

Potenzialstudie zur Wärmenutzung aus Abwasser für die Städtischen Liegenschaften

Februar 2004

Einleitung

In der vorliegenden Studie soll das Potenzial zur Abwasserwärmenutzung für die städtischen Liegenschaften der Stadt Offenburg ermittelt werden.

Ziel der Studie ist es, anhand eines Kriterienkataloges und Bewertungsschemas diejenigen städtischen Liegenschaften zu ermitteln, die für eine Abwasserwärmenutzung aus technischer und wirtschaftlicher Sicht am geeignetsten erscheinen. In einem weiteren Schritt sollen dann für ausgewählte Objekte einzelne detaillierte Untersuchungen mit Investitionskostenermittlung, technischer Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden.

Wärmequelle Abwasser

Der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Einwohner und Tag liegt bei ca. 150 Litern. Abhängig von der Anzahl der Einwohner lässt sich der so genannte „Trockenwetterabfluss“ in einem bestimmten Abwasserkanal errechnen. Damit eine Anlage sinnvoll ausgelegt und betrieben werden kann, sollte der über den Tag gemittelte, durchschnittliche Mindestabfluss im Kanal bei Trockenwetter über 15 Liter/s liegen. Daraus lässt sich die Anzahl der Einwohnerzahl abschätzen, die an einen bestimmten Kanal angeschlossen sein müssen:

Mindesteinwohnerzahl: ca. 6.000 - 7.000 Einwohner

Durch das Eindringen von Fremdwasser kann sich auch bei einer geringeren Einwohnerzahl bereits die erforderliche Abflussmenge einstellen.

Mit zunehmender Länge des Wärmetauschers verringert sich die Wärmeentzugsleistung aufgrund der Abkühlung des Abwassers. Damit ist die Länge des Wärmetauschers, bei der er noch sinnvoll genutzt werden kann, begrenzt.

Maximale Länge des Wärmetauschers: ca. 200 m

Um die Wärme dem Abwasser zu entziehen, werden eigens hierfür entwickelte Wärmetauscher eingesetzt, die in den Abwasserkanal eingebaut werden. Die Wärmetauscher

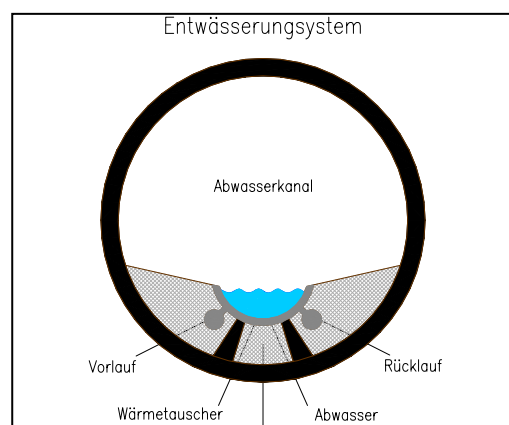


Abb. 1: Querschnitt Abwasserkanal mit Wärmetauscher als Trockenwetterrinne.

werden als Elemente von ca. 3 m Länge entweder in bestehende Kanäle, mit ausreichendem Querschnitt, nachträglich eingebaut, oder bei neuen Kanälen bzw. Kanalsanierung als vorgefertigte Bauteile komplett mit dem Abwasserrohr installiert.

Die Wärme des Abwassers wird an das Zwischenmedium Wasser übertragen und dann über Kunststoffrohre bis zur eigentlichen Heizanlage transportiert. Eine Wärmedämmung der Rohre ist aufgrund des geringen Temperaturunterschiedes zum Erdreich nicht erforderlich. In der Heizzentrale wird die Abwärme dann in einer Wärmepumpe genutzt.



