



Erfahrungen mit dem Pilotprojekt Bergsonstraße zur Abwasserwärmenutzung in München

Dr.-Ing. Bernhard Böhm
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Jörg Hagen
Münchner Stadtentwässerung
Friedenstraße 40, 81671 München

Wärmenutzung aus Abwasser
Fachveranstaltung des Referats
für Gesundheit und Umwelt
am 12. November 2013









Gliederung

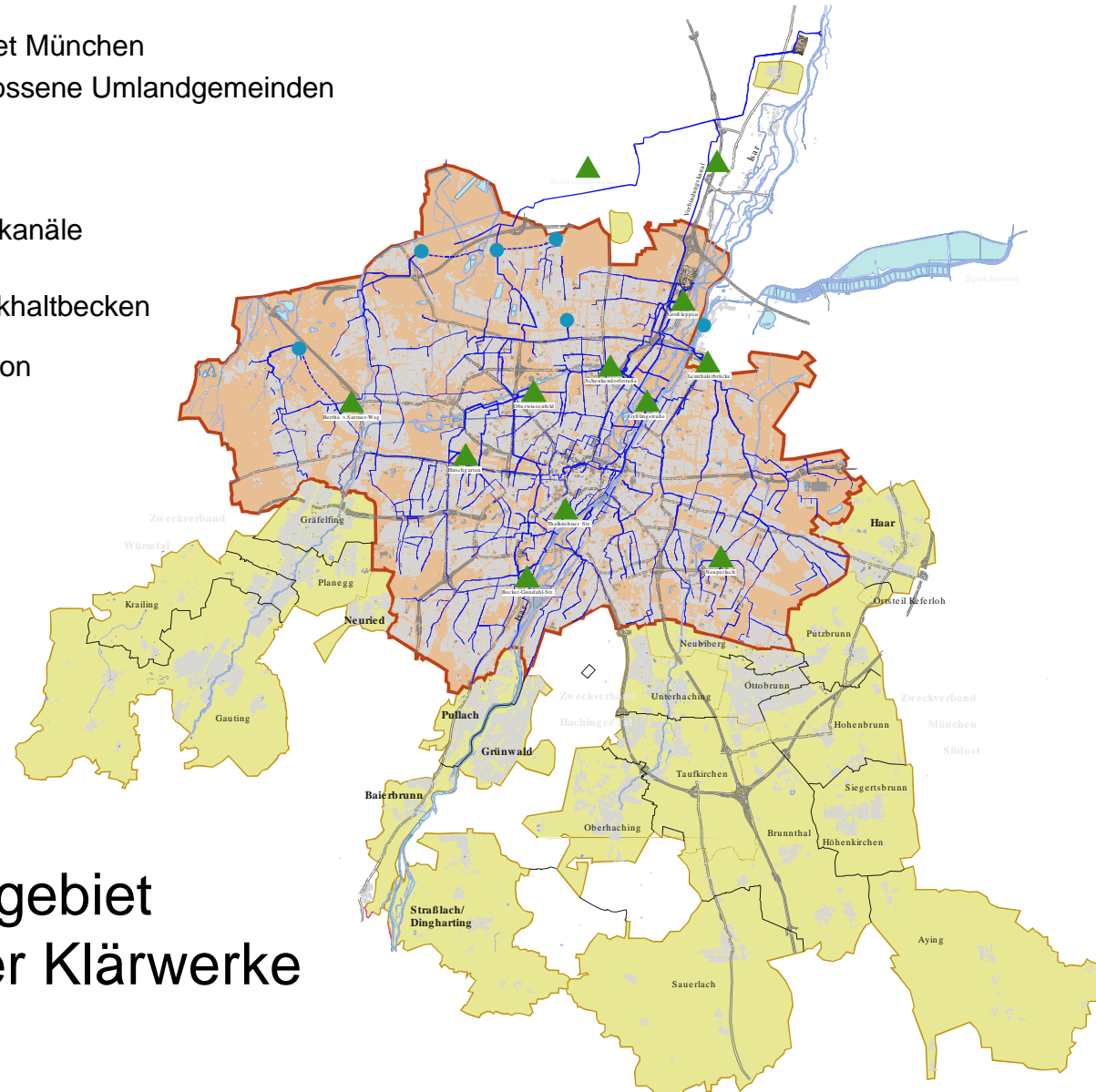
- Einführung
- Stadtentwässerung in München
- Nutzungsansatz Abwasserwärme der MSE
- Pilotprojekt Kanalbetriebsstation West
 - Technische Umsetzung
 - Betriebserfahrungen
- Fazit und Ausblick

Stadtentwässerung in München



Münchner
Stadtentwässerung

-  Stadtgebiet München
-  Angeschlossene Umlandgemeinden
-  Stadtrand
-  Abwasserkanäle
-  Regenrückhaltbecken
-  Pumpstation



Das Einzugsgebiet
der Münchner Klärwerke

Stadtentwässerung in München

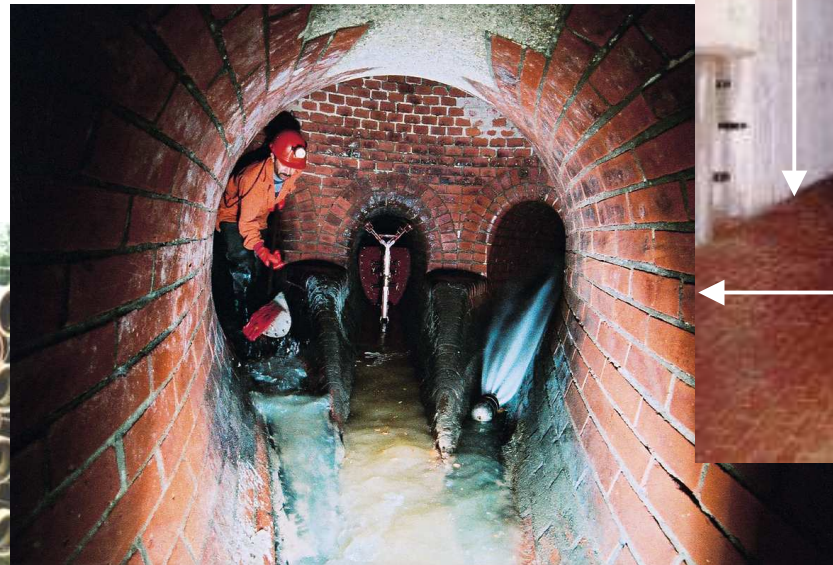
Überblick Entwässerungssituation

- 31.000 ha Gesamtfläche
- 18.000 ha Einzugsfläche
- 14.500 ha Mischsystem
- 2.400 km Kanal

