

Abschlussbericht Machbarkeitsstudie „Kalte Fernwärme, Steinen“ (Kurzfassung)

Auftraggeber: ratio Neue Energie GmbH, Lörrach

Verfasser: Ingenieurbüro ratio energie, Lörrach (Technik, Kosten, Wirtschaftlichkeit)
Kanzlei Dohle-Simon, Freiburg (Co-Verfasser für juristische Fragestellungen)
Büro Limnofisch, Freiburg (Co-Verfasser für ökologische Fragestellungen)

Fördergeber: Innovationsfond der Badenova, Freiburg (10.000,-- EUR)
Abwasserverband Mittleres Wiesental, Steinen (2.500,-- EUR)

Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte und Ergebnisse

Inhalt: **Die Machbarkeitsstudie „Kalte Fernwärme, Steinen“ untersucht die Nutzung einer Teilmenge des bisher ungenutzt in die Wiese abgeleiteten, geklärten Abwassers der Kläranlage Steinen zur Verwendung als Wärmequelle für das Neubaugebiet „Alte Weberei, Steinen“. Dazu wird eine innovative Kombination von Maßnahmen und Systemen eingesetzt.** Das geklärte Abwasser enthält ganzjährig große Mengen Wärmeenergie auf tiefem Temperaturniveau (6 - 16 °C). Die untersuchte Lösung sieht vor, das geklärte Abwasser nachzubehandeln und in ein Verteilnetz einzuspeisen, das es jedem Gebäude im Neubaugebiet zuleitet („Kalte Fernwärme“). In den Gebäuden wird die enthaltene Wärmeenergie mittels Wärmepumpen entzogen und für die Raumheizung und Warmwasserbereitung nutzbar gemacht. Nach der energetischen Nutzung wird das Wasser in die Regenwasserkanalisation eingeleitet und gelangt auf diesem „Umweg“ in die Wiese (offenes System). Alternativ wird die energetische Nutzung des Abwassers in einem geschlossenen System untersucht.

Ergebnisse: Beide untersuchten Konzeptionen sind technisch machbar und insbesondere bei Neubauten gut einsetzbar. Die Nutzung der Abwärme des geklärten Abwassers führt zu einer Einsparung von Primärenergie von ca. 75 % und trägt damit erheblich zum Klimaschutz bei. In den Sommermonaten kann die „Kalte Fernwärme“ zu Kühlzwecken genutzt werden. Die Abwärmenutzung erfüllt das Nutzungsgebot der Abwasserverordnung. Die Gebäude erfüllen bei Anschluss an das Netz („Kalte Fernwärme“) kostengünstig das EEWärmeG und die EnEV. Juristische Probleme bei der Nutzung des geklärten Abwassers als Wärmequelle sind nicht zu erwarten. Die Gewässerökologie wird bei der Nutzung einer Teilmenge des geklärten Abwassers eher verbessert.

Stand: ratio Neue Energie GmbH, Lörrach, den 11.08.2017

Ausgangslage und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Steinen stellt derzeit den Bebauungsplan (B-Plan) für das Neubaugebiet (NBG) „Alte Weberei“ auf. Bei dem Plangebiet handelt es sich um eine ehemalige Industriebrache, die als Wohn- und Gewerbegebiet umgenutzt werden soll.

Zusätzlich besteht in unmittelbarer Nachbarschaft der Bebauungsplan „Gewerbegebiet an der Wiese III“, in dessen Bereich sich Gewerbebetriebe ansiedeln sollen.

Zwischen den beiden Bebauungsplangebieten liegt die Verbandskläranlage Steinen des Abwasserverbands Mittleres Wiesental (im Weiteren als Kläranlage bzw. Kläranlage Steinen bezeichnet). Das von der Kläranlage gereinigte Abwasser enthält große Abwärmemengen auf tiefem Temperaturniveau und wird derzeit ungenutzt dem Vorfluter zugeleitet. Vorfluter ist der Fluss Wiese, der die beiden Bebauungsplangebiete durchquert und an dem auch die Kläranlage selbst liegt (Abbildung 1).

