachträglich eingebaute Rinnenwärmetauscher (KASAG)



- + Günstigere Herstellung; hohe Betriebsdrücke möglich, geringe Druckverluste; guter Wärmeübertrag; geringe Beeinflussung des Kanalquerschnitts; Durchströmung klar definiert
- Entlüftung des Wärmetauschers auf der Gegenseite der Einläufe nicht möglich

Bypasssystem (Huber)

Wärmetauscher für mechanisch
vorgereinigtes Abwasser



- (1) Abwasserkanal
- (2) Schachtbauwerk mit Siebanlage, vollautomatischer Rechengutrückführung in den Kanal sowie Abwasserpumpe
- (3) Wärmetauscher für Abwasser
- (4) Wärmepumpe
- (5) Energiespeicher
- (6) Energiezentrale

Inliner mit Wärmetauschermatte



Wirtschaft

Wärmetauschermatte Heatliner in Erprobung

Das Projekt der Wärmerückgewinnung aus Abwasser mittels einer Wärmetauschermatte kommt voran. Im Dezember des letzten Jahres hat die EUV Stadtbetrieb Castrop-Rauxel AöR einen Prototypen der Wärmetauschermatte in eine Versuchsbaustelle eingebaut. Mit Hilfe der hier ermittelten Daten soll nun die Arbeitsweise des „Heatliners“ erfasst werden. Gleichzeitig dienten die Daten für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung, berichtete Mike Böge vom iro Oldenburg Anfang Februar auf dem 23. Oldenburger Rohrleitungsforum.

Im Oktober 2006 hat das iro gemeinsam mit dem FITR der Universität Weimar mit der Entwicklung einer Wärmetauschermatte begonnen. Die Matte soll in Kombination mit einem Schlauchliner in kleine wohngebietsnahe Kanäle eingebracht werden, um dort relativ frühzeitig den noch warmen Abwasser Wärme zu entziehen. Eine Wirtschaftlichkeit des Heatliners sei vor allem dann gegeben, wenn schadhafte Kanäle mittels Schlauchlinierung in unmittelbarer Nähe zu beheizender Gebäude saniert würden, so Böge. Als Industriepartner ist der Linerspezialist Brandenburger mit im Boot (EUWID 07/2008).

Im Zuge ihrer Forschungen haben sich die Partner für eine Kunststofflösung in Sandwichbauweise entschieden. Im ersten Schritt wird ein Liner in die Kanalhaltung eingezogen. Dieser deckt die Kanalsanierung vollständig ab und dient gleichzeitig als homogene Grundlage der Wärmetauschermatte. Um den hydraulischen Abwasserabfluss nicht zu behindern, wird auf die dazwischenliegende Wärmetauschermatte ein Liner in den Kanal eingebracht. Während des Aufstellens des Liners mittels Druckluft erhöht sich aufgrund der Verformung des Heatliners die Kontaktfläche zum Innenliner, eine effektivere Wärmeleistung ist die Folge. □

sch
aht

Soft
Grur

ww
kc
w.ka

Str
übe

Wass
Stron
dem i
energ
über
mehr
serkn
Prodi
weite
Zahle
und 1
letzte
kWh)
len e
von 5
Stron
Wind
Mrd.
bei. E
einen
mit 2

Euwid 02/09

Bündelrohrwärmetauscher

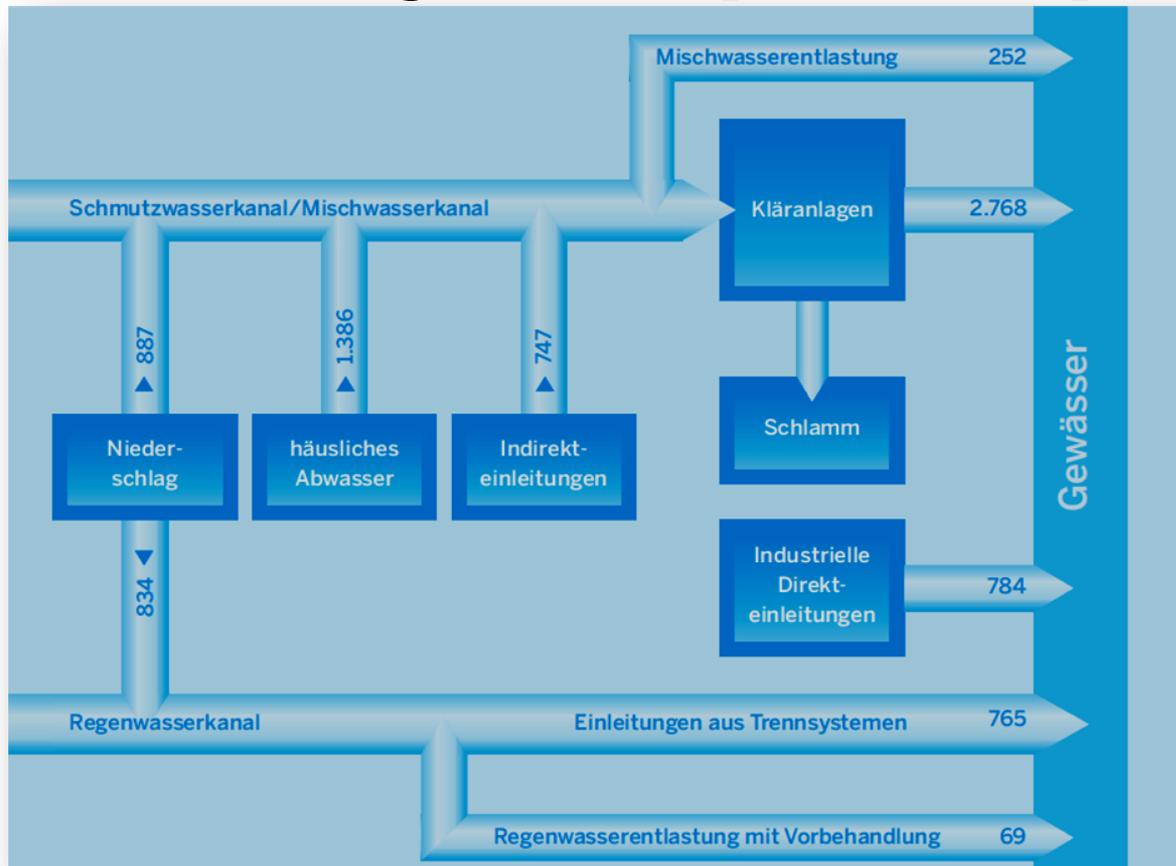


Freeflow-Plattenwärmetauscher



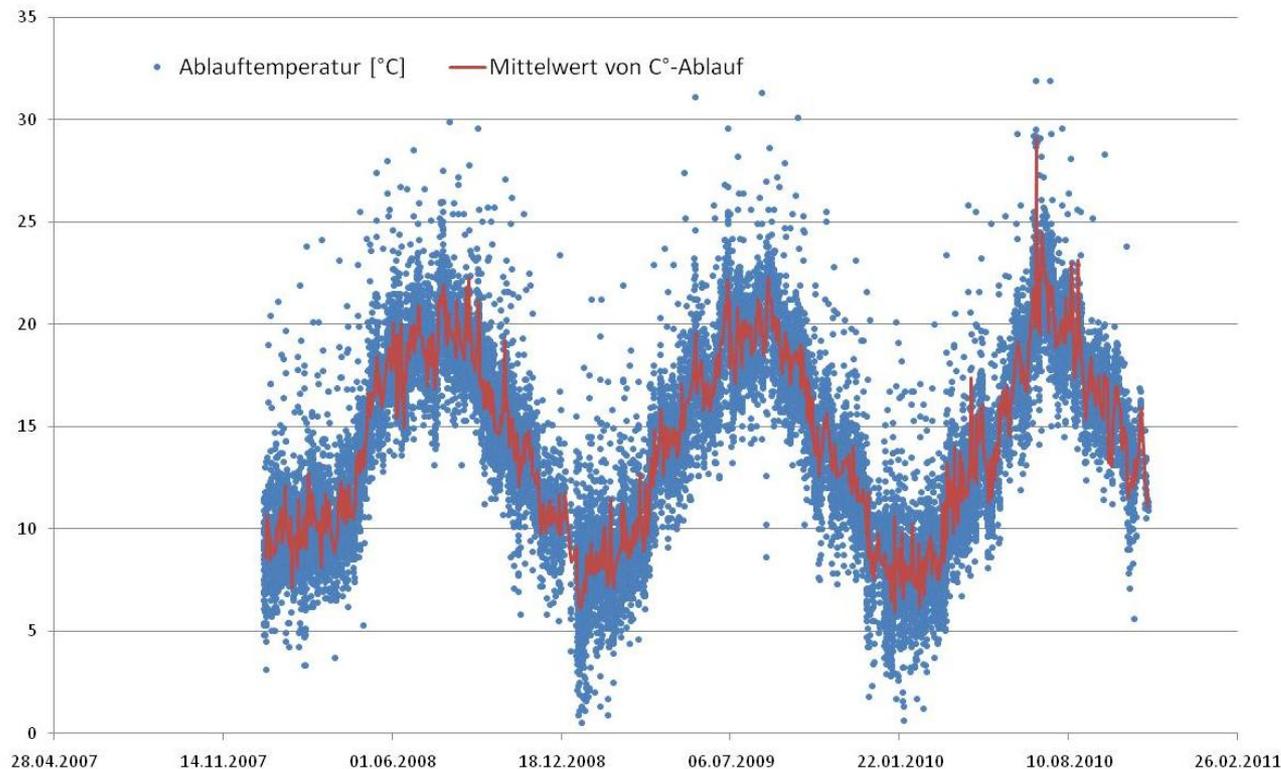
Abwasserwärmepotentiale in NRW

■ Abwassermengen NRW [Mio. m³/a]