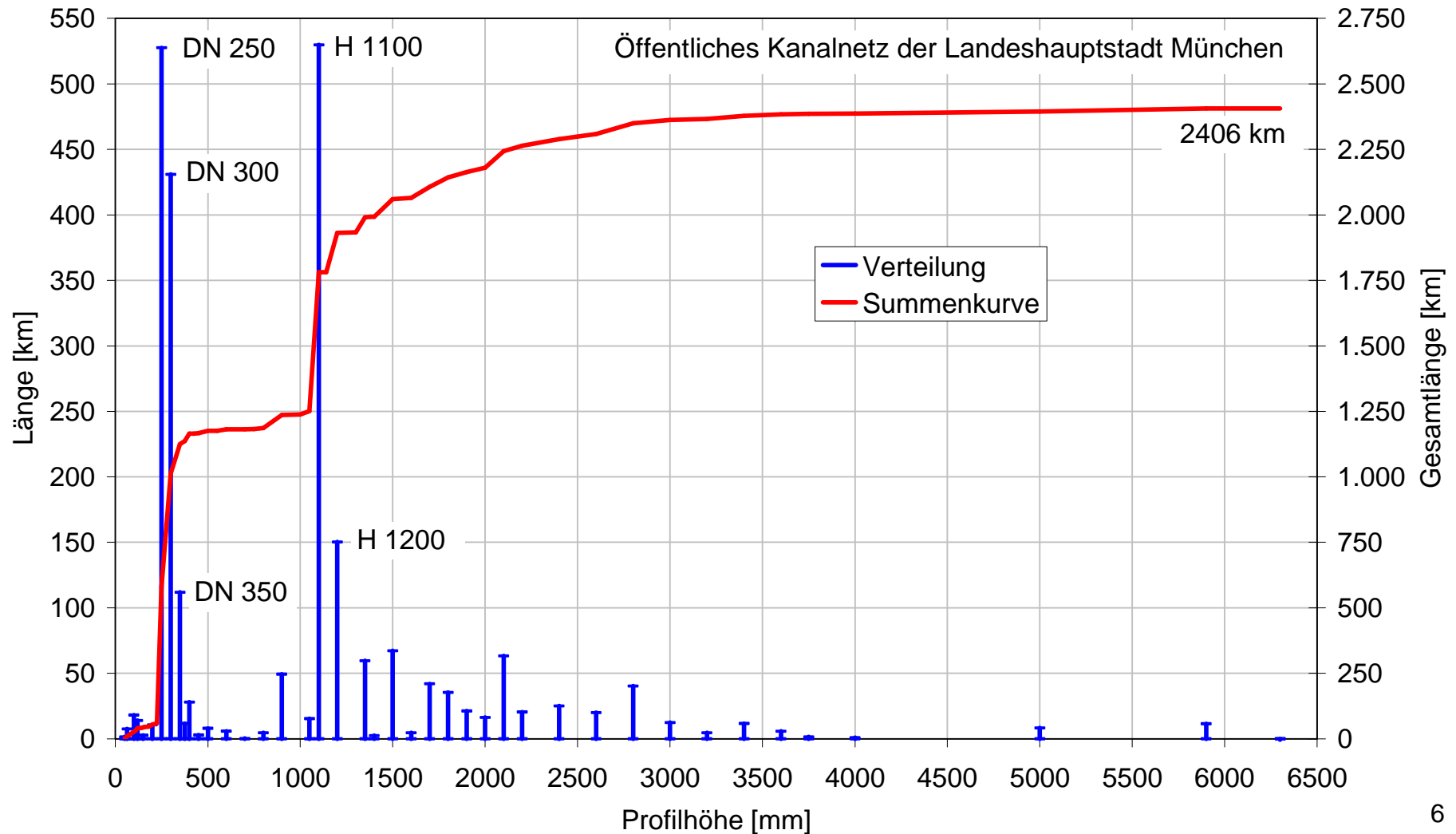


Entwässerungsgebiet
Landeshauptstadt München

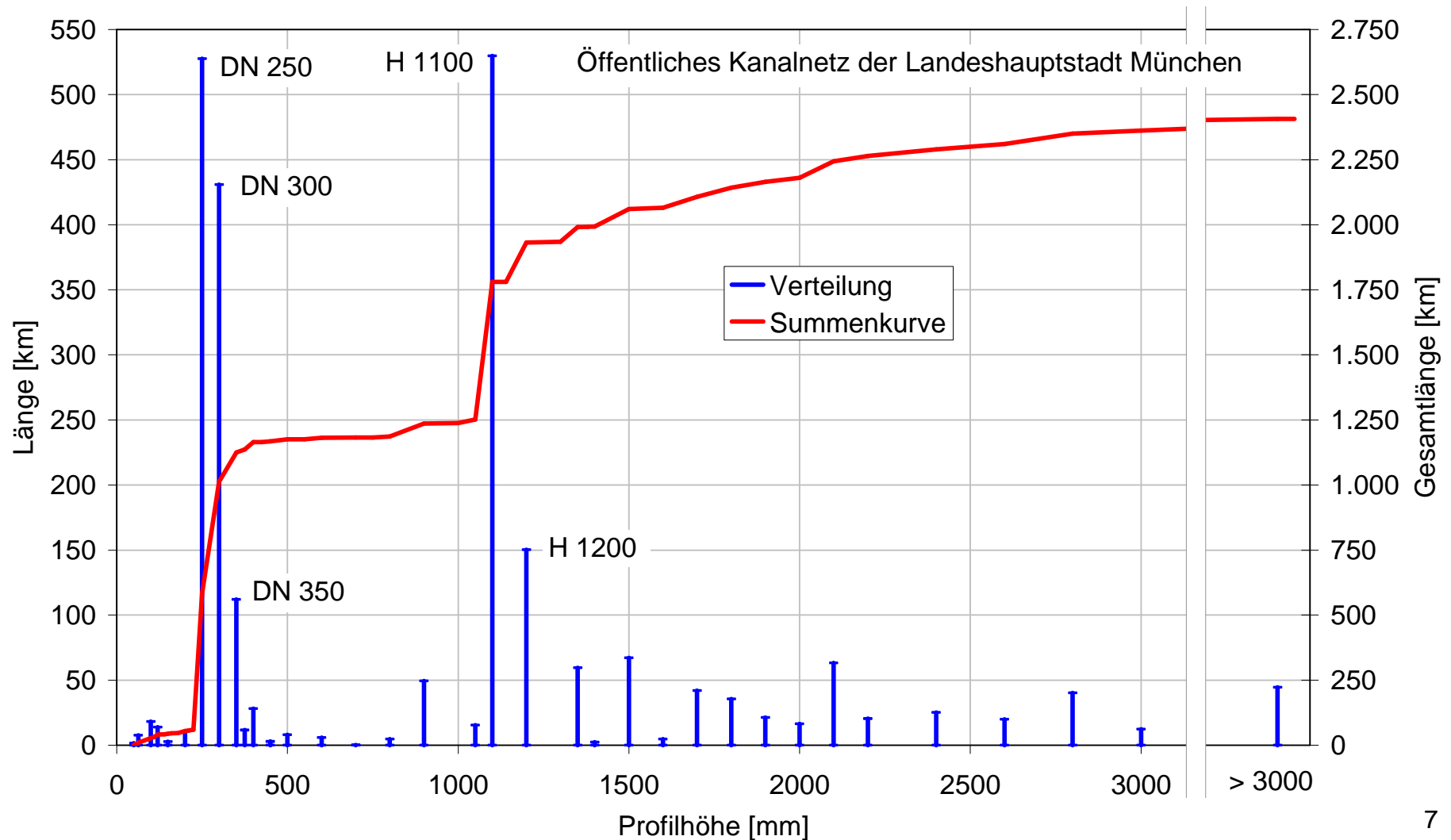
Kanäle in München



Kanäle in München – Profilhöhenverteilung

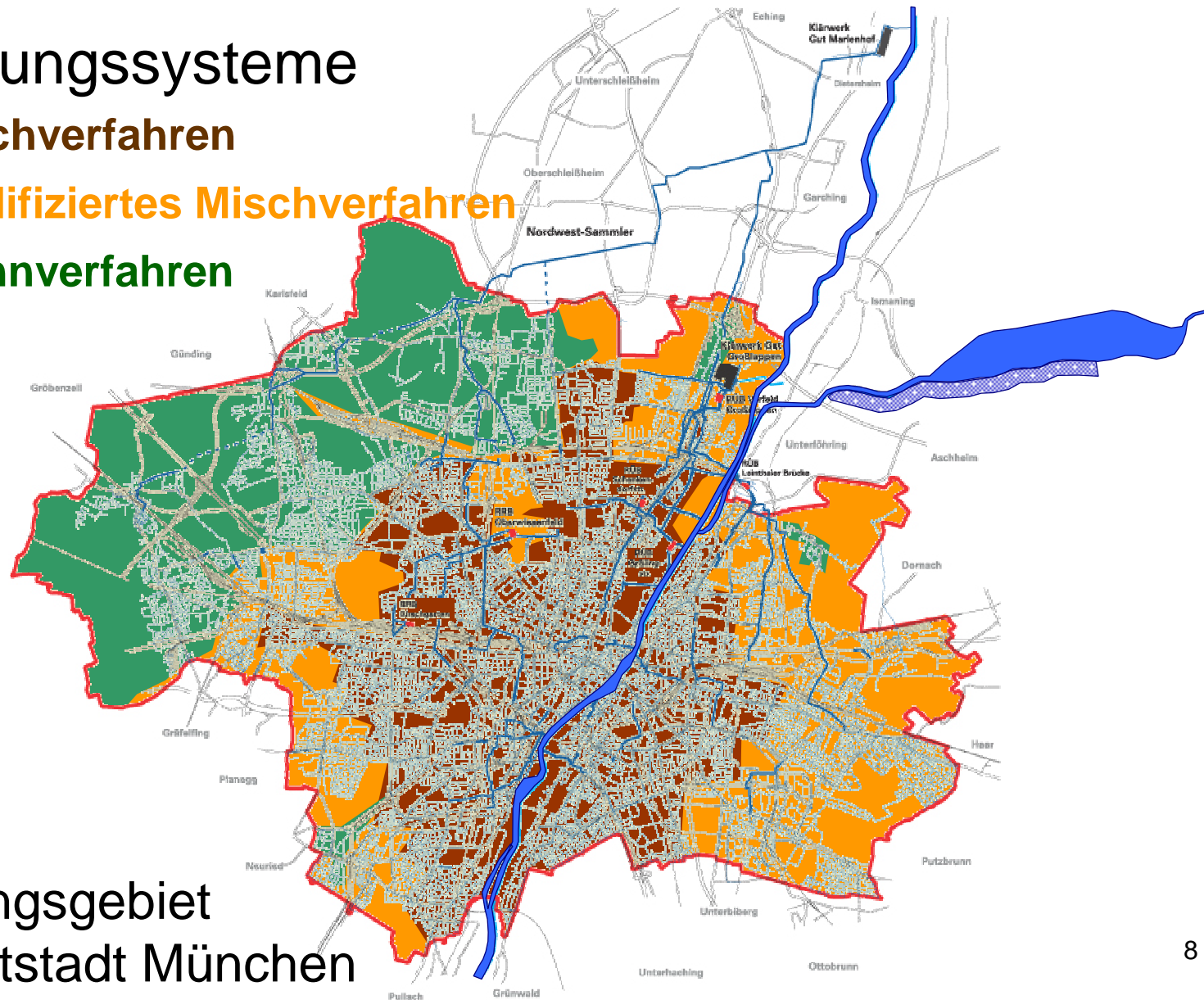


Kanäle in München – Profilhöhenverteilung



Entwässerungssysteme

- 9.250 ha Mischverfahren
- 5.250 ha modifiziertes Mischverfahren
- 3.500 ha Trennverfahren