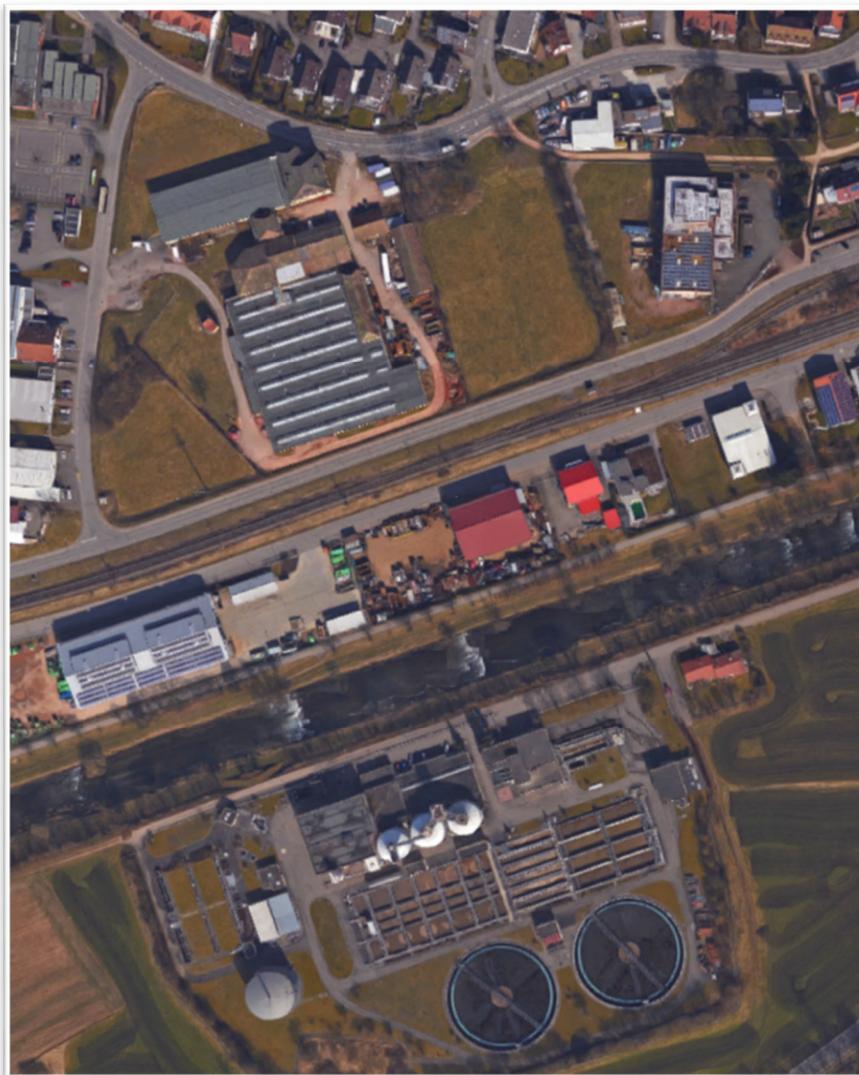


Abbildung 1: Übersicht Kläranlage (unten) und NBG „Alte Weberei“ (oben)

Die Machbarkeitsstudie untersucht, ob es durch eine innovative Kombination von Maßnahmen und Systemen möglich ist, die Abwärme der Kläranlage zur Wärme- und ggf. Kälteversorgung der Neubaugebiete zu nutzen. Dabei werden auch ökologische, technische, wirtschaftliche und rechtliche Fragestellungen geklärt.

Randbedingungen und Bestandsaufnahme

Der Abwasserverband Mittleres Wiesental reinigt durchschnittlich eine Abwassermenge von 32.000 Kubikmeter pro Tag (m^3/d). Bei dem Abwasser handelt es sich um häusliche, gewerbliche und industrielle Abwässer aus einem erheblichen Einzugsbereich (105.000 EW) und mit einem erheblichen Wärmepotential. Unter Einhaltung der bestehenden, wasserrechtlichen Erlaubnis wird das gereinigte Abwasser in unmittelbarer Nähe zur Kläranlage in den Fluss "Wiese" eingeleitet.

Der Trockenwetterabfluss (gereinigtes Abwasser, zumeist im Hochsommer) beträgt ca. $7.500 \text{ m}^3/\text{d}$ bei einer Abwassertemperatur von ca. $15-16 \text{ }^\circ\text{C}$, der Regenwetterabfluss (gereinigtes Abwasser, zumeist im Winter) beträgt ca. $40.000 \text{ m}^3/\text{d}$ bei einer Abwassertemperatur von ca. $6-12 \text{ }^\circ\text{C}$. Die Temperatur des gereinigten Abwassers liegt also im Bereich der Temperatur des Grundwassers bzw. oberflächennaher Erdwärme und eignet sich grundsätzlich sehr gut als Wärmequelle für Niedertemperaturanwendungen wie z. B. zur Gebäudebeheizung und zur Warmwasserbereitung in Neubauten. Hierzu können Wärmepumpen eingesetzt werden, die das niedrige Temperaturniveau der Wärmequelle (z. B. $10 \text{ }^\circ\text{C}$) unter Nutzung von (i. d. R.) elektrischer Antriebsenergie auf das zu Heizwecken benötigte Temperaturniveau (z. B. $50 \text{ }^\circ\text{C}$) anheben. Das Verhältnis von nutzbarer Wärmeenergie zu (elektrischer) Antriebsenergie heißt Arbeitszahl. Je höher die Arbeitszahl, desto weniger Antriebsenergie muss bereitgestellt werden. Neben einer möglichst effizienten Wärmepumpentechnik wird die Arbeitszahl insbesondere von der (möglichst hohen) Temperatur der Wärmequelle bestimmt. Deshalb eignen sich aufgrund des ganzjährig recht konstanten Temperaturverlaufs die genannten Wärmequellen deutlich besser zur Wärmegewinnung als z. B. die Außenluft, deren Temperatur im Winter (wenn besonders viel Heizenergie benötigt wird), bekanntlich stark abfällt.

Wie oben beschrieben liegt die Temperatur des gereinigten Abwassers im Bereich der Temperatur des Grundwassers bzw. oberflächennaher Erdwärme, so dass es für eine kostengünstige Nutzung prädestiniert erscheint, sofern es mit vertretbaren Investitionen am Gebäude des Nutzers verfügbar gemacht werden kann.