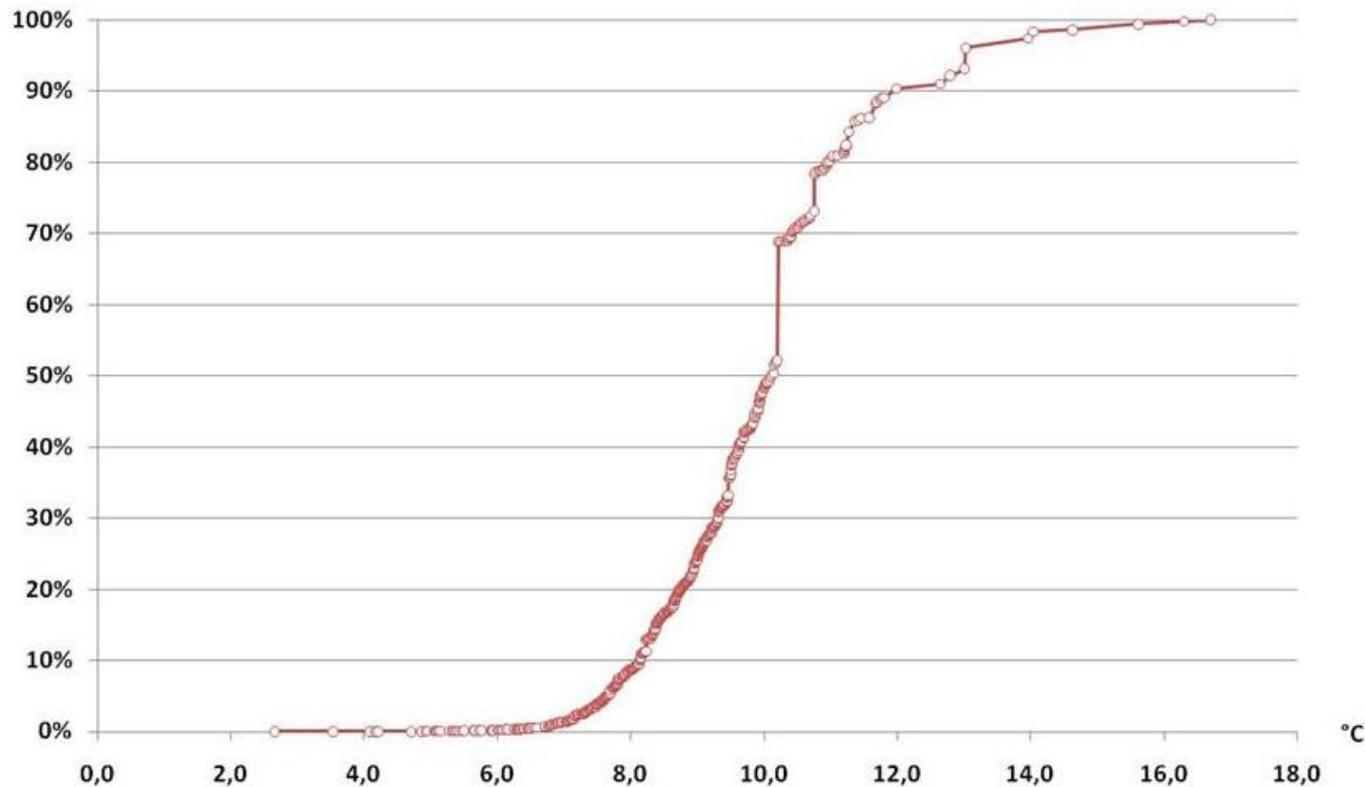
Abwasserwärmepotentiale in NRW

- Ablauftemperaturen aller Kläranlagen (Größenklassen 1 – 5) in NRW



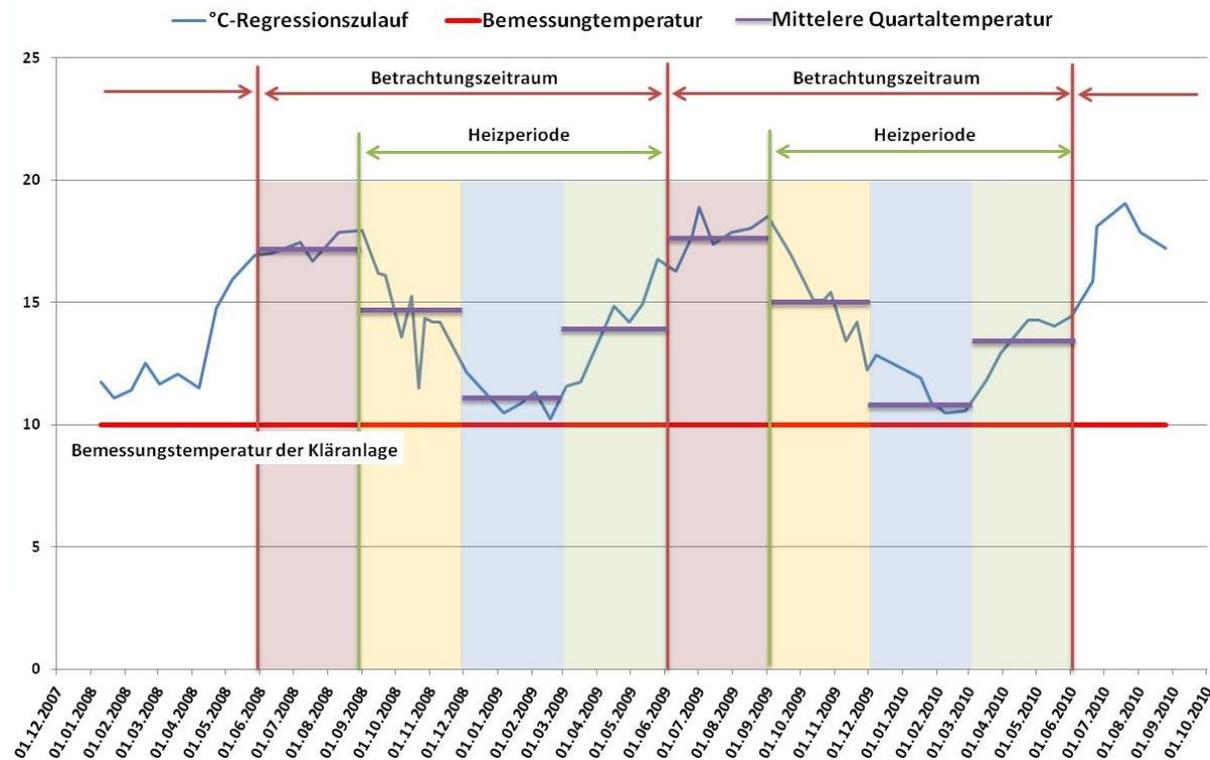
Abwasserwärmepotentiale in NRW

- Dreijahres- $^{\circ}\text{C}$ -Zulaufmittelwerte für den Zeitraum Dezember – Februar



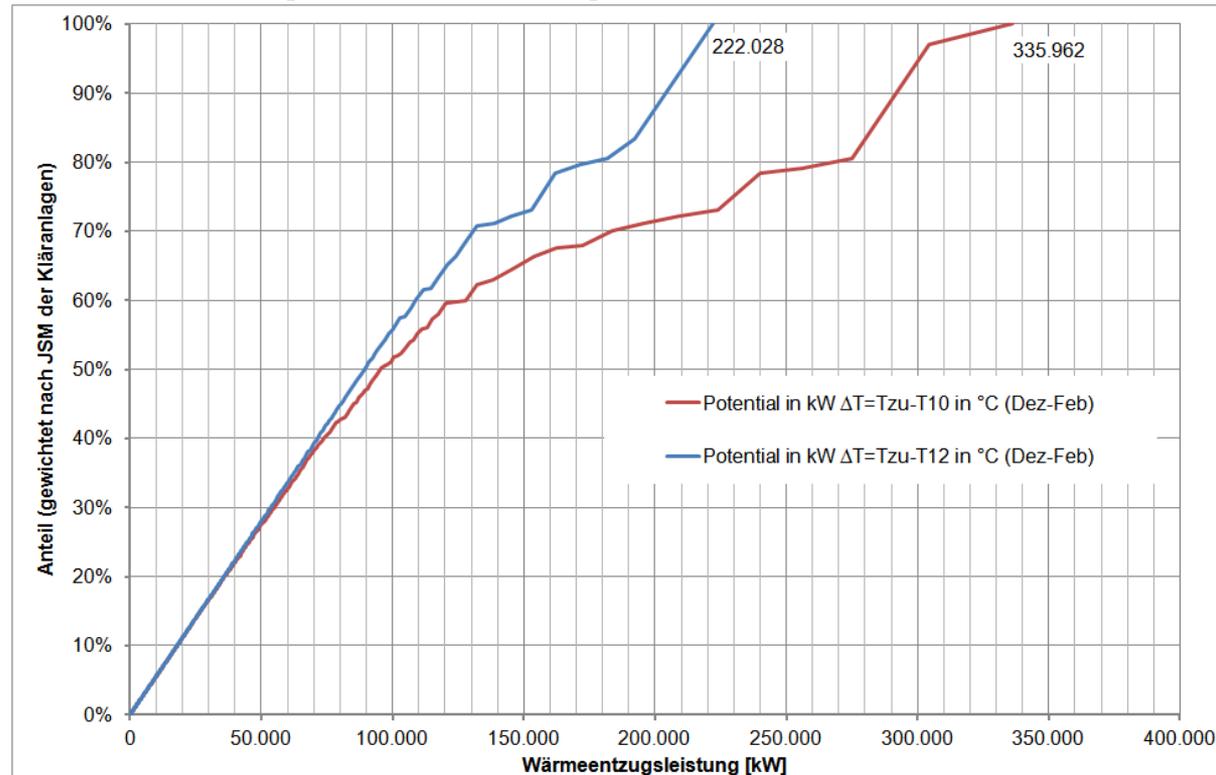
Abwasserwärmepotentiale in NRW

- Beispiel für mittlere Quartalstemperaturen im Kläranlagenzulauf



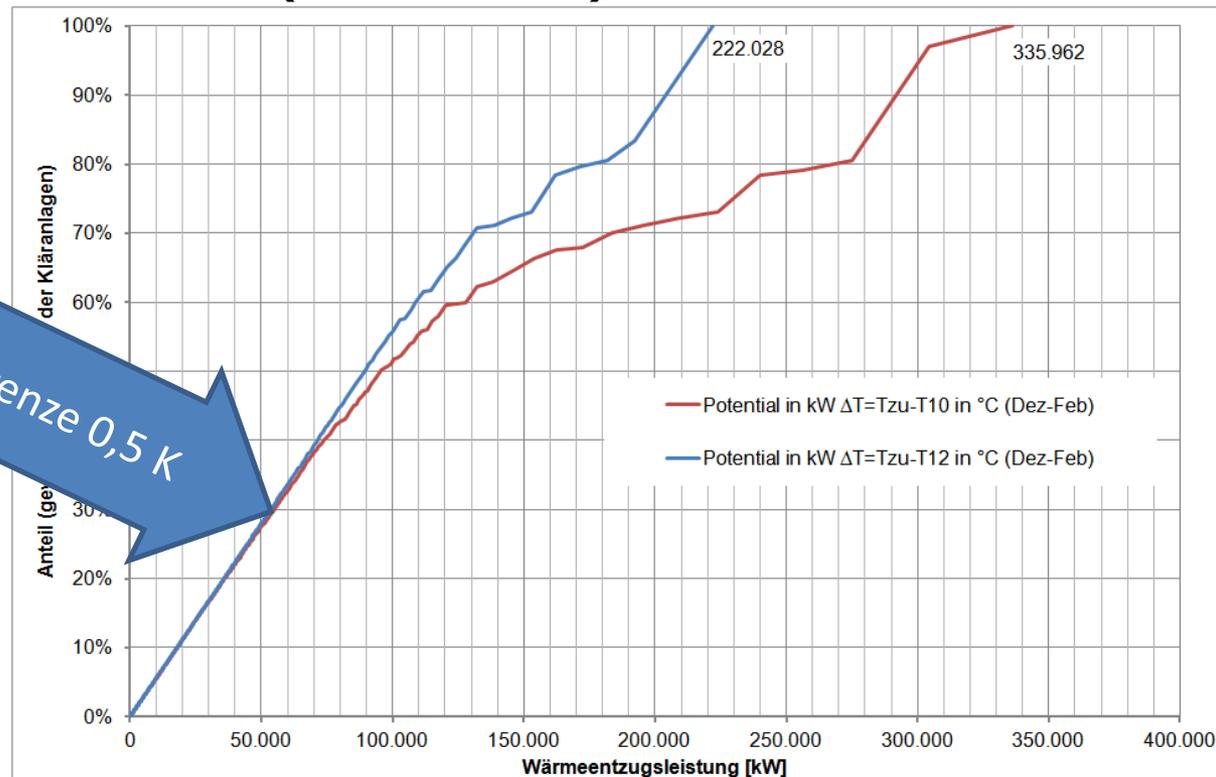
Abwasserwärmenutzungspotentiale in NRW

- Abwasserwärmeentzugsleistung der Kläranlagen in NRW (GK 1 – 5)



Abwasserwärmenutzungspotentiale in NRW

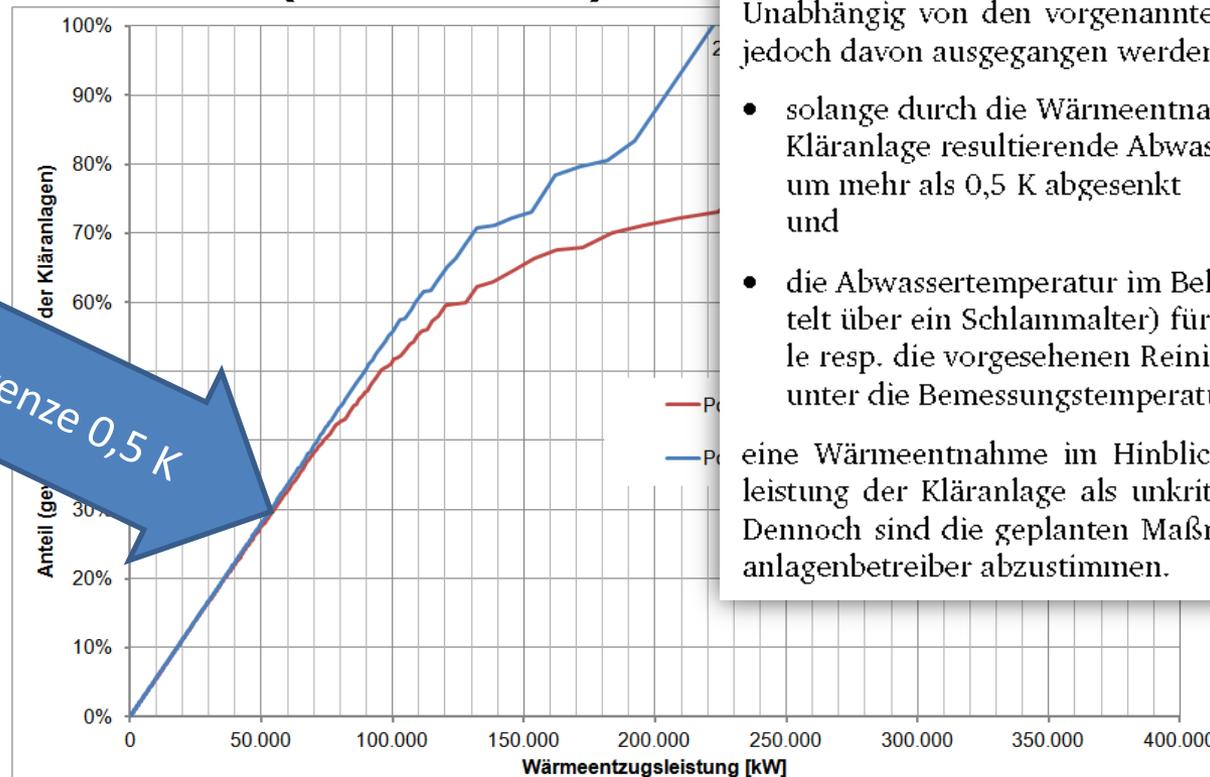
- Abwasserwärmeentzugsleistung der Kläranlagen in NRW (GK 1 – 5)



Bagatellgrenze 0,5 K

Abwasserwärmenutzungspotentiale in NRW

■ Abwasserwärmeentzugsleistung der Kläranlagen in NRW (GK 1 – 5)



Bagatellgrenzen

Unabhängig von den vorgenannten Ausführungen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass:

- solange durch die Wärmeentnahme die im Zulauf zur Kläranlage resultierende Abwassertemperatur nicht um mehr als 0,5 K abgesenkt und
- die Abwassertemperatur im Belebungsbecken (gemittelt über ein Schlammalter) für die jeweiligen Lastfälle resp. die vorgesehenen Reinigungsprozesse nicht unter die Bemessungstemperatur fallen,

eine Wärmeentnahme im Hinblick auf die Reinigungsleistung der Kläranlage als unkritisch zu beurteilen ist. Dennoch sind die geplanten Maßnahmen mit dem Kläranlagenbetreiber abzustimmen.