Entwässerungsgebiet
Landeshauptstadt München



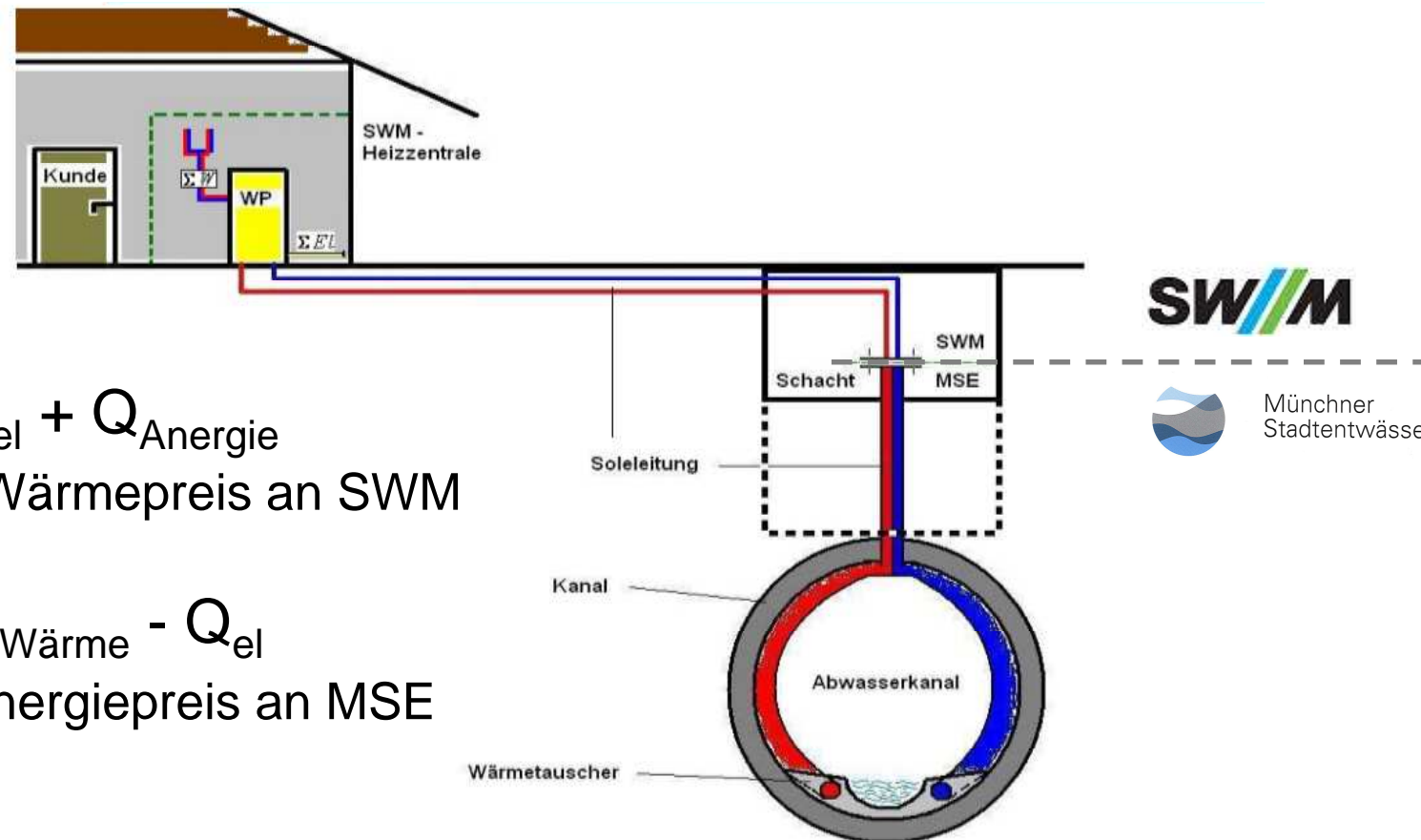
Münchner Stadtentwässerung MSE

- Eigenbetrieb nach Art. 88 Abs. 1 Gemeindeordnung
 - Abwasserableitung (Kanalnetz)
 - Abwasserreinigung (Kläranlagen)

Stadtwerke München

- GmbH in städtischem Besitz
 - Trinkwasserversorgung
 - Energieversorgung (Strom, Gas, Fernwärme)
 - ...

Kooperation SWM–MSE – Schnittstellen



$Q_{\text{Wärme}} = Q_{\text{el}} + Q_{\text{Anergie}}$
Kunde zahlt Wärmepreis an SWM

$Q_{\text{Anergie}} = Q_{\text{Wärme}} - Q_{\text{el}}$
SWM zahlt Anergiepreis an MSE

Kooperation SWM–MSE

- Definition der Schnittstelle und der Zuständigkeiten
- Letter of Intent – Absichtserklärung SWM-MSE
- Recherche zu Technik, Erfahrungen, Fördermitteln...
- Recherche geeigneter Abwasserkanäle (MSE)
- Recherche potenzieller Energieverbraucher (SWM, Bau-H7)
- Potenzialanalyse zur Nutzung der Abwasserwärme
- Ermittlung geeigneter Projekte (SWM, MSE, Bau-H7)
- Gemeinsame Kommunikation und Veröffentlichung der Ergebnisse

Ökologische und ökonomische Randbedingungen

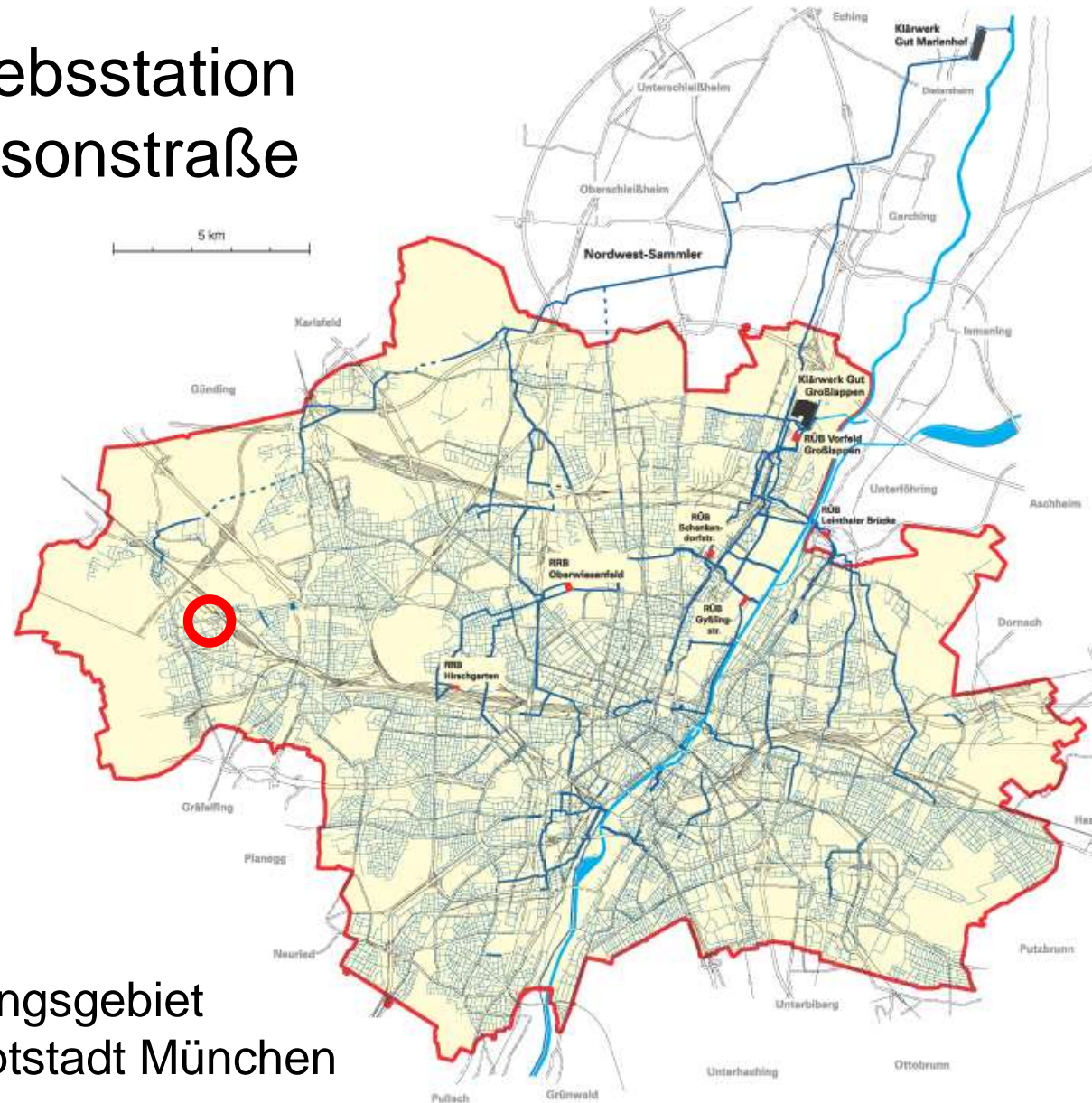
- Primärenergiebilanz
 - Nur als Ersatz eines energetisch ungünstigeren Energieträgers
- Wirtschaftlichkeit
 - Städtische Gesamtbetrachtung:
Konkurrenz zur Fernwärmenutzung nicht sinnvoll

Potenziell geeignete Objekte

- Mehrfamilienhäuser/Wohnsiedlungen
 - Kritische Stellungnahmen von Wohnungsbaugesellschaften
GWG, GEWOFAG, HEIMAG
 - Gespräche mit verschiedenen Bauträgern
- Öffentliche Gebäude
 - Verwaltungsgebäude
 - Schulen
 - Sportanlagen

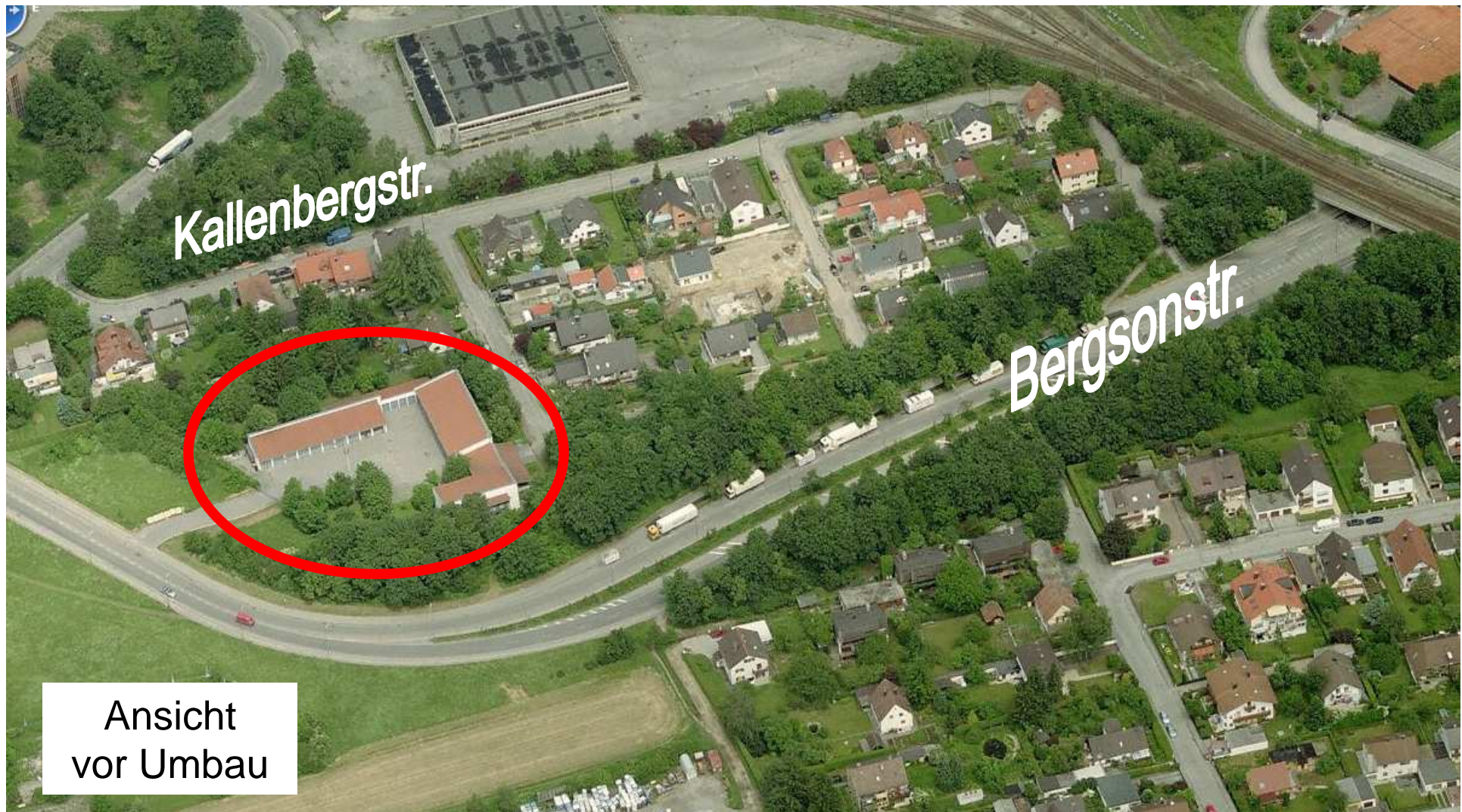
⇒ Bisher kein geeignetes Objekt
zur Umsetzung der Technik

