

Energie aus Abwasserwärme: Ökonomische Randbedingungen und Lösungsansätze

Lutz Rometsch, Gelsenkirchen

1. Einleitung

Die Gewinnung von Energie aus Abwasserwärme ist ein Thema, das zugleich energie- und abwasserwirtschaftliche Dimensionen aufweist: Auf der einen Seite kann in dem Maße, wie heimische, regenerative Energieträger eingesetzt werden, die Abhängigkeit vom Rohöl vermindert werden. Auf der anderen Seite kann die Kanalisation, die eine bedeutende Einzelposition in der kommunalen Vermögensbilanz darstellt, einer zusätzlichen Nutzung zugänglich gemacht werden. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des vorliegenden Beitrags untersucht, unter welchen Bedingungen die Wärmegewinnung aus Abwasser wirtschaftlich vertretbar sein kann.

Einleitend erfolgt zunächst eine Erläuterung der Funktionsweise der Wärmegewinnung aus Abwasser mittels Abwasserwärme-Nutzungsanlagen (AWNA). Sodann wird der Fokus auf ökonomische Aspekte gelegt: Da die Nutzung der Abwasserwärme im Rahmen einer Kooperation von Netzbetreibern, Energieversorgern und Liegenschaftsbesitzern stattfindet, werden zunächst das aktorsbezogene Kooperationsgefüge und die erforderlichen Kooperationsanreize dargestellt. Im nächsten Schritt wird die Rentabilität als zentrale ökonomische Bedingung für einen wirtschaftlichen Betrieb von AWNA untersucht. Im Mittelpunkt stehen als wesentliche Einflussgrößen die Investitionen, die Kosten und die Erlöse. Unter Bezugnahme auf diese Größen, die die Rahmenbedingungen für eine wirtschaftliche Nutzung der Abwasserwärme definieren, werden sodann ökonomische Ansatzpunkte zur Optimierung der Rentabilität von AWNA abgeleitet. Darauf aufbauend erfolgt schließlich eine überschlägige Ermittlung des Nutzungspotenzials der Wärmegewinnung aus Abwasser für das Land Nordrhein-Westfalen.

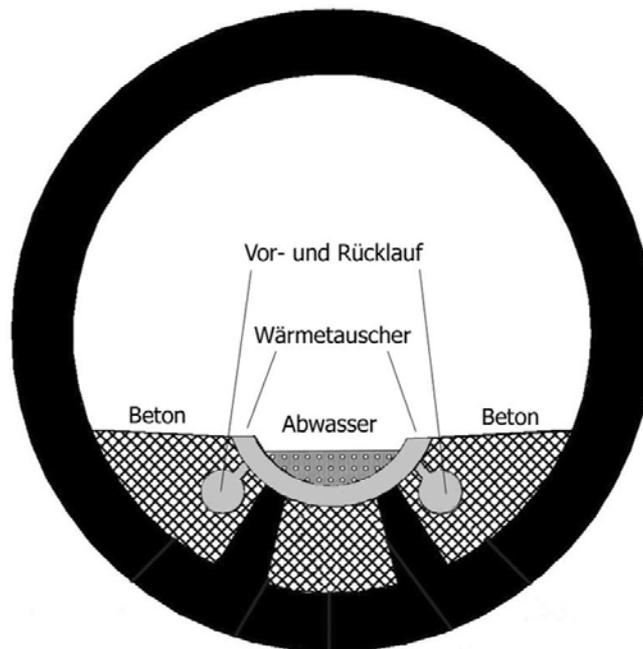
2. Funktionsweise der Wärmegewinnung aus Abwasser

Abwasser, das täglich in großen Mengen durch die Abwasserkanalisation transportiert, in Kläranlagen gereinigt und dann in Vorfluter eingeleitet wird, verkörpert einen Stoffstrom ohne wirtschaftlichen Wert.

Haushalte, kleingewerbliche Betriebe, Industrie und öffentliche Einrichtungen verbrauchen in NRW alljährlich mehr als 1.200 Mio. m³ Trinkwasser. Die meisten Nutzungen sind mit einer Erwärmung des Wassers verbunden: Wenn wir duschen, Wasch- und Spülmaschinen einschalten oder Wasser zur Kühlung einsetzen, fließt mit dem Abwasser auch die zuvor zugeführte Wärmeenergie durch die Kanalisation ab. Infolge dessen weist die Abwassertemperatur in dem insgesamt 90.000 km langen kommunalen Kanalisationsnetz in NRW mehrheitlich Werte zwischen 10° C und

20° C auf. Damit hat das kontinuierlich in großen Mengen anfallende Abwasser ein thermisches Potenzial, das es für den Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen interessant werden lässt.¹

Um die im Abwasser befindliche Wärme zur Beheizung von Liegenschaften und zur Warmwasserversorgung zu nutzen, werden AWNA eingesetzt. Die Rückgewinnung der Abwasserwärme findet mit Hilfe von Wärmetauschern statt, die in geeignete Kanalisationsabschnitte eingebaut werden (siehe nachfolgende Abbildung). Zur Nutzung der Abwasserwärme mittels AWNA bedarf es eines ferner einer Wärmepumpe, Transportleitungen und ggfs. eines Blockheizkraftwerkes zur Bereitstellung der Antriebsenergie für die Wärmepumpe.



Wärmetauscher in Abwasserkanalisationen

Die Gewinnung von Abwasserwärme erfolgt in drei Wärmetauschprozessen: In den vom Abwasser überströmten Wärmetauschern zirkuliert ein flüssiges Medium (Wasser/Glykol), das die Temperatur des Abwassers annimmt. Durch Transportleitungen wird das erwärmte Medium einer Wärmepumpe zugeführt. Dort findet ein zweiter Wärmetausch an ein Medium in der Wärmepumpe statt. Dieses verdampft infolge der Wärmezuführung. Unter Zuführung von Energie wird es verdichtet und dadurch die Temperatur auf ein nutzbares Niveau angehoben. In einem dritten Wärmetausch erfolgt die Einspeisung der Wärme in den Heizungskreislauf.

Eine Besonderheit der Wärmerückgewinnung aus Abwasser besteht darin, dass diese Bestandteil eines bivalenten Heizungssystems ist: Die Wärmepumpe versorgt

¹ Vgl. Rometsch, L. (erscheint demnächst).

die Grundlast, zur Versorgung von Spitzenlastbedarfen kommt eine zusätzliche Heizung, bspw. ein konventioneller öl- oder gasbefeuerter Heizkessel zum Einsatz.