Bagatellgrenze 0,5 K

Abwasserwärmennutzungspotentiale in NRW

■ Realisierbares Heizpotential

- Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen Kläranlagen bei **monovalentem Anlagenbetrieb** (COP = 3,5)

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

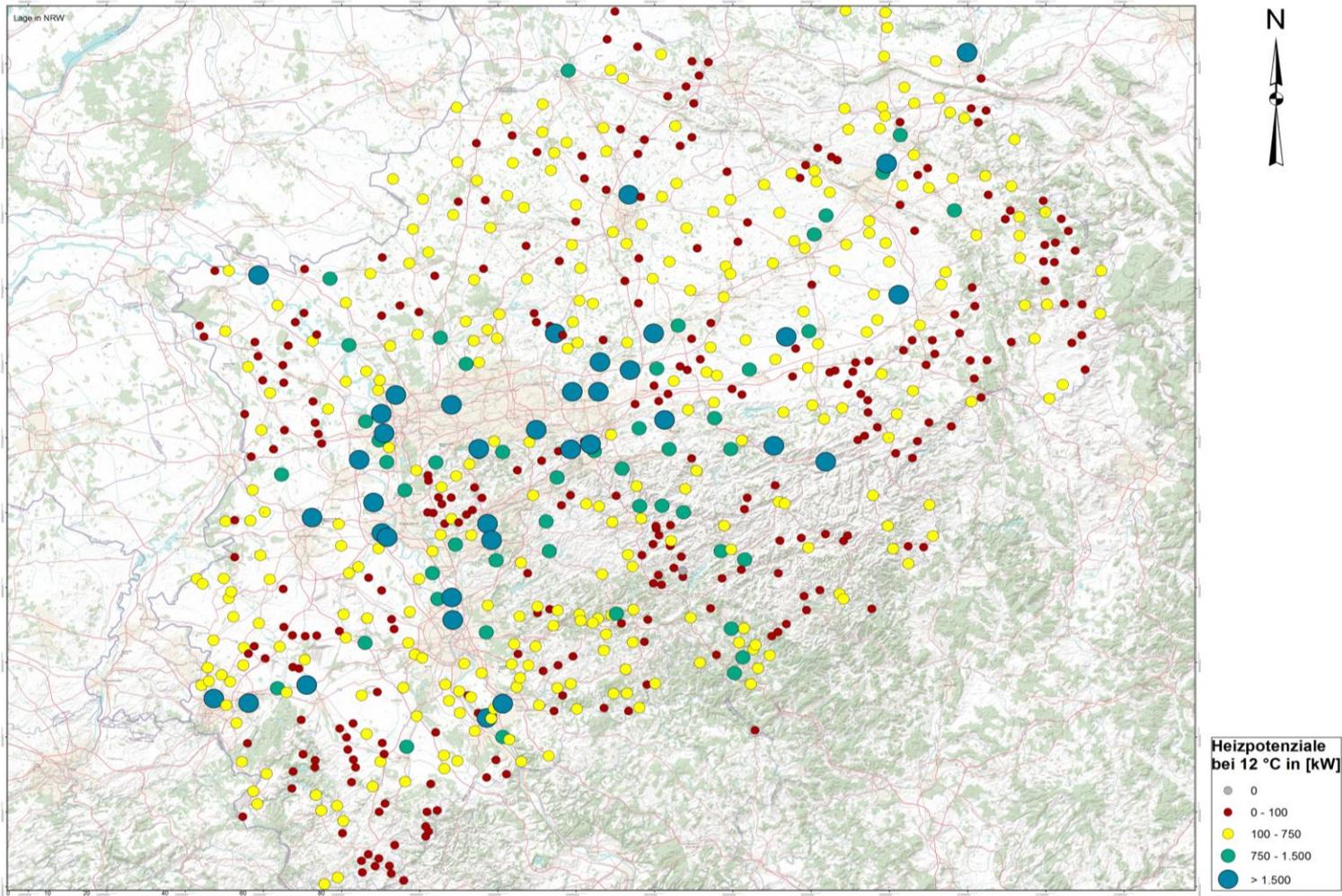
Abwasserwärmennutzungspotentiale in NRW

■ Realisierbares Heizpotential

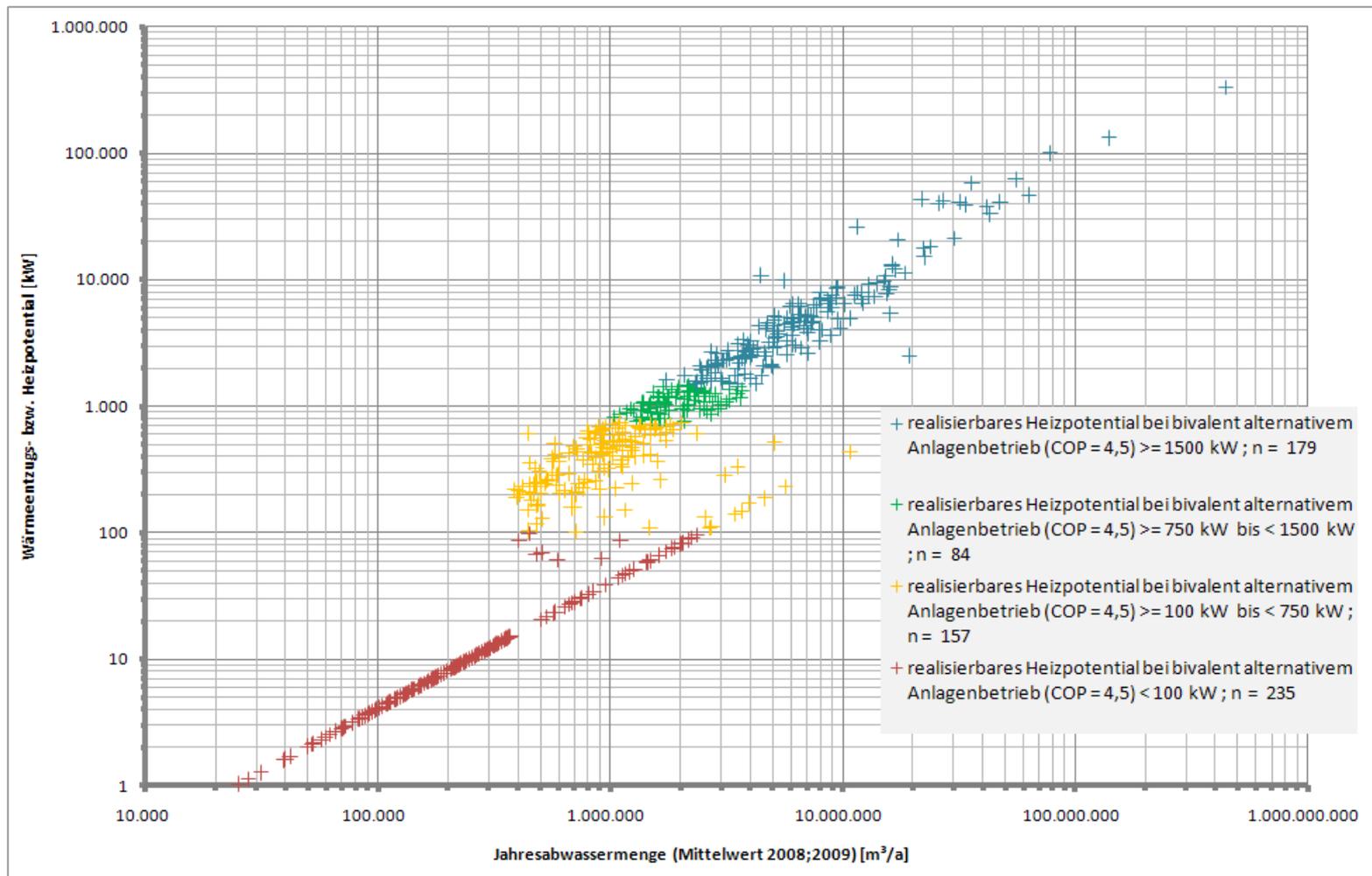
- Abschätzung des realisierbaren Heizpotenzials in NRW aus dem Kanal und aus kommunalen Kläranlagen bei **bivalent alternativem Anlagenbetrieb** (COP = 4,5)

