

Stadt Mosbach

Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung

Erläuterungsbericht

Stand: 30.04.2025

Projekt-Nr. TS-06616

Digitale Fertigung

ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag der Stadt Mosbach wurde eine Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung für das städtische Kanalnetz erstellt.

Das Kernergebnis der Studie ist die Energiekarte, die diesem Bericht beiliegt. Auf dieser Energiekarte sind die allgemeinen Grenzkriterien für eine wirtschaftliche Nutzung der Abwasserwärme, die sich aus dem DWA-Merkblatt M 114 „Abwasserwärmenutzung“ ergeben, aggregiert und grafisch dargestellt. Diese sind

- ein Mindestabfluss von 15 l/s und
- eine Entfernung von 150 m bzw. von 300 m vom Kanal zum Wärmenutzer.

Weitere wesentliche Kriterien, welche eine Nutzung der Abwasserwärme auch mit nachträglich in den Kanal eingebrachten Wärmetauschern erlaubt, sind:

- ein Mindestdurchmesser von DN 1000
- und eine ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit.

Zu Grunde gelegt wurden zunächst Daten aus der Schmutzfrachtberechnung und Betriebsdaten der Sammelkläranlage (SKA) Obrigheim. Eine Kalibrierung/Plausibilisierung dieser Daten wurde mit Hilfe einer entsprechende Messkampagne (drei Messstellen), entsprechender Datenauswertung und Aufstellung einer daraus abgeleiteten Fremdwasserbilanz erreicht.

Von allen untersuchten Haltungen des Kanalnetzes im Stadtgebiet Mosbach als Teil des Einzugsgebiets der Sammelkläranlage Obrigheim kommen ca. 8,2 km für die Abwasserwärmenutzung infrage. Davon beträgt der Anteil der Klasse „geeignet ohne Einschränkungen“ 48,8 % (Querschnitt ab DN 1000 und größer, bei gleichzeitig ausreichender hydraulischer Leistungsfähigkeit).

Erst anhand von Machbarkeitsstudien zu den einzelnen Objekten wird sich erweisen, ob bzw. wo sich das allgemeine Potenzial der Abwasserwärmenutzung, das sich aus der Energiekarte ergibt, im Kanalnetz der Stadt Mosbach konkret wirtschaftlich und ökologisch vorteilhaft darstellen lässt.

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Anlagenverzeichnis.....	5
1 Veranlassung und Aufgabenstellung.....	6
2 Theoretische Grundlagen der Wärmegewinnung	7
2.1 Prinzipiell mögliche Orte der Wärmegewinnung	7
2.1.1 In der Liegenschaft.....	7
2.1.2 Im Kanalnetz	7
2.1.3 Auf bzw. nach der Kläranlage	8
2.1.4 Haupt- und Nebenstrom	8
2.2 Funktionsweise einer Anlage zur Abwasserwärmenutzung (im Kanalnetz)	9
2.2.1 Prinzipieller Aufbau der Anlage.....	9
2.2.2 Rinnenwärmetauscher	10
2.2.3 „Thermpipe“®	11
2.2.4 Externe Wärmetauscher („Bypasslösung“)	12
2.2.5 Prinzip der Wärmepumpe	14
2.2.6 Nutzung zu Kühlungs Zwecken	14
2.2.7 Effizienzkriterien	15
2.3 Beitrag zum Umweltschutz.....	16
3 Grundlagedaten (Bestand).....	17
3.1 Überblick über das Kanalnetz	17
3.2 Daten Schmutzwasserabfluss	18
3.3 Daten Fremdwasserabfluss	18
3.4 Hydraulische Daten	19
3.5 Fern-/Nahwärmenetz	19
3.6 Abwassertemperaturdaten	19
3.7 Potenzielle Wärmenutzer	19
4 Messkampagne	20
4.1 Hintergrund.....	20
4.2 Vorgehensweise und Messprogramm	20
4.3 Wesentliche Erkenntnisse aus der Messkampagne	20
4.3.1 Betrachtung der Messdatenganglinien	20
4.3.2 Auswertung und Interpretation der Messdaten	21

4.4	Weitergehende Auswertungen zum Fremdwasser	23
5	Energiekarte	25
5.1	Auf der Energiekarte dargestellte Kriterien	25
5.2	Mittlerer Trockenwetterabfluss	25
5.3	Abstand des Wärmenutzers vom Kanal	25
5.4	Minstdurchmesser	26
5.5	Ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit	26
5.6	Potenzielle Wärmenutzer	26
5.7	Erläuterung der Legenden	26
5.8	Nicht auf der Energiekarte dargestellte Kriterien	27
6	Beschreibung der Ergebnisse	28
7	Auswertung der Abwassertemperaturen	30
7.1	Temperaturdaten der SKA Obrigheim	30
7.2	Einschätzung der repräsentativen Temperaturdaten	31
7.3	Temperaturvergleich Messdaten und Betriebsdaten SKA	32
8	Umweltschutz/Nachhaltigkeit/Klimaschutz	34
	Anhang mit Verzeichnis	36
	Anlagenverzeichnis	39
	Unterlagenverzeichnis	40

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1	Statistische Auswertung der Ergebnisse der Energiekarte	28
--------	---	----

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1	Mögliche Einbauorte für Wärmetauscher (aus /3/)	7
Abb. 2	Prinzipieller Aufbau der Abwasserwärmenutzung im Abwasserkanal (Quelle: Wallstein Ingenieur GmbH)	9
Abb. 3	Nachträglich einsetzbares Wärmetauschermodul	10
Abb. 4	Nachträglich einsetzbares Wärmetauschermodul im Kanal (Neckarpark, Stuttgart)	11
Abb. 5	„Thermpipe“® mit Stützrohr am Außenrohr für Neuverlegung (Frank GmbH)	12
Abb. 6	Prinzipskizze des Gesamtsystems eines externen Wärmetauschers (Quelle: Huber AG, Berching)	13
Abb. 7	Wärmetauschermodul eines externen Wärmetauschersystems (Quelle: Huber AG, Berching)	13
Abb. 8	Vereinfachtes Funktionsschema einer Wärmepumpe mit umkehrbarer Betriebsweise im Heizbetrieb (links) und im Kühlbetrieb (rechts), modifiziert nach /5/	15
Abb. 9	CO ₂ -Einsparpotenzial von Mehrfamiliengebäude und Bürogebäude (/11/)	16
Abb. 10	Untersuchungsgebiet mit relevanten Bauwerken (Quelle: /10/)	17
Abb. 11	Auswertung des Zuflusses der SKA Obrigheim nach dem gleitenden Minimum (Mittelwert)	18
Abb. 12	Durchfluss- und Temperaturganglinien an den drei Messstellen	21
Abb. 13	Abflussganglinien und gleitende Mittelwerte, Tagesmittelabflüsse an den Messstellen, Trockenwetterabfluss gemäß SFB	23
Abb. 14	Wohnflächenspezifischer Wärmebedarf der Stadt Mosbach (Quelle LUBW)	29
Abb. 15	Monatswerte der Abwassertemperaturen in den Belebungsbecken der SKA Obrigheim	30
Abb. 16	Unterschreitungshäufigkeiten langjähriger Abwassertemperaturen der Belebungsbeckens der SKA Obrigheim im Vergleich mit anderen Klärwerken in überw. Baden-Württemberg	31
Abb. 17	XY-Diagramm zur Gegenüberstellung der tagesgemittelten Abwassertemperaturen aus Messungen und Betriebsdaten	33

ANLAGENVERZEICHNIS

1. Energiekarte (M.: 1 : 5.000)

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Stadt Mosbach hat Klinger und Partner Ingenieurbüro für Bauwesen und Umwelttechnik GmbH (KuP) mit der Durchführung einer Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung für ihre Kanäle beauftragt.

Die Idee der Abwasserwärmenutzung ist nicht neu. Bereits 1982 wurde im Salemer Pflegelhof, einer Sozialstätte mit kulturellen Ausstellungsräumen in Esslingen, die erste deutsche Pilotanlage errichtet (/8/). Das Gesamtprojekt wurde durch das damalige Bundesforschungsministerium gefördert, der Betrieb mehrere Jahre lang wissenschaftlich begleitet. Nach dem Auslaufen der wissenschaftlichen Begleitung wurde die Anlage jedoch bald stillgelegt, weil die Wärmepumpe, die auf einem Dieselmotor basierte, einen immensen Wartungsaufwand verursacht hatte. Im Jahr 2013 wurde der Wärmetauscher im Rahmen eines Forschungsprojekts des Umweltministeriums Baden-Württemberg unter Mitwirkung von KuP auf Dichtheit und Funktionsfähigkeit geprüft (/9/). Das Ergebnis war positiv, sodass der Wärmetauscher anlässlich der Erneuerung der Heizungsanlage mit einer neuen Wärmepumpe wieder in Betrieb genommen werden konnte.

In den letzten Jahrzehnten, vor allem in den letzten Jahren, sind in Deutschland eine Vielzahl von Anlagen gebaut worden. Allein für das Jahr 2019 gibt die DWA (/7/) einen Bestand von 89 an.

Viele mögliche Abwasserenergieanlagen werden jedoch nicht realisiert, weil die Technik bei Planern und Bauherren noch zu wenig bekannt ist, aber auch weil angesichts immer engerer Terminvorgaben für Bauprojekte die Zeit für die nötigen Vorabklärungen häufig nicht vorhanden ist (/4/).

Die Stadt Mosbach hat beschlossen, dieser Situation zu begegnen. Dazu hat sie die Erarbeitung einer Potenzialstudie beauftragt, mit der die Grundlagenarbeit für die Abwasserwärmenutzung für die Haltungen der Stadt geleistet wird.

Ein wesentliches Element einer Potenzialstudie ist das Erstellen einer Energiekarte, mit der geeignete Standorte systematisch gesucht werden können. So kann aufgrund der Karte ein Prioritätsgebiet für die Abwasserwärmenutzung ausgewiesen werden, das auf geeignete Objekte untersucht wird (öffentliche Bauten, größere private Gebäude). Zugleich ermöglicht diese Karte ein schnelles Handeln, wenn im Prioritätsgebiet

- große öffentliche oder private Bauten neu erstellt,
- Sanierungen von Heizungssystemen mit großen Leistungen vorgenommen oder
- Abwasserkanäle neu gebaut oder erneuert werden.

Zudem wurden in der vorgelegten Studie die Abwassertemperaturen der Kläranlage ausgewertet.

Darüber hinaus wurden Abflussmessungen an drei ausgewählten Standorten innerhalb des Kanalnetzes durchgeführt, für die sich die Stadt Mosbach ggf. die Errichtung einer Abwasserwärmenutzungsanlage vorstellen könnte.

Mit der Potenzialstudie, die hiermit vorgelegt wird, hat die Stadt Mosbach die Nutzung der Abwasserwärme im Kanalnetz einen entscheidenden Schritt vorangebracht.

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN DER WÄRMEGEWINNUNG

2.1 Prinzipiell mögliche Orte der Wärmegegewinnung

Prinzipiell gibt es drei verschiedene Orte, an denen ein Wärmetauscher eingebaut und somit Wärme gewonnen werden kann:

1. in der Liegenschaft (aus Rohabwasser)
2. im Kanalnetz (aus Rohabwasser)
3. auf bzw. nach der KA (aus gereinigtem Abwasser)

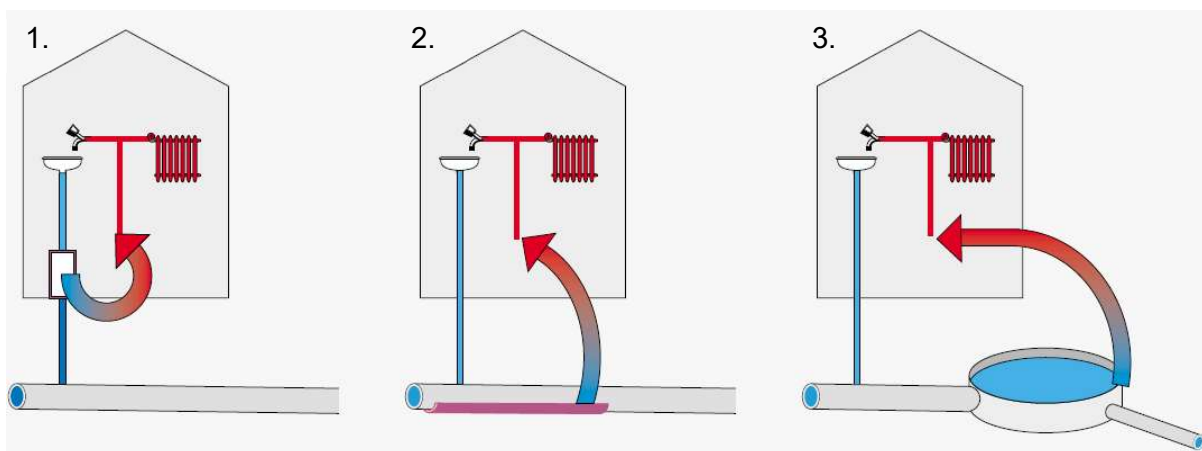


Abb. 1 Mögliche Einbauorte für Wärmetauscher (aus /3/)

2.1.1 In der Liegenschaft

Die Abwasserwärmenutzung in der Liegenschaft ist, in Form der Abwasserwärmenutzung in der Industrie (chemische Industrie, Lebensmittelindustrie), zurzeit am weitesten verbreitet. In der Regel handelt es sich dabei aber nicht um mit Fäkalien verunreinigtes Abwasser.

Die folgenden Vorteile hat die Abwasserwärmenutzung in der Liegenschaft:

- relativ hohe Abwassertemperaturen
- sehr kurze Wärmetransportwege
- Betreiber gleich Wärmeverbraucher
- kein Einfluss von Niederschlagswasser

Den Vorteilen stehen die folgenden Nachteile gegenüber:

- geringe Abflüsse mit tageszeitlich großen Schwankungen
- dezentrale Anlagen mit hohem Betriebsaufwand

Eine Analyse der Vor- und Nachteile zeigt, dass die Nutzung in der Liegenschaft vornehmlich bei gewerblichen/industriellen oder sehr speziellen, öffentlichen Bauten zum Tragen kommen kann.

2.1.2 Im Kanalnetz

Die Abwasserwärmenutzung im Kanalnetz ist diejenige Form, an die zuerst gedacht wird, wenn über das Thema „Abwasserwärmenutzung“ gesprochen wird. Sie weist im Allgemeinen auch das größte

Potenzial auf, weil sich die meisten größeren Bauten inmitten von Siedlungsgebieten befinden, die von einem dichten Kanalnetz durchzogen sind.