Abb. 2: Wärmetauscher vor Einbau und vorgefertigter Abwasserkanal mit Wärmetauscher

Technisch nutzbares Abwärmepotential

| Objekt | | Messehallen | Schulzentrum Nord-West | Schiller-gymnasium | TBO (Bauhof) | K.-Adenauer-Schule | Monsch-Schule Techn. Rathaus | Schulzentrum Waldbach 1 | Hallenbad Freibad | Summe |
|-------------------------|-------|-------------|------------------------|--------------------|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|
| Abflussmenge | l/s | 50 | 37 | 19 | 154 | 25 | 19 | 37 | 50 | -- |
| | m³/h | 180 | 133 | 68 | 554 | 90 | 68 | 133 | 180 | -- |
| max. Wärmeentzug | kW | 520 | 390 | 200 | 1.610 | 260 | 200 | 390 | 520 | 4.090 |
| max. Länge WT | m | 210 | 160 | 80 | 640 | 100 | 80 | 160 | 210 | 1.640 |
| max. Abwärme | MWh/a | 4.600 | 3.400 | 1.800 | 14.100 | 2.300 | 1.800 | 3.400 | 4.600 | 36.000 |
| Wärmeverbrauch | MWh/a | 3.150 | 850 | 1.000 | 400 | 960 | 820 | 1.000 | 4.000 | 12.180 |
| Wärme aus Wärmepumpe | MWh/a | 2.520 | 680 | 800 | 320 | 770 | 660 | 800 | 3.200 | 9.750 |
| Wärme aus Abwasser | MWh/a | 1.900 | 500 | 600 | 250 | 600 | 500 | 600 | 2.400 | 7.350 |
| Heizleistung Wärmepumpe | kW | 504 | 136 | 160 | 64 | 154 | 132 | 160 | 640 | 1.950 |
| Wärmeentzug | kW | 380 | 100 | 120 | 50 | 120 | 100 | 120 | 480 | 1.470 |
| Erforderliche Länge WT | m | 150 | 40 | 50 | 20 | 50 | 40 | 50 | 190 | 590 |

Wie die Aufstellung zeigt, reduziert sich die theoretisch mögliche Wärmeentzugsleistung von rund 4.090 kW aufgrund des geringeren Wärmebedarfs der betrachteten Objekte auf eine technisch nutzbare Entzugsleistung von insgesamt rund 1.470 kW. Bezogen auf die

jährlichen Wärmemenge bedeutet dies, dass das theoretisch verfügbare Abwärmepotenzial im Abwasser von 36.000 MWh/a nur zu 20 % (7.350 MWh/a) genutzt werden kann.

Wirtschaftlich nutzbares Potenzial

Neben der technisch möglichen Abwärmenutzung werden die Objekte anhand bestimmter Kriterien hinsichtlich einer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit qualitativ bewertet. Die konkrete Wirtschaftlichkeit muss in einer Detailuntersuchung für das jeweilige Objekt nachgewiesen werden. Das Bewertungsschema dient somit dazu, jene Objekte auszuwählen, die eine konkrete Untersuchung sinnvoll erscheinen lassen.

Die zugrunde gelegten Bewertungskriterien sind:

1. Trockenwetterabfluss
Je höher der Trockenwetterabfluss, desto besser ist dies für die Abwärmenutzung. Eine Abflussmenge unter 15 l/s lässt i. d. R. keine wirtschaftliche Nutzung zu und dient somit als k.o.-Kriterium.
2. Kanalquerschnitt
Je größer der Kanalquerschnitt ist, desto einfacher kann nachträglich in vorhandene Kanäle der Abwasserwärmetauscher eingebracht werden. Abwasserkanäle unter 800 mm Durchmesser wurden nicht betrachtet.
3. Kanalsanierung
Eine anstehende Sanierung eines Abwasserkanals wirkt sich günstig aus, da im Rahmen der Erneuerung vorgefertigte Elemente bestehend aus Wärmetauscher und Abwasserbetonrohr eingesetzt werden können.
4. Heizwärmeverbrauch
Je höher der Heizwärmeverbrauch eines Objektes ist, desto günstiger ist es für die Abwärmenutzung. Objekte mit einem Heizwärmeverbrauch unter 400 MWh/a wurden nicht betrachtet.
5. Sommerlicher Wärmebedarf
Objekte mit einem hohen sommerlichen Wärmebedarf, wie z. B. Hallenbäder sind besonders gut geeignet, da eine ganzjährige Wärmenutzung aus Abwasser möglich wird.
6. Heiznetzauslegung
Ein entscheidendes Kriterium ist die Auslegung des Heiznetzes im Objekt. Niedrige Heiznetztemperaturen, wie beispielweise bei einer Fußbodenheizung, wirken sich günstig auf die Leistungszahl der Wärmepumpe und damit auf die Wirtschaftlichkeit aus. Liegen die Rücklauftemperaturen über 65 °C müsste das vorhandene System aufwendig auf ein Niedertemperatursystem, z. B. durch Austausch von Heizkörpern, umgerüstet werden.
7. Entfernung Objekt zum Abwasserkanal
Je näher der Abwasserkanal am Objekt liegt, umso günstiger kann die Verbindung zwischen Abwasserwärmetauscher und Wärmepumpe realisiert werden.
8. Nahwärmeverbund
Müssen mehrere Einzelobjekte über Nahwärmeleitungen zu einem Wärmeverbund zusammengeschlossen werden, um einen ausreichend hohen Wärmeverbrauch zu