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

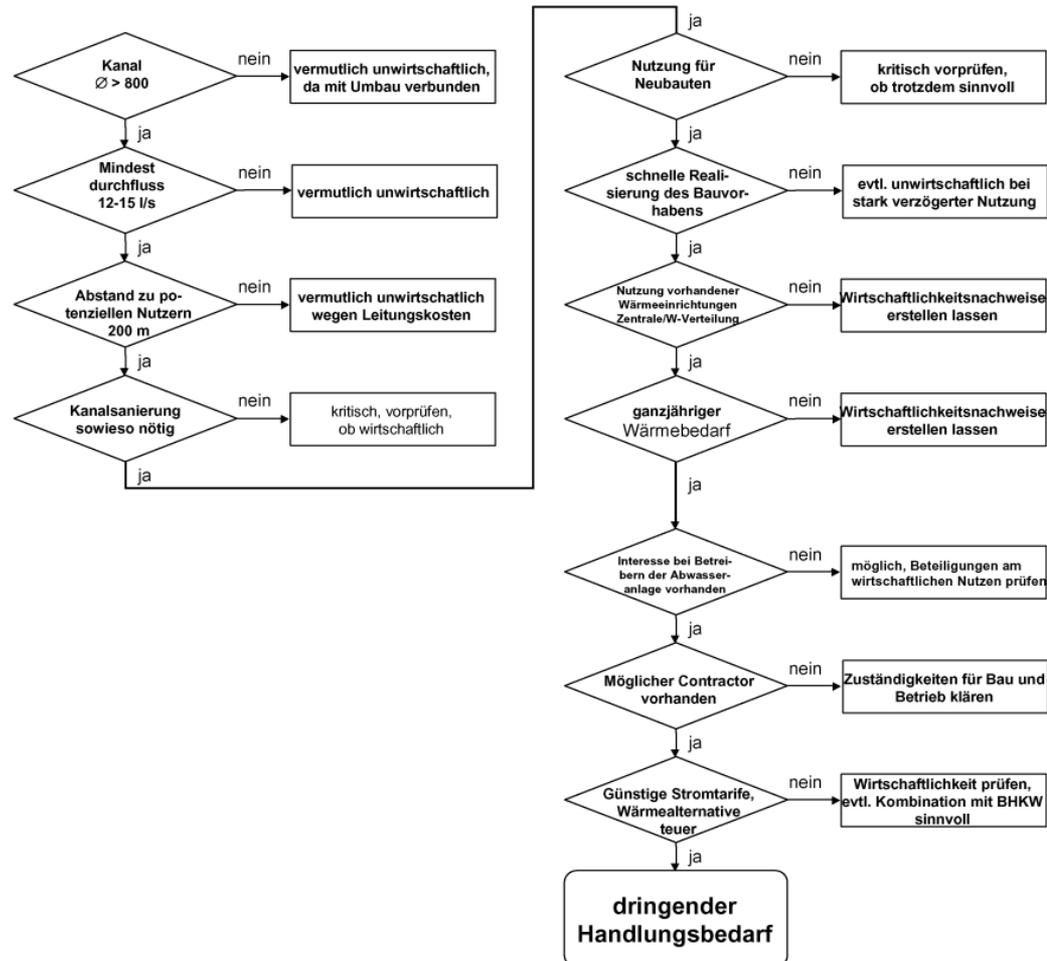
Abwasserwärmepotentiale in NRW



Abwasserwärmenutzungspotentiale in NRW

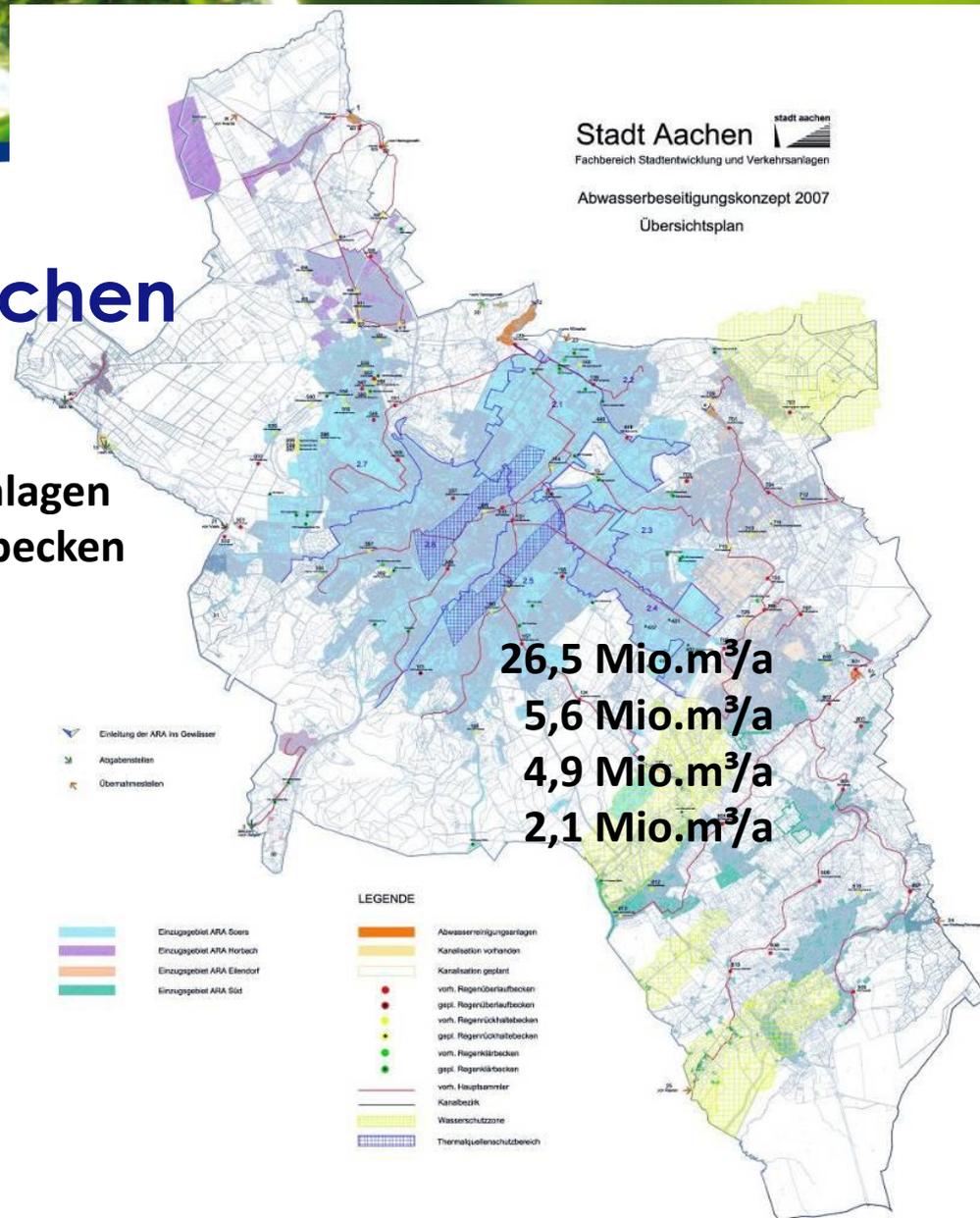


Methodik zur Suche nach geeigneten Standorten



Potenzialstudie für Aachen

- **Abwasserbeseitigung in Aachen**
 - WVER ist Betreiber der 4 Kläranlagen und der großen Regenüberlaufbecken
 - **Abwassermengen (2007):**
 - Kläranlage AC-Soers
 - Kläranlage AC-Eilendorf
 - Kläranlage AC-Süd
 - Kläranlage AC-Horbach
- **Besonderheit Thermalquellen:**
 - Aachener Quellenzug
 - Burtscheider Quellenzug



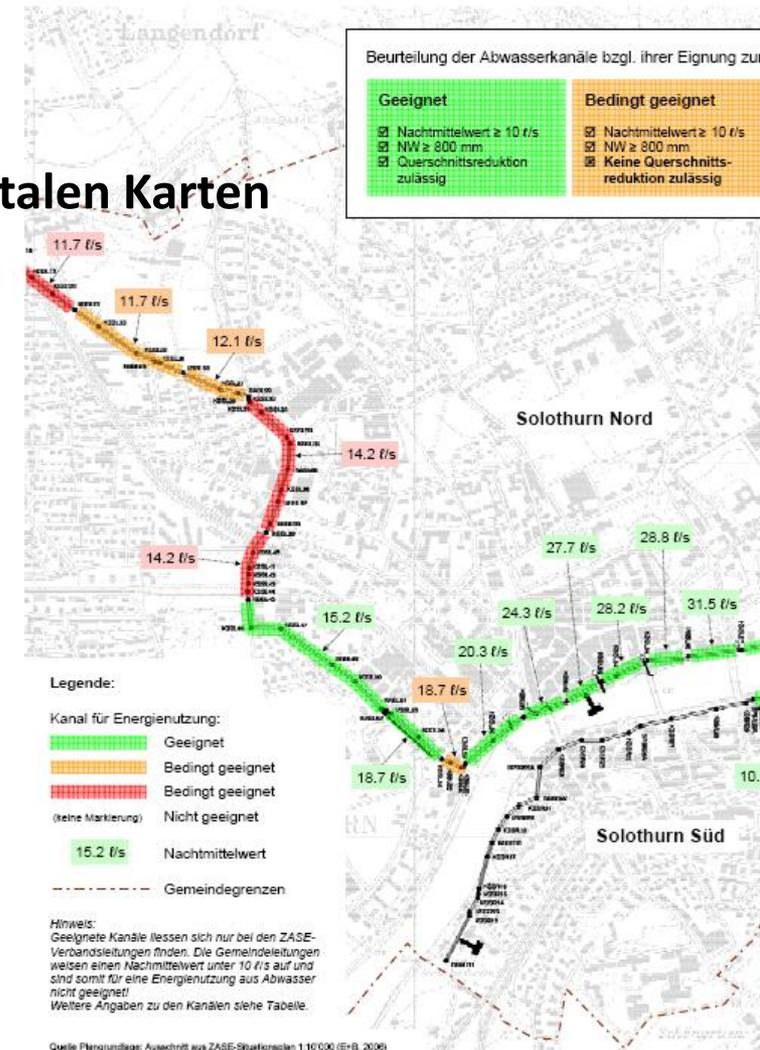
Warum Aachen?

Potenzialstudie für Aachen

Auswertung von Kanalstammdaten und digitalen Karten

- Nennweite
- Abwasserart
- Trockenwetterabfluss (Tagesganglinie)
- Temperatur (-ganglinie)
- Hydraulische Reserven
- Geplante Sanierungsmaßnahmen
- Indirekteinleitungen
- Fremdwasser
- Einleitung thermaler Wässer