Der Abwasserwärmenutzung im Kanalnetz können die folgenden Vorteile zugeschrieben werden:

- größere Abwassermengen und damit höherer Energiegehalt
- kurze Wärmetransportwege
- angemessene Überwachung und Betriebssicherheit

Im Gegenzug sind die folgenden Nachteile zu nennen:

- große Abhängigkeit vom Netzbetreiber
- möglicher Einfluss auf die Abwasserreinigung

Die Abwasserwärmenutzung auf der Kläranlage (KA) vor der biologischen Stufe kann von ihren Vor- und Nachteilen her im Wesentlichen der Abwasserwärmenutzung im Entwässerungssystem gleichgesetzt werden. Ein zusätzlicher Nachteil ist dabei die in der Regel lange Transportstrecke zum Wärmenutzer (außerhalb der KA). Vorteilhaft ist, dass keine neue Betriebsstelle errichtet wird (s. auch folgendes Kapitel).

2.1.3 Auf bzw. nach der Kläranlage

Wo immer möglich bietet die Abwasserwärmenutzung auf bzw. nach der Kläranlage (KA) die effizienteste Art der Nutzung. Dafür sprechen die folgenden Vorteile:

- kein Einfluss auf die Abwasserreinigung
- deutlich geringer belastetes Wasser
- kein zusätzlicher Betriebspunkt

Der einzige nennenswerte Nachteil, der allerdings häufig ausschlaggebend ist, sind die meist langen Transportwege von der KA zum potenziellen Wärmenutzer.

Aufgrund der deutlichen Vorteile wurden Anlagen zur Abwasserwärmenutzung bereits mehrfach auf KAs in Baden-Württemberg installiert (in der Regel in Kombination mit einer Anlage zur Schlamm-trocknung).

2.1.4 Haupt- und Nebenstrom

An jedem der genannten Orte kann der Wärmetauscher im Haupt- oder im Nebenstrom (Bypass) angeordnet sein. Die Vorteile der jeweiligen Anordnungen sind im Folgenden aufgelistet.

Hauptstrom:

- kein zusätzlicher Platzbedarf
- kein Ausleitbauwerk (mit Grobstoffentfernung) notwendig
- keine Förderpumpe notwendig

Nebenstrom (Bypass):

- vom Kanalbetrieb unabhängig
- begehbare Kompaktanlage und trockene Aufstellung möglich (günstige Wartungs- und Instandsetzungsmöglichkeit)
- einfach rückbaufähig
- Wärmetauscher nicht von der Geometrie des Kanals abhängig

2.2 Funktionsweise einer Anlage zur Abwasserwärmenutzung (im Kanalnetz)

2.2.1 Prinzipieller Aufbau der Anlage

Um dem Abwasser Wärme zu entziehen, werden eigens hierfür entwickelte Wärmetauscher eingesetzt, die an der Sohle vorhandener oder neu zu verlegender Abwasserkanäle eingebaut werden (Rinnenwärmetauscher).

Rinnenwärmetauscher bestehen üblicherweise aus einer Edelstahldoppelschale, die vom Zwischenkreislauf durchflossen wird. Als Medium dient reines Wasser, das ggf. mit einem Frostschutzmittel versetzt wird, um tiefere Temperaturen fahren zu können (was mit einem höheren Wärmeentzug einhergeht). Über eine Rohrleitung, die in der Regel nicht isoliert sein muss, wird das Zwischenmedium vom Wärmetauscher zum Verdampfer der Wärmepumpe und zurückgeleitet. Am Wärmetauscher wird das Wasser des Zwischenkreislafs durch das Abwasser erwärmt, am Verdampfer der Wärmepumpe wieder abgekühlt. Angetrieben wird der Zwischenkreislauf von einer konventionellen Umwälzpumpe.

Die auf einem Temperaturniveau von rd. 8 bis 12 °C dem Abwasser entzogene Wärme wird durch die Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau (≥ 35 °C) „gepumpt“. Die Temperaturerhöhung erfolgt durch Verdichtung eines Kältemittels im Kompressor der Wärmepumpe im Kältemittelkreislauf. Dabei gilt, dass die Gesamtanlage umso wirtschaftlicher arbeitet, je kleiner die zu „pumpende“ Temperaturdifferenz ist. Diese Temperaturdifferenz kann durch die Wahl der im Gebäude eingesetzten Heizelemente entscheidend beeinflusst werden (Einsatz von Flächenheizungen).

Schließlich kann die Wärme dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden (Kreislauf Heizmedium). Abb. 2 verdeutlicht den Aufbau grafisch. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Anhang 1.

Die Heizanlage kann entweder in einem eigenen Gebäude oder im Heizraum eines bestehenden Gebäudes untergebracht werden. Mehrere Objekte können von einer Heizzentrale aus über Nahwärmeleitungen versorgt werden.

Meist wird für die Abdeckung von Tagen mit überdurchschnittlichem Wärmebedarf zusätzlich zur Wärmepumpe ein zweiter Wärmeerzeuger eingesetzt (bivalente Wärmepumpenanlage). Damit kann die Betriebssicherheit erhöht und gleichzeitig die Wärmepumpe wirtschaftlicher betrieben werden, weil sie dann kleiner dimensioniert wird und so längere Betriebszeiten unter Volllast erreicht.

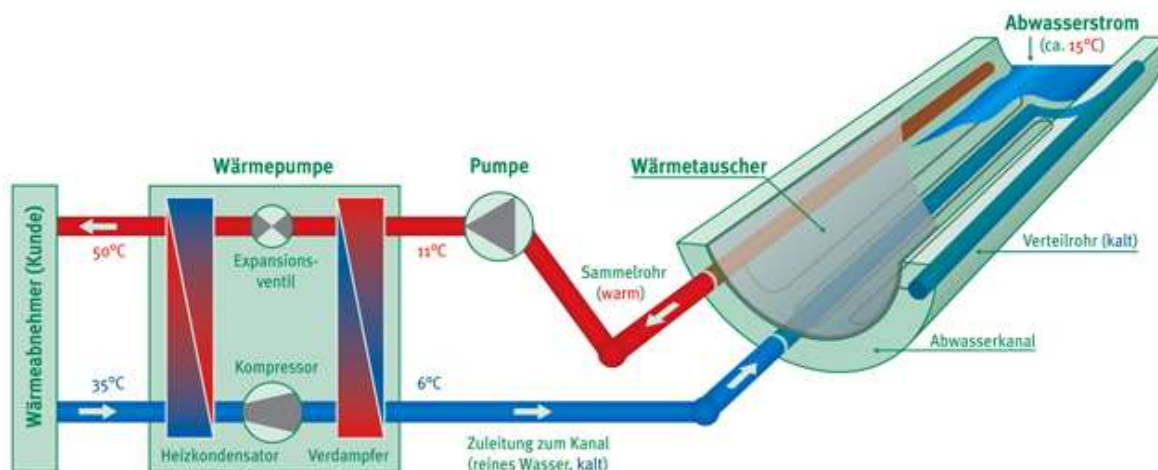


Abb. 2 Prinzipieller Aufbau der Abwasserwärmenutzung im Abwasserkanal (Quelle: Wallstein Ingenieur GmbH)

2.2.2 Rinnenwärmetauscher

Ein Wärmetauschermodul ist in der Regel zwischen 1,50 m und 3,00 m lang; die Wandstärke der Edelstahlschale beträgt 1 bis 3 mm. Es kann von einer Nutzungsdauer von über 50 Jahren ausgegangen werden.

Die Wärmetauscher werden entweder in bestehende oder in neue Kanäle mit ausreichendem Querschnitt und Sohlgefälle eingebaut oder bei neuen Kanälen bzw. Kanalauswechslungen als vorgefertigte Bauteile komplett mit dem Abwasserrohr installiert (/2/).

Abb. 3 zeigt ein Wärmetauschermodul für den nachträglichen Einbau. Abb. 4 zeigt ein Foto solcher Module in einem Kanal. Anhang 2 zeigt Skizzen weiterer Ausführungsarten nachträglich eingebauter Wärmetauscher.



Abb. 3 Nachträglich einsetzbares Wärmetauschermodul



Abb. 4 Nachträglich einsetzbares Wärmetauschermodul im Kanal (Neckarpark, Stuttgart)

2.2.3 „Thermpipe“®

Eine besondere Bauform einer Anlage zur Abwasserwärmenutzung im Kanalnetz stellt das Produkt „PKS-Thermpipe“® der Frank GmbH (Mörfelden-Walldorf) dar.

„Thermpipe“® ist ein Rohr aus leichtem, chemisch und korrosionsbeständigem Kunststoff (PKS), das in der Regel in Modullängen von 6 m hergestellt wird. Durch das Stützrohr am Außenrohr, das aus statischen Gründen sowieso erforderlich ist, fließt ein Wärmeträgermedium, das die Wärme ableitet. „Thermpipe“® ist deshalb ausschließlich bei Kanalneuverlegungen und besonders bei neuen oder nur wenigen Hausanschlüssen geeignet.

Ein wichtiger Vorteil – und ein wesentlicher Unterschied zu „klassischen“ Abwasserwärmetauschern – ist die Wärmenutzung aus zwei Wärmequellen: dem Abwasser und dem umgebenden Boden. Die vom Abwasser in der Tagesspitze an das Erdreich abgegebene Energie kann somit später wieder genutzt werden.

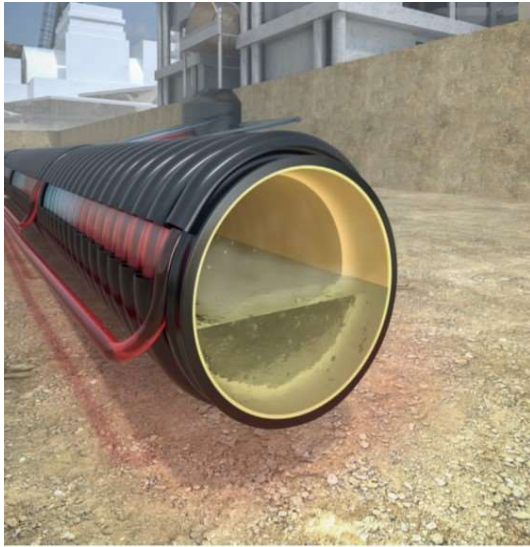


Abb. 5 „Thermpipe“® mit Stützrohr am Außenrohr für Neuverlegung (Frank GmbH)

2.2.4 Externe Wärmetauscher („Bypasslösung“)

Externe Wärmetauscher benötigen ein Modul zur Entnahme und häufig auch zur (Vor-)Reinigung des Abwassers; zudem muss der entnommene Teilstrom fast immer gepumpt werden. Diese Systeme sind deswegen in Bau und Betrieb in der Regel aufwendiger als Rinnenwärmetauschern und, wenn letztere zum Einsatz kommen können, wirtschaftlich unterlegen. Rinnenwärmetauscher sind jedoch nicht immer einsetzbar, und externe Wärmetauscher können im Vergleich zu konventionellen Heizungssystemen ebenfalls eine wirtschaftliche Lösung zur Beheizung von Gebäuden darstellen.

Abb. 6 zeigt eine Prinzipskizze des Gesamtsystems eines externen Wärmetauschers; in Abb. 7 ist das eigentliche Wärmetauschermodul dargestellt.

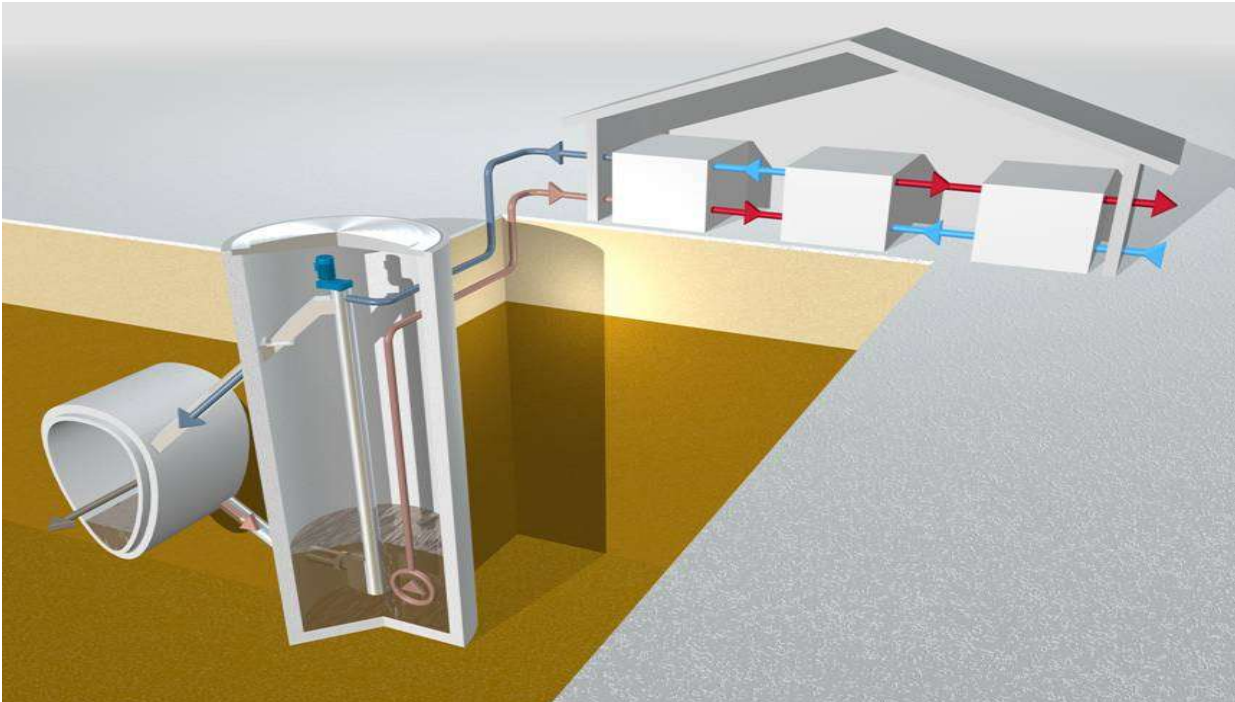


Abb. 6 Prinzipskizze des Gesamtsystems eines externen Wärmetauschers (Quelle: Huber AG, Berching)