Nimmt man den Trockenwetterabfluss der Kläranlage Steinen als minimale Abflussmenge, die jederzeit zur Verfügung steht, so kann dem gereinigten Abwasser dauerhaft eine Leistung von ca. 360 kW pro Grad (Kelvin) Wärmeentzug entnommen werden. Technisch gesehen ist ein Wärmeentzug von 4 Grad (Kelvin) problemlos möglich, so dass dauerhaft deutlich über 1 MW (1.000 kW) Wärmeleistung aus dem Abwasser zur Verfügung stehen.

Mit dem B-Plan „Alte Weberei“ liegen alle wesentlichen Parameter für eine überschlägige Wärmebedarfsermittlung für die dort geplanten Wohn- und Gewerbegebäude vor. Die zu errichtenden Gebäude müssen die aktuellen Anforderungen der Energieeinsparverordnung und zusätzlich des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz erfüllen.

Ausgehend von dem Bebauungsplan „Alte Weberei“ beträgt der gesamte Wärmeleistungsbedarf von Wohn- und Gewerbegebiet in der Spitze näherungsweise 800 kW . Somit könnte der Bedarf an Wärme gänzlich durch das gereinigte Abwasser der Kläranlage abgedeckt werden.

Vorgehensweise und Vorstellung der untersuchten Varianten

Vorgehensweise

Ausgehend von der vom Auftraggeber ratio Neue Energie GmbH, Lörrach, mit Datum 28.10.2016 vorgelegten Projektskizze, welche erste Ideen der Abwärmennutzung aus der Kläranlage Steinen mit Hilfe eines „kalten Fernwärme-Systems“ beschreibt, werden in der vorliegenden Machbarkeitsstudie die in der Projektskizze identifizierten Themenbereiche näher untersucht. Ziel der Untersuchung ist es, die Machbarkeit der vorgeschlagenen, technischen Lösung zu untermauern bzw. aufzuzeigen, welche Probleme einer Umsetzung ggf. entgegenstehen.

Die Machbarkeitsstudie befasst sich schwerpunktmäßig mit der favorisierten, technischen Lösung (Variante 1 / Innovation) und stellt dieser eine Vergleichsvariante gegenüber (Variante 2 / Stand der Technik).

Folgende Themenbereiche waren zu untersuchen:

- Erstellung eines Fließschemas der Verfahrenstechnik
- Klären der rechtlichen Rahmenbedingungen (z. B. Einleitbedingungen Regenwasserkanal)
- Vorauswahl der benötigten Einzelkomponenten
- Festlegung von Standards für das zu errichtende „Kalte Fernwärmenetz“, z. B. Werkstoff, Dämmung, ...
- Abschätzung des Investitionsbedarfs und der Wirtschaftlichkeit
- Untersuchung der Projektrisiken und der Übertragbarkeit
- Klären der Auswirkungen auf die Ökologie (Wasser, Luft, Klima ...)
- Untersuchung alternativer Möglichkeiten (Vergleichsvariante)

Variante 1: Ein-Leiter-System (Innovation)

In dieser Variante wird die thermische Nutzung des gereinigten Abwassers der Kläranlage in einer kalten Fernwärmeversorgung untersucht. Das kalte Fernwärmenetz ist als **Ein-Leiter-System** (nur Vorlaufleitung) ausgebildet. Der Nutzung zentral vorgeschaltet wird eine zusätzliche Aufbereitung des Abwassers der Kläranlage mit Feinstfilter, Entkeimung (Aufbereitung der gereinigten Abwässer zu Reinwasser) und zentralem Zusatzwärmeerzeuger (Notheizung). Das Fernwärmenetz soll direkt mit dem aufbereiteten Kläranlagenabwasser (im Weiteren als Reinwasser bezeichnet) beaufschlagt werden und die darin enthaltene Abwärme zu den angeschlossenen Verbrauchern im Neubaugebiet leiten. Die Verbraucher entnehmen die Abwärme mittels Wärmepumpe. Das verbraucherseitig entsprechend ausgekühlte Reinwasser soll über die vorhandenen Regenwasserkanäle in den Vorfluter eingeleitet werden. Bei Variante 1 handelt es sich also um ein offenes System, beginnend bei der Kläranlage und endend an den Regenwasserkanälen bzw. am Vorfluter, dem Fluss Wiese.

Variante 2: Zwei-Leiter-System (Vergleichsvariante)

Als Vergleichs- bzw. Referenzvariante soll das kalte Fernwärmenetz als **Zwei-Leiter-System** (geschlossenes System) mit zentral vorgeschaltetem, reinigbarem Wärmetauscher untersucht bzw. daneben gestellt werden.

Variantenübergreifende Merkmale

Beiden Varianten ist gemeinsam, dass sie die Energie in einem ganzjährig „kaltem Fernwärmenetz“ transportieren sollen, insofern stellt auch die Vergleichsvariante schon eine anspruchsvolle technische Lösung dar. Damit unterscheiden sich beide Varianten auch von solchen „kalten“ Fernwärmenetzen, die nur in den Sommermonaten auf niedrigster Temperatur betrieben und mit beginnender Heizperiode auf ein deutlich höheres Temperaturniveau angehoben werden.

Rechtliche und ökologische Fragestellungen

Das Klären der rechtlichen Rahmenbedingungen ist insbesondere für Variante 1 sinnvoll und notwendig. Teile des dazu in Auftrag gegebenen Gutachtens bzw. seiner Ergebnisse sind auch auf die Aufgabenstellung der Variante 2 übertragbar.