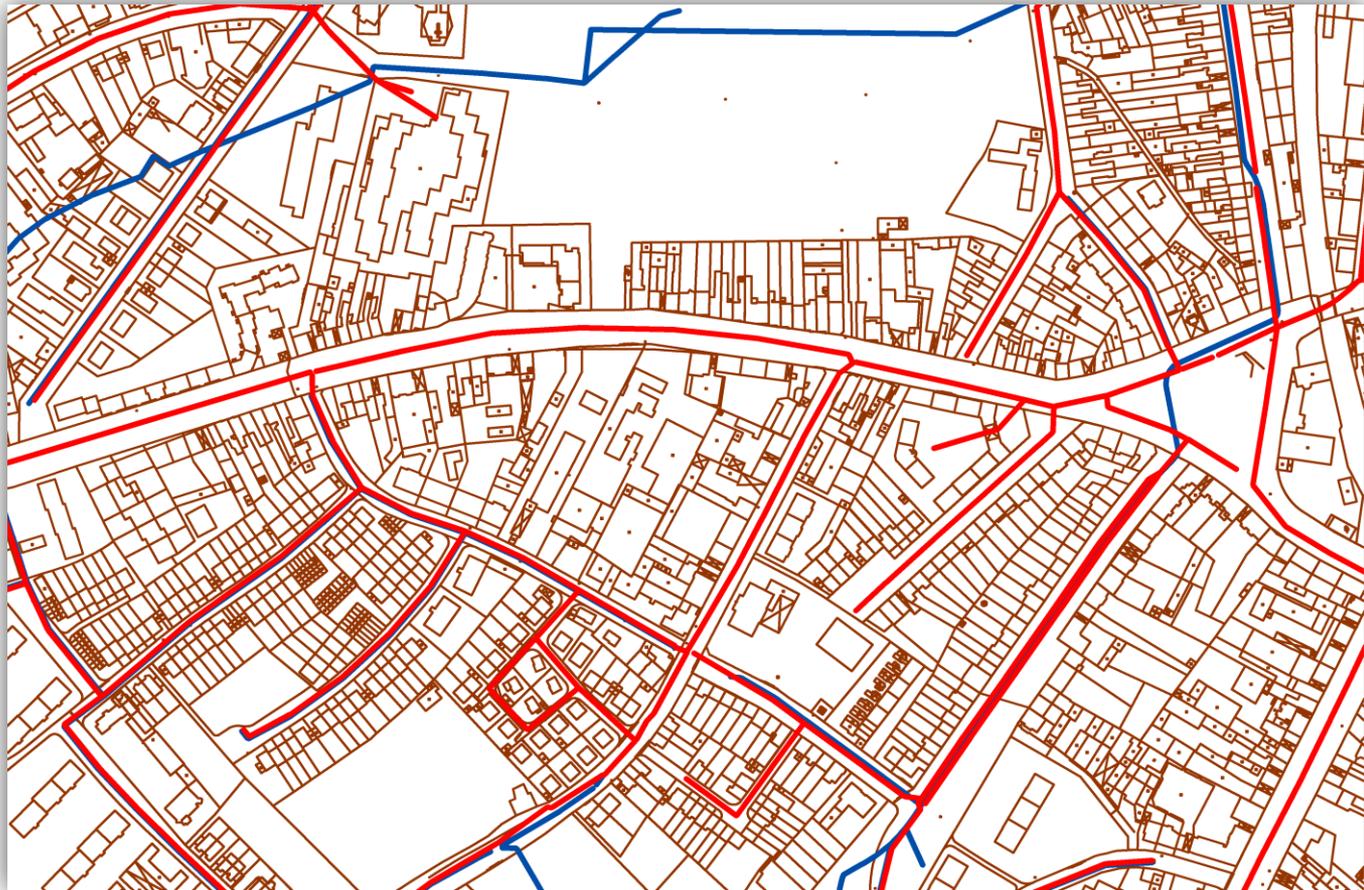
- Fernwärmenetz der STAWAG



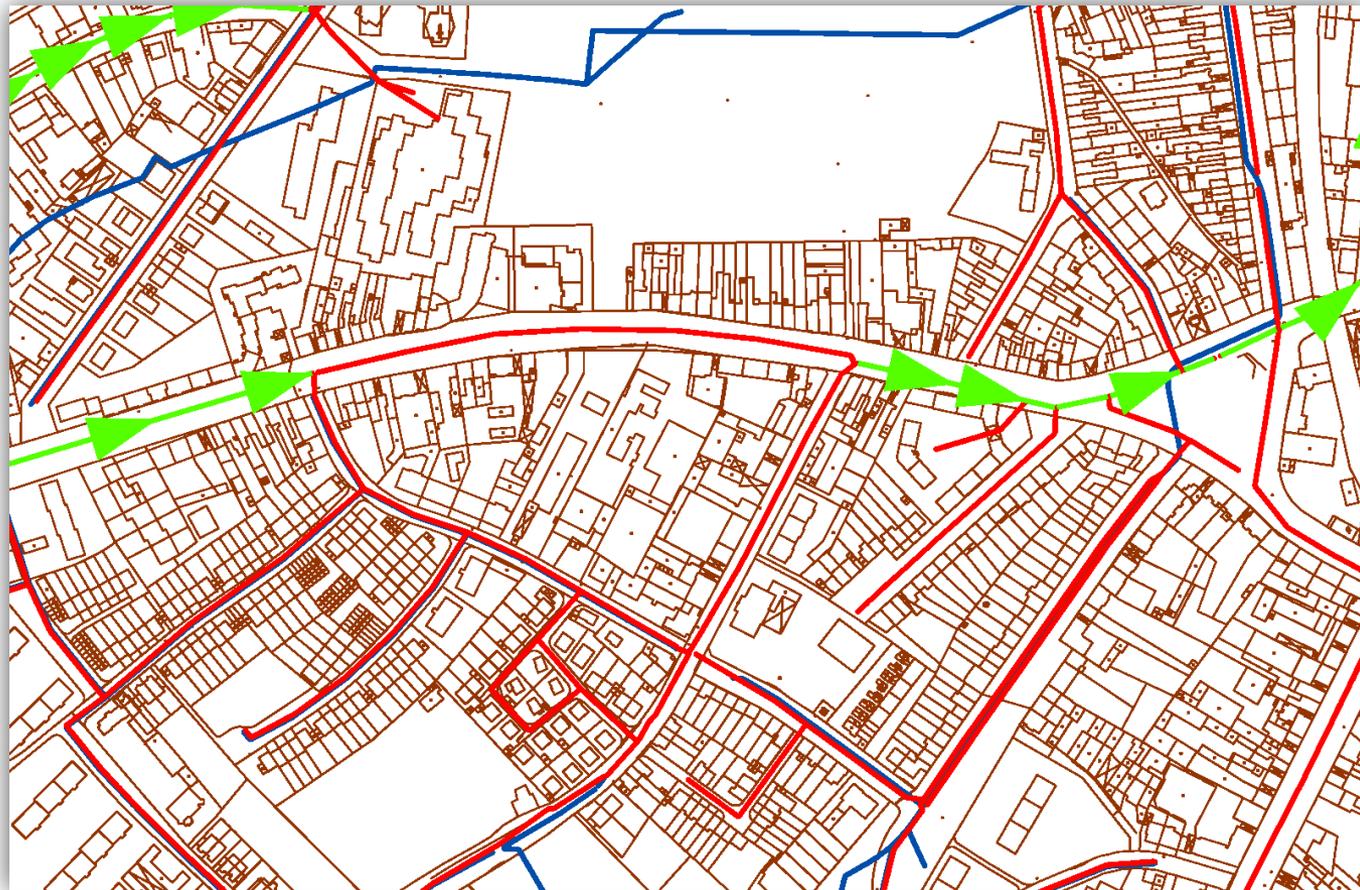
Potenzialstudie für Aachen



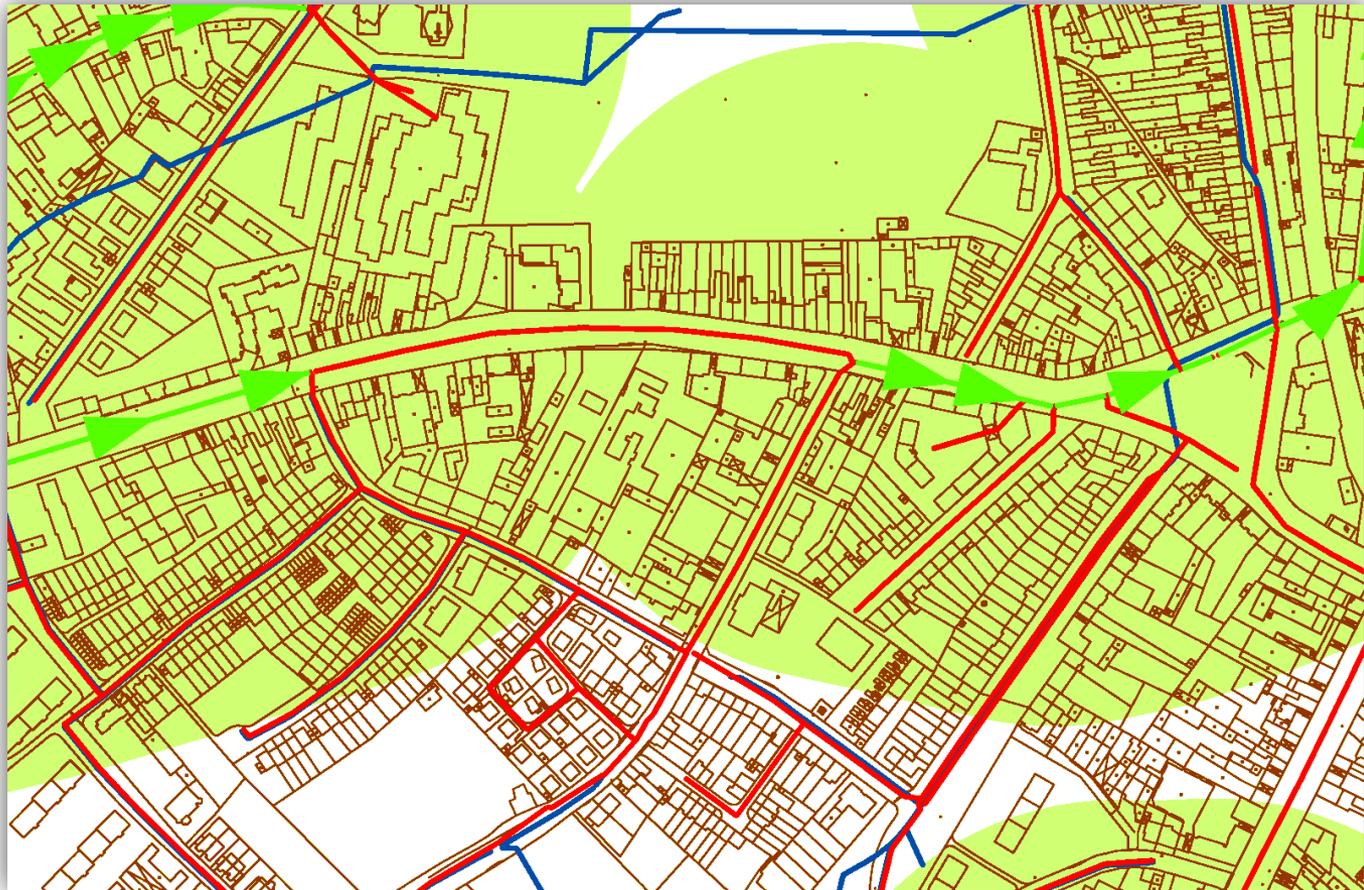
Potenzialstudie für Aachen



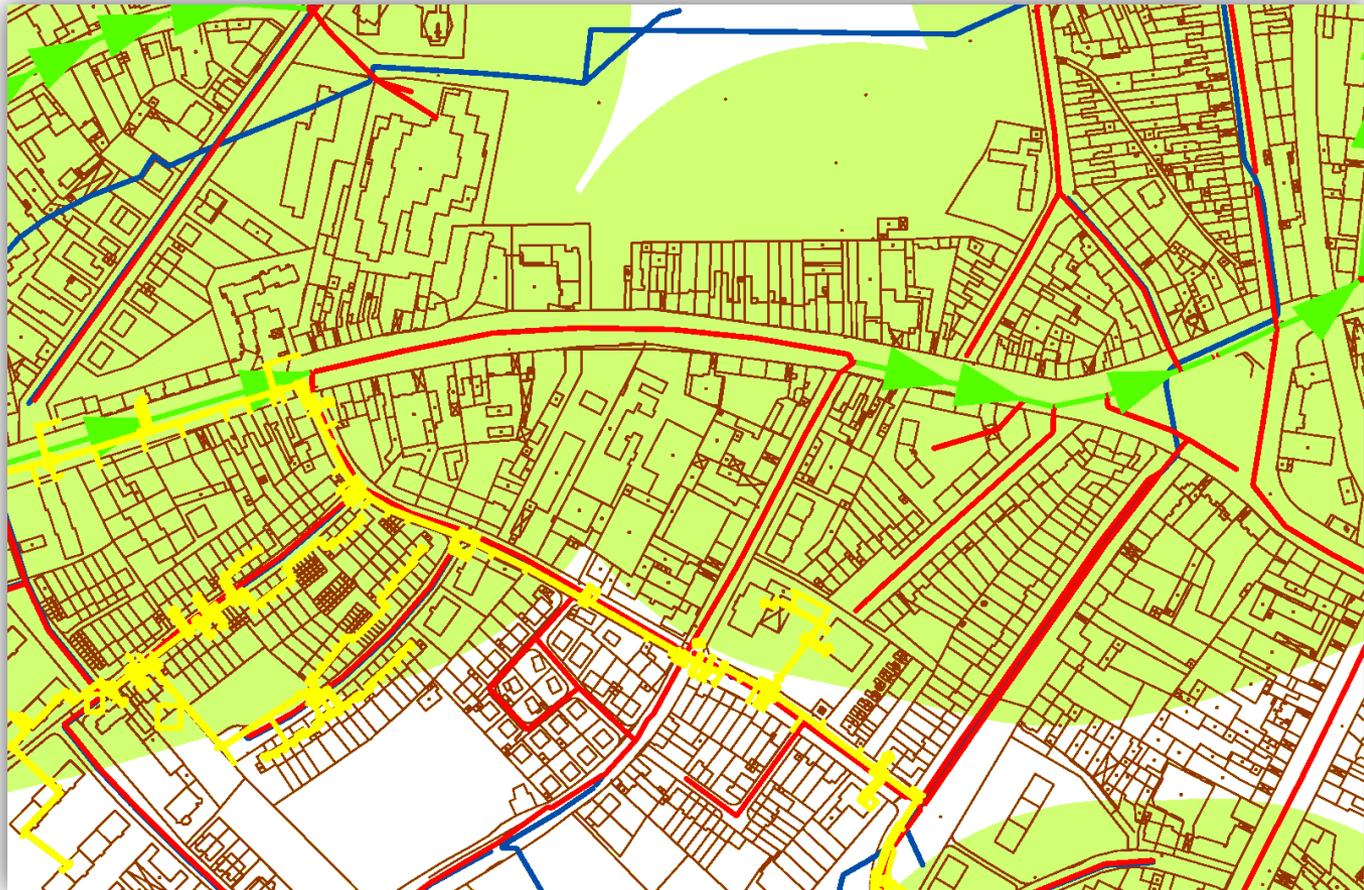
Potenzialstudie für Aachen



Potenzialstudie für Aachen

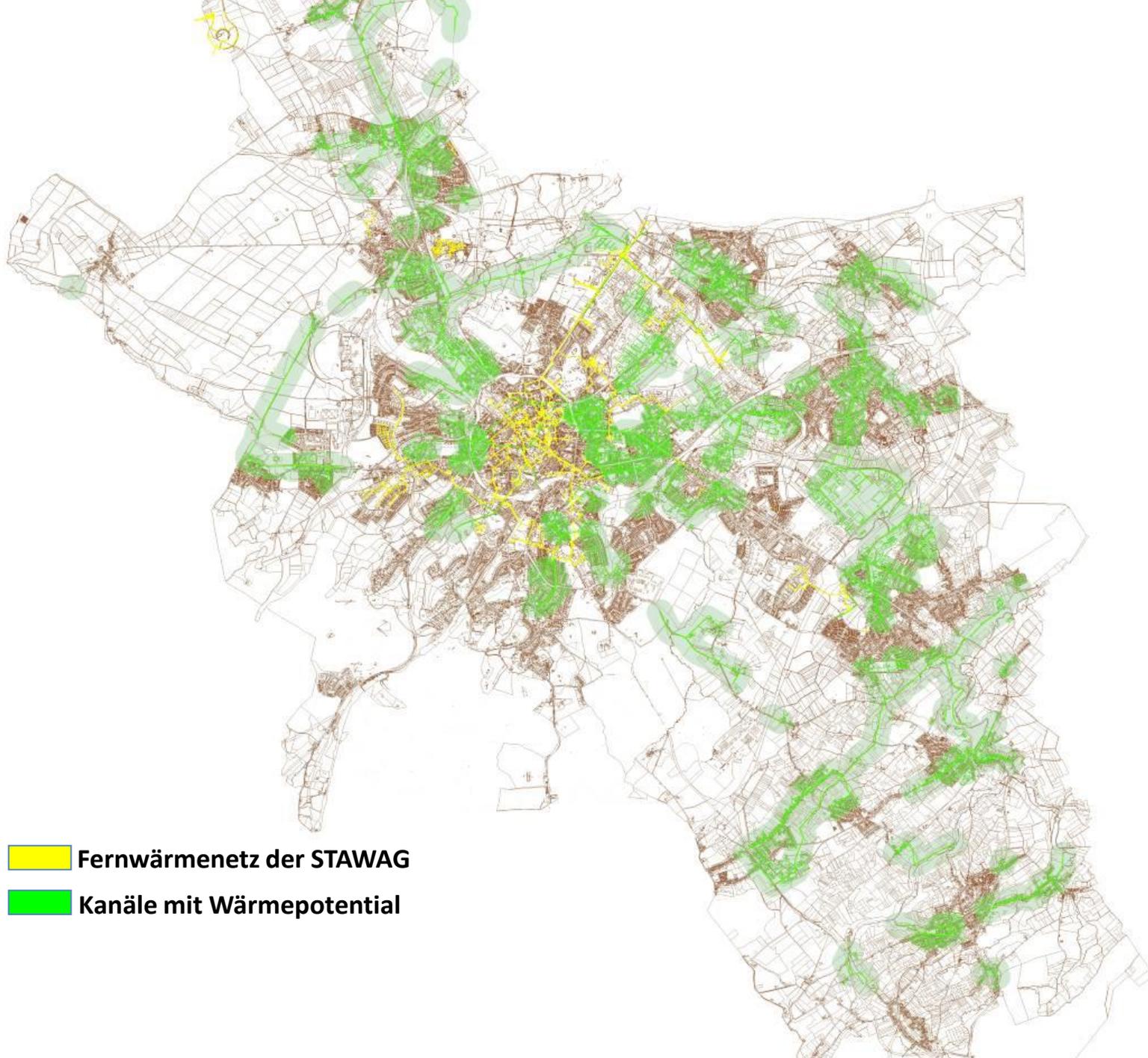


Potenzialstudie für Aachen