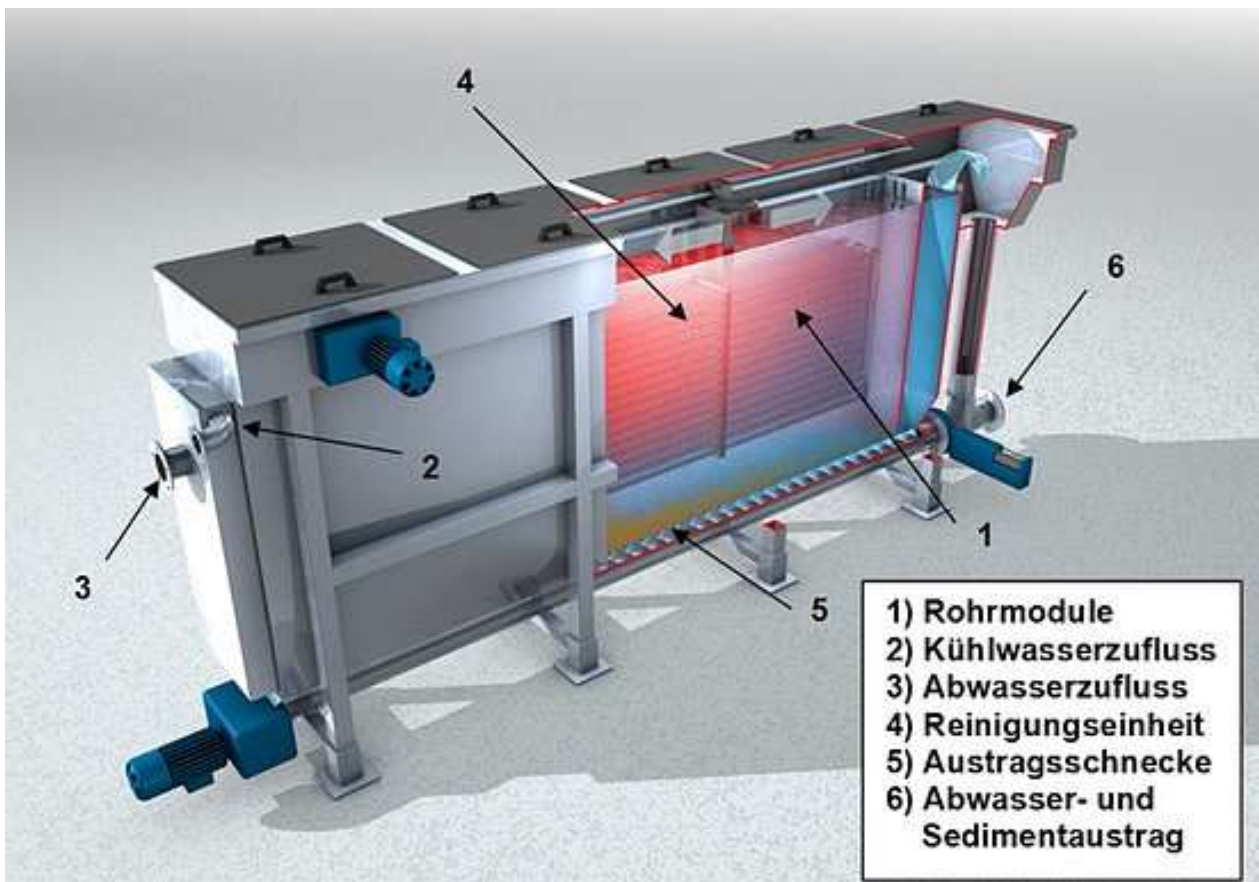


Abb. 7 Wärmetauschermodul eines externen Wärmetauschersystems (Quelle: Huber AG, Berching)

2.2.5 Prinzip der Wärmepumpe

Der bekannteste Einsatzort von Wärmepumpen ist jeder handelsübliche Kühlschrank. Der Kühlschrank entzieht den Lebensmitteln Wärme und gibt diese nach außen ab. Nach demselben Prinzip, nur mit umgekehrter Intention, arbeiten auch Wärmepumpen in der Heiztechnik. Sie entziehen dem Abwasser Wärme (kühlen es also) und geben diese als Heizwärme ab.

Der Wärmepumpenprozess kann in vier Stufen eingeteilt werden, in denen das Kältemittel verschiedene Zustandsänderungen erfährt und die es im Kreis durchläuft:

1. Verdampfung
2. Verdichtung
3. Kondensation (Verflüssigen)
4. Expansion (Entspannen)

1. Verdampfung

Im Verdampfer geht das Kältemittel vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Die Verdampfung erfolgt unter Zufuhr von Wärmeenergie, die dem Sekundärkreislauf über einen Wärmetauscher in der Wärmepumpe entzogen wird.

2. Verdichtung

Das gasförmige Kältemittel wird vom Kompressor angesaugt und durch die Verdichtung auf einen hohen Druck und eine hohe Temperatur gebracht. Zusätzlich nimmt das Kältemittel die Wärme auf, die der Antriebsenergie des Kompressors entspricht.

3. Kondensation

Das gasförmige Kältemittel wird mit hoher Temperatur in den Kondensator – wiederum ein Wärmetauscher – gedrückt und gibt dort seine Wärme an das Heizungswasser ab. Dabei wird der Kältemitteldampf kondensiert.

4. Expansion

Um den Kältekreislauf wieder zu schließen, muss das Kältemittel vom hohen Druck auf den Ausgangsdruck entspannt werden. Dabei wird das Kältemittel kalt und kann dann im Verdampfer wieder Energie aufnehmen.

Ebenso wie ein Kühlschrank benötigt auch eine Wärmepumpe Antriebsenergie, die meist durch elektrischen Strom geliefert wird. Der Unterschied zwischen Kühlschrank und Wärmepumpe liegt also nur darin, dass abnehmerseitig bei dem einen die Kälte und bei dem anderen die Wärme genutzt wird.

2.2.6 Nutzung zu Kühlzwecken

Im Sommer können Anlagen zur Abwasserwärmenutzung auch zur Raumkühlung eingesetzt werden. Das Abwasser wird dann über die Wärmetauscher erwärmt. Dazu wird das Kältemittel in umgekehrter Richtung gepumpt, was durch ein Ventil erreicht wird (s. Abb. 8). Außerdem wird ein zweites Expansionsventil benötigt. Durch den Zusatznutzen erhöht sich die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Aus diesem Grund sollten die Wärmetauscher, wo immer möglich auch zu Kühlzwecken genutzt werden.

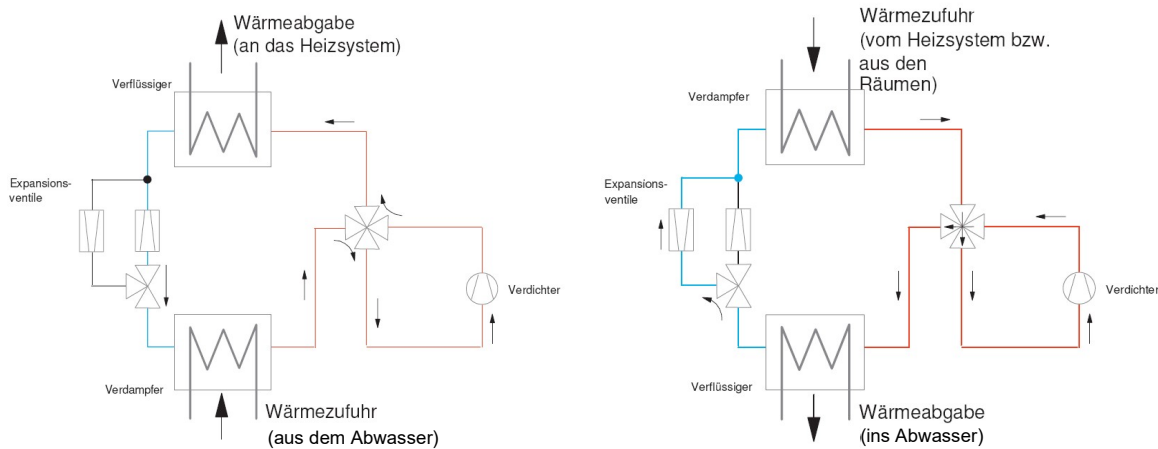


Abb. 8 Vereinfachtes Funktionsschema einer Wärmepumpe mit umkehrbarer Betriebsweise im Heizbetrieb (links) und im Kühlbetrieb (rechts), modifiziert nach /5/

Dabei liegt auf der Hand, dass eine solche Nutzung – viel mehr noch als die Abwasserwärmenutzung – eng mit der Architektur eines Gebäudes verwoben ist und deswegen nur dann sinnvoll sein kann, wenn sie bereits in einem sehr frühen Planungsstadium in Betracht gezogen und optimal in die Nutzungsplanung integriert wird.

2.2.7 Effizienzkriterien

Die Effizienz einer Anlage wird anhand von Kennzahlen beurteilt.

Das Verhältnis zwischen der Wärmeleistung, die ins Heiznetz abgegeben wird, und der aufgenommenen elektrischen Leistung der Wärmepumpe ergibt die Leistungszahl COP:

$$\text{Leistungszahl COP [-]} = \frac{\text{Wärmeleistung ins Heiznetz [kW]}}{\text{aufgenommene Leistung der Wärmepumpe [kW]}}$$

Moderne Elektrowärmepumpen erzielen Leistungszahlen zwischen 3,5 und 5,5. Pro Kilowattstunde elektrischer Energie (1 kWh) wird also eine Wärmemenge von 3,5 bis 5,5 kWh in Form von Wärme „erzeugt“.

Die Leistungszahl gilt jedoch nur für einen bestimmten Betriebspunkt und ändert sich in Abhängigkeit von den Abwasser- und Heizungsvorlauftemperaturen ständig. Sie lässt außerdem die Leistung elektrischer Hilfsaggregate unberücksichtigt, die nicht unmittelbar zum Wärmepumpenprozess gehören (z. B. die Umwälzpumpen für den Heizungs- und Zwischenkreislauf).

Für Jahresbilanzen wird deswegen die Jahresarbeitszahl JAZ herangezogen. Diese Kennzahl ist der Quotient aus der über ein Jahr hinweg abgegebenen Wärmeenergie (Heizenergie) und der im gleichen Zeitraum insgesamt zugeführten Antriebsenergie für das Wärmepumpensystem:

$$\text{Jahresarbeitszahl JAZ [-]} = \frac{\text{abgegebene Heizwärme im Jahr [kWh]}}{\text{gesamte Antriebsenergie im Jahr [kWh]}}$$

Typische Werte der Jahresarbeitszahl moderner Wärmepumpenanlagen liegen im Bereich über 3,5.

2.3 Beitrag zum Umweltschutz

Die Wärmenutzung aus Abwasser spielt eine wichtige Rolle zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Ersatz von fossilem Energieträger durch erneuerbare Energie aus Abwasser.

Gemeinden können ihre CO₂-Bilanz verbessern, wenn die konventionelle, fossile Heizung eines Gebäudes (z. B. Öl, Gas) durch eine Wärmepumpe ersetzt oder ergänzt wird.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch das CO₂-Einsparpotenzial (im Vergleich zu einer Gasheizung) für ein Mehrfamilienhaus und ein Bürogebäude mit verschiedenen Sanierungsgraden (/11/). Die Analyse wurde mit einer JAZ von 4,5 und einem Deckungsanteil der Wärmepumpe an der gesamten Wärmebereitstellung von 82 – 96 % durchgeführt. Das Einsparpotenzial wurde für zwei Durchflüsse - 15 und 100 l/s – ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass für Bestandsgebäude durch Verwendung von Abwasserwärme eine CO₂-Einsparung von 26 – 40 % für ein Mehrfamiliengebäude und rd. 40 % für ein Bürogebäude möglich ist. Wenn die Wärmepumpe mit Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt wird, ist eine noch höhere CO₂-Einsparung möglich.

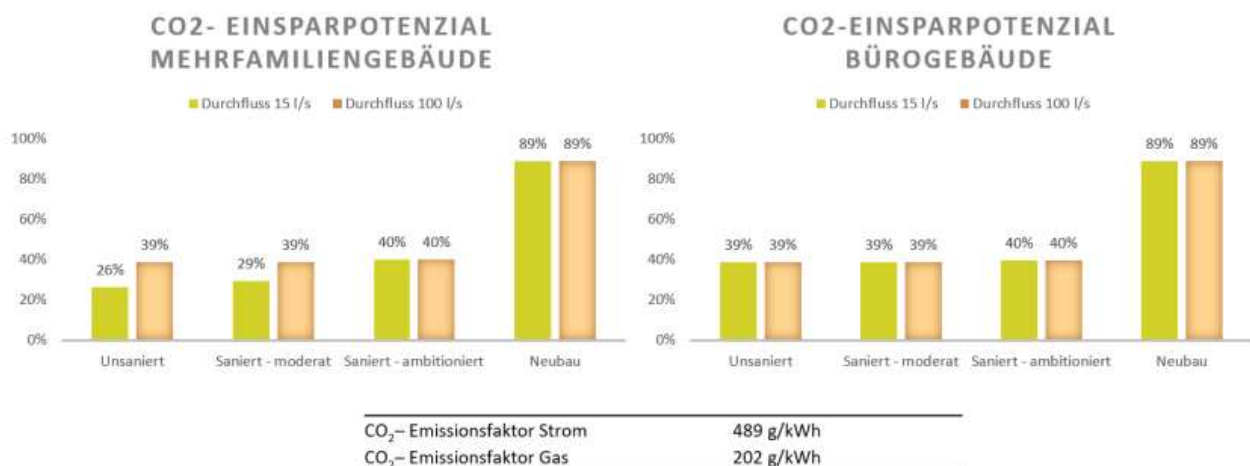


Abb. 9 CO₂-Einsparpotenzial von Mehrfamiliengebäude und Bürogebäude (/11/)

3 GRUNDLAGEDATEN (BESTAND)

3.1 Überblick über das Kanalnetz

Der untersuchte Bereich umfasst die relevanten Teile des Kanalnetzes des Stadtgebiets Mosbach. Die Stadt Mosbach ist Teil des Abwasserzweckverbands Elz-Neckar. Das Abwasser wird schließlich der Sammelkläranlage (SKA) Obrigheim zugeführt.