Die Möglichkeit des inversen Betriebes stellt eine weitere Besonderheit von AWNA dar: Bei Bedarf können AWNA zur Klimatisierung von Räumen eingesetzt werden. Dabei verläuft der Wärmetausch in umgekehrter Richtung, d.h. überschüssige Raumwärme wird an das Abwasser abgegeben.²

Wärmegewinnung in Abwasserkanalisationen ist technisch machbar. In der Schweiz werden einige Anlagen teilweise seit mehr als 20 Jahren betrieben. Auch in NRW ist im Jahr 2004 die erste Anlage dieser Art in Leverkusen in Betrieb genommen worden. Ein sinnvoller Einsatz dieser Technologie setzt allerdings voraus, dass dieser auch wirtschaftlichen Anforderungen genügt. Nachfolgend wird dargestellt, unter welchen Bedingungen dieses der Fall sein kann.

3. Ökonomische Aspekte der Wärmegewinnung aus Abwasser

3.1. Akteursbezogene Kooperationsanreize

Zur Rückgewinnung und Nutzung von Wärme aus Abwasser treten im Wesentlichen drei Akteure miteinander in Beziehung: Kanalnetzbetreiber (NB) müssen ihr Einverständnis zur Nutzung der Kanäle zur Wärmegewinnung und zu den erforderlichen Ein- bzw. Umbauten geben, Energieversorgungsunternehmen (EVU) betreiben die AWNA und vermarkten die Abwasserwärme, Liegenschaftsbesitzer (LB) treten als Nachfrager nach Wärme aus Abwasser auf.³

Die EVU befinden sich in einer Schlüsselrolle: Als Betreiber von AWNA und Vermarkter der Wärmeenergie tragen Sie das unternehmerische Risiko für Engagements in AWNA. Dabei unterliegen die EVU auf der Beschaffungs- und Absatzseite akteursbezogenen Restriktionen: Um Wärmeenergie aus Abwasser gewinnen und vermarkten zu können, sind kooperative Beziehungen mit Netzbetreibern und Liegenschaftsbesitzern zu knüpfen.

Dabei ist das Zustandekommen bilateraler Kooperationen zwischen den Akteuren im Lichte der unterschiedlichen Ziele bzw. Aufgaben zu betrachten: Während die Energieversorger als Unternehmen Rentabilitäts- bzw. Gewinnmaximierungsziele verfolgen, betreiben die NB die Entwässerungsaufgabe unter Beachtung des Wirtschaftlichkeitsgrundsatzes. Die LB schließlich verfolgen das Ziel der Gewinn- oder Nutzenmaximierung, je nachdem ob es sich um Unternehmen oder private Haushalte handelt.

² Vgl. Rometsch, L. (erscheint demnächst).

³ Zu den nachfolgenden Ausführungen über die Voraussetzungen für eine freiwillige Kooperation der Akteure siehe Rometsch, L. (2004), S. 62 ff.

Grundsätzlich gehen Akteure bindende Kooperationen ein, wenn hieraus jeweils ein Nettovorteil entsteht. Folglich darf kein Akteur durch die Kooperation schlechter gestellt sein als bei unterlassener Kooperation. Vor diesen Hintergrund lassen sich ökonomische Bedingungen für das Zustandekommen der Kooperation der EVU mit NB bzw. mit LB wie folgt skizzieren:

Aus der von den NB wahrzunehmenden Entwässerungsaufgabe resultieren zum einen technische Anforderungen an die Wärmegewinnung aus Abwasser, da sich die Abwasserwärmenutzung nicht zu Lasten des Gewässerschutzes auswirken darf. Zum anderen sind ökonomische Anforderungen zu beachten, da die Abwasserwärme nicht auf Kosten der NB gewonnen werden darf. Die infolge der Wärmegewinnung aus Abwasser auftretenden Kosten stehen nicht im Zusammenhang mit der Entwässerungsaufgabe und dürfen daher nicht auf die NB abgewälzt werden. Um eine Quersubventionierung aus dem Aufkommen der Abwassergebühren zu vermeiden, sind die bei den NB infolge der Wärmegewinnung aus auftretenden Kosten durch die EVU zu kompensieren. Mithin stellt die Kostenneutralität der Wärmegewinnung aus Abwasser aus ökonomischer Sicht für die NB eine Mindestforderung dar, mit der sie an die EVU herantreten.

Die LB können Nutzen- bzw. Gewinnziele maximieren, indem Sie c.p. die Kosten für die Wärmeversorgung minimieren. Damit ist bei gegebenem Energiebedarf der Preis je Energieeinheit für die Auswahl des Versorgungssystems entscheidend. Folgt man der Überlegung, dass Wärmeenergie ein homogenes Gut ist, d.h. die Nachfrager in der Lage sind, unterschiedliche Formen der Wärmeenergie vollständig zu substituieren, kann für Wärmeenergie aus Abwasser kein höherer Preis als für marktübliche Wärmeenergieformen erzielt werden. Sofern allerdings Wärmeenergie nicht als homogenes Gut betrachtet wird, weil z.B. die Nachfrager divergierende Präferenzen für unterschiedliche Energieträger haben, ist lediglich eine partielle Substitution möglich. Der preispolitische Handlungsspielraum der EVU ist in diesem Fall durch den Marktpreis für regenerativ gewonnene Wärme begrenzt.

Schließlich betreiben EVU die Wärmegewinnung aus Abwasser mit der Absicht, Gewinne zu erzielen. D.h. AWNA müssen nach Erstattung der Kosten der NB und im Rahmen der absatzpolitischen Preisspielräume rentabel sein. Insgesamt ist in der Rentabilität die zentrale Bedingung für einen ökonomisch sinnvollen Einsatz der Wärmegewinnung aus Abwasser zu sehen. Erst ein rentabler Betrieb von AWNA erlaubt die Vereinnahmung und Verteilung eines Kooperationsgewinns. Dabei ist eine für alle Akteure akzeptable Verteilung des Kooperationsgewinns dadurch gekennzeichnet, dass die NB mindestens eine Kompensation ihrer Kosten erhalten, die LB höchstens marktübliche Versorgungskosten zu zahlen haben und der verbleibende Kooperationsgewinn den Rentabilitätsanforderungen der EVU entspricht.