erzielen, wirkt sich dies ungünstig aus, da zusätzlich Investitionen in Wärmeleitungen erforderlich werden.

9. Alter der Heizanlage

Steht im Objekt eine Kesselerneuerung an, kann sich dies günstig auf die Wirtschaftlichkeit auswirken, da in Verbindung mit dem Einbau einer Wärmepumpe die Kessel als Zusatzheizung anders konzipiert werden können.

Konkurrierende Systeme

Als konkurrierende Systeme werden bereits vorhandene umweltfreundliche Wärme erzeugungssysteme, wie z. B. Blockheizkraftwerke angesehen, die ebenso wie die Wärmepumpen Wärme in der Grund- oder Mittelast erzeugen.

| Bewertungskriterium | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-------------|-----------------------|-------------------|--------------|--------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|----------|
| | | Messehallen | Schulzentr. Nord-West | Schillergymnasium | TBO (Bauhof) | K.-Adenauer Schule | Monschule und Techn. Rathaus | Schulzentr. Waldbach 1 | Hallenbad Freibad | |
| Abflussmenge | < 15 l/s | KO | | | | | | | | |
| | 15 bis 25 l/s | 0 | | | | | | 0 | | |
| | > 25 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| Kanalsanierung | Nein | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| | Ja oder Neubau | 1 | | | | | | 1 | | |
| Wärmeverbrauch | 400 - 800 MWh/a | 0 | | | | 0 | | | | |
| | 800 - 1.200 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | |
| | > 1.200 MWh/a | 2 | 2 | | | | | | | 2 |
| Sommerlicher Wärmebedarf | Gering | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Hoch | 1 | | | | | | | | 1 |
| Heiznetz | RL > 60 | 0 | | | | 0 | | | | |
| | RL > 50 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | RL > 40 / Neubau | 2 | | | | | | | | |
| Entfernung Kanal | > 200 m | 0 | 0 | | | | | | | 0 |
| | 100 bis 200 m | 1 | | | | | 1 | 1 | | |
| | < 100 m | 2 | | 2 | 2 | 2 | | | 2 | |
| Nahwärmeverbund | aufwendig | 0 | | | | | | | 0 | |
| | einfach möglich | 1 | | | | | | 1 | | |
| | nicht erforderlich | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | 1 |
| Alter Heizkessel | bis 15 Jahre | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| | 16 - 20 Jahre | 1 | | | | 1 | | | | |
| | über 20 Jahre | 2 | 2 | | | | | | | 2 |
| Konk. Systeme in Wärmegrundlast | Einfluss stark | K.o | | | | | | | | K.o. |
| | Einfluss gering | 0 | 0 | | | | 0 | | | |
| | | | 8 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | - |

Einzelbewertung der Objekte

- **Messehallen**

Eine Abwasserwärmenutzung bei den Messehallen ist, wie oben bereits ausgeführt, zwar grundsätzlich möglich, jedoch ist aufgrund der technischen Gegebenheiten eine Wärmenutzung aus dem Grundwasser vorzuziehen.