Das Stadtgebiet Mosbach ist rechts des Neckars gelegen und besteht im Wesentlichen neben der Kernstadt aus den Stadtteilen Diedesheim, Lohrbach, Neckarelz, Reichenbuch und Sattelbach. Aus weiteren Ortschaften, die jedoch nicht zum Stadtgebiet Mosbach gehören (bspw. Neckarzimmern), wird ebenfalls Abwasser in das Mosbacher Kanalnetz eingeleitet. Vom Bereich Diedesheim wird das hier ankommende Abwasser schließlich mittels Düker auf die linke Neckarseite verbracht und der SKA zugeführt.

Alle verbleibenden, an die SKA angeschlossenen Kanalnetzteile sind auf Grund der Position ihres jeweiligen Anschlusses nicht relevant für die Abwasserwärmenutzung in Mosbach und sind daher ausgeklammert.

Abb. 10 stellt die geografische Lage der Regenüberlaufbecken (RÜB) im Einzugsgebiet dar.

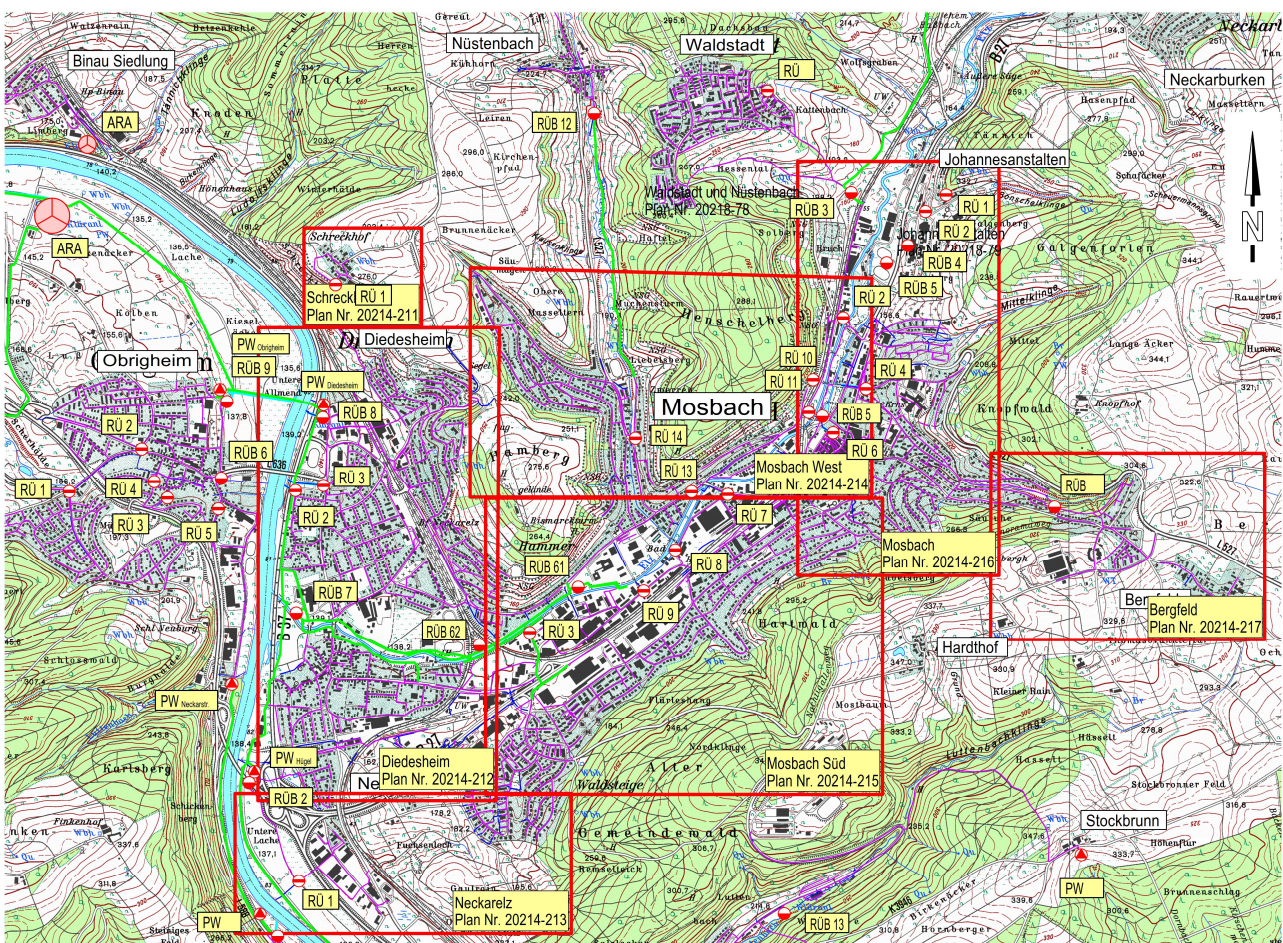


Abb. 10 Untersuchungsgebiet mit relevanten Bauwerken (Quelle: /10/)

3.2 Daten Schmutzwasserabfluss

Basis für die Festlegung des Schmutzwasserabflusses und dessen Verteilung innerhalb des Kanalnetzes war die Schmutzfrachtberechnung (SFB, /10/). Der Schmutzwasserabfluss wurde summarisch durch einen Abgleich mit der Auswertung nach dem gleitenden Minimum auf der Kläranlage (vgl. folgendes Kapitel) validiert, so dass die Schmutzwasserabflüsse aus der Schmutzfrachtberechnung strangweise in unser Abflussmodell aufgenommen wurden.

3.3 Daten Fremdwasserabfluss

Die Zuflussdaten der Sammelkläranlage Obrigheim wurden von der Stadt Mosbach beim AZV Elz-Neckar abgefragt und für die Jahre 2020 – 2024 zur Verfügung gestellt. Diese Daten wurden zunächst auf Plausibilität geprüft und punktuell korrigiert. Der mittels der Methode des gleitenden Minimums berechnete Tagesmittelwert der Trockenwetterabflüsse der 5 Jahre beträgt 116,7 l/s, der Fremdwasserzuschlag 147,90 % (69,54 l/s).

Diese Werte werden als Zielwerte für die Festlegung des Fremdwasserabflusses auf der Kläranlage festgelegt, die Regionalisierung innerhalb des Gebiets erfolgte anhand der Ergebnisse aus der Messkampagne (vgl. Kapitel 4).

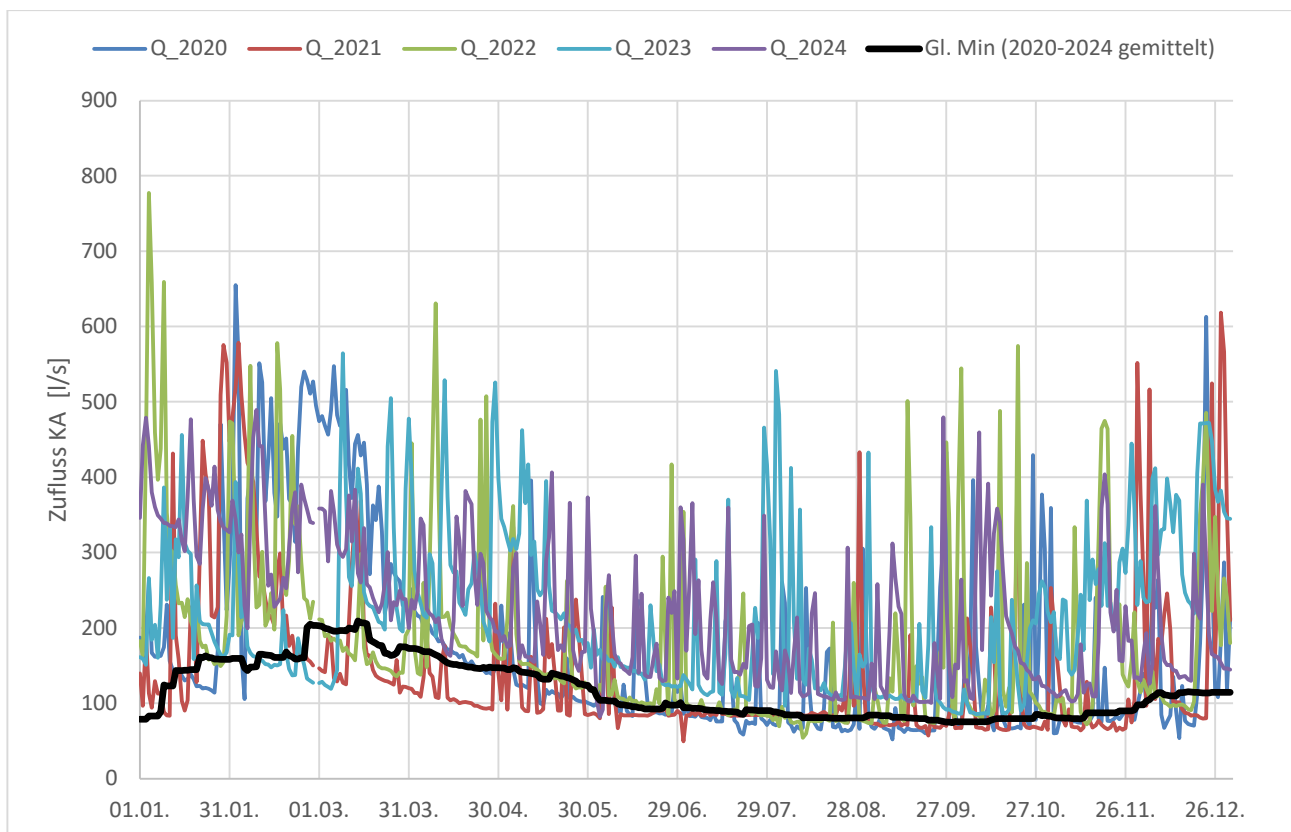


Abb. 11 Auswertung des Zuflusses der SKA Obrigheim nach dem gleitenden Minimum (Mittelwert)

3.4 Hydraulische Daten

Für die Analysen des hydraulischen Auslastungsgrads sind Auszüge aus den hydraulischen Kanalnetzberechnungen erforderlich. Diese Daten stammen aus entsprechenden Berechnungen des AKPs (Allgemeiner Kanalisationsplan) der Wiederkehrzeiten 2, 3 und 5 und wurden durch mohn ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag der Stadt Mosbach zur Verfügung gestellt.

In Abhängigkeit von der Nutzungs- bzw. Schutzkategorie wurden die Belastungsgrade in den entsprechenden Haltungen bei der Eignungseinstufung hinsichtlich Abwasserwärmenutzung berücksichtigt.

3.5 Fern-/Nahwärmenetz

Informationen zu Bereichen, in denen die Deckung des Wärme-/Heizbedarfs über Fern-/Nahwärmenetze erfolgt oder in denen Gas zur Wärmegewinnung genutzt wird, wurden von Stadtwerken Mosbach GmbH bereitgestellt.

Es handelt sich dabei um eine flächenförmige Darstellung der von den jeweiligen Wärmeträgern versorgten Gebiete. Die fernwärmeverversorgten Gebiete sind auch in der Energiekarte enthalten. Auf die Darstellung der gasversorgten Gebiete in der Karte wurde verzichtet, weil dadurch weitgehend das vollständige Stadtgebiet Mosbach abgedeckt wird.

3.6 Abwassertemperaturdaten

Abwassertemperaturdaten sind von der Stadt Mosbach für die beiden Belebungsbecken der SKA Obrigheim (AZV Elz-Neckar) bereitgestellt worden. Diese Daten entstammen dem Betriebstagebuch der Kläranlage. Die Auswertung der Temperaturdaten ist in Kapitel 7.1 erläutert.

Abwassertemperaturen wurden zudem während der Messkampagne an den drei Messstellen aufgezeichnet, vgl. dazu Kapitel 4.3.

3.7 Potenzielle Wärmenutzer

Von der Stadt Mosbach sind ALKIS-Daten sowie die Verortung von öffentlichen Gebäuden als potenzielle Wärmenutzer zur Verfügung gestellt worden. Darüber hinaus wurden im Zuge der durchgeführten Messkampagne (vgl. Kapitel 4) im Rahmen der Festlegung der Messstellen bereits drei potenzielle und auf Grund ihrer Lage vermutlich bevorzugte Wärmenutzer definiert.

Die potenziellen Wärmenutzer sind in der Energiekarte dargestellt (vgl. Kapitel 5.6).

4 MESSKAMPAGNE

4.1 Hintergrund

Aufgrund der vorliegenden Topografie des Einzugsgebiets wurde davon ausgegangen, dass Fremdwasser sehr heterogen im Gesamtnetz der Kläranlage auftritt. Zur Unterstützung der Aufteilung auf die einzelnen Stränge (Regionalisierung) wurde deswegen eine Messkampagne durchgeführt.

In Abstimmung mit dem AG wurden dafür drei Bereiche für Abfluss- und Temperaturmessungen im Kanalnetz bestimmt. Bei einer Vorbesichtigung der Messstellen am 12.11.2024 wurde diese unter Teilnahme des AG und des Messdienstleisters NIVUS GmbH schließlich konkretisiert und die im jeweiligen Bereich dafür am besten geeigneten Schächte ausgewählt:

1. Bereich Technisches Rathaus: Messstelle **M01** (Schacht KS9071340)
2. Bereich Schulzentrum zwischen Hammerweg und Elz: Messstelle **M02** (Schacht KS9050080)
3. Bereich Auguste-Pattberg-Gymnasium: Messstelle **M03** (Schacht KS9040250)

Für die ausgewählten Bereiche werden seitens der Stadt Mosbach gute Möglichkeiten zur Nutzung von gewonnener Abwasserwärme gesehen.

4.2 Vorgehensweise und Messprogramm

In den genannten Messstellen wurden jeweils Messungen der Fließgeschwindigkeit und des Wasserstandes vorgenommen und damit über die „Geschwindigkeitsflächenmethode“ die Durchflüsse ermittelt. Zusätzlich wurden jeweils die Abwassertemperaturen gemessen. Die Daten sind jeweils mit einem Speicherzyklus von 2 min aufgezeichnet worden.

Gemessen wurde jeweils im Zeitraum zwischen 27.11.2024 und 13.12.2024.

Weitere Einzelheiten können dem Projektbericht der NIVUS GmbH /12/ und zugehöriger Dokumentation entnommen werden.

4.3 Wesentliche Erkenntnisse aus der Messkampagne

4.3.1 Betrachtung der Messdatenganglinien

Die Parameter Durchfluss (linke Y-Achse) und Temperatur (rechte Y-Achse) wurden graphisch über den Messzeitraum (X-Achse) in nachfolgender Abb. 12 darstellt.