Vor diesem Hintergrund erfolgt nunmehr eine Darstellung der Einflussgrößen, die für die Rentabilität von AWNA ausschlaggebend sind. Unter Bezugnahme auf diese Größen, die die Rahmenbedingungen für eine wirtschaftliche Nutzung der Abwasserwärme definieren, werden sodann ökonomische Ansatzpunkte zur Optimierung der Rentabilität von AWNA skizziert. Darauf aufbauend erfolgt schließlich eine über-

schlägige Ermittlung des Nutzungspotenzials der Wärmegewinnung aus Abwasser für das Land Nordrhein-Westfalen.

3.2. Rentabilität als zentrale ökonomische Bedingung

3.2.1. Vorbemerkungen

Wärmegewinnung aus Abwasser kann nur dann einen wirtschaftlich sinnvollen Beitrag zur Energieversorgung leisten, wenn AWNA, deren Errichtung und Betrieb zunächst mit Investitionen verbunden sind, sich als rentabel erweisen. Die Rentabilität als Maß für die Verzinsung des eingesetzten Kapitals stellt ein zentrales Kriterium für Investitionsentscheidungen von Unternehmen dar:

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{Periodengewinn}}{\text{durchschnittlich gebundenes Kapital}}$$

Das Rentabilitätskriterium setzt implizit voraus, dass ein Periodengewinn zu verzeichnen ist, andernfalls erweist das in der Investition gebundene Kapital eine negative Rentabilität auf. Ein positives Vorzeichen der Rentabilität ist allerdings noch kein hinreichendes Kriterium für die Durchführung einer Investition. Nur Investitionen, die die vom Investor geforderte Mindestrentabilität aufweisen, kommen für eine Realisierung in Frage. Sofern mehrere alternative Investition das Kriterium der Mindestrentabilität erfüllen, werden c.p. die Alternativen mit der höchsten Rentabilität umgesetzt.

Darüber hinaus können aber auch der Eintritt in bestimmte Marktsegmente, der Ausbau von Marktanteilen oder Bestrebungen zur Diversifikation des Produktportfolios für die Wärmegewinnung in Abwasserkanalisationen sprechen. Da jedoch auch diese Ziele langfristig nicht unabhängig von der Rentabilität der Engagements verfolgt werden können, rechtfertigt sich die im Rahmen dieses Beitrags vorgenommene Fokussierung auf die Rentabilität als zentrale Entscheidungsgröße für unternehmerische Investitionsentscheidungen.

Hinweise über die Höhe der Rentabilität der Engagements der EVU liegen aktuell für den Zeitraum von 1997 bis 2001 vor. In diesem Zeitraum konnten mittelständische Energieversorgungsunternehmen in Deutschland ihre Gesamtkapitalrentabilität von 6,0 % auf 7,3 % erhöhen, im gleichen Zeitraum stieg die Umsatzrentabilität von 4,7 % auf 7,4 %.⁴ Vor dem Hintergrund dieser Werte wird nachfolgend eine Mindestrentabilität in Höhe von 7 % angenommen. Mithin lautet die Rentabilitätsanforderung für einen wirtschaftlich sinnvollen Einsatz von AWNA

$$\text{Mindestrentabilität} = \frac{\text{Erlöse} - \text{Kosten}}{\text{durchschnittlich gebundenes Kapital}} \geq 7\% .$$

⁴ Vgl. Brinkmann, F.; Pfaffhausen, H. (2003), S. 20 f.

3.2.2. Rentabilität von AWNA

3.2.2.1. Investitionen

Die erforderlichen Investitionen zur Errichtung einer AWNA sind beträchtlich. Beispielsweise liegen die Bruttoinvestitionen zur Errichtung einer AWNA, die die Grundlastversorgung im Rahmen eines Gesamtwärmebedarfs von 300 kW erbringen soll, bei rd. 350.000 €⁵ Hinzu kommen für Verlegearbeiten ca. 30.000 € sowie ggfs. für ein Blockheizkraftwerk⁶ ca. 70.000 €⁷

Darüber hinaus fallen bei den NB interne Kosten an, die teilweise der Investition und teilweise den laufenden Betriebskosten zuzurechnen sind.⁸ In der nachfolgenden Übersicht sind die in den genannten Phasen beim NB anfallenden Kosten⁹ zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Wie die Übersicht verdeutlicht, treten wesentliche Kostenbestandteile bereits in der Phase der Vorbereitung und des Risikomanagements sowie der Baudurchführung auf.

Da bereits zu einem frühen Zeitpunkt wesentliche Kostenanteile anfallen und diese im Falle der Nicht-Realisierung der AWNA nicht kompensiert werden, besteht ein Risiko für die NB in dem Scheitern der Vertragsverhandlungen.

Interne Kosten der Netzbetreiber		
Phase	Kosten	Relevanz
Vorbereitung	Informationskosten	hoch
	Planungskosten	hoch
	Verhandlungskosten	hoch
Baudurchführung	Materialabstimmung	mittel
	Einbauorganisation	mittel
	Qualitätssicherung	hoch
Betriebsphase	Kapitalkosten	sehr hoch
	Inspektion, Reinigung, Sonstiges	gering
	Erfolgskontrolle	gering
Entsorgung	Ausbau und Entsorgung	gering
	Sanierung	gering

⁵ Die Darstellung basiert auf einer Investitionskostenschätzung der Fa. Rabtherm für die Errichtung einer AWNA in der Stadt Ahlen. Zugrundegelegt wird ein im Werk vorgefertigter Rohrwärmetauscher mit einer Länge von 42 m. Die Durchführung der Maßnahme ist im Rahmen einer Neuerrichtung des Kanals geplant. Alle Angaben sind in Euro und ohne Mehrwertsteuer.

⁶ Sofern der Strom zum Antrieb der Wärmepumpen von der öffentlichen Stromversorgung bezogen wird, entfallen die Investitionen für das BHKW. Allerdings ist die Versorgung mittels BHKW aufgrund von Betriebskostenvorteilen – auch unter Einbeziehung von Abschreibungen und Finanzierungskosten - insgesamt wirtschaftlicher.