- **Schulzentrum Nord-West**

Die Bewertung des Schulzentrums Nord-West bestätigt prinzipiell das Ergebnis folgender Voruntersuchung:

MEDINSTALPLAN AG: Schulzentrum Nord-West
Vorabklärung Abwasserwärmenutzung
aus Abwasserkanal
Nussbaumen bei Baden, 2002

Die Untersuchung kam zu folgender Beurteilung (Zitat):

„Die strukturellen und betriebswirtschaftlichen Verhältnisse erachten wir als ideal zur Realisierung einer Abwasserwärmenutzungsanlage. Wir empfehlen deshalb eine vertiefte Machbarkeitsstudie in Auftrag zu geben. Dabei sind insbesondere auch die in Aussicht gestellten Subventionen von Land und anderen deutschen Förderinstituten abzuklären. Zudem ist zu klären, ob zur Finanzierung der Investition für die Wärmepumpenanlage ein Contractor auftreten und die an solchen Projekten ihr Interesse angemeldet haben, kalkulieren in der Regel mit wesentlich tieferen Strompreisen“.

- **Konrad-Adenauer-Schule**

Die Konrad-Adenauer-Schule ist ähnlich wie das Schulzentrum Nord-West gut für den Einsatz einer Abwasserwärmepumpe geeignet. Die Entfernung zum Abwasserkanal und die Abflussmenge von 50 l/s wirken sich hier günstig aus. Das vorhandene Blockheizkraftwerk als konkurrierender Grundlastwärmeerzeuger wirkt sich aufgrund seiner geringen Leistung (12 kW Heizleistung) nicht wesentlich auf den Einsatz einer Wärmepumpe aus.

- **Schillergymnasium**

Günstig für eine Abwasserwärmenutzung beim Schillergymnasium ist die vergleichsweise einfache Nutzung des Waldbachkanals. Nachteilig wirkt sich hier die geringe Abflussmenge von 19 l/s aus.

- **Technische Betriebe Offenburg (Bauhof)**

Positiv für eine Abwasserwärmenutzung wirkt sich die Nähe zum Verbandssammlerkanal mit großem Querschnitt und hoher Abflussmenge sowie das Alter der Heizanlage aus. Allerdings kann aufgrund des geringen Wärmeverbrauchs von ca. 400 MWh/a das Abwärmepotenzial nur zu einem geringen Maße ausgenutzt werden. Als negativ müssen zudem die hohen Rücklauftemperaturen, bedingt durch die Lüftungsgeräte zur Hallenbeheizung, bewertet werden.

- **Technisches Rathaus und Georg-Monsch-Schule**

Bei den beiden Objekten könnte der Abwasserwärmetauscher im Rahmen des Neubaus eines Staukanals parallel zur Friedrichstraße eingebaut werden. Um einen ausreichend hohen Wärmeverbrauch zu erhalten, müssten beide Objekte mittels Wärmeleitungen zu einem Wärmeverbund zusammengeschlossen werden.

- **Schulzentrum Waldbach 1**

Die Objekte Grundschule, Oken-Gymnasium, Oken-Sporthalle müssten, um eine ausreichend hohen Wärmeverbrauch zu erreichen, über Wärmeleitungen zu einem Wärmeverbund zusammengeschlossen werden. Abwasserseitig könnte der gleiche Kanal wie für das Schulzentrum Nord-West genutzt werden. Da zudem die vorhandenen Heizanlagen teilweise neu sind, schneiden diese Objekte in der Bewertung am ungünstigsten ab.

- **Hallenbad Freibad**

Die Objekte Hallenbad und Freibad scheiden für eine Abwasserwärmenutzung aufgrund des vorhandenen Blockheizkraftwerkes aus.

Geht man davon aus, dass die Objekte mit einer Bewertungszahl von 6 und höher eine annähernd wirtschaftliche Nutzung erwarten lassen, ergibt sich ein wirtschaftlich nutzbares Abwärmepotenzial von 3.850 MWh/a. Ohne die Messehallen reduziert sich das Potenzial auf 1.950 MWh/a.

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung war es, das theoretische und technisch-wirtschaftliche Potenzial für die städtischen Liegenschaften der Stadt Offenburg zu ermitteln.