An der Messstelle M02 kam es ab dem 06.12.2024 bis zum 13.12.2024 zu Ausfällen bei der Aufzeichnung des Durchflusses.

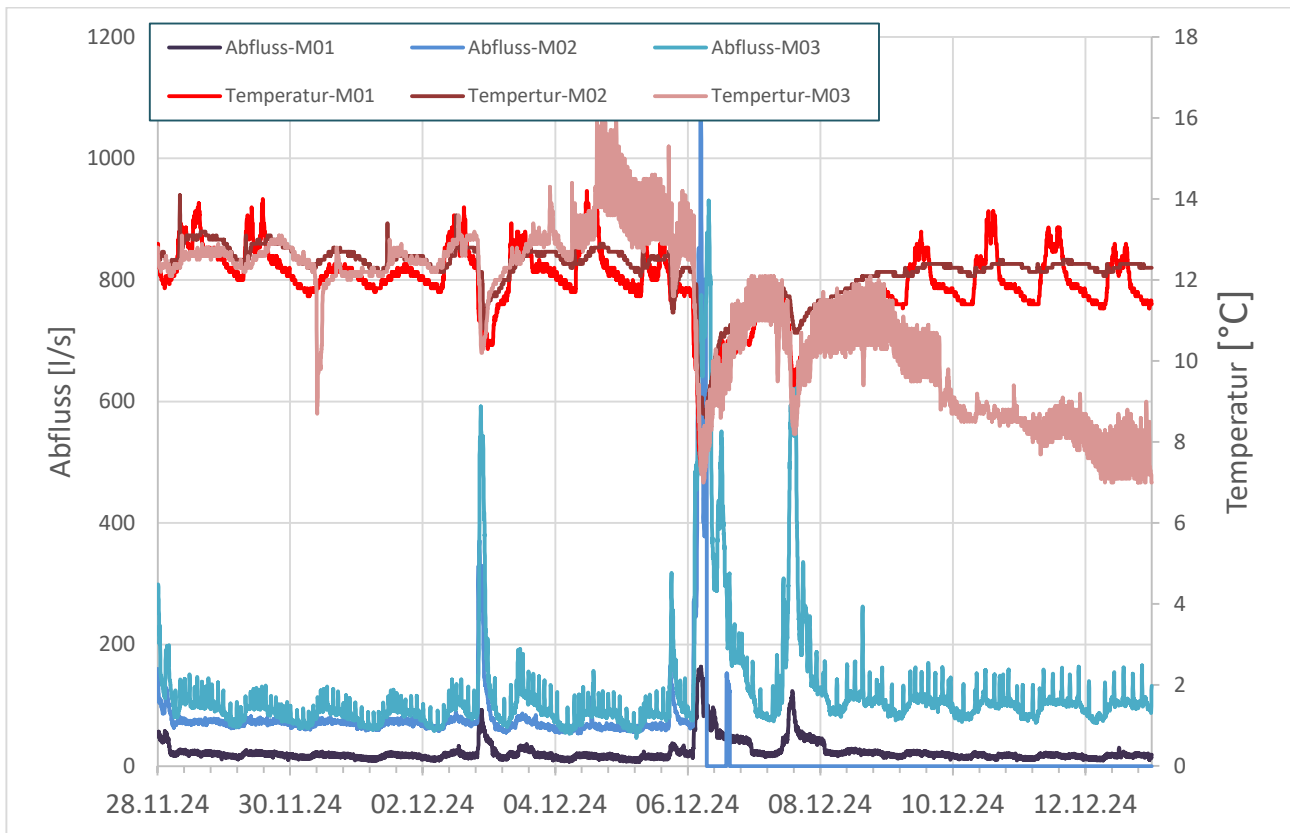


Abb. 12 Durchfluss- und Temperaturganglinien an den drei Messstellen

Sehr schön zu erkennen sind die Abflussspitzen an allen drei Messstellen bei Regenwetter, die jeweils erwartungsgemäß von Abfällen der Temperaturwerte begleitet werden.

Nicht erklärbar sind

- die deutliche Temperatursenke an der Messstelle M03 am 30.11.,
- der starke Temperaturanstieg an der Messstelle M03 am 05.12. sowie
- der zunehmende Temperaturabfall an der Messstelle M03 ab dem 09.12.,

da die Temperaturverläufe an den anderen beiden Messstellen ihrem „gewohnten“ Verlauf folgen.

Die Temperatursenke am 30.11. wird als Ausreißer oder lokale Besonderheit ohne Bedeutung gewertet. Der deutliche Temperaturanstieg (05.12.) und der anschließende Temperaturabfall (ab 09.12.) gehen ineinander über und sind von starken Fluktuationen der Messwerte begleitet. Vor dem Hintergrund, dass diese starken Fluktuationen erst ab einem bestimmten Zeitpunkt (04.12.2024 ca. 6:00) auftreten und nur an M03 festzustellen sind, wird dies als Störung (bspw. Spannungsschwankungen in der Stromversorgung o. ä.) eingeordnet und die Temperaturmesswerte ab diesem Zeitpunkt als unplausibel betrachtet.

4.3.2 Auswertung und Interpretation der Messdaten

Von besonderer Bedeutung im Kontext einer potenziellen Abwasserwärmenutzung sind die Trockenwetterabflüsse, weil dies die Abflüsse sind, die dauerhaft und kontinuierlich zur Verfügung stehen.

Auf Grund dessen wurde aus den Messdaten ein Zeitraum ohne Niederschläge (Trockenwetter) ausgewählt und näher betrachtet. Es handelt sich dabei um knapp 4 Tage zwischen dem 29.11. bis 02.12.2024, wobei am späteren Abend des 02.12. bereits wieder ein Niederschlagsereignis stattfand. Der genannte Zeitraum ist in Abb. 13 vergleichend für alle drei Messstellen dargestellt. Die Ganglinien der gemessenen Durchflüsse sind dabei jeweils in Blautönen gezeit, in gleicher Farbe ist jeweils der Trockenwetterabfluss gemäß SFB als Horizontale darunter eingetragen. Die Ganglinien sind jeweils von kurzzeitigen Spitzen und Tälern charakterisiert, die -relativ gesehen- an den Messstellen M01 und M03 besonders stark ausgeprägt sind. Dies kann an der Messstelle M01 mit einiger Wahrscheinlichkeit auf den Einfluss des Pumpwerks Lohrbach zurückgeführt werden. An der Messstelle M03, wo dieser Effekt noch deutlich stärker ausgeprägt ist, wird dies dem Pumpbetrieb im direkt benachbarten RÜB 7 zugeschrieben: die Anbindung des RÜB 7 erfolgt eine Haltung oberstrom der Messstelle M03.

Um die starken Fluktuationen innerhalb der Abflussganglinien etwas auszugleichen und den Verlauf klarer hervorzuheben, wurden in Grüntönen für alle Messstellen jeweils gleitende Mittel der hochaufgelösten Messdaten gebildet und dargestellt. Jeweils in gleicher Farbe, jedoch gestrichelt, wurden außerdem die Tagemittelwerte der gemessenen Abflüsse eingetragen.

Bei Betrachtung der gemessenen Abflüsse und der mittleren Trockenwetterabflusswerte gemäß SFB je Messstelle ist zu erkennen, dass für M01 die Ganglinie der Messdaten meist etwas oberhalb des Trockenwetterabflusses aus der SFB liegt, die Abflüsse während der Messkampagne lagen also etwas höher als in der SFB angenommen.

Wesentlich ausgeprägter noch ist dies für M02 erkennbar, wo der Wert für den mittleren Trockenwetterabfluss bei ca. 38 l/s liegt, die Ganglinien der Messdaten sich jedoch weitgehend dauerhaft oberhalb von 60 l/s befinden.

Wieder etwas weniger stark ausgeprägt jedoch ähnlich zeigt sich dieses Phänomen auch für die M03 mit einem mittleren Trockenwetterabfluss von rund 63 l/s (gemäß SFB) und der zugehörigen gemessenen Abflussganglinie.

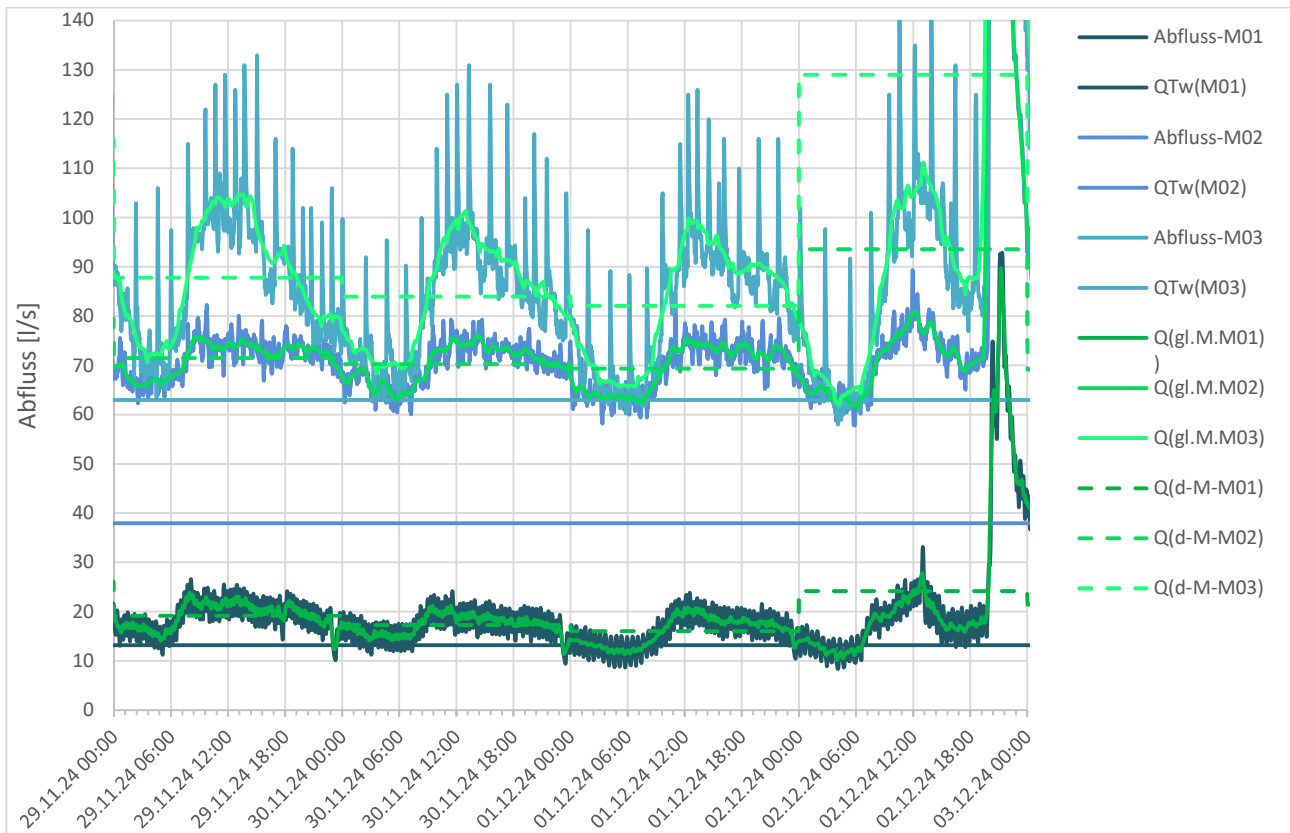


Abb. 13 Abflussganglinien und gleitende Mittelwerte, Tagesmittelabflüsse an den Messtellen, Trockenwetterabfluss gemäß SFB

Weiterhin fällt bei Betrachtung der aus den Messdaten gebildeten Tagesganglinien für die gleitenden Mittelwerte auf, dass sich die Amplituden dieser Ganglinien unterschiedlich verhalten: Für M02 zeigt sich trotz des bis dahin bereits einigermaßen großen, angeschlossenen Einzugsgebiet ein vergleichsweise flacher Tagesgang. Dies spricht für einen insgesamt sehr hohen Fremdwasseranteil.

4.4 Weitergehende Auswertungen zum Fremdwasser

Mit Hilfe der beschriebenen Erkenntnisse aus der Messkampagne konnten nach entsprechender Anfrage durch die Stadt Mosbach weitere Informationen beigesteuert werden: In der Vergangenheit wurden bereits Bereiche mit erhöhtem Fremdwasserzufluss identifiziert (diffus und punktuell). Diese Fremdwasserzuflüsse sind mengenmäßig allerdings unbekannt.

Tatsächlich beaufschlagt ein Großteil dieser Zuflüsse die Haltungen im Kanalnetz zwischen den Messtellen M01 und M02, in denen laut Messergebnissen, die besonders hohen Fremdwasserzuflüsse liegen müssten.

Zur Festlegung der Fremdwasserabflüsse in unserem Abflussmodell wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

Zunächst wurden die Schmutzwasserabflüsse an den Messstellen aus der SFB abgeleitet (vgl. auch Kapitel 3.2). Aus der Differenz zu den gemessenen Trockenwetterabflüssen wurde damit der Fremdwasserabfluss je Messstelle ermittelt.

Da zum Zeitpunkt der Messkampagne die Fremdwasserabflüsse auf der Kläranlage unterhalb des langjährigen Mittels lagen, wurden die zuvor berechneten Fremdwasserabflüsse an den Messstellen entsprechend um den Faktor 1,14 erhöht.

Für die Messstelle M01 wurde daraus der Fremdwasserzuschlag berechnet, der im Einzugsgebiet der Messstelle als konstant angenommen wurde.

Für die Messstelle M02 wurde der Fremdwasserzuschlag der Messstelle M01 übernommen. Die darüberhinausgehende Fremdwassermenge, die an der Messstelle erfasst wurde, wurde zu gleichen Teilen auf die von der Stadt genannten Orte mit erhöhtem Fremdwasserzufluss zugewiesen.

Für die Messstelle M03 wurde die Differenz im gemessenen Fremdwasseranfall (Messstelle M03 abzüglich Messstelle M02) auf die Differenz im Schmutzwasseranfall bezogen und dieser Fremdwasserzuschlag als gleichverteilt im Direkteinzugsgebiet der Messstelle angenommen.

Für die Gebiete unterhalb der Messstelle M03 wurde der Fremdwasserzuschlag gemäß Auswertung der Kläranlagendaten des langjährigen Mittels (vgl. Kapitel 3.2) angesetzt und gleichverteilt über das zugehörige Gebiet angenommen.