Kanalbetriebsstation West Bergsonstraße



Entwässerungsgebiet
Landeshauptstadt München

Kanalbetriebsstation West Bergsonstraße



Ansicht
vor Umbau

Kanalbetriebsstation West Bergsonstraße



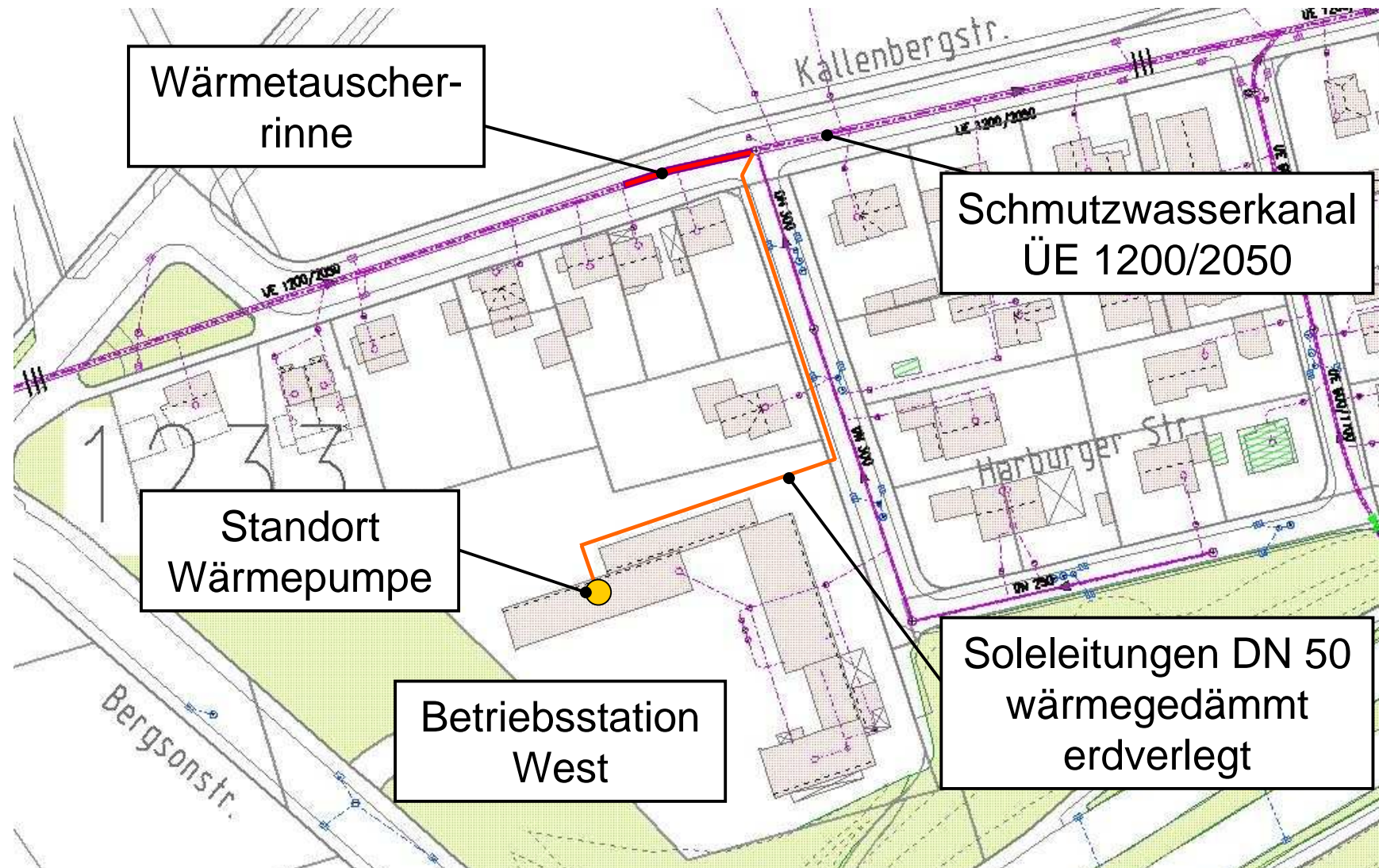
Kanalbetriebsstation West Bergsonstraße



Neubau Sanitärbereich:
Niedertemperaturheizung
mit Wärmepumpe

Bestand:
Beibehaltung
der alten Heizung

Kanalbetriebsstation West Bergsonstraße



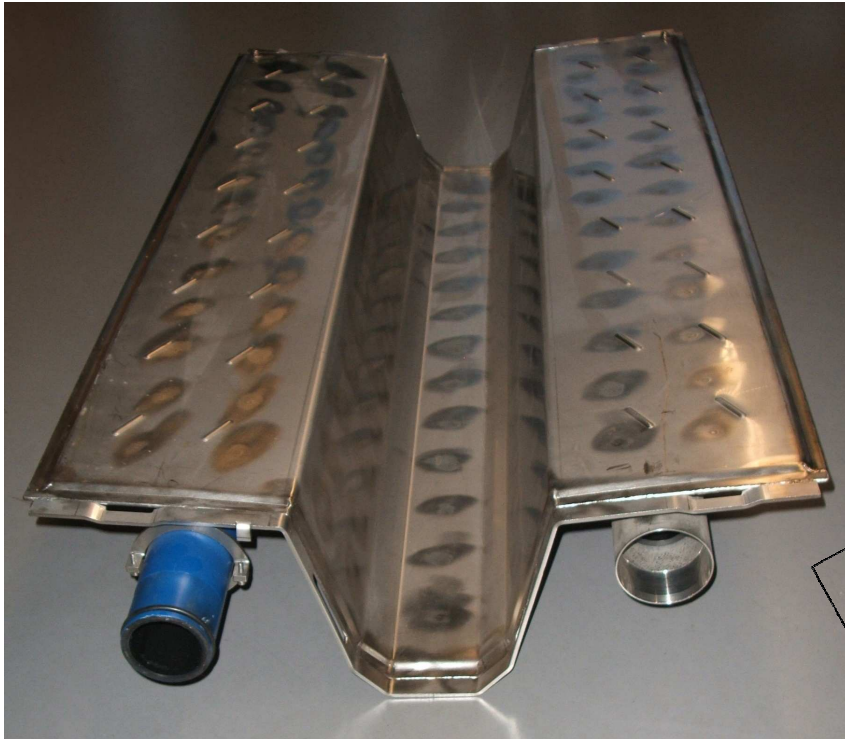
Planungs-Eckdaten der Pilotanlage

- Anwendung
 - Niedertemperaturheizung für den Sanitärbereich einer KBS
 - Wasservorwärmung für Hochdruckreiniger Waschhalle
- Planungs-Eckdaten Energienutzung
 - Benötigte Heizleistung 32 kW
 - Temperatur Heizungsvorlauf 45 °C
 - Versorgung auch über vorhandene Gastherme möglich
- Planungs-Eckdaten Abwasserkanal
 - Überhöhtes Eiprofil 1200 mm x 2050 mm
 - Überwiegend Schmutzwasser (Trennsystem)
 - Abfluß: Tagesmittel 23 l/s
Minimum 12 l/s
 - Abwassertemperatur: min 12 °C
 - Leitungslänge Kanal-Wärmepumpe \approx 125 m

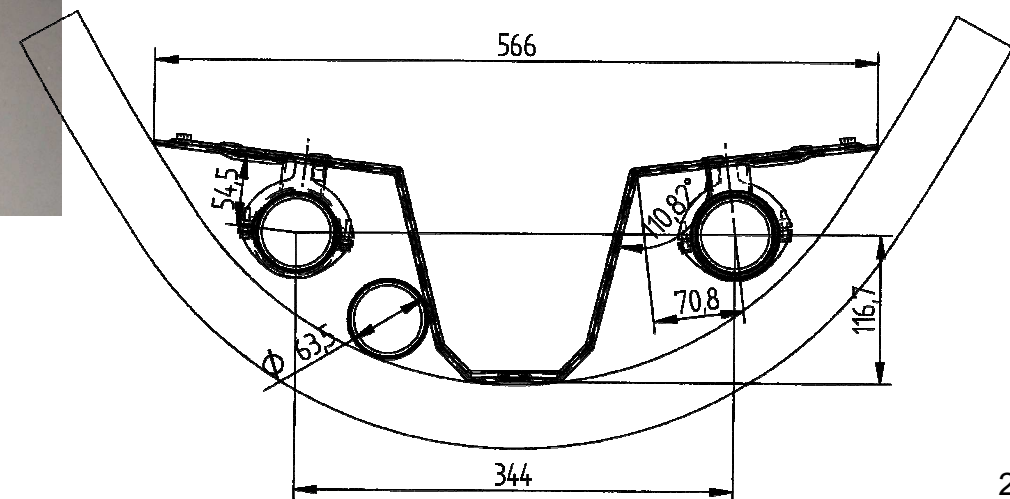
Auslegungsdaten Wärmetauscher

- Produkt
 - UHRIG THERM-LINER Form A
- Technische Daten
 - Gesamtlänge Angebot 18 m
 - projektiert 19 m
 - installiert 22 m (→ *Leistungsreserve*)
 - Überströmte WT-Fläche 0,83 m²/m
 - Biofilmeinfluss 40 %
 - Entzugsleistung Kanal 25 kW min.
 - Temperatur Zwischenmedium
 - 6 °C Eintritt
 - 11 °C Austritt