Ähnliches gilt für den Prüfauftrag zur Klärung der Auswirkungen auf die Ökologie. Teilbereiche der Ergebnisse des in Auftrag gegebenen Gutachtens sind auf Variante 2 übertragbar, insbesondere die Aussagen zur in den Vorfluter einzuleitenden Teilmenge des ausgekühlten Abwassers der Kläranlage.

Technische Konzeption der Abwasser- / Abwärmenutzung

Variante 1: Ein-Leiter-System (Innovation)

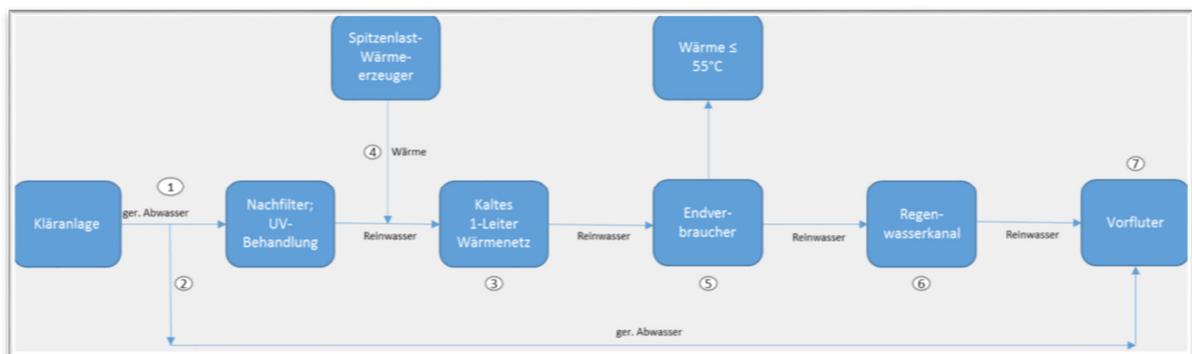


Abbildung 2: Variante 1 / Ein-Leiter-System (Innovation)

Beginnend nach den Klärprozessen der Kläranlage wird ein Teil des gereinigten Abwassers zusätzlichen Aufbereitungsanlagen zugeführt (1), welche das Abwasser zu „Reinwasser“ aufbereiten, um die nachfolgenden Anlagenkomponenten des „kalten Fernwärmenetzes“ mit der benötigten Wasserqualität bedienen zu können. Dieser Verfahrensschritt ist besonders wichtig, da schwebstoff- und keim-/bakterienfreies Wärmeträgermedium maßgeblich für einen störungsfreien Betrieb des Systems ist. Neben Schwebstoffen, welche zu Verstopfungen in Wärmetauschern führen können, sind besonders Keime und Bakterien problematisch, da diese zur Bildung von Biofilmen führen.

Der nicht aufbereitete Teil des gereinigten Abwassers (2) wird – wie bisher - dem Vorfluter zugeführt.

Nach der Wasseraufbereitung wird das Reinwasser in das Fernwärmenetz eingespeist (3), welches als **Ein-Leiter-System** ausgeführt ist. Hat das Reinwasser (als Wärmequelle der zu versorgenden Wärmepumpen der Nutzer) in Sonderfällen nicht die benötigte Temperatur, kann dem Reinwasser Wärme mittels Spitzenlastwärmeezeuger (4) zugeführt werden (Notheizung). Jeder Endverbraucher (5) wird direkt an das Ein-Leiter-System angeschlossen und entzieht in Abhängigkeit seines Wärmebedarfs und der Vorlauftemperatur des Reinwassers die von ihm benötigte Wärmemenge mittels Wärmepumpe. Nach dem Wärmeentzug wird das abgekühlte Reinwasser über den Regenwasserkanal (6) in den Vorfluter (Fluss Wiese) geleitet (7).

Rechtliche Fragestellungen

Klärung des zutreffenden Rechtsregimes

Eine grundsätzliche Fragestellung im Rahmen der Machbarkeitsstudie ist, welchem Rechtsregime das aus der Verbandskläranlage am Ablauf austretende Wasser unterliegt? Ist es als Abwasser oder als Abfall einzustufen?

Um hier eine klare Trennung zu ermöglichen, hat der Gesetzgeber insoweit eine eindeutige Entscheidung getroffen. In § 2 Abs. 2 Nr. 9 KrWG hat er definiert, dass Stoffe, sobald sie in ein Gewässer oder eine Abwasseranlage eingeleitet oder eingebracht werden, nicht mehr dem abfallrechtlichen Regime unterliegen.

Für das am Ablauf der Kläranlage austretende und dem Gewässer einzuleitende geklärte Abwasser ist also das Wasserrecht maßgebend.

Auswirkungen auf bestehende Einleitungserlaubnisse

Für die Einleitung des geklärten Abwassers der Kläranlage Steinen in den Vorfluter Wiese verfügt der Abwasserzweckverband Mittleres Wiesental über eine entsprechende Einleitungserlaubnis. Gleiches gilt für die Einleitung von Regenwasser aus der Regenwasserkanalisation der Gemeinde Steinen in die Wiese.

Diese Erlaubnisse werden aufgrund der durch die Abwassernutzung sich teilweise ändernden Einleitungsmengen tangiert. Ein entsprechender Erörterungstermin fand am 02.06.2017 mit Vertretern des Landratsamts Lörrach statt. Dabei wurde seitens der Behörde signalisiert, dass eine Änderung der Erlaubnis des Abwasserverbands allenfalls „redaktionell“ (zur Beschreibung des Sachverhalts der zeitweisen bzw. zeitlich schwankenden Wasserentnahme aus dem Auslauf der Kläranlage) angezeigt sein könnte.