⁷ Da die als Bauherren der AWNA auftretenden NB nicht zum Vorsteuerabzug berechtigt sind, müssen bei Ermittlung der Investitionshöhe die Bruttobeträge unter Einbeziehung der gesetzlichen Mehrwertsteuer betrachtet werden.

⁸ Zu den bei den Netzbetreibern auftretenden Kosten siehe Rometsch, L. (2004), S. 151 ff.

⁹ Es handelt sich hier um interne Vollkosten, d.h. die beim NB auftretenden Einzelkosten zzgl. der anteiligen Gemeinkosten.

Bei den Technischen Betrieben Leverkusen sind im Rahmen der Errichtung der dortigen Pilotanlage zur Abwasserwärmenutzung internen Kosten in Höhe von 60.000 bis 80.000 € entstanden.¹⁰ Diese Aufwendungen sind bei der Ermittlung der Kompensationszahlungen der EVU an die NB zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der Beträge für die Anschaffung, Errichtung und Inbetriebnahme der AWNA sowie der internen Kosten der NB beläuft sich das Brutto-Investitionsvolumen zur Errichtung einer AWNA insgesamt auf rd. 520.000 €, die durchschnittliche Kapitalbindung beträgt 260.000 €.

3.2.2.2. Kosten

Die im laufenden Betrieb von AWNA auftretenden Kosten setzen sich im Wesentlichen aus Betriebskosten, Abschreibungen und Zinsen zusammen.

Die Betriebskosten fallen u.a. in Form von Energiekosten für den Antrieb der Wärmepumpe durch das Blockheizkraftwerk an. Der benötigte Input an elektrischer Antriebsenergie beträgt etwa ein Viertel des Energie-Output, der Heizölverbrauch des BHKW liegt je nach erforderlicher Leistung bei 8 bis 14 Litern Heizöl je Stunde.¹¹ Bei einer Auslastung der AWNA von 65 % (d.h. 5.700 Betriebsstunden p.a.), einem durchschnittlichen Verbrauch von 11 l/h und einem Netto-Heizölpreis von 50 ct je Liter belaufen sich die Energiekosten überschlägig auf 31.000 € p.a. Hinzu kommen bspw. Wartungs- und Instandhaltungskosten, Raumkosten, Kosten für Versicherungen und ggfs. erforderliche Kanalreinigungen. Insgesamt werden die jährlichen Betriebskosten bei der hier vorgegebenen Leistung und Auslastung der AWNA mit 40.000 € angenommen.

Des Weiteren sind auf der Aufwandsseite die Abschreibungen zu berücksichtigen, die bei Zugrundelegung der Anschaffungspreise und Nutzungsdauern jährlich etwa 16.100 € betragen.¹²

Bezogen auf eine durchschnittliche Kapitalbindung in Höhe von 260.000 € schlagen schließlich die Finanzierungskosten bei einem Zinssatz von 8 % mit 20.800 € zu Buche.

Insgesamt summieren sich die laufenden Kosten im betrachteten Beispiel überschlägig auf rd. 75.000 €. Dabei weisen allein die von der Ausbringungsmenge unabhän-

¹⁰ Infolge des sukzessiv kumulierenden Erfahrungswissens ist im Zeitablauf mit einer Kostenerosion zu rechnen. Infolge von Lerneffekten und der bereits geleisteten Entwicklungsarbeiten würden sich die bei einer Folgemaßnahme intern beim NB anfallenden Kosten um etwa ein Drittel reduzieren.

¹¹ Ein BHKW mit einer maximalen elektrischen Leistung von 25 kW (45 kW) und einer maximalen thermischen Leistung von 45 kW (70 kW) weist einen Heizöl-Verbrauch von ca. 8 l/h (14 l/h) auf. Vgl. www.energator.de/service/typenliste_heizoel.pdf.

¹² Für die AWNA (Wärmetauscher, Honorare, Lizenzen, Verlegearbeiten und interne NB-Kosten) wird eine Nutzungsdauer von 50 Jahren unterstellt, für die Wärmepumpe und das Blockheizkraftwerk jeweils 20 Jahre. Sofern die Abschreibungsdauer der Nutzungsdauer entspricht, fallen für die AWNA ohne WP und BHKW Abschreibungen in Höhe von 330.000 € / 50 a = 6.600 €/a an. Für die WP und das BHKW betragen die Abschreibungen 190.000 € / 20 a = 9.500 €/a. Insgesamt belaufen sich somit die jährlichen Abschreibungen auf 16.100 €.

gigen Abschreibungen und Kapitalkosten einen Anteil von annähernd 50 % an den Gesamtkosten auf. Da auch die Betriebskosten Fixkostenanteile aufweisen, summiert sich der Anteil der gesamten Fixkosten auf rd. 60 %. Die Höhe dieser Fixkosten wird bereits durch Art und Umfang der Investition determiniert und kann im Betrieb der AWNA nicht mehr beeinflusst werden. Daher ist es für die Rentabilität einer AWNA bedeutsam, die Planung der Anlage unter Berücksichtigung technischer und ökonomischer Implikationen vorzunehmen.

3.2.2.3. Erlöse

Die Erlöse aus der Nutzung von AWNA lassen sich als Produkt aus Absatzpreisen und Absatzmengen ermitteln. Um dem Kriterium der geforderten Mindestrendite in dem hier betrachteten Beispiel zu entsprechen, müssen die jährlichen Nettoerlöse mindestens 93.200 € betragen.¹³ Bei einer angenommenen Betriebsstundenzahl von 5.700 h (entspricht etwa einer 65%igen Auslastung) und einer Leistungsabgabe von 200 kW/h würde der geforderte Brutto-Preis für die Wärmeversorgung aus Abwasser 9,5 ct/kWh betragen.¹⁴

Mit zunehmender Auslastung der AWNA sind sinkende Preise je Leistungseinheit zu verzeichnen: Bei einer 80%igen Auslastung (7.008 Betriebsstunden p.a.) reduziert sich der Bruttopreis je kWh auf 8,5 ct, bei 90 %iger Auslastung (7.884 Betriebsstunden p.a.) auf 7,9 ct und bei 100%iger Auslastung (8.760 Betriebsstunden p.a.) auf 7,4 ct. Hingegen steigt der geforderte Mindestpreis bei einer verminderten Auslastung von 40 % (i.e. 3.504 Betriebsstunden p.a.) auf 13,8 ct je kWh.