Wärmetauscher THERM-LINER (UHRIG)

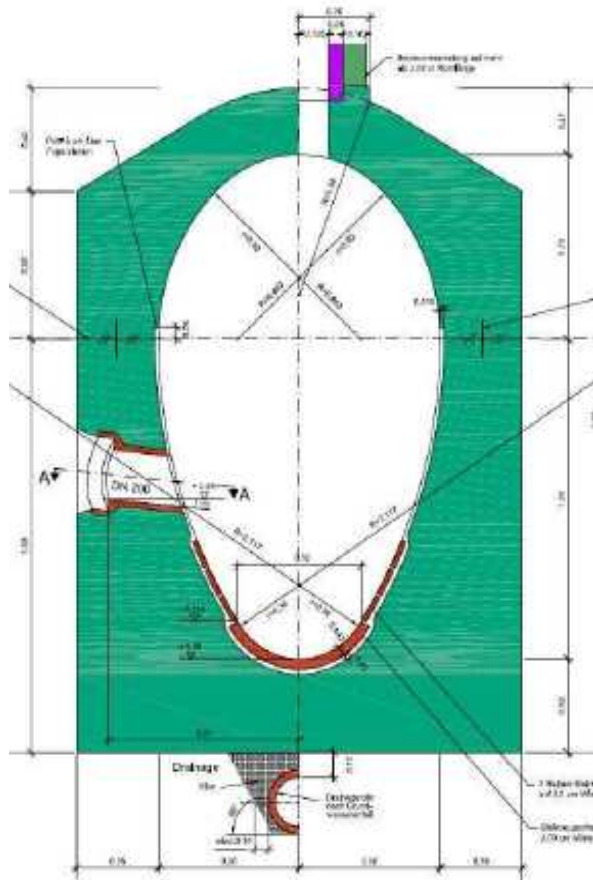


- Werkstoff 1.4404
- Störkörper an der Oberfläche zur Erhöhung der Selbstreinigung und des Wärmeübergangs



Wärmetauscher THERM-LINER (UHRIG)

Kanalregelprofil
ÜE 1200/2050



Einbau
WT-Elemente

Zulaufgestaltung



Auslegungsdaten Wärmepumpe

- Produkt
 - Sole/Wasser-Wärmepumpe STIEBEL ELTRON WPF 27
- Technische Daten
 - Entzugsleistung Kanal 21,3 kW
 - Elektrische Aufnahmeleistung 5,7 kW
 - Verfügbare Heizleistung 27,0 kW
 - Leistungszahl (min.) 4,7
 - Volumenstrom primärseitig (Sole) 6,7 m³/h
 - Auslegungstemperatur Sole 7 °C
 - Abschalttemperatur Sole 5 °C

Wärmepumpe / Speicher



Projekttablauf

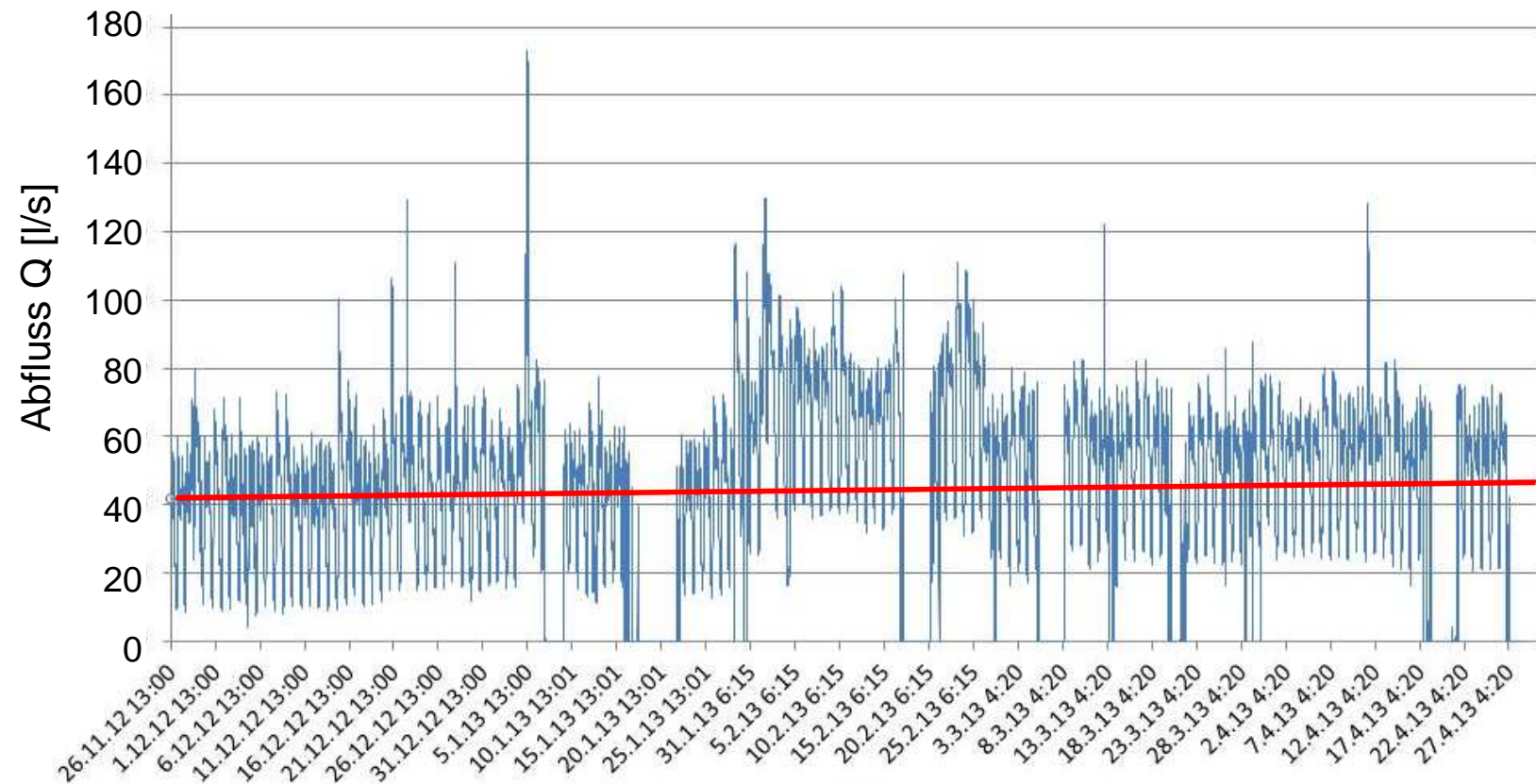
- 2007 Konzeptionelle Überlegungen zur Realisierung eines Pilotprojekts
- 2008 Entscheidung zur Umsetzung des Pilotprojekts
- 2009/10 Ausschreibung, Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage
- 2010/11 1. Heizperiode: kein stabiler Betrieb möglich
 - Probleme mit der Steuerung
 - Austausch der Sole, Anpassung der WP erforderlich
 - Außerbetriebnahme wg. eines Lecks im Primärkreislauf (WT)
- 2011 Abdichtung Primärkreislauf, Wiedereinbetriebnahme
- 2011/12 2. Heizperiode: Betrieb möglich
 - diverse kleinere Anlagenstörungen
- 2012/13 3. Heizperiode: durchgängiger Betrieb
 - Monitoring und Betreuung der Anlage im Rahmen einer Masterarbeit

Betriebserfahrungen

- Abwasserabfluss
- Wassertemperatur
- Wärmetauscher: Verunreinigung / Aufwuchs von Biofilmen
- Wärmepumpe: Verfügbarkeit / Laufzeit
- Wärmepumpe: Leistungszahl COP

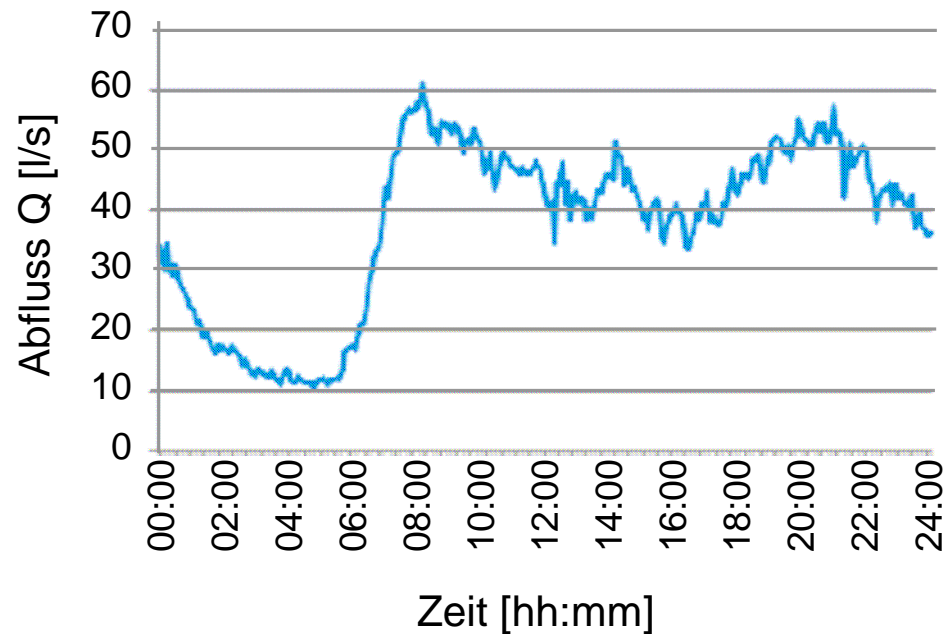
⇒ Ergebnisse der Masterthesis „Wärmeenergie aus Abwasser“
von Dipl.-Ing. (FH) Jörg Hagen