Hinsichtlich der Einleitungserlaubnis der Gemeinde Steinen wurde signalisiert, dass sich hier eine Änderung der Erlaubnis eher anbieten würde, da sich die Einleitungsmenge bei der Gemeinde Steinen ggf. erhöht und dieses Abwasser die vorgenannte (thermische) Veränderung aufweist.

Eigentumsverhältnisse am entnommenen Abwasser

Die Frage nach den Eigentumsverhältnissen ist losgelöst von den vorgenannten öffentlich-rechtlichen Betrachtungen eine rein zivilrechtliche Frage.

Nach § 929 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) geht das Eigentum an einer beweglichen Sache (also auch an Wasser) durch die Einigung der beiden beteiligten Personen über den Eigentumswechsel sowie die Übertragung der beweglichen Sache auf den neuen Eigentümer über. Überträgt man diesen Grundsatz, ist davon auszugehen, dass jeder häusliche Vorgang, bei dem Abwasser produziert und in die häusliche Abwasserleitung eingeleitet wird, zugleich als Angebot des Eigentumswechsels zu betrachten, das quasi bereits im Vorfeld im Zuge der Einleitungsgenehmigung und Eröffnung der Anschlussmöglichkeit an die öffentliche Abwasseranlage angenommen wurde.

Damit befindet sich das Abwasser aus den privaten Haushalten ebenso wie aus gewerblichen Unternehmen spätestens mit Übertritt in die öffentliche Abwasseranlage im Eigentum der hierfür entsorgungspflichtigen Körperschaft, im vorliegenden Fall also zunächst der Verbandsgemeinden, später – ab dem Übertritt in den Verbandssammler – in dem des Abwasserverbands Mittleres Wiesental bzw. nach Einleitung in den Regenwasserkanal wohl im Eigentum der Gemeinde Steinen. Diese Eigentumsverhältnisse verändern sich erst wieder bei Eintritt des gereinigten Abwassers in den jeweiligen Vorfluter, hier also die Wiese. Danach ist das Wasser wie jegliches Wasser ohne Eigentümer, da es ein Eigentum am Wasser außerhalb von Versorgungsnetzen in unserer Rechtsordnung nicht gibt. (vgl. § 4 Abs. 2 WHG).

Einleitungsregelungen in den Regenwasserkanal

Nach den vorliegenden Informationen (Verbandssatzung, Abwassersatzung der Gemeinde Steinen etc.) gibt es keine eigenen Anforderungen an die Einleitung von Abwasser in den Regenwasserkanal. Da sich die Einleitung des thermisch genutzten Abwassers in die Regenwasserkanalisation der Gemeinde Steinen in keiner Weise von der unterscheidet, die sonst in gleicher oder gar sogar etwas schlechterer Qualität an gleicher Stelle oder allenfalls unwesentlich davon entfernt erfolgen würde und man zudem davon ausgehen kann, dass die Gemeinde Steinen über einen Generalentwässerungsplan mit einer entsprechenden Einleitungserlaubnis verfügt, die die Einleitung von Niederschlagswasser gestattet, erschiene als völlig übertrieben, wenn für die Rückführung des thermisch genutzten Abwassers eine zusätzliche Einleitungserlaubnis mit eigenen Einleitungsparametern gefordert würde.

Ökologische Bewertung und Klimaschutz

Folgende Themen bzw. Fragestellungen werden in der ökologischen Bewertung erörtert:

- Ist-Zustand des gereinigten Abwassers
- Auswirkungen auf den Vorfluter (Wiese), allgemein
- Auswirkungen auf Umwelt bzw. Ökologie bei Störfällen
- Maximale Einleitungstemperaturen in den Vorfluter
- Effekte der Einleitung über die Regenwasserkanalisation

Temperaturbedingte Auswirkungen auf die Gewässerökologie

Abwärmennutzung zu Heizzwecken (Sommer):

Die Situation einer Einleitung von abgekühltem Wasser während der Sommermonate wird für die den Vorfluter als unkritisch angesehen. Da zusätzlich dem zu Reinwasser gereinigten Abwasser weitere Feststoffe entzogen werden, verringert dies die Belastung des dem Vorfluter später wieder zugeführten Reinwassers.

Abwärmennutzung zu Kühlzwecken (Sommer):

Der umgekehrte Fall einer möglichen Wärmezuführung durch Kühlprozesse der Endverbraucher wird die Reinwassertemperatur erhöhen. Hierbei ist zu bedenken, dass auf Verbraucherseite niemals eine ausschließliche Nutzung des Reinwassers zu Kühlzwecken auftreten wird, da in den Monaten Juli und August parallel zur Nutzung zu Kühlzwecken auch eine Nutzung zu Heizzwecken (z. B. Warmwasserbereitung) gegeben sein wird. Desweiteren wird eine Temperaturanpassung des genutzten Reinwassers an die Umgebungstemperatur (Erwärmung oder Abkühlung) stattfinden entlang des Ableitungswegs durch den Regenwasserkanal, sei es in offener oder verdolter Bauart.