Leistungspreise bei alternativen Auslastungen		
Auslastung	Betriebsstunden p.a.	Bruttopreis [ct/kWh]
40 %	3.504 h	13,8 ct/kWh
65%	5.694 h	9,7 ct/kWh
80 %	7.008 h	8,5 ct/kWh
90 %	7.884 h	7,9 ct/kWh
100 %	8.760 h	7,4 ct/kWh

Damit zeigt sich deutlich, dass die Wärmeversorgung aus Abwasser aus preislicher Sicht allenfalls auf dem Marktsegment der regenerativen Energien konkurrenzfähig sein kann. Im Vergleich zu konventionellen Heizungssystemen hat die aus Abwasser gewonnene Wärme derzeit kaum ein Vermarktungspotenzial.¹⁵

¹³ $(\text{Erlös} - \text{Kosten}) / \text{Kapitalbindung} = (93.200 \text{ €} - 75.000 \text{ €}) / 260.000 \text{ €} = 7 \text{ \%}$.

¹⁴ $\text{Nettoerlös} / \text{Leistung} = 93.200 \text{ €} / (200 \text{ kW} \times 5.700 \text{ h}) = 8,2 \text{ ct/kWh}$.

¹⁵ Die aktuellen Preise für Erdgas lassen erkennen, dass selbst die Tarife für Kleinverbraucher günstiger sind als der kW-Preis für Wärme aus Abwasser. Für Privatkunden in Bochum betragen die Bruttoarbeitspreise je nach Verbrauch 4,26 bis 6,45 ct/kWh, in Köln liegen die Preise zwischen 4,676 und 7,404 ct/kWh. Vgl. www.stadtwerke-bochum.de und www.rheinenergie.com.

4. Optimierung der Rentabilität von AWNA

4.1. Ökonomische Ansatzpunkte

Die betriebswirtschaftliche Kennziffer der Rentabilität gibt Auskunft darüber, ob die Nutzung der Abwasserwärme ökonomisch tragfähig ist. Ansatzpunkte zur Einflussnahme auf die Rentabilität von AWNA bestehen in der Kapitalbindung sowie in den laufenden Kosten und Erlösen. Theoretisch lassen sich Rentabilitätszuwächse durch verminderte Kapitalbindung, verminderte Kosten oder erhöhte Erlöse herbeiführen.

Kapitalbindung und Abschreibungen sind maßgeblich durch die Höhe der Investitionen bestimmt. Diese wiederum ist u.a. abhängig von der im Einzelfall vorliegenden Bausituation. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass für die Errichtung von AWNA aus ökonomischer Perspektive unterschiedlich geeignete Standorte existieren. Folglich lassen sich durch die sorgfältige Bewertung und Auswahl von Standorten Kosten- und Rentabilitätsvorteile erzielen.

Ferner sind die Erlöse durch Absatzmengen und Preise je Leistungseinheit determiniert. Die vermarkteten Energiemengen können auf dem Absatz von Wärmeenergie oder Klimakälte basieren. In Analogie zur kostenorientierten Auswahl ist auch eine erlösorientierte Auswahl der Standorte nach der Eignung der Wärmebedarfe vorzunehmen.

Schließlich sind staatliche Subventionierungen der Wärmegewinnung aus Abwasser in die Betrachtung einzubeziehen. Sofern diese als Zuschüsse zur Errichtung von AWNA gewährt werden, sind aus der Sicht der EVU rentabilitätserhöhende Effekte zu verzeichnen.

4.2. Kostenorientierte Ansatzpunkte

Die ökonomische Vorteilhaftigkeit von AWNA ist u.a. davon abhängig, dass Errichtung und Betrieb innerhalb von Rahmenbedingungen stattfinden, die sich bei gegebenen Versorgungsanforderungen mindernd auf das Investitionsvolumen, die Abschreibungen und Betriebskosten auswirken. Dementsprechend lassen die nachfolgend dargestellten Randbedingungen eine Optimierung der Rentabilität von AWNA erwarten:

Eine erste Anforderung betrifft den Einbau der Wärmetauscher in den Kanal. Sofern der Einbau von WT in bestehende Kanalabschnitte vorgenommen werden soll, lässt sich das Investitionsvolumen reduzieren, indem der Einbau der WT im Rahmen einer umfassenden Sanierung erfolgt.¹⁶ Dabei resultieren Rentabilitätssteigerungen aus dem verminderten Investitionsvolumen und den damit einhergehenden verminderten Abschreibungen und Finanzierungskosten. Noch bessere Voraussetzungen bieten

¹⁶ Andernfalls nimmt der Umfang der Investitionen infolge der höheren internen Kosten der Netzbetreiber für Planung, Baudurchführung, Verkehrssicherung etc zu. Vgl. Rometsch, L. (2004), S. 186 f. und S. 194.

sich bei Neuerrichtungen von Kanalisationsabschnitten, da in diesem Fall der Einbau der WT nicht nachträglich erfolgt, sondern vorgefertigte Rohrwärmetauscher verwendet werden können.

Eine weitere Anforderung betrifft die räumliche Nähe zwischen Wärmegewinnung und -verbrauch. Müssen Transportleitungen nur über kurze Distanzen verlegt werden, fallen die damit verbundenen Material- und Verlegekosten geringer aus.¹⁷

Des Weiteren ist der Blick auf die Höhe und Struktur des Wärme- bzw. Energiebedarfs zu richten:

Zum einen eignen sich AWNA vornehmlich für die Versorgung umfänglicher Wärmebedarfe. Dieses ist darauf zurückzuführen, dass bereits die Errichtung kleinerer AWNA mit relativ hohen Investitionen verbunden ist. Zwar erfordert die Versorgung größerer Wärmebedarfe auch die Errichtung kostspieligerer AWNA, allerdings steigen die Investitionsvolumina nur unterproportional. Daher weisen größere AWNA bezogen auf ihr Leistungspotenzial Kosten- und Rentabilitätsvorteile auf. Ein geeigneter Wärmebedarf kann dann vorliegen, wenn mindestens ein Energiebedarf von 150 kW besteht.¹⁸