Potenzialstudie für Aachen





 **Fernwärmenetz der STAWAG**

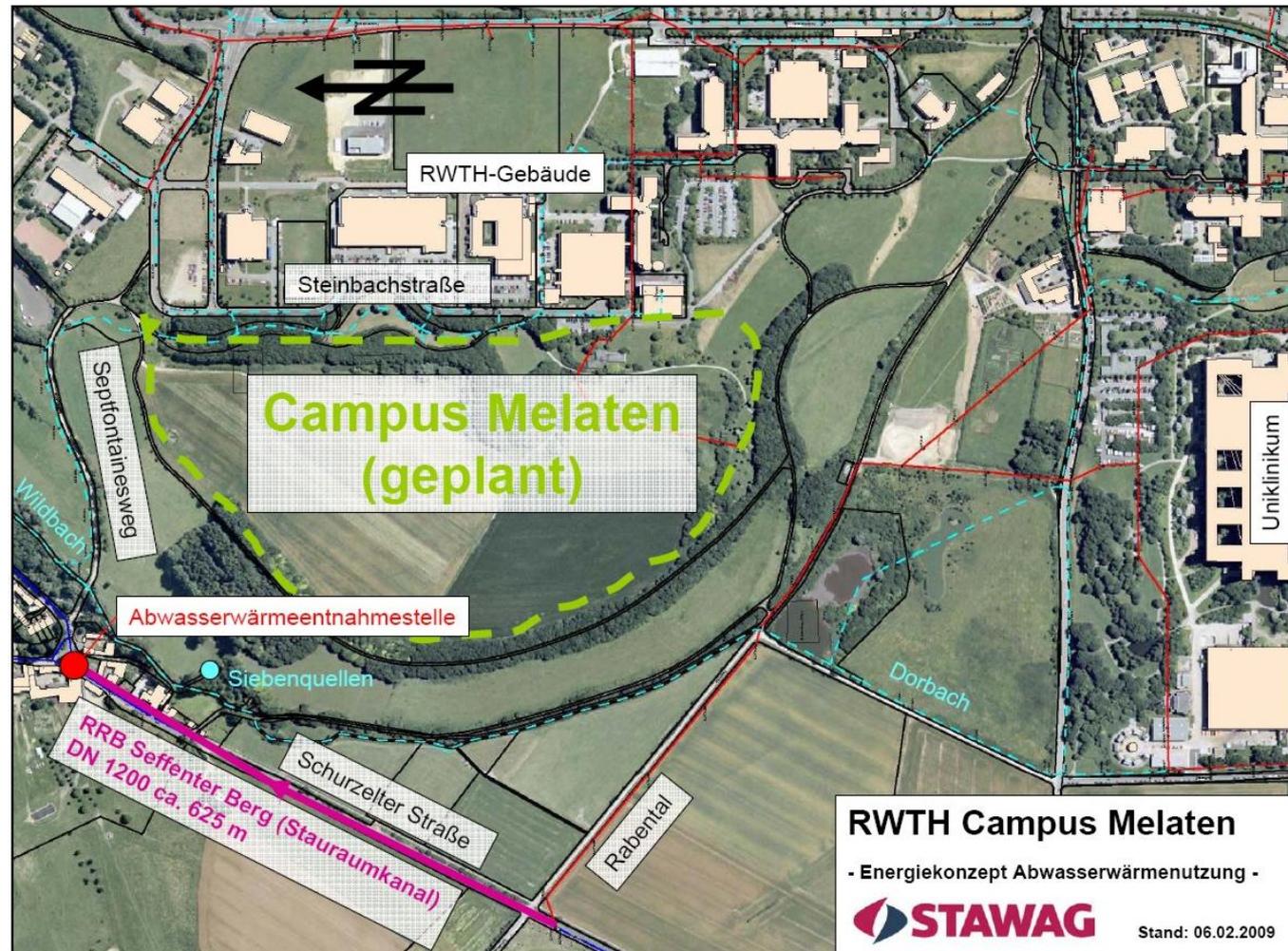
 **Kanäle mit Wärmepotential**

Potenzialstudie für Aachen

- Visualisierung möglicher Standorte durch Verschneidung der georeferenziert vorliegenden Daten
- Kommunizierung möglicher Standorte
- Identifizierung von Piloten
 - Campus Melaten
 - Kranzstraße / Burggrafenstraße