Betriebserfahrungen – Abfluss Abwasserkanal

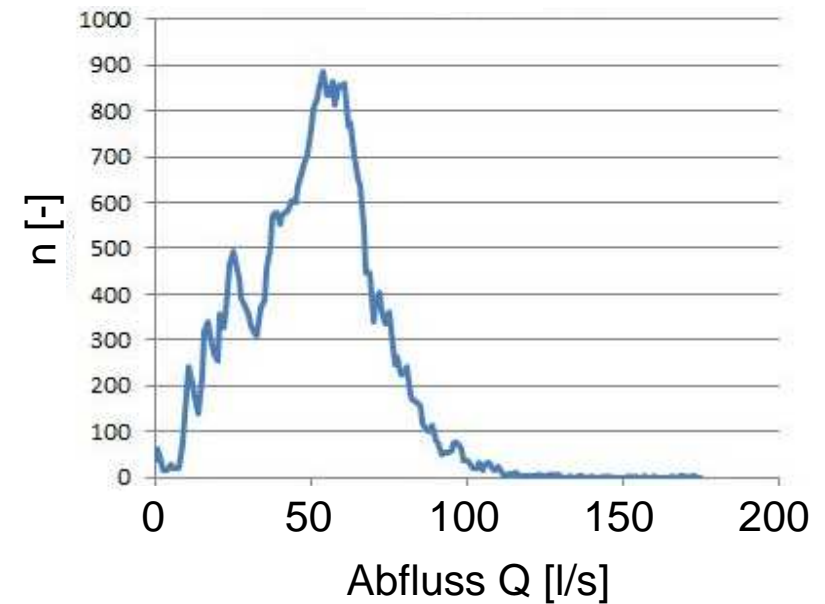


Gemessener Abfluss im Kanal Dez. 2012 – Apr. 2013

Betriebserfahrungen – Abfluss Abwasserkanal

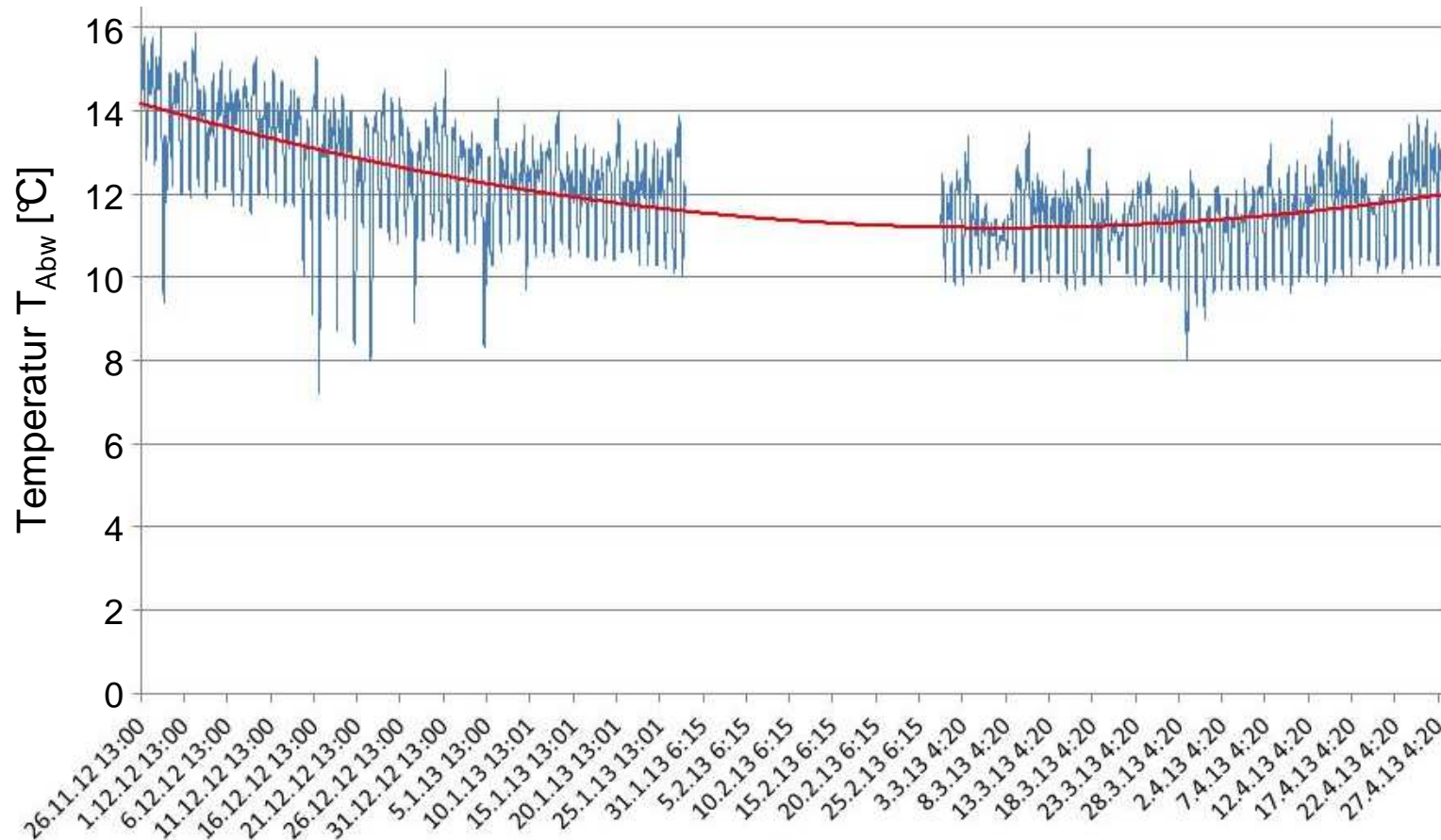


Typische Tagesganglinie
Abfluss im Kanal



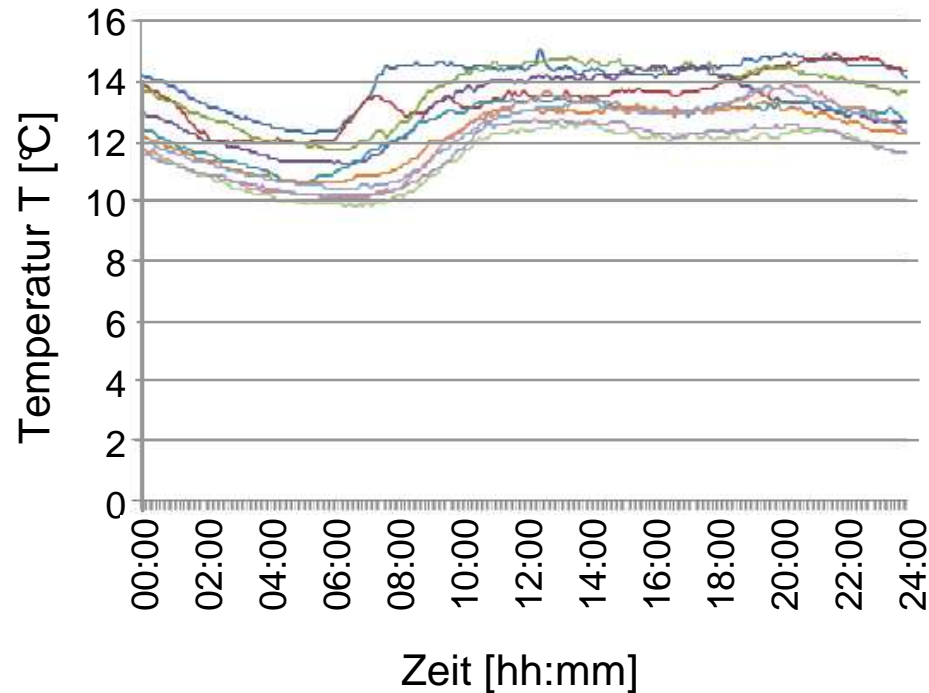
Verteilungskurve Abfluss

Betriebserfahrungen – Abwassertemperatur

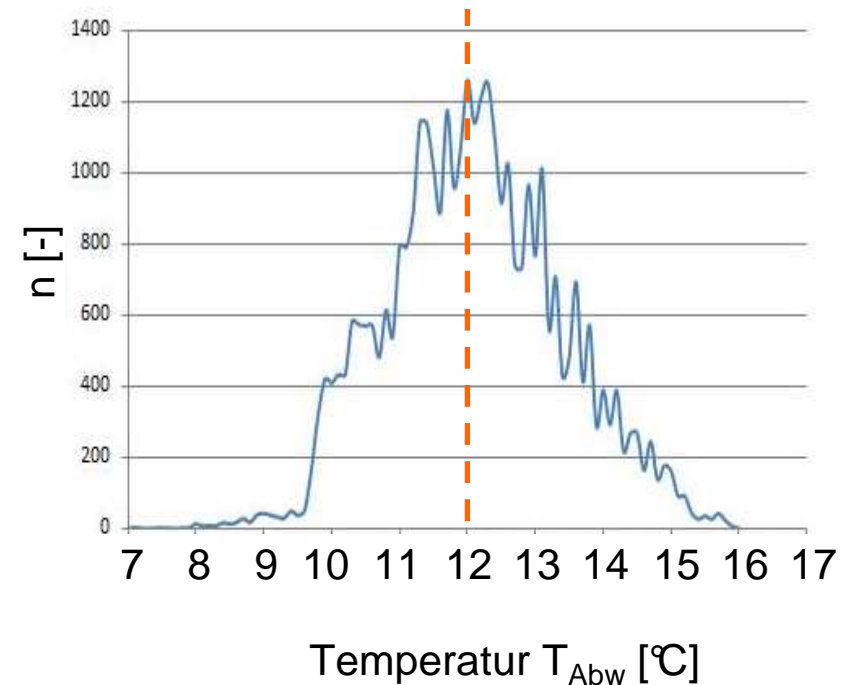


Abwassertemperatur im Kanal Dez. 2012 – Apr. 2013

Betriebserfahrungen – Abwassertemperatur

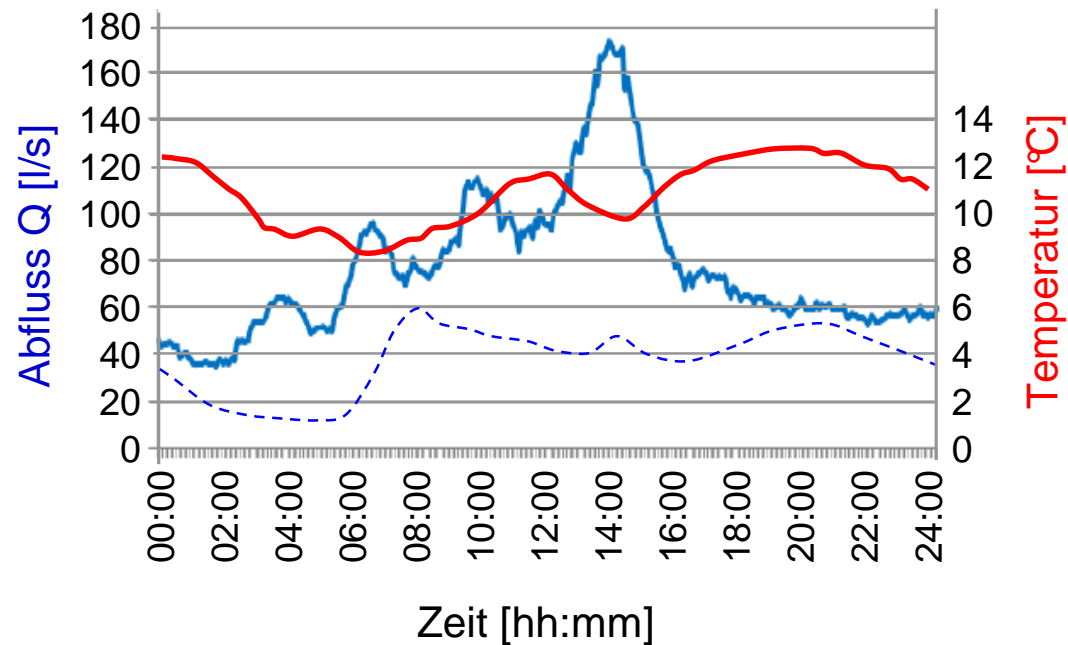


Typische Tagesganglinien der Abwassertemperatur im Kanal



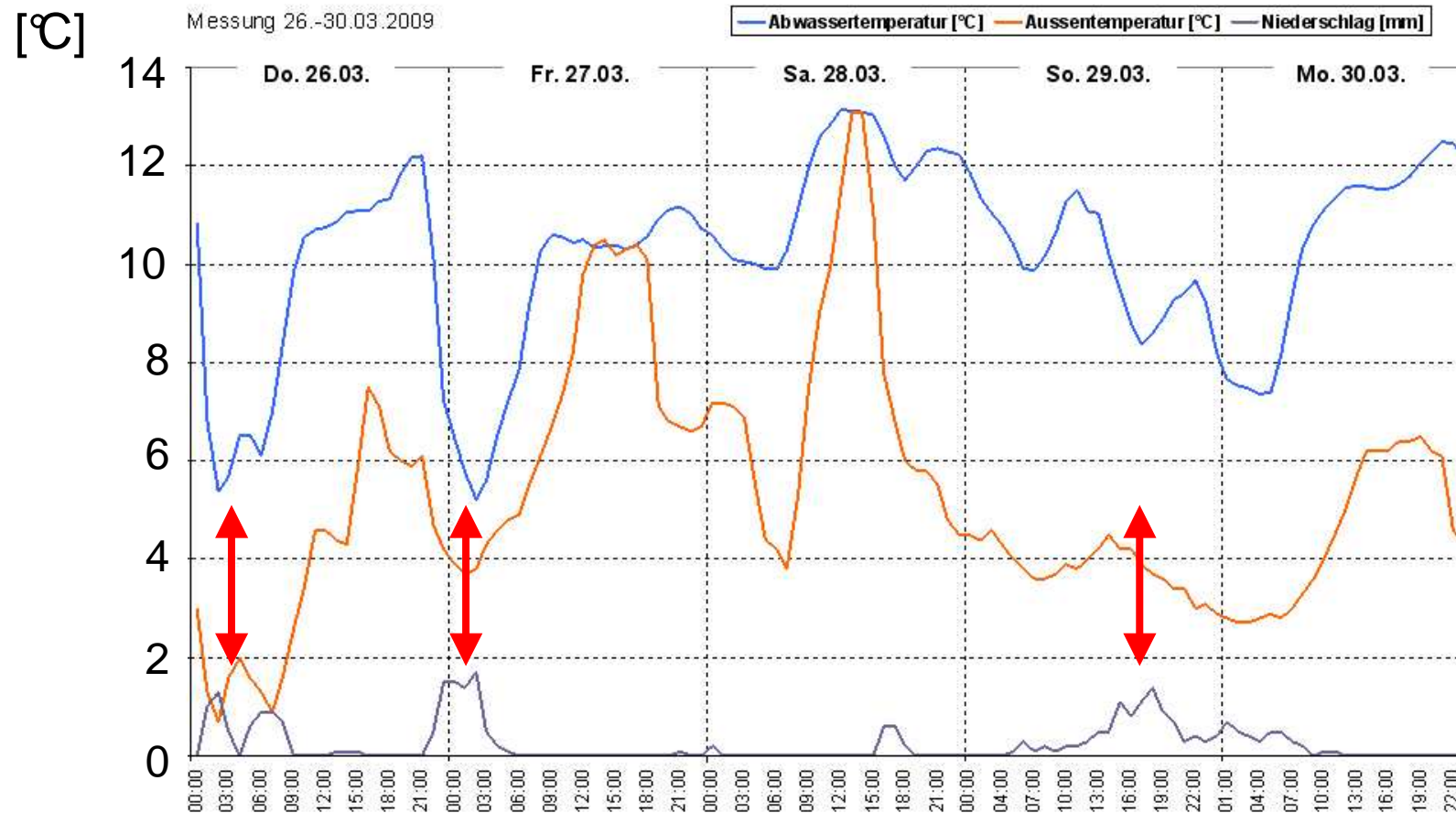
Verteilungskurve der Abwassertemperatur

Betriebserfahrungen – Einfluss Niederschlag



Tagesganglinie Abfluss im
Kanal mit Schmelzwasser