Abwärmennutzung zu Heizzwecken (Winter):

Die Wintersituation (Heizperiode) unterscheidet sich durch einen wesentlich höheren Abfluss des genutzten Wassers, der ca. 5,7 Mal höher ist, als während der Sommermonate. Auch wenn das Wasser der Wiese kälter ist als das des zulaufenden Reinwassers, besteht aus gutachterlicher Sicht weder eine Gefahr für die Wasserorganismen in unmittelbarer Nähe der Einleitung noch weiter flussabwärts. Aufgrund der hier i. d. R. vorherrschenden, turbulenten Strömungsverhältnisse werden sich beide Wasserkörper auf kurzer Strecke vermischen.

Abwärmennutzung zu Kühlzwecken (Winter):

Die Abwärmennutzung zu Kühlzwecken im Winter muss nicht weiter untersucht werden, da sie im Plangebiet nicht oder so untergeordnet vorkommen wird, dass kein messbarer Effekt bei der Einleitungstemperatur in den Vorfluter zu erwarten ist.

Abfluss über den Regenwasserkanal

Eine Ableitung des Reinwassers nach Energieentzug oder -zuführung über den Regenwasserkanal hat den Vorteil, dass das Wasser eine bestimmte Strecke bis zum Vorfluter verdeckt oder offen zurücklegt. Dadurch wird eine nicht genauer bestimmbare Anpassung an die Umgebungstemperatur in Abhängigkeit der Lauflänge stattfinden, die z. B. extreme Unterschiede der Temperaturen beider Wasserkörper (Reinwasser/Wiese) dämpfen wird. Abgesehen davon, dass die Einleitung insgesamt als unkritisch bzw. unschädlich für die Wasserorganismen der Wiese eingeschätzt wird, ist eine Angleichung der Wassertemperatur des Brauchwassers an die des Vorfluters als vorteilhaft zu sehen.

Störfälle

In den Sicherheitsdatenblättern (SDB) der in Wärmepumpen verwendeten Kühlmittel R410a und R-407c sind umweltspezifische Angaben nur für das Kühlmittel R-407c genannt.

Aus den Angaben der Fa. Dupont™ zu den Kühlmitteln ergibt sich bei einem Austreten des Kühlmittels im Bereich der Wärmetauscher jedenfalls keine Gefahr für Organismen im Vorfluter, sofern sich die Wassertemperatur wieder in die bereits oben genannten Bereiche zwischen 4 und 15 °C einstellt.

Klimaschutz

Zur Bewertung der vorgestellten Varianten hinsichtlich ihrer Beiträge zum Klimaschutz ist der Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung ein geeignetes Beurteilungskriterium. Der Primärenergiefaktor bezeichnet den nicht-erneuerbaren Anteil der in ein Gebäude gelieferten Endenergie. In die Betrachtung aufgenommen werden muss jedoch auch die Nutzbarmachung der am Gebäude angebotenen Wärmeenergie mittels Wärmepumpen aber auch deren Verwendung zur (Gebäude-)Kühlung.

Primärenergiefaktor Fernwärme (Variante 1):

Der Primärenergiefaktor wurde zu $f_{p,FW}$ von **0,21** für die kalte Fernwärme, Variante 1, ermittelt.

Primärenergiefaktor Fernwärme (Variante 2):

Der Primärenergiefaktor wurde zu $f_{p,FW}$ von **0,08** für die kalte Fernwärme, Variante 2, ermittelt.

Nutzbarmachung mittels Wärmepumpe:

Die als kalte Fernwärme angebotene Wärmeenergie muss mittels Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Dies bedeutet, dass zur Bereitstellung von Nutzwärme Strom als Antriebsenergie benötigt wird.

Damit beträgt der $f_{p,gesamt}$ **ca. 0,53 (Variante 1)** und die Gesamteinsparung (fossiler) Primärenergie damit rund 50 %.

Für Variante 2 beträgt der $f_{p,gesamt}$ **ca. 0,42** und die Gesamteinsparung (fossiler) Primärenergie damit rund 60 %.

Wesentlichen Einfluss auf die ermittelten Primärenergiefaktoren hat die primärenergetische Bewertung von Strom, derzeit noch mit 1,8 bewertet. Der Anteil von Strom aus erneuerbaren Energiequellen am bundesdeutschen Strommix nimmt jedoch von Jahr zu Jahr zu, so dass sich auch der Primärenergiefaktor von Strom sukzessive verbessert (reduziert). **Die Gesamteinsparung an Primärenergie und damit an klimaschädlichem CO₂ kann damit in wenigen Jahren bereits gegen 75 % betragen.**

Investitionsbedarf und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Variantenvergleich

Um die beiden Varianten in wirtschaftlicher Hinsicht (aus Betreibersicht) miteinander zu vergleichen, wird eine Vollkostenberechnung in Anlehnung an VDI 2067 durchgeführt.

In der nachfolgenden Übersicht sind die wesentlichen Merkmale der untersuchten Varianten tabellarisch dargestellt. Dabei sind die in den Nutzergebäuden zu installierenden Wärmepumpen berücksichtigt.