Zum anderen sind Umfang und Struktur des Wärmebedarfs die entscheidenden Größen für die Dimensionierung von AWNA. Da die Dimensionierung von AWNA nicht nur die Höhe der Investitionen, sondern auch die Höhe der laufenden Kosten beeinflusst, kommt es darauf an, die Dimension der Anlagenkapazität möglichst passgenau auf den Umfang des Wärmebedarfs auszurichten. Da sich Fehldimensionierungen rentabilitätsmindernd auswirken, ist in Betracht zu ziehen, die Dimensionierung der AWNA von neutralen Akteuren vorgehen oder zumindest überprüfen zu lassen, um etwaigen Verzerrungen in Richtung auf die Interessen der Vermarkter von AWNA entgegenzuwirken.¹⁹

Überdies ist neben der Höhe des Wärmebedarfs und der Dimensionierung der AWNA hinaus auch die aus der Struktur des Energiebedarfs resultierende Auslastung der AWNA zu betrachten. Dem wirtschaftlichen Betrieb der AWNA ist es zuträglich, wenn das Leistungspotenzial der Anlage möglichst kontinuierlich in Anspruch genommen wird. Mit steigenden Betriebsstundenzahlen der AWNA verteilen sich die umfangreichen Fixkosten (v.a. Abschreibungen und Zinsen) auf eine höhere Anzahl von Leistungseinheiten (kWh), d.h. die fixen Kosten je Leistungseinheit (kWh) entwickeln sich degressiv. Wie bereits anhand der Entwicklung der Bruttopreise je kWh in Abhängigkeit von der Auslastung gezeigt werden konnte,²⁰ sind sehr hohe Auslas-

¹⁷ Vgl. bea/prosys (2004), S. 16.

¹⁸ Vgl. Rometsch, L. (2004), S. 54. Die Wärmepumpe wird auf eine Leistung von 30 - 40 % der maximal nötigen Heizleistung ausgelegt. Die restlichen 60 – 70 % der Maximalleistung (Spitzenlast) übernimmt ein herkömmlicher Heizkessel. Bei dieser Auslegung ergibt sich eine Deckung von 70 – 80 % des Gesamt-Jahreswärmebedarfs durch die Wärmepumpe, und nur 20 – 30 % müssen vom Heizkessel abgedeckt werden.

¹⁹ Empfehlungen zur Dimensionierungsempfehlung von AWNA und deren Kostenwirksamkeit finden sich bei Rometsch, L. (2004), S. 53 ff. und S. 168 f.

²⁰ Siehe oben, Kapitel 3.2.2.3.

tungsgrade erforderlich, um annähernd konkurrenzfähige Preise anbieten zu können. Derartige Auslastungen lassen sich nur durch eine ganzjährige Nachfrage nach Wärmeenergie/Klimakälte bewerkstelligen.

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Umfang und Struktur des Wärmebedarfs und der Dimensionierung der AWNA sind noch vertiefende Analysen erforderlich. Allerdings kann bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt deutlich herausgestellt werden, dass die Kombination eines hohen Grundlast-Wärmebedarfs in Verbindung mit einer kontinuierlichen Auslastung einer betriebsoptimal²¹ dimensionierten AWNA zu Kosten- und Rentabilitätsvorteilen führt.

Schließlich setzt die Vermarktung von Energie aus Abwasser voraus, dass die zu versorgenden Liegenschaften über Wärmepumpen verfügen. Somit ist es erforderlich, dass Investitionen in die Kanalisation und in die Liegenschaften (Heizungssysteme) zeitgleich stattfinden. Dieses ist bei Neubaumaßnahmen weniger problematisch als im Liegenschaftsbestand, da dieser bereits mit Heizungssystemen ausgestattet ist. Das Ausstattungspotenzial mit Wärmepumpen ist daher auf die Bereiche des Liegenschaftsneubaus und im Bestand auf den Umfang der Ersatzinvestitionen und ggfs. vorgezogener Ersatzinvestitionen begrenzt. Letztere sind allerdings nur zu erwarten, wenn aus der Nutzung der Abwasserwärme für den Liegenschaftsbesitzer Kostenvorteile resultieren, die den Aufwand aus der vorgezogenen Ersatzinvestition überkompensieren. Diese Kompensation, die z.B. durch entsprechende Nachlässe auf den Energiepreis erfolgen kann, wirkt sich allerdings erlös- und rentabilitätsmindernd aus. Folglich lassen AWNA eine höhere Rentabilität erwarten, wenn neu errichtete Liegenschaften mit WP ausgestattet oder im Liegenschaftsbestand Ersatzinvestitionen durchgeführt werden.²²

Zu beachten ist ferner, dass höhere Energiebedarfe zumeist auf der Basis von Energielieferverträgen versorgt werden. Hier muss berücksichtigt werden, dass bestehende Energielieferverträge einem Wechsel des Versorgungssystems entgegenstehen können. Ein vorzeitiger Ausstieg ist zwar nicht grundsätzlich ausgeschlossen, jedoch mit zusätzlichen Kosten und daher insgesamt mit wirtschaftlichen Nachteilen verbunden.

4.3. Erlösorientierte Ansatzpunkte

Verbesserungen der Rentabilität von AWNA lassen sich durch steigende Erlöse herbeiführen. Dabei sind Preis- und Mengeneffekte zu unterscheiden. Die Vermarktung von Abwasserwärme in unterschiedlichen Bedarfs-Konstellationen ist mit divergierenden Erlösen verbunden. Daher sind die zuvor dargestellten kostenorientierten

²¹ Im Betriebsoptimum wird diejenige Ausbringungsmenge hervorgebracht, bei der sich die Produktionskosten je Leistungseinheit in einem Minimum befinden. Eine Über- bzw. Unterdimensionierung der AWNA würde die Produktionskosten erhöhen und sich entweder zu Lasten des Gewinns auswirken oder die Energieabnehmer mit höheren Preisen belasten. Vgl. Rometsch, L. (2004), S. 168 f.

²² Vgl. Rometsch, L. (2004), S. 202 f.

Rahmenbedingungen für geeignete AWNA durch die Bedingungen zur Optimierung der Erlöse zu ergänzen.