Zunächst wurden geeignete Abwasserkanäle anhand den Kriterien Kanalquerschnitt und Abflussmenge ausgewählt. Dann wurden die städtischen Liegenschaften, die sich in der Nähe von geeigneten Kanälen befinden, ausgewählt. Anschließend wurden für die ausgewählten Objekte die technischen Gegebenheiten im Rahmen von Ortsbegehungen aufgenommen sowie die Energieverbrauchsdaten ausgewertet.

Anhand der gewonnenen Daten wurde das theoretische sowie das technisch nutzbare Abwärmepotenzial aus Abwasser ermittelt. In einem weiteren Schritt wurde mittels bestimmter Bewertungskriterien versucht, diejenigen Objekte zu bestimmen, die eine wirtschaftliche Nutzung erwarten lassen.

Betrachtet wurden folgende Liegenschaften:

- Messehallen Offenburg
- Schulzentrum Nord-West
- Konrad-Adenauer-Schule
- Schillergymnasium
- Technische Betriebe Offenburg (Bauhof)
- Erich-Kästner-Schule, Oken-Gymnasium und Oken-Sporthalle
- Georg-Monsch-Schule und Technisches Rathaus
- Hallenbad Freibad

Die wesentlichen Ergebnisse

1. Das technische nutzbare Abwasserwärmepotenzial beträgt ca. 7.350 MWh/a, was rund 60 % des gesamten Wärmeverbrauchs der betrachteten Objekte entspricht.
2. Das Objekt, das am ehesten eine wirtschaftliche Nutzung erwarten lässt, ist das Schulzentrum Nord-West. Zwar schneiden die Messehallen im Vergleich am besten ab, jedoch ist dort, wie eine detaillierte Untersuchung zeigte, eine Grundwasserwär-

menutzung vorzuziehen.

3. Etwas schlechter als das Schulzentrum Nord-West schneiden punktgleich die Objekte Schillergymnasium, TBO und Konrad-Adenauer-Schule ab.

Empfehlungen

- ⇒ Das Schulzentrum Nord-West sollte hinsichtlich einer Abwasserwärmenutzung konkret mit technischer Realisierung und Wirtschaftlichkeitsberechnung untersucht werden. Es ist zu erwarten, dass sich, gegenüber der vorliegenden Vorabklärung, die Wirtschaftlichkeit durch eine Förderung im Rahmen des Klimaschutz-Plus Programm verbessern wird.
- ⇒ Bei den drei Objekten, die bei der Bewertung mit 6 Punkten gleich abgeschnitten haben, sollte dem Schillergymnasium für weiterführende Untersuchungen der Vorzug gegeben werden, da in der Konrad-Adenauer-Schule erst anno 2001 die gesamte Heizanlage erneuert wurde und bei den Technischen Betrieben Offenburg der Heizwärmeverbrauch mit 400 MWh/a am unteren Ende für eine sinnvolle Abwasserwärmenutzung liegt.
- ⇒ Mit Hilfe des erstellten Lageplanes besteht die Möglichkeit, auch andere nicht städtische Objekte für eine Abwasserwärmenutzung zu ermitteln. Hierzu wurde links und rechts der Kanäle ein Bereich bis 100 m farblich angelegt. Durch Information entsprechender Anlieger sollten diese über eine eventuelle Abwasserwärmenutzung informiert werden. Vor allem bei der Planung von Neubauten sollte diesem Bereich besonderes Augenmerk hinsichtlich einer Abwasserwärmenutzung zukommen.

Durchführung der Studie: IBS Ingenieurbüro Schuler, Flößerstr. 60, 74321 Bietigheim-Bissingen,
Ansprechpartner: Herr Schmidt, Tel. 07142/9363-30

Umsetzung

Die vorgeschlagenen Empfehlungen und Ergebnisse der Studie sollen bei anstehenden Heizanlagenanierungen berücksichtigt werden. Dabei stehen sie in Konkurrenz mit weiteren regenerativen Energieträgern wie Holz und Grundwasser oder mit rationeller Energienutzung wie Kraftwärme-Kopplung, die ebenfalls die Grundlast abdecken.

Auftraggeber: Stadt Offenburg, Fachbereich Planen, Bauen, Umwelt
Wilhelmstr. 12, 77654 Offenburg
Ansprechpartner: Herr Wernet, Tel. 0781/82-2380