Beispiel aus Projektrecherche in München



Temperaturmessung im Mischwasserkanal Wotanstraße
(März 2009)

Betriebserfahrungen – Verunreinigungen / Biofilme

- Nach Inbetriebnahme regelmäßige Inspektion und Reinigung des Wärmetauschers in kurzen Intervallen
- Ablagerungen vor allem vor dem WT
(→ *Einschnürung Fließquerschnitt*)
- keine hydraulische Beeinträchtigung
- Auswirkungen auf Wärmeübergang nicht nachweisbar
- Zur Verringerung des betrieblichen Aufwands Reinigungsintervalle verlängert

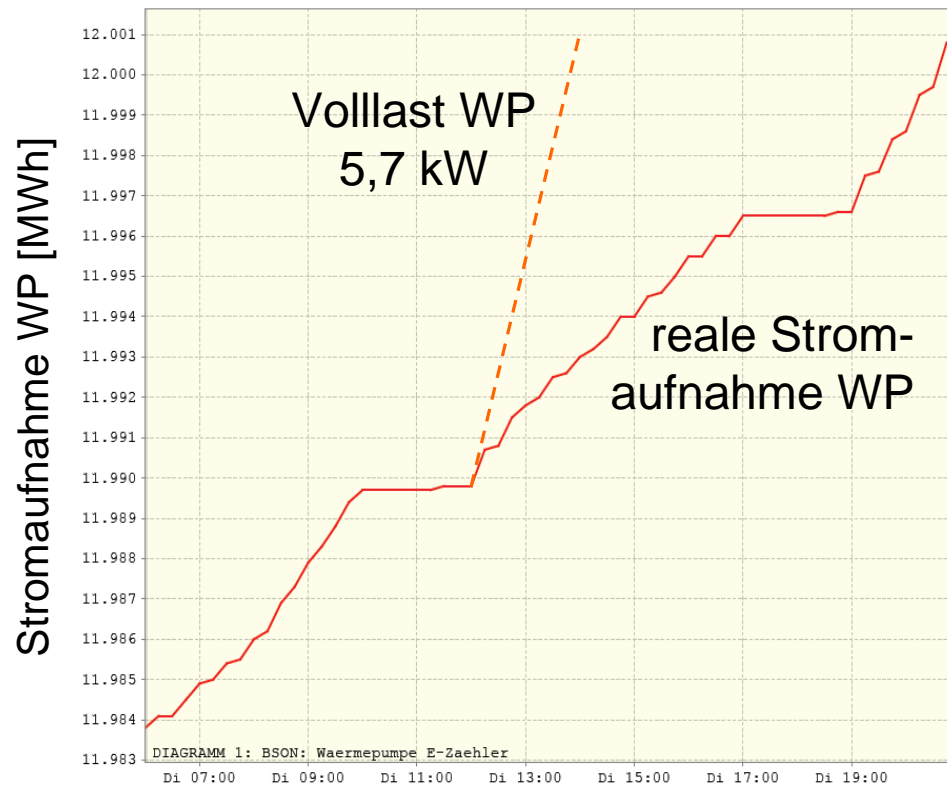


Betriebserfahrungen – Verunreinigungen / Biofilme

- Soleleitungen als merkliches Strömungshindernis
- Verunreinigungen / Ablagerungen an den Leitungen
- Verbesserung durch Profilierung mit Zementmörtel
- Technisch nicht optimal gelöst