Prinzipiell ist die Höhe der Erlöse abhängig von den angebotenen Produkten (Produktprogramm), den Absatzmengen und den Preisen je Leistungseinheit. Mittels AWNA lassen sich zwei Produkte herstellen: Wärmeenergie und Klimakälte. Die Unterscheidung dieser Energie-Produkte ist sowohl absatz- als auch preispolitisch relevant, da sich zum einen die Absatzmenge durch die zusätzliche Vermarktung von Klimakälte erhöhen lässt. Zum anderen ist die Vermarktung von Klimakälte für den Betreiber der Anlage von hoher wirtschaftlicher Bedeutung,²³ weil sich mit dem Verkauf von Klimakälte im Vergleich zur Wärmeenergie höhere Erlöse je Leistungseinheit erzielen lassen.²⁴

Aufgrund der Standortgebundenheit von AWNA und der Nutzungszeiträume von 50 Jahren ist ferner bedeutsam, dass ein prinzipiell geeigneter Wärmebedarf auch langfristig zu versorgen ist. Über derart langfristige Zeiträume können Erlös-Prognosen nur mit großer Unsicherheit getroffen werden. Dennoch ist aufgrund der Bedeutung des langfristigen Absatzes für das Engagement in eine AWNA der Dauerhaftigkeit der Nachfrage besondere Beachtung zu schenken.

Zusammenfassend liegen günstige Absatzkonstellationen, die sich positiv auf die Erlöse und somit die Rentabilität von AWNA auswirken, vor, wenn Liegenschaften dauerhaft hinreichend hohe und ganzjährige Energie-Bedarfe aufweisen und zudem Klimakälte nachgefragt wird.

4.4. Staatliche Subventionen

Als weiterer Pfeiler der Rentabilität eines Engagements in Wärmegewinnung aus Abwasser sind aus der Sicht von EVU staatliche Subventionen anzuführen. Je nach Ausgestaltung der Subventionen können die in die Rentabilitätsrechnung einfließenden Größen in Richtung auf verminderte Kosten/Kapitalbedarfe oder erhöhte Erlöse verändert werden.²⁵ Derartige Subventionen sind jedoch vor allem dann, wenn sie dauerhaft gewährt werden sollen, entsprechend zu legitimieren. Ein solcher Nachweis lässt sich jedoch derzeit weder energie- noch umweltpolitisch vorbringen.²⁶

²³ Insgesamt ist der Verkauf von Klimakälte für die EVU interessant, weil zum einen das Wachstumspotenzial größer ist als im Wärmemarkt und die Freiheitsgrade der Preispolitik größer sind. Letzteres ist zum einen auf komparative Kostenvorteile zurückzuführen, da die Anlagen bei Wärmeableitung in Abwasser effektiver arbeiten als alternative Klimatisierungssysteme, bei denen die Wärme an die Luft abgegeben wird. Zudem ist der Markt weniger transparent und erlaubt größere Gewinnmargen als der Wärmemarkt. Die Ausführungen basieren auf einem Gespräch, das der Verfasser mit Herrn Dipl.-Ing. Werner Gerwert, Prokurist der HEC in Dortmund, geführt hat.

²⁴ Da die Produktionskosten für in Abwasserkanalisationen gewonnene Wärme derzeit nur rd. 10 % unter dem Verkaufspreis liegen, sind Erlöse aus dem Absatz von Klimakälte für einen annähernd rentablen Betrieb der AWNA unverzichtbar. Vgl. Jarke, P. (2004), S. 117.

²⁵ Durch Subventionen werden AWNA nicht rentabler, es erhöht sich lediglich die Rentabilität für die EVU, da Subventionen die Kapitalbindung herabsetzen oder die zusätzliche Erlöse generieren.

²⁶ Vgl. Rometsch, L. (2004), S. 216.

Insgesamt betrachtet ist derzeit kein großer Spielraum für einen rentablen Betrieb nicht subventionierter AWNA zu erkennen. Dieses lässt sich auch an dem Beispiel in Leverkusen betriebenen AWNA zeigen: Dort hat das MUNLV NRW etwa die Hälfte der Baukosten getragen. Ohne diese weitreichende staatliche Förderung wäre die Maßnahme trotz günstiger Ausgangsbedingungen (Neubau von Kanal und Liegenschaft, räumliche Nähe) nicht realisiert worden. Und auch die Gewährung der Subvention ist kein Garant für einen rentablen Betrieb der Anlage: Schließlich haben die Technischen Betriebe Leverkusen trotz staatlicher Förderung zunächst entschieden, die Anlage nicht zu bauen, da sich kein hinreichend rentabler Betrieb abzeichnete. Erst mit Unterstützung des Dortmunder Energieversorger HEC wurde die AWNA in Leverkusen schließlich doch noch realisiert.²⁷

5. Potenzial der Wärmegewinnung aus Abwasser in Nordrhein-Westfalen

Eine überschlägige Ermittlung des Potenzials der Wärmegewinnung aus Abwasser hat das IKT für das Land Nordrhein-Westfalen auf der Basis koinzidierender ökonomischer und technischer Anforderungen²⁸ vorgenommen. Die Ergebnisse weisen ein Potenzial mit einer positiven Rentabilitätsvermutung aus, d.h. der Nachweis des rentablen Einsatzes von AWNA ist für das ermittelte Potenzial noch nicht erbracht. Vielmehr ist dieses Potenzial als theoretische Obergrenze für ökonomisch und technisch sinnvolle Anwendungen von AWNA zu interpretieren.

Unter Berücksichtigung der Anforderungen hinsichtlich des Kanaldurchmessers von DN 800, des Mindestabflusses von 15 l/s, des Kanalzustandes, -materials und -gefälles, der Linienführung des Kanals, der hydraulischen Reserven, der Sanierung bzw. des Neubaus sowie der Präferenzen und Kapazitäten der Akteure lässt sich das Potenzial für die Gewinnung von Wärme aus Abwasser wie folgt abschätzen:

Die Gewinnungsrestriktionen werden alljährlich von 0,05 % des rd. 90.000 km umfassenden Kanalisationsbestandes (entspricht 50 km p.a.) und 3,7 % der rd. 700 km umfassenden Neubaumaßnahmen (entspricht 26 km p.a.) erfüllt.²⁹

Das Potenzial der Wärmegewinnung aus Abwasser insgesamt lässt sich schließlich erst auf der Grundlage derjenigen Kanalisationsabschnitte ermitteln, die zugleich die Gewinnungs- und Vermarktungsrestriktionen erfüllen.³⁰

²⁷ Diese Vorgehensweise (Subventionierung) ist letztendlich dadurch gerechtfertigt, dass in Leverkusen notwendige Erfahrungen über die Errichtung von AWNA und den Einsatz der Wärmetauscher im Kanal gewonnen werden können. Darauf aufbauend ist zu erwarten, dass im Falle des fortgesetzten Einsatzes dieser Technologie Lerneffekte zu Kostenerosionen führen werden.