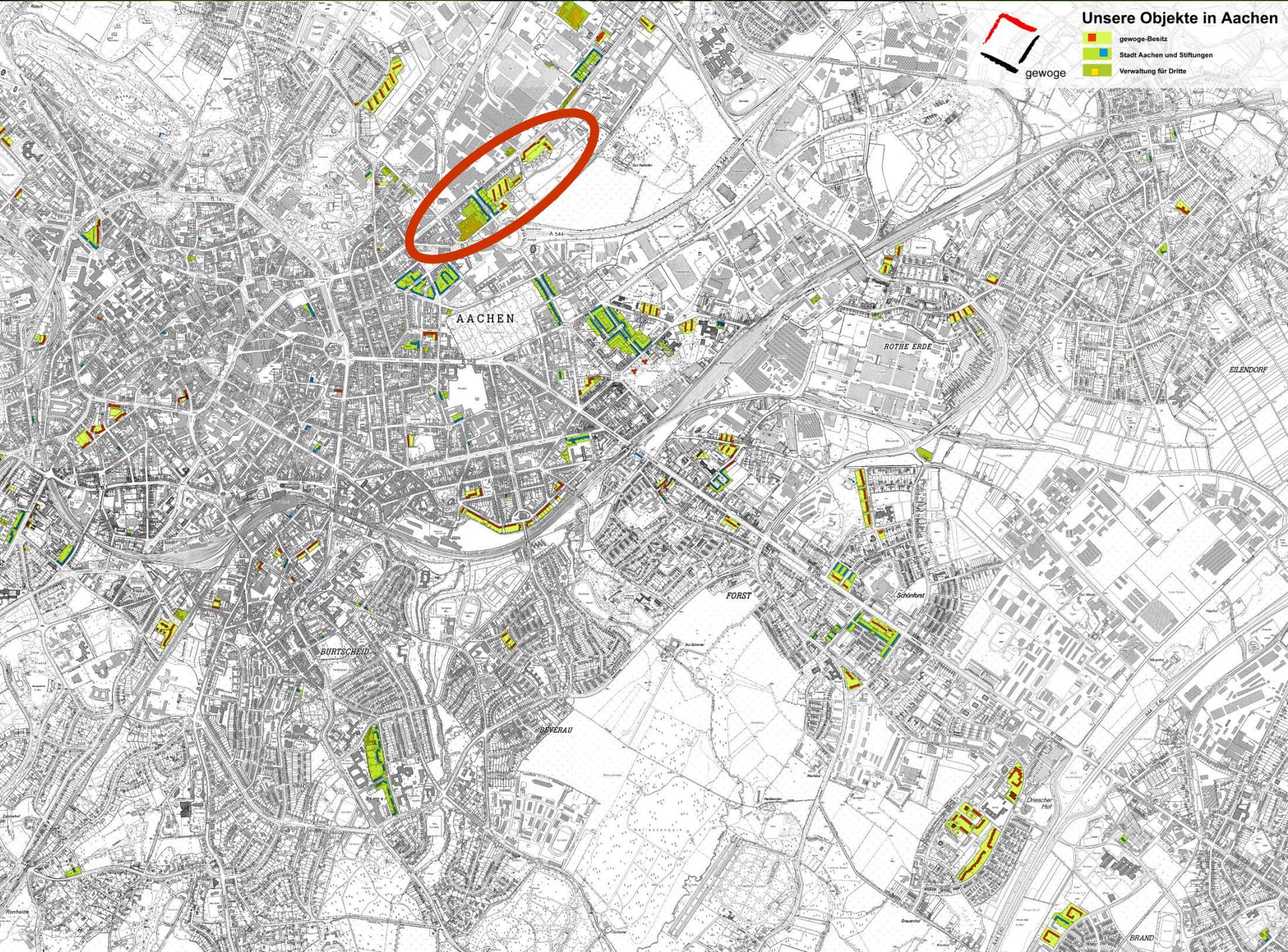
Campus Melaten



Unsere Objekte in Aachen



-  gewoge-Besitz
-  Stadt Aachen und Stiftungen
-  Verwaltung für Dritte



AACHEN

ROTHE ERDE

EILENDORF

FORST

BURTSCHIED

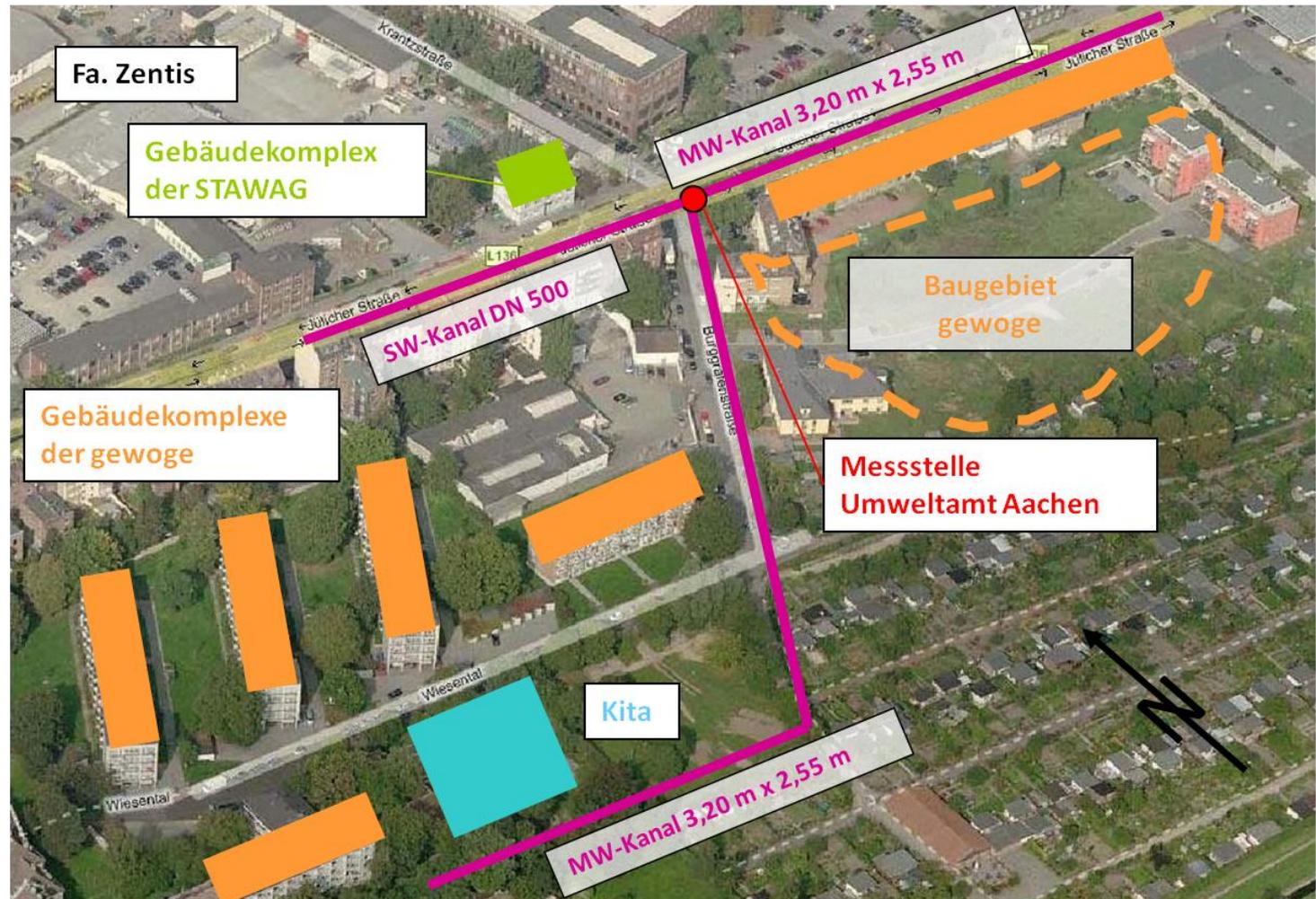
BEVERAU

Schönlens

Driescher Hof

BRAND

Versorgung Gebäudekomplex mit etwa 250 WE



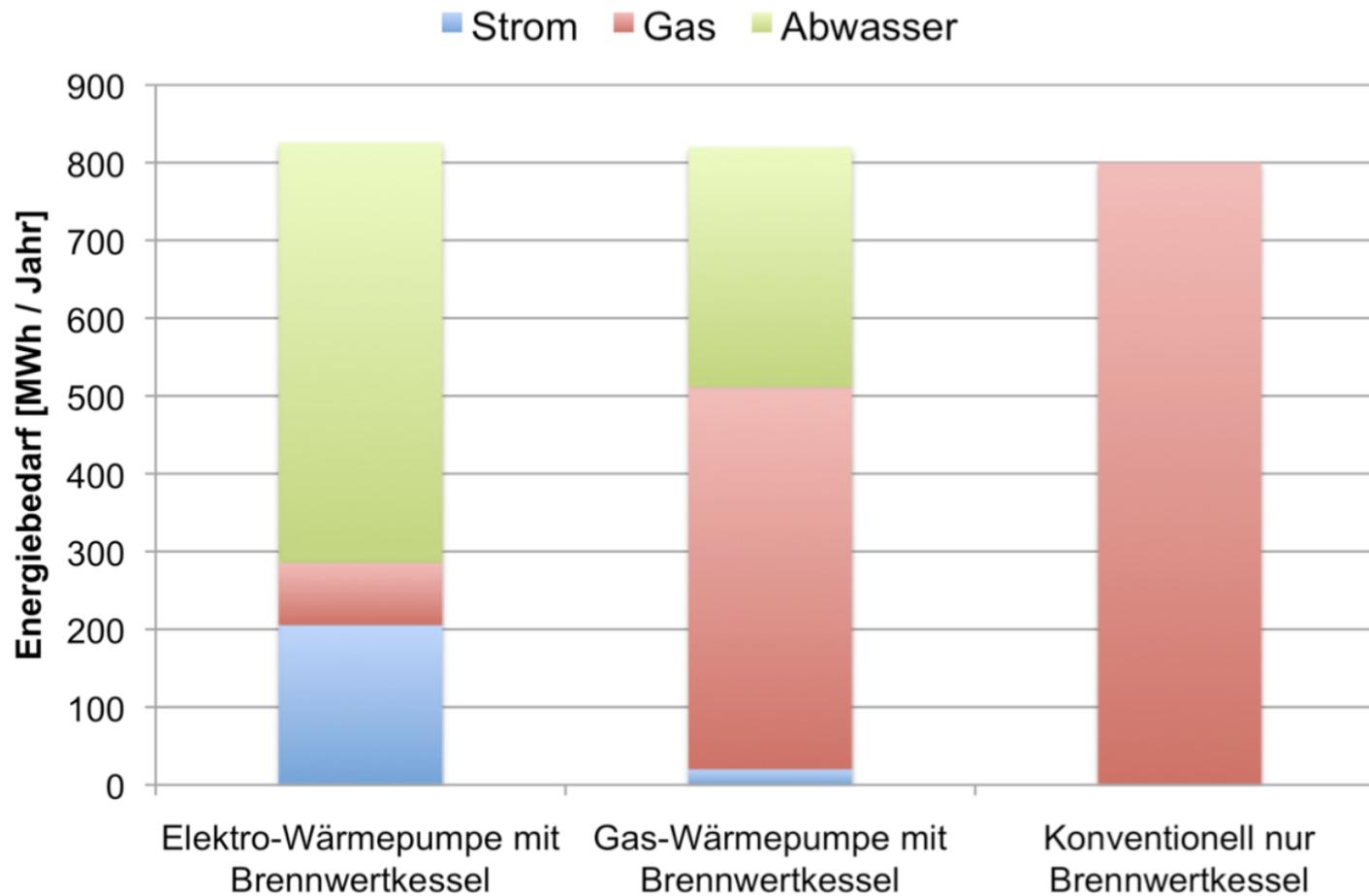
Versorgung Gebäudekomplex mit etwa 250 WE

- **Bauliche Anlage**
 - Hauptsammler der Stadt Aachen
 - Rohrquerschnitt B x H = 3,20 m x 2,55 m (Sonderprofil, Stahlbeton)
 - Länge mehrere hundert Meter
 - Gefälle i.M. 1,8 ‰
 - Lage im öffentlichen Verkehrsraum
 - Entfernung zu den Liegenschaften max. 100 m
 - ca. 250 Wohneinheiten (davon 220 Bestand, 30 geplant)
 - ↳ **Heizwärmebedarf (aktuell): ca. 2.000 kW**
- **Abwasserdargebot**
 - Mittlerer Trockenwetterabfluss $Q_{tw} \gg 15\text{l/s}$
 - Mittlere Temperatur T ca. 20 °C (Messungen Umweltamt AC)
 - Besonderheit:
kommunales und industrielles Abwasser (Fa. Zentis)

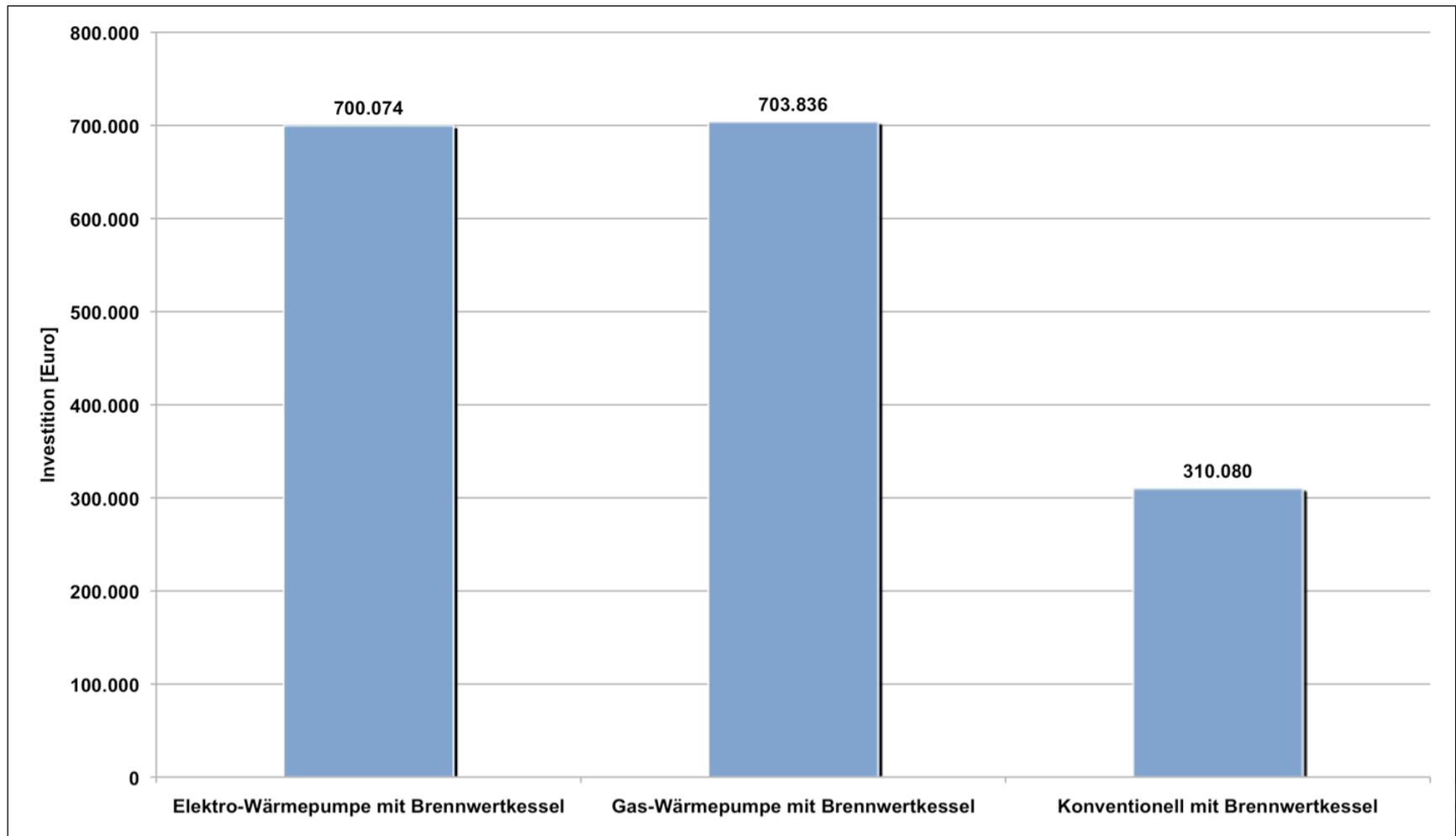
Wirtschaftlichkeit

- **Kostenvergleich gegenüber konventionellen Heizsystemen**
 - **Rechenbeispiel**
 - Variante I
Wärmeversorgung mit Elektro-Kompressions-Wärmepumpe (350 kW)
und Gasbrennwertkessel (150 kW)
 - Variante II
Wärmeversorgung mit Gas-Absorptions-Wärmepumpe (350 kW) und
Gasbrennwertkessel (150 kW)
 - Variante III
Wärmeversorgung mit einem Gasbrennwertkessel (500 kW)