5 ENERGIEKARTE

5.1 Auf der Energiekarte dargestellte Kriterien

Die Energiekarte ist das zentrale Hilfsmittel zur systematischen Suche nach geeigneten Standorten für Abwasserwärmenutzungsanlagen.

Dies gilt sowohl für den Bestand als auch für zukünftige Entwicklungen. Auf einer Energiekarte werden die Grenzkriterien aggregiert dargestellt, die für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Abwasserwärmenutzungsanlage angenommen werden können.

Die genannten Grenzkriterien ergeben sich dabei z. B. aus dem DWA-Merkblatt M 114 (/7/) und lauten ...

- bezogen auf das Kanalnetz:
 - ein Mindestabfluss von 15 l/s (mittlerer Trockenwetterabfluss $Q_{T, d, aM}$),
- bezogen auf den Abstand des Wärmenutzers zum Kanal:
 - eine Umgebung von 150 m (Bereich 1) bzw. 300 m (Bereich 2) um den Kanal,
- bezogen auf nachträglich in Kanäle eingebaute Wärmetauscher:
 - ein Mindestdurchmesser von DN 1000
 - und ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit.

5.2 Mittlerer Trockenwetterabfluss

Mit dem (langjährigen) mittleren Trockenwetterabfluss $Q_{T, d, aM}$ der einzelnen Haltungen wurde das zur Verfügung stehende Wärmepotenzial, das mithilfe von Wärmetauschern entzogen werden kann, ermittelt.

Die Trockenwetterabflüsse wurden als Summe des Schmutz- und des Fremdwasserabflusses ermittelt (vgl. Kapitel 3 und 4).

5.3 Abstand des Wärmenutzers vom Kanal

Der Abstand des Wärmenutzers vom Kanal beeinflusst vor allem über die Trassenpreise die Wirtschaftlichkeit. Wärmeverluste können in der Regel vernachlässigt werden, weil sich das Temperaturniveau des Zwischenkreislaufs nicht sehr von dem des umgebenden Bodens unterscheidet.

Die Literaturangaben zum wirtschaftlich vertretbaren Abstand des Wärmenutzers vom Kanal schwanken zwischen 100 und 200 m und hängen auch stark von der entzogenen Wärmemenge ab. Auf der Energiekarte wurde ein Abstand von 150 m eingetragen. Hinzugefügt wurde ein zusätzlicher Abstand von 300 m, weil unserer Einschätzung nach die Bedeutung der Trassenpreise etwas überschätzt wird.

Bei Anlagen mit hoher Entzugsleistung kann die Abwasserwärmenutzung auch bei größeren Entfernungen als 300 m wirtschaftlich sein und sollte deswegen ggf. in konkreten Machbarkeitsstudien näher betrachtet werden (/7/).

5.4 Mindestdurchmesser

Bei nachträglich eingebauten Wärmetauschern sollten die Haltungen für den Einbau und für Wartungsarbeiten begehbar sein. Sind die Rohrdurchmesser¹ kleiner als DN 1000, werden sie wegen der nicht ausreichenden Profilhöhe als „nicht begehbar“ klassifiziert (/7/). Deswegen werden diese Kanalabschnitte als „eingeschränkt nutzbar“ definiert.

Skizzen von Ausführungsarten nachträglich eingebauter Wärmetauscher sind beispielhaft in Anhang 2 zu finden (aus /6/).

5.5 Ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit

Durch nachträglich eingesetzte Wärmetauscher wird notwendigerweise der Fließquerschnitt etwas eingengt. Um den ursprünglichen Zweck der Kanalisation, die Ableitung des Abwassers nicht zu beeinträchtigen, dürfen Wärmetauscher deswegen nicht an Stellen in den Kanal installiert werden, die hydraulische Engpässe darstellen.

Zugleich nehmen Wärmetauscher bei kleineren Durchmessern tendenziell etwas mehr vom Fließquerschnitt ein.

In der Studie werden Haltungen mit Durchmessern ab DN1000 und einer Maximalauslastung von 90 % als ausreichend hydraulisch leistungsfähig betrachtet. Für Haltungen mit Durchmessern ab DN1400 wird ein Auslastungswert von 95 % als ausreichend betrachtet.

5.6 Potenzielle Wärmenutzer

Anhand der Angaben der Stadt wurden potenzielle Wärmenutzer in der Energiekarte dargestellt. Es handelt sich dabei um öffentliche Gebäude oder um Gebäude, die sich im Besitz der Stadt Mosbach befinden. Ein sehr großer Teil davon liegt innerhalb der Umgebung/des Puffers (engl.: buffer zone) um die Hauptkanäle und wären damit als Abnehmer geeignet. Im Kontext der Messkampagne wurden bereits drei Bereiche näher spezifiziert, die sich offenbar aus Sicht der Stadt Mosbach besonders anbieten (vgl. Kapitel 4.1). Die Messtellen sind auf der Energiekarte eingetragen.

Die Flächenabdeckungen weiterer wärmeversorgender Medien sind in der Energiekarte eingetragen (vgl. Kapitel 3.5). Weil die gasversorgten Gebiete weitgehend die zur Abwasserwärmenutzung geeigneten Bereiche beinhalten und auch weitgehend das gesamte Stadtgebiet Mosbach abdecken, wurde auf deren explizite Darstellung in der Karte verzichtet. Die fernwärmeversorgten Bereiche sind vergleichsweise kompakt. Bei einem dieser Gebiete handelt es sich um das Schulzentrum zwischen Hammerweg und Elz, in dessen Nähe die Messstelle M02 liegt (vgl. Kapitel 4). Das zweite fernwärmeversorgte Gebiet liegt teilweise im äußeren Pufferbereich der möglichen Abwasserwärmenutzung und beinhaltet bspw. das Landgericht Mosbach.

5.7 Erläuterung der Legenden

Als prinzipiell nutzbar gelten alle Haltungen, die einen mittleren Trockenwetterabfluss von mehr als 15 l/s aufweisen (s. o.). Dann erfolgte eine weitere Bewertung, die die Profilhöhe (größer als DN 1000, bei gleichzeitig ausreichender Leistungsfähigkeit) zugrunde legt. Die Haltungen wurden

¹ Bei nicht kreisförmigen Profilen wird hier die lichte Profilhöhe von 1000 mm verwendet.

so als „ohne“ bzw. „mit Einschränkungen“ nutzbar klassifiziert. Eine Abwasserwärmenutzungsanlage im Bypass wäre aber in jedem Fall möglich.

Da die Leistung, die in Form von Wärme dem Abwasser entzogen wird, nicht nur vom Abwasservolumenstrom abhängt, sondern auch von der Temperaturdifferenz, um die dieser Volumenstrom abgekühlt wird, ist auf der Energiekarte keine absolute Wärmeleistung angegeben. Vielmehr ist – über die Strichstärke der Haltungen – die spezifische Wärmeleistung pro Kelvin Abkühlung in kW/K angegeben. Dabei wurde eine Klassifizierung in die Bereiche „kleiner als 150 kW/K“, „zwischen 150 und 300 kW/K“ und „größer als 300 kW/K“ vorgenommen.

5.8 Nicht auf der Energiekarte dargestellte Kriterien

Ein geringeres Gefälle führt zu verstärkten Ablagerungen im Abwasserkanal, was den Wärmeübergang von Rinnenwärmetauschern negativ beeinflusst. Das Gefälle wurde in dieser Studie nicht bewertet, weil es keinen Berechnungsansatz gibt, der die Ablagerungsgefährdung auf der hier genutzten Arbeitsskala bewertet/einschätzt.

Eine Bewertung des Gefälles sollte deswegen in einer Machbarkeitsstudie jeweils für den konkreten Einbauort vorgenommen werden.

6 BESCHREIBUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Energiekarte sind in Tab. 1 zusammengefasst. Für eine Abwasserwärmenutzung kommt eine Gesamtlänge von 8,2 km der untersuchten Haltungen infrage.

Für das Kanalnetz der Stadt Mosbach sind 48,8 % der näher betrachteten Haltungen als „geeignet ohne Einschränkungen“ (Querschnitt größer als DN 1000 und gleichzeitig ausreichende Leistungsfähigkeit) einzustufen (Tab. 1).

Tab. 1 Statistische Auswertung der Ergebnisse der Energiekarte

Länge aller betrachteten Haltungen [km]	Länge aller „geeigneten“ Haltungen (mit oder ohne Einschränkungen) [km]	Länge der Haltungen ohne Einschränkungen [km]
132,5	8,2	4,0

Besonders auffällig ist im Rahmen der Auswertung zum Potenzial der Abwasserwärmenutzung, dass die mittleren Eignungs-Kategorien (150 – 300 kW/K) in nur sehr geringem Umfang auftreten. Dies ist als Besonderheit des Kanalnetzes der Stadt Mosbach einzustufen:

Die mittleren Kategorien treten im Wesentlichen nur in einem kleinen Bereich der Neckarelzer Straße bis zur weiteren Anbindung in der Alten Neckarelzer Straße auf. Dort treffen zwei relevante Stränge aufeinander, so dass es dort zu einem sprunghaften Anstieg im Trockenwetterabfluss kommt und die nachfolgenden Haltungen direkt in die hohen Kategorien befördert werden. Die Bereiche oberstromig der Neckarelzer Straße sowie des anderen Stranges (ab Anton-Gmeinder-Straße und oberstromig) weisen jeweils geringere Trockenwetterabflüsse auf, die für eine Einordnung in die niedrigen Eignungskategorien sorgen.

Die Stärke der Energiekarte lässt sich jedoch nicht in Zahlen ausdrücken, sondern liegt vielmehr in der grafischen Verknüpfung der relevanten Haltungen mit der um diese gelegenen, für die Abwasserwärmenutzung interessanten Umgebung. In der nachfolgenden Abbildung ist ein Ausschnitt aus dem Wärmebedarfsatlas dargestellt, der aus der Karteninformation der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) stammt. Dieser Wärmebedarf ist auf Grundlage des Gebäudetyps, des Baualters und der Wohnfläche abgeleitet.

Im Bereich der für Abwasserwärme geeigneten Kanäle sind zahlreiche Wohnflächen mit einem spezifischen Wärmebedarf größer als 165 kWh/(m² x a) vorhanden, vereinzelt sogar größer als 205 kWh/(m² x a). Ein Teil der potenziellen Wärmenutzer (s. Energiekarte) liegen nicht mehr als 150 m entfernt von dem für Abwasserwärme geeigneten Kanal. Für diese Gebäude ist demnach eine wirtschaftliche Wärmenutzung aus Abwasser zu vermuten.

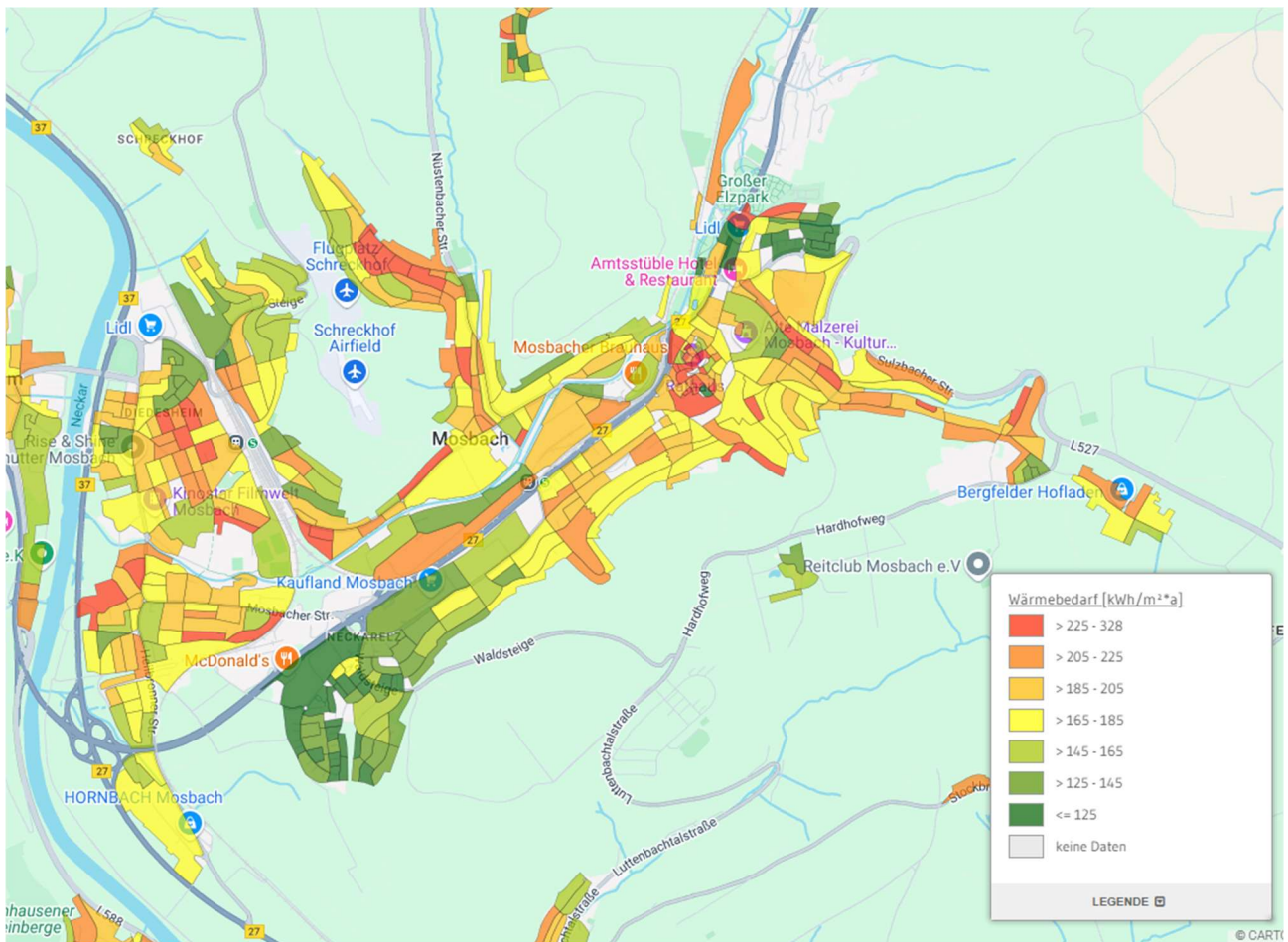


Abb. 14 Wohnflächenspezifischer Wärmebedarf der Stadt Mosbach (Quelle LUBW)

7 AUSWERTUNG DER ABWASSERTEMPERATUREN

7.1 Temperaturdaten der SKA Obrigheim

Für eine allgemeine Einschätzung der Effizienz möglicher Abwasserwärmenutzungsanlagen ist es hilfreich, langjährige Temperaturdaten des Abwassers auszuwerten (statt nur Stichproben).