²⁸ Die technischen Anforderungen für den Einbau von Wärmetauschern in Kanalisationen beziehen sich bspw. auf den Mindestquerschnitt der Kanäle, die hydraulischen Reserven, den Abwassermindestabfluss, die Linienführung, Material und Zustand der Kanalisation. Vgl. Rometsch, L. (2004), S. 190 ff.

²⁹ Vgl. Rometsch, L. (erscheint demnächst).

³⁰ Zur Ableitung des Vermarktungspotenzials in NRW siehe Rometsch, L. (2004), S. 201 ff.

Unter weiterer Berücksichtigung der Anforderungen hinsichtlich des Wärmebedarfs, der Distanz zum Wärmeverbraucher sowie der simultanen Investition in Kanalisation und Heizungsanlage lässt sich das Vermarktungspotenzial wie folgt quantifizieren:

Im Kanalisationsbestand eignen sich etwa 5 % der für die Wärmegewinnung geeigneten Kanalisationsabschnitte für die Vermarktung von Abwasserwärme, das sind ca. 3 km p.a. Im Kanalisationsneubau eignen sich etwa 25 % der Kanalisationsabschnitte für eine Vermarktung der Abwasserwärme, das sind ca. 7 km p.a.³¹

Somit verbleiben unter dem Strich alljährlich Kanalisationsabschnitte mit einer Länge von maximal 10 km, die den dargestellten Gewinnungs- und Vermarktungsanforderungen entsprechen.

6. Fazit

Die Nutzung der Abwasserwärme für energetische Zwecke findet im Rahmen bilateraler Beziehungen von Netzbetreibern, Energieversorgungsunternehmen und Liegenschaftsbesitzern statt. Diese gehen jeweils bilaterale Kooperationen ein, wenn sie von dem daraus entstehenden Kooperationsgewinn dauerhaft profitieren. EVU, die als Betreiber der AWNA zentraler Akteur sind, entscheiden nach ökonomischen Kriterien über die Investition in die Wärmegewinnung aus Abwasser. Daher ist die zentrale ökonomische Größe für die Errichtung von AWNA der Gewinn in Relation zum Kapitaleinsatz, d.h. die Rentabilität der AWNA. Bei der Ermittlung der Rentabilität von AWNA ist zum einen zu berücksichtigen, dass die Aufwendungen der NB zu kompensieren sind, andernfalls verweigern diese ihre Zustimmung zur Nutzung der Abwasserwärme. Zum anderen ist davon auszugehen, dass die LB nicht bereit sein werden, höhere als am Markt übliche Preise für Wärmeenergie zu entrichten.

Wie die Untersuchung gezeigt hat, sind AWNA derzeit nur in engen Grenzen wirtschaftlich tragfähig. Die Engagements in AWNA sind durch hohe Investitionen geprägt, welche hohe Abschreibungs- und Finanzierungskosten mit sich bringen.

Durch die Berücksichtigung ökonomischer Randbedingungen für die Errichtung von AWNA lassen sich Effekte erzielen, die sich positiv auf die Rentabilität auswirken. Als Ergebnis der Untersuchung der ökonomischen Bedingungen für die Wärmegewinnung aus Abwasser kristallisiert sich das nachfolgend dargestellte Optimalitätsprofil heraus. Danach wirkt sich positiv auf die Rentabilität aus, wenn

- die AWNA im Rahmen von Kanalneubaumaßnahmen errichtet wird,
- eine kurze Distanz zum Wärmeverbraucher besteht,
- der Verbraucher einen umfänglichen Wärmebedarf (> 150 kW) aufweist,
- eine ganzjährige und kontinuierliche Beanspruchung der AWNA vorliegt,

³¹ Vgl. Rometsch, L. (erscheint demnächst).

- die ausgewogen dimensionierte AWNA im Betriebsoptimum betrieben wird,
- neu zu errichtende Liegenschaften mit Wärmepumpen ausgestattet werden oder im Liegenschaftsbestand Ersatzinvestition fällig sind,
- sowohl Wärmeenergie als auch Klimakälte vermarktet werden können,
- die zu versorgende Liegenschaft einen langfristigen Energiebedarf erkennen lässt.

Für dieses Anforderungsprofil unter zusätzlicher Berücksichtigung technischer Anforderungen hat das IKT für das Land NRW eine Potenzialermittlung durchgeführt, die als theoretische Obergrenze für ökonomisch und technisch sinnvolle Anwendungen von AWNA zu verstehen ist. Das auf diese Weise ermittelte Potenzial basiert schließlich auf geeigneten Kanalisationsabschnitten mit einer Länge von rd. 10 km, wobei der Bereich des Kanalisationsneubaus eher die o.g. Bedingungen erfüllt als der weit- aus umfangreichere Kanalisationsbestand.

Literatur

- bea/prosys (2004): Potenzialstudie zur Abwasserwärmenutzung in Bremerhaven, Bremerhaven 2004
- Brinkmann, F.; Pfaffhausen, H. (2003): Wirtschaftlichkeit mittelständischer Energieversorger, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 53. Jg. (2003), H. 1-2, S. 20 f.
- Jarke, P. (2004): Geld aus der Kloake, in: Der Spiegel, H. 33 (2004), S. 117
- Rometsch, L. (erscheint demnächst): Nachhaltige Energiewirtschaft durch Wärmeengewinnung aus Abwasser, in: Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung (ZAU)
- Rometsch, L. (2004): Wärmeengewinnung aus Abwasser – Entwicklung eines Anforderungskatalogs für Kläranlagen- und Kanalnetzbetreiber gestützt auf Praxistests mit Wärmetauschern, Bericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen 2004

Internetquellen

- www.energator.de
- www.rheinenergie.com
- www.stadtwerke-bochum.de

Anschrift des Verfassers:

Dr. rer. oec. Lutz Rometsch
IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen
E-Mail: rometsch@ikt.de