Zusammenfassung 1- und 2-Leitersystem "Kalte Fernwärme" Steinen

		<u>1-Leiter Variante</u>	<u>2-Leiter Variante</u>
Wohn- und Gewerbefläche	[m ²]	36.000	36.000
spez. Bedarf	[kWh/m ² a]	38	38
Nutzenergiebedarf	[kWh/a]	1.390.000	1.390.000
Heizleistung	[kW]	800	800
Investition	[€]	1.730.000	2.030.000
Förderung	[€]	269.600	269.600
Investition nach Abzug Förderung	[€]	1.460.000	1.760.000
Vollkosten, davon	[€/a]	236.000	260.000
Kapitalgebundene Kosten	[€/a]	117.000	141.000
Verbrauchsgebundene Kosten	[€/a]	68.000	67.000
Betriebsgebundene Kosten	[€/a]	19.000	18.000
sonstige Kosten	[€/a]	31.000	34.000
Spezifische Vollkosten	[€/kWh]	0,170	0,187

Abbildung 3: Variantenübersicht 1- und 2-Leitersystem

Die spezifischen Vollkosten liegen damit in einem Bereich, wie sie auch bei anderen Heizungssystemen im Gebäudeneubau anzutreffen sind. Durch die Inanspruchnahme weiterer Fördermittel können sie noch reduziert werden. Solche Fördermöglichkeiten bestehen, jedoch müssen diese individuell beantragt werden, so dass sie hier noch unberücksichtigt geblieben sind.

Risiken, Übertragbarkeit

Belagsbildung auf Anlagenteilen

Gereinigtes Abwasser aus Kläranlagen ist kein „normiertes“ Produkt, das in seiner Zusammensetzung konstante und in seinem Zusammenspiel mit Umwelt- und sonstigen Einflüssen dauerhaft vorhersehbare Eigenschaften aufweist. Die Ableitungskanäle von der Kläranlage zum Vorfluter sind in der Regel kurz, die Verweildauer der geklärten Abwässer gering. Praktische Erfahrungen hinsichtlich seiner Nutzung in verzweigten Rohrnetzen sind rar und ggf. nicht übertragbar. Trotz der geplanten Wasseraufbereitung durch Filtrierung und UV-Behandlung können deshalb gelöste mineralische Stoffe im Reinwasser sowie Stoffe biologischen Ursprungs zu einer Verschmutzung und damit zur Funktionsbeeinträchtigung in Rohrleitungen und anderen Anlagenteilen führen. Dies könnte zu einem höheren Erstinvestitions- oder wenn sich negative Erfahrungen erst später zeigen ggf. zu Folgeinvestitionsbedarf führen.

Havarie Kläranlage

Auf Grund von unvorhersehbaren Ereignissen kann es zu Störfällen auf Kläranlagen kommen. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Kläranlage mit außergewöhnlich hohen Mengen von Abwasser konfrontiert wird (z. B. bei extremen Starkregenereignissen). Übersteigen die ankommenden Abwassermengen die Kapazitäten der Kläranlage, kommt es – nach Ausschöpfung aller Puffermöglichkeiten zur Einleitung ungeklärter Abwässer in den Vorfluter. Gleiches gilt für größere Chemie- oder Ölfälle im Einzugsbereich der Kläranlage. In diesen Fällen ist eine Nutzung des Abwassers als Wärmequelle nicht möglich, da die Anlage lediglich für den Betrieb mit gereinigtem Abwasser ausgelegt ist. Beim Auftreten einer Havarie der Kläranlage müsste der Zufluss zum kalten Fernwärmenetz abgesperrt werden, was zu einer Versorgungsunterbrechung der angeschlossenen Abnehmer führen würde.

Übertragbarkeit

Um die Übertragbarkeit der untersuchten Methoden zur Nutzung des Energiepotentials an andere Kläranlagen zu prüfen, wurden exemplarisch die Kläranlage Rheinfelden und die Kläranlage Bändlegrund, Weil am Rhein, zu Vergleichszwecken herangezogen. Dabei wurden die wesentlichen Parameter, welche für die Nutzung des gereinigten Abwassers maßgeblich sind, mit den Parametern der Kläranlage Steinen verglichen. Diese sind die Qualität des gereinigten Abwassers sowie dessen Temperaturen.