Für die SKA Obrigheim liegen von den Jahren 2022 bis 2024 die Abwassertemperaturdaten für die beiden Belebungsbecken (BB) als Tagesmittel vor. Diese wurden von der Stadt Mosbach beim AZV Elz-Neckar abgefragt und zur Verfügung gestellt.

In den Wintermonaten sind erwartungsgemäß jeweils die niedrigsten Temperaturen zu verzeichnen. Der Durchschnitt der letzten drei Jahre weist hierfür einen Mittelwert von jeweils 11°C auf, für das Minimum betragen die Werte für das BB1 bzw. BB2 8,6°C bzw. 8,4°C. In der Übergangszeit und im Sommer steigen die Temperaturen weiter an. Für die Sommermonate insgesamt ergibt sich ein durchschnittlicher Temperaturwert von 17,7°C bzw. 17,6°C. Im Herbst kühlt es wieder etwas ab. In der nachfolgenden Abb. 15 sind die Temperaturganglinien jeweils in der gleichen Farbe für ein Jahr dargestellt, die Ganglinien für das BB2 in einem etwas helleren Farbton.

Bereiche mit nicht plausiblen Temperaturwerten wurden dabei aus der Betrachtung herausgenommen.

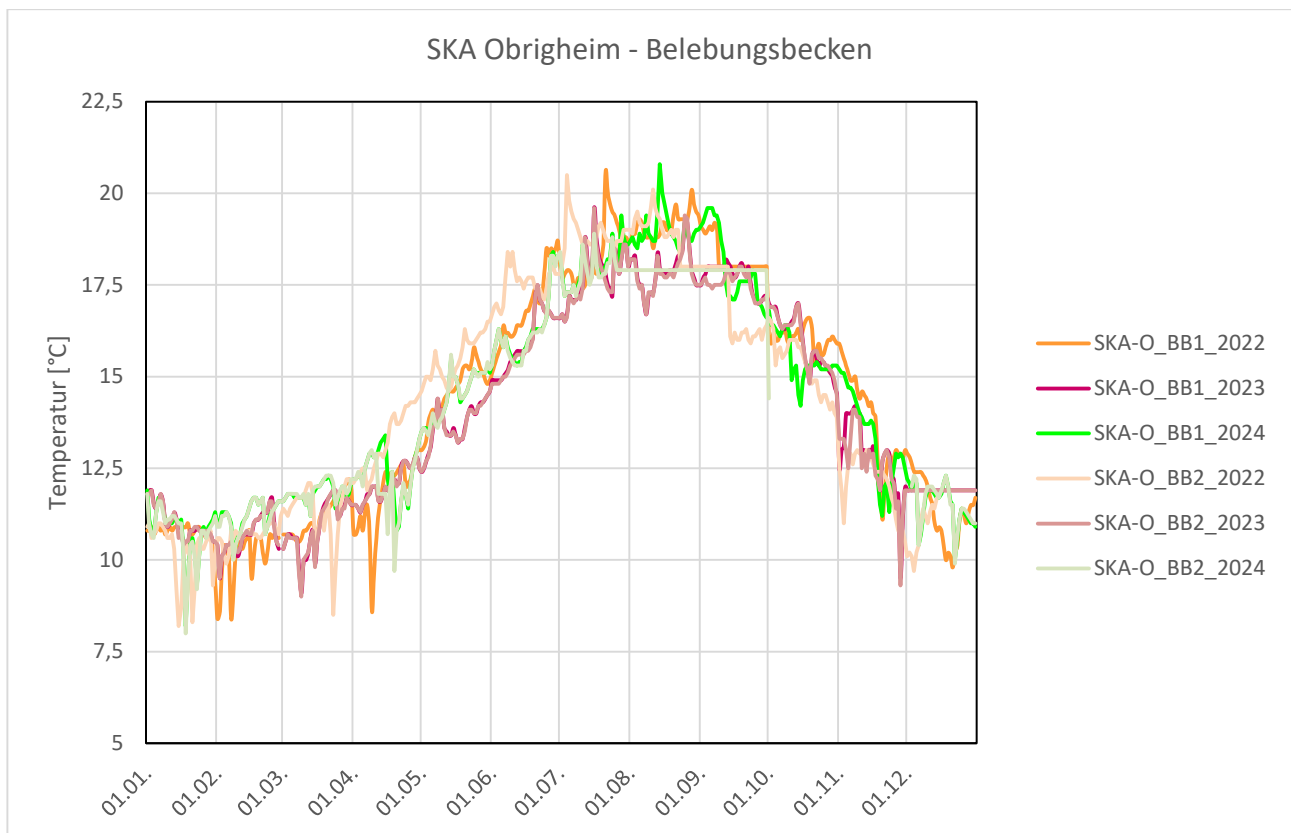


Abb. 15 Monatswerte der Abwassertemperaturen in den Belebungsbecken der SKA Obrigheim

7.2 Einschätzung der repräsentativen Temperaturdaten

Um die Daten sinnvoll mit den Daten anderer KAs vergleichen zu können, wurden die Daten in Kurven der Unterschreitungshäufigkeiten überführt. Den Vergleich mit den entsprechenden Kurven von Klärwerken aus überwiegend Baden-Württemberg zeigt die Abb. 16.

Die Daten aus den Belebungsbecken der SKA Obrigheim sind in Rot bzw. Orange (BB1 bzw. BB2) dargestellt.

Die Kurven der Unterschreitungshäufigkeiten für die Belebungsbecken der SKA Obrigheim zeigen einen weitgehend erwartungsgemäßen Verlauf. Bemerkenswert ist allerdings, dass sie im niedrigeren Temperaturbereich vergleichsweise steil verlaufen und sich ab ca. 13,5°C etwas abflachen. Gleichzeitig zeigen die Kurven der SKA Obrigheim im niedrigeren Temperaturbereich im Vergleich zu den übrigen KAs eher hohe Temperaturen, was insbesondere im Kontext der Abwasserwärmenutzung als positiv zu bewerten ist. Dies ist mit Hinblick auf den hohen Fremdwasseranteil, der gerade in den Wintermonaten anfällt (vgl. Kapitel 3.2) überraschend.

Die anschließende Abflachung der beiden Obrigheim-Kurven spricht dafür, dass im höheren Temperaturbereich zwar relativ breitflächig Abwassertemperaturen auftreten, jedoch mit geringerer Häufigkeit als bei vielen anderen Kläranlagen. Für den höheren Temperaturbereich dürfen die Obrigheim-Kurven daher im Vergleich zu anderen KAs als eher kühl bewertet werden.

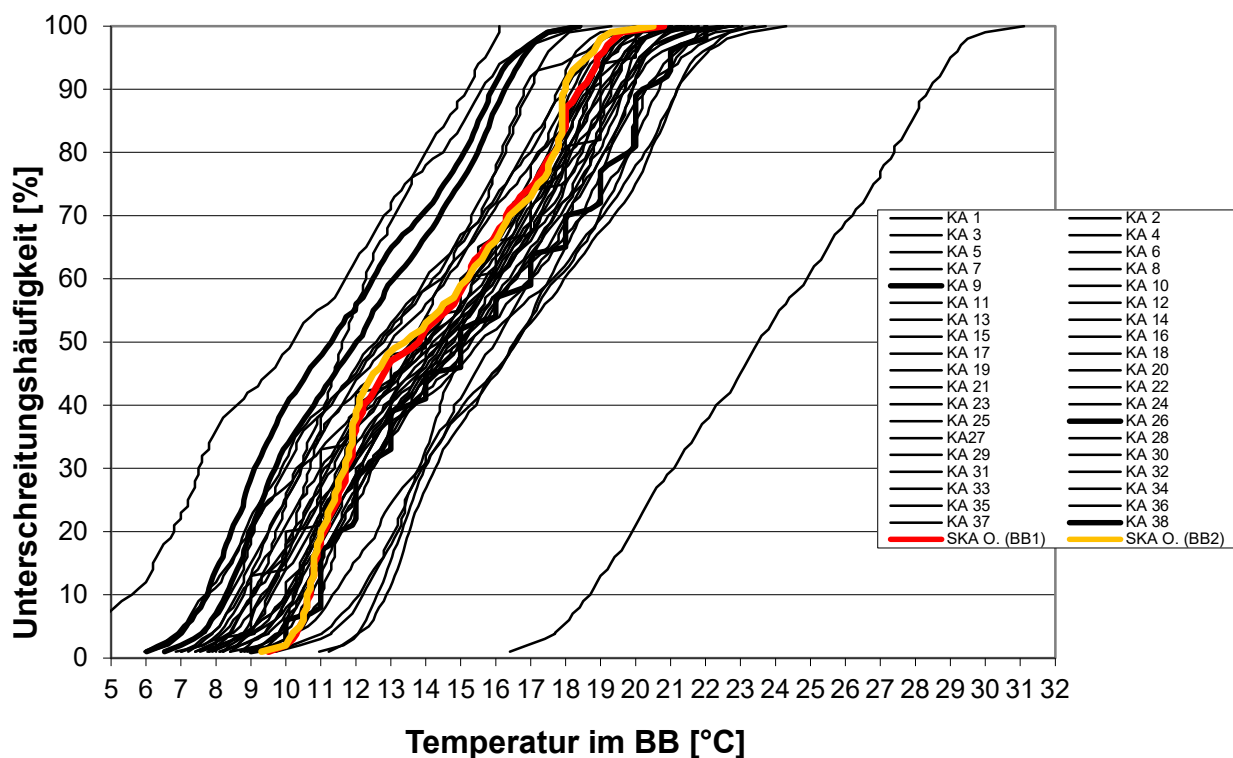


Abb. 16 Unterschreitungshäufigkeiten langjähriger Abwassertemperaturen der Belebungsbeckens der SKA Obrigheim im Vergleich mit anderen Klärwerken in überw. Baden-Württemberg

7.3 Temperaturvergleich Messdaten und Betriebsdaten SKA

Die SKA Obrigheim wird als Teil des AVZ Elz-Neckar mit Abwasser aus einem weitverzweigten Netz mit geographisch hoher Ausdehnung beaufschlagt. Die Betriebsdaten der SKA Obrigheim bieten die Möglichkeit zur Einschätzung der langjährigen Abwassertemperaturen aus dem ganzen Netz. Zur lokalen Einschätzung in Mosbach werden daher die bei der Messkampagne (vgl. Kapitel 4) erfassten Temperaturdaten herangezogen und mit den entsprechenden Betriebsdaten der SKA verglichen.

Um zeitlich gleichwertige Daten zu bekommen, wurden zunächst aus den hochaufgelösten Temperaturdaten der Messungen Tagesmittelwerte errechnet. Da die Betriebsdaten der SKA ebenfalls als Tagesmittelwerte vorliegen, entsteht dadurch eine Vergleichbarkeit.

Im nächsten Schritt werden Datenpaare gebildet, die immer jeweils aus dem Temperaturtagesmittelwert der jeweiligen Messstellen und dem entsprechenden Tagesmittelwert aus den Betriebsdaten bestehen. Diese Datenpaare sind in Abb. 17 dargestellt. Dabei werden die Punkte farblich nach den Messstellen unterschieden. Der Datenanteil aus den Messungen ist dabei auf der Y-Achse abgetragen, der Anteil aus den Betriebsdaten auf der X-Achse. Jene Datenpunkte, die links der Winkelhalbierenden liegen, weisen eine höhere lokale Temperatur auf, jene rechts davon zeigen Temperaturwerte, die an diesem Tag in den Betriebsdatenaufzeichnungen höher waren. Die Temperaturdaten der Messstelle M03 wurden ab etwa dem 04.12. als unplausibel bewertet (vgl. Kapitel 4.3) und folglich aus dem Vergleich ausgeblendet.

Zu erkennen ist, dass sich die Datenpaare im entsprechenden Temperaturbereich zwischen ca. 10°C und ca. 13°C vergleichsweise dicht um die Winkelhalbierende scharen. Der etwas größere Teil der Punkte befindet sich links der Winkelhalbierenden, was darauf hinweist, dass die Abwassertemperaturen an den Messstellen in Mosbach tendenziell höher liegen als die im BB1 der SKA Obrigheim. Dies ist insofern auch plausibel, als durch die noch zu überwindende Fließstrecke zwischen Messstelle und SKA tendenziell eine geringfügige Abkühlung der Abwassertemperatur zu erwarten ist. Auf Grund der geringen Abweichung von der Winkelhalbierenden lässt sich jedoch feststellen, dass die Abwassertemperaturen in Mosbach bereits sehr gut mit Hilfe der Betriebsdaten aus der SKA abgebildet werden können.