Wirtschaftlichkeit



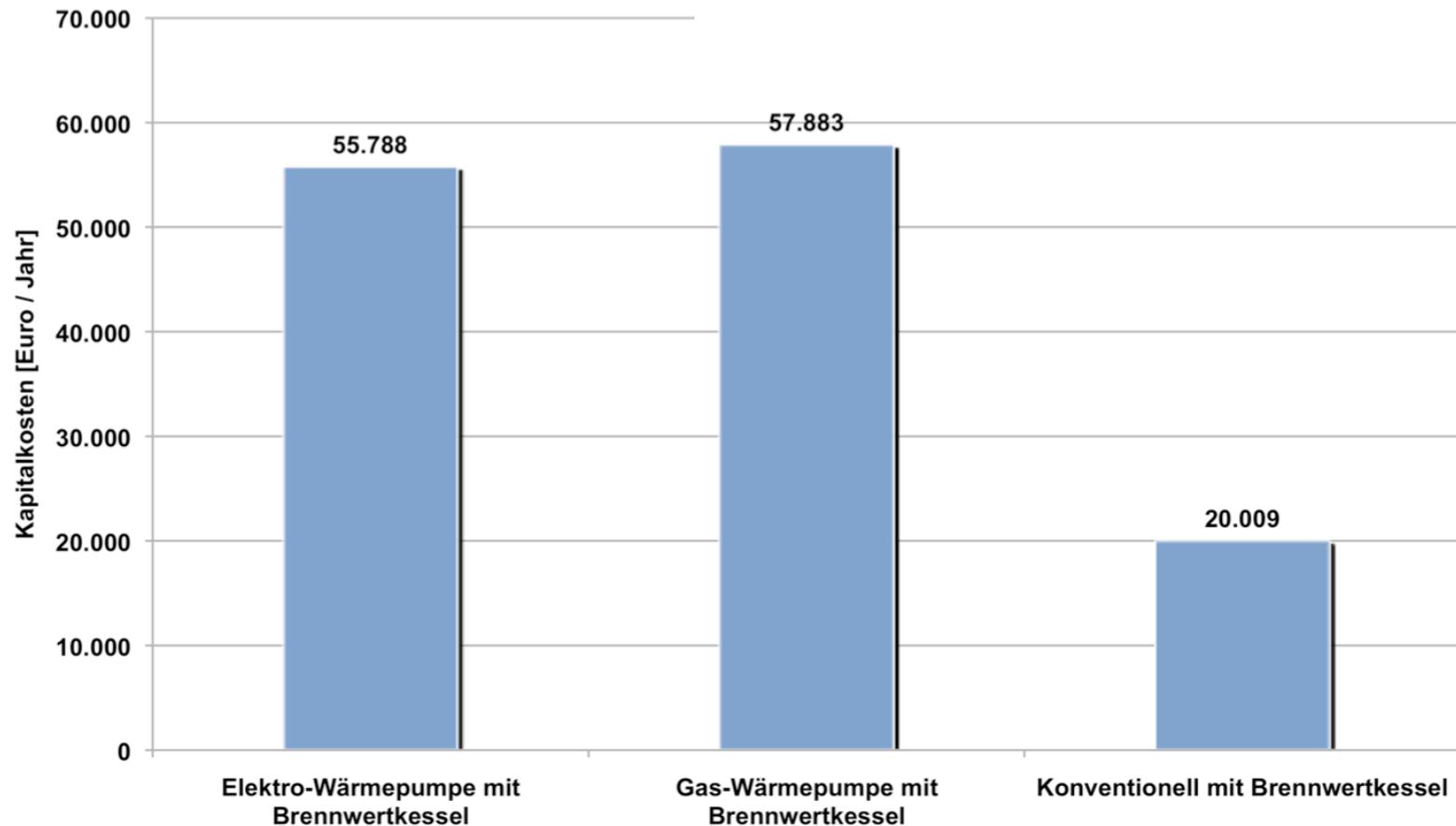
Wirtschaftlichkeit



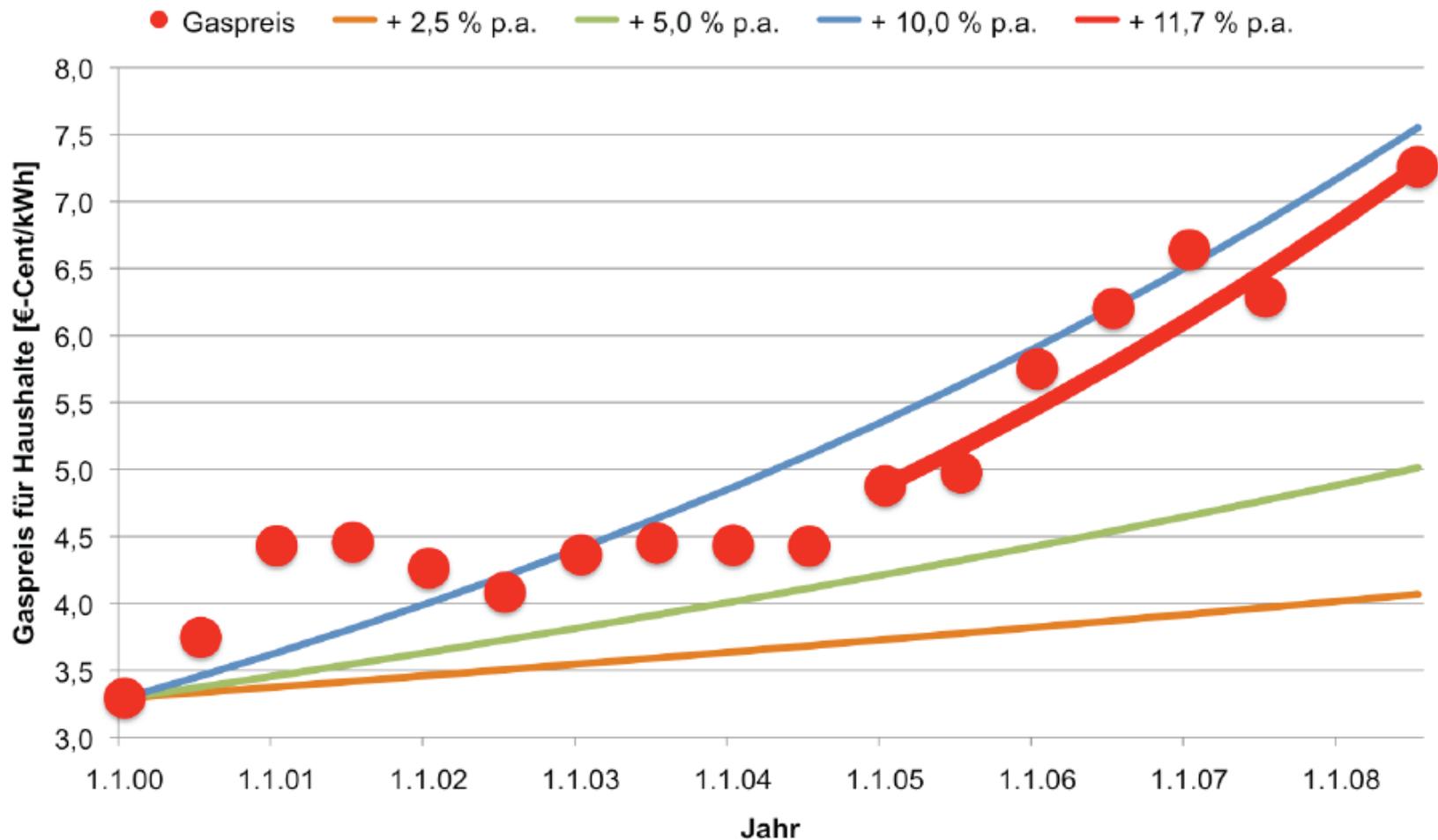
Wirtschaftlichkeit

Allgemeine Preissteigerung:
Zinssatz:

2,5 % p.a.
3,0 % p.a.



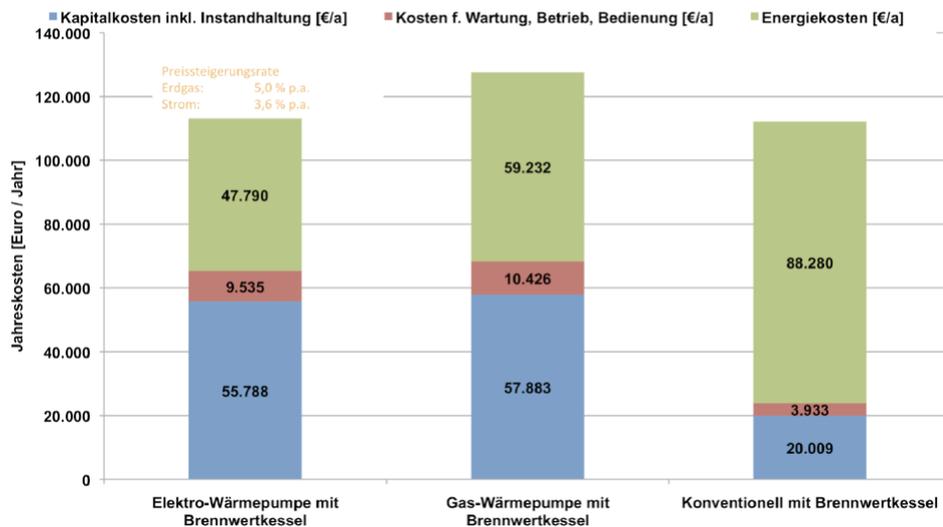
Wirtschaftlichkeit



Wirtschaftlichkeit

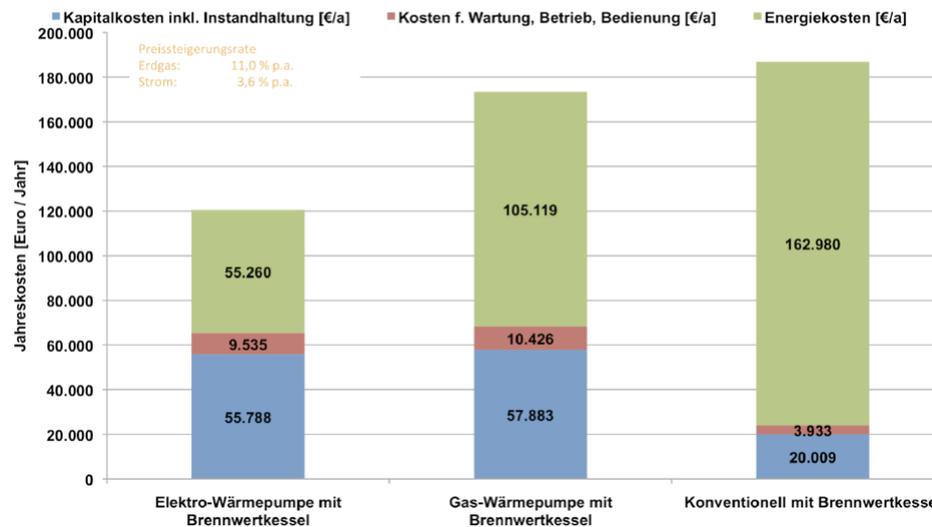
Jahreskosten - Gas: + 5 % p. a.

Allgemeine Preissteigerung: 2,5 % p.a.
 Strompreissteigerung: 3,6 % p.a.
 Gaspreissteigerung: 5,0 % p.a.
 Zinssatz: 3,0 % p.a.



Jahreskosten - Gas: + 11 % p. a.

Allgemeine Preissteigerung: 2,5 % p.a.
 Strompreissteigerung: 3,6 % p.a.
 Gaspreissteigerung: 11,0 % p.a.
 Zinssatz: 3,0 % p.a.



Wirtschaftlichkeit

- **Kostenvergleich gegenüber konventionellen Heizsystemen**
 - **Kostenanteile**
 - Investitionskosten
 - Unterhaltungskosten
 - Energiekosten
 - **Abwasserwärmenutzungsanlagen:**
 - Hohe Investitionskosten
 - Vergleichbare Unterhaltungskosten
 - Niedrige Energiekosten
 - Lange Nutzungsdauern insbes. des Wärmetauschers
 - **Wirtschaftlichkeit hängt wesentlich von den zu Grunde gelegten Primärenergiekosten ab**

Fazit...

1. Nutzung einer einheimischen, langfristig sicheren und erneuerbaren Energiequelle
2. Wärmeangebot ständig und in großer Menge verfügbar
3. Umweltfreundlich und „CO₂-neutral“
4. „Unabhängig“ von Preisentwicklung fossiler Brennstoffe
5. Wärmepumpen mit der Wärmequelle Abwasser erzielen hohe Wirkungsgrade
6. Oftmals geeignete Abnehmer in Nähe der Wärmequelle
7. Erprobte Technologie: Praxiserfahrungen sind vorhanden
8. Kalkulierbare Kosten: Abwasser-Wärmepumpen stehen an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit
9. Professioneller Bau, Betrieb und Unterhalt durch Contracting möglich
10. Imagegewinn für die Stadt und den Betreiber

Ausblick

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

Ausblick

Vorgehensweise

Energienutzungsplan

Erste Schritte

- Arbeitsgrundlagen
- Gemeindestruktur

Bestands- und Potenzialanalyse

- Energiebedarf
- Energieinfrastruktur
- Energiepotenziale

Konzeptentwicklung

- Energieeinsparung
- Effizienzsteigerung
- Energieversorgung

Umsetzung

- Bürgerbeteiligung
- kommunale Instrumente

Kommunale Energiekarte

Sursee

Auskunft: Energie in ARA (E2000)

Büro eam
Lindenhofstrasse 15
CH-8001 Zürich
Tel. 01 226 39 90
Fax 01 226 30 99

Ryser Ingenieure AG
Engenstrasse 9
CH-3012 Bern
Tel. 031 301 65 11
Fax 031 301 87 52

Quellen:
Volls-, Gebäude- und Wohnungszählung 1990
Daten Heizanlagen: Kantonale Feuerungskontrolle
Daten ARA: BUVAL 1994 - 1998
Kartendaten: PK25 © Bundesamt für Landestopographie 2009

Produktion: GEOSTAT 09/10

Grenzen

Gemeindegrenze

Abwasseranlagen

Abwassersammelkanal 50cm <math>\leq \varnothing < 80\text{cm}</math>   projiziert

Abwassersammelkanal 90cm $\leq \varnothing$   projiziert

Abwassersammelkanal Zweckverband ARA Surental 

Lage ungenau 

ARA mit Distanzkreis  Radius = 500  Radius = 1000

Heizanlagen

Installierte Kesselleistung (kW)

 150 - 350

 351 - 1000

 1001 - 2500

 2501 - 5000

 > 5000

Energieträger

 Öl

 Gas

 Holz

Prozesswärme

 > 100 Grad

Identifikationsnummer

12 ID Heizanlage

Wohndichte

> 50 Wohnungen pro Hektare

> 75 Wohnungen pro Hektare

Bauzonen

übrige Bauzone

Industriezone

0 200 400 600 Meters