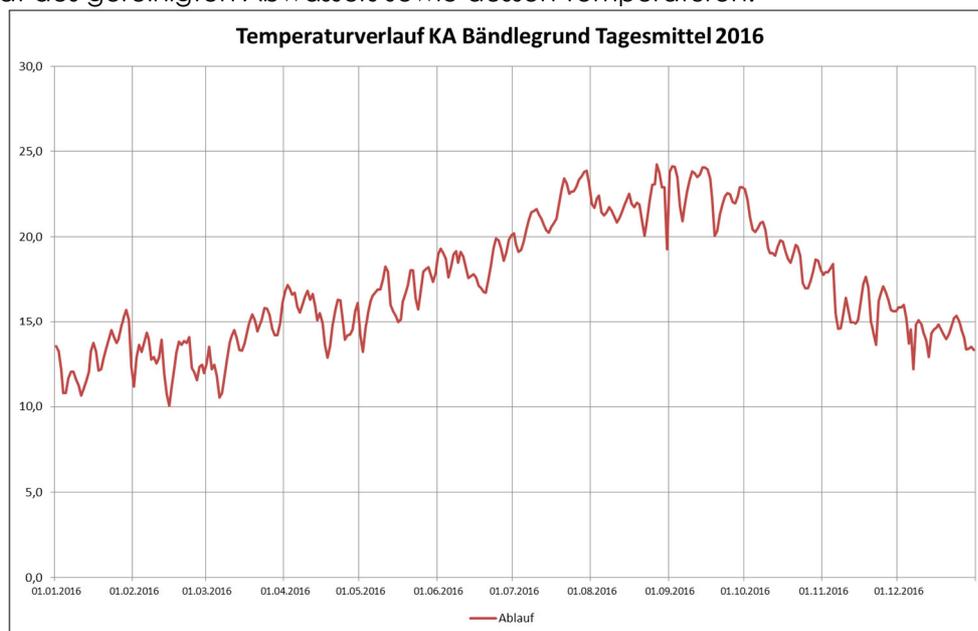


Abbildung 4: Temperaturverlauf Kläranlage Bändlegrund

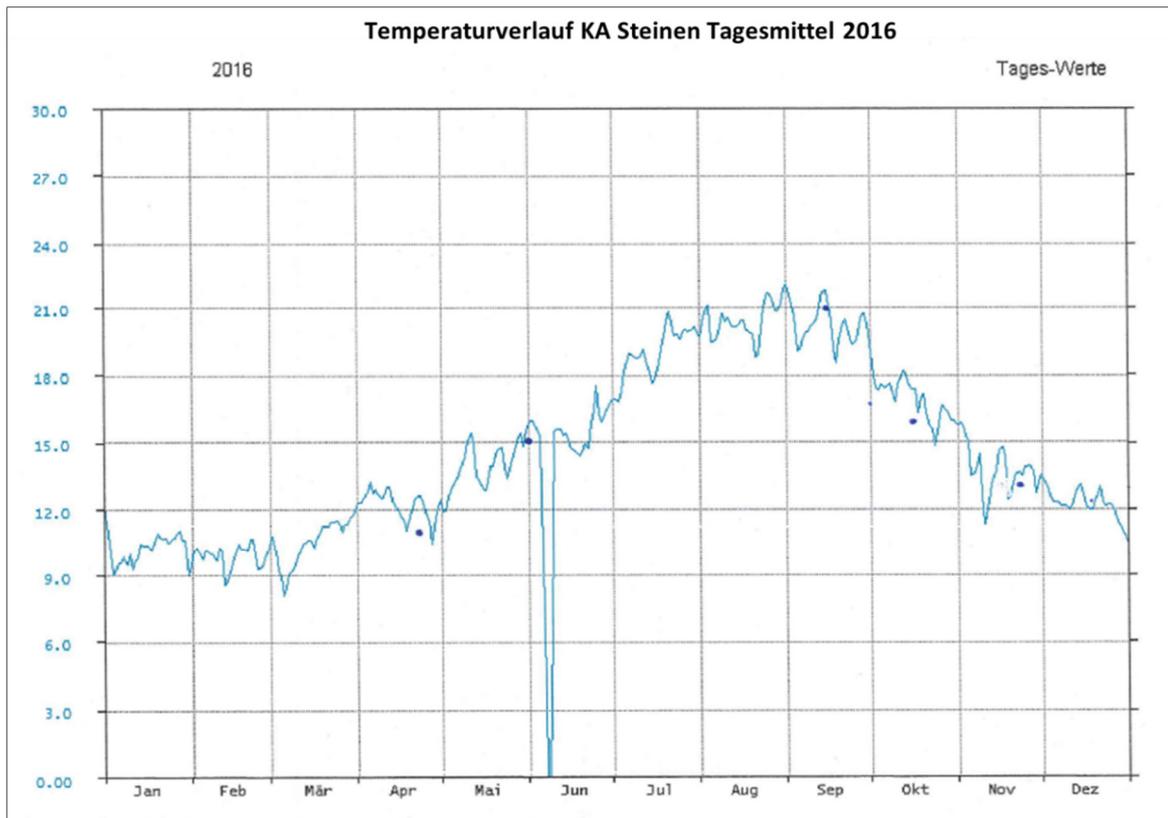


Abbildung 5: Temperaturverlauf Kläranlage Steinen

Vergleicht man die vorliegenden Wasserqualitäten der Kläranlage Steinen und Rheinfelden kann festgestellt werden, dass die Konzentrationen der untersuchten Inhaltsstoffe der Kläranlage Rheinfelden fast durchgehend niedriger liegen als diejenigen der Kläranlage Steinen. Folglich ist eine Nutzung des Abwassers und somit eine Übertragbarkeit auf die Kläranlage Rheinfelden bezüglich der Bestandteile des Abwassers bzw. der Qualität des gereinigten Abwassers gegeben.

Die Ablauftemperaturen der Kläranlage Bandlegrund sind verglichen mit den Ablauftemperaturen der Kläranlage Steinen sogar höher. Dies rührt u. a. daher, dass größere Abwassermengen der Kläranlage Bandlegrund industriellen Ursprungs sind. Aus Sicht der Abwassertemperatur und damit des verfügbaren Energiepotentials ist deshalb auch hier eine Übertragbarkeit gegeben.

Machbarkeitsstudie Langfassung

Die Machbarkeitsstudie liegt auch in einer ausführlichen Fassung (Langfassung / Abschlussbericht vom 07.07.2017) vor.

Für das weitere Vorgehen und sämtliche Inhalte ist ausschließlich die Langfassung inkl. sämtlicher Anlagen maßgebend.

ratio Neue Energie GmbH, Lörrach, den 11.08.2017