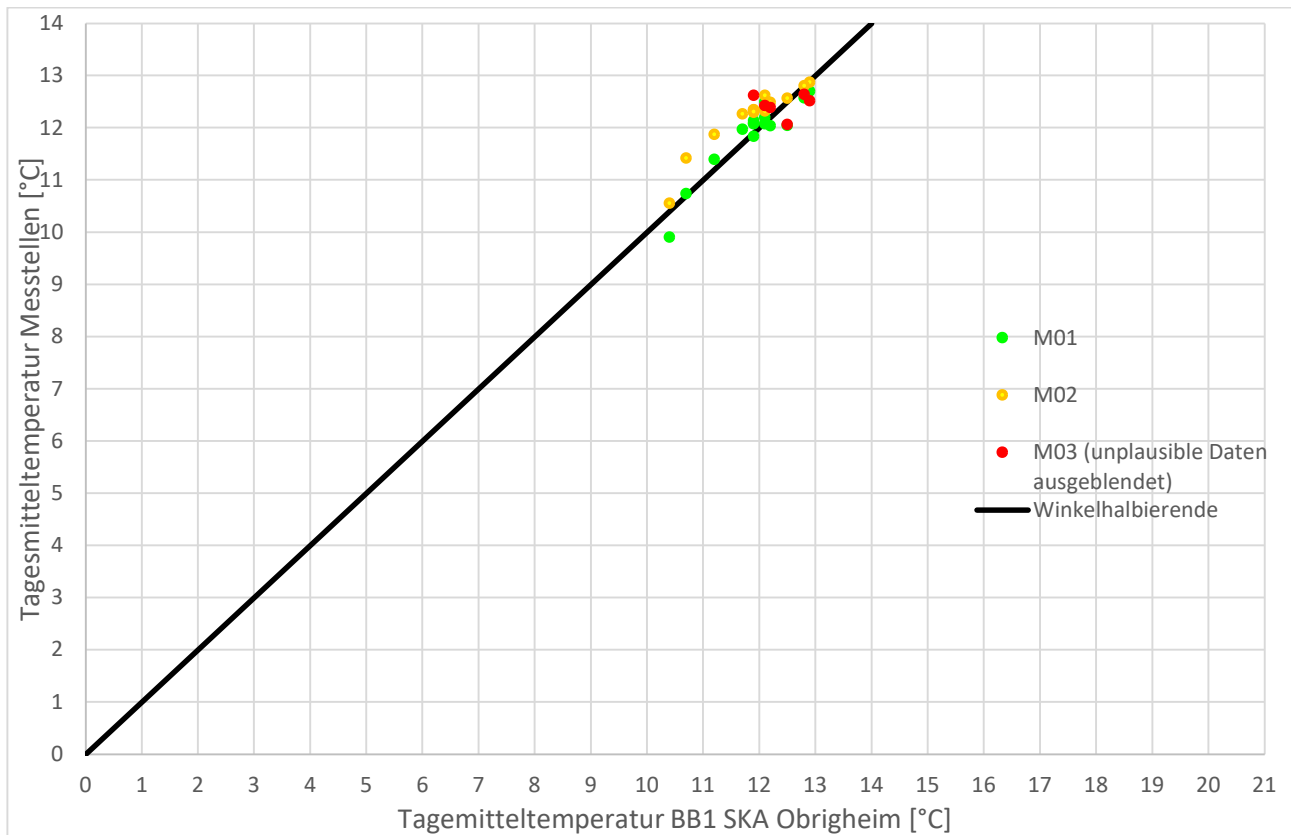


Abb. 17 XY-Diagramm zur Gegenüberstellung der tagesgemittelten Abwassertemperaturen aus Messungen und Betriebsdaten

8 UMWELTSCHUTZ/NACHHALTIGKEIT/KLIMASCHUTZ

Mit der Beauftragung dieser Potenzialstudie hat die Stadt Mosbach einen wichtigen Schritt für den Umweltschutz, die Nachhaltigkeit und den Klimaschutz getan.

Denn mit dieser Studie wird das Potenzial zur Abwasserwärmenutzung strategisch erfasst. Sie stellt somit die Basis für die gezielte Nutzung dieser zukunftsfähigen Technologie dar.

Die Bedeutung der Abwasserwärmenutzung liegt in der Nutzung von Umweltwärme (bzw. Abwärme) auf einem vergleichsweise hohen Temperaturniveau – dadurch steigt die Effizienz der jeweiligen Wärmepumpe.

Klinger und Partner
Ingenieurbüro für Bauwesen und Umwelttechnik GmbH

Mittlerer Pfad 5 • 70499 Stuttgart
Telefon: 0711 693308-0 • Telefax: 0711 693308-99
E-Mail: info@klinger-partner.de
Internet: <http://www.klinger-partner.de>

Aufgestellt:
Alexander Zöller, Dipl.-Ing.

Stuttgart, 30.04.2025
TS-06616 köm/jb/az-jb



Andreas Maier
Geschäftsführer

i. A. 

Dr. Jan Butz
Stv. Abteilungsleiter

ANHANG MIT VERZEICHNIS

1)	Anhang 1: Schemadarstellung einer Anlage zur Abwasserwärmenutzung /1/	37
2)	Anhang 2: Skizzen von Ausführungsarten nachträglich eingebauter Wärmetauscher /6/	38

1) Anhang 1: Schemadarstellung einer Anlage zur Abwasserwärmenutzung /1/

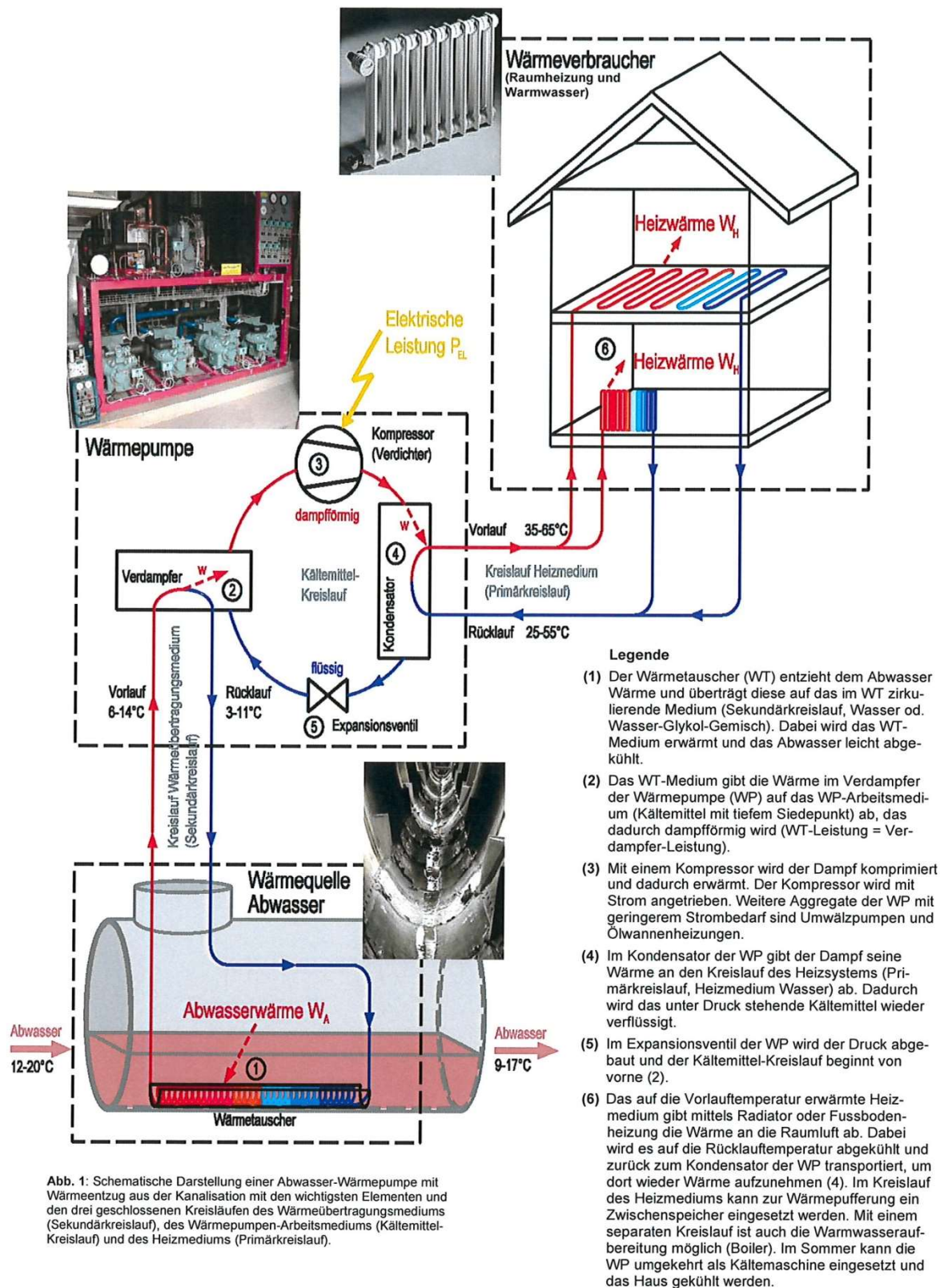
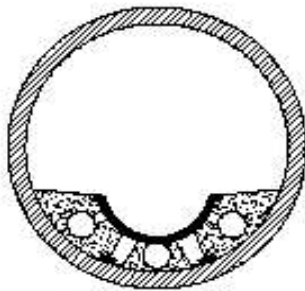


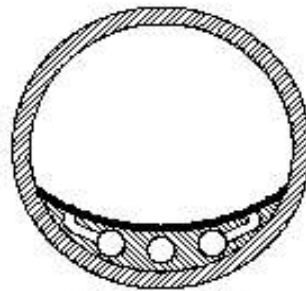
Abb. 1: Schematische Darstellung einer Abwasser-Wärmepumpe mit Wärmeerzeugung aus der Kanalisation mit den wichtigsten Elementen und den drei geschlossenen Kreisläufen des Wärmeübertragungsmediums (Sekundärkreislauf), des Wärmepumpen-Arbeitsmediums (Kältemittel-Kreislauf) und des Heizmediums (Primärkreislauf).

2) /

RABTHERM[®]



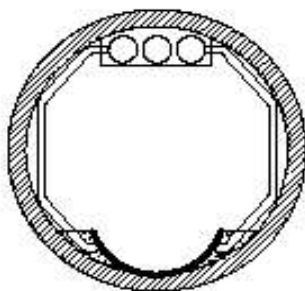
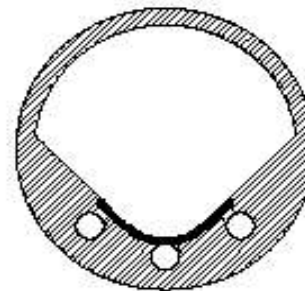
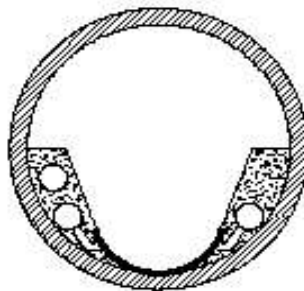
Zürich-Wipkingen



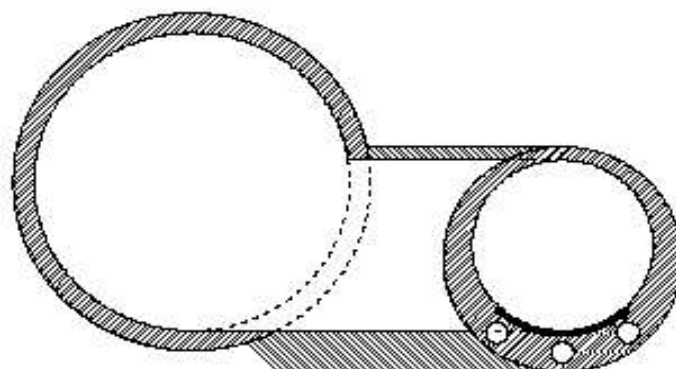
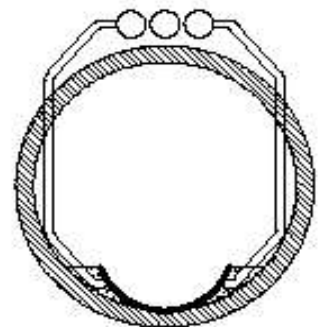
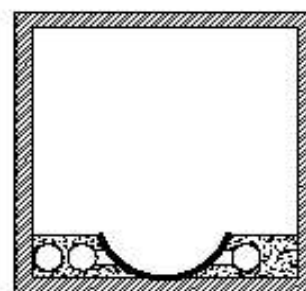
Singen D



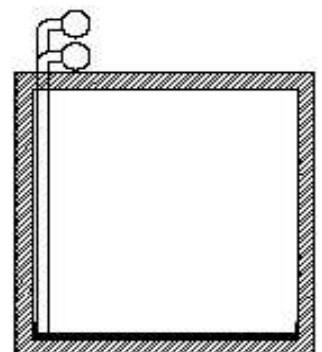
Leverkusen D



Maierried Wülflingen



Kanal mit Rabtherm-Bypass Wülflingen



Zwingen

Pl: Vorlagen/CAD/Einbau WT1

ANLAGENVERZEICHNIS

1. Energiekarte (M.: 1 : 5.000)

UNTERLAGENVERZEICHNIS

- 1 Buri, R. & Kobel, B.: Energie aus Abwasser – Leitfaden für Ingenieure und Planer. Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Osnabrück, Bern (Schweiz) 2005
- 2 Wärmetauscher im Kanal – theoretische Grundlagen, Klinger, H. & Weber, S., KA Abwasser Abfall, 51(6), 2004, S. 608–612
- 3 Heizen und Kühlen mit Abwasser. Ratgeber für Bauherrschaften und Gemeinden. Hrsg.: EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Bern (Schweiz)
- 4 Heizen und Kühlen mit Abwasser – Ratgeber für Bauherren und Kommunen. Hrsg.: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW), GbR im Verband kommunaler Unternehmen, Institut Energie in Infrastrukturanlagen. München, Osnabrück 2005
- 5 Burger, H. & Meier-Wiechert, G. (2005): Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen. BHKS-Almanach 2005. S. 21–28
- 6 Studer, U.: Rabtherm – Abwasser, die ungenutzte Wärmequelle. Information der Firma Rabtherm
- 7 DWA M 114, „Abwasserwärmenutzung“. DWA, Hennef (Sieg), April 2020
- 8 Müller, E. A. & Butz, J. (2010): Abwasserwärmenutzung in Deutschland – aktueller Stand und Ausblick. KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall 57(5), S. 437–442
- 9 Anpassung einer Software zur Simulation der Abwassertemperatur auf baden-württembergische Verhältnisse und Anschubfinanzierung zur Reaktivierung eines bestehenden Abwasserwärmetauschers, Forschungsprojekt der Universität Stuttgart (Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft), des IB Klinger und Partner GmbH (Stuttgart) und des Steinbeis-Transferzentrums Technische Beratung an der Hochschule Esslingen, Förderung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg
- 10 Schmutzfrachtberechnung (SFB), Anschluss Haßmersheim an AZV – Hydraulische und Schmutzfrachttechnische Überprüfung; mohn ingenieure Ingenieurgesellschaft mbH; Dezember 2023
- 11 Kommunales Abwasser als Potenzial für die Wärmewende, ifeu (S. Fritz, M. Pehnt), Sep. 2018
- 12 Projektbericht über die Durchführung einer Durchflussmesskampagne im Kanalnetz der Großen Kreisstadt Mosbach, NIVUS GmbH, 31.01.2025

- 13 Lucas S. (2003); Auftreten, Ursachen und Auswirkungen hoher Fremdwasserabflüsse – eine zeitliche und räumliche Analyse; Karlsruhe: Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft, 2003