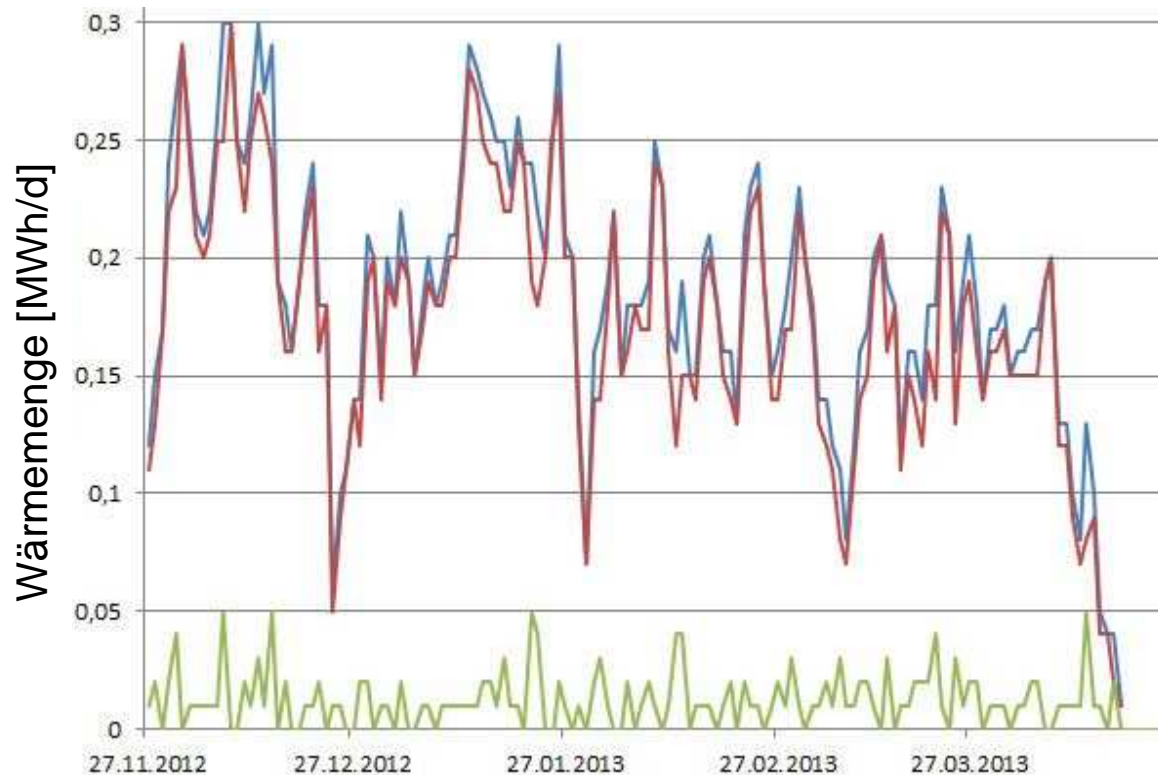
Betriebserfahrungen Wärmepumpe



Stromaufnahme Wärmepumpe
Beispieltag 26.02.13 06:00 - 21:00 Uhr

- Abschaltzeiten durch Stromversorger SWM (max. 3 x 2 h / d → "unterbrechbare Verbrauchseinrichtung")
- Während der Betriebszeiten meist nur Teillast
- Anlage ist bei Weitem nicht ausgelastet

Betriebserfahrungen Heizungsanlage

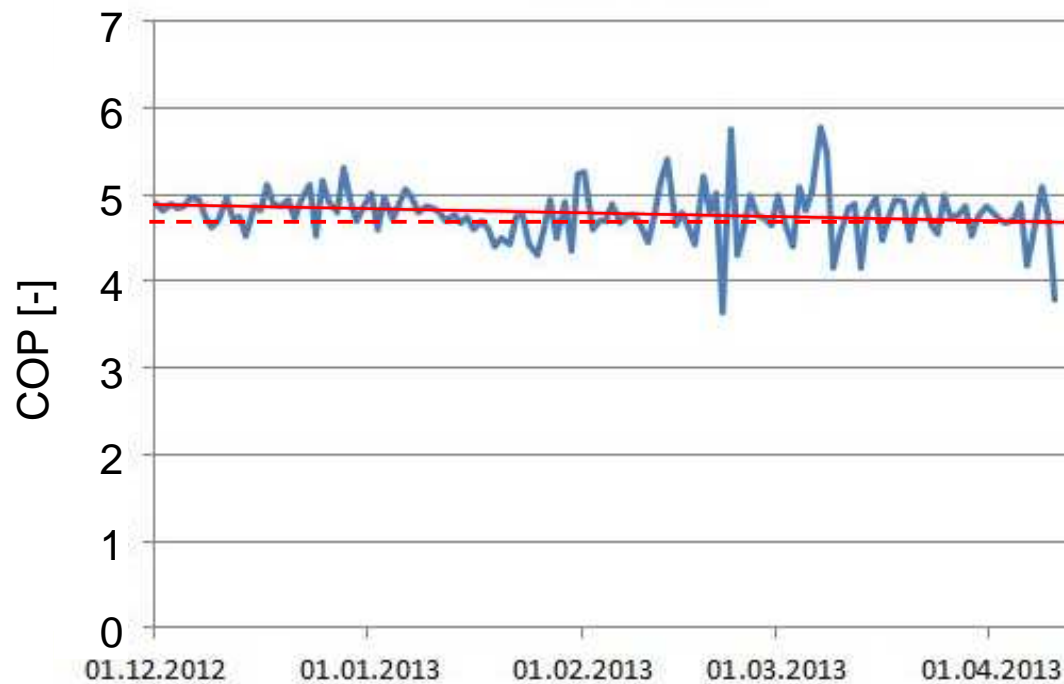


Wärmemengenbilanz
Dez. 2012 – Apr. 2013

— Wärmepumpe
— Heizkreis
— Hochdruckreiniger
und Wärmeverluste

- Abgegebene Wärmemengen der Pufferspeicher werden durch die Wärmepumpe stets vollständig nachgeführt
- Spitzenverbrauch 300 kWh/d → WP liefert 15 kW (→ Tagesmittel, 20 h Laufzeit)
- Redundante Zusatzheizung (Gastherme) wird nicht benötigt

Betriebserfahrungen Wärmepumpe – Leistungszahl



Coefficient of Performance COP
Dez. 2012 – Apr. 2013

- Schwankungen wegen der geringen Auflösung der Messeinrichtungen
- Fallende Abwassertemperaturen ziehen eine Abnahme des COP nach sich
- Die spezifizierte Leistungszahl $COP > 4,7$ wird im Mittel erreicht

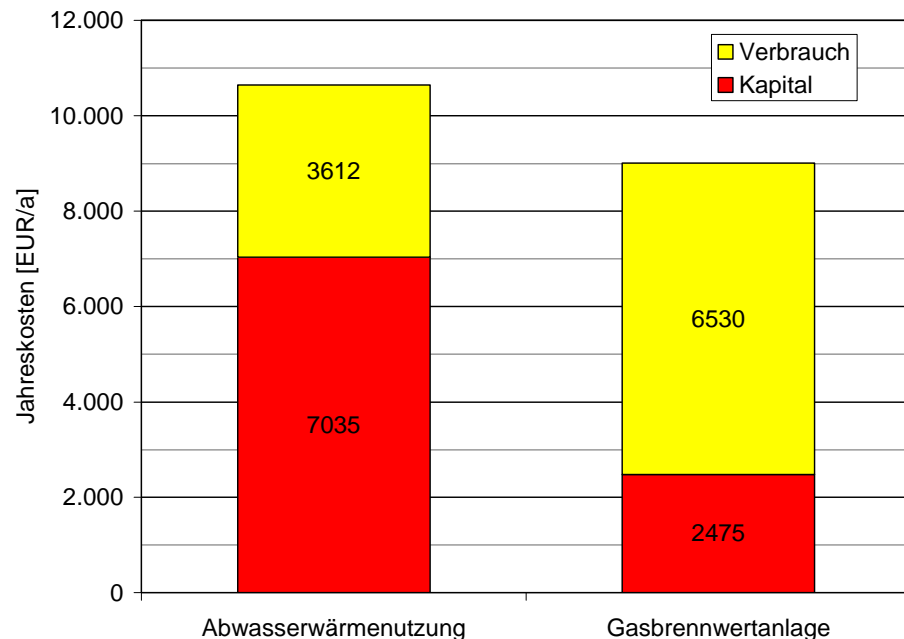
Kosten

	Investition [EUR]	Wartung/ Instandhaltung [EUR/a]	Betrieb [EUR/a]
Wärmepumpe + Zubehör	29.300	1.110	1.300
Abwasser- wärmetauscher	51.800	2.270 *)	1.050
Soleleitungen	26.100	740	-
Nebenkosten	24.000	-	-
Summe	131.200	4.120	2.350

*) incl. 1 Sonderreinigung/a vor der Heizperiode

Wirtschaftlichkeit

	Kapital [EUR/a]	Verbrauch [EUR/a]	Gesamt [EUR/a]
Abwasser- wärmenutzung	7.035	3.612	10.647
Gasbrennwert- anlage	2.475	6.530	9.005



Ursachen für Unwirtschaftlichkeit

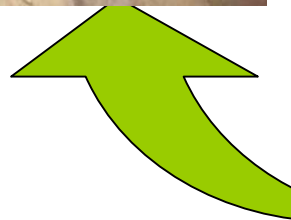
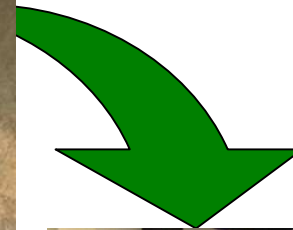
- Wärmebedarf ist zu gering
(→ Rentabilität typisch $Q_W > 100 \text{ kW}$)
- Komponenten sind relativ zum Bedarf zu groß
- Relativ großer Abstand WT - WP
- Hohe Ansätze für Wartung und Unterhalt (→ zu hoch?)



Fazit und Ausblick

- Suche nach geeigneten Objekten zur Abwasserwärmenutzung in München bisher nicht erfolgreich
- Pilotprojekt "Kanalbetriebsstation West" ist nach Behebung von Anfangsproblemen technisch erfolgreich, aber nicht wirtschaftlich
- Durch weitere Optimierung des Betriebs der Anlage kann die Wirtschaftlichkeit noch verbessert werden
- Die Suche nach geeigneten Anwendungsobjekten wird fortgesetzt
- Verschiedene rechtliche Randbedingungen sind noch zu klären

Das Pilotprojekt "Abwasserwärmetauscher und Wärmepumpe in der Kanalbetriebstation West" wurde im Rahmen des Best-Practice-Programms
Innovative Technik mit erneuerbaren Energien
durch das Referat für Gesundheit und Umwelt gefördert



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

